Guía de Victorias Rápidas – Electromagnetismo

Tanda 2: Consolidación y Primer Salto – Soluciones

24 de febrero de 2026

Plan de Estudio – Tanda 2

Objetivo: Consolidar los fundamentos de la Tanda 1 y dar el primer paso hacia problemas con un poco más de cálculo.

Ejercicio 1 – ¿Cuándo fallaría la Ley de Gauss?

Fuente: Pregunta 17 – 2017-1

Enunciado

La ley de Gauss aplicada a cuerpos puntuales sería inválida si:

a) la ley del inverso del cuadrado de la distancia no fuera válida.

b) la rapidez de la luz en el vacío no fuera constante.

c) existieran los monopolos magnéticos.

d) solo existieran cargas negativas.

Solución paso a paso

Paso 1: ¿De dónde viene la Ley de Gauss?
La Ley de Gauss NO es una ley independiente: es una **consecuencia directa** de la Ley de Coulomb:

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \implies E = k\frac{q}{r^2} \quad \text{(ley del inverso del cuadrado)}$$

Si el exponente fuera $1/r^{2{,}01}$ en vez de $1/r^2$, el flujo a través de superficies esféricas concéntricas ya NO sería constante, y la equivalencia $\Phi_E = Q_{enc}/\varepsilon_0$ se rompería.

Paso 2: ¿Por qué las otras son falsas?

- **b)** La constancia de la velocidad de la luz es un postulado de la relatividad, no tiene relación directa con la ley de Coulomb ni Gauss.
- **c)** Los monopolos magnéticos violarían $\nabla \cdot \vec{B} = 0$ (la ley de Gauss *magnética*), pero no la ley de Gauss *eléctrica*.
- **d)** Si solo existieran cargas negativas, la ley de Gauss seguiría siendo válida. Las cargas negativas generan campo igual que las positivas (solo cambia la dirección).

Paso 3: La conexión profunda
La ley $1/r^2$ en 3 dimensiones es una consecuencia geométrica: el campo se "reparte" sobre esferas de área $4\pi r^2$. Si viviéramos en 4 dimensiones, el campo caería como $1/r^3$ y tendríamos una ley de Gauss diferente. La simetría esférica del espacio 3D es lo que hace que Gauss funcione.

$\boxed{\text{Respuesta: a)}}$

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** Ley de Coulomb $F_2 = \dfrac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon\, r^2}\,\hat{a}_{r12}$. La Ley de Gauss $\oint_S \varepsilon\vec{E}\cdot d\vec{S} = Q_{enc}$ es consecuencia directa de que $F \propto 1/r^2$.
- Si el exponente fuera distinto de 2, el flujo no sería independiente de la superficie.

Ejercicio 2 – ¿Por qué los pararrayos tienen punta?

Fuente: Pregunta 18 – 2017-2

Enunciado

¿Por qué los pararrayos poseen forma lineal y vertical?

a) Distribución uniforme de energía.

b) La densidad de líneas de campo eléctrico se maximiza alrededor (efecto de puntas).

c) Simetría cilíndrica de líneas de potencial.

d) Las cargas siguen caminos paralelos.

Solución paso a paso

Paso 1: El Efecto de Puntas

En un conductor en **equilibrio electrostático**, las cargas se distribuyen en la superficie. Pero no uniformemente: la densidad superficial de carga σ es **mayor** donde el radio de curvatura es **menor** (las puntas).

¿Por qué? Imagina que comprimes las cargas de una esfera grande en una esfera muy pequeña: la misma carga en menos área $\Rightarrow$ más densidad.

Paso 2: De σ al campo eléctrico

En la superficie de un conductor:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

Si σ es máxima en la punta, entonces E también es **máximo** en la punta. Este campo intenso:

1. **Ioniza** el aire circundante (arranca electrones de las moléculas)
2. Crea un **canal conductor** (plasma)
3. El rayo sigue preferentemente este camino de mínima resistencia

Paso 3: Las otras opciones

- **a)** "Distribución uniforme de energía" es lo *opuesto* a lo que ocurre – la energía se concentra en la punta.
- **c)** No hay "simetría cilíndrica de líneas de potencial" relevante aquí.
- **d)** Las cargas no siguen caminos paralelos; siguen el gradiente de potencial.

$$\boxed{\text{Respuesta: b)}}$$

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** $E_s = \rho_s/(2\varepsilon)$. En superficies curvas, la carga se concentra en zonas de alta curvatura (puntas).

