

# FENÓMENO DE RESONANCIA - CIRCUITO RLC

Luis Gabriel Palacios Castillo

Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Física

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LINEA DE PROFUNDIZACIÓN: La Enseñanza de la Física y su relación Física

Matemática

BOGOTÁ D.C.

2013

# FENÓMENO DE RESONANCIA - CIRCUITO RLC

Luis Gabriel Palacios Castillo

Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Física

Asesor:

Jimmy W. Ramírez Cano

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LINEA DE PROFUNDIZACIÓN: La Enseñanza de la Física y su relación Física

Matemática

BOGOTÁ D.C.

2013

## **Antecedentes**

En el departamento de Física, no se encuentran monografías que trabajen directamente el comportamiento de la corriente alterna en circuitos eléctricos. Se encontró un artículo (Hewitt, 2007 Lat. Am. J. Phys. Educ), en el cual se da una breve descripción del comportamiento de la corriente eléctrica en un circuito, aunque el artículo también se enfoca en temas como voltaje, energía y potencia o la combinación de estos.

## **Planteamiento del problema**

Al enseñar electromagnetismo, en particular el tema de circuitos de corriente alterna, se presentan diversas dificultades de comprensión. Posiblemente esto se deba a que en la enseñanza habitual la mayoría de los profesores tienden a abordar la teoría de circuitos de corriente alterna como un acto memorístico, libresco y lleno de ecuaciones con un sentido más algorítmico, que reducen la enseñanza al cálculo de algunas magnitudes; promoviendo así un pensamiento mecanicista en el estudiante, sin tener en cuenta algunos factores importantes como el experimento.

En este sentido los conceptos ofrecidos a los estudiantes en el aula sólo es usada dentro del aula y no tiene funcionalidad fuera de esta. En consecuencia se hace pertinente abordar la enseñanza del tema de circuitos eléctricos propendiendo por el desarrollo de procesos de pensamiento que le permitan a los estudiantes darle sentido a la interpretación de los fenómenos que subyacen al estudio de circuitos en el marco de la teoría electromagnética, además hacer énfasis en la aplicación de estos circuitos en el diseño y funcionamiento de muchos dispositivos tecnológicos existentes en la actualidad, esto último con el ánimo de enfatizar o resaltar la relación entre la ciencia estudiada en el aula, la sociedad en la que se vive, la tecnología que habitualmente se emplea y el impacto en el medio ambiente, ya que se supone que una enseñanza en contexto es mucho más significativa y estimulante para los estudiantes, porque le permite relacionar un mayor número de variables en el momento de percibir información nueva.

A partir de lo mencionado anteriormente y llevándolo a un tema particular de análisis en electromagnetismo, se plantea analizar circuitos RLC alimentados con corriente alterna, esto se debe a que muchas veces el estudiante no reconoce este tipo de circuitos (en su cotidianidad y la importancia que éstos cobran en el desarrollo de la tecnología y

productos tecnológicos), como un elemento que permite recepcionar información y convertirla por medio de un amplificador en sonido, por ejemplo los radios, ya que este tipo de circuito presenta comportamientos resonantes, los cuales son los causantes de que se pueda aprovechar cierto tipo de ondas electromagnéticas que se encuentran en el ambiente, es decir que en la enseñanza de este tipo de circuitos en muchos casos solo se enuncian y estudian de manera superficial y no contempla la importancia de proponer al discente prácticas de laboratorio que permitan potenciar los procesos de enseñanza – aprendizaje.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, el problema que se plantea en este proyecto es:

¿Cómo abordar la enseñanza de los circuitos de corriente alterna de tal manera que se propicie un aprendizaje significativo en estudiantes de cursos de electromagnetismo o afines, pertenecientes a la Universidad Pedagógica Nacional, haciendo uso de la metodología de enseñanza/aprendizaje por investigación orientada?


## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseñar una secuencia de enseñanza haciendo uso de la metodología por investigación orientada y de algunas estrategias de la metodología de cambio conceptual, para presentar el tema de circuitos de corriente alterna en un curso introductorio de electromagnetismo.

### **Objetivos específicos**

- Analizar teóricamente el comportamiento de los circuitos de corriente alterna.
- Analizar teórica y experimentalmente un dispositivo cuyo funcionamiento se base primordialmente en un circuito de corriente alterna.
- Diseñar una secuencia de enseñanza haciendo uso de la metodología por investigación orientada, enfatizando la relación CTSA.
- Implementar la secuencia de enseñanza.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Ministerio de Educación</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 5 de 64</b>	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de Grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Fenómeno de Resonancia – Circuito RLC
<b>Autor(es)</b>	Palacios Castillo Luis Gabriel
<b>Director</b>	Jimmy W. Ramírez Cano
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional. 2013. 58 páginas
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	Corriente eléctrica, inductancia, capacitancia, resistencia, impedancia, frecuencia y enseñanza por investigación orientada.

<b>2. Descripción</b>
<p>En la presente monografía, se hace un análisis teórico de los circuitos RLC tanto de corriente continua como de corriente alterna, además se diseña una secuencia de enseñanza, la cual se implementa a estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional, con el fin de que los estudiantes entendieran el fenómeno de resonancia eléctrica presente en los circuitos RLC.</p>

<b>3. Fuentes</b>
<p>Hammond, S. B. (1961). Electrical Engineering. Mc Graw-Hill Book Company, INC.</p> <p>Ramírez, J. (2011), Notas de clase Universidad Pedagógica Nacional, Docente departamento Tecnología.</p> <p>Randall, D. Knight (2007). Physics for scientist and engineers. (Segunda edición). USA: Compañía editorial Pearson Addison Wesley.</p> <p>UNESCO. (2005). Como promover un interés por la cultura científica. Publicado por la Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y del Caribe. Impreso en Chile por Andros Impresores.</p>

<b>4. Contenidos</b>
<p>Esta monografía se compone de cuatro capítulos, el primer capítulo. <b>Circuito RLC de corriente Alterna</b>, en el cual se realizó un estudio teórico de los circuitos RL, RC y RLC, en donde cada uno de estos circuito se analizó a partir del comportamiento de estos circuitos con corriente continua y alterna; todo lo anterior con el fin de llegar a entender el concepto de resonancia eléctrica.</p>

En el segundo capítulo. **Diseño de la secuencia de enseñanza, para abordar el fenómeno de resonancia eléctrica.** Se realizaron diferentes actividades dirigidas al maestro, además se realizaron diferentes actividades para los estudiantes, con el propósito de que los estudiantes comprendan el fenómeno de resonancia eléctrica a partir del estudio de circuitos RLC de corriente alterna.

En el cuarto capítulo. **Implementación y análisis de la secuencia de enseñanza,** se realiza un desarrollo analítico de las repuestas ofrecidas por los estudiantes, respecto a los procedimientos que se les aplicaron en la implementación de la secuencia.

## 5. Metodología

Para estudiar el fenómeno de resonancia eléctrica, se realizó una revisión bibliográfica de varios autores en los cuales se realizan descripciones de circuitos RLC, los cuales son la base para poder dar descripción a este fenómeno, es así que esta revisión bibliográfica permitió dar claridad sobre este fenómeno.

Para la creación de la secuencia de enseñanza, este trabajo se basó en el estudio de la investigación orientada, la cual promueve un actuar científico por parte de los estudiantes en el instante de aprender nuevos conceptos.

## 6. Conclusiones

- El desarrollo de los dos grupos permitió evidenciar que entre mayor sea el tiempo de trabajo otorgado a la explicación de un tema particular, mayor será la información que se podrá recopilar, además existirá un mayor aprendizaje significativo en los estudiantes.
- Aunque el grupo de Física no tuvo la misma intensidad horaria a la hora de explicar la teoría de circuitos RLC y el fenómeno de resonancia en comparación al grupo de Electrónica, el grupo de Física tuvo un buen rendimiento a la hora de dar solución a las preguntas orientadoras, aunque su análisis se da desde una visión más general el conjunto de explicaciones demuestra una asimilación del concepto de resonancia.
- El desempeño del grupo de Electrónica es el esperado acorde al tiempo que se le dedicó al mismo, lo cual se puede observar con la cantidad de información recopilada y del desarrollo amplio que realizaban los estudiantes en el momento de dar respuesta a las preguntas orientadoras.
- La facilidad para aprender un concepto nuevo o concepto que no tenga gran relación con otros temas vistos anteriormente, es bajo en comparación, con un concepto que posea relación con un tema visto con antelación. Es importante tener en cuenta la dificultad del tema de estudio, ya que el estudiante puede no tener aprendidos conceptos fundamentales para el aprendizaje del nuevo, lo cual conlleva a desmotivación y dificultades a la hora de aprender.
- Para el grupo de Licenciatura en Física, aunque ellos lograron dar cuenta del fenómeno de estudio y se observó un aprendizaje significativo, es necesario que la sesión de trabajo sea mayor a dos horas, ya que debido a problemas referentes a la universidad no se pudo dedicar más tiempo a este grupo, lo anteriormente dicho porque puede posibilitar que los estudiantes encuentren más relaciones al tema de estudio y en consecuencia los procesos de retroalimentación por parte del docente logren que el aprendizaje sea más productivo.
- El estudio de los circuitos RLC, desde una perspectiva más técnica, hace necesario que se amplíe los elementos conceptuales y las particularidades existentes en el tema, caso particular del uso de fasores para dar explicación del comportamiento de un circuito eléctrico con excitación sinusoidal, ya que a pesar de que algunos libros de física hacen referencia al concepto de fasor, este es bastante superficial y dificulta la comprensión del tema en general, siendo necesario recurrir a otro tipo de literatura más

especializada.

- El uso de experimentos relacionados al tema de estudio (Circuitos RLC), permite aclarar conceptos, los cuales no son evidentes cuando simplemente se hace una revisión bibliográfica, lo que potencia el aprendizaje tanto del docente como de los estudiantes.
- Trabajar con experimentos, permitió afianzar y aclarar conceptos complejos, muchos de ellos usados con mayor detenimiento en espacios como la ingeniería eléctrica o electrónica y que por su relevancia son abordados para una explicación de los fenómenos en la Física. Como ejemplo en muchos textos la descripción de un circuito eléctrico en ingeniería parte de la definición de voltajes y se busca una respuesta particular a una excitación acotada, sin embargo en Física muchas veces se parte desde la variación de carga a través del circuito lo que lleva a la idea de corriente.
- El uso del osciloscopio en el ámbito experimental, se convirtió en una herramienta muy versátil, en él se puede observar señales eléctricas, compararlas, sumarlas, entre otras, lo cual permite que el estudiante se acerque al fenómeno desde elementos tangibles y mensurables, permitiendo la correlación de los conceptos y generando nuevas preguntas orientadoras al tema en desarrollo, por demás la manera más eficiente para mostrar cuando una señal se encuentra en desfase y cuando no, caso particular del efecto resonante en un circuito eléctrico.

<b>Elaborado por:</b>	Luis Gabriel Palacios Castillo
<b>Revisado por:</b>	Jimmy Ramírez

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	13	11	2013
--	----	----	------

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Circuito RLC de corriente alterna</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1. Corriente Eléctrica</b> .....	<b>2</b>
1.1.1. Corriente convencional I .....	3
1.1.2. Corriente continua .....	3
<b>1.2. Circuito RC serie</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3. Circuito RL serie</b> .....	<b>6</b>
<b>1.4. Circuito RLC serie corriente continua</b> .....	<b>7</b>
<b>1.5. Corriente alterna</b> ..	<b>10</b>
<b>1.6. Reactancia capacitiva e inductiva</b> .....	<b>10</b>
1.6.1. Reactancia capacitiva .....	10
1.6.2. Reactancia inductiva .....	12
<b>1.7. Circuito RLC de corriente alterna</b> .....	<b>12</b>
<b>1.8. Fasor</b> .....	<b>14</b>
<b>1.9 Radio Galena</b> .....	<b>18</b>
<b>2. Diseño de la secuencia de enseñanza</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1. Principales características de la metodología de enseñanza por investigación orientada</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2. Secuencia de enseñanza</b> .....	<b>23</b>
2.2.1. Contenido y características de la secuencia de enseñanza .....	23
<b>3. Implementación y análisis de la secuencia de enseñanza</b> .....	<b>33</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>51</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>53</b>

## Introducción

La presente monografía denominada "**Circuito RLC de corriente alterna**", se realiza como requisito para optar al título de Licenciado en Física, de la Universidad Pedagógica Nacional. La propuesta se origina con la intención de estudiar el comportamiento de la corriente alterna en circuitos eléctricos, en particular observar el fenómeno de resonancia eléctrica presente en los circuitos RLC y llevarlo al aula como elemento potenciador de la enseñanza – aprendizaje, empleando la metodología por investigación orientada.

El estudio de este tipo de circuitos y sujeto a un contexto determinado pretende llevar al estudiante a realizar una mejor comprensión de su entorno, esto se debe a la relación directa entre los circuitos eléctricos y los dispositivos que suelen usar en la cotidianidad los estudiantes.

La primera etapa del documento realiza un análisis teórico del fenómeno de resonancia eléctrica; para abordar el tema se hace necesario analizar el comportamiento de los circuitos RL, RC y RLC con alimentación de corriente continua y posteriormente con corriente alterna. Éste análisis pretende establecer las relaciones entre el comportamiento de los circuitos con las dos fuentes de excitación (continua y alterna), el resultado es útil a la hora de presentarlo a los estudiantes ya que permite clarificar el tema de estudio.

La segunda parte del documento muestra el diseño de una secuencia de enseñanza basada en la Metodología por Investigación Orientada, con el fin de acercar a los estudiantes de electromagnetismo al fenómeno en mención. La metodología empleada en la fase de implementación presenta buenos resultados, siendo relevante mostrar que los discentes pueden generar sus propias inquietudes y respuestas, con lo cual el proceso de enseñanza - aprendizaje se ve potenciado.

