

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y  
MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

EXAMEN COMPLEXIVO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGISTER EN ENSEÑANZA DE LA FÍSICA”

TEMA

INFLUENCIA DE LA ESTRATEGIA DE RESOLUCIÓN DE  
PROBLEMAS EN EL RENDIMIENTO DE LOS  
ESTUDIANTES DE BACHILLERATO EN EL ESTUDIO DE  
LA UNIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

AUTOR

DANIEL ENRIQUE GÓMEZ ALEJANDRO

Guayaquil – Ecuador

AÑO  
2015

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y  
MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**EXAMEN COMPLEXIVO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**“MAGISTER EN ENSEÑANZA DE LA FÍSICA”**

**TEMA**

**INFLUENCIA DE LA ESTRATEGIA DE RESOLUCIÓN DE  
PROBLEMAS EN EL RENDIMIENTO DE LOS  
ESTUDIANTES DE BACHILLERATO EN EL ESTUDIO DE  
LA UNIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**DANIEL ENRIQUE GÓMEZ ALEJANDRO**

**Guayaquil – Ecuador**

**AÑO  
2015**

## **DEDICATORIA**

A mis hijas y a mis hijos, por ser fuente de inspiración y motor de perseverancia para seguir superándome por ellos, quienes me han brindado su amor y su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

A mi esposa, mi padre y mis hermanos por ser pilares en la ardua tarea de desarrollo de mi vida profesional, fortaleciendo mis deseos de superación.

A mi madre, que desde el cielo sigue iluminando y bendiciendo mi camino en cada paso que doy, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan, ayudándome a encarar las adversidades.

Daniel Enrique Gómez Alejandro

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por ser fuente de fortaleza e inspiración para culminar este trabajo de investigación.

Al Padre José Novoa Mendoza, por su apoyo, contribución y permitirme realizar mi investigación en la Unidad Educativa bajo su rectoría.

Al M.Sc. Jorge Flores Herrera, por sus consejos, su paciencia y su sapiencia para liderar nuestro grupo de trabajo, llevando adelante el programa de maestría.

A todos mis profesores de la MEF, que aportaron con sus conocimientos para forjar nuestra formación de cuarto nivel.

A todos mis compañeros de la MEF, con quienes además de realizar talleres y trabajos grupales de investigación, compartí gratos momentos de camaradería, experiencias, amistad y compañerismo.

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este proyecto de examen complejo, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Física** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

---

DANIEL ENRIQUE GÓMEZ ALEJANDRO

## **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

Francisco Vera Alcívar, Ph.D  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

Bolívar Flores Nicolalde, Mg  
DIRECTOR DEL PROYECTO

---

Francisca Flores Nicolalde, Mg  
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

---

DANIEL ENRIQUE GÓMEZ ALEJANDRO

# ÍNDICE

	pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contexto del Problema	1
1.2. Declaración del problema	1
1.3. Preguntas de investigación	2
1.4. Objetivos	2
1.4.1 Objetivo General	2
1.4.2 Objetivos Específicos	2
1.5. Hipótesis	3
1.5.1 Hipótesis de la Investigación	3
1.5.2 Hipótesis Nulas	4
1.6. Variables	4
1.6.1 Variable Dependiente	4
1.6.2 Variable Independiente	4
1.6.3 Variable Moderadora	4
1.7. Justificación e importancia del problema	4
2 REVISIÓN DE LA LITERATURA	6
2.1. Resolución de Problemas	6
2.2. Estrategias de Resolución de Problemas en la Enseñanza de la Física	7
2.3. Resolución de Problemas versus Número de Problemas Resueltos	11
2.4. Talleres Grupales	12
3 METODOLOGÍA	13
3.1. Sujetos	13
3.2. Tareas y Materiales	13
3.3. Procedimiento	15
3.3.1 Aplicación de la Intervención	15
3.3.2 Recepción de la Prueba de Salida	15
3.4. Análisis de datos	15



3.5.	Presupuesto	15
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.3	Resultados de la Prueba de Salida	17
4.4	Comprobación de la Primera Hipótesis	18
4.5	Comprobación de la Segunda Hipótesis	20
	CONCLUSIONES	23
	RECOMENDACIONES	24
	REFERENCIAS	25
	ANEXOS	27

## ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1.	14
Tabla 2.	14
Tabla 3.	16
Tabla 4.	17
Tabla 5.	20
Tabla 6.	22

# **CAPÍTULO I**

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 CONTEXTO DEL PROBLEMA**

Los profesores de Física cuando enseñan la unidad de Campo Eléctrico, observan en los estudiantes las dificultades que presentan en su aprendizaje debido a una inexistente o inadecuada aplicación de una estrategia que sirva de tutoría o de soporte para comprender de manera holística cada uno de los tópicos tratados, no solamente de forma cualitativa, sino también cuantitativa. Por esta razón se vuelve imprescindible la aplicación de técnicas y metodologías más apropiadas para lograr el interés del estudiante, y una mejor comprensión del tópico estudiado. La resolución de problemas brinda esta posibilidad, y con ello, un mejor entendimiento del fenómeno físico.

Una de las causas del bajo rendimiento radica en que no se aplica una estrategia de resolución de problemas de manera explícita y que al realizarse de forma inadecuada, conduce a un bajo rendimiento en algunos estudiantes, lo que los lleva al fracaso estudiantil.

De acuerdo a estudios e investigaciones de expertos, como George Polya, Zulma Gangoso y Jennifer Docktor, entre otros, se sugiere la aplicación de una estrategia de resolución de problemas para obtener mejores resultados en el rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura de Física.

### **1.2 DECLARACIÓN DEL PROBLEMA**

El propósito de este trabajo es determinar la relación existente entre la estrategia de resolución de problemas y la cantidad de problemas resueltos proporcionados como material de apoyo con el rendimiento académico de los estudiantes matriculados en Segundo de Bachillerato de una institución educativa particular ecuatoriana.

### **1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

A partir del contexto y la declaración del problema, se pueden plantear las siguientes preguntas de investigación.

¿Cómo incide la estrategia de resolución de problemas al rendimiento académico de los estudiantes?

¿Cómo incide la cantidad de problemas resueltos proporcionados como material de apoyo al aprovechamiento de los estudiantes?

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Determinar cómo influye la estrategia de resolución de problemas y la cantidad de problemas resueltos en el rendimiento académico estudiantil mediante la aplicación de talleres de resolución de problemas y la disposición de problemas resueltos cuando estudian la unidad de Campo Eléctrico.

#### **Objetivos Específicos**

- Formular procedimientos para aplicar la estrategia de resolución de problemas.
- Plantear estrategias de resolución de problemas.
- Plantear diferentes cantidades de problemas resueltos como material de apoyo.
- Formular el procedimiento para realizar trabajo cooperativo.

## **1.5 HIPÓTESIS**

Para declarar las hipótesis es necesario disponer de las variables de investigación que son:

Estrategia de resolución de problemas (Variable independiente)

Rendimiento académico de los estudiantes (Variable dependiente)

Cantidad de problemas resueltos proporcionados (Variable moderadora)

### **1.5.1 Hipótesis de la Investigación**

En función del objetivo general de este trabajo de investigación que consiste en determinar cómo influye la estrategia de resolución de problemas y la cantidad de problemas resueltos en el aprovechamiento estudiantil mediante la aplicación de un banco de problemas resueltos de Campo Eléctrico, se plantearon dos hipótesis de investigación:

- Aquellos estudiantes que aplican la estrategia de resolución de problemas tienen mayor rendimiento que aquellos que no la aplican.
- Aquellos estudiantes que reciben una mayor cantidad de problemas resueltos por objetivo de estudio tienen mayor rendimiento que aquellos que reciben una menor cantidad.

### **1.5.2 Hipótesis Nulas**

- Aquellos estudiantes que aplican la estrategia de resolución de problemas no tienen mayor rendimiento que aquellos que no la aplican.
- Aquellos estudiantes que aplican una mayor cantidad de problemas resueltos no tienen mayor rendimiento que aquellos que aplican una menor cantidad.

## **1.6 VARIABLES**

### **1.6.1 Variable Dependiente.**

La variable dependiente es el rendimiento académico de los estudiantes que se midió mediante una prueba de resolución de problemas aplicada a la salida de la intervención.

### **1.6.2 Variable Independiente.**

La variable independiente es la estrategia de resolución de problemas mediante talleres grupales que se aplicó a dos grupos de estudiantes.

### **1.6.3 Variable Moderadora.**

La variable moderadora es la cantidad de problemas resueltos que se les proporcionó como material de apoyo a los estudiantes.

## **1.7 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA**

Este estudio es relevante no sólo a nivel superior y en bachillerato, sino también desde la educación básica, en donde el niño debe aprender a razonar y a comenzar a desarrollar el pensamiento crítico con problemas matemáticos cotidianos.

En bachillerato, como parte de la preparación científica básica de la enseñanza media, la Física permite formar conocimientos, dar solidez teórico – práctica y explicar fenómenos físicos en situaciones concretas.

En instituciones de educación superior, la enseñanza de la Física busca fortalecer en el estudiante los conocimientos científicos del mundo que lo rodea, aplicando modelos matemáticos para describir y simular el estado presente y futuro de las variables que describen un fenómeno y herramientas tecnológicas para agilizar u optimizar la obtención y presentación de los resultados, permitiéndole así comprender y asimilar

mejor los conceptos, leyes, teorías y principios relacionados a un fenómeno físico en particular.

Por esta razón, la resolución de problemas es una de las tareas que permite lograr mayor activación del pensamiento en los estudiantes. Se debe prestar especial atención a la resolución de problemas desde ejemplos sencillos hasta los más complejos, haciendo énfasis en la contextualización de los problemas a su experiencia cotidiana.

Tradicionalmente enseñar y aprender a resolver problemas se identifica con la aplicación de conceptos físicos y cálculos operativos, a determinadas cuestiones cuantitativas. Una de las causas del bajo nivel en la asimilación de conceptos radica en el hecho de que después de familiarizar a los estudiantes con un concepto nuevo, se continúa con la resolución de problemas de carácter cuantitativo, dejando a un lado los problemas cualitativos, que profundizan, consolidan y fortalecen los conceptos, leyes y principios.

## **CAPÍTULO II**

### **2. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **2.1 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

La resolución de problemas es uno de los procesos más utilizados por los profesores de Física en su actividad docente para impartir los conocimientos en esta tan fascinante asignatura, pero al mismo tiempo es uno de los mayores obstáculos que enfrentan los estudiantes durante el proceso de aprendizaje. Si bien ha sido usada por mucho tiempo, no ha sido una técnica muy depurada en el desempeño docente, generando evaluaciones muy poco satisfactorias y por lo tanto, un bajo rendimiento estudiantil.

Para entender una teoría, se debe conocer cómo fue descubierta o cómo se derivaron sus resultados matemáticos, dando mayor énfasis al proceso de descubrimiento que al simple hecho de resolver ejercicios (Polya G. 1965).

Para resolver problemas, Polya planteó un método de cuatro pasos:

1. **Entender el problema.** A partir de la lectura comprensiva del enunciado del problema propuesto se podrá entenderlo y permitirá plantearlo de forma correcta.
2. **Configurar un plan.** Consiste en plantear una estrategia de resolución a través de un algoritmo o secuencia lógica de pasos a seguir hasta lograr su resolución.
3. **Ejecutar el plan.** Aplicar la estrategia planificada y resolver el problema siguiendo los pasos establecidos.
4. **Mirar hacia atrás.** Consiste en auto-retroalimentar el proceso de resolución en cada uno de los pasos establecidos conforme se va resolviendo el problema.

Este método le plantea al estudiante una forma eficaz para la resolución de problemas matemáticos, sin embargo, es conveniente especificar que por el alto contenido matemático en el estudio de la Física, resulta también fundamental su aplicación en este campo.



Resolver ejercicios matemáticos es muy valioso en el aprendizaje de la Física, ayudando a aprender conceptos, propiedades y procedimientos, los cuales podremos aplicar cuando nos enfrentemos a la tarea de resolver problemas relacionados a la vida real.

## **2.2 ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

En muchas ocasiones, los estudiantes no desarrollan al máximo su razonamiento y sus habilidades y destrezas se ven truncadas por la poca preparación o predisposición del docente para llegar con mayor precisión y profundidad a sus estudiantes, generando pocas expectativas, inseguridad y falta de motivación.

Se sugiere entonces que se trate en lo posible, mantener en el estudiante amplias expectativas para adquirir el conocimiento, que demuestre seguridad y se encuentre altamente motivado. Polya estableció los Diez Mandamientos para los profesores de Matemáticas (Polya G. 1966) que por supuesto, también son aplicables en la enseñanza de la Física debido al manejo y utilización de las matemáticas como herramienta.

- 1. Interésese en su materia.** Si el profesor se aburre, toda la clase se aburrirá.
- 2. Conozca y domine su materia.** A un profesor no le basta con saber enseñar. Puede conocer mucho sobre metodologías de la enseñanza, pero si no conoce a fondo el tema de Física que está tratando de enseñar, creará en el estudiante varias concepciones alternativas que influenciarán de forma negativa en su aprendizaje.
- 3. La mejor manera para que el estudiante aprenda algo es descubriéndolo por sí mismo.** Se puede obtener gran provecho de la lectura de un buen libro de Física o de la aplicación de los recursos audiovisuales que promoverán a la experiencia de los propios estudios y a la observación de los estudiantes.
- 4. Trate de leer en los rostros de los estudiantes sus expectativas y dificultades.** Aunque el docente se interese por el tema, lo conozca bien, se comprendan los procesos de adquisición de los conocimientos, éste puede ser un mal profesor. Es algo raro, pero muchos hemos conocido profesores que, siendo perfectamente competentes, no eran capaces de establecer contacto con su clase; la enseñanza del

uno debe acompañarse del aprendizaje del otro, y por lo tanto, debe existir un contacto entre el profesor y el estudiante.

