

# Implementación en FPGA de un sistema para reconocimiento de imágenes provenientes de un radar RASCAN

*Juan P. OSORIO, Marisol OSORIO*

*Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Electrónica,  
Circular 1 No. 70-01, Medellín, Colombia.  
juanpablo.osorioos@alfa.upb.edu.co*

Resumen: En este artículo se describe el proceso de caracterización del radar RASCAN y la viabilidad de usarlo como método de detección de minas antipersona (MAP). Además se muestra el procesamiento realizado sobre las imágenes que se obtienen del radar y el desarrollo de un sistema para facilitar la visualización de los resultados utilizando un display LCD. *Copyright © 2013 UPB.*

Abstract: This paper describes the characterization process of the RASCAN radar and feasibility of using it as a method of detecting landmines. The paper also shows the processing performed on the images obtained from the radar and the development of a system, to facilitate the display of results using an LCD display.

Keywords: *Holographic radar, FPGA, Image processing, Linear correlation.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Aunque en nuestro país exista la prohibición en cuanto a la fabricación e instalación de las minas antipersona, desde que se aceptó el tratado de Ottawa, este ideal no se ve reflejado en el devenir del conflicto. De hecho, la problemática de minas en

Colombia se encuentra en una evolución permanente, los grupos armados al margen de la ley se han preocupado por crear artefactos explosivos capaces de evadir las técnicas de detección militares, aunque estas se modifiquen y tecnifiquen constantemente. Ese proceso evolutivo, dio origen a artefactos

explosivos improvisados (AIE) ó minas antipersona (MAP) no convencionales (UNICEF,2012), es decir, minas de fabricación artesanal que utilizan botellas de gaseosa, tubos de PVC o jeringas como contenedores para los explosivos. Este tipo de minas de elaboración sencilla y rápida, ha ocasionado que el número de AEI enterrados aumente considerablemente año tras año en el suelo Colombiano.

Con el fin de erradicar la problemática de las MAP, el ejército nacional ha dedicado gran parte de su esfuerzo al desminado humanitario, lo cual requiere personal altamente capacitado y tecnología de apoyo. Buscando complementar la tecnología que se usa en el desminado humanitario, se adquirió un radar holográfico fabricado por RASCAN (RASCAN,2013), el cual entrega diez imágenes del subsuelo estudiado. Las imágenes obtenidas fueron procesadas para mostrar al operador una imagen única, que le diera idea de la forma del objeto que se encontraba enterrado, aumentando así la posibilidad de detectar las MAP y en consecuencia se disminuyendo los riesgos de operación.

En las siguientes secciones, se describen las etapas desarrolladas a lo largo del proyecto. En la sección dos se formula el problema a solucionar con la investigación, luego en la sección tres se muestra el algoritmo desarrollado para procesar las imágenes, posteriormente en la sección cuatro se presenta el sistema de visualización y finalmente en la sección cinco algunas conclusiones de la investigación.

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los dispositivos con los que cuenta el ejército colombiano para la detección de minas antipersona, entregan señales sonoras de diferentes intensidades de acuerdo los objetos que se encuentren enterrados. Este tipo de tecnologías requieren un personal entrenado para mantener un grado de concentración alto; lo cual es difícil si se está en medio del conflicto. En pro de mejorar los métodos de detección, el grupo de investigación A+D de la UPB, ha creado una línea de trabajo en busca de tecnologías alternativas que complementen los métodos actuales de detección.

Dentro de las investigaciones, se ha evidenciado que una señal visual es mas relevante que una sonora al momento de realizar tareas de detección de MAP. Por esto se estudió el radar RASCAN-4/2000, el cual trabaja en el rango de 1.6 – 2 GHz y permite obtener hasta diez imágenes en paralelo, las cuales dan cuenta del suelo y lo que se encuentre debajo de el mismo.

Partiendo de las premisas anteriores, el objetivo de la investigación es procesar las imágenes que se obtienen con el radar RASCAN y entregar al operador una imagen única que sea relevante para la toma de decisiones.

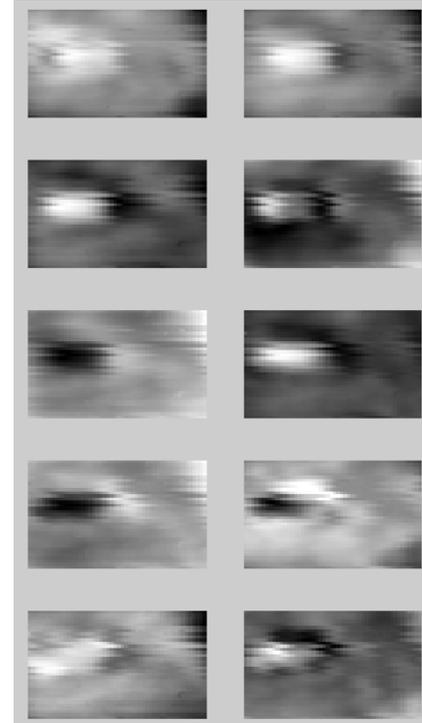
### 3. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Al realizar un recorrido con el radar RASCAN, sobre un área en la que se ha enterrado la botella plástica de la Figura 1, se obtiene un conjunto de imágenes como el mostrado en la Figura 2.