Ejercicio 3 – Dipolo dentro de superficie gaussiana

Fuente: Pregunta 22 – 2023-2

Enunciado

Un dipolo eléctrico (cargas $+q$ y $-q$) está rodeado por una superficie gaussiana. ¿Cuál afirmación es correcta respecto al flujo eléctrico?

a) Solo una forma de superficie da flujo no nulo.

b) Solo una forma de superficie da flujo nulo.

c) Para cualquier superficie el flujo es distinto de cero.

d) Para cualquier superficie que encierre a ambas cargas, el flujo es cero.

Solución paso a paso

Paso 1: Carga neta del dipolo

$$Q_{neta} = (+q) + (-q) = 0$$

Paso 2: Aplicamos Gauss directamente

$$\Phi_E = \frac{Q_{enc}}{\varepsilon_0} = \frac{0}{\varepsilon_0} = 0$$

Paso 3: ¿Importa la forma de la superficie?

¡NO! La Ley de Gauss dice que el flujo depende **únicamente** de la carga encerrada, sin importar la forma de la superficie. Puede ser esférica, cúbica, irregular – siempre que encierre a ambas cargas, el flujo es cero.

Paso 4: Cuidado con un error conceptual

Que el flujo sea cero NO significa que el campo sea cero en la superficie. El campo del dipolo es complicado y no nulo. Lo que pasa es que la misma cantidad de "líneas de campo" que *salen* de la superficie, *entran* por otro lado. El flujo neto (salida − entrada) es cero.

$\boxed{\text{Respuesta: d)}}$

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Gauss' Law (Pág. 355):** Si $Q_{encl} = 0$, el flujo neto es nulo para *cualquier* superficie cerrada.

Ejercicio 4 – Gauss con distribución de cargas

Fuente: Pregunta 22 – 2024-2

Enunciado

Cargas puntuales distribuidas alrededor de un punto O. Superficie gaussiana esférica de radio $1{,}7r$. ¿El flujo es proporcional a qué?

a) Proporcional a q.

b) Proporcional a $-q$.

c) Proporcional a $2q$.

d) Nula.

Solución paso a paso

Paso 1: Identificar qué cargas están DENTRO
De la figura, las cargas y sus distancias al centro O son:

- A distancia $1{,}5r$: una carga **negativa** $(-q) \leftarrow$ **DENTRO** (pues $1{,}5r < 1{,}7r$)
- A distancia $2r$: cargas positivas $\leftarrow$ FUERA ($2r > 1{,}7r$)
- A distancia $2{,}5r$, $3r$, $4r$: más cargas $\leftarrow$ todas FUERA

Paso 2: Aplicamos Gauss
Solo la carga a $1{,}5r$ está dentro de la superficie de radio $1{,}7r$:

$$Q_{enc} = -q$$
$$\Phi_E = \frac{Q_{enc}}{\varepsilon_0} = \frac{-q}{\varepsilon_0} \propto -q$$

Paso 3: Lección clave
Las cargas **fuera** de la superficie gaussiana NO contribuyen al flujo neto. Sí afectan el campo $\vec{E}$ en puntos individuales de la superficie, pero cuando integras sobre toda la superficie cerrada, su contribución se cancela (lo que entra = lo que sale).

$\boxed{\text{Respuesta: b)}}$

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Gauss' Law (Pág. 355):** Solo las cargas *dentro* de la superficie contribuyen a Q_{encl}.

Ejercicio 5 – Modelo bola-clavos (Drude simplificado)

Fuente: Pregunta 19 – 2016-2

Enunciado

Modelo de bola cayendo por plano inclinado con clavos (conducción electrónica). ¿Qué representa la *altura*?

a) La energía transportada entre los dos extremos de la resistencia.

b) El voltaje aplicado a la resistencia.

c) Otros electrones de la resistencia.

d) La potencia disipada en la resistencia.