La última etapa realiza el análisis de la implementación de la secuencia de enseñanza, y concluye sobre el particular.

# CAPITULO 1

## CIRCUITO RLC DE CORRIENTE ALTERNA

### INTRODUCCIÓN

El presente capítulo pretende dar una descripción sobre el comportamiento de la corriente alterna en un circuito RLC y estudiar el fenómeno de resonancia eléctrica presente en el mismo. A fin de dar esta descripción es necesario repasar ciertos conceptos como lo son corriente eléctrica, circuito RC y RL de corriente continua, circuito RC y RL de corriente alterna.

#### 1.1. Corriente eléctrica

En la actualidad todos los dispositivos eléctricos que encontramos en el mercado como (computadores, televisores, Ipod, etc.) o aquellos usados en la industria como los equipos de soldadura, motores, electroválvulas, entre otros, poseen algo en común que es fundamental para su funcionamiento, siendo este el caso de la corriente eléctrica.

Con el fin de estudiar la corriente eléctrica es importante reconocer el ámbito fenomenológico de este concepto físico, en el cual se encuentran presentes fenómenos térmicos, magnéticos y químicos, visibles cuando circula corriente eléctrica por un conductor eléctrico. La evolución del concepto de corriente eléctrica fue precedido por el análisis de otra serie de fenómenos eléctricos que permitieron la conformación del mismo. Fenómenos como la electrificación, la emisión de luz, el calentamiento de un filamento metálico o la descarga eléctrica, son algunos de los fenómenos más representativos de la teoría eléctrica, los cuales despertaron el interés de algunos grandes pensadores como Pieter van Musschenbroek, William Watson y Alessandro Volta, quienes realizaron grandes aportes en este campo de la física.

Hoy en día en el estudio de la corriente eléctrica es importante reconocer que es posible usar dos descripciones de la misma, una de estas descripciones es aquella que establece la existencia de una corriente de electrones ( $I_e$ ) y otra la cual llamaremos corriente convencional ( $I$ ). En la descripción de la corriente de electrones  $I_e$ , los electrones son aquellos que se denominan portadores de carga, siendo estos los que se mueven a través del conductor gracias a la fuerza que experimentan debido al campo eléctrico generado en un alambre cuando es implantado en una diferencia de

potencial eléctrico. La descripción de la corriente  $I$  se relaciona con la cantidad de carga que atraviesa una sección transversal de un conductor en un determinado tiempo.

En el campo de la electricidad es posible asignar dos tipos de comportamiento a la corriente eléctrica, denominados corriente continua y corriente alterna, lo cual depende de la fuente que genere la corriente o de las condiciones del sistema; la corriente continua es aquella que permanece constante en el tiempo de la misma manera es en la cual no se observan variaciones significativas de la misma; en el segundo caso y el mayor objeto de estudio de este trabajo, la corriente alterna es un tipo de corriente que varía constantemente en el tiempo y por ende tiene otras implicaciones diferentes con respecto a la corriente continua como por ejemplo, el cambio de polaridad en los circuitos eléctricos.

### **1.1.1. Corriente convencional I**

En la actualidad la corriente eléctrica  $I$  es definida matemáticamente como la cantidad de carga que pasa a través de un área transversal de un conductor en un tiempo determinado:

$$I \equiv \frac{dQ}{dt} \quad (1)$$

Las unidades de la corriente son definidas como amperios (A) donde:

$$1 \text{ coulomb/segundo} = 1 \text{ Ampere}$$

Por convención se determinó que la corriente convencional  $I$ , viaja en la misma dirección del campo eléctrico, en este caso los portadores de carga se toman como positivos, lo que conlleva a que se muevan de un potencial mayor a un potencial menor, enlazando así el termino polaridad eléctrica, esto quiere decir que en el circuito hay un punto donde se encuentra un exceso de cargas y otro punto en donde hay una deficiencia de estas, por tal razón se habla de la polaridad en un circuito.

### **1.1.2. Corriente continua**

La corriente continua es un concepto físico, el cual está ligado directamente con la dirección en la que fluyen los portadores de carga en un conductor eléctrico, es así que la dirección siempre debe ser la misma para que se pueda definir como tal. En la

ilustración 1 se puede observar una representación gráfica de corriente vs tiempo (I vs t), en la cual la magnitud de la corriente siempre es la misma y no hay variaciones sustanciales de esta; cabe mencionar que a pesar de que la corriente aumente o disminuya en magnitud siempre y cuando la dirección de flujo sea la misma se considera como corriente continua.

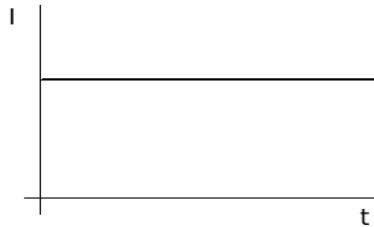


Ilustración 1

## 1.2. Circuito RC serie

El circuito RC, es una clase de circuito eléctrico, el cual está conformado por un condensador y una resistencia, los cuales se encuentran conectados en serie.

A fin de analizar el comportamiento de la corriente en este tipo de circuitos se pueden enunciar dos tipos de respuesta, una respuesta forzada y una respuesta natural, además existe un tipo de respuesta completa, la cual se compone de la suma de la respuesta natural y la respuesta forzada del circuito (Ramírez 2011). Es importante mencionar que la respuesta forzada del circuito siempre se evidencia cuando el circuito se encuentra conectado a la fuente de energía eléctrica y la respuesta natural del circuito se dará siempre que el circuito no posea la excitación ofrecida por la fuente; para la respuesta forzada del circuito RC el fenómeno que es posible evidenciar es el referente al proceso de carga del condensador como la respuesta natural hace referencia al proceso de descarga del capacitor.

Las siguientes ecuaciones dan cuenta del comportamiento de la corriente y el voltaje en un circuito RC cuando se encuentra conectado a una fuente  $fem$  constante, por ende este tipo de respuesta se entiende como forzada.

$$I_c = I_o e^{\frac{-t}{RC}} \quad (2) \quad 1$$

$$V_c = V_o \left( 1 - e^{\frac{-t}{RC}} \right) \quad (3) \quad 2$$

$$V_f = IR + V_o \left( 1 - e^{\frac{-t}{RC}} \right) \quad (4)$$

En la ilustración (2) se puede observar de manera gráfica el comportamiento del voltaje y la corriente en un circuito RC; la ecuación (2) da cuenta del comportamiento de la corriente a través del condensador siendo esta descripción funcional cuando se habla del circuito entero, esto se debe a que cuando el capacitor se encuentra totalmente cargado la diferencia de potencial que se genera en este es igual a la establecida por la fuente y de esta manera el circuito después de transcurrido un tiempo se encuentra a la misma diferencia de potencial en cualquiera de sus puntos, por ende deja de circular corriente por el mismo.

La ecuación (3) describe el comportamiento del voltaje en el capacitor, la gráfica que corresponde a este comportamiento se puede observar en la ilustración 2, este comportamiento se debe a la acumulación de carga en el interior del capacitor, lo que conlleva al aumento de diferencia de potencial que se establece, es así que cuando la cantidad de carga en el condensador llega a su máximo, el voltaje que se puede medir en el condensador será igual al medido en la fuente.

Analizando la ecuación (4) se puede observar como a medida que la corriente llega a cero, el voltaje a través de la resistencia también es cero, de manera teórica, es importante mencionar que el voltaje en la resistencia como tal no es cero, pero se puede interpretar como cero, esto se debe a que cuando el capacitor alcanza su máximo voltaje, la diferencia de potencial medible en todo el circuito es la misma, por tal razón si medimos el voltaje en las terminales de la resistencia tendremos un valor cero debido a que los puntos de medida no son diferentes hablando en términos energéticos.

---

1 El desarrollo de esta ecuación se puede evidenciar en dos secciones del libro D. Knight (2007). Physics for scientist and engineers. (segunda edición). USA: compañía editorial Pearson Addison Wesley., paginas 929-932; 987-989

2 El desarrollo de esta ecuación se puede evidenciar en dos secciones del libro D. Knight (2007). Physics for scientist and engineers. (segunda edición). USA: compañía editorial Pearson Addison Wesley., paginas 929-932; 987-989

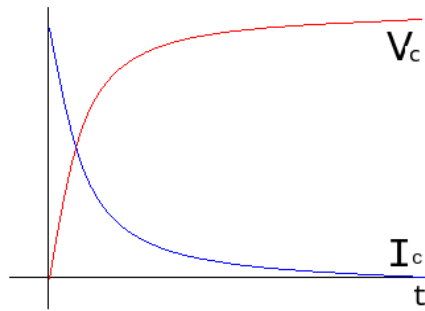


Ilustración 2

### 1.3. Circuito RL serie

El circuito RL, es una clase de circuito el cual se conforma de una resistencia y una bobina en serie, al igual que el circuito RC, este tipo de circuito posee una respuesta forzada y otra natural.

A fin de dar una descripción del circuito RL, se plantean las siguientes ecuaciones

$$I_L = I_0 e^{-tR/L} \quad (5) \quad 3$$

$$V_L = L \frac{dI}{dt} \quad (6) \quad 4$$

$$V_f = IR + L \frac{dI}{dt} \quad (7)$$

La ecuación (5) da cuenta del comportamiento de la corriente a través de la bobina, cabe mencionar que el circuito que estamos analizando se encuentra en serie por ende la ecuación (5) también describe como es la corriente a través de la resistencia. En la ilustración 3, se observa la gráfica de la función que describe la corriente en el circuito RL, este tipo de comportamiento se presenta cuando se instaura la diferencia de potencial a través del circuito debido a la fuente *fem*, la sección en la que se encuentra la bobina posee la misma diferencia de potencial ofrecida por la fuente, a medida que

---

3 Ecuación tomada del libro D. Knight (2007). Physics for scientist and engineers. (segunda edición). USA: compañía editorial Pearson Addison Wesley.

4 Ecuación tomada del libro D. Knight (2007). Physics for scientist and engineers. (segunda edición). USA: compañía editorial Pearson Addison Wesley.

circula corriente a través del inductor esta aumenta, esto permite evidenciar en la diferencia de potencial medible en el inductor como disminuye hasta cero a medida que transcurre el tiempo.

A fin de explicar el comportamiento del voltaje en la bobina la ecuación (6) nos muestra como este voltaje depende del producto entre la inductancia y la derivada de la corriente, recordemos que la derivada de una función da cuenta de la razón de cambio entre dos variables, siendo las dos variables de análisis la magnitud de corriente y tiempo, por lo tanto mientras la corriente varia en el tiempo es posible definir un valor de voltaje para la bobina, en el instante que la corriente alcanza su máximo valor esta razón de cambio deja de suceder y por ende el voltaje es cero o dicho de otra forma cuando el valor de la corriente se torna constante, la derivada de esta es cero lo cual se puede observar en la ilustración 3.

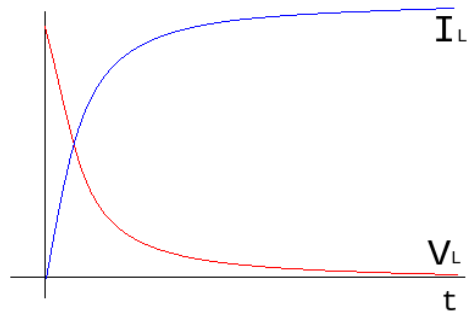


Ilustración 3

#### 1.4. Circuito RLC serie corriente continua

Inicialmente se aborda la descripción del circuito RLC con corriente continua, ya que esto permite evidenciar el comportamiento conjunto de la bobina y el inductor cuando están conectados en serie, recordemos que la bobina y el capacitor muestran un comportamiento particular cuando se encuentran sometidos a una fuente *fem* continua, para el caso tenemos los dos dispositivos conectados en serie, se podrá visualizar que el comportamiento no difiere mucho del comportamiento analizado en secciones pasadas.

Si miramos las ilustraciones 2 y 3, en ellas se observa el comportamiento del condensador y la bobina cuando se encuentran conectados a la fuente, cuando estos dispositivos se encuentran en un mismo circuito, su comportamiento es similar al observado en las gráficas mostradas anteriormente, por lo tanto tendremos valores de

corriente altos y corriente bajos dependiendo del lugar en el que se tome la medición, por tanto en estos puntos el comportamiento es similar al expuesto con antelación.

En las siguientes ilustraciones (4a, 4b y 4c) se muestran las posibles respuestas que se pueden dar en un circuito con estas características, cada una de estas respuestas depende de la configuración que posea el circuito al momento de ser energizado.

El circuito RLC, por ser un circuito que posee dos elementos que almacenan energía como lo son el inductor y el capacitor, la descripción matemática se da por medio de una ecuación diferencial de segundo orden, la cual se muestra a continuación:

$$V_f = IR + L \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} \int I dt \quad (8) \quad 5$$

Es así que una posible solución de la ecuación (8) es

$$y'' = K_1 e^{p_1 t} + K_2 e^{p_2 t}$$

En donde la solución de sus raíces son:

$$p_1 = \frac{-R}{2L} + \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} \quad (9)$$

$$p_2 = \frac{-R}{2L} - \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} \quad (10)$$

Con el fin de proporcionar una descripción del circuito se usaran los términos que se observan en las ecuaciones (9) y (10), entonces el término  $\frac{R}{2L} = \alpha$ , se conoce como la constante de amortiguación del circuito, ya que dependiendo del valor que pueda tomar esta constante el circuito presentara una mayor o menor variación en la intensidad de corriente; por otro lado el termino  $\frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_o$  se denomina frecuencia de oscilación, la cual hace referencia al comportamiento resonante que generan conjuntamente el condensador y la bobina.

