



Modelos intuitivos a través de la Educación STEM para la construcción  
de conocimiento en el fenómeno de la refracción.

Juan Carlos Arroyave

Juan David Flórez Córdoba

Ana María Ramírez Carmona

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Matemáticas y Física

Tutor

René Alejandro Londoño Cano

Doctor (PhD) en Educación Matemática

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Licenciatura en Matemáticas y Física

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita	(Arroyave et al. 2022)
<b>Referencia</b>	Arroyave, J. C., Flórez Córdoba, J. D., Ramírez Carmona, A. M (2022). <i>Modelos intuitivos a través de la educación STEM para la construcción de conocimiento en el fenómeno de la refracción</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Grupo de Investigación Educación Matemática e Historia (Edumath).

Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas (CIEP).



Centro de Documentación Educación

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Wilson Bolívar Buriticá.

**Jefe departamento:** Cártul Valerico Vargas Torres

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

A mi madre Martha Oliva Arroyave que luchó conmigo para sacar adelante mi carrera. Y al

INEM por permitirme crecer como docente en sus instalaciones.

A mi madre Margarita por darme su apoyo constante a nivel emocional.

A mi madre Fabiola Carmona, por siempre creer en mí, y por luchar por mí y conmigo, aun cuando nadábamos contra la corriente.

## **Agradecimientos**

A la universidad de Antioquia, no sólo por ser un espacio donde se crece conceptualmente, sino también por ser un espacio donde se crece personalmente, profesionalmente y por ser nuestro segundo hogar.

A nuestras madres, que sin ellas no seríamos lo que somos ahora. Por ser mamás generosas y mágicas, que con lo poco que tenían.

Y, finalmente, a nuestro asesor de práctica, por ser un hombre de infinita sabiduría, que no solo construye con su saber, sino también con su ser. Que nos inspira a ver la docencia de una manera diferente. Que nos motiva a ser como él.

## Tabla de Contenido

<b>Resumen</b> .....	<b>11</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>12</b>
<b>1 Contextualización del Estudio</b> .....	<b>13</b>
1.1 Planteamiento del Problema .....	13
1.1.1 Justificación.....	13
1.1.2 Formulación del Problema.....	14
1.2 Pregunta de Investigación .....	15
1.3 Objetivos de Investigación .....	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Objeto de Estudio .....	15
1.5 Objeto de Saber Específico .....	16
1.6 Antecedentes .....	16
1.6.1 Acerca de la Intuición .....	16
1.6.2 Acerca de la Refracción .....	17
1.6.3 Acerca de la Educación STEM.....	18
<b>2 Marco referencial</b> .....	<b>20</b>
2.1 Marco contextual.....	20
2.2 Marco Legal .....	23
2.2.1 Matriz de Referencia.....	23
2.2.2 Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA).....	25
2.2.3 Estándares Básicos de Competencias .....	27
2.3 Referentes Teóricos.....	27
2.3.1 Educación STEM .....	28

2.3.2 Intuición .....	29
2.3.3 Modelos intuitivos .....	29
2.4 Marco conceptual .....	30
2.4.1 Formación de imágenes en lentes .....	33
<b>Capítulo III. Metodología .....</b>	<b>37</b>
3.1 Paradigma o Enfoque Elegido. ....	37
3.1.1 Enfoque cualitativo .....	37
<b>3.2 Diseño o Método y Pertinencia. ....</b>	<b>38</b>
3.2.1 <i>Teoría Fundamentada.</i> .....	38
3.2.2. <i>Teoría Fundamentada Emergente.</i> .....	39
<b>3.3 Selección de la Población Objeto de Estudio, Participantes. ....</b>	<b>40</b>
3.3.1 Primer Momento .....	41
3.3.2 Segundo Momento. ....	42
<b>3.4 Diseño de los Instrumentos. ....</b>	<b>42</b>
3.4.1 <i>Evaluación Diagnóstica.</i> .....	42
3.4.2 <i>Experimentación</i> .....	43
3.4.3 <i>Guía de Laboratorio</i> .....	43
<b>3.5 Recolección de Información. ....</b>	<b>44</b>
3.5.1 <i>Fase 1: Conocimiento Intuitivo</i> .....	44
3.5.2 <i>Fase 2: El Mundo al Revés.</i> .....	45
3.5.3 <i>Fase 3: Interacción</i> .....	45
<b>3.6 Consideraciones Éticas. ....</b>	<b>45</b>
<b>Capítulo IV. Análisis de la Información. ....</b>	<b>47</b>
4.1 Unidad de Análisis .....	47
4.2 Análisis de los Datos por Fases .....	47

4.2.1 Categorías .....	48
4.2.1.1 Categoría 1 (C1): Abstracción vs. Intuición.....	48
4.2.1.2 Categoría 2 (C2): Explicito vs. Implícito .....	49
4.2.1.3 Categoría 3 (C3): Analógico vs. Paradigmático.....	49
4.2.2 Fases.....	49
4.2.2.1 Fase 1: .....	50
4.2.2.2 Fase 2: .....	55
4.2.2.3 Fase 3: .....	57
4.3 Análisis general de los datos cualitativos.....	59
<b>Capítulo V. Conclusiones.....</b>	<b>61</b>
5.1 Consecución de los Objetivos .....	61
5.2 Aportes del Trabajo a los Investigadores .....	62
5.3 Nuevas Perspectivas Encontradas .....	63
5.4 Futuras Líneas de Investigación .....	63
5.5 Discusiones.....	64
5.5.1 Discusión #1.....	64
5.5.2 Discusión #2.....	65
5.5.3 Discusión #3.....	65
<b>6 Referencias .....</b>	<b>67</b>

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> Antecedentes Sobre la Intuición.....	16
<b>Tabla 2</b> Acerca de la Refracción. ....	18
<b>Tabla 3</b> Acerca de la Educación STEM. ....	19
<b>Tabla 4</b> Matriz de Referencia del Área de Ciencias Naturales.....	23
<b>Tabla 5</b> Matriz de Referencia del Área de Física. ....	24
<b>Tabla 6</b> Matriz de Referencia del Grado 11°.....	25
<b>Tabla 7</b> DBA del Área de Matemáticas de los Grados 8° y 9°. ....	26
<b>Tabla 8</b> Estándares Básicos de Competencias.....	27
<b>Tabla 9</b> Convenciones para Determinar las Características de la Imagen a través del Método Analítico. ....	36
<b>Tabla 10</b> Bosquejo Inicial del Análisis.....	48
<b>Tabla 11</b> Registro de Respuestas Primera Pregunta. ....	50
<b>Tabla 12</b> Registro de Respuestas Segunda Pregunta.....	52
<b>Tabla 13</b> Registro de Respuestas Tercer Pregunta. ....	53
<b>Tabla 14</b> Registro de las Conclusiones Fase 2. ....	55
<b>Tabla 15</b> Registro de Conclusiones Fase 3.....	58

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> Refracción.....	32
<b>Figura 2</b> Esquema del Rayo de Luz Atravesando Diversos Medios.....	32
<b>Figura 3</b> Convergencia (a) y Divergencia (b) .....	33
<b>Figura 4</b> Plano para el Trazado de los Rayos en una Lente Convergente.....	34
<b>Figura 5</b> Trazado de Rayos para Lentes Convergentes y Divergentes.....	35
<b>Figura 6</b> Diseño Emergente.....	40

## **Lista de Anexos**

<b>Anexo 1</b> Guía diagnóstica.....	69
<b>Anexo 2</b> Evidencias construcción cámara oscura. ....	70
<b>Anexo 3</b> Guía de laboratorio.....	71
<b>Anexo 4</b> Consentimiento informado práctica pedagógica. ....	74
<b>Anexo 5</b> Ponencia Escolme.....	75
<b>Anexo 6</b> Ponencia Playa Alta.....	76

## Siglas, Acrónimos y Abreviaturas

<b>APA</b>	American Psychological Association
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia
<b>G1</b>	Grupo 1
<b>G2</b>	Grupo 2
<b>G3</b>	Grupo 3
<b>F1</b>	Fase 1
<b>F2</b>	Fase 2
<b>F3</b>	Fase 3
<b>STEM</b>	Ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas.
<b>INEM</b>	Instituto nacional de educación media.
<b>TIC</b>	Tecnologías de la información y la comunicación.
<b>UNESCO</b>	Organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura.
<b>STEAM+H</b>	Ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas, arte y humanidades.
<b>DBA</b>	Derechos básicos de aprendizaje.
<b>CTS</b>	Ciencia tecnología y sociedad.
<b>C1</b>	Abstracción vs. intuición
<b>C2</b>	Explicito vs. implícito
<b>C3</b>	Analógico vs. paradigmático.
<b>PhD</b>	Philosophie doctor

### Resumen

¿Cómo se puede generar conocimiento significativo en el aula? ¿cómo puedo diseñar una estrategia de enseñanza basada en los procesos mentales que realiza cada individuo? Este trabajo de investigación, si bien no busca dar una respuesta total y absoluta a estas cuestiones, sí busca esbozar a partir de la enseñanza de la refracción en el aula, todos aquellos procesos cognitivos que dependen de la intuición y que realizan los estudiantes para comprender conceptos abstractos de la física, haciendo uso de una caracterización de modelos intuitivos propuestos por Fischbein y de la teoría fundamentada como marco metodológico, lo que nos permite transformar los modelos en categorías para posteriormente relacionarlas y explicar (o esbozar con claridad) cómo aprenden los estudiantes. Además de tener en cuenta otro aspecto fundamental que es el de analizar cómo la educación STEM y la interrelación entre las matemáticas y la física aportan o no a esta generación de conocimiento.

*Palabras clave:* Intuición, modelos intuitivos, STEM, refracción.

### **Abstract**

How can you generate meaningful knowledge in the classroom? How can I design a teaching strategy based on the mental processes that each individual performs? This research work, while not seeking to give a total and absolute answer to these questions, does seek to sketch from the teaching of refraction in the classroom, all those cognitive processes that depend on intuition and that students perform to understand abstract concepts of physics, making use of a characterization of intuitive models proposed by Fischbein and grounded theory as a methodological framework, which allows us to transform models into categories and then relate them and explain (or outline clearly) how students learn. In addition to taking into account another fundamental aspect that is to analyze how STEM education and the interrelationship between mathematics and physics contribute or not to this generation of knowledge.

*Keywords:* Intuition, intuitive models, stem, refraction.

## 1 Contextualización del Estudio

Este capítulo da respuesta a las cuestiones como: el por qué de la pregunta de investigación, en que nos basamos para empezar a desarrollarla y cómo se logrará dar respuesta a esta, siendo la resolución de estas preguntas la base fundamental para el desarrollo de este trabajo de investigación.

### 1.1 Planteamiento del Problema

#### 1.1.1 *Justificación*

Desde hace mucho tiempo las matemáticas y la física se han impartido como dos áreas que tienen muy poco en común. Se le ha delegado a la matemática la resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento lógico, y a la física la comprensión de los fenómenos físicos. Y aunque claramente estas dos áreas abarcan estas cuestiones particulares, se ha olvidado que a través de las matemáticas es posible modelar también estos fenómenos físicos y comprenderlos.

