

*Universidad Pedagógica Nacional*

*Unidad Didáctica para el Estudio de eventos sísmicos y sus efectos en la superficie terrestre*

*Angélica Esmeralda Sánchez Galindo*

*Director:*

*Néstor Méndez Hincapié*

*Linea2, la enseñanza de la Física y la Relación física Matemática*

*Facultad de ciencia tecnología*

*Pregrado Lic. Física*

	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

1. Información General	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Unidad Didáctica para el Estudio de eventos sísmicos y sus efectos en la superficie terrestre
<b>Autor(es)</b>	Sánchez Galindo Angélica Esmeralda
<b>Director</b>	Néstor Méndez Hincapié
<b>Publicación</b>	Bogotá Universidad Pedagógica Nacional. 2017. 50p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	SISMO, APRENDIZAJE, PREVENCIÓN, ONDAS, MAGNITUD, INTENSIDAD, UNIDAD, METODOLOGÍA, SISMOGRAMA Y SÍSMICA DE COLOMBIA.

2.Descripción
<p>Este trabajo de grado consiste en la elaboración de unidad didáctica que dé cuenta de los efectos de los fenómenos sísmicos en la superficie. A través del documento podrá observar el contenido teórico-pedagógico que contiene la unidad siendo estos: la estructura de la Tierra, Historia sísmica, prevención de desastres, ondas mecánicas, ondas sísmicas, método ABP y comprensión de los fenómenos sísmicos, donde los contenidos se reflejan en la construcción de la unidad didáctica. De la igual manera, también podrá hallar los resultados de la implementación piloto generada a los estudiantes de: Mecánica I del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional</p>

semestre 2016-2. Donde se logra observar la importancia de la divulgación del fenómeno y de la apropiación del mismo con la Física y la matemática. Cabe resaltar que la unidad fue elaborada con el fin de ser modificada permanentemente acorde a la comunidad que se quiera implementar y bajo el marco de la metodología Aprendizaje Basado en Problemas.

### 3.Fuentes

- Amaya Correa, J. e. (2012). Gestión de riesgo sísmico en Medellín, alistamiento y resiliencia de la ciudad frente a un terremoto. *Maestría en estudios urbano regionales*, . Medellin, UNAL, Colombia.
- Campos García, A. (2009). Prevención y reducción de riesgos a través de los instrumentos de planificación territorial en Bogotá. *I. Perú: PULL CREATIVO S.R.L.*
- Castro Castillo, D. C., & Ramirez Rincon, M. E. (2009). La Escuela en movimiento: una propuesta didáctica para el estudio de conceptos físicos implicados en un sismo. Bogota, Colombia.
- Cenapred. (Abril de 2004). Ondas Sísmicas. Mexico.
- El Tiempo . (11 de marzo de 2015). Dos segundos más y se van al piso las casas en Betulia. *El Tiempo*, pág. 1.
- Espinosa Baquero, A. (2009). Historia Sísmica de Bogotá. *Sociedad geográfica de Colombia*.
- Galvis, C. J., & Pinzon, J. E. (2008). *Plan de Manejo ambiental y plan de emergencias y contingencias de la Universidad Pedagógica Nacional*. Documento del sistema de administración Ambiental de la U.P.N, Universidad pedagógica Nacional.
- Gantiva Garzón, J. E. (2011). Conceptos físicos implicados en la explicación de los sismos. Una aproximación a las ondas sísmica. Bogota, Colombia. 44
- Gonzalez, S. (Marzo de 2003). Terremoto en Santafé. *Banco de la Republica*.
- Hernandez Ortiz, G. (2012). Conceptos básicos sobre terremotos y las causas que lo originan, proyecto de prevención y mitigación del riesgo en el colegio Nicolás Gómez Dávila I.E.D. *Maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales* . Bogotá, Colombia.
- Hernandez Sampieri, R., & Collado, C. F. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw- Hill.
- Jara, V. A. (2007). Estudio sobre Diseño Sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres. Lima, Perú.

Mayorga Lopez, E. F., & Poveda Matallana, W. D. (2013). Análisis gráfico y numérico en la interpretación de una señal sismológica: Temáticas de la física de ondas implicadas en un sismo. Bogotá, Colombia.

Molina, J., & García, A. (s.f.). Aprendizaje basado en problemas: una alternativa al. *Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria. Vol 3. N.º2, 7.*

Murcia, U. d. (18 de mayo de 2016). *Dinamica de la Geosfera*. Obtenido de Universidad de Murcia: [http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema\\_5.\\_dinamica\\_de\\_la\\_geosfera\\_.pdf](http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema_5._dinamica_de_la_geosfera_.pdf)

Noguera, E., Noguera, G., & Noguera, M. (2012). El aprendizaje visto desde la perspectiva ecléctica de Robert Gagné y el uso de las nuevas. *Redalyc*.

Pere Marquez, G. (2002). Metodos Didacticos y Recursos Educativos. *DIM*.

Perez Vivas, P. (20 de 09 de 2016). *El gran terremoto de los Andes*. Obtenido de Geocities: <http://www.geocities.ws/dc-tachira/cucuta.html>

Preciado, G. (2007). Otra Nueva Sede o la continuacion del viacrucis. 2-4.

Prieto. (2006). Aprendizaje activo en el aula universitaria: el caso del aprendizaje basado en problemas. *Miscelánea Comillas*, 176 196.

Ramirez Gonzales , A. (s.f.). *Metodologia de la Investigacion Cientifica*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Restrepo, B. (2005). Aprendizaje basado en Problemas: Una innovación didactica para la enseñanza universitaria. *Pedagogia Universitaria* , 1-12.

Riveros , J. (2015). Bogota ¿ A punto de sufrir un terremoto? *Unimedios*. 45

Rodriguez Jimenez , J. M. (s.f.). Algunas teorías para el diseño instructivo de unidades didacticas. *Educacion a Distancia*, 20.

Serwey, R. a. (2008). *Fisica par ciencias e ingenieria* (Vol. 1). Mexico: Cengage Learning Editores.

Tarback, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra* (8 Ava edición ed.). Madrid: Pearson.

Tarback, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la tierra una introducción a la geología física*. (Vol. Octava). Pearson Education.

Velazco Zarate, J. H. (2014). Elaboración de una cartilla complementaria a las actividades preventivas que se realizan en la escuela en torno a los terremotos. *Maestría de enseñanza de las ciencias exactas y naturales*. Bogotá, Colombia.

#### **4.Contenidos**

El trabajo de grado consta de seis partes, en las que se encuentran: El marco teórico enfocado en la descripción de los conceptos y usos en la unidad de los sismos; Marco pedagógico, que habla de la construcción didáctica de la unidad y el enfoque metodológico de la unidad; La historia sísmica de Colombia, como eje de impacto de la importancia de la construcción de la unidad y su implementación en la misma; Ubicación del epicentro de un terremoto, donde se muestran cómo se calcula acorde a las descripciones cualitativas y cuantitativas en la escala de Richter, gráfica y matemáticas del mismo.

Por otro lado, se tiene la metodología y construcción como tal de la unidad desde el software Microsoft Publisher y la construcción de la maqueta que muestra las generalidades de un sismo a través de una construcción que permite variar las diversas amortiguaciones de los edificios antisísmicos.

Por ultimo las dificultades y conclusiones del mismo, durante el proceso de implementación piloto de la unidad con su debida población.

#### **5.Metodología**

Como metodología general para la construcción de esta unidad se usó la de tipo Descriptivo (Hernandez Sampieri & Collado, 2010) esta evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno investigar y el papel del estudiante como investigador enlazándose con el método ABP a la hora de elegir una serie de conceptos a medir denominadas "variables" donde lograra interiorizar o acoplar su formación en los conceptos de: fuerza restauradora, energía, velocidad, onda, entre otros).

La otra metodología es la explicativa, parte de la existencia de teorías que apoyan el tema que contienen principios, inferencias y afirmaciones que dan una explicación de la realidad del fenómeno caracterizándolo con la definición de conceptos, generación de ideas y preguntas de manera organizada y esquemática, lo que conlleva a ser un apoyo a la metodología ABP en el proceso del avance en la aplicación de la unidad. (Hernandez Sampieri & Collado, 2010).

## 6. Conclusiones

A continuación se reflejan las conclusiones específicas del documento.

1. Este trabajo de grado, constituyó un reto personal en el diseño y estudio de los diversos métodos de aprendizaje, además, adquirir nuevos conocimientos en el estudio sísmico y profundidad del mismo, para así crear esta unidad didáctica que espera no solo sea para el Departamento de Física si no que pueda ser aplicada a otros entes de la universidad incluso instituciones educativas.
2. La unidad en la implementación de su primera parte como prueba piloto, mostró bastante interés por parte de la comunidad, además de generar reflexión sobre la temática.
3. Se sugiere que la Universidad genere un documento que sea publicado y divulgado, para que los estudiantes tengan el conocimiento de la arquitectura de la Universidad, incluyendo sus mejoras y de las rutas de evacuación y prevención de desastres.
4. La unidad con la prueba piloto mostró que debe ser sujeta a modificaciones, respecto a su diseño y profundidad, sin embargo, puede ser modificada acorde a la comunidad a la que será dirigida.
5. Se espera que pueda ser implementada en facultades diferentes a la de ciencia para ver los resultados, tanto en su conocimiento de la física general del colegio y la matemática de la misma.
6. Se observa con algunas de las fotografías de la infraestructura de la Universidad, que debe ser sometida a remodelación especializada, que permita generar una resistencia a sismos.
7. La cultura de prevención debe generarse desde el menor grado de escolaridad y debe estar permanentemente en todos los entes superiores, puesto que es importante comprender los fenómenos que nos rodean y cómo la física y la matemática pueden interpretarlos.
8. El tiempo de implementación de la unidad y su extensión demostró que puede extenderse a un curso completo de ciencias de la Tierra o introducción a la geofísica, dejando como recomendación de posibilidad de generarlo como un tópico dentro de la malla curricular.
9. Los niveles de comprensión del grupo invitado I.P.N. a pesar de ser de estar en once no muestran diferencias en su conocimiento respecto a los estudiantes de primer semestre de Mecánica I.

10. La interpretación de los sismo y el estudio de esta rama muestra un enlace directo entre la física y la matemática, sin dicha unión sería posible explicar el fenómeno.

11. Logró hacerse evidente que Colombia es un país de riesgo sísmico considerable, que fue interiorizado tanto por los estudiantes a los que se les aplicó la unidad como a la creadora de la misma.

<b>Elaborado por:</b>	Sánchez, Galindo Angélica Esmeralda
<b>Revisado por:</b>	Méndez Hincapié Néstor

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	15	08	2017
--	----	----	------

## Tabla de contenido

<b>1. Problemática .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.Objetivo General .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Objetivo especifico.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Justificación.....</b>	<b>8</b>
<b>4. Antecedentes .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Marco Teórico.....</b>	<b>13</b>
<b>5.1 Fundamentos Teóricos de la investigación.....</b>	<b>13</b>
<b>5.2 Marco pedagógico.....</b>	<b>14</b>
<b>5.2.1. Aprendizaje Basado en Problemas ABP.....</b>	<b>14</b>
<b>5.3. Marco Teórico- Sísmico.....</b>	<b>18</b>
<b>5.3.1. Estructura interna de la Tierra.....</b>	<b>18</b>
<b>5.3.2. Generalidades de la onda.....</b>	<b>24</b>
<b>5.4 Historia sísmica de Colombia- Bogotá.....</b>	<b>27</b>
<b>5.5. El fenómeno sísmico.....</b>	<b>28</b>
<b>5.5.1 Ondas sísmicas.....</b>	<b>29</b>
<b>5.6 Ubicación de un terremoto.....</b>	<b>32</b>
<b>6. Prevención de desastres. ....</b>	<b>34</b>
<b>7. Metodología.....</b>	<b>35</b>
<b>8. Implementación-población.....</b>	<b>36</b>
<b>9. Construcción.....</b>	<b>37</b>
<b>10. Análisis de la implementación de la unidad.....</b>	<b>37</b>
<b>11. Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>45</b>
<b>12. Fases.....</b>	<b>47</b>
<b>13. Cronograma.....</b>	<b>49</b>
<b>14. Bibliografía.....</b>	<b>50</b>



**Resumen.**

Este trabajo de grado consiste en la elaboración de unidad didáctica que dé cuenta de los efectos de los fenómenos sísmicos y su estudio. A través del documento se podrá observar el contenido teórico-pedagógico que contiene la unidad siendo estos: la estructura de la Tierra, Historia sísmica, prevención de desastres, ondas mecánicas, ondas sísmicas, método ABP y comprensión de los fenómenos sísmicos, donde los contenidos se reflejan en la construcción de una unidad didáctica. De la misma manera, también podrá hallar los resultados de la implementación piloto generada a los estudiantes de Mecánica I del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional semestre 2016-2. Donde se logra observar la importancia de la divulgación del fenómeno y de la apropiación del mismo con la Física y la matemática. Cabe resaltar que la unidad fue elaborada con el fin de ser modificada permanentemente acorde a la comunidad que se quiera implementar y bajo el marco de la metodología aprendizaje basado en problemas.

**Palabras clave:** Sismo, aprendizaje, prevención, ondas, Magnitud, Intensidad, Unidad, Metodología, sismograma y Sísmica de Colombia.

## Abstract

This work of degree consists in the elaboration of the didactic unit that counts on the effects of the phenomena and their study. Throughout the text can theory containing the unit of: earth structure, seismic history, disaster prevention, mechanical waves, seismic waves, ABP method and the understanding of the phenomenon as such. However, I can also find the results of the pilot application of mechanical students I of the Department of Physics of the National Pedagogical University semester 2016-2. Where one can observe the importance of the diffusion of the phenomenon and its appropriation with physics and mathematics. It should be noted that the unit was developed to be permanently modified according to the community to be implemented.

Keywords: earthquake, earthquake, learning, prevention, waves, magnitude, intensity, unit, methodology, triangulation, seismograph, seismogram, Colombia, seismic of Colombia.