A continuación se muestran tres gráficas en las cuales se observan los posibles comportamientos que puede tomar el circuito RLC, dependiendo de la configuración que este posea. Para el caso de la respuesta **sobre amortiguada** la constante de

amortiguación es mayor que el valor de la frecuencia de oscilación, en el caso **críticamente amortiguado** las constantes de amortiguación y frecuencia de oscilación tiene el mismo valor y para la respuesta **subamortiguada** la constante de amortiguación tiene menor valor que la frecuencia de oscilación.

### Sobre amortiguado

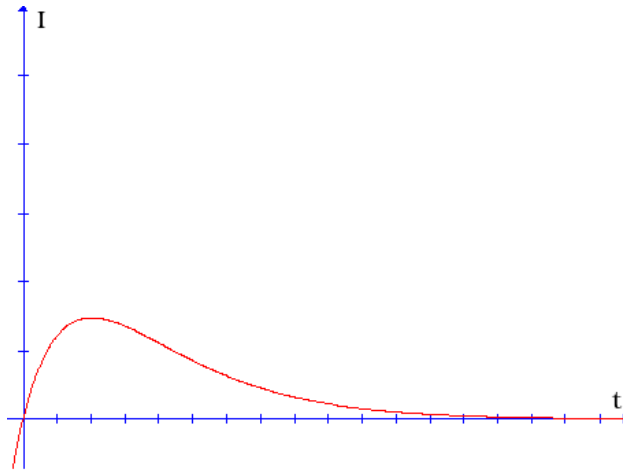


Ilustración 4.a

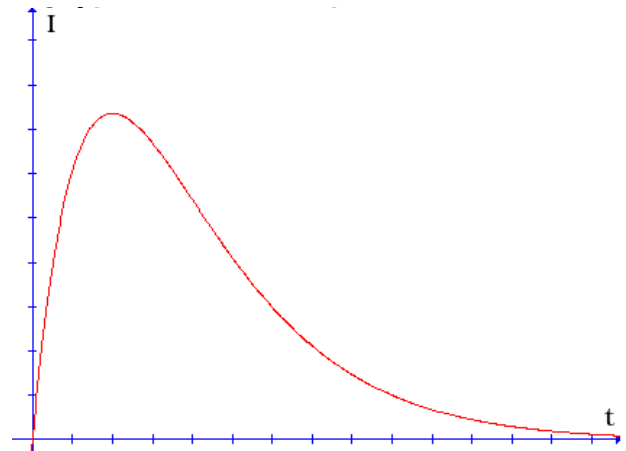


Ilustración 4.b

### Subamortiguado

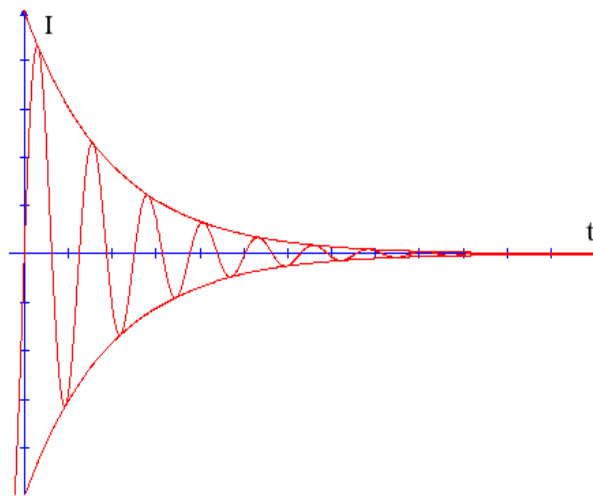


Ilustración 4.c

Es importante mencionar que las respuestas observadas en las ilustraciones 4a, 4b, y 4c hacen referencia al tipo de **respuesta natural**, para lo cual el circuito no cuenta con excitación alguna. Es relevante acotar que la respuesta forzada del circuito RLC es cero debido a que el capacitor alcanza su carga máxima después de un tiempo  $t$ , esto

conlleva a que la diferencia de potencial en todo el circuito sea la misma y en consecuencia deja de circular corriente en el circuito.

## 1.5. Corriente alterna

Al igual que la corriente continua, la corriente alterna es un concepto físico el cual se basa directamente en la dirección hacia donde fluyen los portadores de carga. En el caso de la corriente alterna tendremos que la dirección de desplazamiento de los portadores de carga varía constantemente en el tiempo, esto significa que los portadores de carga en un momento determinado se mueven en una dirección específica y en el siguiente instante se muevan en la dirección contraria a la inicial (Knight 2008). En corriente alterna este cambio de dirección depende de la frecuencia de oscilación que posea el circuito, así, la frecuencia de oscilación es dada por la fuente de voltaje, a mayor frecuencia de oscilación, mayor será la cantidad de veces que cambie la dirección de desplazamiento de los portadores de carga en un segundo, por lo tanto a menor frecuencia ofrecida por la fuente menor número de cambios en la dirección.

## 1.6. Reactancia capacitiva e inductiva

### 1.6.1. Reactancia capacitiva

El término reactancia capacitiva se entiende como la oposición que presenta un condensador al flujo de corriente alterna.

Para encontrar la corriente que circula por el capacitor, primero se debe determinar la carga de entrada salida del mismo, como ya se ha descrito (anexo 1), la carga en un condensador es dada por  $q=CV$ , así la ecuación característica de la carga del capacitor en estado alterno esta descrita por (Knight, 2008):

$$q = Cv_c = CV_c \cos \omega t \quad (11)^6$$

---

6 Tomada del libro, D. Knight (2007). Physics for scientist and engineers. (segunda edición). USA: compañía editorial Pearson Addison Wesley.

Recordemos que una *fem* alterna se puede describir matemáticamente a través de funciones exponenciales complejas, las cuales reflejan un comportamiento variable, así, la medición del voltaje en las terminales del capacitor será  $v_c = V_c \cos \omega t$ , donde  $V_c$  es el valor máximo de voltaje que alcanzaría el circuito.

Ahora determinando el flujo de carga que pasa por el condensador en un tiempo determinado, es posible determinar la función representativa de la corriente

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt} CV_c \cos \omega t = -\omega CV_c \sin \omega t \quad (12)$$

El resultado de la ecuación anterior, da cuenta de la corriente a través del circuito, con el fin de expresar esta función en términos de coseno, usaremos la identidad  $-\sin x = \cos x + \frac{\pi}{2}$  y reemplazando en la ecuación (12) de corriente:

$$I = \omega CV_c \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

El resultado final de la variación de corriente en un capacitor conectado a una fuente alterna, nos muestra que la corriente y el voltaje en el circuito se encuentran desfasados un valor de  $\pi/2 \text{ rad}$

Ahora, la ecuación (12) describe la corriente en un circuito capacitivo, en la cual se observa como la corriente tiene su máximo valor cuando el factor coseno se convierte en uno, quedando

$$I = \omega CV_c \quad (13)$$

Si representamos la ecuación (13) por medio de la ley de Ohm tendremos:

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{V_c}{I}$$

Obteniendo

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

En donde la parte izquierda de la ecuación es conocida como la reactancia capacitiva  $X_c$  y sus unidades están dadas en ohms (Knight 2008).

### 1.6.2. Reactancia Inductiva

Al igual que la reactancia capacitiva, la reactancia inductiva se define como la oposición que presenta un inductor al flujo de corriente alterna; recordemos que los voltajes y corrientes son valores variables, así el voltaje en el inductor esta dado como (Anexo 1):

$$V_L \cos \omega t = L \frac{di}{dt}$$

La expresión anterior ya se determinó en secciones pasadas, a partir de valores constantes de corriente.

Despejando la corriente e integrando tendremos

$$i_L = \frac{V_L}{L} \int \cos \omega t dt$$
$$i_L = \frac{V_L}{\omega L} \cos \omega t - \frac{\pi}{2}$$

Así, el máximo valor de corriente en el inductor estará dado por

$$i_L = \frac{V_L}{\omega L}$$

por lo tanto la reactancia capacitiva  $X_L$  es igual a:

$$\omega L = X_L$$

Al igual que la reactancia capacitiva, la reactancia inductiva tiene unidades de ohmios (Knight 2008).

### 1.7. Circuito RLC corriente alterna

Cuando se trabaja con un circuito RLC en corriente alterna se tiene un circuito resonante, esto se debe a las frecuencias que se generan en el mismo debido al elemento capacitivo e inductivo.

Al igual que el análisis con corriente continua, este circuito posee una respuesta total, la cual se conforma de respuesta natural y forzada; en donde la respuesta natural del circuito RLC de corriente alterna es la misma que para un circuito de corriente continua.

### **Respuesta forzada**

A fin de analizar este tipo de respuesta, se debe traer a colación el concepto de impedancia, la impedancia en un circuito eléctrico se describe como la oposición que presenta el circuito al paso de corriente, en donde esta oposición de corriente depende de los elementos que conforman el circuito (condensador, bobina, fuente y resistencia).

La descripción matemática de la impedancia generalmente se establece a partir de la siguiente ecuación:

$$Z = R + jX$$

Esta ecuación se compone de una parte real “R”, la cual representa el valor resistivo y se expresa en ohmios y una parte imaginaria “jX”, compuesta por una reactancia capacitiva e inductiva así  $jX = X_L + X_C$ . Es importante mencionar que las unidades de medida de las reactancias se dan en ohmios por lo tanto los valores de la bobina y el condensador pueden ser expresados en términos de resistencia, los cuales dependen únicamente de la frecuencia de la fuente de excitación y facilitan los cálculos al incorporar la matemática compleja al proceso de análisis con esta gran modificación. En la sección 1.8 se amplía el porque la impedancia se compone de valores reales e imaginarios.

El concepto de impedancia es muy importante para entender el comportamiento de la corriente en el circuito que estamos analizando, ya que el valor de impedancia afecta inversamente el flujo de corriente en el circuito. Para cuando el circuito RLC es netamente resistivo tendremos un valor de reactancia total cero, por lo tanto el circuito se encuentra en resonancia, consecuencia de esto se generará el máximo flujo de corriente posible en el circuito.

Es de vital importancia mencionar que cuando un circuito RLC se encuentra en régimen permanente sinusoidal, se puede presentar el fenómeno de resonancia, esto se debe a la frecuencia de oscilación propia del sistema, es decir cuando la frecuencia de entrada en un circuito RLC, se iguala a la frecuencia de oscilación del circuito, se produce el

fenómeno de resonancia en el cual el flujo de corriente es máximo para el circuito, un caso particular es el uso de este fenómeno en los radios, los cuales cuando el circuito RLC interno del dispositivo se encuentra en resonancia permite sintonizar una emisora determinada.

A partir de la Ley de Ohm, se puede dar una descripción de la corriente a través del circuito RLC, de esta forma la Ley de Ohm establecida para el circuito será

$$I(t) = \frac{V \sin \omega t + \phi}{Z}$$

La anterior ecuación describe la respuesta forzada del circuito, a continuación se presentará la respuesta total del circuito RLC

$$I(t) = \frac{V \sin \omega t + \phi}{Z}$$

Evaluando la función en  $t=0$  y tomando  $\phi = \pi/2$ ,

$$0 = \frac{V_f}{Z} + K_1 + K_2$$

$$K_1 = \frac{-V_f}{Z} - K_2$$

Derivando la función y evaluando nuevamente en cero y haciendo nuevamente a  $\phi = \pi/2$

$$\frac{dI}{dt} = \omega \frac{V \cos \omega t + \phi}{Z} + p_1 K_1 e^{p_1 t} + p_2 K_2 e^{p_2 t}$$

$$\frac{V_b}{L} = p_1 K_1 + p_2 K_2$$

Reemplazando el valor de  $K_1$

$$\frac{V_b}{L} = -p_1 \frac{V_f}{Z} - p_1 K_2 + p_2 K_2$$

## 1.8. Fasor

Un fasor es un número complejo que representa la magnitud y la fase de una senoide. Se usa el término fasor en lugar de vector porque el ángulo se basa en el tiempo más que en el espacio (Svoboda 2006).

A continuación se muestra la representación geométrica de una fasor

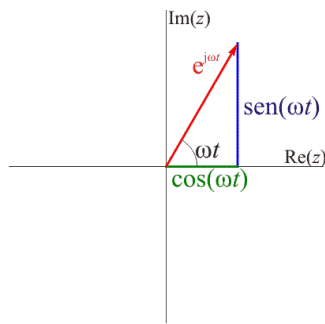
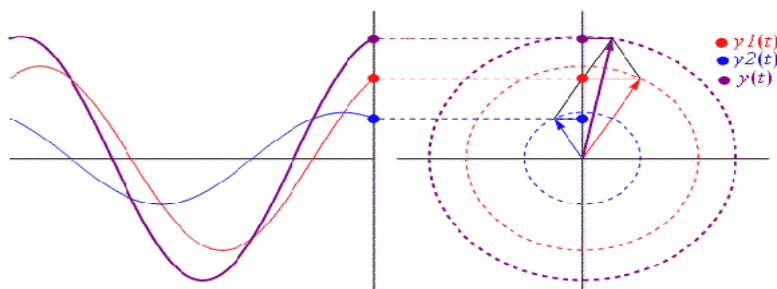


Ilustración 5

En donde,  $e^{j\omega t}$  se define como la magnitud del fasor; un fasor se conforma de dos componentes, una de ellas una componente real y otra componente imaginaria, así un fasor se puede representar de la siguiente manera

$$e^{j\omega t} = \cos\omega t + j\text{sen}\omega t$$

En donde el coseno se puede expresar como la parte real del fasor y el seno la parte imaginaria, esta deducción del concepto de fasor parte de la identidad de Euler, como se mencionó anteriormente, un fasor es la interpretación de una senoide, lo cual se puede ver más claramente en la ilustración 6



tomado de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fasor>

ilustración 6

Cada una de las flechas que se observan en la parte derecha de la gráfica, se conocen como fasores los cuales giran en sentido anti-horario. Por ejemplo para el caso de los circuitos eléctricos, cuando se trabaja con corrientes alternas, este tipo de corriente se puede expresar como un fasor.