Además, durante el trabajo de campo realizado en la institución educativa, se puede evidenciar el poco uso de las TIC al momento de impartir las clases de Física, herramientas que son indispensables para una contextualización asertiva de los conceptos y un acercamiento más profundo a estos. Por ejemplo, en el caso de la enseñanza de la refracción y de cómo se evidencia ésta en la unidad de aprendizaje de las lentes, al momento de explicar los rayos notables, cómo inciden estos en los diferentes tipos de lentes y cómo es la imagen que se forma a través de éstos, se hace regularmente a través del método “tiza, tablero y discurso”, lo que le impide al estudiante, relacionar este concepto con la vida cotidiana, situación que sucede de manera análoga con el modelo matemático, pues desde un inicio, no se vincula al fenómeno estudiado con el modelo matemático o en palabras de Elizondo Treviño (2013): “entre los problemas de enseñanza de la Física cobra importancia el deficiente desarrollo de las habilidades comunicativas propias de las matemáticas requeridas para la Física”. En otras ocasiones, es natural que algunos profesores de

Física intenten mostrar modelos matemáticos para explicar un fenómeno determinado, pero no logran trascender la estructura del modelo, reduciendo el fenómeno a las matemáticas, porque como nos dice Elizondo Treviño (2013): “la enseñanza tradicional de la Física tiene como principales características que su enseñanza y aprendizaje están orientados hacia el conocimiento y no hacia el proceso de aprendizaje”.

Se pretende entonces realizar la caracterización de los modelos intuitivos propuestos por Fischbein y hacer uso de la Educación STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), para aprovechar las similitudes y los puntos en común en este caso, de las matemáticas y de la física, para visualizar como la interdisciplinariedad juega un papel importante en la resolución de situaciones y problemas de la vida cotidiana de la mano de la tecnología.

### ***1.1.2 Formulación del Problema.***

En Colombia, hace muchos años se desarrolla una educación formal que consiste en la implementación de diferentes niveles de formación según las etapas de crecimiento, que a su vez, se constituyen en grados por año con énfasis en la formación para el trabajo. Sin embargo, actualmente el desarrollo de este tipo de educación mediante clases magistrales y la separación de dichos niveles por áreas del conocimiento, ha significado una gran grieta en lo que se refiere al conocimiento significativo adquirido por los estudiantes debido a las dificultades presentadas para comprender los fenómenos físicos:

- “1. Dificultades para identificar los datos relevantes del problema
2. Dificultades para comprender los significados de los datos
3. Dificultades para contextualizar los conceptos de la Física
4. Dificultades para transcribir al lenguaje matemático los datos del problema
5. Dificultades por deficiencias en sus habilidades matemáticas

6. Dificultades para transcribir al lenguaje de la Física los datos de la solución del problema.” (Elizondo Treviño, 2013)

Es por esto que el objeto del presente trabajo de grado es implementar una estrategia educativa de la mano de la Educación STEM y la intuición, para caracterizar en un grupo de estudiantes ciertos modelos intuitivos, para así obtener conocimiento significativo y que, además, los estudiantes tengan una formación para el trabajo integral y para su futuro, en el contexto del desarrollo tecnológico actual.

## **1.2 Pregunta de Investigación**

¿Cómo caracterizar los modelos intuitivos a través de la Educación STEM como estrategia para la construcción de conocimiento en el fenómeno de la refracción?

## **1.3 Objetivos de Investigación**

### ***1.3.1 Objetivo General***

Caracterizar los modelos intuitivos a través de la Educación STEM para la construcción de conocimiento del fenómeno de la refracción con los estudiantes del grado undécimo de la institución educativa INEM José Félix de Restrepo.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Identificar las principales características de la Educación STEM y su posibilidad de vincularlas con el conocimiento intuitivo.
- Rastrear los desarrollos teóricos sobre el conocimiento intuitivo.
- Consolidar una estrategia para la generación de un modelo intuitivo a través de la Educación STEM para la construcción de conocimiento en el fenómeno de la refracción.

## **1.4 Objeto de Estudio**

Modelos intuitivos para la construcción de conocimiento en el fenómeno de la refracción.

## 1.5 Objeto de Saber Específico

Interrelación conceptual en el fenómeno de la refracción.

## 1.6 Antecedentes

### 1.6.1 Acerca de la Intuición

La intuición según Fischbein (1987), constituye una parte fundamental del conocimiento y hace referencia a todas aquellas ideas primitivas o primeros pensamientos que se tienen frente a una situación determinada, por esto, es importante hablar de intuición cuando queremos abordar la manera en la que los estudiantes aprenden y cuando queremos implementar una metodología para generar conocimiento significativo, pues conocer cómo los estudiantes piensan y abordan algún tema a partir de la intuición será nuestro punto de partida para desarrollar este modelo.

En la siguiente tabla, se encuentran algunos referentes sobre la intuición. Algunas de estas ideas se retomaron e investigaron para así poder saber las primeras impresiones que tienen los estudiantes sobre el fenómeno de la refracción.

**Tabla 1**

*Antecedentes Sobre la Intuición.*

Título del trabajo	Autor(es)	Cita	Ideas por destacar
La importancia de la argumentación matemática en el aula.	(Crespo, 2005)	El conocimiento matemático se sustenta en dos modos de comprensión y expresión: uno se realiza de forma directa que corresponde a la intuición y el otro se lleva a cabo de forma reflexiva, es decir, lógica. Estos modos de conocimiento, aunque de naturaleza distinta, son complementarios e indispensables en la matemática. El primero es creativo y subjetivo, mientras que el segundo es analítico y objetivo. (...) (p. 24)	La intuición es importante para adquirir habilidades matemáticas y físicas, en este caso específico, para la refracción, ya que permite tomar las ideas propias de cada estudiante para poder llegar a la construcción de un conocimiento más objetivo y general.

<p>Intuición y razón en la construcción del conocimiento matemático.</p>	<p>(Crespo, 2008)</p>	<p>El término intuición ha sido utilizado a través de la historia de la humanidad con diversos significados y en diversos contextos. La intuición sensible ha sido caracterizada como una facultad prerracional; la intuición pura o mística se refirió a una aptitud suprarracional; la intuición intelectual, a una variedad de la razón. Para distintos filósofos, la intuición ha constituido una facultad mental que caracteriza un modo de razonamiento autónomo. Para los científicos, el conocimiento adquirido por medio de la intuición ha sido considerado parcial e inexacto y debe ser sometido a posterior validación. Pero en ambos casos, la intuición es comprendida como una fuente de progreso que debe ser sometida a prueba. El tipo de prueba necesaria depende de las características de la ciencia correspondiente. (p. 718)</p>	<p>Los conocimientos previos adquiridos por medio de la experiencia o por las ideas primitivas son muy importantes porque guían la forma de abordar un concepto para que los estudiantes tengan un conocimiento más profundo y una mayor apropiación de éste.</p>
<p>Intuition in Science and Mathematics an Educational Approach</p>	<p>(Fischbein, 1987)</p>	<p>Los modelos representan una herramienta esencial para dar forma a cogniciones intuitivamente aceptables. Siempre que una persona tiene que enfrentarse a una noción que es intuitivamente inaceptable, tiende a producir, a veces deliberadamente, a veces inconscientemente, sustitutos de esa noción que son intuitivamente más accesibles. Estos sustitutos se denominan comúnmente modelos intuitivos. (p. 121)</p>	<p>El fenómeno de la refracción tiene componentes tanto matemáticos como físicos, por ende, su estudio se complica porque hay conceptos que no son intuitivos y de difícil comprensión, por esto, es necesario caracterizar modelos intuitivos que sean el puente entre las nociones básicas y los conceptos abstractos para generar conocimiento.</p>

### 1.6.2 Acerca de la Refracción

En la tarea de caracterizar los modelos intuitivos haciendo uso de una interrelación entre las matemáticas y la física a partir de la Educación STEM, las TIC y la intuición, parece acertado trabajar la óptica geométrica, específicamente, el fenómeno de la refracción, debido a que tiene un componente físico interesante y no trivial para comprender cómo se forman las imágenes, y cómo las matemáticas proveen información y explicación a través de la modelación con ecuaciones generadas por razonamientos geométricos que dan respuesta a preguntas o situaciones planteadas.

La siguiente tabla contiene algunas citas referentes al componente de la óptica y al porqué es necesario detectar, caracterizar o generar un modelo que permita su comprensión.

**Tabla 2**

*Acerca de la Refracción.*

Título del trabajo	Autor(es)	Cita	Ideas por destacar
Una propuesta para el abordaje de la refracción y reflexión total interna utilizando el GeoGebra	(Cervantes et al. 2015)	En segundo lugar, se considera que mediante el uso de herramientas propias del GeoGebra pueden simularse algunos fenómenos físicos, incluyendo los casos de la refracción y reflexión total interna, dado que en ellos subyacen ciertas relaciones matemáticas o fórmulas que modelizan su comportamiento. A partir de estas fórmulas es posible elaborar un procedimiento de construcción consistente que sirva de base para la simulación de los fenómenos en el programa. (p. 21)	El estudio del fenómeno de la refracción está compuesto por algunos conceptos que no son intuitivos, por lo que el uso de herramientas tecnológicas como los simuladores (GeoGebra), facilitarían la comprensión de dichos conceptos en ambas áreas (física y matemáticas).
Prismatrón: Un simulador de la refracción de la luz en un prisma, como Herramienta motivadora en el aula	(Suero et al. 2008)	¿Cuál es la ventaja que representa la simulación de un fenómeno frente a la realización real en el laboratorio? La respuesta es múltiple: seguridad, tiempo, economía...no resulta difícil imaginar experiencias que por algunos de los motivos anteriores no puedan ser realizadas en el laboratorio. (p. 10)	En muchas instituciones no existen los recursos suficientes para la elaboración de laboratorios con material concreto, por lo que hacer uso de las herramientas tecnológicas sería una salida acertada para esta situación, además, con estas, se permite la adquisición de conocimiento.

**1.6.3 Acerca de la Educación STEM**

El STEM es una relativamente reciente que busca la integración de diversas áreas del conocimiento (ciencia, tecnología, matemática e ingeniería) para la formación integral y de conocimiento significativo de las generaciones futuras, de manera tal que pueda afrontarse de manera más eficiente la era de la tecnología y las situaciones de la vida cotidiana.

Por lo anterior, es menester hablar de la Educación STEM para llevar a cabo el presente trabajo de grado, ya que se pretende caracterizar modelos intuitivos en los que las matemáticas y la física en las aulas, no se enseñen de manera aislada, sino que, por el contrario, sea evidente la relación estrecha y la integración de mano de las TIC y la intuición, para formar sujetos con una educación integral y capacitados para afrontar la era tecnológica y los retos de la vida cotidiana.

Por lo anterior, en la tabla 3 se realiza un recuento de algunas citas relevantes para este trabajo de investigación.