Solución paso a paso

Paso 1: La analogía mecánica-eléctrica

Modelo mecánico	**Circuito eléctrico**
Bola	Electrón
Clavos	Iones de la red cristalina
Altura h	¿?
Gravedad g	Campo eléctrico E
Energía potencial mgh	Energía potencial qV

Paso 2: ¿Qué es la altura en mecánica?
La altura define la **energía potencial por unidad de masa**: gh. Es lo que "impulsa" a la bola hacia abajo.
Paso 3: ¿Cuál es el equivalente eléctrico?
El concepto de "energía potencial por unidad de carga" en electricidad es exactamente el **voltaje** (diferencia de potencial):

$$V = \frac{W}{Q} = \frac{\text{energía potencial eléctrica}}{\text{carga}}$$

Así como la altura "empuja" la bola, el voltaje "empuja" a los electrones.
Paso 4: ¿Por qué no energía (opción a)?
La *energía* sería mgh (no solo h) o qV (no solo V). La altura por sí sola es energía *por unidad de masa*, análoga al voltaje (energía por unidad de carga), no a la energía total.

$$\boxed{\text{Respuesta: b)}}$$

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Voltage (Pág. 356):** $V = W/Q$. El voltaje es la diferencia de potencial = trabajo por unidad de carga.

Ejercicio 6 – Condición de idealidad del capacitor

Fuente: Pregunta 15 – 2018-2

Enunciado

Capacitor de placas paralelas, área A, separación d. ¿Condición para modelo ideal?

a) $A \to \infty$

b) $\sqrt{A} \gg d$

c) $d \to 0$

d) $A \ll d$

Solución paso a paso

Paso 1: ¿Qué asume el modelo ideal?
El modelo ideal de capacitor de placas paralelas asume:

- Campo **uniforme** entre las placas
- Campo **nulo** fuera de las placas
- Sin "efectos de borde" (el campo no se "escapa" por los lados)

Paso 2: ¿Cuándo se cumple?
Para que los efectos de borde sean despreciables, las dimensiones de las placas deben ser **mucho mayores** que la separación. Si las placas son "infinitas" comparadas con d, los bordes están tan lejos que no importan.
Paso 3: ¿Cómo comparar?
El área A tiene unidades de m^2, la separación d tiene unidades de m. Para compararlos, necesitamos una longitud: $\sqrt{A}$ (la "dimensión característica" de la placa). La condición es:

$$\boxed{\sqrt{A} \gg d}$$

Paso 4: ¿Por qué no a) ni c)?

- **a)** $A \to \infty$ es suficiente pero innecesaria. No necesitas placas infinitas, solo que $\sqrt{A}$ sea "mucho mayor" que d.
- **c)** $d \to 0$ no garantiza nada si A también es pequeña.

La clave es la **razón** $\sqrt{A}/d$, no el valor absoluto de A ni d.

$$\boxed{\text{Respuesta: b)}}$$

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Capacitors (Pág. 358):** $C = \varepsilon A/d$. Fórmula válida cuando $\sqrt{A} \gg d$ (campo uniforme, sin efectos de borde).

Ejercicio 7 – Dieléctrico en capacitor

Fuente: Pregunta 15 – 2019-1

Enunciado

Sobre un capacitor de placas paralelas, ¿cuál afirmación es SIEMPRE correcta?

a) La energía eléctrica en cada placa es aproximadamente la misma.

b) El campo eléctrico disminuye si se introduce un dieléctrico.

c) El potencial eléctrico no depende de la distancia.

d) Entre las placas existe un traspaso de cargas.

Solución paso a paso

Paso 1: ¿Qué hace un dieléctrico?
Un dieléctrico (material aislante como vidrio, plástico, etc.) insertado entre las placas se **polariza**: sus moléculas se alinean con el campo externo, creando un campo interno opuesto. El resultado neto:

$$E_{con\ diel} = \frac{E_0}{\kappa}$$

donde $\kappa > 1$ es la constante dieléctrica. El campo siempre **disminuye**.
Paso 2: ¿Es SIEMPRE cierto?
Sí, para carga fija en las placas (caso más general). Si las placas están conectadas a una batería (voltaje fijo), el campo se mantiene igual pero la carga aumenta. Sin embargo, la afirmación "el campo disminuye" es correcta en el caso estándar (carga fija), que es el que se asume por defecto.
Paso 3: Las otras opciones

- **a) FALSO:** La energía se almacena en el **campo entre** las placas ($u = \frac{1}{2}\varepsilon E^2$), no "en cada placa".
- **c) FALSO:** $V = E \cdot d$. Claramente depende de la distancia d.
- **d) FALSO:** El dieléctrico (o vacío) entre las placas es **aislante**. No fluye carga entre ellas.

$$\boxed{\text{Respuesta: b)}}$$

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Capacitors (Pág. 358):** $C = \varepsilon_r \varepsilon_0 A/d$. Con dieléctrico ($\varepsilon_r > 1$), C aumenta y, para carga constante, E disminuye.