**5. Dé a sus estudiantes no sólo información, sino el conocimiento de cómo hacerlo.**

El conocimiento consiste, parte en “información” y parte en “saber hacer”. El saber hacer es el talento, es la habilidad en hacer uso de la información para un fin determinado. En Física, el “saber hacer” se traduce en la aptitud para resolver problemas y examinar con espíritu crítico las soluciones. Por esta razón, en Física, la manera cómo se enseña es tan importante como lo que se enseña.

**6. Permítales aprender a conjeturar.** El profesor de Física tiene excelentes ocasiones para mostrar el papel de la conjetura en el campo del descubrimiento y hacer que los estudiantes adquieran una actitud intelectual crítica. La conjetura razonable debe basarse en la utilización juiciosa de la evidencia inductiva y de la analogía.

**7. Permítales aprender a comprobar.** La Física es una buena escuela para la comprobación. Los fenómenos naturales tienen un soporte matemático sujeto a comprobaciones experimentales, bien sea en prácticas de laboratorio o mediante simulaciones en laboratorios virtuales.

**8. Considere que las características de un problema pueden ser útiles en la resolución de problemas futuros.** Cuando se resuelva un problema, resalte sus rasgos instructivos. Un aspecto que sea bien señalado en un problema puede transformarse en un modelo de resolución, en un esquema tal que, imitándole, el estudiante pueda resolver otros problemas.

**9. No muestre todo el secreto a la primera.** He aquí una buena estrategia fácil de aplicar: cuando se empieza a discutir la solución de un problema, permita que sus estudiantes sugieran su solución. Quien tiene una idea o la ha formulado, se ha comprometido: debe seguir el desarrollo de la solución para ver si lo que se ha conjeturado es correcto o no.

**10. Sugiera; no les inculque a la fuerza.** Se trata de dejar a los estudiantes tanta libertad e iniciativa como sea posible, teniendo en cuenta las condiciones existentes de la enseñanza. Permita que los estudiantes hagan preguntas; o bien planteeles cuestiones que ellos mismos sean capaces de replantear.

Estas diez sugerencias le permitirán al docente mantener una actitud proactiva con sus estudiantes brindándoles seguridad y motivación al aplicar la estrategia de resolución de problemas.

El contexto de la física brinda la oportunidad a los estudiantes de plantear estrategias de resolución de problemas. La generación de estas habilidades no es sólo una característica intrínseca de cada estudiante sino que también debe ser uno de los objetivos primordiales del docente de física.

*“La resolución de problemas es vista como una parte fundamental del aprendizaje de la física”* (Docktor J. 2005). Entonces, existe la necesidad de mejorar la calidad de la enseñanza de la física mediante la resolución de problemas. Sin embargo, el conocimiento conceptual no puede quedar de lado y simplemente limitarse a resolver problemas de una forma mecánica. El éxito de la estrategia de resolución de problemas radica en el entendimiento claro de los conceptos que permitan encontrar la solución a los problemas planteados y la consiguiente transferencia a otros contextos.

Del mismo modo, *“la resolución de problemas involucra como mínimo procesos de percepción, atención, memoria y razonamiento, los cuales constituyen en sí mismos problemas actuales para la Psicología Cognitiva”* (Buteler L. 2003). Queda claro entonces que los procesos cognitivos son fundamentales para afianzar los procesos procedimentales y de aplicación mediante el análisis de los datos y condiciones requeridas en la resolución de problemas.

Hablar de problemas implica considerar aquellas situaciones que demandan reflexión, búsqueda, investigación y donde para responder hay que pensar en las soluciones y definir una estrategia de resolución que no conduce, precisamente, a una respuesta rápida e inmediata. *“Lo importante para realmente enfatizar la resolución de problemas, no es resolver más problemas o aplicarlos en la vida cotidiana, lo importante es utilizar la resolución de problemas como el mejor vehículo para enseñar todo, enseñar a través de resolver problemas”* (Gaulin C. 2000).

Hoy en día, la resolución de problemas aparece junto a nuevas tendencias educativas que demandan el desarrollo de determinadas habilidades y destrezas de los alumnos a expensas de concepciones que contemplan de otra manera la educación en ciencias.

Aparecen así otros significados que resultan congruentes con esta perspectiva: la necesidad de mostrar una ciencia recreativa que recupera problemas cotidianos y los pone a disposición de los estudiantes como una forma de mostrar que aprender ciencia puede resultar divertido (Coronel M, Curotto M. 2008).

La estrategia de resolución de problemas toma en cuenta las características de los procesos de comprensión y resolución de un problema de física de acuerdo al enunciado de los problemas (Truyol M, Gangoso Z. 2010) e indican que: *“Los estudiantes empiezan a resolver problemas "buceando" en expresiones numéricas o algebraicas, manipulan ecuaciones tratando de "llenar huecos" hasta encontrar alguna combinación que les lleve a la respuesta. Ocasionalmente utilizan su conocimiento para comprender la situación y menos aún para analizarla. Este modo de enfrentar el problema, hace difícil que puedan planear caminos de acción. Al llegar al resultado, rara vez controlan su razonabilidad ya que la situación, para ellos, ha quedado sin sentido en las primeras etapas”*.

Este desorden en las etapas de planteamiento y resolución de problemas crea estudiantes mecanizados que tratan de seguir un camino único o receta y no analizan las distintas posibilidades que pueden presentarse en un problema.

Los profesores de Física normalmente asignan a sus prácticas docentes metas de formación muy valiosas a largo plazo. Sin embargo, los estudiantes se centran en metas a corto plazo y poco favorables, como por ejemplo centrarse solo en la obtención de la respuesta correcta o el aprendizaje memorístico de leyes y principios (Truyol M. 2012).

Además, la interrelación entre asignaturas como Lenguaje, Física y Matemáticas es de gran importancia. Para esta interrelación existen tres modelos fundamentales, el modelo situacional, el modelo físico conceptual y modelo físico formalizado. El modelo situacional está conformado por objetos y eventos que deben identificarse y entenderse mediante la lectura comprensiva del enunciado del problema, el modelo físico conceptual está conformado por conceptos y leyes que rigen a los objetos y eventos, y el modelo físico formalizado está conformado por las ecuaciones y expresiones matemáticas que representan a la situación. Las tres asignaturas intervienen formando

una amalgama perfecta para el entendimiento y planteamiento de un problema (Gangoso Z. 2012).

Naturalmente, los estudiantes buscan la forma de tener acceso a problemas resueltos que le sirvan de apoyo o de guía en la resolución de problemas. Los problemas resueltos sirven de guía y se presentan como ejemplos a seguir cuando se trata de resolver problemas similares.

Al finalizar una unidad o contenido programático debe resolverse problemas en clase que sirvan de ejemplo o guía a los estudiantes proporcionándoles ideas e induciéndoles en la construcción de esquemas y representaciones. El método más común para apoyar la construcción de un esquema, es trabajar con ejemplos. Los problemas resueltos son estrategias instruccionales que generalmente incluyen los datos del problema y los procedimientos necesarios para la resolución de los mismos (Jonassen D. 2010).

Los estudiantes deben entonces disponer de un banco de problemas resueltos facilitado por el profesor que les permita analizar la resolución de los mismos adicionalmente a aquellos problemas resueltos en clase.

### **2.3 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS VERSUS NÚMERO DE PROBLEMAS RESUELTOS**

La estrategia de resolución de problemas es una actividad que el docente debe programar para que pueda ser desarrollada por el estudiante de forma individual o grupal, es decir, que en ella está inmerso el aprendizaje cooperativo, que debe concluir con la consolidación de los problemas propuestos, siendo socializados al final de la clase. Para reforzar el taller grupal del aula, debe considerarse a parte de la tarea correspondiente, un factor primordial que involucra la dosis adecuada del número de problemas resueltos complementarios, para inducir en el estudiante la necesidad de revisar el material a su disposición, sin ser demasiado escaso o muy numeroso, que lo vuelva cansado y monótono.

Para ello, se elaboró el mapa de objetivos que se muestra en el ANEXO 1, de acuerdo a los objetivos específicos de la unidad de campo eléctrico.

## **2.4 TALLERES GRUPALES**

El proceso de aprendizaje en grupos es una metodología que permite lograr un aprendizaje activo de sus integrantes, cuya organización puede ser muy variada, para sesiones de estudio, de reflexión grupal, para realizar un trabajo en equipo (Careaga A, Sica R, Cirillo A, Da Luz S. 2006). Por lo tanto, es posible realizar talleres de resolución de problemas en donde los estudiantes interactúan de forma cooperativa.

Algunos de los beneficios del aprendizaje cooperativo son: tutoría y estímulo entre pares, oportunidades más frecuentes de corrección, retroalimentación inmediata, mayor práctica, el contexto más significativo para la construcción de significado, una mayor responsabilidad individual, la mayor oferta, mayor motivación, mayor compromiso, interacción de los diferentes puntos de vista, cambio en las actitudes y comportamiento del profesor (Kagan S. 2001).

Esto conduce a un mayor interés en el tema de estudio y un mejor desempeño en su participación grupal. Además, los talleres grupales requieren de la designación de roles. Debe haber un líder del grupo, un secretario, un observador, y de haberlos, el resto deben ser colaboradores.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 SUJETOS**

Para realizar este estudio de investigación se trabajó con 160 estudiantes de Bachillerato General Unificado de una institución de educación media privada ecuatoriana. Se formaron cuatro grupos experimentales en los que mediante una prueba de resolución de problemas, se midió el rendimiento de los estudiantes.

La estrategia de resolución de problemas se aplicó a dos de los cuatro grupos mientras que la cantidad de problemas resueltos se aplicó a los cuatro grupos experimentales, un problema a dos grupos y dos problemas a los otros dos grupos.

#### **3.2 TAREAS Y MATERIALES**

La tarea instruccional utilizada para este estudio fue la unidad de Campo Eléctrico, que tomó para su aplicación 4 horas clase a cada grupo, divididas en dos sesiones de dos horas cada clase. Los cuatro grupos o paralelos fueron identificados como GA, GB, GC y GD, y cada uno estuvo conformado por 40 estudiantes.

Se entregó a todos los estudiantes de los cuatro grupos un folleto con el contenido de la unidad, que se muestra en el ANEXO 2. Este folleto se les facilitó al final de la clase previa a la unidad de Campo Eléctrico.

Los estudiantes de los grupos GA y GC recibieron junto al folleto de teoría de Campo Eléctrico, un problema resuelto por objetivo. Pero, los estudiantes de los grupos GB y GD recibieron junto al folleto de teoría de Campo Eléctrico, dos problemas resueltos por objetivo. Los grupos experimentales GC y GD aplicaron la estrategia de resolución de problemas con talleres grupales mientras que los grupos de control GA y GB aplicaron la estrategia de resolución de problemas de forma individual.

Los problemas resueltos por objetivo que se entregó a los estudiantes se muestran en el ANEXO 3.

Finalmente, a los cuatro grupos se les midió el rendimiento académico a través de una misma prueba de resolución de problemas.

Tanto, la estrategia de resolución de problemas aplicada como la cantidad de problemas resueltos se detallan en la tabla 1 mientras que la división de los cuatro grupos de estudiantes se visualiza en la tabla 2.

Estrategia de resolución de problemas	Con resolución de problemas (CRP)
	Sin resolución de problemas (SRP)
Cantidad de problemas	Uno por objetivo (UPO)
	Dos por objetivo (DPO)

Tabla 1. Estrategia de resolución de problemas y cantidad de problemas resueltos  
Elaborado por: Daniel Gómez Alejandro

		<i>Cantidad de problemas</i>	
		<i>UPO</i>	<i>DPO</i>
<i>Estrategia</i>	<i>SRP</i>	<i>Sin Resolución de Problemas. Un problema por objetivo. GA</i>	<i>Sin Resolución de Problemas. Dos problemas por objetivo. GB</i>
	<i>CRP</i>	<i>Con Resolución de Problemas. Un problema por objetivo. GC</i>	<i>Con Resolución de Problemas. Dos problemas por objetivo. GD</i>

Tabla 2. División de los cuatro grupos de estudiantes  
Elaborado por: Daniel Gómez Alejandro



### **3.3 PROCEDIMIENTO**

#### **3.3.1 Aplicación de la Intervención**

La intervención consistió en dar 4 horas clase de la unidad de Campo Eléctrico a cada grupo, divididas en dos sesiones de trabajo de dos horas clase cada una. Las 4 horas clase fueron planificadas con la estrategia de resolución de problemas, trabajando en talleres grupales con un alto grado de participación de los estudiantes. En cada uno de los paralelos en donde se trabajó con la estrategia de resolución de problemas, se formaron 10 grupos de 4 estudiantes cada uno, de forma aleatoria, y en cada taller se les propuso resolver dos problemas de campo eléctrico, que se muestran en el ANEXO 4. Para organizar el trabajo de los estudiantes de los grupos GC y GD en los talleres grupales, se realizó la guía instruccional que se muestra en el ANEXO 5. Los grupos que no realizaron los talleres grupales de resolución de problemas recibieron una clase tradicional en donde los estudiantes se limitaron a observar y a tomar apuntes de la explicación del profesor en la pizarra.