**Tabla 3**

*Acerca de la Educación STEM.*

Título del trabajo	Autor(es)	Cita	Ideas por destacar
Desafíos actuales de la sociedad del conocimiento para la inclusión digital en América Latina.	(Pineda, 2009)	Las TIC ayudan a desarrollar nuevas formas de aprendizaje y de comunicación, no solo referidas a la adquisición de destrezas operativas diferentes sino a la extensión de las facultades intelectuales, ya que ellas pueden prolongar los sentidos humanos, pero también el cerebro y su capacidad de inteligencia y conocimiento. (p. 15)	Las herramientas TIC permiten optimizar el aprendizaje que adquieren los estudiantes y facilitan la obtención de conocimientos matemáticos y físicos. Se considera que las herramientas TIC son un instrumento fundamental para la comprensión del fenómeno de la refracción.
Educación STEM en y para el mundo digital. Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias, matemáticas y tecnologías.	(López et al. 2020)	No cabe duda de que todo ciudadano necesita una base sólida en conocimientos relacionados con las disciplinas STEM para poder dar respuesta a los problemas de la sociedad contemporánea (Osborne & Dillon, 2008). (p. 2)	Uno de los objetivos de la Educación STEM es formar individuos que tengan la capacidad de resolver problemas de la vida cotidiana, lo que es importante para la enseñanza de la matemática y la física porque permite relacionar ambas áreas con el día a día y favorecer su comprensión.
Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. Diálogos educativos, (33), 35-46	(García et al. 2017)	En la Educación STEM, la resolución de problemas es un elemento central (Aladé et al., 2016) debido a que favorece la participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, que se vuelve aún más significativo y provechoso si es que dichos problemas provienen o se conectan de alguna manera con situaciones del mundo real (Farrior et al., 2007; Sanders, 2009). (p. 40)	La Educación STEM permite que los estudiantes se transformen en un elemento activo en la construcción del conocimiento, ya que en las clases, la mayoría de las clases magistrales solo reciben información y no hacen parte de esta de una manera activa.

## 2 Marco referencial

El presente trabajo de investigación está enmarcado en el contexto de la Institución Educativa INEM José Félix de Restrepo, específicamente con los grados décimo y undécimo, bajo diversas modalidades para trabajar el fenómeno de la refracción de la mano de la Educación STEM, en conjunto con los DBA y los estándares Básicos de Competencia como documentos rectores en el marco legal.

### 2.1 Marco contextual

Este trabajo de grado surge de la práctica pedagógica realizada en la Institución Educativa INEM José Félix de Restrepo. En ésta se realizó un acompañamiento en calidad de practicante a algunos cursos de los grados décimos y undécimo tanto en el área de física como de matemáticas. Por eso, es pertinente conocer la institución, cómo funciona y el tipo de educación que imparte, además de destacar el proceso en el desarrollo de la práctica pedagógica durante el trabajo de campo.

La Institución Educativa INEM José Félix de Restrepo, en un inicio conocida como Instituto de Educación Media Diversificada “INEM José Félix de Restrepo”, abre sus puertas a partir de 1970 y nace de una reunión de ministros de educación en 1958 celebrada en Lima - Perú y auspiciada por la UNESCO, con el fin de crear los INEM para democratizar la enseñanza media y con el propósito de formar técnicos y mandos medios. Fue creada junto con 18 instituciones con características similares bajo el decreto 1962 del año 1969 con el doctor Carlos Lleras Restrepo como presidente de la República de Colombia y el doctor Gabriel Betancur Mejía como ministro de educación.

Actualmente, la sede en la que se realizaron las prácticas está ubicada en la comuna 14 de Medellín (Poblado), cuenta con un área total de  $62.124 m^2$  y las áreas construidas miden

26.779  $m^2$  en total, convirtiéndola en la Institución Educativa más grande de la ciudad. Ésta cuenta con un total de 4000 estudiantes aproximadamente, que se distribuyen de la siguiente manera: 380 en básica primaria, 2600 en básica secundaria y 1020 en educación media, además, cuenta con 180 docentes y 7 directivos docentes.

En el INEM se imparte cátedra en los niveles de educación básica secundaria, media académica, media técnica y media diversificada (por modalidades). La educación media diversificada es un tipo de educación específica del INEM, que permite el desarrollo de capacidades, habilidades e intereses de los estudiantes desde temprana edad, con miras a fortalecer las competencias científicas, técnicas, laborales y ciudadanas en el marco de lo que hoy se conoce como (STEAM+H) a través de la orientación vocacional en cada uno de los grados de sexto a undécimo. Es de aclarar que el término STEAM+H fue acotado por la ciudad de Medellín desde las dos últimas administraciones, queriendo hacer énfasis en que las *Humanidades* (de ahí el +H) también juegan un papel fundamental como componente complementario en la Educación STEM.

Finalmente, la Institución tiene una distribución académica cuya estructura se compone de cinco ramas (Industrial, Comercial, Promoción Social, Académica y Artes), las cuales se distribuyen en 13 departamentos académicos, que, a su vez, prestan el servicio educativo en Enseñanza Media Diversificada en 21 modalidades. Los grados décimo y undécimo tienen aproximadamente 50 grupos (que en el contexto INEM se llaman secciones) y los departamentos de Ciencias y Matemáticas cuentan con un número aproximado de 50 docentes.

El modelo de Enseñanza Media Diversificada con el que actualmente presta sus servicios educativos el INEM de Medellín consta de los tres ciclos que originalmente concibió el Sistema de Educación Media Diversificada:

1. Exploración Vocacional, con rotaciones semestrales durante los grados sexto y séptimo.
2. Orientación Vocacional, en el transcurso de los grados octavo y noveno, con elección de Rama al iniciar el grado octavo.
3. Educación Media Vocacional, en los grados décimo y undécimo, con elección de Modalidad al iniciar el grado décimo.

Rotación: Es la exploración vocacional donde se realiza un seguimiento al alumno en los grados sexto y séptimo, analizando sus afinidades y aptitudes para ingresar a las Ramas de: Industrial, Comercial, Promoción Social, Académica y Artes.

Rama: Comprende los grados octavo y noveno donde el alumno toma una primera decisión. Por medio de la Rotación, elige una de las Ramas, en donde recibe un conocimiento general de la rama y se acerca a las especialidades de la rama.

Modalidad: Comprende los grados décimo y undécimo. Permite al alumno tomar una segunda decisión, en la cual se formará en la modalidad, especialidad o salida ocupacional específica, de las 21 existentes.

Plan de estudios: Según el artículo 1° del decreto 363 de marzo de 1970, el plan de estudios para los INEM comprenderá dos núcleos de asignaturas:

- Un núcleo común de formación general, obligatoria para todos los estudiantes.
- Un núcleo formado por asignaturas vocacionales correspondientes a las ramas y modalidades existentes en cada INEM y que el estudiante seleccionará con ayuda del respectivo padre de familia, consejero y según sus aptitudes, intereses y aspiraciones.

## 2.2 Marco Legal

El presente trabajo de investigación se realizó enmarcado en la matriz de referencia, los DBA y los Estándares Básicos de Competencias sobre la óptica geométrica, específicamente sobre el fenómeno de la refracción y sobre la resolución de ecuaciones y el estudio de ángulos.

### 2.2.1 Matriz de Referencia.

De la matriz de referencia sobre ¿qué se evalúa en las pruebas saber? tomamos las competencias, aprendizajes y evidencias relacionadas con el trabajo de grado, es decir, las competencias relacionadas con ondas, análisis de fenómenos físicos y lo relacionado con planteamientos de problema, porque esto ayudará a entender cómo aprenden los estudiantes frente a determinadas unidades de aprendizaje, y con las actividades diagnósticas realizadas, poder analizar cómo la intuición y los modelos intuitivos son exhibidos.

En la tabla 4 y 5 se evidencian los aprendizajes y competencias que deben ser obtenidas en el área de ciencias naturales y de física.

**Tabla 4**

*Matriz de Referencia del Área de Ciencias Naturales.*

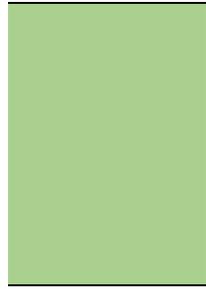
Componente	Procesos físicos, químicos, vivos y CTS	
Competencias	Aprendizaje	Evidencia
<b>Indagación</b>	Comprender que a partir de la investigación científica se construyen explicaciones sobre el mundo natural.	Reconoce la importancia de la evidencia para comprender fenómenos naturales.
		Analiza qué tipo de pregunta puede ser contestada a partir del contexto de una investigación científica.
	Utilizar algunas habilidades de pensamiento y de procedimiento para evaluar hipótesis o predicciones.	Da posibles explicaciones de eventos o fenómenos consistentes con conceptos de la ciencia (predicción o hipótesis).
		Diseña experimentos para dar respuesta a sus preguntas.

	<p>Elige y utiliza instrumentos adecuados para reunir datos.</p> <p>Reconoce la necesidad de registrar y clasificar la información para realizar un buen análisis.</p> <p>Usa información adicional para evaluar una predicción.</p>
	<p>Derivar conclusiones para algunos fenómenos de la naturaleza basándose en conocimientos científicos y en la evidencia de su propia investigación y de la de otros.</p> <p>Comunica de forma apropiada el proceso y los resultados de investigación en ciencias naturales.</p> <p>Determina si los resultados derivados de una investigación son suficientes y pertinentes para sacar conclusiones en una situación dada.</p> <p>Elabora conclusiones a partir de información o evidencias que las respalden.</p> <p>Hace predicciones basado en información, patrones y regularidades.</p>

**Tabla 5**

*Matriz de Referencia del Área de Física.*

Componente	Procesos físicos	
	Aprendizaje	Evidencia
<b>Uso de conceptos</b>	<p>Identificar las características de algunos fenómenos de la naturaleza basada en el análisis de información y conceptos propios del conocimiento científico.</p>	<p>Identifica las características fundamentales de las ondas, así como las variables y parámetros que afectan estas características en un medio de propagación.</p>
<b>Explicación de fenómenos</b>	<p>Explicar cómo ocurren algunos fenómenos de la naturaleza basada en observaciones, en patrones y en conceptos propios del conocimiento científico.</p>	<p>Elabora explicaciones al relacionar las variables de estado que describen un sistema, argumentando a partir de los modelos básicos de ondas.</p>



### 2.2.2 Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA)

Los DBA enmarcan al trabajo de grado y guían la investigación, dado que evidencian cuáles son las competencias que el estudiante debe tener, cómo debe resolver las preguntas y las situaciones problemas, y el proceso interpretativo e intuitivo necesario para la comprensión del fenómeno de la refracción, para así poder caracterizar modelos intuitivos acordes a sus conceptos más primitivos sobre el fenómeno. En la siguiente tabla se presentan los DBA del área de ciencias naturales que deben ser alcanzados por los estudiantes del grado 11°.