Ejercicio 8 – Densidad de líneas de campo $\propto 1/r^2$

Fuente: Pregunta 14 – 2019-1

Enunciado

Densidad relativa de líneas de campo μ_2/μ_1 a distancias $R_2 = 3R_1$ de una carga puntual:

a) 1/9

b) 1/3

c) 3

d) 9

Solución paso a paso

Paso 1: Relación densidad de líneas $\leftrightarrow$ campo

La densidad de líneas de campo es una representación visual de la **magnitud** del campo eléctrico. Donde las líneas están más juntas, $|\vec{E}|$ es mayor.

Paso 2: Campo de carga puntual

$$E \propto \frac{1}{r^2}$$

Paso 3: Calculamos la razón

$$\frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{E(R_2)}{E(R_1)} = \frac{1/R_2^2}{1/R_1^2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 = \left(\frac{R_1}{3R_1}\right)^2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 = \boxed{\frac{1}{9}}$$

Paso 4: Interpretación

A distancia triple, la densidad de líneas cae a 1/9. Las líneas se "reparten" sobre una esfera de área $4\pi r^2$: si el radio se triplica, el área se multiplica por 9, y la densidad por línea cae a 1/9.

Respuesta: a)

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** $E = Q/(4\pi\varepsilon r^2)$. La densidad de líneas decae como $1/r^2$.

Ejercicio 9 – Esferas conductoras conectadas: $V = ER$

Fuente: Pregunta 17 – 2016-2

Enunciado

Dos esferas conductoras ($R_1 = 2$ cm, $R_2 = 4$ cm) conectadas por cable. Campo en la superficie de la esfera grande: $E_2 = 100$ kV/m. Potencial en la esfera de 2 cm.

a) 2 kV

b) 4 kV

c) 8 kV

d) Faltan datos

Solución paso a paso

Paso 1: Conductores conectados = mismo potencial

Si dos conductores están conectados por un cable, las cargas se redistribuyen hasta que ambos están al **mismo potencial**:

$$V_1 = V_2$$

Esto es porque un conductor en equilibrio es una equipotencial. Si hubiera diferencia de potencial, habría corriente hasta que se igualaran.

Paso 2: Relación V y E para una esfera

Para una esfera conductora de radio R:

$$E = \frac{kQ}{R^2}, \qquad V = \frac{kQ}{R}$$

Dividiendo: $V = E \cdot R$. Esta relación es muy útil para esferas.

Paso 3: Calculamos

$$V_2 = E_2 \cdot R_2 = (100 \times 10^3 \text{ V/m}) \times (0{,}04 \text{ m}) = 4.000 \text{ V} = 4 \text{ kV}$$

Como $V_1 = V_2$:

$$\boxed{V_1 = 4 \text{ kV}}$$

Paso 4: Dato curioso – ¿dónde es más fuerte el campo?

Aunque $V_1 = V_2$, los campos son diferentes:

$$E_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{4000}{0{,}02} = 200 \text{ kV/m}$$

¡El campo en la esfera **pequeña** es el doble! Esto se conecta con el efecto de puntas (Tanda 2, Ej. 2): menor radio ⇒ mayor campo.

$$\boxed{\text{Respuesta: b)}}$$

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

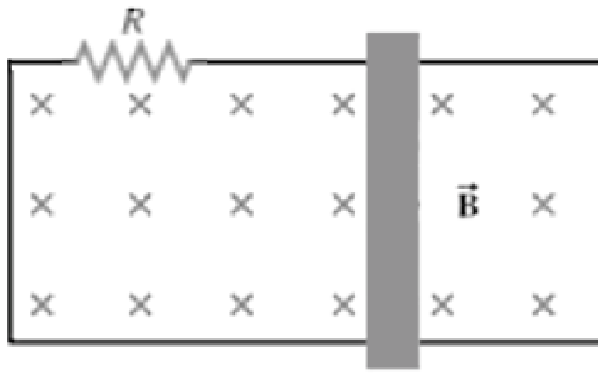
- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** Esfera conductora: $V = kQ/R$, $E = kQ/R^2 = V/R$.
- **Voltage (Pág. 356):** Conductores conectados: $V_1 = V_2$.