#### **3.3.2 Recepción de la Prueba de Salida**

La prueba de salida se tomó simultáneamente a los cuatro grupos experimentales, con una duración de 45 minutos. El instrumento de evaluación se muestra en el ANEXO 6.

### **3.4 ANÁLISIS DE DATOS**

Para realizar el análisis de los datos obtenidos se utilizó la prueba T con un nivel de significancia de 0.05 para realizar los respectivos contrastes de hipótesis.

### **3.5 PRESUPUESTO**

El presupuesto de la investigación contó con gastos operacionales de:

- Recursos humanos
- Recursos materiales

- Recursos bibliográficos
- Gastos varios

La descripción de cada uno de estos gastos operacionales se muestra con detalle en la tabla 3:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>RECURSOS HUMANOS:</b>			
Estudiantes	160		
Docente investigador	1		
<b>RECURSOS MATERIALES:</b>			
Marcadores tiza líquida	12	0,75	9,00
Resma de hojas A4	2	3,00	6,00
Fotocopias	2300	0,03	69,00
Laptop	1	700,00	700,00
Proyector digital	1	800,00	800,00
Flash memory USB	1	12,00	12,00
Impresora	1	90,00	90,00
Cartuchos de tinta	2	35,00	70,00
Horas de internet	40	0,50	20,00
<b>RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS:</b>			
Textos de pedagogía	2	20,00	40,00
Textos de física	2	35,00	70,00
<b>GASTOS VARIOS</b>	1	50,00	50,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$1936,00</b>

Tabla 3. Gastos operacionales del proyecto  
Elaborado por: Daniel Gómez Alejandro

## **CAPÍTULO IV**

### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SALIDA**

Después de receptada la prueba a los cuatro grupos, experimentales y de control, se obtuvo los resultados que se muestran en el ANEXO 7.

Los promedios de calificaciones se detallan en la tabla 4:

<b>GRUPOS</b>	<b>ESTRATEGIA</b>	<b>PROMEDIO</b>
GA	Sin Taller de Resolución	7.600
GB	Sin Taller de Resolución	8.045
GC	Con Taller de Resolución	8.268
GD	Con Taller de Resolución	8.903
GA – GB	Sin Taller de Resolución	7.823
GC – GD	Con Taller de Resolución	8.585
GA – GC	Un Problema Resuelto	7.934
GB – GD	Dos Problemas Resueltos	8.474

Tabla 4. Promedios de calificaciones por grupos  
Elaborado por: Daniel Gómez Alejandro

Aquellos estudiantes que realizaron los talleres de resolución de problemas y que adicionalmente llevaron a casa dos problemas resueltos para complementar su estudio obtuvieron las mejores calificaciones con respecto a los otros grupos de estudiantes.

Los resultados menos alentadores fueron para aquellos estudiantes que no realizaron los talleres de resolución de problemas y que únicamente llevaron a casa un problema resuelto para complementar su estudio.

Para comprobar la primera hipótesis, se unieron las calificaciones de los grupos GC y GD (Con taller de resolución de problemas) con un promedio de 8.585 para

contrastarlos con las calificaciones de los grupos GA y GB (Sin taller de resolución de problemas) con un promedio de 7.823. Esto significa que aquellos estudiantes que aplicaron la estrategia de resolución de problemas tienen mayor aprovechamiento que aquellos que no la aplicaron.

Así mismo, para comprobar la segunda hipótesis, se unieron las calificaciones de los grupos GB y GD (Dos problemas resueltos por objetivo) con un promedio de 8.474 para contrastarlos con las calificaciones de los grupos GA y GC (Un problema resuelto por objetivo) con un promedio de 7.934. Esto significa que aquellos estudiantes que aplicaron la estrategia de resolución de problemas tienen mayor aprovechamiento que aquellos que no la aplicaron.

A pesar de obtener estos resultados favorables se realizó los respectivos contrastes de hipótesis aplicando la prueba T para demostrar las hipótesis propuestas.

## **4.2 COMPROBACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS**

*Aquellos estudiantes que aplican la estrategia de resolución de problemas tienen mayor rendimiento que aquellos que no la aplican.*

Para comprobar esta hipótesis, las calificaciones de los grupos GC y GD, que son aquellos que sí realizaron los talleres de resolución de problemas (CRP), con un promedio de 8.585 y una desviación estándar de 1.031, fueron contrastadas con las calificaciones de los grupos GA y GB, que son aquellos que no realizaron los talleres de resolución de problemas (SRP), con un promedio de 7.823 y una desviación estándar de 1.020.

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

Las medias poblacionales son las siguientes:

$$\mu_1 = \text{media de las calificaciones CRP}$$

$$\mu_2 = \text{media de las calificaciones SRP}$$

Los datos para la prueba T son los siguientes:

$$\begin{aligned}n_1 &= 40 & n_2 &= 40 \\ \bar{x}_1 &= 8.585 & \bar{x}_2 &= 7.823 \\ s_1 &= 1.031 & s_2 &= 1.020\end{aligned}$$

Con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

El estadístico de prueba para pruebas de hipótesis acerca de  $\mu_1$  y  $\mu_2$  es:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - D_0}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Donde  $D_0$  debe ser igual a cero por ser la diferencia hipotética entre  $\mu_1$  y  $\mu_2$ .

$$t = \frac{(8.585 - 7.823)}{\sqrt{\frac{1.031^2}{40} + \frac{1.020^2}{40}}}$$

$$t = 3.32$$

Los grados de libertad para la distribución T se obtienen con la ecuación:

$$gl = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{1}{n_1 - 1} \left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2 + \frac{1}{n_2 - 1} \left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}$$

$$gl = \frac{\left(\frac{1.031^2}{40} + \frac{1.020^2}{40}\right)^2}{\frac{1}{39} \left(\frac{1.031^2}{40}\right)^2 + \frac{1}{39} \left(\frac{1.020^2}{40}\right)^2}$$

$$gl = 77.99$$

Se realiza la ubicación de los datos proporcionados para la Distribución T (Anderson D, Sweeney D, Williams T. 2008), tal como se muestra en la tabla 5. Redondeando hacia abajo, se usará una distribución T con 77 grados de libertad. El casillero correspondiente a la distribución T para  $t = 3.32$  se muestra de color verde a la derecha de 2.641, colocándose en este casillero una columna para determinar el área bajo las colas:

Grados de libertad	Área en la cola superior						
	0.20	0.10	0.05	0.025	0.010	0.005	...
77	0.846	1.293	1.665	1.991	2.376	2.641	3.32

Tabla 5. Distribución T para  $t = 3.32$   
Elaborado por: Daniel Gómez Alejandro

En la prueba de dos colas, el área en la cola superior debe ser  $\alpha/2 = 0.025$ . En la prueba de hipótesis, el área en la cola superior a la derecha de  $t = 3.32$  debe ser menor que 0.025 para rechazar a la hipótesis nula  $H_0$ . Entonces, teniéndose un área menor que 0.005 se rechaza  $H_0$  y se acepta como válida a la hipótesis  $H_a$  porque  $\mu_1 - \mu_2 > 0$ .

### 4.3 COMPROBACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS

*Aquellos estudiantes que reciben una mayor cantidad de problemas resueltos por objetivo de estudio tienen mayor rendimiento que aquellos que reciben una menor cantidad.*

Para comprobar esta hipótesis, las calificaciones de los grupos GB y GD, que son aquellos que recibieron dos problemas resueltos por objetivo (DPO), con un promedio de 8.474 y una desviación estándar de 1.103, fueron contrastadas con las calificaciones de los grupos GA y GC, que son aquellos que recibieron un problema resuelto por objetivo (UPO), con un promedio de 7.934 y una desviación estándar de 1.016.

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

Las medias poblacionales son las siguientes:

$$\mu_1 = \text{media de las calificaciones DPO}$$

$$\mu_2 = \text{media de las calificaciones UPO}$$

Los datos para la prueba T son los siguientes:

$$\begin{aligned} n_1 &= 40 & n_2 &= 40 \\ \bar{x}_1 &= 8.474 & \bar{x}_2 &= 7.934 \\ s_1 &= 1.103 & s_2 &= 1.016 \end{aligned}$$

Con un nivel de significancia es  $\alpha = 0.05$ .

El estadístico de prueba para pruebas de hipótesis acerca de  $\mu_1$  y  $\mu_2$  es:

$$t = \frac{(8.474 - 7.934)}{\sqrt{\frac{1.103^2}{40} + \frac{1.016^2}{40}}}$$

$$t = 2.28$$

Los grados de libertad para la distribución T serán:

$$gl = \frac{\left(\frac{1.103^2}{40} + \frac{1.016^2}{40}\right)^2}{\frac{1}{39}\left(\frac{1.103^2}{40}\right)^2 + \frac{1}{39}\left(\frac{1.016^2}{40}\right)^2}$$

$$gl = 77.5$$

Se realiza la ubicación de los datos proporcionados para la Distribución T (Anderson D, Sweeney D, Williams T. 2008), tal como se muestra en la tabla 6. Redondeando hacia abajo, se usará una distribución T con 77 grados de libertad. El casillero correspondiente a la distribución T para  $t = 2.28$  se muestra de color verde entre los

valores de 1.991 y 2.376, colocándose en este casillero una columna para determinar el área bajo las colas:

Grados de libertad	Área en la cola superior						
	0.20	0.10	0.05	0.025	...	0.010	0.005
77	0.846	1.293	1.665	1.991	2.28	2.376	2.641

Tabla 6. Distribución T para  $t = 2.28$   
Elaborado por: Daniel Gómez Alejandro

En la prueba de dos colas, el área en la cola superior debe ser  $\alpha/2 = 0.025$ . En la prueba de hipótesis, el área en la cola superior a la derecha de  $t = 2.28$  está entre 0.025 y 0.010 con lo que se rechaza a la hipótesis nula  $H_0$ , es decir, se acepta como válida a la hipótesis  $H_a$  porque  $\mu_1 - \mu_2 > 0$ .



## **CONCLUSIONES**

- El rendimiento académico de los estudiantes mejora cuando realizan talleres de resolución de problemas. Por supuesto, estos talleres deben ser bien planificados para que estudiantes y docente interactúen a la par, logrando una mayor activación del pensamiento en los estudiantes, consiguiendo que se interesen más en el tema y que trabajen con mayor empeño para desarrollar aún más sus habilidades intelectuales.
- La aplicación de los talleres de resolución de problemas, desde los más sencillos hasta los más complejos, permite contextualizarlos a su experiencia cotidiana, llevándolos al nivel transferencial. Esto se logra al término del taller durante la socialización de los resultados, donde finalmente el docente consolida el conocimiento adquirido.
- La realización de los talleres grupales contribuyó de gran manera en la captación de la atención del estudiante porque cada uno de ellos debió esforzarse para lograr la resolución de los problemas. Esto les motivó a reforzar el fundamento teórico.
- El rendimiento académico de los estudiantes mejora cuando reciben adicionalmente al material de estudio la dosis adecuada de un número de problemas resueltos complementarios. Esto inducirá al estudiante a revisar el material a su disposición, trabajo que no le será ni cansado ni monótono.
- El rendimiento académico de los estudiantes es poco satisfactorio cuando no se realizan talleres de resolución de problemas y sólo reciben un problema resuelto para reforzar su estudio. Esto sucede en una clase tradicional en donde el docente se limita a resolver problemas en la pizarra y el estudiante tiene muy poca y casi nula participación, peor aun cuando el material de refuerzo es escaso.
- Este trabajo de investigación aplicado al estudio del campo eléctrico, deja abiertas las puertas de la investigación para otros tópicos de la física, cuyos resultados en el aprovechamiento de los estudiantes resultan muy favorables.

## **RECOMENDACIONES**

- Los talleres de resolución de problemas deben ser bien planificados por los docentes, llevando consigo una guía instruccional y tratando en lo posible regirse a los “Diez Mandamientos para los profesores” propuestos por Polya. De esta manera el docente podrá llegar con mayor precisión y profundidad a sus estudiantes, generando expectativas, seguridad y motivación.
- Es importante realizar talleres de resolución de problemas u otras actividades que motiven a los estudiantes y les genere autoconfianza para plantear y desarrollar correctamente los problemas de Física. En una clase tradicional el docente se limita a resolver problemas en la pizarra y el estudiante tiene muy poca y casi nula participación.
- Los problemas resueltos como material de apoyo inducen al estudiante a revisar el material a su disposición, pero debe ser dosificado para no producir cansancio ni monotonía en el estudiante.

## **REFERENCIAS**

Anderson David, Sweeney Dennis, Williams Thomas (2008). Estadística para Administración y Economía, Décima Edición. México: Cengage Learning.

Buteler Laura (2003). La resolución de problemas en física y su relación con el enunciado. Trabajo de tesis doctoral presentado ante la Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba – Argentina.

Careaga Adriana, Sica Rosario, Cirillo Angela, Da Luz Silvia (2006). Aportes para Diseñar e Implementar un Taller. 2das. Jornadas de Experiencias Educativas en DPMC. Octubre 5, 6 y 7.

Coronel María del Valle, Curotto María Margarita (2008). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. Revista Electrónica de enseñanza de las Ciencias Vol.7 N°2.

Docktor Jennifer L. (2005). Development and validation of an assessment instrument for student problem solving. University of Minnesota.