**Tabla 6**

*Matriz de Referencia del Grado 11°.*

Derechos básicos de aprendizaje grado 11°	
Aprendizaje	Evidencia
Comprende la naturaleza de la propagación del sonido y de la luz como fenómenos ondulatorios (ondas mecánicas y electromagnéticas respectivamente)	<p>Aplica las leyes y principios del movimiento ondulatorio (ley de la reflexión, refracción y principio de Huygens) para predecir el comportamiento de una onda y los hace visibles en casos prácticos, al incluir cambios de medio y de propagación.</p> <hr/> <p>Explica los fenómenos ondulatorios del sonido y la luz en casos prácticos (reflexión, refracción, interferencia, difracción y polarización)</p>

De igual manera, son importantes también los derechos básicos de aprendizaje del área de matemáticas, ya que, para identificar modelos intuitivos, se pretende generar una interrelación entre ambas áreas, además, de destacar las competencias necesarias para entender el fenómeno a cabalidad. En la tabla 7, se presentan los DBA en el área de matemáticas que deben ser alcanzados en los grados 8° y 9°, propuestos por MINEDUCACIÓN.

**Tabla 7**

*DBA del Área de Matemáticas de los Grados 8° y 9°.*

Derechos básicos de aprendizaje en el área de matemáticas grado 8°	
Aprendizaje	Evidencia
Reconoce los diferentes usos y significados de las operaciones (convencionales y no convencionales) y del signo igual (relación de equivalencia e igualdad condicionada) y los utiliza para argumentar equivalencias entre expresiones algebraicas y resolver sistemas de ecuaciones.	Reconoce el uso del signo igual como relación de equivalencia de expresiones algebraicas en los números reales.
	Propone y ejecuta procedimientos para resolver una ecuación lineal y sistemas de ecuaciones lineales y argumenta la validez o no de un procedimiento.
	Usa el conjunto solución de una relación (de equivalencia y de orden) para argumentar la validez o no de un procedimiento.
Identifica y analiza relaciones entre propiedades de las gráficas y propiedades de expresiones algebraicas y relaciona la variación y covariación con los comportamientos gráficos, numéricos y características de las expresiones algebraicas en situaciones de modelación.	Encuentra valores desconocidos en ecuaciones algebraicas.
Propone, compara y usa procedimientos inductivos y lenguaje algebraico para formular y poner a prueba conjeturas en diversas situaciones o contextos.	Representa relaciones numéricas mediante expresiones algebraicas y opera con y sobre variables.
Grado 9°	
Utiliza teoremas, propiedades y relaciones geométricas (teorema de Thales y teorema de Pitágoras) para proponer y justificar estrategias de medición y cálculo de longitudes.	Describe y justifica procesos de medición de longitudes.
	Explica propiedades de figuras geométricas que se involucran en los procesos de medición.
	Justifica procedimientos de medición a partir del teorema de Thales, teorema de Pitágoras y relaciones intra e interfigurales.
	Valida la precisión de instrumentos para medir longitudes.
	Propone alternativas para estimar y medir con precisión diferentes magnitudes.
	Opera con formas simbólicas que representan cantidades.

Utiliza expresiones numéricas, algebraicas o gráficas para hacer descripciones de situaciones concretas y tomar decisiones con base en su interpretación.	Reconoce que las letras pueden representar números y cantidades, y que se pueden operar con ellas y sobre ellas.
	Interpreta expresiones numéricas, algebraicas o gráficas y toma decisiones con base en su interpretación.

### 2.2.3 Estándares Básicos de Competencias

Los Estándares Básicos de Competencias son una guía sobre lo que el estudiante debe saber y debe saber hacer en relación con las diferentes áreas del conocimiento. En este caso, se espera que el estudiante reconozca y diferencie los modelos que expliquen el comportamiento y la naturaleza de la luz. A continuación, se presentan entonces dichos estándares.

**Tabla 8**

*Estándares Básicos de Competencias.*

Estándares Básicos de Competencias		
Entorno físico	Ciencia, tecnología y sociedad	Desarrollo de compromisos personales y sociales
Reconozco y diferencio modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz	Identifico aplicaciones de los diferentes modelos de la luz	Reconozco los aportes de conocimiento diferentes al científico
		Reconozco que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente

### 2.3 Referentes Teóricos

La enseñanza de las matemáticas y la física se ha impartido por mucho tiempo de la misma manera, a partir del método “tiza, tablero y discurso”, y aunque evidentemente las clases magistrales tienen sus ventajas, en esta era tecnológica se han quedado un poco atrás, por lo que, de la mano de la intuición y del STEM, se pretende resignificar un poco la manera de enseñar, y caracterizar modelos intuitivos que permitan potenciar las ideas base de los estudiantes para convertirlas en conocimiento.

### ***2.3.1 Educación STEM***

El término STEM aparece por primera vez en Estados Unidos en el año de 1990. De acuerdo con Bybee (2013) citado en la página de Colombiaprende del Ministerio de Educación Nacional:

Fue creado por The National Science Foundation como un acrónimo de Science, Technology, Engineering y Mathematics (ciencia, tecnología, Ingeniería y matemáticas en español) con el que se hacía referencia de forma general a eventos, políticas, proyectos o programas alusivos a estas áreas.

En 2006 es planteado un nuevo enfoque por Georgette Yakman, el cual tiene en cuenta el Arte; este enfoque recibe el nombre de STEAM (ciencia, tecnología, Ingeniería, artes y matemáticas). Para el presente trabajo de grado, se hará uso de la estructura teórica de la Educación STEM.

La Educación STEM es una motivación estructural para la innovación educativa que pretende formar personas íntegras, enfocadas hacia la resolución de problemas de la vida cotidiana y afrontar diversas situaciones. El STEM “es un concepto dinámico, alternativo, que permite recoger, vincular y articular investigaciones, trabajos y tareas de la educación científica que hoy trasciende fronteras, modelos y teorías, buscando desarrollar ciudadanos para el siglo XXI” (Kanobel et al. 2019. p.20). Otra perspectiva es:

la educación STEM se puede entender, en el contexto de las ciencias integradas, como una aproximación para la enseñanza de las ciencias, tecnologías, ingenierías y matemáticas de forma interdisciplinar, donde la rigurosidad de los conceptos científicos es desarrollada mediante actividades didácticas inmersivas aplicadas al mundo real. Al trabajar bajo este enfoque, los estudiantes aplican elementos de aquellas áreas, en contextos que vinculan la escuela, la comunidad, el mundo laboral y la industria (García et al. 2017, p. 20).

La educación STEM también permite que el conocimiento sea construido y no consumido, a su vez permite que los países pongan mayor énfasis en las políticas de ciencia y tecnología por encima de otros campos de estudio.

### ***2.3.2 Intuición***

La intuición es comprendida como los pensamientos o conocimientos primitivos de lo que nos rodea, se da desde la niñez y se potencia con las experiencias y vivencias de cada persona.

Uno puede, entonces, afirmar que las intuiciones se refieren a declaraciones evidentes que exceden los hechos observables. Permítanme agregar también el carácter coercitivo de las representaciones intuitivas. Siendo (aparentemente) evidentes por sí mismas, tales representaciones aparecen, en general, como absolutas e inmutables. (Fischbein, 1987, p. 14).

Es virtualmente imposible aceptar intuitivamente, por ejemplo, que un conjunto pueda ser equivalente a uno de sus subconjuntos propios. En este caso en específico, la intuición frente a las matemáticas y la física, son todas esas ideas previas que tiene el estudiante ante los conceptos que se le presentan, lo que piensa, lo que entiende, lo que analiza y lo que razona, por esto “ante el planteo de un problema matemático, debe despertarse el interés, basado en la aceptación de la incertidumbre como parte del proceso de aprendizaje. La intuición, por momentos saltea escalones del razonamiento lógico” (Crespo, 2005, p. 24). Aunque la intuición no siempre es acertada o no nos lleva al camino correcto, es una buena herramienta como punto de partida para potenciar el aprendizaje.

### ***2.3.3 Modelos intuitivos***

Un modelo intuitivo es una herramienta cognitiva que permite a una persona afrontar conceptos o conocimientos que intuitivamente son inaceptables, haciendo uso de un sustituto para

la noción que es intuitivamente más comprensible y aceptable. Este sustituto proviene de un pensamiento intencionado o inconsciente. Gentner (1983) señala que “en términos generales, un sistema B representa un modelo del sistema A si, sobre la base de un cierto isomorfismo, una descripción o una solución producida en términos de A puede reflejarse consistentemente en términos de B y viceversa” (Fischbein, 1987, p. 121).

Los modelos intuitivos y la Educación STEM son importantes como referentes teóricos para este trabajo de investigación, ya que resulta sustancial conocer, primero, si a partir de estos es posible construir conocimiento en el fenómeno de la refracción, segundo, si la observación posibilita que al hacer uso de los diferentes tipos de modelos intuitivos, se pueda generar conocimiento en el fenómeno de la refracción, y tercero, si al considerar que la Educación STEM es un enfoque, permite interrelacionar diferentes áreas de la ciencia y aportar situaciones significativas a la hora de construir conocimiento en el fenómeno de la refracción.

## **2.4 Marco conceptual**

Para el objeto de este trabajo de investigación, analizaremos el fenómeno de la refracción de la luz. La caracterización de los modelos intuitivos que permiten la comprensión de estos fenómenos matemática y físicamente, se considera que este fenómeno en particular es una buena opción, ya que para su comprensión, es necesario comprender la naturaleza abstracta de la luz (cómo viaja, cómo se propaga, su velocidad, cómo funcionan las ondas), la manera geométrica en que los rayos de luz atraviesan diferentes medios (cuáles son sus ángulos y las posibles construcciones que determinan las características de las imágenes que podrían ser percibidas por diferentes lentes) y, finalmente, la aplicación de estos conceptos con el método analítico. Comprender cuáles son las ideas primitivas que tienen los estudiantes sobre todos estos conceptos anteriores y lo que su intuición les dice del porqué del fenómeno, será fundamental para este

desarrollo investigativo, pues la enseñanza de las ciencias como todo proceso de enseñanza, busca generar en los individuos un aprendizaje óptimo.

De todos los sentidos con los que cuenta el ser humano, se podría decir que la visión es uno de los más importantes, porque nos permite dilucidar cómo es el mundo y todo lo que lo contiene solo mirando hacia adelante, es por esta razón que el estudio de la luz y la óptica ha sido algo recurrente a través de la historia de la física.

Pero para hablar de luz y posteriormente de óptica, como ya se mencionó, es necesario conocer las características de este fenómeno. La luz tiene una dualidad, que se refiere a que se comporta como onda y como partícula. Huygens en el año 1689 creía que la luz viajaba en forma de onda mecánica, pero posterior a esto, Newton en 1704 aseveró que viajaba en línea recta a gran velocidad. También, es necesario decir que la luz no solo es una onda, sino que es una energía que se dispersa a través de las partículas, por lo que solo somos conscientes de la luz cuando esta choca con los objetos y se refleja o se refracta en ellos, siendo percibida por nuestros ojos. (Terán, 2016).

Se puede decir entonces que la luz se comporta de maneras muy específicas dependiendo del medio en el que viaja (entendiendo por medios al aire, el agua, el vidrio, entre otros) y de los objetos u obstáculos con los que se encuentre. Estas características se refieren entonces al cambio en su velocidad, en su dirección y a si esta se refleja o se refracta. Como ya se ha mencionado, este estudio se centrará en la refracción y las circunstancias en el que este fenómeno se da.

