



Proyectos – Física Computacional IV

Astrofísica con mención en ciencia de datos

Profesor: Omar Fernández Olguín – omar.fernandez.o@usach.cl

Ayudante: Nicolás Campos Augusto – nicolas.campos.a@usach.cl

Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Santiago de Chile

14 de enero de 2026

Modelación Numérica del Campo Eléctrico mediante la Ecuación de Poisson

El objetivo de este proyecto es determinar numéricamente el **potencial eléctrico** generado por distribuciones de carga continuas y, a partir de él, calcular el **campo eléctrico** mediante el gradiente. La ecuación fundamental a resolver es la ecuación de Poisson:

$$\nabla^2 \phi(\mathbf{r}) = -\frac{\rho(\mathbf{r})}{\varepsilon_0},$$

donde $\phi(\mathbf{r})$ es el potencial eléctrico, $\rho(\mathbf{r})$ la densidad de carga, y ε_0 la permitividad del vacío.

Análisis Principales:

1. Discretización de Poisson

- Defina una malla regular en 2D o 3D con paso $\Delta x, \Delta y, \Delta z$.
- Aproximación del laplaciano mediante diferencias finitas centradas:

$$\nabla^2 \phi_{i,j,k} \approx \frac{\phi_{i+1,j,k} - 2\phi_{i,j,k} + \phi_{i-1,j,k}}{\Delta x^2} + \frac{\phi_{i,j+1,k} - 2\phi_{i,j,k} + \phi_{i,j-1,k}}{\Delta y^2} + \frac{\phi_{i,j,k+1} - 2\phi_{i,j,k} + \phi_{i,j,k-1}}{\Delta z^2}.$$

2. Condiciones de frontera

- Defina las condiciones de contorno de la región de estudio. Para esferas aisladas, puede usar $\phi \rightarrow 0$ a grandes distancias.

3. Solución numérica

- Resuelva el sistema lineal despejando $\phi_{i,j,k}$ de la ecuación discretizada.
- Itere hasta alcanzar convergencia mediante el método de **Jacobi** (simple y fácil de implementar), o métodos más eficientes como **Gauss-Seidel** o **SOR**.

4. Cálculo del campo eléctrico

- Una vez obtenido ϕ en cada punto, el campo eléctrico se calcula como

$$\mathbf{E} = -\nabla \phi.$$

- Aproximación del gradiente mediante diferencias finitas centradas:

$$E_x \approx -\frac{\phi_{i+1,j,k} - \phi_{i-1,j,k}}{2\Delta x}, \quad E_y \approx -\frac{\phi_{i,j+1,k} - \phi_{i,j-1,k}}{2\Delta y}, \quad E_z \approx -\frac{\phi_{i,j,k+1} - \phi_{i,j,k-1}}{2\Delta z}.$$

5. Visualización

- Grafique líneas de flujo del campo eléctrico en 2D o 3D.
- Visualice mapas de intensidad $|\mathbf{E}|$ o del potencial ϕ .
- Compare configuraciones: esferas sólidas vs huecas, distribuciones múltiples, densidades no uniformes.

6. Extensión

- Resuelva la ecuación utilizando coordenadas esféricas para el caso de una esfera cargada y compare con la solución en coordenadas cartesianas.
- Explore la eficiencia de distintos métodos iterativos y el efecto del tamaño de la malla.