Una aplicación importante de la interpretación fasorial para los circuitos RLC con corriente alterna, es usada en el concepto de impedancia, recordemos que la impedancia se definió como

$$Z = R + jX$$

Como se mencionó antes un fasor posee una parte real y una parte imaginaria, para el caso de la impedancia esta se puede expresar como un fasor, a continuación se mostrara la razón por la cual la impedancia es un fasor.

Primero recordemos la ecuación que describe el comportamiento de las diferencias de potencial en un circuito RLC.

$$V_f = IR + L \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} \int I dt$$

Como la fuente de excitación  $V_f$  es variable, puede ser representada de la siguiente manera

$$ve^{j\omega t} = IR + L \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} \int I dt \quad (14)$$

Así, la corriente que fluirá a través también será variable, por lo tanto

$$I = ie^{j\omega t}$$

Reemplazando la corriente en la ecuación, (14) tendremos

$$ve^{j\omega t} = ie^{j\omega t} R + Lj\omega ie^{j\omega t} + \frac{i}{Cj\omega} e^{j\omega t}$$

$$ve^{j\omega t} = ie^{j\omega t} \left( R + Lj\omega + \frac{1}{Cj\omega} \right)$$

Dividiendo a ambos lados por,  $ie^{j\omega t}$  tendremos que

$$ve^{j\omega t} / ie^{j\omega t} = R + Lj\omega + \frac{1}{Cj\omega}$$

Por medio de la ley de Ohm podemos decir que el termino derecho de la ecuación anterior, se conoce como impedancia Z, en donde

$$Z = R + j \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \quad (15)$$

Así,  $X = L\omega - \frac{1}{C\omega}$  es la reactancia total del circuito.

El anterior desarrollo muestra que la impedancia se puede representar como un fasor, al igual que el voltaje alterno y corriente alterna. Es importante mencionar que la representación de impedancia que se acabó de mostrar se encuentra en forma rectangular, es por esto que a continuación mostraremos como se puede mostrar de forma exponencial. (Dorf - Svoboda 2006)

Para este ejemplo tomaremos un valor de impedancia cualquiera

$$Z = 15 + j20$$

A fin de hallar la magnitud de la impedancia

$$Z = \sqrt{15^2 + 20^2} = 25$$

Recordemos que los fasores poseen a parte de la magnitud un ángulo de fase el cual se determina de la siguiente manera

$$\tan\theta = \frac{20}{15}$$

$$\theta = \tan^{-1} 1.33 = 53.13^\circ$$

Teniendo como resultado  $Z = 25e^{j53.13^\circ}$ , lo que gráficamente se muestra a continuación

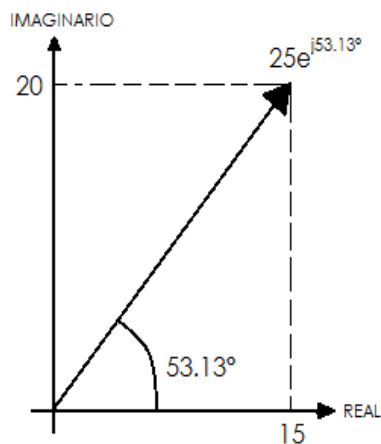


Ilustración 7

En conclusión, el análisis de circuitos de primer o segundo orden con excitación D.C. obliga a determinar *la carga sobre la bobina o el condensador*, mientras que si el mismo

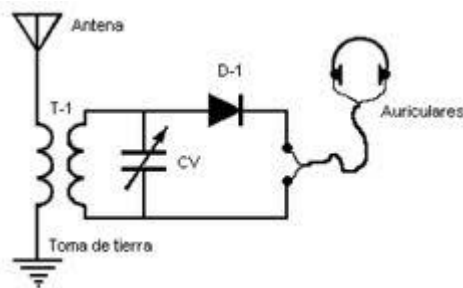
circuito es excitado con una fuente sinusoidal se deberá determinar el ángulo de desfase entre el voltaje o la corriente según sea el caso.

## 1.9 Radio Galena

El 7 de mayo de 1895 el ingeniero ruso Alexander Stepánovich Popov había presentado un receptor capaz de captar ondas hertzianas, además de encontrar el mejor método para enviar y recibir ondas hertzianas: la antena que estaba formada por un hilo metálico. Popov añadió a su receptor un hilo metálico extendido hacia arriba. Fue de este modo que nació la primera antena. En 1895 el ingeniero eléctrico, físico e inventor italiano Guiseppe Marconi realizó experimentos que le permitieron luego consagrarse

como el verdadero inventor de la radio <sup>7</sup>.

A continuación en la ilustración 8, se puede visualizar el plano eléctrico que describe el radio de galena.



Tomado de: [radiotelefonía.wordpress.com](http://radiotelefonía.wordpress.com)

Ilustración 8

Como se puede observar en la ilustración 8 el radio de Galena, es un dispositivo RLC, el análisis que se realizará en este capítulo será netamente conceptual debido a que el desarrollo matemático que describe este dispositivo se realizó en el capítulo 1, en donde se analizó el circuito RLC con corriente alterna.

Es así que este dispositivo tiene la capacidad de sintonizar frecuencias de radio en AM, el proceso de sintonización se da gracias a ondas electromagnéticas denominadas para

---

<sup>7</sup> Tomado de [ingeniatic.euitt.upm.es](http://ingeniatic.euitt.upm.es)

este caso ondas de radio las cuales se radian en el espectro de frecuencia, para este caso son generadas desde emisoras, es así que esas ondas electromagnéticas poseen frecuencias de oscilación establecidas.

Recordemos que a todo circuito RLC se le puede atribuir una frecuencia de oscilación particular o también llamada frecuencia de resonancia; para el caso de radio de galena la frecuencia de oscilación es variable gracias a su capacitor, esto se debe a que podemos modificar la capacitancia total del circuito y con ello variar la reactancia capacitiva del mismo. De esta manera el radio a galena nos permite sintonizar diferentes rangos de frecuencias. A continuación veremos algunas ilustraciones en las cuales se puede observar el comportamiento de las frecuencias de entrada y la frecuencia de resonancia del circuito.

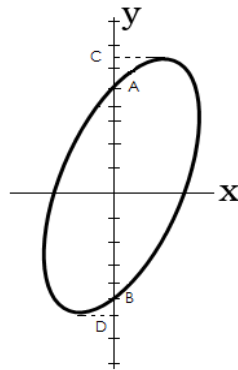


Ilustración 9  
Desfase entre señal de entrada y frecuencia de resonancia

En la ilustración 9 se puede observar dos señales que se encuentran en desfase, una señal es la que el radio de galena recibe gracias a las emisoras, la otra señal es la generada por el circuito RLC. Este tipo de ilustraciones se pueden observar en el osciloscopio, en donde la figura observada se denomina figura de Lissajous.

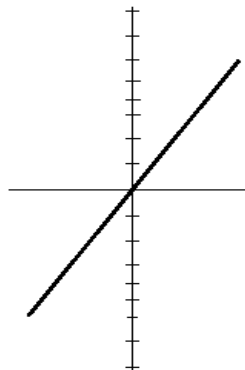


Ilustración 10  
Circuito RLC en resonancia

Ahora, por ejemplo, si en el osciloscopio se puede observar algo similar a lo ocurrido en la ilustración 10, el circuito se encuentra en resonancia, esto quiere decir que la frecuencia que recibe el radio y la frecuencia que genera el circuito RLC del radio se igualan por ende el flujo de corriente a través del circuito es el máximo posible para esa configuración, por lo tanto el radio habrá sintonizado una frecuencia radial particular, por tanto se encuentran en fase la señal de entrada con la de salida.

## **CAPITULO 2**

### **DISEÑO DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA, PARA ABORDAR EL FENÓMENO DE RESONANCIA ELÉCTRICA**

#### **2.1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA POR INVESTIGACIÓN ORIENTADA**

Esta secuencia de enseñanza se diseña a partir de la metodología de investigación orientada. Este tipo de metodología, se enfoca en plantear situaciones problemáticas a los estudiantes, las cuales permiten que se potencie un actuar científico en los alumnos, discutiendo así el posible interés y relevancia del problema planteado, generando aproximaciones cualitativas y la construcción de soluciones tentativas, hipotéticas, destinadas a ser puestas a prueba y a integrarse en su caso, en el cuerpo de conocimientos de que se parte (UNESCO, 2005). Es importante recalcar que los estudiantes dejan de ser receptores, y pasan a jugar un papel de investigadores noveles, que cuentan con el apoyo del profesor como experto (GIL-Pérez et al., 1991).

La metodología por investigación orientada, como se mencionó anteriormente, pretende potenciar un actuar científico en los estudiantes, es por esto que una de las bases fundamentales de esta metodología es la experimentación, esto se debe a que la construcción del conocimiento científico siempre ha sido y sigue siendo deudora de la tecnología, basta recordar que para someter a prueba hipótesis que focalizan una investigación se está obligado a construir diseños experimentales (UNESCO, 2005).

La tecnología no solo se puede concebir únicamente como una aplicación de los conocimientos científicos, no debemos ignorar los procesos de diseño necesarios para convertir en realidad los objetos, sistemas tecnológicos y comprender su funcionamiento (UNESCO, 2005), es por esto que la investigación orientada busca integrar factores que permiten al estudiante evidenciar no solo el proceso de la formación teórica de un concepto, también busca que amplíen su campo de visión respecto a la conformación de nuestras sociedades las cuales avanzan gracias al desarrollo de la ciencia.

En la metodología por investigación orientada, otro factor importante a discutir es la evaluación, esto se debe a que en muchos casos la evaluación es concebida como un instrumento de constatación y discriminación de los estudiantes, es decir como simple calificación, es por esto que el profesor ha de considerarse co-responsable de los resultados que obtengan los estudiantes, así deja de ser necesario la expresión “quien merece una valoración positiva y quien no”, sino “que ayudas precisa cada cual para seguir avanzando y alcanzar los logros deseados” (Unesco 2005).

Hoy en día cualquier dispositivo eléctrico que se conecte a una red eléctrica como (motores, transformadores, neveras, etc.), funcionan a partir de circuitos eléctricos, los cuales en su mayoría están conformados de componentes como (resistencias, capacitores, inductores, transistores) entre otros, los circuitos eléctricos permiten que la corriente se desplace de un punto de mayor potencial a uno de menor potencial. En el ámbito de la electricidad se conciben dos tipos de corriente eléctrica, una de ellas es la corriente directa y la otra es la corriente alterna; el énfasis de esta secuencia de enseñanza será trabajar con corriente alterna y en particular abordar el fenómeno de resonancia eléctrica. Cabe destacar que la corriente alterna es aquella en la que el flujo de corriente varía su dirección de desplazamiento constantemente en el interior del circuito dependiendo de las variaciones de potencial.

En el ámbito de los circuitos RLC el fenómeno de resonancia eléctrica, se puede dar a partir de varias configuraciones del circuito RLC, o sea dependiendo de los valores de capacitancia e inductancia que posea el circuito se puede o no obtener un circuito resonante. Es importante mencionar que el fenómeno de resonancia está presente en varios dispositivos de uso cotidiano, dispositivos como (celulares, computadores, televisores) son elementos en los cuales el fenómeno de resonancia permite que se hagan o reciban llamadas, nos conectemos a internet o sintonicemos un canal específico en nuestro televisor.

Como se mencionó anteriormente (sección 1.7) el fenómeno de resonancia está presente en varios dispositivos de uso cotidiano redundante, esto conlleva a permitir una conexión entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente. Este tipo de relaciones denominadas CTSA; crean un puente de conexión entre la educación

científica y la educación general de toda la sociedad (Solbes, Vilches y Gil-Pérez, 2001). Esto se debe a que las relaciones CTSA permiten abordar diferentes problemas científicos, sociales, tecnológicos y ambientales con el fin de generar una conciencia más crítica respecto al mundo que nos rodea, ya que amplía el campo de visión de la enseñanza y contempla más problemáticas en torno a nuestro diario vivir, así, la dimensión CTSA se debe entender como parte de la inmersión en una cultura científica y tecnológica, aproximando el trabajo de los estudiantes a las actividades de los científicos y tecnólogos, a través del estudio de situaciones problemáticas relevantes (UNESCO 2005).

## **2.2. Secuencia de enseñanza y análisis**

Es relevante mencionar que una secuencia de enseñanza, es aquel proceso mediante el cual el docente o instructor, desea mostrar un tema de estudio particular, es así que este proceso se caracteriza por facilitar el proceso educativo de los estudiantes con el fin de que ellos alcancen los objetivos contenidos en la secuencia; por lo tanto para la creación de la secuencia de enseñanza se debe tener en cuenta la población, el tema de estudio, el material didáctico que se debe generar, la manera de exponer el tema a los estudiantes y el tiempo necesario para que los discentes asimilen el nuevo concepto. (Furió y Furió; 2009)

El objetivo de esta secuencia de enseñanza es lograr que estudiantes universitarios de cursos introductorios de electromagnetismo, comprendan el fenómeno de resonancia eléctrica y puedan relacionar algunos dispositivos eléctricos en los cuales este fenómeno es fundamental para su funcionamiento.