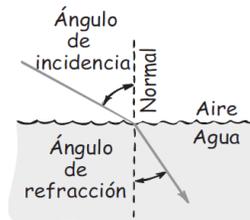
El estudio de la refracción comienza en 1600 por Descartes y por Snell. Esta se refiere al cambio de velocidad y dirección que experimenta un rayo de luz cuando cambia de un medio a otro. Cuando se da el cambio de medio, a parte de un cambio en la velocidad y dirección de la onda, también experimenta un cambio en el ángulo, es decir, el ángulo con el que incide o choca el rayo de luz contra la superficie, es diferente del ángulo con el que este se refracta.

$$\theta_i \neq \theta_r$$

Donde  $\theta_i$  es el ángulo de incidencia y  $\theta_r$  es el ángulo de refracción. En la siguiente imagen se ilustra lo anterior.

**Figura 1**

*Refracción*

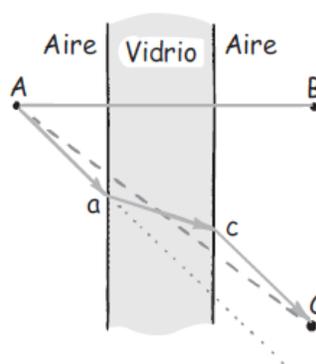


**Nota.** (Hewitt, 2007, pág. 535)

Ahora, la refracción puede suceder también a través de varios medios, es decir, puede ir del aire al agua y de nuevo al aire, o del aire al agua y al vidrio, entre otros, por ejemplo, la siguiente imagen ilustra lo anterior.

**Figura 2**

*Esquema del Rayo de Luz Atravesando Diversos Medios.*



**Nota.** (Hewitt, 2007, pág. 536)

Conociendo las características principales de la luz y uno de sus fenómenos, se tiene la relación de estos con la matemática y la física, teniendo, por un lado, los ángulos y los rayos, y por

el otro, las características de estos rayos; esta relación entonces la describe y la hace evidente Snell cuando matematiza el fenómeno de la refracción o lo que se conoce como la ley de Snell. En esta se relacionan los índices de refracción de cada medio (es decir, cuánto se reduce la velocidad de la luz dentro del medio) y el ángulo con el que la luz se refracta en ese medio específico.

$$n_1 \text{sen}\theta_i = n_2 \text{sen}\theta_r \quad \text{Ley de Snell}$$

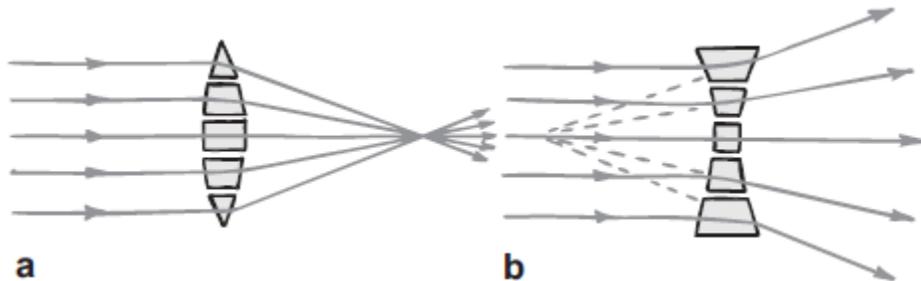
$$n = \frac{\text{velocidad de la luz en el vacío}}{\text{Velocidad de la luz en el medio}} \quad \text{Índice de refracción}$$

**2.4.1 Formación de imágenes en lentes**

La refracción no solo analiza cómo cambia la luz cuando pasa de un medio a otro, sino que también hace posible la formación de imágenes bajo este fenómeno. Esto ocurre cuando se tienen dos medios transparentes (o lentes) con índices de refracción distintos, es decir,  $n_1$  y  $n_2$ . Existen diferentes tipos de lentes, el presente trabajo se centrará en los convergentes y los divergentes, los primeros reciben los rayos de luz paralelos y los hacen converger en un punto, y los segundos, de igual manera, reciben los rayos de luz paralelos haciéndolos diverger. La figura 3 muestra lo que ocurre.

**Figura 3**

*Convergencia (a) y Divergencia (b)*

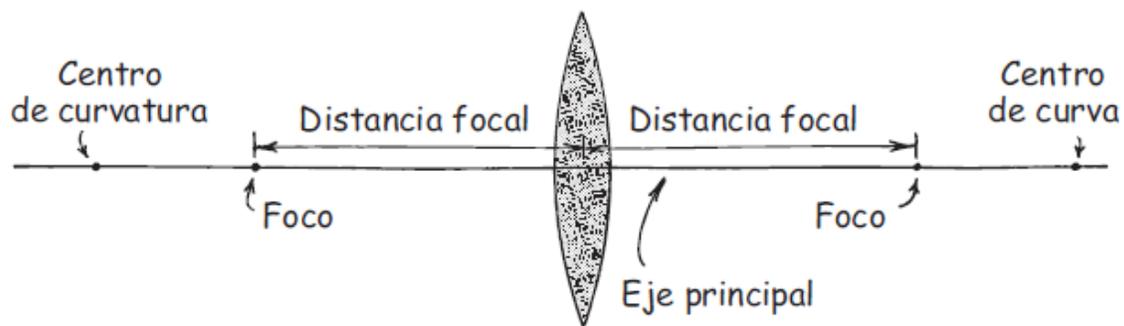


**Nota.** (Hewitt, 2007, pág. 546)

Se analiza la formación de imágenes a través de las lentes porque permite involucrar el fenómeno de la refracción y estudiar cómo se forman las imágenes, además de que está presente la geometría para interrelacionar la física y las matemáticas, posibilitando la caracterización de modelos intuitivos. Para determinar cómo se forman estas imágenes, se parte de un plano en el que se encuentra la lente (convergente o divergente) y se ubican los focos y el centro de curvatura para poder trazar los rayos que forman la imagen, teniendo en cuenta que la luz que pasa a través de la lente experimenta una refracción en dos superficies.

#### Figura 4

*Plano para el Trazado de los Rayos en una Lente Convergente.*



**Nota.** (Hewitt, 2007, pág. 547)

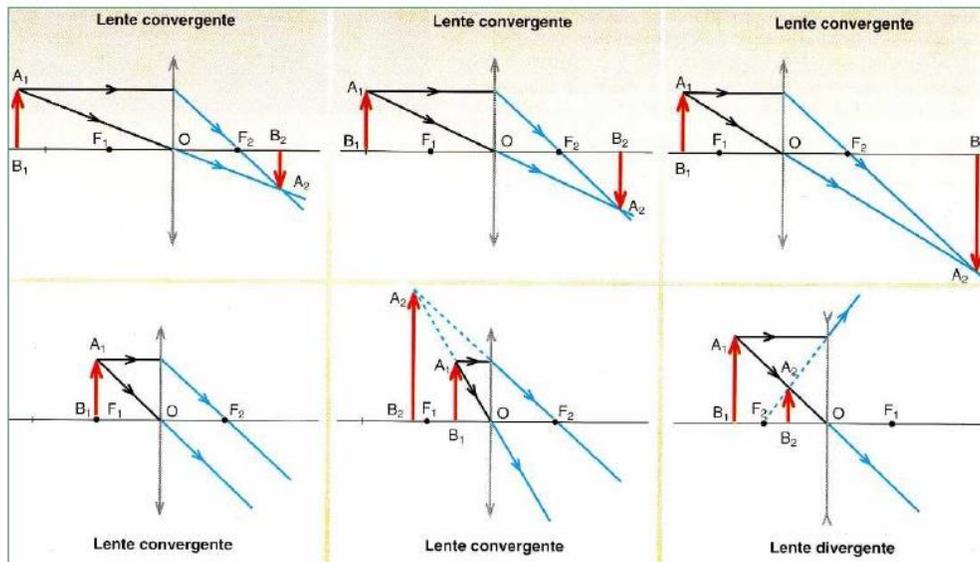
Según la manera en que se tracen los rayos y de la posición del objeto respecto a la lente, se puede definir si la imagen es real, virtual, invertida, no invertida, de mayor o de menor tamaño. Algunos ejemplos de imágenes formadas por estas lentes son las formadas por telescopios, microscopios, cámaras fotográficas y el ojo humano. Hay diversas maneras en las que se pueden trazar los rayos notables para formar las imágenes. Se muestran tres reglas para trazarlos:

1. Todo rayo notable paralelo al eje principal, se refracta pasando por el foco imagen.
2. Todo rayo notable que pasa por el centro óptico, no se desvía.
3. Todo rayo notable que pasa por el foco objeto, se refracta paralelo al eje principal.

La siguiente figura da cuenta del trazado de los rayos para lentes convergentes y divergentes según la posición del objeto.

**Figura 5**

*Trazado de Rayos para Lentes Convergentes y Divergentes.*



**Nota.** Sánchez, Javier. Formación de imágenes en lentes. *El físico loco: cosas de física y química*. <http://elfisicoloco.blogspot.com/2013/05/formacion-de-imagenes-en-lentes.html>

Sin embargo, trazando los rayos notables no es la única manera de conocer las características de la imagen formada por la lente, existe también el método analítico que permite a través de una ecuación y unas convenciones, determinar las características de la imagen sin realizar la gráfica. Esta ecuación está en función de la posición del objeto y de la distancia focal.

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$$

Donde  $s'$  es la distancia de la imagen a la lente,  $s$  la distancia del objeto a la lente y  $f$  la distancia focal; aquí, si la imagen es virtual  $s'$  será negativa, pero si es real  $s'$  será positiva.

**Tabla 9***Convenciones para Determinar las Características de la Imagen a través del Método Analítico.*

CLASE DE LENTE	SITUACIÓN DEL OBJETO	CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN
CONVERGENTE	$s > 2f$	Real, menor e invertida
CONVERGENTE	$s = 2f$	Real, igual e invertida
CONVERGENTE	$f < s < 2f$	Real, mayor e invertida
CONVERGENTE	$s = f$	No se forma imagen
CONVERGENTE	$s < f$	Virtual, mayor y derecha
DIVERGENTE	En cualquier punto	Virtual, menor y derecha

### Capítulo III. Metodología

En este capítulo, se abordarán los aspectos relacionados con el enfoque cualitativo y el método de teoría fundamentada, los cuales ayudarán a guiar el desarrollo del análisis de la información y el diseño de los instrumentos de investigación. Además, también se hará una descripción de la población elegida para el análisis con sus respectivas consideraciones éticas.

#### 3.1 Paradigma o Enfoque Elegido.

El enfoque cualitativo es importante para el desarrollo de este trabajo investigativo, porque facilitará la comprensión y análisis del entorno en el que se encuentran inmersos los estudiantes de la Institución Educativa INEM José Félix de Restrepo, además de que también permitirá identificar los componentes de la estructura del sistema educativo que quizás, puede obstaculizar la construcción y adquisición de conocimiento.