## 1. Problemática

Colombia es un país de alto riesgo sísmico expresado en mayor medida en las zonas andinas donde pasa el cinturón de fuego de pacifico, siendo esta, una de las zonas más peligrosas del mundo en cuanto a la sísmica y la vulcanología. Este cinturón está conformado por la convergencia de las placas tectónicas Nazca y Caribe donde el desplazamiento u movimiento entre ellas afectan directamente a los países situados en la cordillera de los Andes, entre ellos Colombia (Tarbuck & Lutgens, 2005). Observando más localmente, la ciudad de Bogotá tiene un registro sísmico de aproximadamente 100 años donde se han llegado a registrar escalas en la intensidad de destrucción de Mercalli de VII siendo este uno de los niveles más altos de destrucción en edificaciones y mortalidad. Debido a esto la ciudad de Bogotá, desde 1875, ha cambiado la infraestructura de los edificios para prevenir posibles desastres, sin embargo, solo hasta el 2010 se hizo obligatorio que las construcciones fuesen sismo resistente, donde finalmente Bogotá está en un peligro constante ya que tiene su propia actividad sísmica, se ve afectado por las actividades sísmicas de otros pueblos y ciudades, no se evidencian la elaboración de planes de evacuación y prevención de desastres, edificaciones inadecuadas y una falta de divulgación científica del fenómeno (Espinosa Baquero, 2009). Finalmente, siendo más puntual se conoce que la Universidad Pedagógica Nacional en 1969 perdió un infraestructura donde actualmente se encuentra el edificio C debido a un temblor que sacudió a Bogotá, mostrando la vulnerabilidad de la misma en cuanto a la infraestructura y los planes de acción de la Universidad (Preciado, 2007).

Se tienen dos perspectivas que explican la problemática. La primera, radica en que una parte considerable de la comunidad aún no tiene claro que Bogotá es una zona de riesgo sísmico (Espinosa Baquero, 2009). De igual manera, la falta de divulgación científica de este fenómeno al interior de la Universidad Pedagógica Nacional UPN que no muestran sus causas y consecuencias, sino que se enfoca únicamente a un documento de plan de evacuación (Galvis & Pinzon, 2008), donde se abordan los sismos desde los planes de contingencia involucrando: afectaciones, objetivos, riesgos, efecto ambiental, el rol del brigadista, el antes, durante y después de un sismo. Y donde la única definición de terremoto

que se encuentra en el documento es “*Movimiento vibratorio de la corteza terrestre que haya causado algún tipo de daño o efecto, incluye términos como temblor, terremoto y tremor*” (Galvis & Pinzon, 2008). Lo anterior evidencia la necesidad de elaborar materiales accesibles a la comunidad en general que concienticen sobre la importancia de mitigar los daños materiales y humanos e incrementen a comprensión científica de fenómeno. En el cual se ha considerado la unidad didáctica como estrategia. De allí, surge la siguiente pregunta de investigación ***¿Cómo una unidad didáctica puede explicar los eventos sísmicos y sus efectos en la superficie terrestre?***

Desde los inicios de la humanidad hasta la actualidad siempre ha sido de vital importancia la adquisición de nuevos conocimientos que permitan la supervivencia del ser humano y la explicación de algún fenómeno de la naturaleza. Partiendo de esto, el siguiente trabajo de grado espera abordar la explicación del fenómeno sísmico a través de la elaboración de una unidad didáctica que permita generar un pensamiento consiente de la magnitud de desastre y científico del tema a la comunidad de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN).

## **2. Objetivos.**

### **2.1.Objetivo general.**

*Diseñar una unidad didáctica que explique los eventos sísmicos y sus efectos en la superficie terrestre desde la definición del fenómeno y de la elaboración de un plan de prevención de desastres.*

### **2.2.Objetivos Específicos.**

- *Construir un marco teórico que explique qué es un terremoto o sismo mostrando sus causas, consecuencias y sismicidad.*
- *Describir la Historia sísmica de Colombia y su incidencia en la UPN*
- *Elaborar estrategias pedagógicas inmersas en la unidad como actividades, laboratorios, sistemas de evaluación etc.*
- *Implementar en modo piloto la Unidad dentro del Departamento de Física de la UPN*

### **3. Justificación.**

La Universidad Pedagógica Nacional, ubicada en Bogotá, se encuentra ubicada sobre dos grandes fallas la del borde llanero y la del occidente o Ibagué sin tener encuentra otras sub fallas profundas como la cajita ubicada al sur de Bogotá que generan la posibilidad de sismos de gran magnitud en nuestra ciudad (Riveros , 2015). Los temores de la ciudadanía evidencian claramente la pertinencia de estudiar y hacer público el porqué, el cómo y causas de los eventos sísmicos y de sus efectos en la superficie terrestre desde la elaboración de una Unidad Didáctica que aborde los conceptos físicos del mismo, las fallas geológicas que afectan a Bogotá y un plan de prevención de desastres complementario que permita aportar al conocimiento de los eventos sísmicos y sus efectos en la superficie terrestre. Por otro lado, el poder desarrollar un tema innovador y científico que en la actualidad está en auge debido a los últimos registros sísmicos en la ciudad de Bogotá como lo es el sismo registrado el 11 de marzo del 2015 cuya magnitud fue de 6,6 donde su epicentro fue en Betulia, Santander, pero generó conmoción por parte de los capitalinos por los daños estructurales considerables que se registraron en Suba, Engativá y daños mínimos en otras localidades de la ciudad, debido a que compartimos la misma falla geológica (El Tiempo , 2015).

Así mismo, este trabajo de grado espera hacer un aporte a la investigación en el Departamento de Física, en el área de la geofísica, como alternativa de la enseñanza de la física usando la temática de eventos sísmicos como tema aplicable al medio ambiente. Se espera que el documento acerque a los estudiantes del Departamento de Física de la UPN a la investigación en física y matemática del evento sísmico sin perder el rigor científico del mismo, puesto que se lograrán desarrollar diferentes actividades de obtención de información e inquietudes que acerquen al estudiante de manera gradual al tema, donde finalmente también logrará aportar a la formación docente para la elaboración de unidades didácticas y la aplicación de la misma, asintiendo que la unidad mostrará la física aplicada al entorno.

#### **4. Antecedentes**

Dentro de los trabajos realizados en el Departamento de Física, se encuentran los siguientes documentos que soportan y orientan esta propuesta de investigación:

El Trabajo de Grado titulado “La Escuela en movimiento: una propuesta didáctica para el estudio de conceptos físicos implicados en un sismo” es una propuesta didáctica para niños de segundo grado de primaria enfocado en el concepto de la perturbación mecánica y otros conceptos físicos como la onda, frecuencia, y la amplitud. Cuyo fin fue fortalecer los planes de riesgo que adelanta la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias DPAE donde su parte disciplinar se enfocó en las perturbaciones, mecánicas, perturbaciones sísmicas y la estructura interna de la tierra explicados desde un módulo que permitió afianzar y generar conocimiento de los riesgos de su plantel educativo, las medidas de reducción de los factores de riesgo y los planes de evacuación de la misma. Encontrando como problema la dificultad de los estudiantes en la comprensión del fenómeno pero un excelente trabajo en los planes de prevención de desastres. Este trabajo permite hacer un acercamiento a trabajo de los conceptos de un sismo aplicado en la construcción de módulos, además, de hacer un paralelo entre los niveles de profundidad de un tema acorde a las poblaciones de aplicación de la unidad. Por otro lado, genero ideas para el diseño y obtención de información de la dirección de prevención de desastres (Castro Castillo & Ramirez Rincon, 2009).

El Trabajo de Grado Titulado “Conceptos físicos implicados en la explicación de los sismos. Una aproximación a las ondas sísmica” (Gantiva Garzón, 2011) habla de la problemática de la enseñanza de los fenómenos naturales siendo como caso particular los sismos, pero haciendo un énfasis en el fenómeno ondulatorio. La monografía muestra las causas de un terremoto, la propagación interior y exterior en la superficie de la Tierra y las maneras de medir dicha magnitud. De igual manera hace la explicación de la teoría general de las ondas. Por último, genera una propuesta de aula con la elaboración de unos módulos que dan cuenta del fenómeno del sonido y de las ondas sísmicas dejando abierta la posibilidad a una continuidad pedagógica para la explicación del momentum y el transporte de energía. Siendo importante para la elaboración de mi trabajo de grado para abordar la problemática desde la

enseñanza de la física del fenómeno sísmico, siendo uno de los antecedentes más importantes para la problemática y el diseño de la unidad con una parte disciplinar más profunda.

Por último el Trabajo de Grado “Análisis gráfico y numérico en la interpretación de una señal sísmológica: Temáticas de la física de ondas implicadas en un sismo” (Mayorga Lopez & Poveda Matallana, 2013), inicialmente este trabajo de grado muestra una descripción general de las ondas, en especial en el campo de la sismología y su respectivo análisis a través de la transformada de Fourier generando resultados tanto gráficos como numéricos. Así mismo, se utilizan diversas herramientas computacionales como Matlab y Seisgram para analizar las señales sísmológicas.

Entre el contenido de la tesis toca temas como: Comportamiento de las ondas transversales, longitudinales, amplitudes desarrolladas acordes a la energía del sismo, la clasificación de la onda mecánica y superposición de estados. Importancia de la Fast Fourier Transform FFT y la relación a la magnitud de los sismos con la escala de Richter y Magnitud Momentum, por otro lado componen una socialización y guías para el curso de mecánica de Ondas dejando abierto el espacio para una posible propuesta de aula de esta temática. Este es el trabajo conductor de la parte disciplinar de este Trabajo, mostrando muchos de los conceptos físicos que serán implementados dentro de la unidad incluso uso de posible software u aplicaciones para la simulación de la onda sísmica y la triangulación de esta, sin embargo, se tomaran solo en cuenta los resultados de la socialización y el tipo de implementación generada para ser luego adecuada a la unidad.

Dentro de las investigaciones en otras universidades del país se tienen los siguientes, siendo en todos los casos tesis de maestría:

La Tesis titulada “Conceptos básicos sobre terremotos y las causas que lo originan, proyecto de prevención y mitigación del riesgo en el colegio Nicolás Gómez Dávila I.E.D” (Hernandez Ortiz, 2012) involucra el estudio de los conocimientos y conceptos de un terremoto por parte de los estudiantes del Colegio Nicolás Gómez Dávila, para luego dar una introducción teórica de los planes de prevención de riesgo en Colombia implementándolos dentro de la institución y de los conceptos básicos sobre terremotos. Por otro lado, el uso de elementos pedagógicos como cartillas, clases y laboratorios que permitieron al estudiante aproximarse al conocimiento del tema, siendo por último la elaboración de la cartilla para trabajar en el aula.

Esta Tesis ha servido aquí como guía para la elaboración de la unidad didáctica desde una parte más formal y estructurada de la temática, recordando que una cartilla puede contener todo tipo de actividades que permitan acercarse al estudiante a dominio del tema, por otro lado, permite analizar los posibles inconvenientes dentro de la construcción de la unidad e introducción a la temática.

“Gestión de riesgo sísmico en Medellín, alistamiento y resiliencia de la ciudad frente a un terremoto” (Amaya Correa, 2012) Esta Tesis busca revisar el sistema de prevención de desastres en Medellín partiendo de los sismos en la historia de Colombia para luego generar un plan Urbano- Regional. Además, da una clara importancia a la comunidad desde la concientización de todos los programas de prevención y conocimiento del tema. Este trabajo permite observar cómo sería posible abordar y revisar el sistema de prevención de desastres desde los sismos de la Universidad Pedagógica Nacional, mostrando su importancia desde la historia sísmica, servirá de guía para buscar estrategias que permitan encontrar los posibles problemas en la infraestructura y en la construcción de la sección de prevención de desastres.

Esta tesis titulada “Elaboración de una cartilla complementaria a las actividades preventivas que se realizan en la escuela en torno a los terremotos” (Velazco Zarate, 2014) Es un material tipo cartilla dirigido al Colegio San Carlos que sirve de complemento para las actividades de prevención de desastres del colegio motivado por la aparente falencia en los conceptos bases asociados al tema y esto se da por la falta de material hacia esa población, mostrando que la cartilla da una accesibilidad al conocimiento a los jóvenes pero sin perder el rigor científico dentro del contexto colombiano en lo que respecta a los eventos sísmicos. Siendo este último al igual que el de (Hernandez Ortiz, 2012) un aporte al estudio de la falta de conocimiento de los conceptos físicos y cómo abordarlos dentro de la cartilla con actividades que permitan abordar los temas con un rigor científico pero accesible a toda la comunidad, lo que lleva a que la unidad este siempre en permanente modificación acorde a la población.



## **5. Marco Teórico.**

### **5.1. Fundamentos Teóricos de la investigación.**

La sociedad actual se encuentra totalmente preocupada por el medio ambiente debido al incremento de las catástrofes naturales del último siglo y de cómo poder prevenir y actuar frente a estas. Es por ello que a nivel mundial se invierte en la prevención y educación frente a los desastres naturales; sin embargo, esta formación se da en algunos países en mayor medida respecto a otros. Una de las posibles razones de esto es debido a su ubicación geográfica en el planeta. Sin embargo, Colombia es un país que si bien no es de alto riesgo sísmico en su totalidad, sí posee en el occidente del país la zona de cordilleras, donde los registros de los últimos 100 años muestran alta actividad sísmica, es decir, niveles de riesgo altos. Además, que un porcentaje considerable de las construcciones del país no cuentan con sismo resistencia, es decir, que en caso de un sismo muchas viviendas se derrumbarían y el riesgo humano sería muy alto, por tanto es importante poder hacer evidente las características y formas de actuar frente a estas situaciones a través de medios de comunicación como, libros, cartillas, entre otros, que sean de acceso a todos. (Espinosa Baquero, 2009)

El presente marco teórico y pedagógico, sigue los contenidos más relevantes para la construcción de una unidad didáctica, donde los conceptos permitan el entendimiento del desarrollo de este trabajo. Inicialmente se darán las especificaciones generales del marco pedagógico como del teórico para dar la organización acertada que permita llevar a cabo el proceso de investigación, posteriormente se dividirá el texto inicialmente con el marco pedagógico con el que se construirá la unidad y acorde a la estructura teórica de la unidad de la siguiente manera: Estructura de la Tierra, ondas, sismo, sísmica en Colombia y prevención de desastres.

### **5.2. Marco Pedagógico**

#### **5.2.1. Aprendizaje Basado en Problemas ABP**

El desarrollo de esta unidad didáctica está enmarcado desde la metodología Aprendizaje Basado en Problemas o más conocido como ABP, en el que el eje central es la solución de problemas de un tema particular a través de la investigación y reflexión concienzuda de estos. En general, Las ventajas que propicia esta metodología dentro de la unidad es que no necesariamente el uso de la clase magistral como acompañamiento en desarrollo de la guía es permanente, por otro lado, el estudiante o el interesado es el que debe realizar la construcción de conocimiento y solución de cada problema de manera autónoma o grupal.