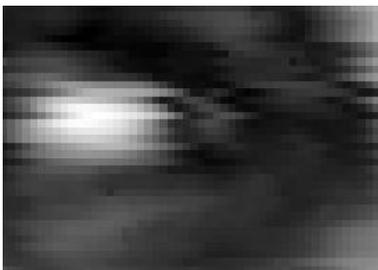
**Figura 1. Botella plástica enterrada en arena**

Partiendo de que las diez imágenes resultantes representan lo mismo, pero sabiendo que cada una contiene ciertas características únicas, se utilizó el método de correlación lineal (Johnson & Kuby, 1999) para determinar cuáles imágenes eran las más similares para utilizarlas con el fin de conformar una imagen única con información importante.



**Figura 2. Resultado de la prueba con la botella plástica**

El algoritmo implementado, Figura 6, calcula la correlación existente entre las diez imágenes y con base en los resultados selecciona un grupo de imágenes las cuales son procesadas y sumadas para obtener una imagen que condensa la información inicial. Para el ejemplo propuesto la imagen resultante del procesamiento se presenta en la Figura 3.

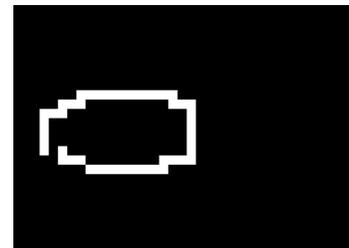


**Figura 3. Imagen resultante del algoritmo de correlación**

Para complementar el procesamiento de la imagen y determinar la forma de los objetos enterrados, se implementó el algoritmo de Canny para detectar los bordes. Este algoritmo está pensado para aumentar la relación señal a ruido de la imagen, evitar la ruptura de bordes y limitar la detección de los mismos a un conjunto de píxeles con conectividad (Canny,1986).

Al finalizar todo el procesamiento, se obtiene una imagen como la mostrada en la Figura 4, la cual es mucho más clara para quien

opere el equipo, permitiéndole tomar decisiones de manera más rápida y precisa que una señal sonora o las imágenes iniciales.



**Figura 4. Imagen resultante del algoritmo de Canny**

#### 4. SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

El sistema de visualización, es un componente del proyecto que busca acercarlo a la portabilidad. Para implementarlo se utilizó una FPGA fabricada por Xilinx, específicamente la Xilinx XC3S1600E Spartan-3E y un display LCD de 800 x 480 px fabricado por Terasic (Terasic,2012).

El sistema implementado consta de 3 etapas, primero la imagen procesada en MATLAB es recibida por el puerto serial en una UART, luego los datos recibidos son almacenados en un *buffer* para ser mostrados posteriormente en el *display* LCD. En la Figura 5, se muestra como se relacionan las etapas entre ellas y

los bloques extras que se diseñaron para poner en funcionamiento el sistema completo.

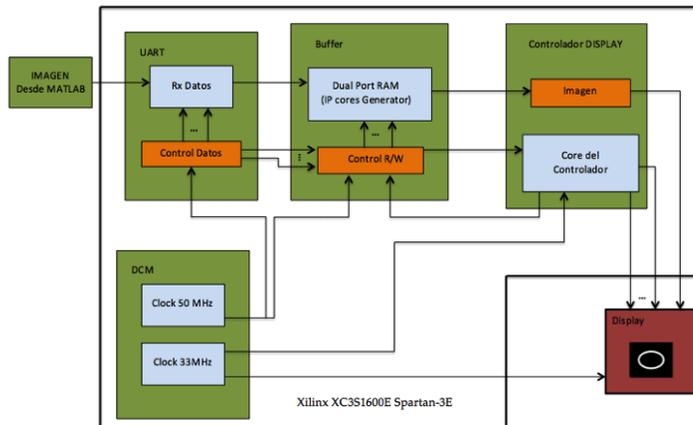


Figura 5. Diagrama de bloques sistema en la FPGA

Para describir el hardware se utilizaron dos elementos, el código VHDL y el Xilinx CORE Generator™. Cada uno de estos fue utilizado de acuerdo a las necesidades de la aplicación y las ventajas que presentara en la programación; de este modo la UART y el controlador del *display* fueron descritos en VHDL mientras que la RAM y el DCM fueron configurados usando el sistema CORE Generator (Xilinx,2005).