##### 3.1.1 Enfoque cualitativo

El enfoque cualitativo surge a manos de Max Weber y comparado con el enfoque cuantitativo, considera que además del análisis de variables sociales, cómo se comportan y como varían en el tiempo, es también importante analizar el contexto donde se está realizando la investigación. (Vega et al. 2014, p. 524). Además, este enfoque considera que el mundo social está constituido de significados y símbolos.

El enfoque cualitativo ha puesto todos sus esfuerzos en poder generar conocimiento y lo hace basándose en premisas particulares. En primer lugar, se encarga de analizar fenómenos sociales, culturales y conceptuales, estableciendo suposiciones a partir del análisis de tales fenómenos; demuestra los fundamentos de éstas y las analizan a partir de las pruebas, y finalmente, propone nuevas observaciones para dar fuerza a las ideas antes planteadas, o incluso, para generar nuevas (Hernández et al. 2014)

Este enfoque también se conoce como investigación naturalista, porque analiza los fenómenos y cómo se desarrollan en su ambiente natural, es decir, los participantes actúan en este entorno como lo harían en su vida cotidiana, y estudiando principalmente el porqué de las actuaciones sociales.

### **3.2 Diseño o Método y Pertinencia.**

La teoría fundamentada es un método investigativo que, a partir de sus categorizaciones, permite interrelacionar la información obtenida para crear teoría, lo que permitirá realizar los lineamientos para el desarrollo del modelo intuitivo.

#### **3.2.1 Teoría Fundamentada.**

La teoría fundamentada surge en el año 1967 y fue creada por Barney Glasser, sociólogo de la universidad de Stanford, y por Anselm Strauss, sociólogo de la Universidad de California. Esta surge de una investigación realizada en el Hospital de California a pacientes que esperaban morir y nace como método para deducir teorías sobre el comportamiento humano. Su base epistemológica es el interaccionismo simbólico que es una corriente que se basa en la comprensión de los comportamientos humanos a partir de la comunicación (Hernández et al. 2014).

Esta teoría tiene dos corrientes, la emergente y la sistemática; la primera es desarrollada por Glasser, la segunda por Corbin y Strauss. La corriente sistemática es el diseño original y la emergente es el resultado de las diferencias entre Strauss y Glaser.

En el proceso del diseño de la corriente sistemática, existen varios procesos. En primer lugar, se empieza con una recolección de datos. Estos datos, posteriormente se clasifican basados en la codificación abierta que se entiende como la organización de los datos en categorías que posteriormente se interrelacionan, luego, se vuelven a clasificar estos datos dependiendo de la categoría que el investigador considera la más importante, haciéndola la categoría central,

finalmente, se hace uso de la codificación axial que interrelaciona las categorías iniciales con la categoría central, ayudando así a crear la teoría llamada también codificación selectiva.

Ahora, en la teoría emergente, se hace uso de la codificación abierta de la cual emergen las categorías que se conectan para formar teoría, mismas que están en constante comparación. Sin embargo, la teoría emerge de los datos y no de la importancia de las categorías. Por esta razón, en la presente investigación se hace uso de la teoría emergente, porque, aunque se definen tres categorías, los resultados que arrojan cada una de estas son indispensable para el desarrollo del modelo intuitivo, pues el interés está puesto en ver cuáles son los procesos mentales y de comunicación de los estudiantes frente al fenómeno de la refracción para poder caracterizar los modelos intuitivos.

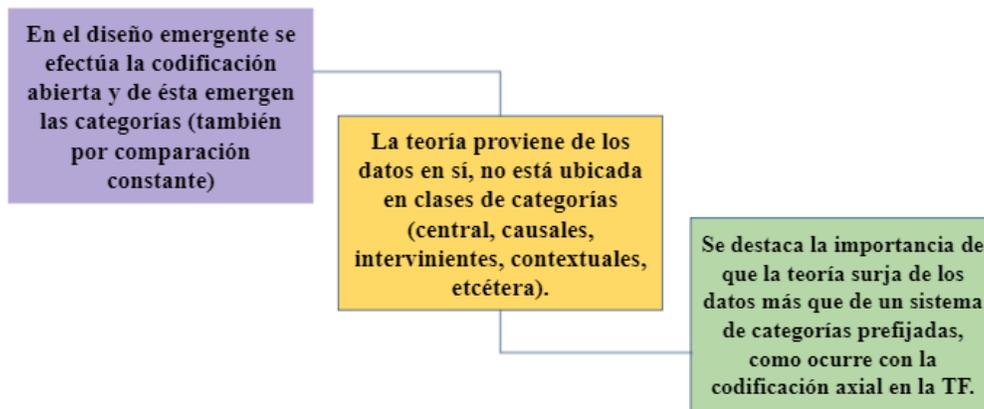
### ***3.2.2. Teoría Fundamentada Emergente.***

Esta corriente nace de un análisis que Glasser realizó al estudio de Strauss y Corbin. Glasser criticó el diseño sistemático ya que este cuenta con muchas reglas y procedimientos que se utilizan para la generación de categorías, señalando que el esquema que se usa en ese diseño (modelo o esquema fundamentado en una categoría central) es una forma de preconcebir categorías y su finalidad es verificar una teoría y no construirla. Glasser destacó que es importante que la teoría principalmente surja de los datos y no de un sistema de categorías prefijadas, como sucede en la codificación axial de la teoría fundamentada sistemática. En el diseño emergente se da una codificación abierta y de ésta surgen las categorías que se enlazan entre sí para producir teoría. El mismo investigador revela la teoría y las relaciones que pueden existir entre las categorías. Esta teoría proviene directamente de los datos y no se ubica en ninguna clase de categorías. Ambos diseños utilizan un muestreo teórico. La teoría que surge va indicando cómo se conforma la muestra. El investigador debe ser muy sensible a la teoría emergente. También debe suministrar

suficientes detalles e información, de tal forma que quien revise el estudio pueda ver en el reporte de resultados, el desarrollo conceptual y la inducción de relaciones entre categorías o temas. (Hernández et al. 2014).

## Figura 6

*Diseño Emergente.*



### 3.3 Selección de la Población Objeto de Estudio, Participantes.

La población elegida para este trabajo de investigación se concibe en dos momentos, en el primero se trabajó con los estudiantes de los grados décimos y undécimos, en el segundo, se trabajó únicamente con el grado undécimo, ambos momentos con estudiantes de la Institución Educativa INEM José Félix de Restrepo.

Para la realización del análisis de los datos y después de pasar por unos momentos preliminares en el trabajo de campo, se decidió trabajar con 12 estudiantes de undécimo, posteriormente divididos en grupos de cuatro estudiantes de la modalidad “Ciencias y Matemáticas” por diversos motivos. Primero, se tuvo en cuenta la intensidad horaria del área de física dado que esta modalidad tiene una intensidad horaria de siete horas semanales, cuatro horas

de clase dentro de la jornada y un intensivo de tres horas, el cual se lleva a cabo los lunes en jornada contraria. Segundo, se buscó que los estudiantes tuvieran un lenguaje matemático más maduro que permitiera expresar sus ideas acerca del fenómeno de una manera más asertiva y, por último, se tuvo en cuenta que los estudiantes ya tuvieran cierto recorrido en la física, esto para poder analizar sus procesos mentales y comunicativos y posibilitar la caracterización de modelos intuitivos.

### ***3.3.1 Primer Momento***

Para este primer momento, la población con la que se desarrolló el trabajo de campo correspondió a los estudiantes del grado décimo y undécimo en el año 2021, con la intención de aplicarles una prueba diagnóstica para comprender y analizar los conocimientos intuitivos que tenían los estudiantes sobre la óptica geométrica en general y sobre el fenómeno de la refracción en particular.

La población fue seleccionada de diversas modalidades; del grado décimo se eligieron estudiantes de la modalidad de Química Industrial, en tanto que, del grado undécimo se seleccionaron estudiantes de las modalidades de Inglés, Diseño de Modas, Electrónica y Deportes.

Aunque los grupos son muy diversos, esto fue un aspecto importante para reconocer en las diversas dinámicas institucionales cómo afectaba posiblemente en el conocimiento intuitivo de los estudiantes, la intensidad horaria tanto en el área de las matemáticas como en la asignatura de física y los énfasis de cada modalidad. Teniendo en cuenta que analizar la intensidad horaria no es prioridad en este trabajo de investigación, se logró reconocer a simple vista que los estudiantes de la modalidad de Química Industrial del grado décimo tenían un mayor y acelerado acercamiento conceptual, en comparación con los estudiantes de la modalidad de Deportes del grado undécimo. Además, este primer momento también fue importante para realizar los cambios pertinentes a los instrumentos utilizados en el año 2022.

### **3.3.2 Segundo Momento.**

Este segundo momento es indispensable para este trabajo de investigación porque de allí se deriva el análisis de los resultados. Para el año 2022, como ya se mencionó anteriormente, se trabajó con la modalidad “Ciencias y Matemáticas” del grado undécimo, una modalidad que cuenta con una mayor intensidad horaria en las áreas de matemáticas y física con respecto a las demás. Esto con el propósito de entender cómo afecta la intensidad horaria en el conocimiento intuitivo de los estudiantes, analizarlos y poder caracterizar los modelos.

### **3.4 Diseño de los Instrumentos.**

Para la recolección de la información en el presente trabajo de investigación, se hizo uso de la evaluación diagnóstica, la experimentación y la guía de laboratorio, como instrumentos para llevar a cabo la ruta metodológica. Estos fueron indispensables para entender cómo se interrelacionan los estudiantes con su contexto y cómo afecta este su adquisición de conocimiento.

#### **3.4.1 Evaluación Diagnóstica.**

La evaluación diagnóstica, entendida como un “proceso de recogida, análisis y valoración de toda la información relevante sobre el alumno y sobre el contexto -ambos en interacción- para comprender en cada caso particular el significado, la causa y la modalidad de la dificultad de aprendizaje (...)” (Granata et al. 2001, p. 592), tiene una gran relevancia para el presente trabajo de investigación, porque ayuda a entender cómo aspectos del contexto o de la metodología implementada en la Institución, dificultan la adquisición de conocimiento en los estudiantes, y cómo también nos permiten recoger, conocer y analizar los conocimientos intuitivos que tienen los estudiantes sobre el fenómeno de la refracción; a partir del análisis de dichas intuiciones y dificultades de aprendizaje, se tiene la hipótesis de que es posible caracterizar los modelos intuitivos y observar cuál o cuáles permiten una mayor comprensión del fenómeno de la refracción,

siendo posible postular la generación de un modelo intuitivo, hallazgo que iría más allá de los propósitos de la investigación. Dicha actividad se encuentra en el anexo 1.

### ***3.4.2 Experimentación***

La experimentación consiste en situar al estudiante en contacto directo con el fenómeno a trabajar, haciendo que lo reproduzca por medio de pautas previamente establecidas y lo lleven a una motivación para poder construir conocimiento. Este proceso de experimentación se hace con una participación activa e integral del estudiante, permitiendo que verifique sus conocimientos y ponga así en evidencia las nociones que causan los efectos de dicho fenómeno. Por esto, se hizo necesario llevar a cabo con los estudiantes una actividad experimental sobre la cámara oscura llamada “el mundo al revés”, que permitió realizar variaciones en algunas variables específicas como distancia del “catalejo”, que ayudaron a comprender el fenómeno de la refracción. Este experimento se encuentra adjunto en el anexo 2.