Gangoso Zulma (2012). La Importancia de la Matemática, la Física y la Lengua en la educación técnica, media y superior. Conferencia dada en la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba - Argentina.

Gaulin Claude (2000). Tendencias actuales sobre la resolución de problemas. Conferencia pronunciada el 15/12/2000 en el Palacio Euskalduna (Bilbao, España).

Jonassen David H. (2010). Research Issues in Problem Solving. The 11th International Conference on Education Research: New Educational Paradigm for Learning and Instruction, September 29 – October 1. University of Missouri, USA

Kagan Spencer (2001). Kagan Structures: Research and Rationale. San Clemente, CA: Kagan Publishing. Kagan Online Magazine.

Polya George (1965). *Cómo Plantear y Resolver Problemas*. México: Editorial Trillas.

Polya George (1966). *Matemáticas y razonamiento plausible*. Madrid: Editorial Tecnos.

Truyol María Elena, Gangoso Zulma (2010). La selección de diferentes tipos de problemas de física como herramienta para orientar procesos cognitivos. *Investigações em Ensino de Ciências – V15 (3)*, pp. 463-484.

Truyol María Elena (2012). *Comprensión y Modelado en la Resolución de Problemas en Física*. Trabajo de tesis doctoral presentado ante la Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba – Argentina.

Wilson Jerry, Buffa Anthony, Lou Bo (2007). *Física, Sexta Edición*. México: Pearson Educación.

## **ANEXOS**

# **ANEXO 1. MAPA DE OBJETIVOS PARA CAMPO ELÉCTRICO**

## **CAMPO ELÉCTRICO ORIGINADO POR CARGAS PUNTUALES**

### **OBJETIVOS**

- a) Definir al vector de campo eléctrico a partir de la fuerza que ejerce sobre una carga puntual.
- b) Aplicar el principio de superposición para resolver problemas de campo eléctrico originado por cargas puntuales.

## **CAMPO ELÉCTRICO UNIFORME**

### **OBJETIVOS**

- a) Determinar el campo eléctrico originado entre dos placas paralelas con cargas eléctricas opuestas.
- b) Resolver problemas de cargas eléctricas puntuales ubicadas dentro de un campo eléctrico uniforme.

## ANEXO 2. FOLLETO DEL CONTENIDO TEÓRICO

### CAMPO ELÉCTRICO

Cuando a una región del espacio que rodea a un objeto con carga en reposo o en movimiento ingresa otro cuerpo cargado se generan fuerzas de naturaleza eléctrica.

Puede observarse en la figura 1 que cuando una carga puntual  $q_0$  se coloca cerca de otra carga positiva más grande  $Q$  se genera una fuerza de repulsión sobre  $q_0$ .



Figura 1. Fuerza eléctrica de repulsión

Evidentemente, sobre la carga  $Q$  también se genera un vector de fuerza de repulsión de igual magnitud que el vector  $F$  pero de sentido contrario, sin embargo, no es parte de nuestro estudio porque estamos analizando qué fenómeno sucede sobre la carga puntual  $q_0$  originado por  $Q$ .

#### Definición de vector de campo eléctrico.

El vector campo eléctrico  $E$  en la posición de la carga de prueba  $q_0$  se define como el cociente entre el vector de fuerza eléctrica  $F$  sobre la carga de prueba y la magnitud de la carga. Esta definición está dada por la ecuación

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0} \quad (1)$$

A partir de esta ecuación, observamos que la unidad de campo eléctrico para el Sistema Internacional es N/C.

De esta manera se observa en la figura 2 que el vector de campo eléctrico tiene la misma dirección y sentido que el vector de fuerza debido a que por definición, una carga de prueba es positiva.

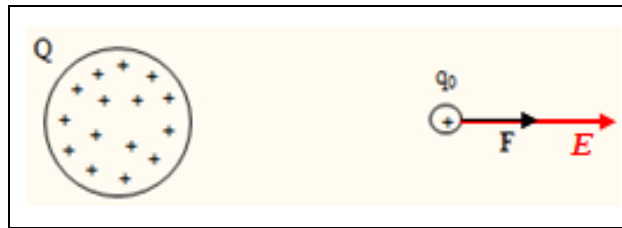


Figura 2. Vector de campo eléctrico sobre una carga de prueba.

Pero, si en lugar de colocar una carga de prueba, colocamos una carga puntual negativa, la fuerza eléctrica será de atracción, sin embargo, el vector de campo eléctrico apuntará en sentido contrario, como se observa en la figura 3.

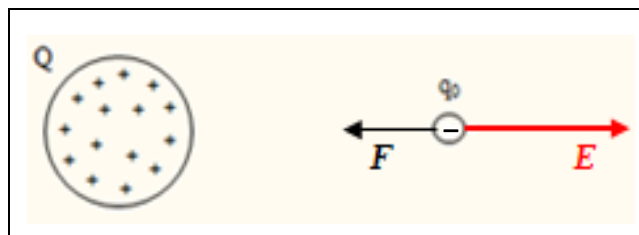


Figura 3. Vector de campo eléctrico sobre una carga puntual negativa

En conclusión, el vector de campo eléctrico no depende de la naturaleza de la carga  $q_0$  que se coloca en las inmediaciones de una carga  $Q$  positiva, el vector de campo eléctrico siempre estará en forma radial apuntando hacia el exterior de la carga  $Q$ , aún sin colocarse una carga de prueba.

Pero, si la carga  $Q$  es negativa y si a su alrededor colocamos una carga de prueba o alguna carga puntual negativa observaremos que el vector de campo eléctrico siempre apuntará radialmente hacia el centro de la carga  $Q$ , tal como se observa en la figura 4.



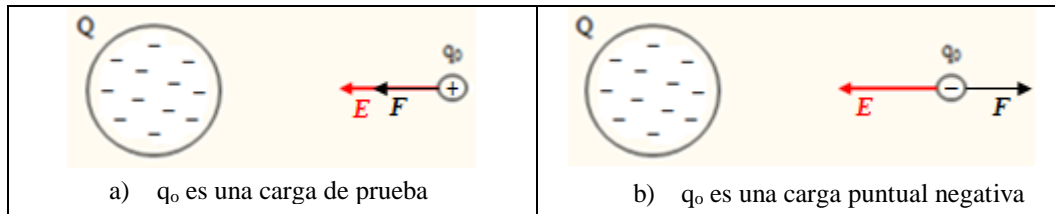


Figura 4. Vector de campo eléctrico originado por una carga negativa

A partir de la definición de campo eléctrico originado por una carga puntual  $Q$  es posible también aplicar la ley de Coulomb, de tal forma que a partir de la ecuación (1) se puede llegar a la ecuación

$$\mathbf{E} = k \frac{Q}{r^2} \hat{r} \quad (2)$$

Finalmente, el campo eléctrico originado por una carga puntual  $Q_1$  en algún punto  $P$  alrededor de esta carga está dado por

$$\mathbf{E}_1 = K \frac{Q_1}{r_{10}^2} \hat{r}_{10}$$

El vector  $\mathbf{E}_1$  está en la dirección del vector  $\mathbf{r}_{10}$  tal como se observa en la figura 5.

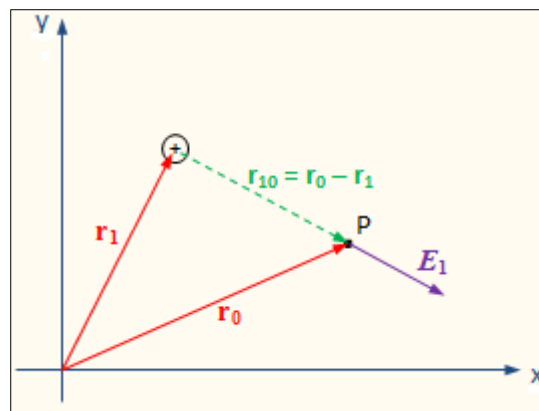


Figura 5. Vector de campo eléctrico

Sin embargo, podría existir el caso de dos o más cargas puntuales en el mismo problema, de hecho, debe aplicarse el método de superposición para determinar el vector de campo eléctrico resultante en algún punto P del plano alrededor de las cargas  $Q_i$ . En la figura 6 se observa el caso para dos cargas puntuales  $Q_1$  y  $Q_2$  generando un campo eléctrico resultante en el punto P.

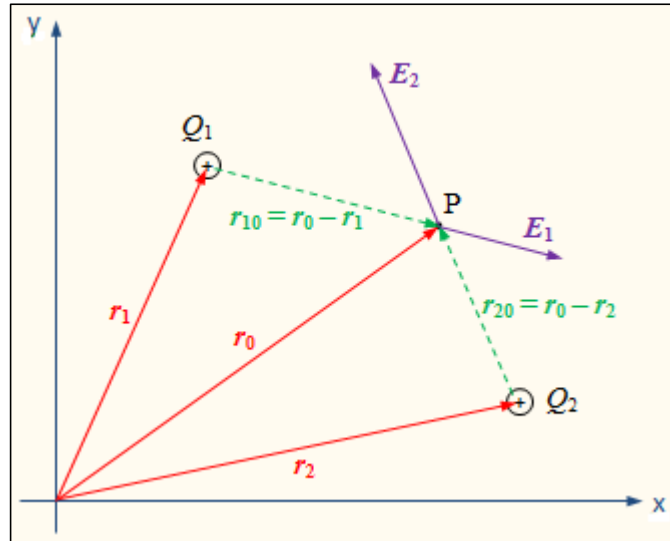


Figura 6. Vectores de campo eléctrico para dos cargas puntuales

El vector de campo eléctrico resultante  $E_R$  se obtiene con cualquier método de suma vectorial.

### Problema resuelto N° 1

Determinar el vector de campo eléctrico que se produce en el punto P de la figura 7. Se tiene las siguientes cargas puntuales  $q_1 = -8\text{nC}$ ,  $q_2 = +3\text{nC}$ ,  $q_3 = +5\text{nC}$ . Considere que están en el vacío.

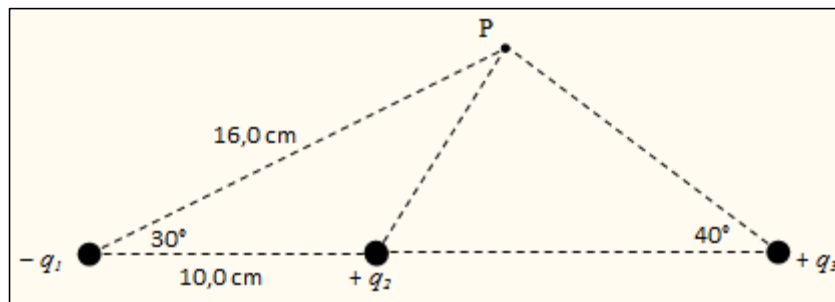
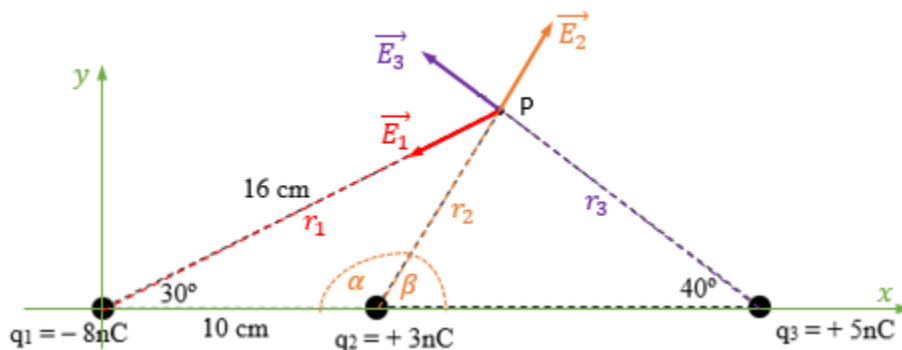


Figura 7. Diagrama de tres cargas puntuales que generan un campo eléctrico resultante en el punto P

### Resolución:

Para resolver el problema debe elaborarse el diagrama vectorial con su respectivo sistema de referencia. Se calcula los campos eléctricos individuales generados por cada carga puntual y se aplica el teorema de superposición para obtener  $\vec{E}_R$  en el punto  $P$ .



Primero se determina las distancias  $r_i$  desde cada una de las cargas puntuales  $q_i$  hasta el punto  $P$ .

$$r_1 = 16.0 \text{ cm}$$

$$r_2 = \sqrt{(10.0)^2 + (16.0)^2 - 2(10.0)(16.0)\cos 30^\circ} = 8.9 \text{ cm}$$

Antes de calcular  $r_3$ , debe calcularse los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ .

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{10.0^2 + 8.9^2 - 16.0^2}{2 \times 10.0 \times 8.9} \right) = 115.6^\circ$$

$$\beta = 180.0^\circ - 115.6^\circ = 64.4^\circ$$

Ahora sí podremos calcular  $r_3$  mediante la ley del seno

$$\frac{r_3}{\sin \beta} = \frac{r_2}{\sin 40.0^\circ}$$
$$r_3 = \frac{(8.9 \text{ m})(\sin 64.4^\circ)}{\sin 40.0^\circ}$$
$$r_3 = 12.5 \text{ cm}$$

Luego, se determina cada uno de los vectores unitarios, siempre dirigidos desde la carga hasta el punto donde se desea calcular el campo eléctrico

$$\text{Vector unitario desde } q_1 \text{ hasta el punto } P: \hat{r}_1 = \langle 1, 30.0^\circ \rangle$$

$$\text{Vector unitario desde } q_2 \text{ hasta el punto } P: \hat{r}_2 = \langle 1, 64.4^\circ \rangle$$

$$\text{Vector unitario desde } q_3 \text{ hasta el punto } P: \hat{r}_3 = \langle 1, 140.0^\circ \rangle$$

Cálculo de  $\vec{E}_1$ :

$$\vec{E}_1 = K \frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1$$

$$\vec{E}_1 = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{(-8.0 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.160 \text{ m})^2} \langle 1, 30.0^\circ \rangle$$

$$\vec{E}_1 = (-2810 \text{ N/C}) \langle 1, 30.0^\circ \rangle$$

$$\vec{E}_1 = \langle 2810 \text{ N/C}, 210.0^\circ \rangle$$

Cálculo de  $\vec{E}_2$ :

$$\vec{E}_2 = K \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2$$

$$\vec{E}_2 = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{(3.0 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.089 \text{ m})^2} \langle 1, 64.4^\circ \rangle$$

$$\vec{E}_2 = (3410 \text{ N/C}) \langle 1, 64.4^\circ \rangle$$

$$\vec{E}_2 = \langle 3410 \text{ N/C}, 64.4^\circ \rangle$$

Cálculo de  $\vec{E}_3$ :

$$\vec{E}_3 = K \frac{q_3}{r_3^2} \hat{r}_3$$

$$\vec{E}_3 = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{(5.0 \times 10^{-9} C)}{(0.125m)^2} \langle 1, 140.0^\circ \rangle$$

$$\vec{E}_3 = (2880 N/C) \langle 1, 140.0^\circ \rangle$$

$$\vec{E}_2 = \langle 2880 N/C, 140.0^\circ \rangle$$

El vector de campo eléctrico resultante está dado por

$$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

Entonces,

$$\vec{E}_R = E_x \hat{i} + E_y \hat{j}$$

$$E_x = (2810 \cos 210.0^\circ + 3410 \cos 64.4^\circ + 2880 \cos 140.0^\circ) N/C$$

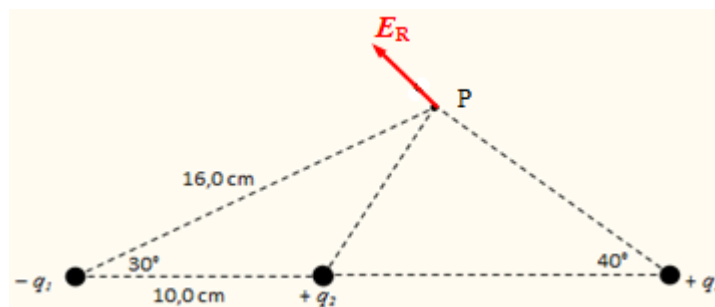
$$E_x = -3170 N/C$$

$$E_y = (2810 \sin 210.0^\circ + 3410 \sin 64.4^\circ + 2880 \sin 140.0^\circ) N/C$$

$$E_y = 3520 N/C$$

$$\vec{E}_R = (-3170 \hat{i} + 3520 \hat{j}) [N/C]$$

El campo eléctrico en el punto P de la figura mostrada es  $\vec{E}_R = (-3170 \hat{i} + 3520 \hat{j}) [N/C]$



## Campo eléctrico uniforme

Es aquel campo aproximadamente uniforme que se genera en el interior entre dos placas paralelas cargadas cuyas dimensiones de superficie deben ser mucho mayores en comparación a distancia que las separa.

Para comprender mejor este proceso de formación del campo eléctrico uniforme, observe en la figura 8, tomada de la Física de Wilson, Buffa, Lou, cómo se cancelan las componentes paralelas a la placa con carga positiva y únicamente quedan las componentes perpendiculares a la placa.

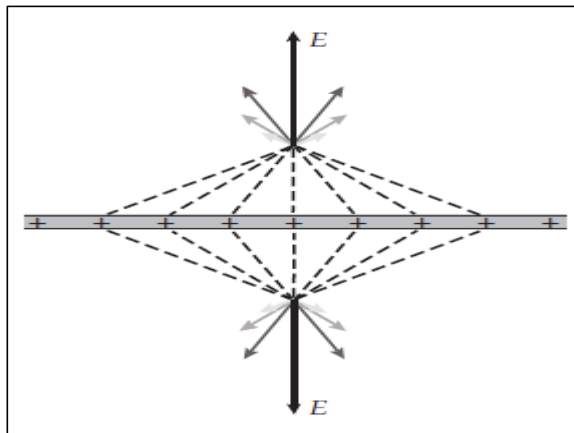


Figura 8. Sobre una placa cargada positivamente, el campo eléctrico neto apunta hacia arriba. Las componentes horizontales se cancelan. Debajo de la placa, el campo eléctrico apunta hacia abajo.

En una placa negativa sucede lo mismo, pero en este caso los vectores de campo apuntan perpendicularmente hacia la placa.

La superposición vectorial de los campos eléctricos resultantes de ambas placas da por resultado la cancelación de los vectores fuera de las placas y un campo eléctrico uniforme entre ellas, tal como se observa en la figura 9, tomada de la Física de Wilson, Buffa, Lou.

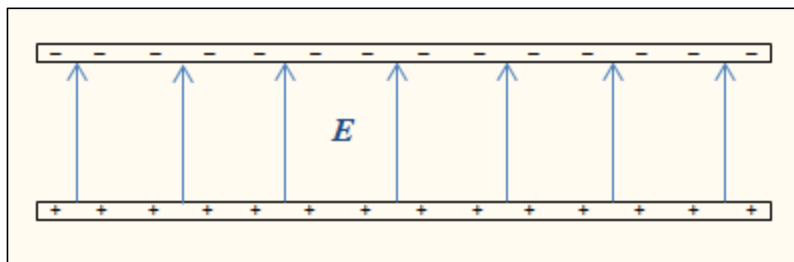


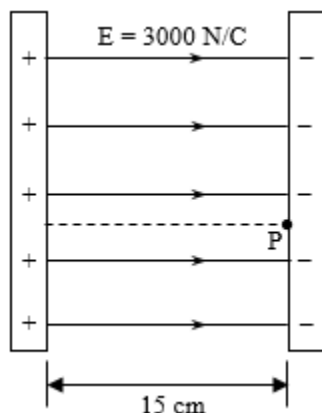
Figura 9. Campo eléctrico uniforme originado por dos placas paralelas con carga eléctrica de signos contrarios.

## Problema resuelto N° 2

Sean dos placas metálicas en el vacío, separadas 15 cm, como se muestra en la figura. El campo eléctrico entre las placas es uniforme y tiene una intensidad  $E = 3000 \text{ N/C}$ .

Un electrón ( $q = -e$ ,  $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ) está en reposo en el punto P justamente sobre la superficie de la placa negativa.

- ¿Cuánto tiempo tardará en alcanzar la otra placa?
- ¿Cuál será la rapidez a la que viajará exactamente antes de que choque?



### Resolución:

- Para calcular el tiempo que el electrón tardará en alcanzar la otra placa debe asumirse primero que el movimiento es rectilíneo uniformemente acelerado en la dirección  $+x$  debido a que la fuerza gravitacional es insignificante junto a la fuerza eléctrica. Primero se selecciona el sistema de referencia adecuado para luego plantear las ecuaciones correspondientes

$$\vec{F} = q \vec{E}$$

$$m \vec{a} = -e (-E\hat{i})$$

$$m a \hat{i} = e E \hat{i}$$

$$m a = e E$$

Pero  $\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ ; donde  $v_0 = 0$

Entonces  $a = \frac{2 \Delta x}{t^2}$ . Es decir que,

$$m \left( \frac{2 \Delta x}{t^2} \right) = e E$$

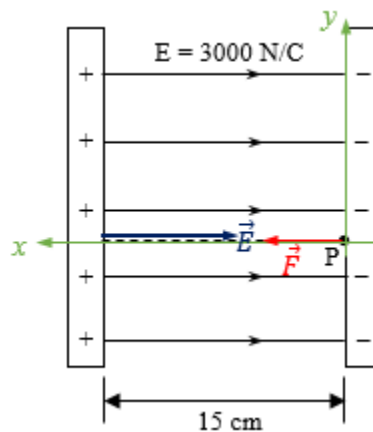
Despejando  $t$  se obtiene la expresión

$$t = \sqrt{\frac{2 m \Delta x}{e E}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 (9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}) (0.15 \text{ m})}{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) (3000 \text{ N/C})}}$$

$$t = 2.38 \times 10^{-8} \text{ s}$$

$$t = 23.8 \text{ ns}$$



El tiempo que tarda el electrón en llegar a la placa positiva es 23.8 ns

- b) Para calcular la rapidez a la que viajará el electrón exactamente antes de que choque se aplica cinemática de la partícula

$$v = v_0 + at$$

$$\text{Donde } v_0 = 0 \text{ y } a = \frac{2 \Delta x}{t^2}$$

Entonces,

$$v = \left( \frac{2 \Delta x}{t^2} \right) t$$

$$v = \frac{2 \Delta x}{t}$$

$$v = \frac{2(0.15 \text{ m})}{23.8 \times 10^{-9} \text{ s}}$$

$$v = 1.26 \times 10^7 \text{ m/s}$$

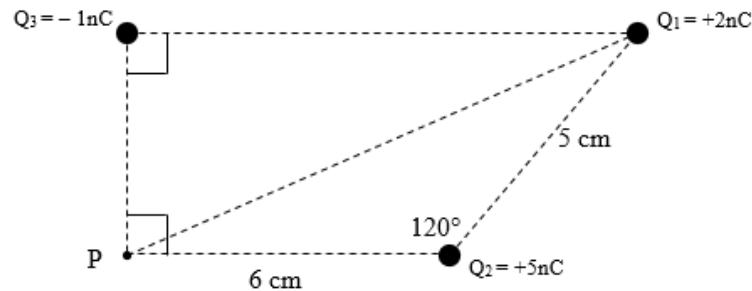
La rapidez del electrón exactamente antes del choque con la otra placa es  $1.26 \times 10^7 \text{ m/s}$

## ANEXO 3. PROBLEMAS RESUELTOS DE CAMPO ELÉCTRICO

**OBJETIVO:** Aplicar el principio de superposición para resolver problemas de campo eléctrico originado por cargas puntuales.

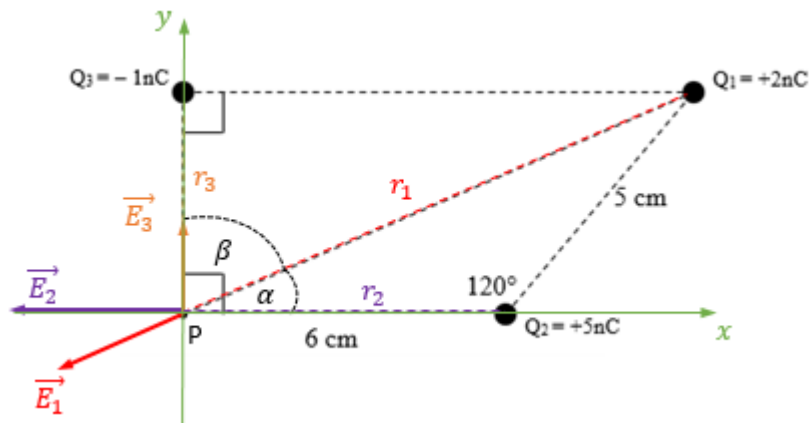
### PROBLEMA 1

Calcule el vector de campo eléctrico resultante para el punto P del diagrama mostrado



#### Resolución:

Para resolver el problema debe elaborarse el diagrama vectorial con su respectivo sistema de referencia. Se calcula los campos eléctricos individuales generados por cada carga puntual y se aplica el teorema de superposición para obtener  $\vec{E}_R$  en el punto P.



Primero se determina las distancias  $r_i$  desde cada una de las cargas puntuales  $q_i$  hasta el punto P.

$$r_1 = \sqrt{6.0^2 + 5.0^2 - 2(6.0)(5.0)\cos 120^\circ} = 9.5 \text{ cm}$$

$$r_2 = 6.0 \text{ cm}$$

Antes de calcular  $r_3$ , debe calcularse los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ .

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{6.0^2 + 9.5^2 - 5.0^2}{2 \times 6.0 \times 9.5} \right) = 27.4^\circ$$

$$\beta = 90.0^\circ - 27.4^\circ = 62.6^\circ$$

Ahora sí podremos calcular  $r_3$

$$\cos \beta = \frac{r_3}{r_1}$$

$$r_3 = (9.5 \text{ cm}) \cos 62.6^\circ$$

$$r_3 = 4.4 \text{ cm}$$



Se determina cada uno de los vectores unitarios, siempre dirigidos desde la carga hasta el punto donde se desea calcular el campo eléctrico

$$\text{Vector unitario desde } q_1 \text{ hasta el punto } P: \hat{r}_1 = \langle 1, 180.0^\circ + 27.4^\circ \rangle = \langle 1, 207.4^\circ \rangle$$

$$\text{Vector unitario desde } q_2 \text{ hasta el punto } P: \hat{r}_2 = \langle 1, 180.0^\circ \rangle = -\hat{i}$$

$$\text{Vector unitario desde } q_3 \text{ hasta el punto } P: \hat{r}_3 = \langle 1, 270.0^\circ \rangle = -\hat{j}$$

Cálculo de  $\vec{E}_1$ :

$$\vec{E}_1 = K \frac{Q_1}{r_1^2} \hat{r}_1$$

$$\vec{E}_1 = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{(2.0 \times 10^{-9} C)}{(0.050m)^2} \langle 1, 207.4^\circ \rangle$$

$$\vec{E}_1 = (7200 \text{ N/C}) \langle 1, 207.4^\circ \rangle$$

$$\vec{E}_1 = \langle 7200 \text{ N/C}, 207.4^\circ \rangle$$

Cálculo de  $\vec{E}_2$ :

$$\vec{E}_2 = K \frac{Q_2}{r_2^2} \hat{r}_2$$

$$\vec{E}_2 = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{(5.0 \times 10^{-9} C)}{(0.060m)^2} (-\hat{i})$$

$$\vec{E}_2 = -12500 \hat{i} \text{ [N/C]}$$

$$\vec{E}_2 = \langle 12500 \text{ N/C}, 180.0^\circ \rangle$$

Cálculo de  $\vec{E}_3$ :

$$\vec{E}_3 = K \frac{Q_3}{r_3^2} \hat{r}_3$$

$$\vec{E}_3 = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{(-1.0 \times 10^{-9} C)}{(0.044m)^2} (-\hat{j})$$

$$\vec{E}_3 = (-4650 \text{ N/C}) (-\hat{j})$$

$$\vec{E}_3 = 4650 \hat{j} \text{ [N/C]}$$

$$\vec{E}_3 = \langle 4650 \text{ N/C}, 90.0^\circ \rangle$$

El vector de campo eléctrico resultante está dado por

$$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

Entonces,

$$\vec{E}_R = E_x \hat{i} + E_y \hat{j}$$

$$E_x = (7200 \cos 207.4^\circ - 12500) \text{ N/C}$$

$$E_x = -18890 \text{ N/C}$$

$$E_y = (7200 \sin 207.4^\circ + 4650) \text{ N/C}$$

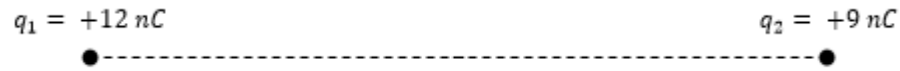
$$E_y = 1340 \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_R = (-18890 \hat{i} + 1340 \hat{j}) \text{ [N/C]}$$

El campo eléctrico en el punto P de la figura mostrada es  $\vec{E}_R = (-18890 \hat{i} + 1340 \hat{j}) \text{ [N/C]}$

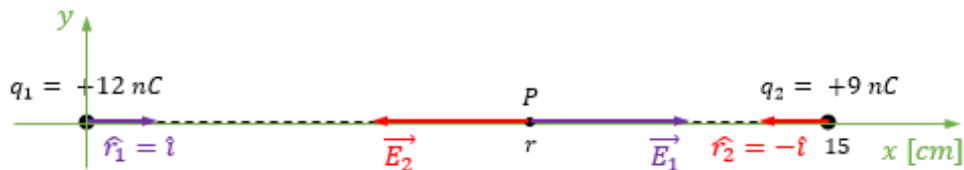
## PROBLEMA 2

Para la situación mostrada en la figura, las cargas puntuales  $q_1$  y  $q_2$  están distanciadas 15 cm. Determine el lugar en donde el campo eléctrico es nulo



### Resolución:

Para obtener el lugar donde el campo eléctrico es nulo, se determina un punto P, en algún lugar intermedio  $x = r$  entre  $q_1$  y  $q_2$ , más cercano a  $q_2$  por ser de menor magnitud. Luego, debe determinarse un sistema de referencia; se grafican los vectores de campo eléctrico con sus respectivos vectores unitarios.



Se plantea entonces las ecuaciones para los respectivos campos

$$\begin{aligned}\vec{E}_1 &= k \frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1 \\ \vec{E}_1 &= k \frac{q_1}{r^2} \hat{i}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\vec{E}_2 &= k \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2 \\ \vec{E}_2 &= k \frac{q_2}{(0.15-r)^2} (-\hat{i})\end{aligned}$$

Se cumple entonces la condición

$$\begin{aligned}\vec{E}_R &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0 \\ k \frac{q_1}{r^2} \hat{i} + k \frac{q_2}{(0.15-r)^2} (-\hat{i}) &= 0 \\ \frac{q_1}{r^2} &= \frac{q_2}{(0.15-r)^2} \\ q_1 (0.15-r)^2 &= q_2 r^2 \\ 12 \text{ nC} (0.15-r)^2 &= 9 \text{ nC} r^2 \\ 12 (0.15-r)^2 &= 9 r^2 \\ 0.27 - 3.6 r + 12 r^2 &= 9 r^2 \\ 3 r^2 - 3.6 r + 0.27 &= 0 \\ r &= \frac{3.6 \pm \sqrt{3.6^2 - 4 \times 3 \times 0.27}}{2 \times 3}\end{aligned}$$

$$r = 1.12 \text{ m}$$

$$r = 0.080 \text{ m}$$

$x = 1.12 \text{ m}$ , no puede ser respuesta porque el punto estaría al lado derecho de ambas cargas, y en este lugar, los dos campos eléctricos están en la dirección  $\hat{i}$ , es decir que bajo esta condición, los campos eléctricos no se anularían

El lugar donde se anulan los dos campos eléctricos está ubicado a 8.0 cm a la derecha de  $q_1$

## PROBLEMAS RESUELTOS DE CAMPO ELÉCTRICO

**OBJETIVO:** Resolver problemas de cargas eléctricas puntuales ubicadas dentro de un campo eléctrico uniforme.

### PROBLEMA 1

Una pequeña esfera de 0.60 g tiene una carga cuya magnitud es de  $8.0 \mu\text{C}$ . Está suspendida por un hilo en un campo eléctrico de  $300 \text{ N/C}$  dirigido hacia abajo. ¿Cuál es la tensión en el hilo? si la carga de la esfera es

- Positiva
- Negativa

#### Resolución:

- Para plantear el problema se realiza un diagrama que permita visualizarlo mejor cuando la carga eléctrica es  $q = +8.0 \mu\text{C}$ . En este caso, la fuerza eléctrica sobre la carga será en el mismo sentido del campo eléctrico

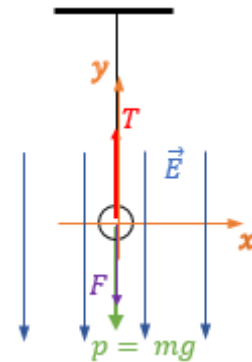
Se calculan inicialmente los módulos del peso de la esfera y de la fuerza eléctrica

$$\begin{aligned} p &= mg & F &= qE \\ p &= (0.6 \times 10^{-3} \text{ Kg})(9.8 \text{ m/s}^2) & F &= (8.0 \times 10^{-6})(300 \text{ N/C}) \\ p &= 5.88 \text{ mN} & F &= 2.4 \text{ mN} \end{aligned}$$

Se plantea la segunda ley de Newton

$$\begin{aligned} \sum F_y &= ma = 0 \\ T - F - mg &= 0 \\ T &= F + mg = 2.4 \text{ mN} + 5.88 \text{ mN} \end{aligned}$$

$$T = 8.28 \text{ mN}$$



La tensión en el hilo cuando la carga es positiva es de  $8.28 \text{ mN}$

- Para plantear la segunda parte se realiza un diagrama que permita visualizarlo mejor cuando la carga eléctrica es  $q = -8.0 \mu\text{C}$ . En este caso, la fuerza eléctrica sobre la carga será sentido opuesto al campo eléctrico

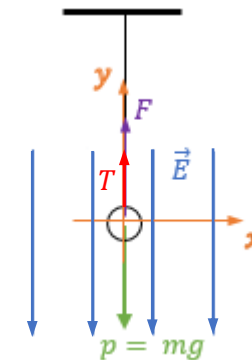
Los módulos del peso de la esfera y de la fuerza eléctrica son los mismos

$$p = 5.88 \text{ mN} \quad F = 2.4 \text{ mN}$$

Se plantea la segunda ley de Newton

$$\begin{aligned} \sum F_y &= ma = 0 \\ T + F - mg &= 0 \\ T &= mg - F = 5.88 \text{ mN} - 2.4 \text{ mN} \end{aligned}$$

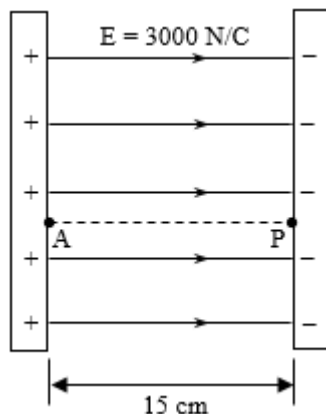
$$T = 3.48 \text{ mN}$$



La tensión en el hilo cuando la carga es negativa es de  $3.48 \text{ mN}$

## PROBLEMA 2

Suponga que en el diagrama mostrado, un electrón se dispara en línea recta hacia arriba desde el punto P con una rapidez de  $5.0 \times 10^6$  m/s. ¿A qué distancia sobre el punto A golpea la placa positiva?



### Resolución:

Para calcular la distancia sobre el punto A donde el electrón golpea la placa positiva, debe considerarse que el movimiento es bidimensional y uniformemente variado en ambas direcciones  $+x$  y  $+y$ . Primero se selecciona el sistema de referencia adecuado para luego plantear las ecuaciones correspondientes y se analiza los movimientos horizontal y vertical

#### MOVIMIENTO HORIZONTAL

$$\vec{F} = q \vec{E}$$

$$m \vec{a} = -e (-E\hat{i})$$

$$m a \hat{i} = e E \hat{i}$$

$$m a = e E$$

Pero  $\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ ; donde  $v_0 = 0$

Entonces  $a = \frac{2 \Delta x}{t^2}$ . Es decir que,

$$m \frac{2 \Delta x}{t^2} = e E$$

Despejando  $t$  se obtiene la expresión

$$t = \sqrt{\frac{2 m \Delta x}{e E}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 (9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}) (0.15 \text{ m})}{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) (3000 \text{ N/C})}}$$

$$t = 2.38 \times 10^{-8} \text{ s}$$

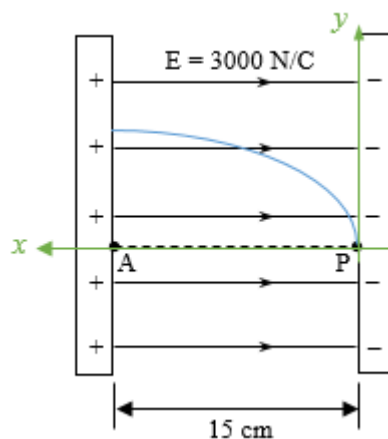
#### MOVIMIENTO VERTICAL

$$\Delta y = v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\Delta y = (5.0 \times 10^6 \text{ m/s})(2.38 \times 10^{-8} \text{ s}) - \frac{1}{2} (9.8 \text{ m/s}^2)(2.38 \times 10^{-8} \text{ s})^2$$

$$\Delta y = 0.119 \text{ m}$$

$$\Delta y = 11.9 \text{ cm}$$



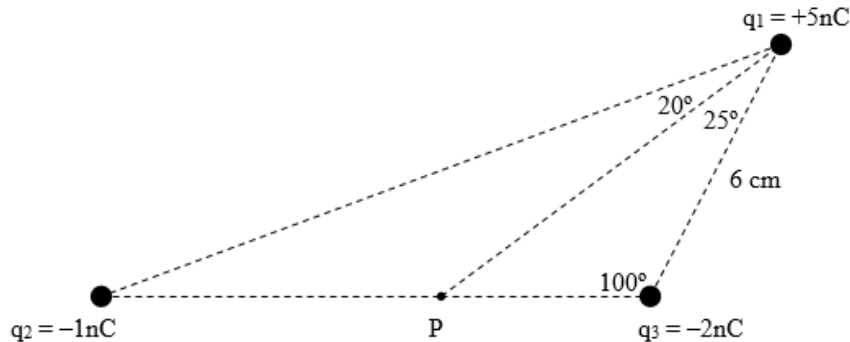
La distancia sobre el punto A donde el electrón golpea la placa positiva es 11.9 cm

# ANEXO 4. TALLERES GRUPALES DE CAMPO ELÉCTRICO

## TALLER GRUPAL # 1

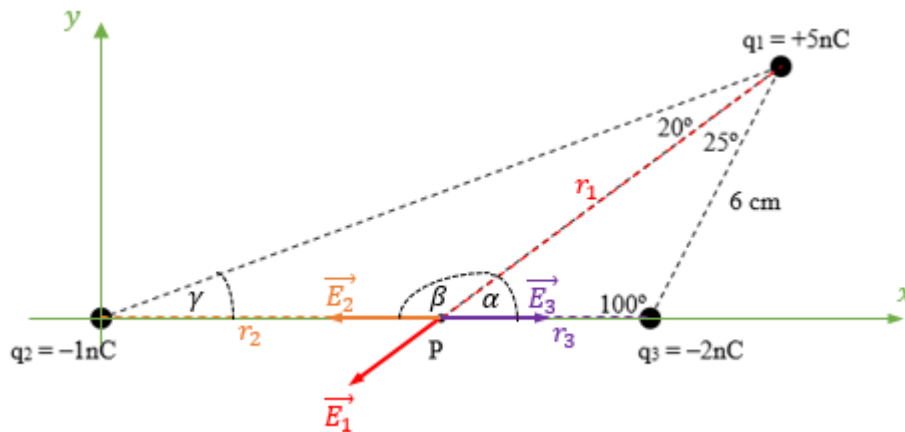
### PROBLEMA 1

Calcule el campo eléctrico resultante para el punto P del diagrama mostrado



### Resolución:

Para resolver el problema debe elaborarse el diagrama vectorial con su respectivo sistema de referencia. Se calcula los campos eléctricos individuales generados por cada carga puntual y se aplica el teorema de superposición para obtener  $\vec{E}_R$  en el punto P.