El aprendizaje ABP se establece en tres principios básicos (Molina & García):

1. De las interacciones con el mundo, el sujeto está capacitado para entender el medio, es decir, ese entorno a trabajar y dar cuenta de lo que ocurre alrededor de él.
2. El poder cuestionarse permanentemente a medida que se resuelve el problema fundando una estimulación en su aprendizaje y motivación por la solución del problema.
3. A través de la discusión entre las ideas individuales y el trabajo colectivo se puede desarrollar la construcción de conocimiento

Las características que lo comprenden, son el trabajo autónomo acompañado de acuerdos grupales que permitan cumplir los objetivos que se establezcan, se recomienda que para el ABP los grupos de trabajo no deben exceder más de 8 personas, puesto que estos deben comprometer a rendir en igual medida, además, debe encontrar distintas ramas de conocimientos que también den cuenta del problema es decir ser interdisciplinar (Prieto, 2006)

Como apoyo a la elección de esta metodología (Prieto, 2006) “el aprendizaje basado en problemas representa una estrategia eficaz y flexible que se fundamenta en *lo que hacen los estudiantes*, puede mejorar la calidad de su aprendizaje en el ambiente universitario en aspectos muy diversos.” Es posible decir que el ABP también favorece el desarrollo de habilidades en cuanto a la búsqueda y manejo de información, además, desarrolla las habilidades en el proceso de investigación-aprendizaje puesto que deben partir de enunciados que deben ser reflexionados y cuestionados para poder dar la solución al enunciado, generando una responsabilidad sobre su aprendizaje.

Históricamente la estrategia de ABP tiene su origen en los años 60's con la iniciativa de mejorar la educación en el área de medicina, donde el currículo era basado en clases netamente magistrales por parte del docente y temas de trabajo, que evidenciaban una inconformidad y desmotivación por el estudiante en aprender, lo que llevó a la Universidad de Case Western Reserve de EEUU y a la Universidad de Mc Master en Canadá a crear una metodología para fortalecer el estudio y valoración del estudio en el área de medicina. Estas dos universidades generaron una educación orientada en solucionar problemas de la vida cotidiana que contenían diversas áreas de conocimiento. Además, dejaban de lado la formación memorística y de contenidos salidos de la realidad, entonces el ABP resultó ser el impulso para aplicar los contenidos de la carrera universitaria y salir a afrontar los problemas reales del exterior.

A continuación se expondrán dos ejemplos que dan cuenta de las fortalezas y debilidades del ABP. El primero es la experiencia de la escuela universitaria de enfermería de la comunidad de Madrid, evidencia que durante 7 años hizo uso del ABP como metodología en la formación de sus estudiantes a través de sus experiencias en las prácticas clínicas. La experiencia describe el trabajo en grupos colectivos de 8 a 12 personas con un tutor a cargo al que se le asigna un problema y este debe ser sustento de diversos temas de aprendizaje. El papel del tutor es de orientación manejada en tres sesiones divididas en información básicas sobre el caso, supuestos o hipótesis que den evidencia de posibles temas de interés adjuntos al problema y por último, se organiza la información de las discusiones y se llegan a las conclusiones del caso. Como se puede observar el estudiante es el protagonista de la investigación en el cual el tutor simplemente le entrega los medios materiales y una orientación para que este halle los conocimientos. Esta experiencia demostró que los estudiantes se volvieron más críticos tanto de su educación como de su entorno social, además se aumentó la capacidad del auto aprendizaje. Sin embargo, se encontró como dificultad que puede llegar a no tocar temas relevantes de otras áreas de estudio, es decir, puede llegar a ser muy superficial disciplinalmente si no se le hace seguimiento al progreso de la unidad. (Molina & García)

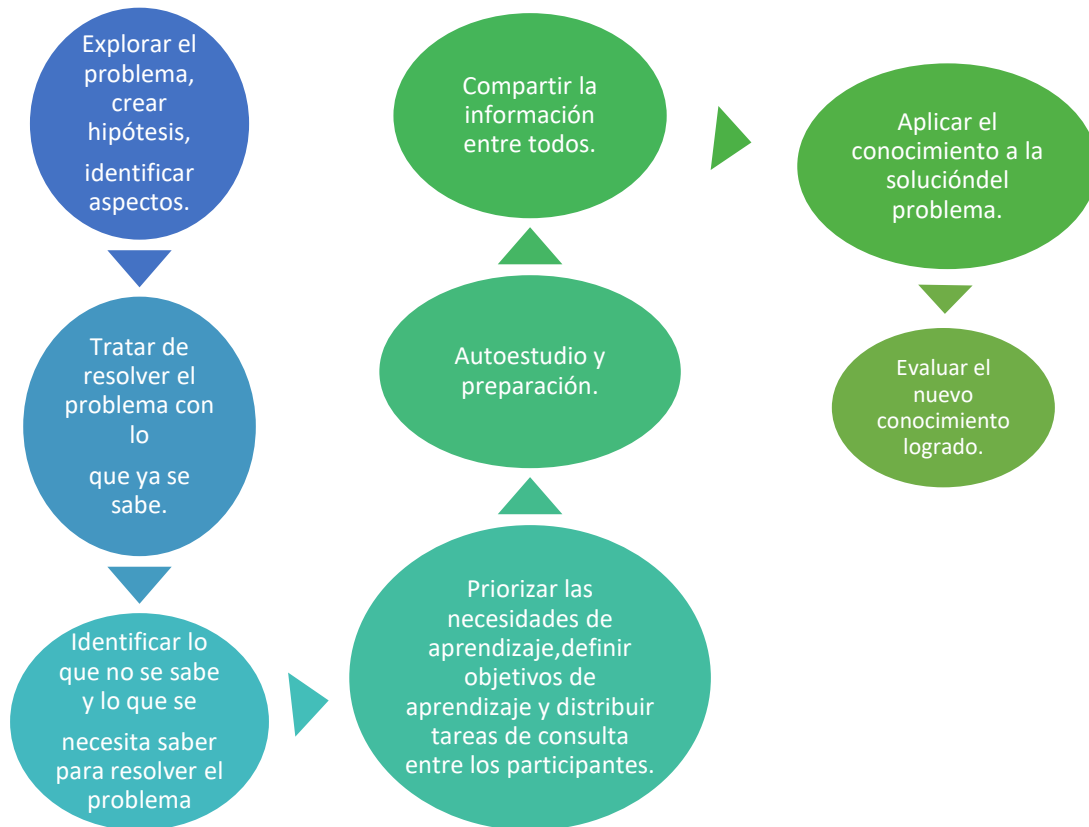
Es claro que el ABP es una metodología muy eficiente, pero es necesario enfatizar su importancia en la enseñanza universitaria en el área de ciencias. En Colombia, tres universidades llevan trabajando el ABP durante 10 años en el área de la salud, siendo estas la Universidad de Antioquia, Universidad del Valle y la Universidad del Norte de Barrquilla, como resultado adicional a la metodología adicionan implícitamente el aprendizaje por construcción y descubrimiento donde el estudiante sigue siendo el protagonista del proceso de enseñanza, a través de la búsqueda, organización y selección de los temas que sean propios para él dentro de su investigación que le permitan dar solución a su problemática (Restrepo, 2005) En el desarrollo de un problema se debe partir de problemas que posean secuencia, es decir problemas estructurados y a medida que se avance en la temática o la carrera se debe pasar a problemas poco estructurados que permitan al estudiante descubrir y aprender más globalmente y no solo de un área específica.

La formulación de la problemática para la motivación del estudiante debe abarcar tres ítems; la relevancia, es decir, el problema acorde a su profesión; la cobertura, que permite filtrar la información para que el problema permita guiar al estudiante en la temática acorde al curso que se encuentra tomando y por último la complejidad, donde permite que la solución a una problemática no es única si no que puede abarcar diversas áreas de estudio, entonces permite adicionar o centralizar la investigación lo que da interdisciplinariedad al ABP (Restrepo, 2005)

Para finalizar, dentro de los trabajos en ABP en ciencias se tiene la experiencia de un trabajo de grado de la Universidad Pedagógica Nacional titulada *Clase magistral y aprendizaje basado en problemas como mediación del proceso enseñanza-aprendizaje de física electromagnética en ingeniería civil. Estudio realizado a partir de la percepción de estudiantes en la Facultad Tecnológica de la Universidad Francisco José de Caldas*. Este trabajo de grado hizo las intervenciones en dos grupos de estudiantes, cada uno de 30 personas donde cada grupo tomó una de las metodologías (clase magistral o ABP) para abordar el área de física electromagnética y se hizo uso de la escala Likert para hallar el grado de satisfacción y de conocimiento adquirido. Este trabajo concluye que los nuevos ambientes de aula permiten en mayor medida el desarrollo cognitivo de física electromagnética o cualquier área que se quiera tratar, puesto que permite afianzar y conocer los temarios básico

de su carrera profesional pero a su vez permite la interacción con su desempeño profesional a partir de la solución de problemas (Montaña Jorge).

El ABP se puede aplicar de diversas maneras. Para la elaboración de esta Unidad Didáctica se usará la secuencia didáctica más similar a la original de la Universidad de McMaster conocida como el método de los ocho pasos (Restrepo, 2005): la construcción cumplirá con:



### 5.3. Marco Teórico- Sísmico

#### 5.3.1. Estructura interna de la Tierra

El planeta Tierra no es un cuerpo totalmente redondo ni tampoco es compacto, es decir, que su volumen sea una composición estable y estática. Pero en la actualidad lo que se conoce de la estructura y del interior de la Tierra es gracias a estudio de las erupciones volcánicas, las perforaciones del suelo como el caso de minas y cavernas y por último el estudio de los registro de las ondas sísmicas. Esta última forma de estudio ha sido clave para dar cuenta que

la Tierra está compuesta por diversas capas que poseen propiedades y características acorde a la profundidad, composición y forma, esto es logrado gracias al estudio de las velocidades de las ondas al propagarse al interior de la Tierra ya sea por un cambio de densidades, presión o rigidez entre los materiales.

Como se mencionó anterior mente la Tierra está compuesta por capas, inicialmente debido al proceso de fusión de materiales la formación de nuestro planeta se dio por etapas. Los elementos más pesados como el Níquel y el Hierro se fundieron en el interior dando como resultado un núcleo de metal pesado y las rocas menos pesadas se fueron acomodando en la parte superior de este núcleo hasta formar estratos, sin embargo, este proceso es continuo pero en menor magnitud es decir se da más lentamente ya que la tierra es dinámica y no estática, donde el interior metálico fundido se encuentra en constante movimiento (Tarbuck & Lutgens, 2005). Las capas tienen una subdivisión mayor, una de ellas es la Geosfera, está conformada por roca y metales donde tiene Oxígeno (O) en 25 %, Hierro (Fe) 35%, Silicio (Si) 18% que se extiende desde el centro de la Tierra hasta la superficie, por tanto, esta es una capa que se ve afectada por incrementos de temperatura, densidad y presión proporcionales a la profundidad al centro de la Tierra (Murcia, 2016). Así mismo, esta Geosfera se subdivide en tres capas que ordenadas desde la más profunda a la más superficial son: Núcleo, Manto y Corteza (véase ilustración 1 – Zona Izquierda)

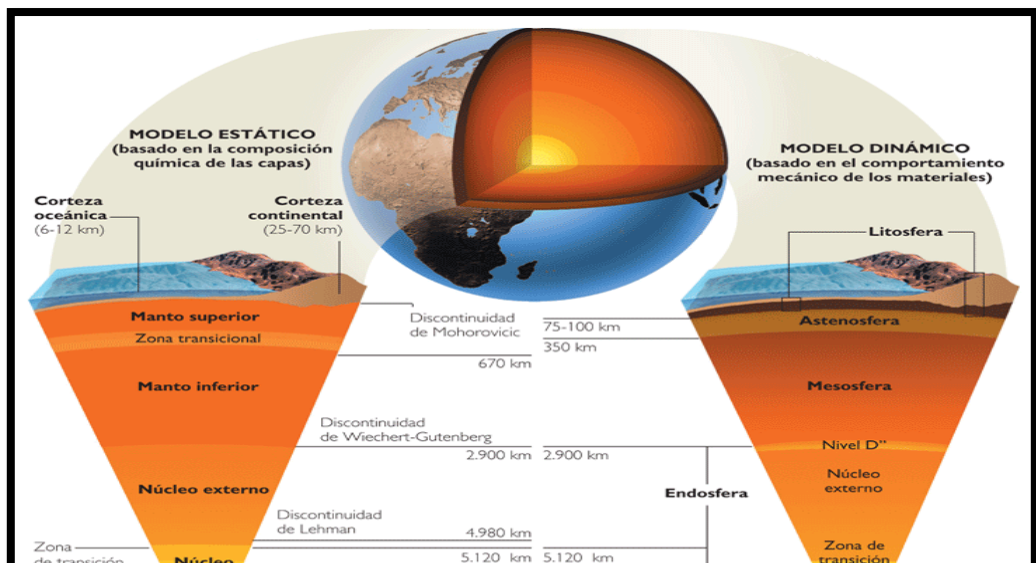


Ilustración 1. Capas de la Tierra Recuperado de [http://ceibal.edu.uy/UserFiles/P0001/ODEA/ORIGINAL/0100208terremoto2.elp/estructura\\_interna\\_de\\_la\\_tierra.html](http://ceibal.edu.uy/UserFiles/P0001/ODEA/ORIGINAL/0100208terremoto2.elp/estructura_interna_de_la_tierra.html), 2016

Estas capas como se mencionó antes se pueden subdividir acorde a la composición química de la más interna a la más externa, siendo la primera parte de la unidad, puesto que si no se conoce la estructura interna de la Tierra no se puede explicar la dinámica terrestre y los movimientos de las placas tectónicas, siendo esta subdivisión:

- **El Núcleo**, como su nombre lo indica se encuentra en el centro de la Tierra y su composición es mayor medida es de Hierro y Silicio, comprende alrededor de una radio de 3486 Km y alcanza temperaturas de aproximadamente de 5273,15 °Ke. En porcentaje esta ocupa el 16 % de volumen terrestre y 32 % de la masa de esta. A pesar de las altas temperaturas se debe considerar la alta presión por la profundidad por tanto este núcleo es sólido (Murcia, 2016).
- **El Manto**, comprende la zona media entre las capas y posee mayor cantidad de elementos químicos como Hierro, Oxígeno, Magnesio y Silicio, su tamaño puede tener una extensión aproximada de 2900 Km de grosor. En cuanto a su temperatura puede esta puede oscilar de los 1773,15 °K a 3273,15 °K y su porcentaje en masa terrestre equivale al 68% del total de la Tierra y 82 % en volumen de la misma. Finalmente, Esta capa a medida que se acerca más al centro (núcleo) es mayor la presión ejercida, por tanto, se genera una reorganización de los minerales de la capa y genera rocas de mayor densidad (Murcia, 2016).
- **La Corteza**, Esta es la capa más pequeña y externa de la Geosfera, su extensión puede comprender entre 3Km a 70 Km esta variación es debida a que la corteza se puede diferenciar de dos maneras : La corteza continental, que abarca las zonas montañosas como las zona de los Andes y posee abundancia en granito por tanto estas llegan al alcanzar mayor tamaño y La corteza oceánica, que como su nombre lo indica es la zona comprendida de océanos y su tamaño es menor, de igual manera en su mayoría es rica en Basalto ( véase ilustración 1- Zona izquierda). Sin embargo, en generalidades la corteza está compuesta de Hierro, Aluminio, Silicio y Oxígeno (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Por otra parte, en la estructura de la Tierra las capas tienen unos límites entre sí conocidos como discontinuidades, cuyo propósito en la unidad es ser presentadas como las separadoras de las placas y como barrera de algunas de las ondas sísmicas. Como se observa en la

ilustración 1 la primera y más externa se encuentra entre el manto y la corteza **llamada discontinuidad de Mohorovicic**, presenta una estructura irregular que puede ir de los 5 Km de profundidad en el fondo marítimo a 65 Km en las cordilleras; Así mismo entre el manto y el núcleo también se encuentra la **discontinuidad de Gutenberg** que oscila entre 2900 km de profundidad destacando el que el cambio entre capas y su composición evidencia que en este punto las ondas primarias (ondas P) pierden su velocidad y las ondas secundarias (ondas S) desaparecen ya que no pueden propagarse en líquidos; Por último, la **discontinuidad de Wiechert-lehmann** ubicada entre el núcleo externo e interno de la Tierra encontrando que aumenta la velocidad de las ondas primarias debido a la existencia de una sección sólida del núcleo. Dado que a unidad permite caracterizar a las ondas, esta es la introducción a la propagación de las ondas acorde a su medio de propagación.