### ***3.4.3 Guía de Laboratorio***

La guía de laboratorio, entendida como un instrumento en el que se evidencia la interrelación entre las matemáticas y la física, y con el que se pueden hacer variaciones que guíen el conocimiento hacia el lugar que se requiere, permitirá un mayor acercamiento a la caracterización de los modelos intuitivos y, por ende, a la generación de un posible modelo intuitivo, pues en esta se involucran variables tales como la visualización, la resolución de ecuaciones y la reproducción de un fenómeno, procesos fundamentales para validar y generar el conocimiento científico.

Este instrumento es esencial para este trabajo de investigación, ya que permite mediante su desarrollo, conocer cómo razona y trabaja el estudiante, además de poder analizar también su

capacidad de síntesis, lo que hará que su conocimiento se construya entre los conceptos intuitivamente aceptables y los intuitivamente inalcanzables, desde la experimentación hasta la teoría abstracta. Este instrumento será visible en el anexo 3.

### **3.5 Recolección de Información.**

La recolección de la información se realizó en tres momentos o fases, las cuales se llevaron a cabo en dos sesiones de clase de tres horas cada una, con la población seleccionada y los instrumentos diseñados anteriormente mencionados.

#### **3.5.1 Fase 1: Conocimiento Intuitivo**

Para la primera fase, se pretende analizar el conocimiento intuitivo que los estudiantes del grado undécimo tienen acerca de la refracción, llevando a cabo un par de experimentos previos. El primer experimento consistió en introducir un lápiz en un vaso con agua y mirar qué cambios eran percibidos, para el segundo, poner una moneda en un plato hondo vacío en el que a determinada distancia no sea posible observarla y preguntar si llenando posteriormente el plato con agua, se alcanzaría a ver la moneda. Seguidamente, se aplica una evaluación diagnóstica por grupos de cuatro estudiantes, la cual consta de 7 preguntas y, finalmente, se realiza una socialización grupal para complementar lo desarrollado en la sesión con ayuda de las TIC, haciendo uso de la plataforma virtual PhET colorado, con el fin de resolver preguntas que puedan surgir en los estudiantes acerca del fenómeno de la refracción. La plataforma mencionada ofrece diversas simulaciones interactivas de diferentes fenómenos físicos que pueden propiciar un aprendizaje significativo.

Esta fase es un pilar fundamental para el presente estudio ya que permite sentar las bases de la investigación y conocer los saberes previos que tienen los estudiantes frente a este fenómeno físico, lo que irá dando las pautas para caracterizar los diferentes tipos de modelos intuitivos y generar el deseado.

### ***3.5.2 Fase 2: El Mundo al Revés.***

Para esta fase, los grupos que en un inicio eran de cuatro estudiantes, quedaron divididos por parejas. El experimento de la cámara oscura consistió inicialmente en construir un instrumento con cartulina negra, papel pergamino y un lapicero para realizar un agujero que permitiera el paso de un pequeño haz de luz y así visualizar el exterior indagando posteriormente por la imagen.

Con este experimento, se pretendió generar un mayor acercamiento al fenómeno de la refracción por parte de los estudiantes y así hacer más evidente la relación del fenómeno con la visión humana, reforzando y complementando las preguntas de la evaluación diagnóstica realizada en la fase anterior. La fase culmina con un ejercicio de socialización por parte de los grupos conformados para la primera fase, los cuales llevaron a cabo la construcción de conclusiones para la actividad experimental.

### ***3.5.3 Fase 3: Interacción***

En esta fase se inicia con una clase magistral sobre el fenómeno de la refracción y la óptica geométrica, con el fin de que los estudiantes comprendan y reconozcan algunas definiciones relacionadas con estos dos conceptos. Luego, haciendo uso de las herramientas TIC, se elaboró una guía de laboratorio para que los estudiantes interactuaran con un simulador, el cual les permite observar los diferentes cambios en una imagen al variar el tipo de espejo, el foco, el tamaño del objeto, entre otras con el fin de analizar qué cambios conceptuales han tenido los estudiantes al pasar por la fase uno y dos, para poder identificar y caracterizar los tipos de modelos intuitivos.

## ***3.6 Consideraciones Éticas.***

Para la recolección de la información y la realización de las prácticas en la institución Educativa INEM José Félix de Restrepo, se contó con la autorización de la Secretaría de Educación de Medellín, la Universidad de Antioquía y el consentimiento informado firmado por los

estudiantes y sus acudientes, para socializarles que sus respuestas y participación en las diferentes actividades serían usadas en un trabajo de investigación y podrían ser divulgadas mediante fotografías y diferentes medios de registro (ver anexo 4).

## Capítulo IV. Análisis de la Información

En este capítulo se retoman la pregunta y los objetivos de este trabajo de investigación, guiados hacia el análisis de los datos obtenidos y basados en los tres grupos de estudiantes elegidos, quienes participaron durante la aplicación implementación de los instrumentos, generando así las diferentes categorías e interrelacionándolas para crear la teoría (modelo intuitivo).

### 4.1 Unidad de Análisis

Para este análisis se eligieron tres grupos de cuatro estudiantes cada uno. Dichos grupos se llamarán grupo 1 (G1), grupo 2 (G2) y grupo 3(G3) para posteriormente poderlos analizar y clasificar en las categorías definidas (teniendo en cuenta la clasificación definida por Fischbein): abstracción vs. intuición (C1), explícito vs. implícito (C2) y analógico vs. paradigmático (C3) y tener una base sobre cómo desarrollar el modelo intuitivo que los llevará a obtener conocimiento.

Estos grupos se eligieron por las siguientes razones:

1. Por la sinceridad, naturalidad y veracidad en las respuestas (que sus aportes no fueran plagios o afirmaciones provenientes de la Internet)
2. Por su capacidad mostrada en el trabajo colaborativo
3. Por el cumplimiento y responsabilidad manifestadas en las actividades desarrolladas.

### 4.2 Análisis de los Datos por Fases

En este apartado, se pretende explicar el porqué de las categorías elegidas para analizar los datos, en términos de los referentes teóricos postulados por Fischbein, y observar cómo las fases y los instrumentos mencionados anteriormente se relacionan con las categorías planteadas. A continuación, se muestra la tabla donde se exhiben las categorías, cómo se obtuvo la información, sus propósitos y los instrumentos diseñados para recolectar la información.

**Tabla 10**

*Bosquejo Inicial del Análisis.*

Categorías	Unidades de análisis	Técnicas de recolección de la información	Instrumento de recolección de la información	Propósito
Explícito vs implícito	Grupos 1, 2 y 3	Escrita y observación	Guía diagnóstica, experimentación y guía de laboratorio	Reconocer los conocimientos intuitivos de los estudiantes
Abstracción vs intuición				Conocer cómo relaciona el estudiante la experimentación con la realidad
Analógicos vs paradigmáticos				Mediar la creación del modelo intuitivo

### 4.2.1 Categorías

Antes de definir cada categoría de modelos intuitivos, es necesario recordar que un modelo intuitivo es un sustituto o un puente que se realiza en el proceso mental para tener un acercamiento significativo a lo que se quiere aprender. En este orden de ideas, Fischbein define las siguientes categorías:

#### 4.2.1.1 Categoría 1 (C1): Abstracción vs. Intuición.

Los modelos intuitivos abstractos son representaciones de situaciones concretas, por ejemplo, según Fischbein (1987) la fórmula que modela la aceleración es un modelo abstracto de dicho fenómeno. Para nuestro caso, la ley de Snell es un modelo abstracto del fenómeno de la refracción de la luz, ya que esta representa una herramienta para la predicción de las eventualidades que se puedan presentar en el fenómeno como tal, cuestión contraria a lo que sucede con el modelo intuitivo *intuición* (aclarando que el término *intuición* hace referencia a un tipo de modelo intuitivo), pues este es meramente sensorial, es decir, se crea un sustituto, ya no de lo que representa

el fenómeno, sino de lo que el espectador comprende y observa, con la característica de que dicho modelo, aunque no sea acertado, se puede manipular o cambiar como cualquier otra realidad. “Un modelo intuitivo no es necesariamente un reflejo directo de una determinada realidad; muy a menudo se basa en una interpretación abstracta de esa realidad” (Fischbein, 1987).

#### **4.2.1.2 Categoría 2 (C2): Explícito vs. Implícito**

Como ya se ha mencionado anteriormente, los modelos son sustitutos que se crean para comprender un concepto o una idea intuitivamente inaceptable, por lo que, el modelo intuitivo explícito desarrolla esquemas tangibles y manipulables (gráficos, diagramas, histogramas) que son ese puente entre lo que se comprende y lo que no. Por otro lado, el modelo implícito ya no crea modelos tangibles, sino que son pensamientos estructurados sobre lo que se comprende el fenómeno.

#### **4.2.1.3 Categoría 3 (C3): Analógico vs. Paradigmático**

En un modelo analógico, el sustituto que crea el estudiante para comprender el fenómeno no está en la misma línea del mismo fenómeno, sino que se hace una transferencia a otro fenómeno; en palabras de Fischbein (1987) “se puede establecer una analogía entre una corriente eléctrica y un flujo de líquido a través de un tubo muy fino. Los dos fenómenos pertenecen a dos clases conceptuales y distintas”. Entre tanto, el modelo paradigmático, también trabaja entre dos ideas que tienen una misma base conceptual. Por ejemplo, en el caso de responder a la pregunta sobre como viaja la luz, se puede decir que por medio de fotones; en este caso hay interrelación conceptual y existe la analogía relacionada con el paradigma de que la luz son fotones.

#### **4.2.2 Fases**

A continuación, se realizará el análisis de los datos obtenidos según las fases explicitadas anteriormente. En cada fase se analizará un instrumento distinto y se analizarán las respuestas de

G1, G2 y G3, así: en la fase 1 se analizará la actividad diagnóstica, en la fase 2 la actividad experimental y, por último, en la fase 3, se analizará la guía de laboratorio.

**4.2.2.1 Fase 1:**

Esta primera fase es fundamental para llevar a cabo la caracterización de los modelos intuitivos, debido a que los estudiantes dan respuestas a la prueba diagnóstica sólo con sus conocimientos previos, es decir, dan respuesta a las preguntas sin una explicación previa al fenómeno, permitiendo así conocer con claridad la fase inicial de su pensamiento.