Antes de calcular las distancias  $r_i$ , debe determinarse los ángulos  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ .

$$\alpha = 180.0^\circ - 100.0^\circ - 25.0^\circ = 55.0^\circ$$

$$\beta = 180.00^\circ - 55.0^\circ = 125.0^\circ$$

$$\gamma = 180.00^\circ - 125.0^\circ - 20.0^\circ = 35.0^\circ$$

Luego, se calculan las distancias  $r_i$  desde cada una de las cargas puntuales  $q_i$  hasta el punto P.

$$\frac{r_1}{\text{sen}100.0^\circ} = \frac{6.0\text{cm}}{\text{sen}\alpha}$$

$$r_1 = \frac{(6.0\text{cm})(\text{sen}100.0^\circ)}{\text{sen}55.0^\circ}$$

$$r_1 = 7.2\text{ cm}$$

$$\frac{r_2}{\text{sen}20.0^\circ} = \frac{r_1}{\text{sen}\gamma}$$

$$r_2 = \frac{(7.2\text{cm})(\text{sen}20.0^\circ)}{\text{sen}35.0^\circ}$$

$$r_2 = 4.3\text{ cm}$$

$$\frac{r_3}{\text{sen}25.0^\circ} = \frac{6.0\text{cm}}{\text{sen}55.0^\circ}$$

$$r_3 = \frac{(6.0\text{cm})(\text{sen}25.0^\circ)}{\text{sen}55.0^\circ}$$

$$r_3 = 3.1\text{ cm}$$

Se determina cada uno de los vectores unitarios, siempre dirigidos desde la carga hasta el punto donde se desea calcular el campo eléctrico

$$\text{Vector unitario desde } q_1 \text{ hasta el punto } P: \hat{r}_1 = \langle 1, 180.0^\circ + 55.0^\circ \rangle = \langle 1, 235.0^\circ \rangle$$

$$\text{Vector unitario desde } q_2 \text{ hasta el punto } P: \hat{r}_2 = \langle 1, 0^\circ \rangle = \hat{i}$$

$$\text{Vector unitario desde } q_3 \text{ hasta el punto } P: \hat{r}_3 = \langle 1, 180.0^\circ \rangle = -\hat{i}$$

Cálculo de  $\vec{E}_1$ :

$$\vec{E}_1 = K \frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1$$

$$\vec{E}_1 = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{(5.0 \times 10^{-9} C)}{(0.072m)^2} \langle 1, 235.0^\circ \rangle$$

$$\vec{E}_1 = (8680 \text{ N/C}) \langle 1, 235.0^\circ \rangle$$

$$\vec{E}_1 = \langle 8680 \text{ N/C}, 235.0^\circ \rangle$$

Cálculo de  $\vec{E}_2$ :

$$\vec{E}_2 = K \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2$$

$$\vec{E}_2 = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{(-1.0 \times 10^{-9} C)}{(0.043m)^2} \hat{i}$$

$$\vec{E}_2 = (-4870 \text{ N/C}) \hat{i}$$

$$\vec{E}_2 = -4870 \hat{i} [\text{N/C}]$$

$$\vec{E}_2 = \langle 4870 \text{ N/C}, 180.0^\circ \rangle$$

Cálculo de  $\vec{E}_3$ :

$$\vec{E}_3 = K \frac{q_3}{r_3^2} \hat{r}_3$$

$$\vec{E}_3 = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{(-2.0 \times 10^{-9} C)}{(0.031m)^2} (-\hat{i})$$

$$\vec{E}_3 = (-18730 \text{ N/C}) (-\hat{i})$$

$$\vec{E}_3 = 18730 \hat{i} [\text{N/C}]$$

$$\vec{E}_3 = \langle 18730 \text{ N/C}, 0^\circ \rangle$$

El vector de campo eléctrico resultante está dado por

$$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

Entonces,

$$\vec{E}_R = E_x \hat{i} + E_y \hat{j}$$

$$E_x = (8680 \cos 235.0^\circ - 4870 + 18730) \text{ N/C}$$

$$E_x = 8880 \text{ N/C}$$

$$E_y = (8680 \sin 235.0^\circ) \text{ N/C}$$

$$E_y = -7110 \text{ N/C}$$

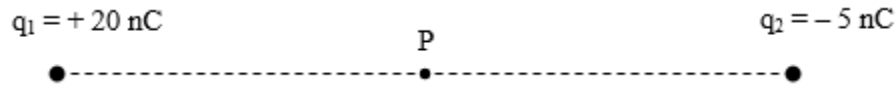
$$\vec{E}_R = (8880 \hat{i} - 7110 \hat{j}) [\text{N/C}]$$

El campo eléctrico en el punto P de la figura mostrada es  $\vec{E}_R = (8880 \hat{i} - 7110 \hat{j}) [\text{N/C}]$

## PROBLEMA 2

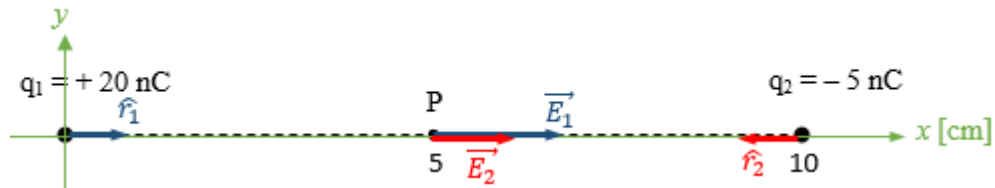
Para la situación mostrada en la figura, las cargas puntuales  $q_1$  y  $q_2$  están distanciadas 10 cm. Determine

- La intensidad del campo eléctrico en P, punto medio entre  $q_1$  y  $q_2$ .
- El lugar en donde el campo eléctrico es nulo



### Resolución:

- Para obtener la intensidad del campo eléctrico en P, punto medio entre  $q_1$  y  $q_2$  debe en primer lugar determinarse un sistema de referencia. Luego, se grafica los vectores de campo eléctrico con sus respectivos vectores unitarios



Se aplica las fórmulas para el campo eléctrico originado por una carga puntual, tanto para  $q_1$  como para  $q_2$ ,

$$\vec{E}_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1$$

$$\vec{E}_2 = k \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2$$

$$\vec{E}_1 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \frac{20 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0.05\text{m})^2} \hat{i}$$

$$\vec{E}_2 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \frac{-5 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0.10\text{m})^2} (-\hat{i})$$

$$\vec{E}_1 = 72000 \hat{i} [\text{N/C}]$$

$$\vec{E}_2 = 4500 \hat{i} [\text{N/C}]$$

Una vez calculados los respectivos campos eléctricos originados por  $q_1$  y  $q_2$  se procede a realizar la suma vectorial para obtener el vector de campo eléctrico resultante,

$$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$
$$\vec{E}_R = 72000 \hat{i} + 4500 \hat{i} [\text{N/C}]$$

$$\vec{E}_R = 76500 \hat{i} [\text{N/C}]$$

$$\vec{E}_R = 7.65 \times 10^4 \hat{i} [\text{N/C}]$$

El campo eléctrico resultante en el punto P es  $7.65 \times 10^4 \hat{i} [\text{N/C}]$

- Para determinar el lugar en donde el campo eléctrico es nulo se analizan tres posibilidades

- **Entre las cargas  $q_1$  y  $q_2$**

Esto es imposible, entre las dos cargas, tanto  $\vec{E}_1$  como  $\vec{E}_2$  siempre apuntan en la dirección  $+x$  y, por lo tanto, nunca se anulan

- **A la izquierda de  $q_1$**

Esto es imposible, cualquier lugar a la izquierda de  $q_1$  estará más cerca de ella, y al tenerse que  $|q_1| > |q_2|$ , entonces siempre se cumplirá que  $\vec{E}_1 > \vec{E}_2$  y nunca se anulan

- **A la derecha de  $q_2$**

Esta es la única posibilidad para que los vectores de campo eléctrico se anulen. Cualquier lugar a la derecha de  $q_2$  estará más cerca de ella, esto haría que  $\vec{E}_2$  sea más intenso que  $\vec{E}_1$  pero al alejarse más a la derecha, los campos podrían igualarse en magnitud por tenerse que  $|q_1| > |q_2|$ , esto haría que el vector resultante sea nulo

Para esta situación, debemos especificar un sistema de referencia. Luego, se grafica los vectores de campo eléctrico con sus respectivos vectores unitarios



Se plantea entonces las ecuaciones para los respectivos campos

$$\begin{aligned} \vec{E}_1 &= k \frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1 & \vec{E}_2 &= k \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2 \\ \vec{E}_1 &= k \frac{q_1}{x^2} \hat{i} & \vec{E}_2 &= k \frac{q_2}{(x-0.1)^2} \hat{i} \end{aligned}$$

Se cumple entonces la condición

$$\begin{aligned} \vec{E}_R &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0 \\ k \frac{q_1}{x^2} \hat{i} + k \frac{q_2}{(x-0.1)^2} \hat{i} &= 0 \\ \frac{q_1}{x^2} &= -\frac{q_2}{(x-0.1)^2} \\ q_1 (x-0.1)^2 &= -q_2 x^2 \\ 20 \text{ nC} (x-0.1)^2 &= -(-5 \text{ nC}) x^2 \\ 20 (x-0.1)^2 &= 5 x^2 \\ 20 x^2 - 4x + 0.2 &= 5 x^2 \\ 15 x^2 - 4x + 0.2 &= 0 \\ x &= \frac{4 \pm \sqrt{4^2 - 4 \times 15 \times 0.2}}{2 \times 15} \end{aligned}$$

$$x = 0.2 \text{ m}$$

$$x = 0.067 \text{ m}$$

$x = 0.067 \text{ m}$ , no puede ser respuesta porque estaría entre las dos cargas, y ya se analizó que esta condición es imposible.

El lugar donde se anulan los dos campos eléctricos está ubicado a 20 cm a la derecha de  $q_1$



## TALLER GRUPAL # 2

### PROBLEMA 1

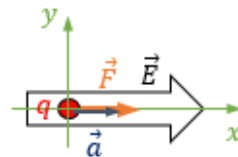
Una partícula con masa  $2.0 \times 10^{-5} \text{ kg}$  y una carga de  $+2.0 \mu\text{C}$  se libera en un campo eléctrico horizontal uniforme (de placas paralelas) de  $12.0 \text{ N/C}$ .

- ¿Qué tan lejos viaja horizontalmente la partícula en  $0.50 \text{ s}$ ?
- ¿Cuál es el componente horizontal de su velocidad en ese punto?

### Resolución:

- Inicialmente se realiza un diagrama vectorial y su respectivo sistema de referencia. Se plantea la segunda ley de Newton considerando que toda carga positiva percibe una fuerza eléctrica en el mismo sentido del campo eléctrico y, por lo tanto, se acelera en la dirección del eje  $x$ . Por supuesto, en la dirección  $-y$ , también está actuando la aceleración de la gravedad.

$$\begin{aligned}\vec{F} &= m\vec{a} \\ q\vec{E} &= m\vec{a} \\ \vec{a} &= \frac{q\vec{E}}{m} \\ \vec{a} &= \frac{(2.0 \times 10^{-6} \text{ C})(12.0 \hat{i} \text{ [N/C]})}{2.0 \times 10^{-5} \text{ kg}} \\ \vec{a} &= 1.2 \hat{i} \text{ [m/s}^2\text{]}\end{aligned}$$



Luego,

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2, \text{ donde } x_0 = 0 \text{ y } v_0 = 0.$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} a t^2$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} (1.2 \text{ m/s}^2) (0.50 \text{ s})^2$$

$$\Delta x = 0.15 \text{ m}$$

La partícula se desplaza 15 cm durante los primeros 0.50 s.

- La partícula tiene dos componentes de velocidad, una en  $x$  debido a la aceleración provocada por el campo eléctrico y otra gravitacional en  $y$ . La componente  $v_x$  está dada por

$$v_x = v_0 + at$$

$$v_x = (1.2 \text{ m/s}^2) (0.50 \text{ s})$$

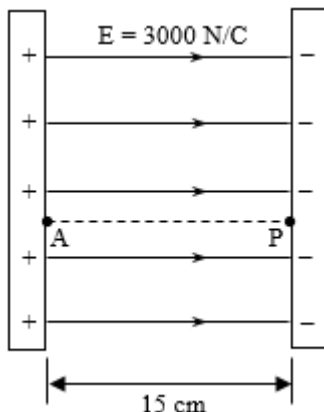
$$v_x = 0.6 \text{ m/s}$$

La componente horizontal de velocidad en la posición  $x = 0.15 \text{ m}$  es  $v_x = 0.6 \text{ m/s}$ .

## PROBLEMA 2

En el diagrama mostrado, una partícula de 20.0 mg y con una carga de + 50 nC se suelta en el punto A.

- ¿A qué distancia debajo del punto P golpea la placa negativa?
- ¿Cuál será su rapidez inmediatamente antes de golpear la placa negativa?