### **2.2.1. Contenido y características de la secuencia de enseñanza**

Para explicar y comprender el concepto de resonancia eléctrica, los conceptos y temas que se abordan en la secuencia de enseñanza son:

CONCEPTOS	TEMAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resonancia eléctrica</li> <li>• Voltaje</li> <li>• Corriente alterna</li> <li>• Frecuencia</li> <li>• Resistencia eléctrica</li> <li>• Capacitancia</li> <li>• Inductancia</li> <li>• Impedancia</li> </ul>	<p>Resonancia circuito RLC</p>

### Descripción de las actividades (material para el docente)

Antes de iniciar con la aplicación de la secuencia, es importante tener en cuenta que los estudiantes con los cuales desarrollaremos la actividad deben poseer un mínimo de conocimientos respecto al electromagnetismo, una razón importante es la intención de no generar dudas en el estudiante debido al uso de un lenguaje extraño el cual provoque desmotivación y el no entendimiento del tema a tratar, además la conformación de nuevos conceptos relacionados con el fenómeno de resonancia como lo son (reactancia o impedancia) son conceptos que se forman a partir de otros más básicos. Es por esto que a continuación se muestra un listado de un mínimo de conocimientos previos para así la aplicación de la secuencia sea satisfactoria:

- Campo eléctrico
- Potencial eléctrico
- Capacitancia
- Voltaje
- Campo magnético
- Inductancia
- Corriente eléctrica
- Resistencia eléctrica

Como se estableció anteriormente, el objetivo de la secuencia de enseñanza es lograr que los estudiantes comprendan el fenómeno de resonancia eléctrica, para esto los estudiantes al final de la implementación de la secuencia deberán tener la capacidad de relacionar los siguientes conceptos:

- Reactancia inductiva y capacitiva
- Impedancia
- Fasor
- Resonancia eléctrica
- Frecuencia de oscilación

A fin de aplicar la secuencia de enseñanza a partir de la metodología por investigación orientada, se debe iniciar con un problema abierto, siendo para este caso: **¿Por qué es posible desde la perspectiva electromagnética sintonizar una frecuencia radial particular?**

Para dar respuesta a este problema abierto, es necesario llevar a los estudiantes a plantear preguntas más cerradas, las cuales posibiliten encontrar una solución recolectando información cada vez más precisa respecto al tema de estudio, es por esto que lo primero es ofrecerle al estudiante herramientas teóricas, las cuales permitan ampliar su visión respecto al tema, esto con el fin de afianzar las bases teóricas para analizar el concepto de resonancia, el cual será el objeto de estudio.

Cabe destacar, que los estudiantes a los cuales se les ofrecerá esta secuencia de enseñanza, ya poseen un bagaje en el área de electromagnetismo, conceptos como voltaje, bobina, capacitor, resistencia, fuente de voltaje, corriente eléctrica, inducción entre otras, son palabras a los cuales el estudiante ya se encuentra acostumbrado y puede dar una relación teórica, lo que no indica que comprenda a profundidad el significado físico de estos conceptos, es por esto que se le otorgara al estudiante y al maestro documentos orientadores en los cuales se realice un estudio previo de los conceptos a tratar en la secuencia de enseñanza ver (anexo 1).

Al finalizar la revisión del (anexo 1) por parte de los estudiantes con anterioridad a la aplicación de la secuencia y de la charla teórica del maestro la cual abarcará temas como (reactancia inductiva y capacitiva, impedancia, fasores, figuras de Lissajous e interpretación de estas figuras en un osciloscopio, frecuencia de oscilación), el docente procederá a explicar los montajes experimentales, los cuales se mostraran en vídeo, planos y fotos, con el objetivo de darle una idea más dinámica al estudiante respecto a los montajes.

Enseguida el maestro entrega a los estudiantes documentos orientadores, en los cuales se describen los montajes experimentales y asigna los materiales a cada grupo, es importante mencionar que estos documentos orientadores se dividen en dos partes ya que la secuencia se implementó a dos grupos de estudiantes diferentes, siendo uno de ellos estudiantes de Licenciatura en Física y el otro es un grupo de estudiantes de Licenciatura en Electrónica, ambos grupos pertenecientes a la Universidad Pedagógica Nacional. Se trabajaran dos montajes, en donde el primero tendrá una duración de 30 minutos, y el segundo tendrá una duración de 60 minutos.

El primer montaje, tiene como objetivo llevar a los estudiantes a la observación del fenómeno de resonancia, por medio de la cantidad de luz emitida por un bombillo incandescente, en donde la cantidad de luz emitida por el bombillo dependerá de la cantidad de corriente que circulará por el mismo y de la impedancia del circuito RLC. Es por esto que se plantean una serie de preguntas a las cuales los estudiantes tendrán que dar respuesta, las cuales se encuentran consignadas al final del procedimiento 1.

El segundo montaje experimental, tiene como objetivo mostrar al estudiante el efecto de resonancia, el cual se puede evidenciar cuando se realiza un análisis del radio de Galena o de otro tipo de radio, por medio del uso del osciloscopio, generador de funciones y el circuito RLC, en esta etapa de la secuencia el alumno deberá medir ángulos de desfase, relacionar imágenes con conceptos físicos, para así permitir que el estudiante pueda interpretar si existe o no resonancia eléctrica en un circuito. Como se podrá ver este segundo montaje es más específico respecto al fenómeno de estudio, ya que integra herramientas especializadas como lo son el osciloscopio, el cual permite generar descripciones más puntuales, debido a la interpretación cuantitativa que

podemos hacer del fenómeno a partir de las señales de corriente que se pueden observar en este dispositivo.

## Documento orientador estudiantes Licenciatura en Física

**Universidad Pedagógica Nacional**  
**Departamento de Física**  
**Resonancia RLC**



### Objetivos

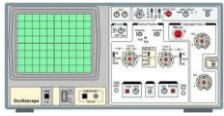
- Recrear un circuito RLC, en el cual se evidencie el fenómeno de resonancia eléctrica por medio de un bombillo incandescente.
- Recrear un circuito RLC, en el cual se evidencie el fenómeno de resonancia a partir del uso del osciloscopio y gráficas de Lissajous.

Más del 99 por ciento de la energía eléctrica utilizada hoy en día se produce mediante generadores eléctricos. La corriente alterna se genera fácilmente mediante inducción magnética en los generadores de CA (Tipler, 1993). En la actualidad la distribución de corriente alterna se da a través de redes que abarcan grandes áreas en muchos países del mundo. El principio de funcionamiento de cualquier dispositivo que se conecta a una red eléctrica se da a través de circuitos de corriente alterna. Hay que recalcar que el uso de los circuitos de corriente alterna no solo se enfoca en líneas de distribución de energía; dispositivos como: radio, televisión, transporte, comunicación, entre muchos otros, están basados en circuitos que usan voltajes y corriente oscilantes (Knight, 2007).

### Lecturas de apoyo

- Tipler Paul, Física Tercera edición; Capítulo 28 Corriente alterna.
- Vibraciones y ondas A. P. French (MIT), Capítulo 2
- **Física con ordenador** página web:  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>

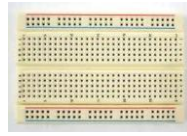
## Materiales



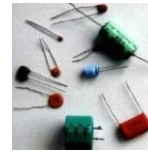
Osciloscopio



Generador de señales



Protoboard



Condensadores



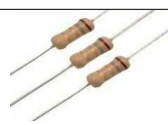
Fuente de Voltaje  
CA



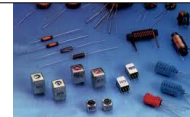
Cables de  
conexión



Cables banana-caimán



Resistencias



Bobinas



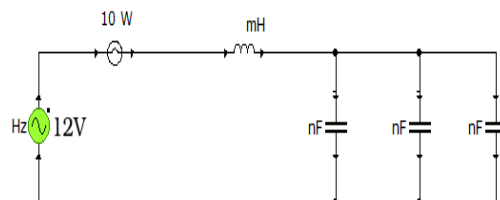
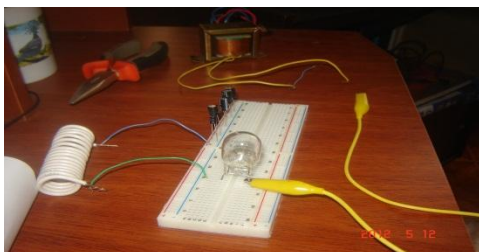
Bombillos 12V

## Nota:

- Los condensadores pueden estar en un rango de  $100\mu\text{F}$  a  $11.8\text{nF}$ , lo ideal para esta práctica es traer varios condensadores, ya que es importante combinarlos a fin de conseguir capacitancias equivalentes adecuadas para el experimento.
- Las bobinas que usaremos están en un rango de  $150\text{mH}$  a  $1\mu\text{H}$ .
- Las resistencias pueden ser cambiadas por potenciómetros en donde los rangos pueden estar desde  $0\Omega$  a  $7\text{K}\Omega$ .

## Procedimiento 1

Para el montaje del primer experimento, es necesario conectar la fuente de alimentación alterna, bombillo, bobina y capacitancia equivalente en serie, en donde los condensadores que conforman la capacitancia equivalente del circuito se encuentra conformada por condensadores conectados en paralelo. (Plano 1. Circuito RLC, con bombillo).



Plano 1. Circuito RLC, con  
bombillo

## Preguntas Orientadoras

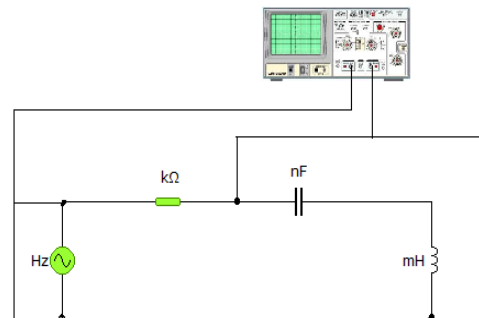
- ¿Qué ocurre si variamos la capacitancia del circuito, a medida que fluye corriente por el mismo?
- A partir de la respuesta a la pregunta anterior, podemos decir que el fenómeno que se observa al momento de variar la capacitancia, es similar si variamos la inductancia y la resistencia?, si, no, por qué?, argumente su respuesta
- ¿Cómo podemos describir cuantitativa y cualitativamente el fenómeno que se observa?

## Procedimiento 2

Para el montaje del segundo experimento, es necesario conectar el generador de funciones, la resistencia, bobina y condensador en serie; además de esto se conectará un osciloscopio en paralelo como se muestra en (Plano 2. Circuito RLC), con el fin de observar en el osciloscopio a partir de las figuras de Lissajous ángulos de desfase.



Circuito RLC



Plano 2. Circuito RLC

## Preguntas Orientadoras

- ¿Cómo se pueden interpretar las imágenes que se observan en el osciloscopio?
- ¿Qué ocurre cuando varía la frecuencia en la señal ofrecida por el generador de señales y, que significa físicamente lo que se observa cuando varía la frecuencia?

- ¿Qué representación física (eléctrica) tienen las figuras de Lissajous cuando se observa una línea recta?
- ¿Cuál es la frecuencia de resonancia del circuito RLC que Ud. construyó?

## Documento orientador estudiantes Licenciatura en Electrónica.

### Universidad Pedagógica Nacional Departamento de Física Resonancia RLC



### Objetivos

- Recrear un circuito RLC, en el cual se evidencie el fenómeno de resonancia eléctrica por medio de un bombillo incandescente.
- Recrear un circuito RLC, en el cual se evidencie el fenómeno de resonancia a partir del uso del osciloscopio y gráficas de Lissajous.

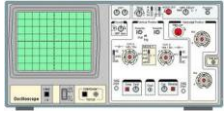
Más del 99 por ciento de la energía eléctrica utilizada hoy en día se produce mediante generadores eléctricos. La corriente alterna se genera fácilmente mediante inducción magnética en los generadores de CA (Tipler, 1993). En la actualidad la distribución de corriente alterna se da a través de redes que abarcan grandes áreas en muchos países del mundo. El principio de funcionamiento de cualquier dispositivo que se conecta a una red eléctrica se da a través de circuitos de corriente alterna. Hay que recalcar que el uso de los circuitos de corriente alterna no solo se enfoca en líneas de distribución de energía; dispositivos como: radio, televisión, transporte, comunicación, entre muchos otros, están basados en circuitos que usan voltajes y corriente oscilantes (Knight, 2007).

### Lecturas de apoyo

- Tipler Paul, Física Tercera edición; Capítulo 28 Corriente alterna.
- Vibraciones y ondas A. P. French (MIT), Capítulo 2
- **Física con ordenador** página web:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>

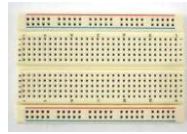
## Materiales



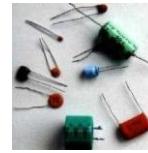
Osciloscopio



Generador de señales



Protoboard



Condensadores



Fuente de Voltaje  
CA



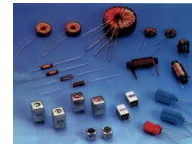
Cables de  
conexión



Cables banana-caimán



Resistencias



Bobinas



Bombillos 12V

## Procedimiento 1

Los elementos necesarios para realizar este procedimiento son:

### Condensadores

- 100 $\mu$ F a 11.8nF

### Bobinas

- 150mH

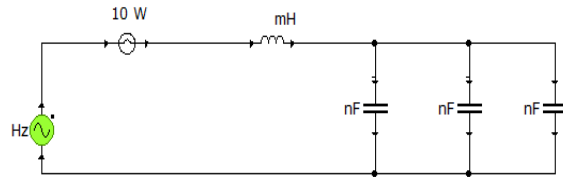
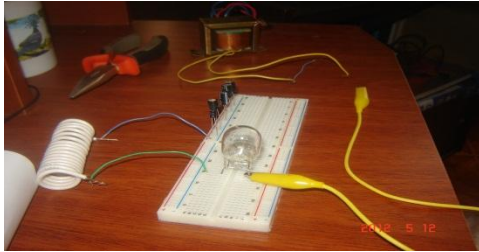
### Resistencias

- Bombillo 12 voltios a 10 W

### Fuente de alimentación

- 12 voltios corriente alterna

Para el montaje del primer experimento, es necesario conectar la fuente de alimentación alterna, bombillo, bobina y capacitancia equivalente en serie, en donde los condensadores que conforman la capacitancia equivalente del circuito se encuentra conformada por condensadores conectados en paralelo. (Plano 1. Circuito RLC, con bombillo).