Continuando con las subdivisiones previamente establecidas, se realizarán la caracterización de las propiedades físicas. Las capas se ven afectadas acorde a su ubicación dentro de la Tierra siendo su dinámica variable a su temperatura, presión y densidad, modificando las rocas físicamente observándose cambios que afectan directamente sus propiedades. Sabiendo esto la Tierra puede dividirse en cinco capas acorde a las propiedades físicas y su resistencia mecánica (resistencia a la deformación) estas son:

- **Litosfera**, su etimología en el griego es *litos* (piedra) y *sphaíra* (esfera). (Ilustración 1) en el modelo dinámico se presenta como la más externa, por lo mismo, es una de la más rígidas ya que la temperatura en esa capa es fría respecto a su distancia al núcleo recordando que entre más alejada se ubique la capa del núcleo esta disminuye su temperatura. Su extensión oscila entre 100 Km y 250 Km y varía acorde a las regiones de la corteza oceánica puesto que allí hay regiones antiguas y frías.
- **Astenosfera**, su ubicación es debajo de la litosfera y una de sus mayores características es que la velocidad de las ondas en esta capa empiezan a disminuir, su textura es delgada y blanda así como su definición en griego lo indica *sphaíra* (esfera) y *Asthenes* (débil), comparte posición con el manto donde se encuentran rocas más pesadas, sin embargo a mayor profundidad estas rocas están cercanas a la fusión, lo que lleva a provocar una transferencia de calor entre las



rocas (convección) y a su vez movimientos entre las placas tectónicas de aproximadamente de 1 a 12 cm por año y de aquí que con el paso de los años se formen las cordilleras, zonas Montañosas, desplazamiento de continentes entre otras. Siendo en la unidad una de las capas más primordiales para la comprensión de las zonas montañosas en Colombia como la cordillera de Andes y su relación de movimientos sísmicos alrededor de estas zonas (Tarbuck & Lutgens, 2005).

- **Mesosfera**, siguiendo el orden de las capas acorde a su profundidad, está la mesosfera o manto inferior, aquí las rocas se encuentran a mayor presión y son más rígidas, por tanto, su contextura es fuerte y sólida, no obstante posee al igual que la astenosfera corrientes de temperatura que le dan dinámica a esta capa manifestándose con las plumas conectivas que son canales por los cuales fluyen corrientes de alta temperatura a la superficie dando origen a puntos en la tierra como zonas de actividad volcánica como Hawái. La explicación de las zonas volcánicas en la unidad las relaciona con las zonas de más alta actividad sísmica como Santander y Manizales (Murcia, 2016).
- **Núcleo interno**, es una esfera sólida como ya se había mencionado, de un radio de 3486 Km su temperatura es alta pero debido a su alta presión e comporta como un sólido de hierro
- **Núcleo Externo**, es Hierro y Níquel es una capa líquida de 2270 km de volumen y las ondas S no pueden atravesarlas, pero las ondas P disminuyen su velocidad.

Exponiendo las generalidades de la estructura de la Tierra, es necesario hacer unas definiciones particulares que permitan hacer explícita la dinámica terrestre y la comprensión de los fenómenos sísmicos para esto se evidenciarán superficialmente la definición de onda mecánica y sus propiedades. Dichas definiciones serán aplicadas directamente a la unidad donde cada una hará parte fundamental en la explicación del fenómeno sísmico desde lo más general a lo particular, pasando por la estructura y ahora a las generalidades de la onda.

### 5.3.2 Generalidades de la Onda

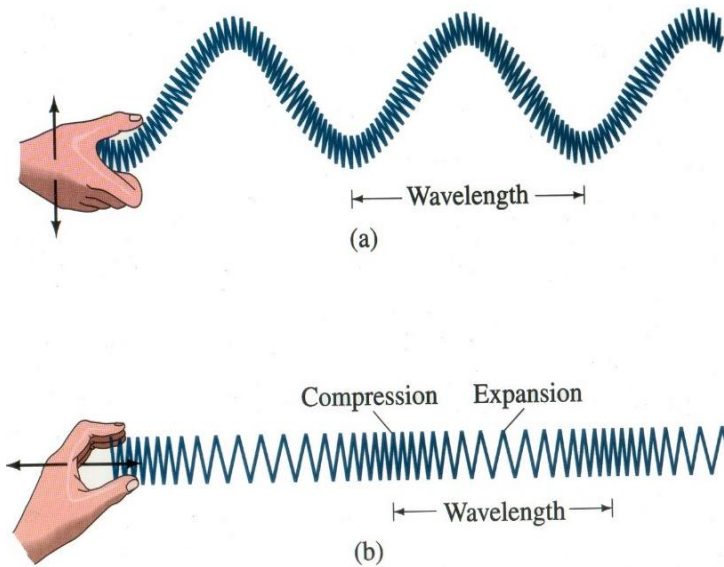


Ilustración 2. Ondas transversales y longitudinales, tomado de <http://lawebdelafisica.blogspot.com.co/2012/03/ondas.html>, 1-09-2016

Se conoce como onda mecánica a una perturbación periódica del medio material, es decir, cuando se genera una perturbación en medios como agua, tierra, vidrio...un ejemplo común es cuando se deja caer una piedra en un estanque o se observa un parlante que está en su máxima capacidad de intensidad sonora. Sin embargo, estas ondas mecánicas también pueden sub clasificarse según su dirección de propagación siendo estas las ondas longitudinales y las transversales. La primera, consiste en que vibración de las partículas es paralela a la dirección de propagación (ilustración 2, parte **a**) algunos ejemplos de la vida cotidiana de este tipo son: movimiento sísmico tipo P, movimiento de un parlante, vidrios expuesto a altas intensidades sonoras y piedras al caer al agua. La segunda, la vibración de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la onda (ilustración 2, parte **b**) algunos ejemplos de esta son: oleaje, movimiento sísmico tipo S y electromagnéticas.

Ya especificadas las generalidades de la clasificación de las ondas acorde a su dirección de propagación, se hará evidente sus partes generales que permitirán hacer mayor contexto al análisis de un evento sísmico.

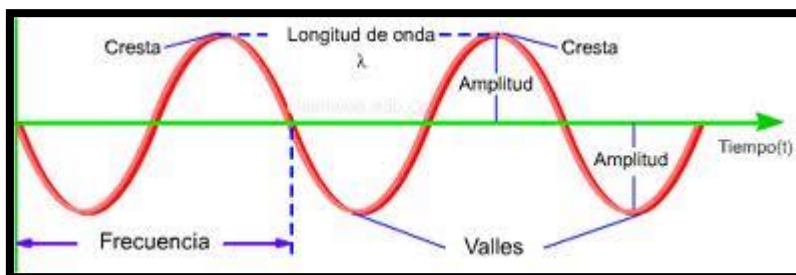


Ilustración 3. Tomada de <http://cb4fisica1.blogspot.com.co/2013/02/tarea-2.html>. Partes de un Onda

Como se observa en la (ilustración 3) la representación gráfica de una onda consta de una serie de partes o elementos que permiten hacer el estudio de una

onda, a continuación se explicara brevemente cada una de ellas (Serwey, 2008):

- **Cresta:** Es el punto máximo de la onda respecto a la posición de equilibrio o como se observa en la ilustración 3 es el punto de máxima amplitud positiva Vs el eje temporal.
- **Valle:** Al contrario de la cresta este es el punto mínimo de la onda respecto a la posición de equilibrio o retomando la ilustración 3 es el punto máximo de la amplitud pero en valor negativo respecto al eje temporal de la onda.
- **Frecuencia:** Este elemento permite calcular la cantidad de ondas emitidas por segundo o por una unidad de tiempo es decir oscilaciones, su unidad de medida es conocida como Hz (Hertz)
  - **Longitud de onda:** es la distancia o la longitud entre dos crestas o frentes de onda de igual fase, es decir que es constante, la ecuación que permite hallar la longitud de onda esta expresada como

$$\lambda = f * C \text{ 1.1.}$$

- **Amplitud:** Este último elemento, es la elongación máxima de la onda o desplazamiento hasta el valle o la cresta y esto se le conoce como amplitud de onda.

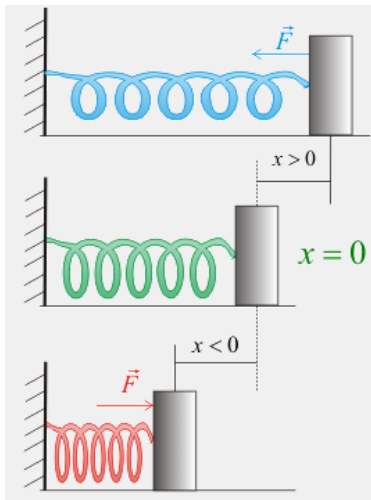


Ilustración 4, fuerza restauradora.  
Tomada de  
<http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/dinam1p/mas.html>

Las características anteriormente expuestas permiten hacer introducción al movimiento oscilatorio, más específicamente al movimiento armónico simple y como la fuerza restauradora de un resorte análoga a la restauradora en el movimiento elástico de las capas, involucrando en la unidad una aproximación a las ondas y las fuerzas que pueden actuar en una oscilación. Puesto que al someter a un resorte a ser estirado él debe buscar regresar a su punto de equilibrio para esto la fuerza restauradora lleva al resorte contrario al movimiento de estiramiento y se generan oscilaciones hasta que se encuentre de nuevo en su punto de equilibrio.

Con los elementos establecidos de la onda y su descripción acorde a los desplazamientos es posible analizar que es un sismo, como se genera un sismo y cuál es la onda que describe dicho movimiento telúrico, además, realizar el estudio de la onda para comprender donde se

originó el sismo, su duración, intensidad y magnitud. Sin embargo antes de abarcar la parte central de este trabajo de grado se hablara de la historia sísmica en Colombia centrándose en la ciudad de Bogotá y concientizar al lector de la importancia de conocer el fenómeno

#### 5.4. Historia Sísmica Bogotá- Colombia

Para la unidad esta parte será la de impacto de la importancia de saber del fenómeno sísmico ya que Colombia es vulnerable a este tipo de desastres y como ya desde hace más de 100 años se han venido presentado con víctimas mortales y grandes pérdidas económicas. En Colombia como bien se ha mencionado es un país con una historia sísmica considerable



*Ilustración 5 terremoto de 1875 Cúcuta tomado de <http://cronicasdecucuta.blogspot.com.co/2012/05/169-asi-era-cucuta-cuando-fue-devastada.html>*

registrada desde hace más de 100 años, para enfatizar se recordaran algunos de los episodios más trágicos ocurridos en el país siendo estos: El 12 de julio de 1785 en las horas de la madrugada más precisamente 7: 55 am en la ciudad de Bogotá se registró un sismo de gran intensidad del que no se tienen registros de su nivel de magnitud pero si del daño ocurrido con una duración de aproximadamente 4 minutos (Perez

Vivas, 2016). Este sismo generó daños significativos en las estructuras de la ciudad, de los más reconocidos el derrumbe de la iglesia de Guadalupe, el convento de Santo Domingo y el convento de San Francisco lo que a su vez concibió un gran número de heridos, donde los periodistas de la época expresaban la voz de pueblo como “Todo ha sido confusión y lastimoso estrago” (Gonzalez, 2003). Así mismo, el desastre del 18 de Mayo de 1875 en Cúcuta y cercanías como San Antonio de Táchira en Venezuela se generó uno de los terremotos más fuertes que tiene registrado el país siendo de magnitud 7,3 en la escala de Richter donde las muertes registradas son de aproximadamente 1000 muertos sin considerar los alrededores del epicentro dejando casas totalmente destruidas y replicas que llegaban hasta la ciudad de Bogotá, fue tal su magnitud que surgieron zonas de aguas termales como : Aguas clientes- Ureña, Agua Hedionda- El Recreo entre otras adicionalmente “la falla

geológica permitió aflorar por primera vez y de manera espontánea el petróleo en la finca llamada "La Alquitrana" de Don Manuel Antonio Pulido, en la antigua carretera de San Cristóbal a Rubio, por la vía de El Corozo” Tomado de (Perez Vivas, 2016). Por último el sismo del 30 de octubre del 2016 de magnitud de 5.4 en la escala de Richter(ver Anexo) cuyo epicentro fue el departamento de Huila, donde sus réplicas se sintieron con mayor fuerza en Cundinamarca, Meta, Santander, Quindío, Antioquia, Caldas y Valle del cauca.