### Resolución:

- Para calcular la distancia debajo del punto P donde la partícula golpea la placa negativa, debe considerarse que el movimiento es bidimensional y uniformemente variado en ambas direcciones  $+x$  y  $-y$ . Primero se selecciona el sistema de referencia adecuado para luego plantear las ecuaciones correspondientes y se analiza los movimientos, horizontal y vertical

#### MOVIMIENTO HORIZONTAL

$$\vec{F} = q \vec{E}$$

$$m a_x \hat{i} = q E \hat{i}$$

$$m a_x = q E$$

Pero  $\Delta x = v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$ , donde  $v_{0x} = 0$

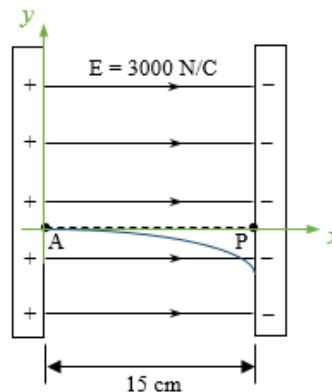
Entonces  $a_x = \frac{2\Delta x}{t^2}$ . Es decir que,

$$m \frac{2\Delta x}{t^2} = q E$$

$$t = \sqrt{\frac{2m\Delta x}{qE}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2(20.0 \times 10^{-6} \text{ kg})(0.15 \text{ m})}{(50.0 \times 10^{-9} \text{ C})(3000 \text{ N/C})}}$$

$$t = 0.20 \text{ s}$$



#### MOVIMIENTO VERTICAL

$$\Delta y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2, \text{ donde } v_{0y} = 0$$

$$\Delta y = -\frac{1}{2}(9.8 \text{ m/s}^2)(0.20 \text{ s})^2$$

$$\Delta y = 0.196 \text{ m}$$

$$\Delta y = 19.6 \text{ cm}$$

La distancia debajo del punto P donde la partícula golpea la placa negativa es 19.6 cm

- La rapidez con que la partícula golpea la placa negativa se calcula a partir de sus componentes vectoriales  $v_x$  y  $v_y$

COMPONENTE HORIZONTAL

$$v_x = v_{0x} + a_x t; \quad \text{Donde } v_{0x} = 0$$

$$v_x = \frac{2\Delta x}{t^2} t$$

$$v_x = \frac{2\Delta x}{t}$$

$$v_x = \frac{2(0.15 \text{ m})}{0.20 \text{ s}}$$

$$v_x = 1.5 \text{ m/s}$$

El vector de velocidad es entonces

$$\vec{v} = 1.5 \hat{i} - 1.96 \hat{j} \text{ [m/s]}$$

Donde

$$v = \sqrt{(1.5 \text{ m/s})^2 + (-1.96 \text{ m/s})^2}$$

$$v = 2.5 \text{ m/s}$$

COMPONENTE VERTICAL

$$v_y = v_{0y} - gt; \quad \text{Donde } v_{0y} = 0$$

$$v_y = -gt$$

$$v_y = -(9.8 \text{ m/s}^2)(0.20 \text{ s})$$

$$v_y = -1.96 \text{ m/s}$$

La rapidez con que la partícula golpea la placa negativa es 2.5 m/s

## **ANEXO 5. GUÍA INSTRUCCIONAL DE TALLERES GRUPALES**

La presente Guía Instruccional permite tener una secuencia de actividades del trabajo realizado en los dos talleres grupales.

1. Se forman grupos aleatorios de cuatro integrantes cada uno, sin distinción de género.
2. Se definen los roles de los integrantes de cada grupo. Cada grupo elige un líder y un secretario mientras que los otros dos integrantes son colaboradores. Si bien es cierto que todos los integrantes del grupo aportan a la resolución de los problemas, el líder planifica la estrategia de resolución de los mismos mientras que el secretario toma nota de la planificación de la estrategia y redacta en secuencia lógica la resolución de cada problema.
3. El profesor entrega a cada uno de los grupos una hoja impresa con dos problemas propuestos.
4. Cada grupo dispone de 45 minutos para resolver los dos problemas propuestos.
5. Al final del trabajo grupal, después de entregar al docente la respectiva resolución, se realiza la retroalimentación del taller, en la que se plantea los problemas propuestos y se muestra la resolución de los mismos.

## ANEXO 6. EVALUACIÓN DE SALIDA

### EVALUACIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO

Resuelva los dos problemas de campo eléctrico propuestos. Para la resolución de esta prueba dispone de 45 minutos.

#### PRIMER TEMA: 5 puntos

Un electrón ( $q = -e$ ,  $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ) se dispara en la dirección positiva de las  $x$  con una rapidez inicial de  $3.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ . Se mueve 45 cm y se detiene debido a un campo eléctrico uniforme en la región. Determine la magnitud y la dirección del campo.

#### Resolución:

El campo eléctrico dentro del que se dispara el electrón también debe estar en la dirección positiva de las  $x$ . La fuerza eléctrica producida que actúa sobre el electrón debe estar en contra de su movimiento para lograr detenerlo. La situación se ilustra en el siguiente diagrama

Se calcula la aceleración del electrón a partir de la ecuación cinemática

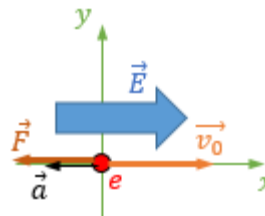
$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x, \text{ donde } v = 0$$

$$a = -\frac{v_0^2}{2\Delta x}$$

$$a = -\frac{(3.0 \times 10^6 \text{ m/s})^2}{2(0.45 \text{ m})}$$

$$a = -1.0 \times 10^{13} \text{ m/s}^2$$

$$\vec{a} = -1.0 \times 10^{13} \hat{i} [\text{m/s}^2]$$



Se plantea la segunda ley de Newton

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$e\vec{E} = m_e\vec{a}$$

$$\vec{E} = \frac{m_e\vec{a}}{e}$$

$$\vec{E} = \frac{(9.1 \times 10^{-31} \text{ kg})(-1.0 \times 10^{13} \hat{i} [\text{m/s}^2])}{-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

$$\boxed{\vec{E} = 56.9 \hat{i} [\text{N/C}]}$$

El campo eléctrico tiene una intensidad de  $56.9 \text{ N/C}$  hacia la derecha

## SEGUNDO TEMA: 5 puntos

Una esfera de 0.200 g cuelga de un hilo en un campo eléctrico uniforme de 3.00 kN/C dirigido hacia arriba.

- ¿Cuál es la carga de la esfera si la tensión en la cuerda es de 4.00 mN?
- ¿Cuál es la carga de la esfera si la tensión en la cuerda es cero?

### Resolución:

- Para plantear el problema se realiza un diagrama que permita visualizarlo mejor cuando la tensión en la cuerda es  $T = 4.00 \text{ mN}$

$$\begin{aligned} p &= mg \\ p &= (0.2 \times 10^{-3} \text{ Kg})(9.8 \text{ m/s}^2) \\ p &= 1.96 \text{ mN} \end{aligned}$$

Se plantea la segunda ley de Newton

$$\begin{aligned} \sum F_y &= ma = 0 \\ T - F - mg &= 0 \\ F &= T - mg = 4.00 \text{ mN} - 1.96 \text{ mN} \\ F &= 2.04 \text{ mN} \end{aligned}$$

Entonces,

$$\vec{F} = -2.04 \hat{j} [\text{mN}], \quad \text{y además} \quad \vec{E} = +3.00 \hat{j} [\text{K N/C}]$$

Se tiene entonces que

$$\begin{aligned} \vec{F} &= q\vec{E} \\ q &= \frac{\vec{F}}{\vec{E}} = \frac{-2.04 \hat{j} \times 10^{-3} \text{ N}}{3.00 \hat{j} \times 10^3 \text{ N/C}} = -6.8 \times 10^{-7} \text{ C} \end{aligned}$$

$$q = -0.68 \mu\text{C}$$

La carga de la esfera es  $q = -0.68 \mu\text{C}$  cuando la tensión en la cuerda es de 4.00 mN

- Se realiza un diagrama cuando la tensión en la cuerda es  $T = 0$

Se plantea la segunda ley de Newton

$$\begin{aligned} \sum F_y &= ma = 0 \\ F - mg &= 0 \\ F &= 1.96 \text{ mN} \end{aligned}$$

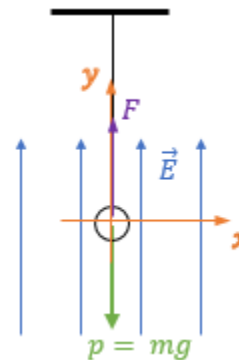
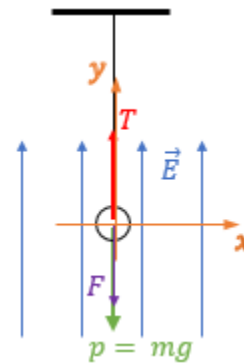
$$\vec{F} = +1.96 \hat{j} [\text{mN}], \quad \text{y además} \quad \vec{E} = +3.00 \hat{j} [\text{K N/C}]$$

Se tiene entonces que

$$\begin{aligned} \vec{F} &= q\vec{E} \\ q &= \frac{\vec{F}}{\vec{E}} = \frac{1.96 \hat{j} \times 10^{-3} \text{ N}}{3.00 \hat{j} \times 10^3 \text{ N/C}} = +6.53 \times 10^{-7} \text{ C} \end{aligned}$$

$$q = +0.65 \mu\text{C}$$

La carga de la esfera es  $q = +0.65 \mu\text{C}$  cuando la tensión en la cuerda es cero



## ANEXO 7. RESULTADOS DE LA INTERVENCIÓN

Sin Resolución de Problemas Un Problema por Objetivo		Sin Resolución de Problemas Dos Problemas por Objetivo		Con Resolución de Problemas Un problema por Objetivo		Con Resolución de Problemas Dos problemas por Objetivo	
GA-01	7.0	GB-01	7.9	GC-01	9.0	GD-01	8.7
GA-02	6.6	GB-02	7.8	GC-02	7.9	GD-02	10.0
GA-03	6.3	GB-03	7.9	GC-03	8.9	GD-03	8.0
GA-04	5.8	GB-04	8.2	GC-04	8.5	GD-04	9.5
GA-05	8.4	GB-05	9.0	GC-05	6.4	GD-05	9.4
GA-06	8.2	GB-06	6.6	GC-06	8.7	GD-06	8.1
GA-07	7.2	GB-07	9.2	GC-07	5.5	GD-07	9.3
GA-08	7.3	GB-08	7.4	GC-08	8.6	GD-08	10.0
GA-09	7.7	GB-09	9.6	GC-09	8.5	GD-09	8.0
GA-10	7.5	GB-10	8.0	GC-10	6.6	GD-10	10.0
GA-11	8.3	GB-11	9.1	GC-11	8.2	GD-11	6.3
GA-12	7.2	GB-12	7.1	GC-12	9.7	GD-12	8.5
GA-13	7.4	GB-13	6.1	GC-13	8.0	GD-13	7.0
GA-14	8.6	GB-14	7.7	GC-14	9.6	GD-14	9.3
GA-15	9.2	GB-15	7.6	GC-15	8.7	GD-15	8.9
GA-16	7.9	GB-16	7.9	GC-16	6.6	GD-16	7.5
GA-17	7.1	GB-17	9.6	GC-17	8.8	GD-17	10.0
GA-18	8.5	GB-18	9.4	GC-18	7.5	GD-18	9.7
GA-19	8.7	GB-19	8.6	GC-19	8.3	GD-19	9.9
GA-20	7.1	GB-20	10.0	GC-20	7.6	GD-20	8.7
GA-21	6.1	GB-21	7.8	GC-21	8.8	GD-21	8.4
GA-22	5.7	GB-22	9.0	GC-22	9.6	GD-22	6.9
GA-23	5.8	GB-23	7.8	GC-23	8.5	GD-23	8.8
GA-24	8.3	GB-24	6.9	GC-24	8.1	GD-24	9.3
GA-25	8.1	GB-25	8.2	GC-25	6.0	GD-25	9.8
GA-26	7.6	GB-26	9.1	GC-26	7.9	GD-26	8.0
GA-27	8.3	GB-27	6.4	GC-27	7.7	GD-27	9.8
GA-28	8.0	GB-28	6.7	GC-28	9.1	GD-28	9.5
GA-29	7.3	GB-29	8.0	GC-29	9.2	GD-29	9.7
GA-30	8.5	GB-30	8.1	GC-30	6.8	GD-30	9.3
GA-31	6.9	GB-31	6.1	GC-31	8.7	GD-31	8.1
GA-32	8.8	GB-32	10.0	GC-32	8.5	GD-32	9.4
GA-33	7.0	GB-33	8.2	GC-33	8.9	GD-33	9.6
GA-34	9.3	GB-34	5.8	GC-34	9.2	GD-34	7.9
GA-35	6.4	GB-35	8.5	GC-35	9.3	GD-35	7.8
GA-36	7.8	GB-36	9.4	GC-36	9.1	GD-36	10.0
GA-37	7.8	GB-37	7.8	GC-37	9.0	GD-37	8.9
GA-38	8.0	GB-38	8.0	GC-38	8.0	GD-38	8.7
GA-39	8.3	GB-39	7.5	GC-39	7.9	GD-39	10.0
GA-40	8.0	GB-40	7.8	GC-40	8.8	GD-40	9.4
Promedio	7.60	Promedio	8.05	Promedio	8.27	Promedio	8.90