

# CONTRIBUCIÓN DE LOS TRIPLES EFECTOS A LA RCS MONOESTÁTICA DE BLANCOS ARBITRARIOS MODELADOS POR FACETAS PLANOS

F. Saez de Adana\*, S. Nieves\*, P. Lozano\*, I. González\*, O. Gutiérrez\*, M.F. Cátedra\*,  
I. Montiel\*\*, D. Poyatos\*\*

\*Dept. Teoría de la Señal y Comunicaciones  
\*\* Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)

Escuela Politécnica, Universidad de Alcalá

28806 Alcalá de Henares. Madrid. Spain

Fax: +34 91 885 6699. e-mail: [kiko.saez@uah.es](mailto:kiko.saez@uah.es)

## ABSTRACT.

A method to evaluate the contribution of the triple reflection and the interaction between an edge and two facets to the monostatic RCS of arbitrary bodies is presented. The approach is based on a combination of the Physical Optics (PO) and Geometrical Optics (GO) for the triple reflection and on the Equivalent Current Method (ECM) and Geometrical Optics (GO) for the interaction edge-facets. The bodies are modeled by plane facets composed by dielectric and magnetic material including losses.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Física Óptica (PO) combinada con el Método de las Corrientes Equivalentes (ECM) ha sido ampliamente utilizada para el análisis de la RCS de blancos complejos eléctricamente grandes. Este método también se conoce como Teoría Física de la Difracción (PTD). Un esquema para realizar este análisis de acuerdo a estas teorías se presentó en [1]. El trabajo mencionado, permitía el cálculo de la RCS de cuerpos arbitrarios modelados por facetas planas considerando las contribuciones de la simple reflexión, simple difracción, doble reflexión y doble interacción entre arista y faceta.

Sin embargo, estas contribuciones no son suficientes en algunas estructuras. Por ejemplo, el uso de esquinas triédricas es bastante común para la calibración de Radars de Apertura Sintética (SAR) [2] y estas estructuras también aparecen en blancos como barcos o tanques. La RCS de estas esquinas es grande para ciertos márgenes angulares y la principal contribución al campo dispersado viene dada por la triple interacción entre sus componentes. En este trabajo se presenta un método para el análisis de esta triple interacción siguiendo la aproximación PO-ECM antes mencionada, que permite obtener la RCS monoestática de este tipo de estructuras.

## 2. TRIPLE REFLEXIÓN.

Para obtener la contribución de la triple reflexión entre facetas planas se utiliza la aproximación GO-PO, de manera que se utiliza GO

para el tratamiento de la segunda y de la tercera reflexión, mediante la teoría de las imágenes. En nuestro trabajo, se tiene en cuenta la influencia de los coeficientes de reflexión en esta teoría.

El primer paso es determinar las corrientes inducidas en la primera faceta por la onda plana incidente, mediante las siguientes expresiones:

$$\bar{J}(\vec{r}') = \hat{n} \times \begin{bmatrix} 1 - \Gamma_s & 0 \\ 0 & 1 - \Gamma_h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_s^i(\vec{r}') \\ H_h^i(\vec{r}') \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\bar{M}(\vec{r}') = -\hat{n} \times \begin{bmatrix} 1 + \Gamma_s & 0 \\ 0 & 1 + \Gamma_h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_s^i(\vec{r}') \\ E_h^i(\vec{r}') \end{bmatrix} \quad (2)$$

donde  $\hat{n}$  es el vector unitario normal a la faceta en el punto  $\vec{r}'$ ,  $\Gamma_s$  y  $\Gamma_h$  son los coeficientes de reflexión de Fresnel,  $H_{s,h}^i$  y  $E_{s,h}^i$  son las componentes perpendicular y paralela de los campos eléctrico y magnético incidentes en el punto de la faceta.

Una vez obtenidas estas corrientes, el problema se puede simplificar calculando las corrientes imágenes con respecto a la segunda faceta, a partir de las primeras corrientes, de la siguiente forma:

$$\bar{J}' = \begin{bmatrix} \Gamma_{s2} & 0 \\ 0 & \Gamma_{h2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_s \\ J_h \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\bar{M}' = \begin{bmatrix} \Gamma_{s2} & 0 \\ 0 & \Gamma_{h2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_s \\ M_h \end{bmatrix} \quad (4)$$

Repetiendo este proceso para la tercera faceta e integrando las corrientes imágenes considerando la parte iluminada de la faceta imagen [1] se obtiene la contribución de la triple reflexión.

## 3. TRIPLE INTERACCIÓN ENTRE UNA ARISTA Y DOS FACETAS.

Este efecto se debe analizar teniendo en cuenta tres términos: uno debido al campo difractado por la arista y posteriormente reflejado dos veces por dos facetas diferentes (difracción-reflexión-reflexión, DRR), otro debido al campo doblemente reflejado en dos facetas diferentes y difractado por una arista

(reflexión-reflexión-difracción, RRD) y, por último, otro al campo reflejado por una faceta, difractado por una arista y finalmente reflejado por otra faceta (reflexión-difracción-reflexión, RDR). Para el análisis de estas contribuciones se utiliza la aproximación ECM-GO.