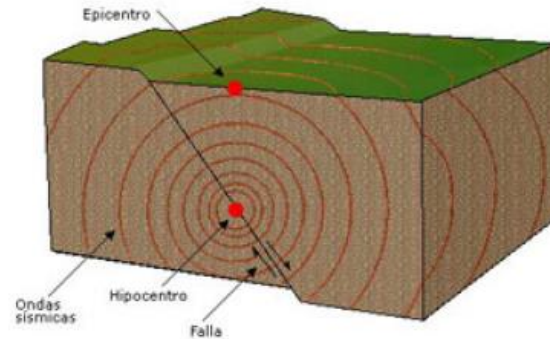
Con lo anteriormente expuesto es claro que Bogotá y en general Colombia es un país sísmico en el cual debe promoverse la promoción y prevención de sismos desde el ámbito científico y desde el cultural. Sin embargo, dicha sismicidad tiene mayor actividad o menor actividad acorde a la localidad de la ciudad de Bogotá, donde a grandes rasgos se puede decir que comparten en común fallas de mayor actividad las localidades cercanas a los cerros orientales (Ver Anexo 1). A continuación se dará profundidad a la definición de sismo, onda sísmica, y estudio de la onda en un sismógrafo.

### **5.5. El fenómeno sísmico**

El sismo o más comúnmente conocido como terremoto es un movimiento oscilatorio de la Tierra generado por una liberación energía elástica acumulada de los esfuerzos de las fallas tectónicas, estos esfuerzos acumulados son dados por el movimiento continuo del manto superior, generando desplazamientos de la corteza terrestre. Más específicamente los esfuerzos son aplicados a las rocas deformándolas a tal punto que acumulan energía elástica de deformación, recordando la explicación del resorte que se opone a su elongación con la fuerza restauradora, dando como resultado la generación de ondas sísmicas.

Es relevante aclarar que existen otro tipo de oscilaciones que pueden generar movimientos de menor magnitud, siendo estos generados por el hombre, como el paso de carga pesada en una superficie o el paso por un puente por donde se genere congestión de personas estas acciones pueden producir ese “microsismo”. Retomando, esta liberación de energía elástica de deformación es irradiada y transmitida entre las fallas a través de ondas elásticas donde su origen en el subsuelo se le conoce como *Hipocentro* y su proyección en la superficie es el *Epicentro* (vea la ilustración 6). Para ser más comprensible la liberación de energía elástica presente se tiene dos fallas acopladas que resisten los movimientos de la dinámica, por tanto que se encuentran en proceso de deformación y almacenamiento de energía siendo esto

análogo a la fuerza generada en los extremos de un lápiz que se desea fracturar, este acumula energía superando la resistencia y quebrándose, para la falla resistiendo la fricción entre las placas hasta hacerla desplazar (Anexo 2).



*Ilustración 6 Hipocentro y epicentro de un terremoto, tomada de dinámica de la geosfera universidad de Murcia.*

### 5.5.1. Ondas Sísmicas

Las ondas sísmicas generadas desde el hipocentro en un sismo no son de un solo tipo si no se puede clasificar como:

- **Onda primaria (P):** Son las primeras ondas en producirse, es decir viajan a mayor velocidad aproximadamente entre 6 y 13,6 km/s, donde esta oscilación se produce en la misma dirección de propagación de la onda generándose solo dilatación y compresión de las fallas (véase ilustración7). Por otro lado, esta onda puede viajar a través de todos los medios, por ejemplo, si se trasmite en la atmosfera algunas personas y animales pueden escucharla como un sonido grave (Jara, 2007).
- **Onda secundaria (S).** Esta onda sacude la corteza terrestre subiendo y bajando y oscilando de lado a lado, siendo esta oscilación la más perjudicial para las construcciones ya que las fractura e incluso destruye totalmente. Estas ondas solo pueden desplazarse en materiales sólidos, excluyendo a líquidos y gases, respecto a su velocidad son entre el 50 y 60 % más lentas que las ondas tipo P ( ilustración 7 a)

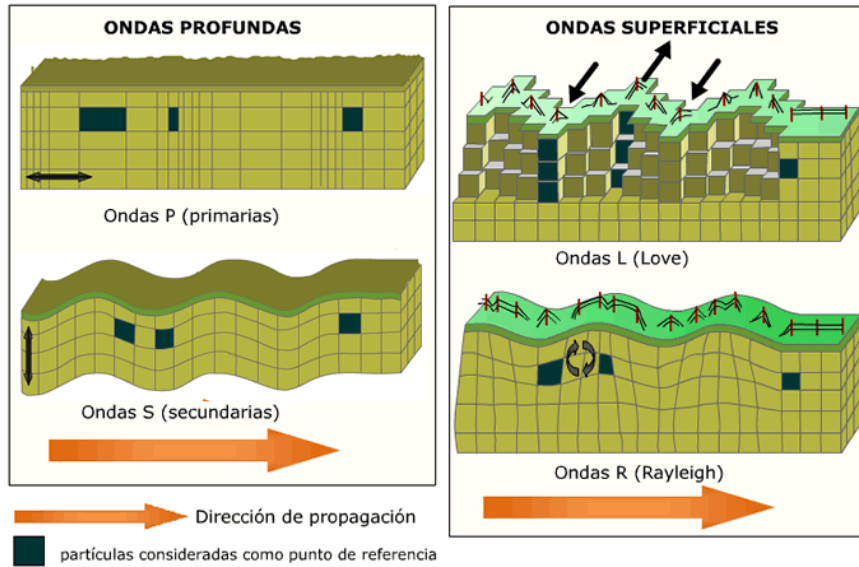


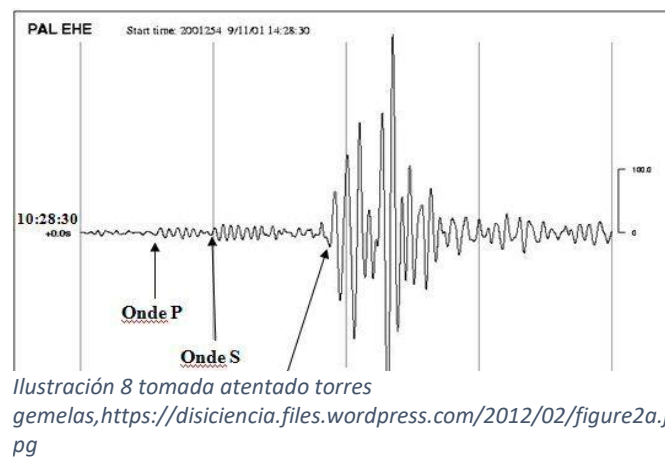
Ilustración 7, tomada de <http://e-ducativa.catedu.es/> revisado 2 de abril 2017

Por último, y no menos importantes encontramos *las ondas superficiales* estas ondas se desplazan por la parte más finas y cercana a la superficie, es decir, al borde de la corteza terrestre. Sin embargo, estas se subdividen en *ondas Love* que son de tipo similar a las ondas tipo s debido a que puede transmitirse solo en sólidos, su desplazamiento es horizontal y su propagación en cizalla. Las *Rayleigh* tiene una propagación vertical lo que muestra una vibración comparable a una ola de mar, estas se pueden desplazar en cualquier tipo de medio, por tanto puede afectar líquidos, por ejemplo, lagos, mares, costas, entre otros (véase ilustración 7 b).

Los sismos o terremotos pueden generarse y manifestarse de diversas maneras, pero estos tienen un grado de magnitud o tamaño que puede ser medido a través de los instrumentos sísmicos, llamados sismógrafos. Su estructura básicamente consiste en un dispositivo introducido en la tierra, el cual tiene suspendido una masa que se mueve con la vibración de la tierra y un tambor giratorio o cinta magnética se registran los movimientos de la masa, como pueden existir diversos tipos de onda también un sinnúmero de sismógrafos que permiten registrar estos tipos de onda. Así mismo, estas cintas un registran la oscilación muestran las ondas acorde a los tiempos de llegada al sismógrafo y se les llama sismogramas, que es el que permite analizar toda la actividad sísmica y caracterizar la onda sísmica acorde al registro. Es importante conocer los registros sísmicos ya que con ellos la unidad didáctica

permitirá que el estudiante analice registros, epicentros y triangulaciones con el uso de las matemáticas

El registro del sismograma puede ser leído en un orden específico, primero se tiene el registro del movimiento natural de la tierra pero cuando sucede un sismo las ondas que primero se registran son las **P** siendo estas con una amplitud considerable, siguiéndoles con una amplitud más grande las ondas de tipo **S** y por último y más destructoras las ondas de superficiales **L** y **R** que alcanzan amplitudes del doble de las **S**, además de ser de mayor tiempo de duración siendo las causantes de fracturas o caídas de edificios ( véase ilustración 8) .



### 5.6. Ubicación de un terremoto.

Para localizar un terremoto es necesario revisar los intervalos de los tiempos de llegada de la onda primaria y secundaria, es decir, si los intervalos de tiempo son más altos se está más



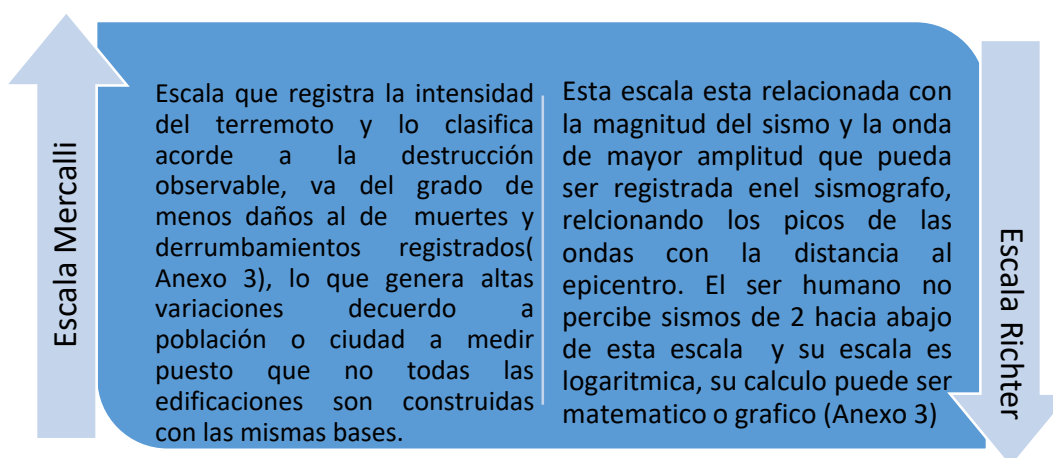
Ilustración 9, simulador de triangulación, e-ducativacatedu., triangulación de tres estaciones de: A, 37 Km; B, 44Km y C, 64Km



lejos del epicentro del terremoto y si estos son más cortos se está más cerca, dicho registro se hace con la revisión de cada sismógrafo cercano al lugar del evento. Luego se realiza un gráfico de distancia al epicentro Vs tiempo de intervalos, dando como grafica una función logarítmica y la distancia al epicentro mas no su dirección (localización precisa), para esto se realiza la triangulación de tres estaciones con sismógrafo, donde se calcula la distancia radial de cada uno y el punto de corte entre las tres circunferencias es el epicentro del terremoto. (Véase ilustración 9)

Por último, ya obteniendo la gráfica, la distancia y el epicentro del terremoto solo falta calcular el grado de magnitud, para esto es necesario conocer las escalas admitidas de medición:

La escala en la que se enfocara la guía es la escala de Richter donde a través de la linealización



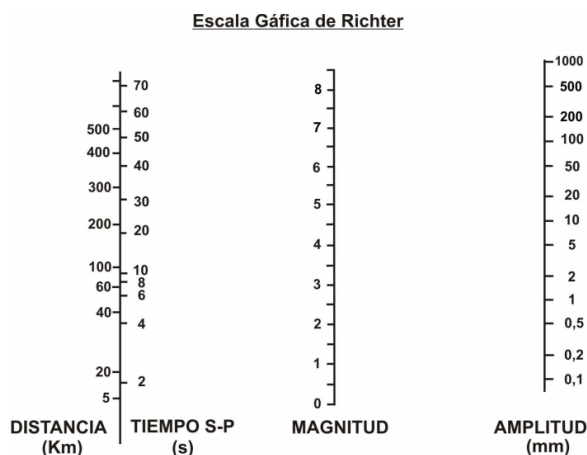
grafica de distancia magnitud y amplitud y el uso del cálculo de la magnitud matemáticamente, donde el estudiante encontrara la relación entre los conceptos, a parte matemática y la importancia de saber del fenómeno.

$$R = \log (A) - \text{Log} (A_0) \quad 2.1$$

$$R = \frac{\log(A)}{\log(A_0)} \quad \text{Ecuación 2.2.}$$

Donde **R** es la escala obtenida, **A** es la amplitud de mayor registro en el sismograma y **A<sub>0</sub>** es la amplitud de referencia o la de menor amplitud registrada.

La grafica usa el intervalo entre la onda S y P y el tamaño de la onda de mayor amplitud y traza una recta entre ellas para calcular la magnitud que se encuentra en medio. A continuación se muestra el grafico (ilustración 10):



*Ilustración 10, tomada de <http://www.iesmanilva.es> terremotos*

Donde la unidad mostrara breves ejemplos de las aplicaciones para que el mismo estudiante sea capaz de hacer los cálculos de epicentro, distancia y magnitud de terremotos, de igual manera, el uso de la ecuación de Richter para el cálculo de la magnitud y su comparación con la detonación de dinamita TNT evidenciada en el (anexo3).

La unidad no solo abarca una parte científica si no que espera que también tenga un sentido social respecto al actuar en caso de producirse un sismo, y que este enfocado en un plan preventivo aplicado a la UPN, a continuación se explicara cómo se construyó el plan de prevención.

## **6. Prevención de desastres.**

Para dicha parte de la unidad se tiene en cuenta la Dirección y Atención y Prevención de Emergencias (DPAE), para organizar los procesos de selección y coordinación de la población de la UPN y su edificación para la creación de un plan preventivo y punto de encuentro de la comunidad donde en “En Bogotá, los fenómenos de remoción en masa se presentan a lo largo de los cerros orientales, del sur, de Suba y sus respectivas franjas de piedemonte (localidades de Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe, Usme, Ciudad Bolívar y Suba) (Campos García, 2009)” la organización de los planes de riesgo se dan a través de los planos normativos de amenaza, que consisten en revisar las áreas útiles de construcción y comprobación de dichas áreas y los conceptos técnicos que es

la selección de las zonas de riego, la permanente actualización de los planos de suelo del sector que para este caso es de U.P.N. Debido a esto la elaboración de planes preventivos y capacitación de las situación de riesgo debe realizarse de manera permanente para generar conciencia y mitigación de daños a futuro. Sin embargo, debido a la no obtención de los planos de la institución la última sección se realiza de manera descriptiva y del uso de Google Maps para la ubicación de los puntos de encuentro, dando las recomendaciones pertinentes a la universidad acorde a las observaciones realizadas durante el proceso de implementación.

