

# ANÁLISIS DE LOS FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS A TRAVÉS DE LAS FORMAS DIFERENCIALES Y LOS TENSORES

**John Salas y Yesid Cruz**

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas*  
[jfargos@hotmail.com](mailto:jfargos@hotmail.com), [yesidjaviercruz@yahoo.com](mailto:yesidjaviercruz@yahoo.com)

Se utilizará el formalismo de los tensores y las formas diferenciales aplicados al electromagnetismo clásico, de tal manera que se puedan visualizar geoméricamente los diferentes métodos para analizar los mismos fenómenos físicos. Se estudiarán las ecuaciones de Maxwell por medio de los dos métodos para comparar las ventajas de uno respecto al otro en la conceptualización y el abordaje de situaciones problemáticas.

## INTRODUCCIÓN

En los cursos introductorios de electromagnetismo comúnmente se hace uso de las herramientas que brinda el cálculo vectorial para la descripción formal de los campos electromagnéticos (Gibbs, 1901); pero el uso de tales herramientas hace tediosa la manipulación de las ecuaciones que rigen estos fenómenos; además las nociones geométricas no son lo suficientemente explícitas. Existen otras maneras alternativas de describir los fenómenos electromagnéticos, las cuales resaltan su componente geométrico haciendo más intuitiva la comprensión de estos (Misner, Thorne y Wheeler, 1973).

Las expresiones fundamentales que describen el campo electromagnético son las ecuaciones de Maxwell que en forma integral vienen dadas por:

$$\begin{aligned}\oint_{\Gamma} \vec{E} \cdot d\vec{l} &= -\frac{d}{dt} \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A} \\ \oint_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l} &= \frac{d}{dt} \int_A \vec{D} \cdot d\vec{A} + \int_A \vec{J} \cdot d\vec{A} \\ \oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} &= \int_V \rho dv \\ \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} &= 0\end{aligned}\tag{1.1}$$

Infortunadamente, estas ecuaciones dependen del sistema de coordenadas elegido.

Ahora bien, la representación tensorial de (1.1) está descrita por medio de un tensor covariante de orden 2, que en la literatura se denomina *tensor electromagnético* (Sommerfeld, 1952), el cual permite compactar la notación y mantener invariante bajo una transformación arbitraria de coordenadas los fenómenos electromagnéticos.

Por otro lado, la imagen que brindan las formas diferenciales resaltan características geométricas de estos fenómenos, dando al estudiante la posibilidad de aprehender de una manera más intuitiva; aquí el campo electromagnético queda descrito a través de una 1-forma, sobre el espacio vectorial dual euclídeo.

## CONCLUSIONES

- La notación tensorial deja invariante los fenómenos electromagnéticos bajo transformaciones de coordenadas arbitrarias.
- Las formas diferenciales omiten el uso de índices; es decir, de coordenadas y así permiten el análisis de los fenómenos electromagnéticos, sin necesidad de recurrir a las cartas coordenables.
- El álgebra de las formas diferenciales reemplazan el conjunto de largas y tediosas identidades vectoriales, facilitando los cálculos.
- Las formas diferenciales proveen de un modelo visual a través de tubos y cajas que representan las integrales de superficie y volumen permitiendo entender el concepto de flujo electromagnético y densidad que ayuda a los estudiantes a formalizar e interiorizar los fenómenos electromagnéticos de mejor manera.

## REFERENCIAS

- Misner C., Thorne K. y Wheeler J. (1973). *Gravitation*. San Francisco, CA: W.H. Freeman.
- Sommerfeld, A. (1952). *Electrodynamics: Lectures on theoretical physics* (volumen III). New York, USA: Academic Press.