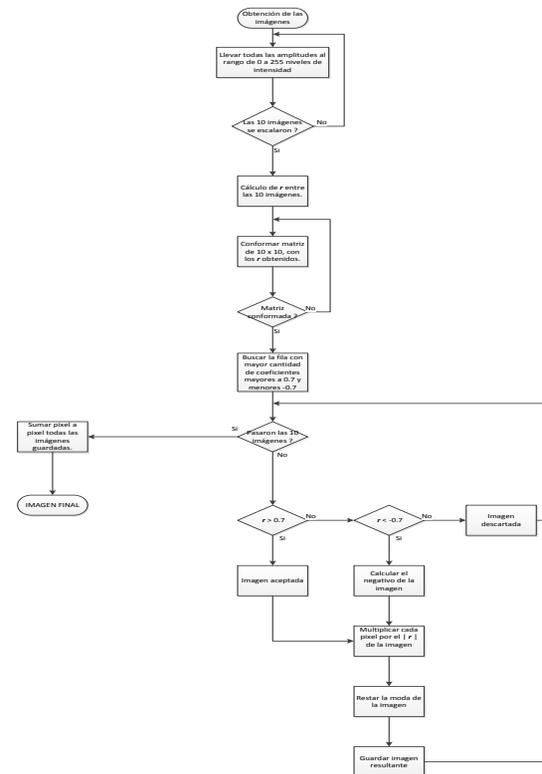


Figura 6. Diagrama de flujo algoritmo de procesamiento

## 5. CONCLUSIONES

A través de las pruebas realizadas, se detectaron las ventajas y desventajas de este tipo de radar para usarlo en la detección de minas antipersona, adquiriendo un conocimiento que es válido y escalable en futuras investigaciones, ya sea para mejorar el dispositivo o usarlo en otras aplicaciones. Además, a través de la caracterización realizada al radar RASCAN, se generó una guía de uso, que permite adquirir imágenes con mínimo ruido.

Con los algoritmos implementados para el procesamiento de las imágenes, se consiguió generar una imagen rápida de procesar y que contiene las características más relevantes, de las diez imágenes adquiridas en un principio. Igualmente, los algoritmos mejoran lo reportado en el estado del arte, a la hora de generar una imagen única y además abren la posibilidad de realizar otros análisis ya sea en la frecuencia o en las fases intermedias del algoritmo de Canny para mejorar la detección de la forma.

De igual manera se diseñaron, programaron e implementaron *cores* para usar en la FPGA XC3S1600E Spartan-3E de Xilinx, los cuales son adaptables a diferentes sistemas de manera sencilla y además ofrecen la posibilidad de ser exportados a otras familias de dispositivos. En este proyecto, se utilizó la FPGA como medio de enlace entre el procesamiento y la visualización, pero se abre la posibilidad para futuras investigaciones de implementar un *core* para realizar el procesamiento en paralelo sobre la misma FPGA y tornar aún más portátil el sistema diseñado.

## REFERENCIAS

- Canny, J. (1986). “A Computational Approach to Edge Detection,” *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. PAMI-8, no. 6, 1986
- Johnson, R. & Kuby, P. (1999). “Correlación Lineal,” en *Estadística elemental*, 2ª Ed., Thomson Editores, 1999, pp. 114–119
- RASCAN, R.S. (2013). Funcionamiento técnico del radar RASACAN. Recuperado el 15 de Ene de 2013, de <http://www.rascan.org/royalsociety/html/technical.html>
- Terasic. (2012). “Terasic LTM User Manual.”
- Unicef. (2012). Minas Antipersona. Recuperado el 25 de Jun de 2012, de <http://www.unicef.org.co/Minas/encuenta.htm>
- Xilinx. (2005). “Xilinx Core Generator Overview.” p. 1, 2005

## AUTORES



*Juan Pablo OSORIO OSPINA.* Estudiante de último año de Ingeniería Electrónica en la UPB, actualmente integrante del semillero de A+D. Jugador del equipo de voleibol de la UPB.



*Marisol OSORIO CÁRDENAS.* Ing. Electrónico (UPB,1992), M. Sc. en Ing. y Especialista en Automática, Dra. en Ing. de la *Universidad Autónoma de México*. Actualmente integrante del grupo de investigación de A+D, clasificado B en Colciencias (2011) y Profesor Titular de la

Escuela de Ingenierías de la *Universidad Pontificia Bolivariana*.