### **7. Metodología.**

Como metodología general para la construcción de esta unidad se usó la de tipo Descriptivo (Hernandez Sampieri & Collado, 2010) esta evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno investigar y el papel del estudiante como investigador enlazándose con el método ABP a la hora de elegir una serie de conceptos a medir denominadas "variables" donde lograra interiorizar o acoplar su formación en los conceptos de : fuerza restauradora, energía, velocidad, onda, entre otros).

La otra metodología es la explicativa, parte de la existencia de teorías que apoyan el tema que contienen principios, inferencias y afirmaciones que dan una explicación de la realidad del fenómeno caracterizándolo con la definición de conceptos, generación de ideas y preguntas de manera organizada y esquemática, lo que conlleva a ser un apoyo a la metodología ABP en el proceso del avance en la aplicación de la unidad. (Hernandez Sampieri & Collado, 2010).

### **8. Prueba piloto- Población**

La implementación de Unidad Didáctica fue dirigida a los estudiantes Universidad Pedagógica Nacional en el Departamento de física, para el curso de Mecánica I dirigido por el docente Néstor Méndez, donde se tienen estudiantes de un rango de 16 a 23 años de edad (ver anexos externos de la unidad) como característica especial la participación de los estudiantes del Instituto Pedagógico Nacional como invitados de la U.P.N por el semestre académico del 2016-2. Se realizó una introducción innovadora y reflexiva de la importancia del estudio de los fenómenos sísmicos y su relación con la física pasando del conocimiento práctico a la hora de un evento sísmico a observar el trasfondo de las causas y consecuencias de un sismo desde la perspectiva científica y académica. De igual manera, se buscó concientizar a la población la comunidad de la ubicación sísmica de la universidad y como

esta representa riesgo debido a las diferentes fallas o focos generadores de eventos sísmicos que la atraviesan. Por último, se espera que la Unidad Didáctica sea implementada en el 2016-2 empezando desde el departamento y para futuros trabajos extenderlo a la universidad e incluso a cualquier entidad que desee saber del tema que permita observar la eficiencia de la misma dentro de la investigación y divulgación en la enseñanza de la física.

## **9. Construcción.**

La unidad didáctica fue construida en Microsoft Publisher 2013, siendo un aplicativo de Microsoft para edición y maquetación de páginas que sean para publicidad, marketing, libros, carteles, anuncios, entre otros. Se realizó en este aplicativo por la facilidad de manipulación de los caracteres, fuentes e imágenes además de la modificación de las plantillas preestablecidas, generando un estilo propio para la unidad y que fuera más llamativa a la vista del lector. Como se ha mencionado a través de todo el documento la unidad tiene una estructura establecida de lo general a lo particular y por último la parte preventiva. Adicionalmente como un extra se elaboró un dispositivo que permite hacer un análogo a las construcciones sismos resistentes que da cuenta de la diferencia entre las amortiguaciones esféricas, de resorte y las edificaciones sin amortiguación (ver Anexo 4). El dispositivo permite realizar análisis cualitativos de los movimientos generales y grados de magnitud de un sismo y la construcción de la onda primaria. Básicamente su funcionamiento permite a través de una base lisa y unos rodillos ir modificando la magnitud del movimiento, por ejemplo con cuatro rodillos análogamente representaría un sismo de magnitud 7 y uno con 8 rodillos uno de 6. Estos movimientos son registrados por un rodillo de papel y pueden ser revisados con el conocimiento adquirido en la guía llegando a estudios cualitativos de los movimientos.

En cuanto a los recursos didácticos se usaron aplicaciones en línea, videos educativos e ilustrativos, datos de centros sismológicos y documentos de acceso libre. Dando fortaleza al uso de las tecnologías de la información y comunicación. Terminada la unidad se realizó la implementación piloto de una sección de la unidad, donde a continuación se mostrara el análisis de cada parte implementada, evidenciando, fortalezas y debilidades obtenidas de la implementación piloto.

## **10. Análisis de la implementación de la unidad**

La implementación piloto que se describirá a continuación es de la parte teórica e introductoria de la comprensión de los fenómenos sísmicos y su prevención de desastres. Las secciones implementadas desde la metodología ABP fueron: Estructura de la Tierra su división, Estática o Dinámica, Colombia es una zona de riesgo sísmico, Historia sísmica de Colombia, análisis documento “plan de manejo ambiental y plan de emergencias y contingencias de la Universidad Pedagógica Nacional”, Pasos antes, durante y después de un sismo según el documento, La universidad está preparada para un sismo y la onda mecánica y propiedades generales de la onda mecánica. Las faltantes a implementar fueron: Clasificación de ondas sísmicas, sismógrafos y sismogramas, cálculo de epicentro de un sismo, Magnitud de un sismo y plan de prevención.

La implementación se desarrolló inicialmente con la explicación detallada de la metodología ABP y la presentación de la unidad didáctica, donde se les explica la importancia del desarrollo del conocimiento básico en sísmica y la trascendencia de la aplicación en la cotidianidad de una de las ramas de la física conocida como geofísica. Se organizaron en 5 grupos, de aproximadamente 4 a 6 estudiantes por grupo, donde algunas secciones de la unidad se trabajaban en clase, otras recorriendo la U.P.N y registrando observaciones y por último, de total trabajo autónomo y grupal.

En cuanto, al desarrollo de la unidad, su estructura está en la metodología ABP, donde el estudiante puede encontrar videos, links, plataformas interactivas, ¿sabías que?, libros, documentos de libre acceso y aplicaciones de software libre para la comprensión de cada nivel. Lo que conlleva, a una participación totalmente activa en el desarrollo de la unidad.

- **Sección Estructura de la Tierra, división, estática y dinámica.**

Esta es la introducción al estudio del planeta Tierra desde su división geológica del núcleo a la corteza, se utilizan dos recursos de lectura de libre acceso, siendo estos:

A) Página 14 a la página 19 del libro Ciencias de la Tierra de Tarbuck y Lutgens. (8<sup>a</sup> Edición).

B) Lectura analítica. [http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema\\_5.\\_dinamica\\_de\\_la\\_geosfera\\_.pdf](http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema_5._dinamica_de_la_geosfera_.pdf) un análisis de preconceptos, una investigación y un video del viaje al centro de la Tierra.

Se encuentra como dificultades que los estudiantes no hacen uso de los documentos ofrecidos y sugeridos, si no que buscan otras alternativas de búsqueda de carácter más simple, dándose casos de respuestas superficiales o concretas.

Sin embargo, preguntas como ¿Cree usted que la Tierra es un sistema estático o dinámico? Presentaron respuestas que relacionaron inmediatamente el movimiento de las placas tectónicas, cada respuesta es tomada de los anexos de la implementación de la unidad, dividiendo los cinco grupos acorde a sus líderes u organización como: Grupo IPN, Ana Galarza, Ronald Rincón, Deivid Salinas y Nicolás Wilches. Donde las respuestas más representativas están a continuación:

- Grupo IPN *“creemos que la Tierra es un sistema dinámico ya que en él se encuentran las placas tectónicas y todo lo que la compone, donde puede comprometer las demás capas donde estas constantemente fallan y producen movimientos tectónicos. Sin las placas tectónicas la Tierra sería solo agua y no habría ningún animal terrestre y no existirían animales terrestres”*
- Grupo Ana María Galarza. *“Pienso que la Tierra es un sistema dinámico porque tiene dos movimientos que lo caracterizan uno de traslación que es el movimiento cuando da una vuelta alrededor del Sol, siguiendo una órbita elíptica provocada por una fuerza que ejerce el Sol sobre la Tierra, debido a que la masa es mayor que la masa de la tierra; el otro es el movimiento de rotación, que es el que hace que la tierra gire sobre su propio eje.”*

Se esperaba respuestas con mayor claridad, puesto que es un tema ubicado dentro de los estándares básicos de educación, esperando que afirmaran la dinámica de la Tierra acorde a las zonas volcánicas, a los sismos, Tsunamis u otros fenómenos, sin embargo, Se tienen diversas respuestas donde destacan el grupo del IPN, puesto que relacionan las placas tectónicas con la dinámica del planeta, sin embargo, piensan en ellas como una estructura estable que es susceptible de fallas ocasionando los sismos, como dificultan afirman que la no existencia de estos procesos dinámicos generaría un planeta Tierra lleno de agua y sin

superficie, dichos errores permiten revisar los preconceptos del grupo y de los vacíos teóricos adquiridos por el estudiante durante la formación. Estos son los invitados por el departamento siendo estos estudiantes de grado once del (Instituto Pedagogía Nacional) IPN, encontrando que presentaron mayor interés por el tema ya que realizaron una investigación profunda, y luego de la elaboración de la sección de la unidad llegaron con múltiples cuestionamientos de temas relacionados a los sismos. Por otro lado, el grupo de la estudiante Ana Galarza presenta es una relación de la fuerza Sol- Tierra y el error conceptual de los movimientos del planeta reduciéndose a la traslación y rotación, asumiendo comportamiento de la Tierra dependiente de estos factores y no de su estructura de placas. Esta respuesta infiere que no se hizo uso de los documentos propuestos y no se profundizó en la interacción placas y dinámica terrestre.

En esta parte como mayor dificultad el diseño y ubicación de algunas de las preguntas orientadoras de la investigación hicieron que se perdieron dentro del proceso de construcción del conocimiento, encontrando como preguntas no abordadas o poco abordadas:

*¿Cuál es la diferencia entre el modelo estático y el modelo dinámico?, investigue que significa: Discontinuidad de Mohorovicic, Discontinuidad de Wiechert-Gutenberg y Discontinuidad de Lehman*

Como se mencionó la su ubicación dentro de la unidad, fue omitida por muchos y no se les dio respuesta, además no permitió evidenciar la investigación realizada y la posible corrección de los argumentos, de la pregunta introductoria. En la sección del video se esperaba mayor omisión y menos profundidad, incluso un mínimo de desinterés debido la extensión de él y su información teórica. No obstante, se presentaron excelentes resultados, donde se evidencia una interiorización de la estructura de la Tierra y su relación con algunos procesos naturales como la obtención del carbón, las reservas de agua el abismo Challenger, los procesos del núcleo terrestre y la generación de los sismos.

Por último, la actividad que concluye esta parte es la elaboración de un mapa conceptual que evidencia todo lo aprendido, en el que se esperaba que se dieran las correcciones de los posibles vacíos conceptuales presentados al inicio de la unidad y la incorporación de los nuevos conocimientos adquiridos por cada estudiante, algunos como el grupo de Ronal Rincón (archivos anexos) no logran generar ese proceso de retroalimentación mostrando la

estructura de la Tierra de una manera simple dejando de lado partes como la astenosfera, litosfera, etc. Limitándose a núcleo, manto y corteza. Sin embargo, otros grupos como el del IPN logran realizar un gran trabajo de construcción colectiva de conocimiento haciendo un excelente trabajo y apropiación de la metodología ABP llegando a inferencias incluso externas de la temática de la sección ( ver anexos de la unidad). Concluyendo que la sección debe ser modificada pero responde en su mayoría a la solución de la problemática.

- **Sección Colombia es una zona de riesgo sísmico e Historia sísmica de Colombia.**

Esta parte de la unidad se enfocó en hacer conciencia que Colombia y Bogotá son zonas de riesgo sísmico considerable, se trabajó en la estructura ABP con los preconceptos del grupo con la pregunta: ¿Qué significa historia sísmica?, ¿Cree usted que Colombia es un país sísmico?, ¿Por qué? Se esperaba que los estudiantes respondieran que Colombia y en general Bogotá son zonas seguras o de poco riesgo sísmico, que no se han generados sismos de grandes magnitudes que afectaran zonas del país o dejaran heridos o destrucción en las edificaciones. Sin embargo, luego de la introducción de la primera sección se podría generar un cambio en la respuesta ya que entienden en este momento que la Tierra es dinámica y serlo así implica un movimiento de placas que puede ser generado en cualquier ocasión.

Encontrando, en respuestas como:

- Grupo Ronald Rincón. *“No, no es muy frecuente la manifestación sísmica en Colombia y si las hay su magnitud es muy pequeña y generalmente no ocasiona ningún daño.”*
- Grupo Deivid Salinas *“ Si, dado que a lo largo de la historia ha habido registros tales como la mitología Chibcha o como la destrucción de Cajicá en 1616”*

Se encuentra que las respuestas de los grupos responden a lo esperado: si se acepta la posibilidad de sismos pero no como un riesgo para la ciudad o en general de Colombia, para el caso dos se llega a salirse de contexto relacionándolo a la mitología, lo que con lleva, a que los sismos son reconocidos pero no se le ha dado aún la verdadera importancia que merecen desde lo científico y social. Puesto que ninguno de los grupos logro darle la



importancia de la ubicación de Colombia respecto a estos fenómenos y ninguno sabía algún dato de la historia sísmica de Colombia siendo para ellos incluso un tema muy efímero.

Se encuentra como dificultad en esta sección el uso del link interactivo de la clasificación de los sismos en línea, presentando que no todos los grupos realizaron el estudio de las regiones de Colombia y los sismos registrados en cada una. Por otro lado, la pregunta de actividad sísmica acorde a las regiones, mostro que todos llegaban al común acuerdo que la ubicación geográfica influye en la magnitud sísmica, involucrando la cordillera de los andes, el cinturón de fuego del pacifico y la zona de Santander, siendo el ejemplo más claro el del grupo de Grupo Deivid Salinas con su respuesta:

*“No es igual en todas las partes de la región dado que partes como Boyacá o Norte de Santander se ven afectadas dado a las fallas geográficas como son las cordilleras, también cabe resaltar que Colombia hace parte del cinturón de fuego en donde chocan la placa Nazca y Suramericana afectando las zonas del pacifico”*

Esta sección de la unidad buscaba generar impacto e interés por los sismos en Colombia por tanto, se usaron todos los recursos disponibles y de libre acceso, de tal manera que localizaran los eventos de mayor impacto en Colombia, incluyendo artículos de revista para hacer mayor énfasis, se muestra un artículo tomado revista Semana del sismo registrado el 11 de Marzo del 2015 de 6.6 en la escala de Richter mostrando los daños efectuados por este, ayudando a realizar una recuperación de los acontecimientos de dicho día dentro de la universidad y la reacción observada por los estudiantes. Asimismo, se quiso revisar el nivel de reacción frente a este fenómeno y su participación en planes de evacuación, se halló una respuesta particular y común en estos casos:

Se esperaba que los estudiantes manifestaran desinterés, desinformación y no uso de los planes de evacuación en dicho día, así mismo, de su manera de actuar frente a otros momentos en que se ha generado el fenómeno sísmico. Encontrando que:

- Grupo IPN, *“el 11 de marzo del 2015 pudimos observar que el comportamiento de las personas alrededor no es el más pertinente ya que no guardan la calma y todo corren o se preocupan por sus seres queridos colapsando la comunicación.*

*Colombia es un país que debe mejorar en los planes de evacuación y ayudar sus habitantes a saber cómo actuar en estas ocasiones por que muchos no saben”*

Siendo este el grupo más joven evidencia que aún no se tienen los planes de evacuación necesarios y que si hubiese un evento de mayor magnitud el colapso de la ciudad sería inmediato debido a la falta de orientación respecto al fenómeno, sin embargo, para los otros grupos el sismo apenas si fue sentido o en su defecto ignorado por la ubicación o la situación en la que se encontraba.