Ejercicio 10 – FEM en barra conductora: $\varepsilon = vBl$

Fuente: Pregunta 17 – 2018-2

Enunciado

Barra conductora de 10 cm, velocidad 10 m/s, campo $B = 0{,}1$ T, resistencia $R = 10\ \Omega$. ¿Corriente inducida?



a) 0,01 mA

b) 0,1 mA

c) 1 mA

d) 10 mA

Solución paso a paso

Paso 1: ¿Por qué hay FEM?
Cuando una barra conductora se mueve en un campo magnético, los electrones dentro de la barra sienten una fuerza magnética ($\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$) que los empuja hacia un extremo. Esto crea una separación de cargas $\Rightarrow$ diferencia de potencial $\Rightarrow$ FEM.
Paso 2: Fórmula de la FEM motional

$$\varepsilon = v \cdot B \cdot l$$

Condición: $\vec{v}$, $\vec{B}$ y $\vec{l}$ deben ser mutuamente perpendiculares.
Paso 3: Calculamos la FEM
¡Cuidado con las unidades! $l = 10$ cm $= 0{,}1$ m:

$$\varepsilon = 10 \text{ m/s} \times 0{,}1 \text{ T} \times 0{,}1 \text{ m} = 0{,}1 \text{ V}$$

Paso 4: Corriente por Ley de Ohm

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0{,}1 \text{ V}}{10 \ \Omega} = 0{,}01 \text{ A} = \boxed{10 \text{ mA}}$$

Paso 5: Verificación de unidades
$[\text{m/s}] \times [\text{T}] \times [\text{m}] = [\text{m/s}] \times [\text{kg}/(\text{A}\cdot\text{s}^2)] \times [\text{m}] = [\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{A}\cdot\text{s}^3)] = [\text{V}]$ ✓

$$\boxed{\text{Respuesta: d)}}$$

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Faraday's Law (Pág. 356):** FEM motional: $\varepsilon = vBl$ (con $\vec{v} \perp \vec{B} \perp \vec{l}$).
- **Ohm's Law (Pág. 357):** $V = IR \Rightarrow I = V/R$.

Resumen de Conceptos Clave – Tanda 2

Lo que deberías dominar después de Tanda 1 + 1B + 2

Conceptuales profundos:

1. Gauss funciona **porque** $E \propto 1/r^2$ (geometría del espacio 3D).
2. Efecto de puntas: σ mayor $\Rightarrow$ E mayor $\Rightarrow$ ionización $\Rightarrow$ descarga.
3. Dipolo: $Q_{neta} = 0 \Rightarrow \Phi = 0$ para cualquier superficie.
4. Solo las cargas **dentro** de la superficie gaussiana contribuyen al flujo.
5. Voltaje $\equiv$ energía potencial por unidad de carga (análogo a altura/g).
6. Capacitor ideal: $\sqrt{A} \gg d$ (sin efectos de borde).
7. Dieléctrico: siempre reduce E (para carga fija): $E = E_0/\kappa$.

Cálculos de 1–2 pasos:

8. $\mu \propto E \propto 1/r^2$: a distancia triple, densidad $\times 1/9$.
9. Esferas conectadas: $V = ER$, mismo potencial, campo mayor en la pequeña.
10. FEM motional: $\varepsilon = vBl$, luego $I = \varepsilon/R$.

Mapa de progreso

Tanda 1 (7 ejercicios): Definiciones + 1 fórmula ✓
Tanda 1B (10 ejercicios): Conceptuales profundos + circuitos básicos ✓
Tanda 2 (10 ejercicios): Gauss aplicado + cálculos de 1–2 pasos ✓

Total: 27 ejercicios resueltos de los 42 de la guía (64 % de cobertura).
Los 15 restantes son de mayor complejidad (RLC multi-paso, integrales, redes de resistencias).

Puedes ver este repositorio en `https://github.com/anomvlito/respositorio-fundamentals`