Para la DRR, se calculan las corrientes equivalentes en la arista como en la simple difracción [1], pero considerando que la dirección de difracción es diferente de la dirección de incidencia. En esta situación, los valores de estas corrientes equivalentes vienen dadas por

$$\bar{I}_e(\vec{r}') = \frac{2j\hat{t} \cdot (\hat{t} \cdot \vec{E}^i)}{K_0 Z_0 \sin\beta^i \sin\beta^s} \Gamma_{SE} f(\delta^i, \delta^s) \quad (5)$$

$$\bar{I}_m(\vec{r}') = \frac{2j\hat{t} \cdot (\hat{t} \cdot \vec{H}^i)}{K_0 Y_0 \sin\beta^i \sin\beta^s} \Gamma_{HE} g(\delta^i, \delta^s) \quad (6)$$

donde  $\beta^i$  y  $\beta^s$  son los ángulos entre la arista y las direcciones de incidencia y difracción respectivamente,  $\delta^i$  y  $\delta^s$  son los ángulos entre la primera faceta de la arista y las direcciones de incidencia y difracción respectivamente, y  $\Gamma_{SE}$  y  $\Gamma_{HE}$  son las correcciones paralela y perpendicular debidas a los coeficientes de reflexión de las superficies que forman la arista.

Posteriormente, se puede aplicar la teoría de las imágenes para obtener las corrientes equivalentes imagen como se especifica en (3) y (4). Aplicando dos veces este procedimiento para las dos reflexiones e integrando las corrientes imágenes a lo largo de la parte iluminada de la arista imagen [1] como en la triple reflexión, se obtiene la contribución DRR.

La contribución RRD se calcula asumiendo que la onda plana incidente se refleja según la aproximación de GO. Después de las dos reflexiones, una nueva onda plana ( $\vec{K}_e^i$ ) ilumina la arista con la consiguiente polarización y cambio de fase. El campo difractado por la arista se obtiene de las corrientes equivalentes dadas en (5) y (6) con los nuevos parámetros  $\beta_e^s, \beta_e^i, \vec{E}_e^i, \vec{H}_e^i, f_e$  and  $g_e$ .

El procedimiento para obtener la contribución RDR es una combinación de las dos anteriores. La primera reflexión se calcula según la proximación de GO y la corriente equivalente en la arista se obtiene a partir de la onda plana imagen como en RRD. Posteriormente, se evalúan las corrientes equivalentes imagen como en DRR y se obtiene esta contribución integrándolas a lo largo de la parte iluminada de la arista imagen.

#### 4. RESULTADOS.

Se muestran resultados de una esquina triédrica perfectamente conductora (Figura 1). El tamaño de cada lado es  $9.93\lambda$ . El triedro se ilumina con una onda plana con polarización theta, mostrándose resultados para un corte  $\phi=45^\circ$ . En la Figura 2 los resultados obtenidos con este método se comparan con resultados experimentales obtenidos de [2].

#### REFERENCIAS.

[1] F. Saez de Adana, P. Lozano, F. Gisbert, I. Sudupe, J. Pérez, M.F. Cátedra. "Application of the PO to the computation of the Monostatic RCS of Arbitrary Bodies Modeled by Plane Facets of Dielectric and Magnetic Material". Salt Lake City, Utah. USA. July 16-21 2000 USCN/URSI National Radio Science Meeting.

[2] P. Corona, G. Ferrara, F. D'Agostino, C. Gennarelli, G. Riccio. "An Improved Physical Optics Model for the Evaluation of the Field Backscattered by Triangular Trihedral Corner Reflectors". MELECON 96. 8th Mediterranean Electrotechnical Conference. Industrial Applications in Power Systems, Computer Science and Telecommunications. Proceedings. IEEE, New York, NY, USA; 1996.

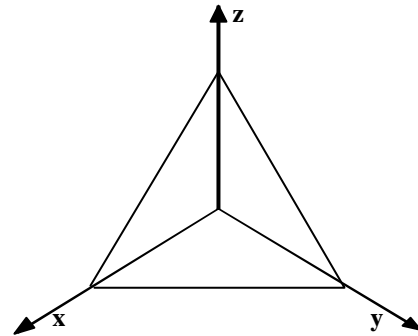


Figura 1. Geometría de la esquina triédrica.

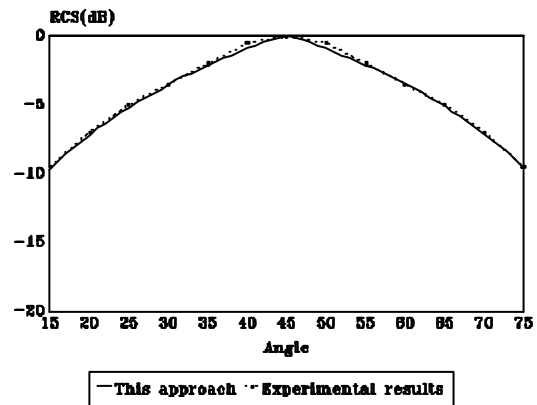


Figura 2. Comparación entre los resultados obtenidos con este método y los resultados experimentales de [2]