En la sección siguiente se trabajó un grado de investigación de cada acontecimiento de sismos y daños causados en Colombia, donde a través de imágenes y fechas entregadas por la unidad (anexos Unidad) el estudiante debía buscar cada sismo generado en Colombia y compararlo con la imagen para dar en total 8 interpretaciones. Se obtuvo como resultado la manifestación del impacto recibido de las imágenes, puesto que al responder a la pregunta siguiente de la unidad acorde a nivel de riesgo y los tiempos entre cada uno, se evidencia respuestas como :

- Grupo Ana María. *“los sismos que más me impactaron el de 1999, del eje cafetero, por sus efectos devastadores a pesar de ser 6,4 grados de magnitud”*  
*“el Terremoto de Cúcuta de 1875, se agrietó la tierra sorprendentemente y hubo muchos afectados en Colombia y Venezuela, hubo cientos de muertos y poblaciones enteras desaparecidas”*

Se evidencia que logran relacionar los daños causados a pesar de la mínima magnitud un sismo, así mismo, la importancia de las estructuras antisísmicas en la prevención de dichos desastres dejando los otros grupos con el mismo grado de impacto. Y llegaron a comprender que los sismos no pueden ser predichos pero si prevenir los daños con mayor educación respecto a la construcción y conocimiento del fenómeno sísmico. Además de caracterizar el sismo acorde a su grado de Magnitud e Intensidad, acercándolos a las definiciones teóricas.

Es de destacar que esta sección de la unidad mostro un crecimiento por el interés en el tema ya que los estudiantes presentaban mayor dedicación y apropiación de la importancia de la comprensión de los sismos para la prevención de desastres y el actuar frente a ellos.

- **Sección análisis del documento de prevención de desastres la U.P.N. ¿la U.P.N. está preparada para un sismo?**

Para esta sección los estudiantes leyeron el único documento existente en la universidad de prevención de desastres en donde buscaron la relación con los sismos. Esperando que el estudiante manifestara un grado de inconformidad de la elaboración e información de dicho documento, adicionando, la falta de conocimiento de la existencia de este.

Inicialmente el texto pregunta si se tiene conocimiento del documento de prevención, a lo que todos los grupos manifestaron su desconocimiento, lo que muestra la respuesta esperada, de la falta de divulgación del ¿Qué?, ¿El cómo?, ¿Qué hacer? En caso de un sismo. Sin embargo, encuentran que el documento sí da cuenta de antes durante- después del sismo pero no lo centraliza en la UPN. Respecto a la pregunta: ¿Es acorde, las rutas de evacuación, puntos de encuentro y señalización que plantea el documento con la estructura actual de la universidad? Se espera que el estudiante encuentre que la universidad no posee planes de evacuación, ni señalización y que dicho documento no lo contiene, obteniendo como respuestas:

- Grupo Nicolás Wilches. *“No, ya que el documento es algo ya obsoleto, ya que todo plan de emergencia, mínimo por año debe ser estudiado e irlo cambiando de acuerdo a la infraestructura de la universidad y a la promulgación de esta información a todos los universitarios ya que la mayoría no está enterado que la universidad tiene un plan de evacuación”*.
- Grupo Deivid Salinas, *“la infraestructura no es acorde al documento, la mayoría de las ventanas están bloqueadas con rejas las cuales obstruyen los medios de escape” “No se encuentra preparada para un sismo, varias estructuras en la universidad presentan fallas tales como: el edificio A, además la mayoría de las personas no sabrían cómo reaccionar frente a un desastre debido a la falta de preparación para uno”*

Se evidencia que el documento no da la información necesaria, ni actualizada para la atención de desastres sísmicos, ni ningún tipo de desastre natural. Además, se observa la inconformidad de la falta de actividades o explicación de los posibles documentos o planes de prevención que genera la universidad y como no lo relaciona con la explicación científica del fenómeno, siendo una universidad que forma educadores íntegros.

La sub sección de la prevención respecto a la universidad consiste en entrevistar a compañeros de otras carreras, para evidenciar su nivel de conocimiento respecto a los sismos. Por otro lado, en su recorrido debían realizar una revisión de la estructura física de la universidad para obtener fotografías de posibles fallas. Durante la revisión se encontraron imágenes impactantes de la infraestructura de la universidad siendo estas algunas como (Véase ilustración 11):

Se observa que la infraestructura debe ser modificada y restaurada través del estudio de la planta física y la sismo resistencia como se contempla en el documento de DPAAE (Campos



*Ilustración 11 fotos tomada grupo Mecánica I- implementación- Universidad Pedagógica Nacional*

García, 2009), siendo preocupante, puesto que se necesita un plan de prevención que involucre como se genera, que lo causa y cómo actuar frente a un sismo y una revisión cercana de la infraestructura. Entonces, la unidad adicionalmente involucra a una parte externa del departamento de física que permita evidenciar el conocimiento del fenómeno y como la universidad está adecuada a la manifestación de este.

Respecto a las preguntas de conocimientos generales por parte de la comunidad se encuentra que todas las entrevistas presentan respuestas de total desconocimiento o poca profundidad del tema, se tiene ejemplo como:

Respuesta encuesta, (revisar preguntas y otras respuestas en el anexo unidad didáctica, sección prevención)

Entrevista 3 personas

Primera persona: Ingrith Yulied Sanchez Borda

Carrera: Licenciatura en Comunitaria

Primer semestre

Pregunta A: ¿sabe que se realiza el 26 de octubre del 2016, a nivel Nacional en cuanto a prevención de desastres?

Respuesta: No estaba informado acerca de ello

Pregunta B: ¿Qué entiende por sismo?

Respuesta: Movimiento de las placas tectónicas a un nivel muchísimo muy fuerte a lo normal

Pregunta C: ¿Considera que la UPN está preparada para un sismo?

Respuesta: La universidad no está preparada para un desastre

Pregunta D: ¿Encuentra fallas arquitectónicas en los edificios de la universidad?

Respuesta: Las fallas arquitectónicas que posee la universidad son notorias dentro del edificio C y A.

Pregunta E: ¿Ha participado en un simulacro de evacuación?

No he participado en ninguno

Pregunta F: ¿ha recibido algún tipo de orientación en cuanto a la prevención de desastres en caso de sismo, dentro de la UPN?

Respuesta: No he recibido ningún tipo de orientación acerca de lo que se debe hacer en una circunstancia así.

De igual manera se realizó con los otros participantes de las entrevistas

Segunda persona: Tatiana Guerrero

Carrera: Licenciatura en educación con énfasis en educación especial

Primer semestre

Pregunta A: No tenía idea acerca de ello

Pregunta B: Movimiento telúrico de poca magnitud en escala

Pregunta C: No, creo que en caso de un sismo muy fuerte algunos edificios se vendrían abajo

Pregunta D: Si, sobre todo en la biblioteca

Pregunta E: No he participado en ninguno

Pregunta F: Tampoco ha recibido orientación

Encontrando que no hay una divulgación científica ni preventiva frente el fenómeno sísmico, y que no hay una orientación hacia el mismo, incluso los estudiantes manifiestan que debe realizarse mayor divulgación y organización por parte de la UPN

- **Sección ondas Mecánicas.**

Esta fue la introducción al reconocimiento de las ondas, donde se revisaron los preconceptos de las partes de una onda, el cálculo básico de las velocidades de propagación, las propiedades de la onda y su clasificación de acuerdo a la propagación acorde su dirección.

Se encontró que en general en su investigación que lograron comparar la onda longitudinal con la onda primaria de un sismo, se observa total facilidad en el despeje de la ecuación de la velocidad, pero se encuentran dificultades en las definiciones conceptuales o muy superficiales respecto a las ondas, donde ningún grupo muestra definiciones claras de las partes de la onda, incluyendo su caracterización limitándose solo a acomodar los nombres propuestos (ver anexos de la unidad). Algunas de las respuestas obtenidas fueron:

- Grupo Ronald Rincón *“Las ondas mecánicas son del tipo que necesitan un medio para moverse o trasportarse como lo es el agua, aire, etc”*

Siendo definiciones muy superficiales de las mismas, no llegan a profundidades ni relacionas con el fenómeno sísmico.

- **Secciones faltantes.**

Las secciones faltantes al igual que las anteriores comprenden plataformas interactivas, links de ayuda “*sabias que...*” no se implementaron dentro de la prueba piloto de la unidad, sin embargo, se espera que para próximos trabajos se haga uso de ella y quede como documento para la universidad e instituciones educativas. Dichas secciones son las de triangulación, y ubicación de un sismo y magnitud e intensidad de un sismo.

Algunas de las secciones comprenden:

Localización de epicentros con simuladores de [e-educativa.catedu.es](http://e-educativa.catedu.es) adicionalmente esos permiten hacer triangulación sísmica y reconocimiento de sismogramas.

Ejercicios de cálculo de magnitud matemáticamente y con el uso de tablas de linealización

## **11. Conclusiones y recomendaciones.**

A continuación se reflejan las conclusiones específicas del documento.

1. La unidad en la implementación de su primera parte como prueba piloto, mostró bastante interés por parte de la comunidad, además de generar reflexión sobre la temática.
2. Se sugiere que la Universidad genere un documento que sea publicado y divulgado, para que los estudiantes tengan el conocimiento de la arquitectura de la Universidad, incluyendo sus mejoras y de las rutas de evacuación y prevención de desastres.
3. La unidad con la prueba piloto mostró que debe ser sujeta a modificaciones, respecto a su diseño y profundidad, sin embargo, puede ser modificada acorde a la comunidad a la que será dirigida.
4. Se espera que pueda ser implementada en facultades diferentes a la de ciencia para ver los resultados, tanto en su conocimiento de la física general del colegio y la matemática de la misma.

5. Se observa con algunas de las fotografías de la infraestructura de la Universidad, que debe ser sometida a remodelación especializada, que permita generar una resistencia a sismos.
6. La cultura de prevención debe generarse desde el menor grado de escolaridad y debe estar permanentemente en todos los entes superiores, puesto que es importante comprender los fenómenos que nos rodean y cómo la física y la matemática pueden interpretarlos.
7. El tiempo de implementación de la unidad y su extensión demostró que puede extenderse a un curso completo de ciencias de la Tierra o introducción a la geofísica, dejando como recomendación de posibilidad de generarlo como un tópico dentro de la malla curricular.
8. Los niveles de comprensión del grupo invitado I.P.N. a pesar de ser de estar en once no muestran diferencias en su conocimiento respecto a los estudiantes de primer semestre de Mecánica I.
9. La interpretación de los sismos y el estudio de esta rama muestra un enlace directo entre la física y la matemática, sin dicha unión sería posible explicar el fenómeno.
10. Logró hacerse evidente que Colombia es un país de riesgo sísmico considerable, que fue interiorizado tanto por los estudiantes a los que se les aplicó la unidad como a la creadora de la misma.

La implementación piloto en la Universidad permitió generar impacto en la comunidad seleccionada y una reflexión por parte de los participantes externos (entrevistas) en la falta de la divulgación científica y social del estudio de desastres naturales, siendo un tema que en la actualidad está tomando mayor fuerza y debe ser estudiado con mayor rigurosidad. El estudio de los fenómenos sísmicos no puede ser abarcado solo por las áreas de las ciencias porque es una temática que abarca todas las comunidades, por tanto, el uso de matemática básica de bachillerato no es suficiente pero si permite una generalización y comprensión de los conceptos que en muchas ocasiones presentados por los medios de comunicación pero los cuales no presentan claridad respecto a estos.

Por último, fue necesario crear un modelo sencillo que permita que el estudiante interactúe y logre interiorizar los conceptos aprendidos por la unidad, lo que conllevó un trabajo extra



pero gratificante, puesto que el diseño puede ser usado por cualquier persona que desee aprender del fenómeno sísmico.

Este trabajo conllevó un gran esfuerzo en el uso de las tecnologías de la información y comunicación dentro de la implementación de unidades didácticas, siendo un aporte muy grande a mi formación como docente, ya que la simple elaboración abarca una estructuración de las diversas metodologías de enseñanza y como se están manejando en la actualidad.

Como recomendación se espera que los trabajos en esta área de la física sean más consultados en el Departamento, dentro de las asignaturas de ondas.

## 12. Bibliografía

- Amaya Correa, J. e. (2012). Gestión de riesgo sísmico en Medellín, alistamiento y resiliencia de la ciudad frente a un terremoto. *Maestría en estudios urbano regionales*, . Medellín, UNAL, Colombia.
- Campos García, A. (2009). Prevención y reducción de riesgos a través de los instrumentos de planificación territorial en Bogotá. 1. Perú: PULL CREATIVO S.R.L.
- Castro Castillo, D. C., & Ramirez Rincon, M. E. (2009). La Escuela en movimiento: una propuesta didáctica para el estudio de conceptos físicos implicados en un sismo. Bogotá, Colombia.
- Cenapred. (Abril de 2004). Ondas Sísmicas. México.
- El Tiempo . (11 de marzo de 2015). Dos segundos más y se van al piso las casas en Betulia. *El Tiempo*, pág. 1.
- Espinosa Baquero, A. (2009). Historia Sísmica de Bogotá. *Sociedad geográfica de Colombia*.
- Galvis, C. J., & Pinzon, J. E. (2008). *Plan de Manejo ambiental y plan de emergencias y contingencias de la Universidad Pedagógica Nacional*. Documento del sistema de administración Ambiental de la U.P.N, Universidad pedagógica Nacional.
- Gantiva Garzón, J. E. (2011). Conceptos físicos implicados en la explicación de los sismos. Una aproximación a las ondas sísmicas. Bogotá, Colombia.
- Gonzalez, S. (Marzo de 2003). Terremoto en Santafé. *Banco de la República*.
- Hernandez Ortiz, G. (2012). Conceptos básicos sobre terremotos y las causas que lo originan, proyecto de prevención y mitigación del riesgo en el colegio Nicolás Gómez Dávila I.E.D. *Maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales* . Bogotá, Colombia.
- Hernandez Sampieri, R., & Collado, C. F. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Jara, V. A. (2007). Estudio sobre Diseño Sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres. Lima, Perú.