Plano 1. Circuito RLC, con bombillo

### Preguntas Orientadoras

- ¿Qué ocurre si variamos la capacitancia del circuito, a medida que fluye corriente por el mismo?
- A partir de la respuesta a la pregunta anterior, es posible decir que ocurrirá lo mismo si variamos la inductancia y la resistencia?, si, no, por qué?, argumente su respuesta.
- A medida que varía la capacitancia, ¿Cómo es el comportamiento del voltaje en cada uno de los elementos que conforman el circuito, realice una descripción fasorial de cada uno de ellos, además compárelos en una sola gráfica?
- ¿Cómo podemos describir cuantitativa y cualitativamente el fenómeno que se observa?

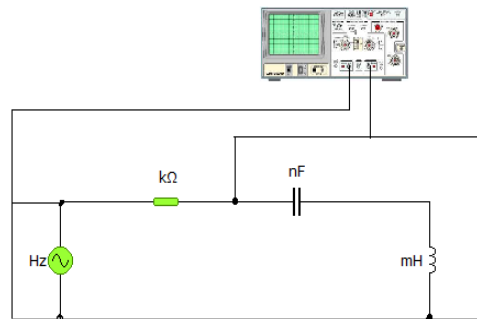
## Procedimiento 2

Los materiales necesarios para realizar este procedimiento son los siguientes y están distribuidos en 6 diferentes montajes:

GRUPO	Capacitancia (mico-Faradios)	Inductancia (mili-Henrios)	Resistencia (kilo-Ohmios)
1	100	150	1
2	75	100	2
3	50	50	3
4	25	25	4
5	10	1	5
6	1	100 $\mu$ H*	6



Circuito RLC



Plano 2. Circuito RLC

## Preguntas Orientadoras

- ¿Calcule un punto en el cual el valor de las reactancias sea igual a cero?
- Por medio de fasores realice una descripción del voltaje de cada uno de los elementos que componen el circuito antes de encontrar el punto donde se cancelan las reactancias y otra en donde se cancelan las reactancias. Realice un cuadro comparativo entre los dos estados mencionados anteriormente.
- ¿Qué representación física poseen las gráficas que se pueden observar en el osciloscopio, antes de encontrar el valor de reactancia cero y en el instante de reactancia cero?
- ¿En cuales situaciones de la vida cotidiana es posible observar o reconocer el fenómeno descrito al momento de determinar el valor de reactancia cero?

## Capítulo 3

### Implementación y análisis de la secuencia de enseñanza

Este capítulo se focaliza en analizar los resultados obtenidos en el proceso de implementación del tema de circuito RLC y el fenómeno de resonancia el cual se implementó en dos grupos diferentes de la Universidad Pedagógica Nacional, el primero de ellos es el grupo de estudiantes de Licenciatura en Física y el segundo es el grupo de Licenciatura en Electrónica del Departamento de Tecnología.

Para el grupo de Licenciatura en Física, el proceso de implementación de la secuencia de enseñanza se dio en una sesión de 2 horas, inicialmente se abordó conceptualmente la temática, profundizando sobre la función senoidal, reactancia capacitiva e inductiva, impedancia, resonancia y las figuras de Lissajous; seguido a la exposición de los temas que fueron parte de la secuencia de enseñanza, se procedió a realizar 2 procedimientos de tipo experimental, en los cuales los estudiantes ponían en práctica lo visto en la exposición teórica y se reforzaba con algunas preguntas orientadoras referentes al tema de estudio que buscan mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje.

La población de trabajo de estudiantes de Licenciatura en Física, se caracteriza de la siguiente manera: a) se implementa haciendo uso de la metodología por investigación orientada a estudiantes del departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, los cuales realizan estudios de pre-grado para obtener título de Licenciado en Física. b) el grupo se conforma de (12) estudiantes, donde se encuentran 5 mujeres y 7 hombres. c) los estudiantes hacen parte del curso Electromagnetismo 2, materia perteneciente al cuarto semestre del programa académico ofrecido por el departamento de Física.

Para el grupo de estudiantes de Licenciatura en Electrónica se realizaron 4 sesiones de dos horas cada una en las cuales a los estudiantes se les otorgaba una explicación teórica de lo que son circuitos eléctricos, reactancias, comportamientos de elementos que almacenan energía en forma de campo magnético y eléctrico, función senoidal y fasores, además se les brindó la información relacionada con el análisis de los circuitos eléctricos y las ecuaciones características para dicho análisis. Seguido a las sesiones

teóricas los estudiantes tuvieron una sesión de dos horas en la cual realizaron la práctica experimental de acuerdo con los procedimientos 1 y 2.

La población de trabajo de estudiantes de Licenciatura en Electrónica, se caracteriza de la siguiente manera: a) se implementa haciendo uso de la metodología por investigación orientada a estudiantes del departamento de Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional, los cuales realizan estudios de pre-grado para obtener título de Licenciado en Electrónica. b) el grupo se conforma de (25) estudiantes, donde se encuentran 5 mujeres y 17 hombres. c) los estudiantes hacen parte del curso Circuitos 2, materia perteneciente al tercer semestre del programa académico ofrecido por el departamento de Tecnología. Las respuestas han sido categorizadas en grupos, siendo el grupo A el caso en el que los estudiantes no dan respuesta a las preguntas orientadoras ofrecidas en el documento orientador y el grupo B son aquellos estudiantes que dieron respuesta a las preguntas orientadoras sin importar si las respuestas son correctas o no.

Con el fin de dar cuenta del aprendizaje por parte de los estudiantes, el análisis de la secuencia de enseñanza se realizará a través de categorías de análisis, las cuales permitirán describir como el estudiante relaciona el conocimiento adquirido por medio de cuatro perspectivas diferentes, es así que en el momentos de integrarlas permitirán realizar un análisis más amplio.

Es así que las categorías de análisis con las cuales realizaremos el análisis son:

- Teórica.
- Virtual o simulación.
- Experimental.
- Práctica exitosa

Por lo tanto la **categoría de análisis Teórica**, es aquella en la cual se procederá ha observar los resultados obtenidos por los estudiantes desde el ámbito teórico en el cual se encuentra inmerso el fenómeno de resonancia electromagnética, de acuerdo a esto el análisis debe ser consecuente con lo que el estudiante ofrece respecto a la teoría, siendo puntos de análisis, ecuaciones, conceptos y la integración de estos con el fin de dar cuenta del proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Desde la **categoría de análisis Virtual o Simulación**, se realizará un trabajo de análisis enfocado en como el estudiante usa herramientas virtuales (Software) para dar descripción del fenómeno de resonancia y de las variables que atañen a este; es decir se analizarán como ellos por medio de los gráficos y cálculos que realizan desde el ámbito virtual relacionan e integran este componente con las otras dos categorías de análisis propuestas para este proceso (Categoría Teórica y Experimental). Es importante mencionar que los estudiantes para este caso del trabajo virtual usarán

8

software libre QUCS<sup>8</sup>, lo que promueve buscar opciones o caminos para dar descripción de lo observado en diferentes bibliotecas virtuales, con lo cual se amplía el panorama del mismo debido a la adquisición de nueva información en el proceso de aprendizaje

También se realizará una análisis desde la **categoría de análisis Experimental**, en la cual se observará como los estudiantes describen sus experiencias y los resultados obtenidos de las mismas desde el ámbito práctico en el laboratorio, además se busca como se mencionó anteriormente con las otras dos categorías dar cuenta de las relaciones que los alumnos obtienen al momento de dar respuesta a las preguntas propuestas en los procedimientos 1 y 2, con el fin de dar una descripción del proceso de aprendizaje de los discentes con respecto al fenómeno de resonancia eléctrica.

Por último la **categoría de práctica exitosa**, hace referencia a esos resultados en los cuales los estudiantes en sus respuestas ofrecieron más información de la que se pedía como respuesta debido a las preguntas orientadoras, básicamente se refiere a situaciones en las que ellos relacionan lo aprendido con otras situaciones de la vida cotidiana.

---

8 Qucs (Quite Universal Circuit Simulator), es un simulador de circuitos con un interfaz gráfico para el usuario. Es capaz de llevar a cabo muchos tipos diferentes de simulación (p. ej. con parámetros de continua). Tomado de: <http://www.gnu-darwin.org/www001/src/ports/cad/qucs/work/qucs-0.0.12/qucs-help/docs/es/start.html>

## MUESTRA DE LOS RESULTADOS

### Grupo de Licenciatura en Física.

#### PROCEDIMIENTO 1, PREGUNTA ORIENTADORA 1.

##### GRUPO 2

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿Qué ocurre si varía la capacitancia del circuito, a medida que fluye corriente por el mismo?	Disminuye la intensidad de la luz, esto significa que varía el flujo de corriente. (pág 7, Anexo 2).	El estudiante debe reconocer, la variación de la capacitancia como un factor determinante en el comportamiento de la corriente que fluye a través del circuito, ya que el cambio de la misma altera la magnitud de la corriente.

#### PROCEDIMIENTO 1, PREGUNTA ORIENTADORA 2.

##### GRUPO 1

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿A partir de la respuesta a la pregunta anterior, es posible decir que ocurriría lo mismo si variamos la inductancia y la resistencia? si, no, porque? Argumente su respuesta	Si, porque existe una relación entre condensador la resistencia y la inductancia, entonces a variar una afecta las otras y cambia la corriente. (pág. 2, Anexo 2).	Es coherente pensar que ocurra lo mismo en términos de variación de corriente ya que si cambia alguno de los elementos que conforman la impedancia por ende esto afecta la corriente a través del circuito.

#### PROCEDIMIENTO 1, PREGUNTA ORIENTADORA 3

##### GRUPO 3

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿Cómo podemos describir cuantitativa y cualitativamente el fenómeno que se observa?	La ecuación $Z=R+j(\omega L-1/\omega C)$ , en la práctica variábamos la capacitancia a medida que le quitábamos capacitores, Z aumenta mientras C disminuía. $I=V/z$	La intención en esta pregunta es que el estudiante tenga la capacidad de argumentar los elementos conceptuales y comparar los resultados de análisis de su

	y al aumentar Z la corriente disminuye. (pág 11, Anexo 2).	respuesta, de tal forma que pueda describir con mayor profundidad lo que sucede en la corriente y el voltaje en el bombillo. Esto quiere decir que debe haber un desarrollo en el cual se explique el comportamiento de la corriente a través del bombillo.
--	--	---

## PROCEDIMIENTO 2, PREGUNTA ORIENTADORA 1

### GRUPO 4

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿Cómo se pueden interpretar las imágenes que se observan en el osciloscopio?	Se puede interpretar como la entrada de una señal y la salida de otra. (pág 15, Anexo 2).	Se busca que el estudiante interprete las figuras de Lissajous y que a partir de ellas pueda determinar ángulos de desfase entre voltaje y corriente hasta el punto en el que este valor se hace cero.

## PROCEDIMIENTO 2, PREGUNTA ORIENTADORA 2

### GRUPO 5

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿Qué ocurre cuando varía la frecuencia en la señal ofrecida por el generador de señales y, que significa físicamente lo que se observa cuando varía la frecuencia.	Varía la amplitud de onda de la señal, que esta aumentado o disminuyendo la corriente dependiendo de la variación de la frecuencia. (pág. 17, Anexo 2).	La intención es que el estudiante reconozca que la variación de la señal, produce cambios en la reactancias del circuito, con lo cual hay variaciones en la corriente que circula por el mismo. Además lo se puede observar en el osciloscopio la variación en las señales de entrada y la señal a la que oscila el circuito.

## PROCEDIMIENTO 2, PREGUNTA ORIENTADORA 3.

### GRUPO 1

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿Qué representación física (eléctrica) tiene las figuras de Lissajous cuando se observa una línea recta?	No hay un desfase en las señales (pág 3, Anexo 2).	La representación física de esta gráfica es que el circuito se encuentra en resonancia, por lo tanto

		el flujo de corriente es el máximo posible y por lo tanto las reactivancias se cancelaron, provocando que el circuito sea netamente resistivo.
--	--	--

## PROCEDIMIENTO 2, PREGUNTA ORIENTADORA 4.

### GRUPO 2

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿Cuál es la frecuencia de resonancia del circuito RLC que ud Construyó?	Los estudiantes realizan un desarrollo matemático, con el cual dan respuesta a esta pregunta (pág. 6, Anexo 2).	Por parte del estudiante se espera que realice un desarrollo algorítmico con el cual se pueda evidenciar cual es el valor adecuado de frecuencia para que el circuito este en resonancia.

## Grupo Licenciatura en Electrónica

### Grupo A páginas 1 a 21

## PROCEDIMIENTO 1, PREGUNTA ORIENTADORA 1.

### GRUPO 1

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿Qué ocurre si varía la capacitancia del circuito, a medida que fluye corriente por el mismo?	A medida que se varía la capacitancia la corriente disminuye ya que esta es inversamente proporcional a la inductancia. (pág 58, Anexo 3).	El estudiante debe reconocer, la variación de la capacitancia como un factor determinante en el comportamiento de la corriente que fluye a través del circuito, ya que el cambio de la misma altera la magnitud de la corriente.

PROCEDIMIENTO 1, PREGUNTA ORIENTADORA 2.

GRUPO 5

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿A partir de la respuesta a la pregunta anterior, es posible decir que ocurriría lo mismo si variamos la inductancia y la resistencia? si, no, porque? Argumente su respuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta pregunta está muy relacionada con la anterior pero ahora debemos saber como está definida la reactancia inductiva... (pág. 118, Anexo 3)</li> <li>• Como habíamos mencionado anteriormente, nuestro circuito tenía un bobina de 180mH y no encendía el bombillo, la cambiamos por una de 200mH y pasaba lo mismo, cuando le colocamos la de 150 mH el bombillo prendió. También variamos el valor de potencia del bombillo, el que teníamos era de 7W a 12V y encendía, lo cambiamos por uno de 2.4W a 12V y también prendía. (pág. 123 Anexo 3).</li> </ul>	Es coherente pensar que ocurra lo mismo en términos de variación de corriente ya que si cambia alguno de los elementos que conforman la impedancia por ende esto afecta la corriente a través del circuito.

PROCEDIMIENTO 1, PREGUNTA ORIENTADORA 3.

GRUPO 3

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
A medida que varía la capacitancia ¿Cómo es el comportamiento del voltaje en cada uno de los elementos que conforman el circuito, realice una descripción fasorial de cada uno de ellos, además compárelos en una sola gráfica.	<p>El circuito de la Fig 1, se puede convertir del dominio del tiempo de la frecuencia de la siguiente forma.</p> <p>Se debe tener en cuenta que el capacitor es variable por lo tanto el vector de la impedancia Z va a cambiar.</p> <p>La respuesta es extensa, se puede ampliar la información en (pág. 102</p>	Lo que se espera por parte de los estudiantes son diagramas en los cuales se observe por medio de representación gráfica fasorial del voltaje en cada uno de los elementos que conforman el circuito con el fin de comparar como estos voltajes varían a medida que cambia la capacitancia en el

	Anexo 3)	circuito y con los resultados poder determinar una relación de los fasores de voltaje y el valor de corriente con respecto a la e
--	----------	---

## PROCEDIMIENTO 1, PREGUNTA ORIENTADORA 4.

### GRUPO 2

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿Cómo podemos describir el fenómeno que se observa?	Para dar respuesta a esta pregunta los estudiantes la realizan a partir de una serie de cálculos hechos a mano (pág 75-85 Anexo 3); también los estudiantes usan una tabla la cual tiene dos columnas y otra información que puede consultarse en (pág. 91, Anexo 3).	La intención en esta pregunta es que el estudiante tenga la capacidad de argumentar los elementos conceptuales y comparar los resultados de análisis de su respuesta, de tal forma que pueda describir con mayor profundidad lo que sucede en la corriente y el voltaje en el bombillo. Esto quiere decir que debe haber un desarrollo en el cual se explique el comportamiento de la corriente a través del bombillo.

## PROCEDIMIENTO 2, PREGUNTA ORIENTADORA 1.

### GRUPO 3

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿Calcule un punto en el cual el valor de las reactancias sea igual a cero?	Por lo tanto para que se cancelen las reactancias $X_C - X_L$ . La corriente es este punto es máxima. En la siguiente figura se muestra la relación en Z (impedancia), (pág 104-105, Anexo 3)	Esta respuesta busca que el estudiante establezca un comportamiento diferencial de las reactancias capacitiva e inductiva a partir de los cálculos encontrados. Con lo cual se hace referencia a un

		componente matemático, el cual da cuenta del punto donde las reactancias son cero, y el circuito se encuentra en resonancia.
--	--	--

## PROCEDIMIENTO 2, PREGUNTA ORIENTADORA 2.

### GRUPO 3

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
Por medio de fasores realice una descripción del voltaje de cada uno de los elementos que componen el circuito antes de encontrar el punto donde se cancelan las reactancias y otra en donde se cancelan las reactancias. Realice un cuadro comparativo entre los dos estados mencionados anteriormente.	Antes de que se cancelen las reactancias el voltaje y la corriente se determinan como: La respuesta es extensa, se puede ampliar la información en (pág. 105-106, Anexo 3)	Lo que se espera por parte de los estudiantes en esta respuesta, son gráficas en las cuales ellos den cuenta de los fasores de reactancias que se pueden generar en el circuito, con lo cual se pueda realizar un análisis o se pueda interpretar el modelo fasorial.

## PROCEDIMIENTO 2, PREGUNTA ORIENTADORA 3.

### GRUPO 1

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿Qué representación física poseen las gráficas que se pueden observar en el osciloscopio, antes de encontrar el valor de reactancia cero y en el instante de reactancia cero?	En la imagen 2.1 se muestra la señal de entrada color rojo y señal de salida color amarillo, con un ángulo de casi 90°. Al momento en que se combinaron las dos señales en el plano X-Y el osciloscopio nos muestra una figura: se puede ampliar información de la respuesta en (pág. 59, Anexo 3).	Se busca que el estudiante interprete las figuras de Lissajous y que a partir de ellas pueda determinar ángulos de desfase entre voltaje y corriente hasta el punto en el que este valor se hace cero.

## PROCEDIMIENTO 2, PREGUNTA ORIENTADORA 4.

### GRUPO 3

PREGUNTA	RESPUESTA ESTUDIANTES	RESPUESTA ESPERADA
¿En cuales situaciones de la vida cotidiana es posible observar o reconocer el fenómeno descrito al momento de determinar el valor de reactancia cero?	El fenómeno de reactancia 0, se observa en la radio, es una ejemplo concreto, de la utilidad de lo que se conoce también como resonancia: se puede ampliar información de la respuesta en (pág. 111, Anexo 3).	Se espera que el estudiante pueda relacionar comportamientos propios de un circuito eléctrico en el fenómeno de resonancia con actividad de su cotidianidad.

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con el fin de realizar el análisis de los resultados obtenidos en la implementación, el trabajo de análisis se basará en la confrontación de las explicaciones hechas por los estudiantes referentes a las preguntas realizadas en los procedimientos 1 y 2, a partir de esto es importante recalcar que para este análisis se tomaron en cuenta cuatro **categorías de análisis** las cuales son: Teórica, Virtual o simulación, experimental y práctica exitosa, las cuales se describieron anteriormente en el presente documento en la página 33. El análisis de las respuestas ofrecidas por los estudiantes se hará a partir de las relaciones que se puedan determinar entre estas tres categorías, las cuales permitirán dar una visión acerca de la asimilación del concepto de resonancia por parte de los estudiantes, esto se hace con el fin de vincular varios factores de análisis, los cuales permiten dar una mayor perspectiva con respecto a lo que aprendieron los estudiantes y la manera en la que aprendieron.

Otro punto significativo del análisis se realizará a partir de una categoría llamada **práctica exitosa** la cual es una categoría emergente, que nace del hecho de los avances logrados por los estudiantes al momento de realizar los procedimientos planteados, esto quiere decir que las respuestas de los estudiantes que se analicen a partir de la categoría emergente (**práctica exitosa**), son aquellas respuestas en las que se observó un conocimiento más amplio del tema pero no solo en lo referente al estudio

del electromagnetismo, sino al uso de los conceptos estudiados en otros campos de estudio de la Física o de la vida cotidiana.

El proceso de análisis de los resultados comienza escogiendo la respuesta otorgada por uno de los grupos, seguido se procederá a realizar un análisis a partir de las tres principales categorías de análisis y así hallar relaciones entre estas.

## **Grupo de Licenciatura en Física**

### **PROCEDIMIENTO 1**

#### **Pregunta orientadora 1, Grupo 2 página 7 (Anexo 2):**

A partir de la respuesta ofrecida por los estudiantes se puede observar que ellos dan cuenta de que la variación de la capacitancia, produce un cambio en el flujo de corriente lo cual afecta la intensidad con la que brilla el bombillo, es importante mencionar que esta respuesta se da a partir de un ámbito experimental, es así que los estudiantes no dan una descripción teórica del por qué ocurre esto.

#### **Pregunta orientadora 2, Grupo 1 página 2 (Anexo 2):**

En esta respuesta se puede observar que los estudiantes, en el momento de dar explicación a la pregunta, no profundizan en el ámbito experimental ni en el teórico, con lo cual es posible decir que los estudiantes reconocen lo que sucede referente a los cambios en el circuito pero no tiene suficiente información con la cual puedan dar una descripción más detallada de lo que ocurre.

#### **Pregunta orientadora 3, Grupo 3 página 11 (Anexo 2):**

En la respuesta que se puede observar de los estudiantes, es posible dar cuenta de cómo ellos logran relacionar la ecuación con la aplicación en el experimento, es decir aunque su respuesta no se extiende mucho logra concretar lo que está ocurriendo en el laboratorio.

### **PROCEDIMIENTO 2**

#### **Pregunta orientadora 1, Grupo 4 página 15 (Anexo 2):**

Esta respuesta ofrecida por los estudiantes, permite evidenciar como los estudiantes les falta profundidad en el momento de dar descripción de lo que ocurre en el laboratorio, es importante mencionar que la respuesta a grandes rasgos da cuenta de lo que realmente ocurre aunque es de esperarse mayores herramientas conceptuales en la descripción del fenómeno.

### **Pregunta orientadora 2, Grupo 5 página 17 (Anexo 2):**

En esta respuesta se puede observar como el estudiante posee un error conceptual, ya que asume que la variación de la frecuencia produce un cambio en la amplitud de la onda, siguiendo con la segunda parte de la pregunta, los estudiantes describen a grandes rasgos lo que ocurre en el interior del circuito pero al igual a lo ocurrido con las demás respuestas ofrecidas por otros grupos no hay profundidad en sus explicaciones.

### **Pregunta orientadora 3, Grupo 1 página 3 (Anexo 2):**

La respuesta que ofrecen los estudiantes es acertada, aunque se espera que el estudiante logre relacionar el fenómeno de resonancia eléctrica directamente con esta observación, por lo tanto los estudiantes no dan una profundidad teórica en su explicación, por lo que se puede decir que el trabajo hecho por este grupo es un trabajo realizado de manera general, esto se puede deber al tiempo que tuvieron los estudiantes para poder trabajar el tema a profundidad.

### **Pregunta orientadora 4, Grupo 2 página 6 (Anexo 2):**

En esta respuesta se puede observar como los estudiantes realizan un desarrollo adecuado al momento de determinar la frecuencia de resonancia del circuito, es así que podemos establecer que el estudiante tiene herramientas conceptuales y matemáticas adecuadas que le permiten entender lo que ocurre en el circuito.

## **Grupo de Licenciatura en Electrónica**

### **PROCEDIMIENTO 1**

#### **Pregunta orientadora 1, Grupo 1 página 58 (Anexo 3):**

Este grupo con el fin de dar solución a lo expuesto en los procedimientos 1 y 2, realiza un trabajo de consulta en el cual realizan una descripción teórica de los elementos que hacen parte del circuito y de las variables inmersas en este circuito RLC de corriente alterna (Anexo pág. 51-55), es así que la información adquirida en el proceso de consulta se supone debe ser usada a la hora de dar descripciones del circuito cuando se trabaje desde el entorno virtual y experimental.

Es significativo mencionar que a pesar de que los estudiantes realizan un trabajo de consulta extenso y realizan simulaciones, cuando dan respuesta a la pregunta

propuesta sus descripciones no permiten ver una relación directa entre el factor de simulación y la consulta realizada, lo mismo ocurre desde el ámbito experimental, por lo tanto la respuesta a esta pregunta la realizan desde un referente matemático con el cual describen lo que ocurre con el voltaje en cada uno de los elementos que conforman el circuito, este resultado lo muestran a través de tablas de voltaje (pág 62-64).

Es importante el hecho de que los estudiantes busquen alternativas para describir lo que ocurre en el circuito RLC, estas alternativas están enfocadas en el uso de software libres de circuitos, lo que permite hablar de un empoderamiento de las herramientas existentes para el aprendizaje, con lo cual los estudiante amplían las variables que se deben tener en cuenta para el estudio de los circuitos y así poder dar mejores descripciones de lo que ellos observan en la práctica y lo teórico por medio de la contrastación de resultados.

**Pregunta orientadora 2, Grupo 5 páginas (118 y 123) (Anexo 3):**

Lo que se puede observar de este grupo con respecto al ámbito conceptual es que tienen claro lo que ocurre con la corriente cuando hay variaciones en la inductancia y la resistencia en el circuito. Esto se debe a que ellos dan cuenta de las variaciones de la corriente a partir de las ecuaciones usadas para describir las reactancias y resistencias en el circuito.

Respecto a la respuesta ofrecida por este grupo, se puede observar que ellos no relacionan lo virtual (simulación), la práctica experimental y el ámbito conceptual en un solo análisis, a pesar de que dan respuesta a la pregunta desde el trabajo hecho desde el pre-informe y el informe su análisis es ofrecido desde perspectivas diferentes respecto a las categorías de análisis, es así que la respuesta se da a partir de la ecuación que puede describir este caso pero desde una mirada algorítmica, con lo cual las otras categorías de análisis para este caso no se podrían aplicar de una manera acertada para hallar relaciones hechas por ellos.

**Pregunta orientadora 3, Grupo 3 página 102 (Anexo 3):**

En el caso particular de este grupo se puede observar como ellos realizan una descripción teórica, virtual y matemática acerca del fenómeno de estudio. Es así que el análisis teórico que ellos realizan es válido desde la perspectiva de cómo el condensador y la bobina almacenan energía, ellos a su vez dan cuenta de que el aumento o la disminución de la capacitancia varía directamente la reactancia capacitiva del circuito y por tanto la corriente también se verá afectada.

Además en el desarrollo matemático de cada uno de los circuito que ellos analizaron, este grupo determina valores de corriente y voltaje en cada uno de los elementos del circuito, lo que lleva a pensar que los estudiantes reconocen que cada uno de los componentes del circuito posee un comportamiento particular pero cuando trabajan en conjunto los efectos son diferentes, lo cual muestra una asimilación del tema de estudio, desde el ámbito conceptual, además los estudiantes realizan un buen trabajo experimental (página 110 Anexo3 ), en el cual su trabajo practico es relevante.