- Mayorga Lopez, E. F., & Poveda Matallana, W. D. (2013). Análisis gráfico y numérico en la interpretación de una señal sísmológica: Temáticas de la física de ondas implicadas en un sismo. Bogotá, Colombia.
- Molina, J., & García, A. (s.f.). Aprendizaje basado en problemas: una alternativa al. *Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria*. Vol 3. N.º2, 7.
- Murcia, U. d. (18 de mayo de 2016). *Dinamica de la Geosfera*. Obtenido de Universidad de Murcia: [http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema\\_5.\\_dinamica\\_de\\_la\\_geosfera\\_.pdf](http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema_5._dinamica_de_la_geosfera_.pdf)
- Noguera, E., Noguera, G., & Noguera, M. (2012). El aprendizaje visto desde la perspectiva ecléctica de Robert Gagné y el uso de las nuevas. *Redalyc*.
- Pere Marquez, G. (2002). Metodos Didacticos y Recursos Educativos. *DIM*.
- Perez Vivas, P. (20 de 09 de 2016). *El gran terremoto de los Andes*. Obtenido de Geocities: <http://www.geocities.ws/dc-tachira/cucuta.html>
- Preciado, G. (2007). Otra Nueva Sede o la continuacion del viacrucis. 2-4.
- Prieto. (2006). Aprendizaje activo en el aula universitaria: el caso del aprendizaje basado en problemas. *Miscelánea Comillas*, 176 196.
- Ramirez Gonzales , A. (s.f.). *Metodologia de la Investigacion Cientifica*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Restrepo, B. (2005). Aprendizaje basado en Problemas: Una innovación didactica para la enseñanza universitaria. *Pedagogia Universitaria* , 1-12.
- Riveros , J. (2015). Bogota ¿ A punto de sufrir un terremoto? *Unimedios*.
- Rodriguez Jimenez , J. M. (s.f.). Algunas teorías para el diseño instructivo de unidades didacticas. *Educacion a Distancia*, 20.
- Serwey, R. a. (2008). *Fisica par ciencias e ingenieria* (Vol. 1). Mexico: Cengage Learning Editores.
- Tarback, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra* (8 Ava edición ed.). Madrid: Pearson.
- Tarback, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la tierra una introducción a la geología física*. (Vol. Octava). Pearson Education.
- Velazco Zarate, J. H. (2014). Elaboración de una cartilla complementaria a las actividades preventivas que se realizan en la escuela en torno a los terremotos. *Maestría de enseñanza de las ciencias exactas y naturales*. Bogotá, Colombia.

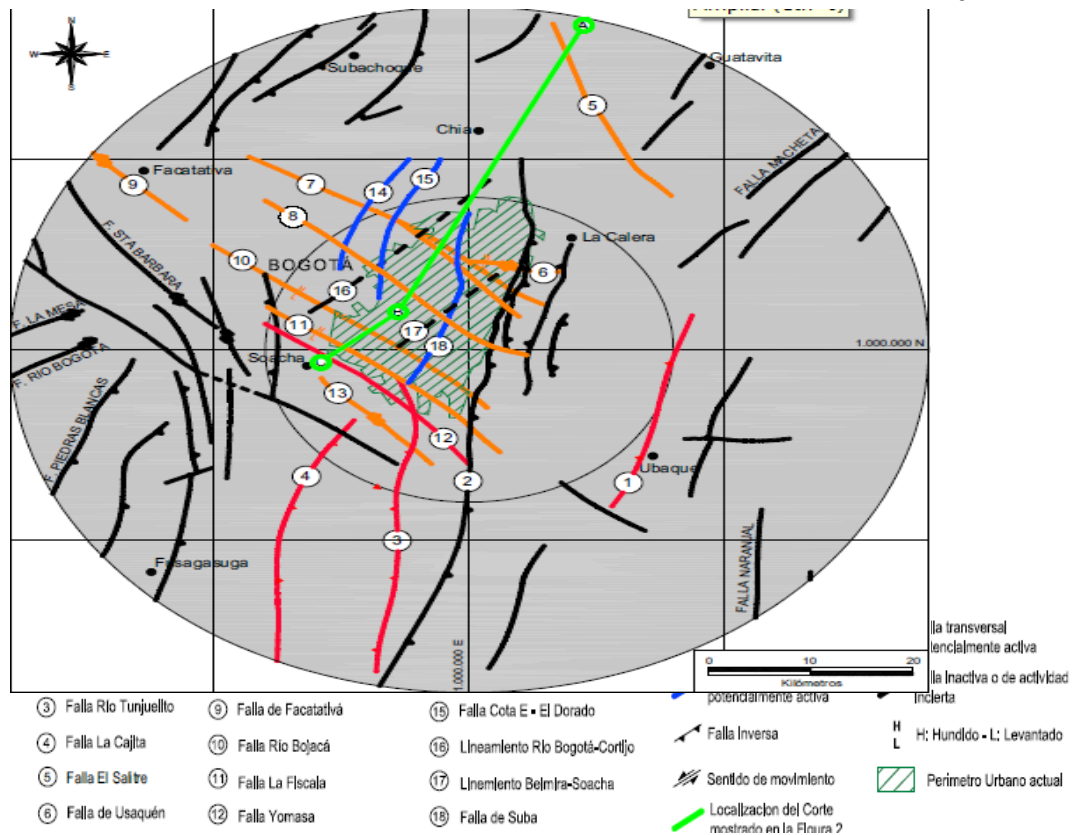
### 13. Anexos.

A continuación se dan a conocer los anexos del trabajo de grado que permiten dar mayor coherencia y profundidad al texto

- Anexo 1

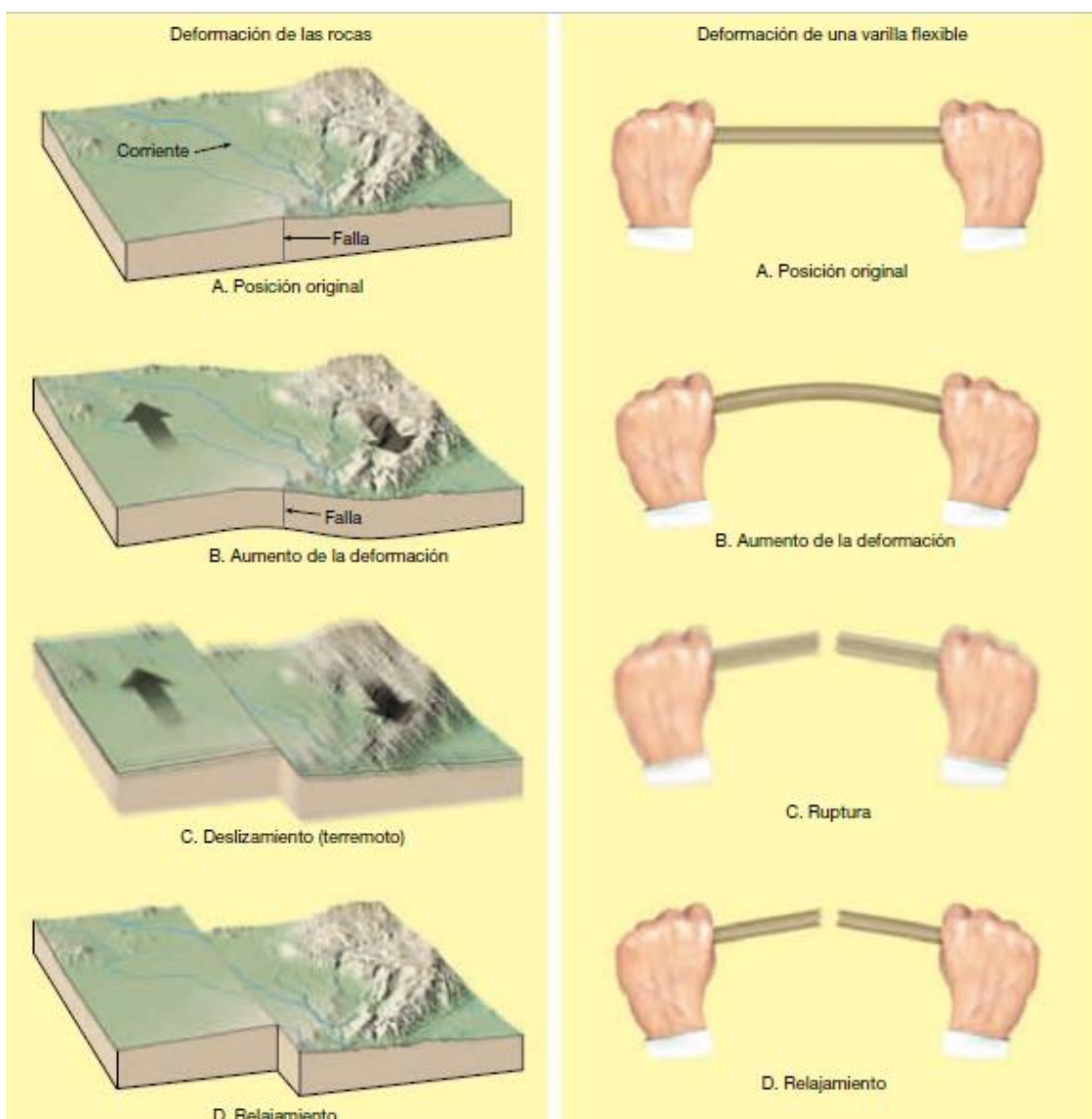
Esta imagen muestra las diversas fallas transversales activas, muy activas y potenciales, así mismo, la posición geográfica de las fallas.

Ilustración 12. Tomada de poster XI congreso de geología, fallas plioceno - cuaternarias ocultas bajo los sedimentos de la zona urbana de bogotá: importancia para la evaluación de la amenaza sísmica potencial



- Anexo 2

Esta imagen ejemplifica la resistencia de las placas y su analogía de la oposición del lápiz a quebrarse.



*Ilustración 13- deformación de las fallas, tomado del libro (Tarbuck & Lutgens, 2005) pág. 309*

**ANEXO. La unidad y su aplicación se encuentran anexada en un archivo externo a este documento debido a su diseño, en la plataforma Publisher.**

Anexo 3. Escalas de Mercalli y Richter acorde a la intensidad y magnitud de un sismo.

Escala de Mercalli	Escala de Richter
<b>I.</b> Casi nadie lo ha sentido.	<b>2,5</b> En general no sentido, pero registrado en los sismógrafos.
<b>II.</b> Muy pocas personas lo han sentido.	
<b>III.</b> Temblor notado por mucha gente que, sin embargo, no suele darse cuenta de que es un terremoto.	<b>3,5</b> Sentido por mucha gente.
<b>IV.</b> Se ha sentido en el interior de los edificios por mucha gente. Parece un camión que ha golpeado el edificio.	
<b>V.</b> Sentido por casi todos; mucha gente se despierta. Pueden verse árboles y postes oscilando.	
<b>VI.</b> Sentido por todos; mucha gente corre fuera de los edificios. Los muebles se mueven, pueden producirse pequeños daños.	<b>4,5</b> Pueden producirse algunos daños locales pequeños.
<b>VII.</b> Todo el mundo corre fuera de los edificios. Las estructuras mal construidas quedan muy dañadas; pequeños daños en el resto.	
<b>VIII.</b> Las construcciones especialmente diseñadas dañadas ligeramente, las otras se derrumban.	<b>6,0</b> Terremoto destructivo.
<b>IX.</b> Todos los edificios muy dañados, desplazamientos de muchos centímetros. Grietas apreciables en el suelo.	
<b>X.</b> Muchas construcciones destruidas. Suelo muy agrietado.	<b>7,0</b> Terremoto importante.
<b>XI.</b> Derrumbe de casi todas las construcciones. Puentes destruidos. Grietas muy amplias en el suelo.	<b>8,0</b> Grandes terremotos.
<b>XII.</b> Destrucción total. Se ven ondulaciones sobre la superficie del suelo, los objetos se mueven y voltean.	<b>o más</b>

Ilustración 14. Tomada de recursos digitales <http://cienciageografica.carpetapedagogica.com>

Cuadro de liberación de energía en dinamita TNT acorde al grado de magnitud del terremoto y terremoto ejemplo de dicha magnitud.

ESCALA DE RICHTER	TNT	EJEMPLOS
-1,5	1 g	Movimientos sólo perceptibles por instrumental
1,0	170 g	
1,5	910 g	
2,0	6 kg	
2,5	29 kg	
3,0	181 kg	
3,5	455 kg	Movimientos perceptibles por parte de la población pero sin grandes daños estructurales salvo en el epicentro
4,0	6 t	
4,5	32 t	
5,0	199 t	Terremoto de Albolote, Granada (España), 1956
5,5	500 t	Terremoto de Little Skull Mountain, Nevada (Estados Unidos), 1992
6,0	1.270 t	Terremoto de Double Spring Flat, Nevada (Estados Unidos), 1994
6,5	31.550 t	Terremoto de Northridge, California (Estados Unidos), 1994
7,0	199.000 t	Terremoto de Hyogo-Ken Nanbu (Japón), 1995
7,5	1.000.000 t	Terremoto de Messina (Italia), 1908
8,0	6.270.000 t	Valor promedio de los terremotos de Ciudad de México (México), 1985
8,5	31,55 millones de t	Terremoto de Kansu y Stransi (China), 1920
9,0	200 millones de t	Terremoto del océano Índico, 2004
9,5	250 millones de t	Terremoto de Valdivia (Chile), 1960
10,0	6.300 millones de t	Creación de una falla tipo San Andrés, California
12,0	1 billón de t	Fractura de la Tierra

Ilustración 15. Tomada de <http://colon.magnaplus.org/documents>. Sismos

Anexo 4.

A continuación se muestran las fotografías del dispositivo elaborado para la comprensión del fenómeno sísmico desde las construcciones, magnitud y tipos de ondas.