Por lo tanto de este grupo se puede establecer que hacen relaciones desde las tres categorías expuesta aunque esta no es muy visible ya que para el caso del desarrollo experimental los estudiantes solo dan cuenta del trabajo a través de fotografías y el desarrollo teórico y virtual se desarrolló en la página 102 Anexo 3.

**Pregunta orientadora 4, Grupo 2 página 91 (Anexo 3):**

De acuerdo a las respuestas ofrecidas por este grupo, se puede ver que para el desarrollo de esta preguntan realizan descripciones cuantitativas (pág. 75-85) las cuales permiten visualizar que los estudiantes poseen buenas herramientas matemáticas, con las cuales pueden dar solución a esta pregunta, a partir de esta respuesta que se observa en estas páginas en el ámbito cualitativo se ve que los estudiantes no logran dar mayor claridad al fenómeno observado, ya que la respuesta es muy general y se da a través de los elementos que conforman el circuito mas no de los comportamientos particulares que posee cada uno de ellos, por ejemplo los estudiantes podían haberse

referido a las reactancias de cada uno de los elementos y cómo la variación de las mismas varia la corriente que circula por el mismo.

Respecto a la respuesta ofrecida en la (pág. 91) se puede ver como la descripción de lo que ellos observan ya es de un ámbito cualitativo, pero se ofrece de manera muy general ya que se realiza a partir de lo que se observa en el experimento, pero no se hace un fundamento teórico fuerte para dar cuenta de lo que allí ocurre.

## **PROCEDIMIENTO 2**

### **Pregunta orientadora 1, Grupo 3 página 104 (Anexo 3):**

Conforme a lo que los estudiantes responden en esta pregunta, se puede observar cómo los estudiantes lograron relacionar el componente virtual, teórico y experimental, es así que en el pre-informe ellos dan cuenta de un desarrollo matemático en el cual encuentran el punto en el cual las reactancias son cero, además realizan una gráfica en donde realizan una descripción general de cómo es el comportamiento de la corriente y las reactancias en este tipo de circuito.

Por otro lado, cuando los estudiantes realizan la práctica experimental, también dan cuenta del punto en el cual las reactancias se cancelan y a esto le asocian un valor de frecuencia particular, además enuncian que este resultado era el esperado debido a lo observado en el ámbito teórico y virtual.

Es importante mencionar que los estudiantes lograron relacionar la categoría conceptual con la virtual; en el momento que los estudiantes deben dar respuesta a la pregunta desde el ámbito experimental, la relación entre se puede generar entre las tres categorías, se pierde ya que en la explicación ofrecida por ellos solo dan cuenta de manera muy general lo observado en el experimento, esto se pudo deber al hecho de que el trabajo que realizaron los estudiantes en el pre-informe fue un trabajo en cual dieron buenas descripciones y no vieron la necesidad de dar más profundidad a lo visto en el experimento.

**Pregunta orientadora 2, Grupo 3 página 106 (Anexo 3):**

En la respuesta ofrecida por los estudiantes se puede observar como ellos realizan diagramas en los cuales se realiza la representación fasorial del circuito RLC para tres situaciones en las cuales el circuito no posee reactancia inductiva, capacitiva y la cancelación de las reactancias, no hay profundidad en las respuestas.

**Pregunta orientadora 3, Grupo 1 página 59 (Anexo 3):**

A partir de lo expuesto por los estudiantes, en su respuesta se puede observar un desarrollo experimental en el cual ellos evidencian como varían las frecuencias de entrada y la frecuencia propia del circuito, por lo tanto ellos dan cuenta de dos casos, uno de ellos hace referencia al momento en el cual se ve un círculo o una elipse, siendo este descrito como el caso en el cual las dos señales se encuentran en desfase, el otro caso es cuando los estudiante observan una línea recta en el osciloscopio, es así que cuando se da este caso los estudiantes logran relacionar el componente teórico, ya que dan cuenta de que esto ocurre cuando las reactancias en el circuito se cancelan y por ende el circuito se encuentra en resonancia.

Ahora si analizamos el hecho desde el ámbito de la simulación, los estudiantes no hacen referencia virtual a este fenómeno, pero si lo hacen desde el aspecto en el cual ellos indagaron acerca del fenómeno y de cómo esta descripción se puede realizar a través de las figuras de Lissajous, lo que no permite determinar una relación directa ente el trabajo de simulación y el trabajo experimental que los estudiantes realizaron, más si de los resultados obtenidos en la teoría y la simulación no del desarrollo gráfico.

**Pregunta orientadora 4, Grupo 3 página 111 (Anexo 3):**

La respuesta ofrecida por los estudiantes permite visualizar, un trabajo de indagación en el cual ellos ofrecieron varias respuestas, con del fin de dar dan cuenta del fenómeno de resonancia desde perspectivas electromagnéticas, haciendo referencia al radio como uno de los principales y el más llamativo de los elementos en los cuales se puede dar el fenómeno de resonancia, cabe aclarar que esto se da desde el aspecto de

lo que ellos pueden relacionar de la vida cotidiana, como lo es por ejemplo el radio de Galena o elementos de telecomunicación, siendo estos una aplicación de circuitos RLC alimentados con régimen sinusoidal.

Además los estudiantes dan cuenta del efecto de resonancia por medio del rompimiento de una copa de cristal, cuando esta se ve sometida a tonos muy particulares, siendo este un avance en la interpretación que poseen los estudiantes al respecto del fenómeno de resonancia.

Otro punto que los estudiantes toman en cuenta para describir el fenómeno de resonancia, es aquel que se puede observar en las edificaciones actuales, ya que ellos consultaron un caso particular de un puente que sufrió una ruptura en su estructura debido al fenómeno de resonancia mecánica. Es así que esta pregunta a este grupo le permitió ampliar su visión respecto a este fenómeno con lo cual el aprendizaje traspaso las fronteras del trabajo electromagnético, lo que puede llevar a los estudiantes a que a futuro tengan en cuenta un mayor número de aspectos a la hora de hacer análisis físicos respecto a algún fenómeno presente en lo que ellos estudian en su diario vivir.

### **Análisis del grupo A página 1 (Anexo 3):**

El análisis que se puede dar a partir del trabajo realizado por el grupo A, es referente a un trabajo de análisis ofrecido por los estudiantes el cual no se desarrolló por medio de las preguntas orientadoras planteadas en los procedimientos 1 y 2, es así que este análisis es una relación entre el trabajo virtual, teórico y experimental realizado por los estudiantes en donde ellos dan descripciones acerca del comportamiento del voltaje y corriente, con lo cual hacen comparaciones entre diferentes montajes que ellos realizaron.

Es importante mencionar como los estudiantes realizan aclaraciones entre los valores obtenidos en la práctica y en la simulación respecto al voltaje y corriente, ya que en algunos casos enuncian como la variación de los datos obtenido entre lo virtual y lo

experimental es del 100%, pero cabe mencionar que ellos dan claridad de que esto hecho se debe a que la bobina con la que realizaron el trabajo experimental no tenía el valor adecuado y esto ocurrió porque el fabricante que vendió no les dio el valor correcto de la misma.

### **Análisis del grupo B**

Este grupo, se analizó desde las tres categorías de análisis planteadas, por lo tanto estos estudiantes realizaron el desarrollo de las preguntas orientadoras acorde a lo establecido en los procedimientos 1 y 2, en general podemos decir que este grupo posee herramientas teóricas, conceptuales y virtuales fuertes con las cuales ellos asimilaron el concepto de resonancia y los pormenores que esto involucra.

### **Practica exitosa:**

#### **Pregunta orientadora 4, Procedimiento 2 Grupo 3 página 111 (Anexo3):**

en este caso partícula se tomó este grupo, debido a la ampliación de la respuesta del grupo a la pregunta orientadora 4 del procedimiento 2, esto es porque los estudiantes cuando dan cuenta del fenómeno de resonancia en la vida cotidiana lo tratan desde aspectos no electromagnéticos, por ejemplo el caso mecánico, ya que ellos enuncia como el fenómeno de resonancia puede provocar la destrucción de puentes o de copas de cristal, por lo tanto a este tipo de relaciones que van más allá de lo propuesto directamente por el documento orientador se le denomina practica exitosa lo cual puede representar un aprendizaje significativo en el estudiante debido a la cantidad de variables que él tiene en cuenta para dar descripción del fenómeno en estudio.

## Conclusiones

A partir de la implementación de la secuencia de enseñanza ofrecida a los estudiantes de la Licenciatura en Física y Licenciatura en Electrónica de su respectivo análisis se pudo concluir que:

- El desarrollo de los dos grupos permitió evidenciar que entre mayor sea el tiempo de trabajo otorgado a la explicación de un tema particular, mayor será la información que se podrá recopilar, además existirá un mayor aprendizaje significativo en los estudiantes.
- Aunque el grupo de Física no tuvo la misma intensidad horaria a la hora de explicar la teoría de circuitos RLC y el fenómeno de resonancia en comparación al grupo de Electrónica, el grupo de Física tuvo un buen rendimiento a la hora de dar solución a las preguntas orientadoras, aunque su análisis se da desde una visión más general el conjunto de explicaciones demuestra una asimilación del concepto de resonancia.
- El desempeño del grupo de Electrónica es el esperado acorde al tiempo que se le dedicó al mismo, lo cual se puede observar con la cantidad de información recopilada y del desarrollo amplio que realizaban los estudiantes en el momento de dar respuesta a las preguntas orientadoras.
- La facilidad para aprender un concepto nuevo o concepto que no tenga gran relación con otros temas vistos anteriormente, es bajo en comparación, con un concepto que posea relación con un tema visto con antelación. Es importante tener en cuenta la dificultad del tema de estudio, ya que el estudiante puede no tener aprendidos conceptos fundamentales para el aprendizaje del nuevo, lo cual conlleva a desmotivación y dificultades a la hora de aprender.
- Para el grupo de Licenciatura en Física, aunque ellos lograron dar cuenta del fenómeno de estudio y se observó un aprendizaje significativo, es necesario que la sesión de trabajo sea mayor a dos horas, ya que debido a problemas referentes a la universidad no se pudo dedicar más tiempo a este grupo, lo anteriormente dicho porque puede posibilitar que los estudiantes encuentren más relaciones al tema de estudio y en consecuencia los procesos de

retroalimentación por parte del docente logren que el aprendizaje sea más productivo.

- El estudio de los circuitos RLC, desde una perspectiva más técnica, hace necesario que se amplíe los elementos conceptuales y las particularidades existentes en el tema, caso particular del uso de fasores para dar explicación del comportamiento de un circuito eléctrico con excitación sinusoidal, ya que a pesar de que algunos libros de física hacen referencia al concepto de fasor, este es bastante superficial y dificulta la comprensión del tema en general, siendo necesario recurrir a otro tipo de literatura más especializada.
- El uso de experimentos relacionados al tema de estudio (Circuitos RLC), permite aclarar conceptos, los cuales no son evidentes cuando simplemente se hace una revisión bibliográfica, lo que potencia el aprendizaje tanto del docente como de los estudiantes.
- Trabajar con experimentos, permitió afianzar y aclarar conceptos complejos, muchos de ellos usados con mayor detenimiento en espacios como la ingeniería eléctrica o electrónica y que por su relevancia son abordados para una explicación de los fenómenos en la Física. Como ejemplo en muchos textos la descripción de un circuito eléctrico en ingeniería parte de la definición de voltajes y se busca una respuesta particular a una excitación acotada, sin embargo en Física muchas veces se parte desde la variación de carga a través del circuito lo que lleva a la idea de corriente.
- El uso del osciloscopio en el ámbito experimental, se convirtió en una herramienta muy versátil, en él se puede observar señales eléctricas, compararlas, sumarlas, entre otras, lo cual permite que el estudiante se acerque al fenómeno desde elementos tangibles y mensurables, permitiendo la correlación de los conceptos y generando nuevas preguntas orientadoras al tema en desarrollo, por demás la manera más eficiente para mostrar cuando una señal se encuentra en desfase y cuando no, caso particular del efecto resonante en un circuito eléctrico.

## **Bibliografía**

- French, A. P. (1974). Vibraciones y Ondas. Compañía editorial: Reverté, S.A.
- Cohen, L. y Manion, L. (1990). Métodos de investigación educativa. Madrid: La Muralla, S.A.
- Dorf. C. Richard; Svoboda, J. A. Circuitos Eléctricos. Compañía editorial Alfaomega
- Halliday, D. y Resnick, R. (1977)- Física. Parte II. (tercera ed). México. compañía editorial continental S.A.
- Hammond, S. B. (1961). Electrical Engineering. Mc Graw-Hill Book Company, INC.
- Hewitt, P (2004). Física Conceptual. México: editorial Pearson Educación de México S.A. de C.V.
- Hewitt, P (2007) Circuit Happenings. Lat. Am. J. Phys. Educ. Volumen 1, Número 1, Septiembre 2007, pág. 1-3.
- Ramírez, J. (2011), Notas de clase Universidad Pedagógica Nacional, Docente departamento Tecnología.
- Randall, D. Knight (2007). Physics for scientist and engineers. (segunda edición). USA: compañía editorial Pearson Addison Wesley.
- Rudolf, F. graf (1968). Electricidad experimental para todos. Barcelona: Editorial Ramon Sopena, S.A.
- Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D. (2005). Física Universitaria (undécima edición). Compañía editorial Pearson Educación.
- Tipler, P. A. (1993). Física. (tercera ed). Barcelona: compañía editorial Reverté, S.A.
- Tippens, P.E. (2003). Física: conceptos y aplicaciones, (sexta ed). Mexico: Mc Graw Hill.
- UNESCO. (2005). Como promover un interés por la cultura científica. Publicado por la Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y del Caribe. Impreso en Chile por Andros Impresores.

Artículo: Octava convención nacional y primera internacional de profesores de ciencias naturales; ¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista?; Autores: Carles Furió Mar, Cristinas Furió Gomez Año 2009