En este primer momento, se pudo reconocer que, durante el proceso, los grupos pasan de un modelo a otro, es decir, según la complejidad de las preguntas, o lo intuitivas o no que fueran, la estructura de sus respuestas cambiaba. Fue evidente también que debido a la cantidad de horas semanales en las que la asignatura física se imparte (siete), su conocimiento ya no clasifica en conocimiento intuitivo, sino que, por el contrario, se evidencia una estructura de pensamiento de mayor nivel, permeada por un recorrido conceptual más complejo. A continuación, se analizan entonces algunas respuestas en concreto:

**Tabla 11**

*Registro de Respuestas Primera Pregunta.*

GRUPO				
CATEGORÍA	G1	G2	G3	
Explícito	<i>“La luz es un conjunto de partículas llamadas fotones, que viajan en ondas de energía y rebotan en un objeto y se reflejan en el ojo humano” y “viaja por ondas</i>			
vs				
Implícito				

	<i>llenas de fotones que rebotan y se reflejan en el ojo” (implícito)</i>	
<b>Abstracción</b>  vs  <b>Intuición</b>		
<b>Analógico</b>  vs  <b>Paradigmático</b>	<i>“es un medio en el cual un ser puede distinguir un objeto y otro” (paradigmático)</i>	<i>“Son ondas de energía y calor que irradian de un cuerpo celeste (paradigmático)</i>

Por ejemplo, en la pregunta inicial sobre qué es la luz, G1 hace uso del modelo implícito, debido que, aunque aún no tiene acceso a la teoría sobre la luz, estructura su pensamiento alrededor de lo que conocen hasta ese momento y, a partir de eso, genera una idea, es decir, aún sin comprender o sin “saber” que es la luz, dan respuesta a la pregunta.

Ahora bien, G2 y G3 en la misma pregunta, hacen uso del modelo paradigmático, es decir, recurren a analogías para expresar sus ideas acerca de qué es la luz y además lo hacen con elementos pertenecientes a la misma teoría con expresiones como: “ondas de energía”, que si bien no define lo que es la luz, se acerca. Desde otra perspectiva propuesta por nuestro equipo de trabajo y entendiendo la abstracción como algo que no se puede ver, tocar o entender de manera fácil, se considera que el tipo de pensamiento en el que se ubican los grupos es el abstracto, debido a que hacen uso de referencias para comprender el fenómeno.

Ahora, se analizarán las respuestas obtenidas a la segunda pregunta: ¿cómo crees que viaja la luz?

**Tabla 12**

*Registro de Respuestas Segunda Pregunta.*

GRUPO	G1	G2	G3	
CATEGORÍA				
<p><b>Explícito</b></p> <p>vs</p> <p><b>Implícito</b></p>			<p><i>“Viaja por ondas llenas de fotones que rebotan y se reflejan en el ojo” (implícito)</i></p>	<p><i>“Viaja en ondas que se mueven a gran velocidad, rebotan y se pueden reflejar en las cosas” (implícito)</i></p>
<p><b>Abstracción</b></p> <p>vs</p> <p><b>Intuición</b></p>				
<p><b>Analógico</b></p> <p>vs</p> <p><b>Paradigmático</b></p>	<p><i>“Viaja a máxima velocidad por espacio y tiempo” (paradigmático)</i></p>			

Para esta segunda pregunta, de manera general, se puede observar que G1 y G2 mantienen su modelo de pensamiento, mientras que G3 cambia de paradigmático a implícito. Aquí vale la pena analizar por qué G3 hace el cambio de modelo.

Podríamos decir, hasta este momento, que influyen tres cosas, el conocimiento intuitivo, la pregunta y la idea inicial del concepto de luz sobre la que están fundamentadas sus demás respuestas acerca de este mismo fenómeno. Fischbein afirma que el conocimiento intuitivo se construye tanto en lo que es autoevidente como en lo que es difícil de aceptar; para nuestro caso particular, los estudiantes se forman una idea a partir de lo que es evidente para ellos, haciendo uso de los conocimientos previamente adquiridos y del razonamiento que se hace sobre los constructos

ya fijados. La pregunta también influye, porque si bien, tanto la primera (¿qué es la luz?), como esta segunda (¿Cómo crees que viaja la luz?), son intuitivas, la segunda obliga a realizar un proceso de interrelación mayor, es decir, ya no estamos hablando sólo de un fenómeno (la luz), sino también de la velocidad y del medio. Por último, la respuesta a esa primera pregunta obliga a los estudiantes a hacer su construcción del fenómeno alrededor de su idea inicial de luz, es decir, primero debo saber que es la luz, para después poder pensar en cómo viaja.

Ahora, ¿por qué en los otros grupos no hay cambio en el modelo? Según lo anterior, se puede decir que es porque no hay interacción ni abstracción al momento de contestar la segunda pregunta, es decir, su pensamiento es estructurado, pero se sigue basando solamente en sus conocimientos y experiencias previas.

¿Crees que la luz viaja de la misma manera en el aire que en el agua?

**Tabla 13**

*Registro de Respuestas Tercer Pregunta.*

GRUPO	G1	G2	G3
<b>CATEGORÍA</b>			
<b>Explícito</b> vs. <b>Implícito</b>	"No"	"No"	
<b>Abstracción</b> vs. <b>Intuición</b>			"No, porque en el agua se puede reflejar, no en el aire y también viaja más lento" (abstracción)



En esta tercera pregunta, se evidencia un gran cambio en las respuestas, G1 y G2 responden con monosílabos y G3 da una respuesta más estructurada.

Para este momento, es importante recordar, que antes de darle respuesta a esta pregunta, se mostró el experimento del lápiz introducido en un vaso con agua. Aquí nos preguntamos varias cuestiones: I) ¿el experimento fue un factor fundamental para dar respuesta a esta pregunta? II) ¿Una vez mostrado el experimento, se podría hablar de que el proceso de pensamiento responde a un modelo intuitivo de *intuición*?

Para la primera cuestión, se determina que, en efecto, el experimento influye en las respuestas, pues al hacer evidente o tangible el fenómeno del que se ha hablado, el pensamiento frente a este necesariamente cambia, o adquiere una nueva visión, pues lo que fue intuitivo en un primer momento, ya es explícito.

La segunda cuestión es un poco más compleja, debido a que como se ha repetido en numerosas ocasiones, todos los procesos parten de la intuición, sin embargo, en el momento en el que se presenta el experimento, ya no solo entra en juego la intuición referente a algo desconocido, sino la intuición frente a una idea tangible, en este caso, el hecho de que “algo” pasa porque el lápiz se ve que se “quiebra”. Así, en este orden de ideas, se considera que aparte del modelo intuitivo *intuición*, se pasa a un modelo paradigmático o a uno explícito, en los que, como se ha mencionado, la estructura del pensamiento se moldea y ajusta a lo que conoce y es capaz de interrelacionar.

**4.2.2.2 Fase 2:**

Durante la implementación de la actividad experimental sobre la cámara oscura, se evidencia que los estudiantes ya tienen nociones o ideas más claras sobre el fenómeno en cuestión. Al examinar el tipo de modelo intuitivo que es utilizado por los estudiantes para realizar sus conclusiones e ideas que les surge en la fase 2, se evidencia el uso de la intuición a la hora de interactuar con el objeto, relacionando este fenómeno con la vida cotidiana y surgiendo así conocimientos que pueden llevar a la práctica.

En la siguiente tabla podemos evidenciar lo que los grupos pusieron en consideración en sus debates sobre lo visto en esta fase.

**Tabla 14**

*Registro de las Conclusiones Fase 2.*

Grupos Categorías	G1	G2	G3
<b>Abstracción vs. Intuición</b>	<i>“entre más cerrado esté el cilindro, más cerca se ve porque queda demasiado espacio entre el cilindro y la lente” (intuitivo)</i>	<i>“Con el catalejo las cosas las mirábamos a blanco y negro, la luz se miraba blanca y los objetos negros, también la imagen estaba al revés” (intuitivo)</i>	<i>“La luz es la imagen” (intuitivo)</i>
<b>Explícito vs. Implícito</b>	<i>“las cosas vistas desde el cilindro se ven al revés porque la luz viaja en línea recta” (explícito)</i>	<i>“Al correr el catalejo, aumenta, porque el huequito donde mirábamos con la tela blanca entraba la luz y el papel blanco refractaba” (explícito)</i>	<i>“Todo a nuestro alrededor lo podemos ver con sus formas por la luz” (implícito)</i>
<b>Analógico vs. Paradigmático</b>			

Desde un punto de vista global, se puede decir que, para esta fase, los estudiantes se enmarcan más en los modelos intuitivos explícitos e *intuitivo*. Teniendo en cuenta las categorías C1 y C2, esto se debe a que en la fase uno, los estudiantes hacen un ejercicio de interpretación y

---

de análisis basados en su intuición, para posteriormente realizar una retroalimentación y a partir de ese análisis, que un primer momento es totalmente intuitivo a través del experimento, se puedan hacer tangibles muchas de esas ideas, de la misma manera en que surgen otras nuevas que también son intuitivas.

Específicamente, G1 se ubica en dos modelos intuitivos al dar sus conclusiones, en el de *intuición* y en el explícito, mientras que en la fase anterior se ubicó en mayor medida en el modelo implícito. Se puede evidenciar entonces, cómo la estructura de su pensamiento se modifica según los elementos que se les presentan para realizar su análisis, es decir, a partir del experimento, se hicieron tangibles las ideas iniciales acerca del fenómeno, además de que pudieran interrelacionarlas para acercarse al concepto; de la misma manera, surgieron nuevos conceptos de compleja comprensión, entre ellos, el porqué de acuerdo a la posición del catalejo la imagen cambiaba, lo que hizo que recurrieran de nuevo a su intuición, a sus conocimientos intuitivos y al modelo intuitivo *intuición*, para intentar dar forma a esto.

Por su parte, G2 en la fase uno emplea en mayor medida el modelo paradigmático, mientras que en esta fase hace uso del modelo intuitivo explícito y del modelo *intuición*; podemos ver que existen similitudes entre G1 y G2 en cuanto a los modelos usados en esta fase, pero es importante analizar cómo se pasa del modelo paradigmático a estos dos últimos. Para G3, se evidencia que en la primera fase relaciona dos ideas diferentes pertenecientes a la misma teoría (a la luz) y en la fase dos se ve cómo además de su discurso, también cambia el proceso de comprensión acerca del fenómeno, es decir, las dos ideas que antes eran distintas, ahora se organizan para obtener un grado mayor de comprensión de dicho fenómeno a partir de la actividad experimental. Finalmente, el empleo del modelo *intuición* corresponde a G1.

Nuestro último grupo, encaja en las tres categorías C1, C2 y C3. Aquí es interesante analizar las siguientes preguntas: ¿qué pasó para que hicieran uso de diversos modelos? ¿Esto responde a una cuestión de tener más conocimientos previos o es indiferente? O ¿para adquirir conocimiento necesariamente hay que pasar por diversos modelos? Con respecto a la primera cuestión, se considera que el uso de diversos modelos intuitivos está directamente relacionado con los conocimientos previos e intuitivos que tengan los estudiantes, es decir, depende de que tan complejas o no sean las estructuras de su pensamiento frente a lo que están conociendo. Ahora, sabemos que la construcción de conocimiento es un proceso mental complejo, en el que no sólo se hace uso de modelos intuitivos, sino también de muchas otras herramientas para obtenerlo. Pero dejando de lado todas estas variables y diversas formas de adquirir conocimiento, y centrándonos sólo en la del uso de modelos intuitivos, podemos decir que no necesariamente se adquiere conocimiento cuando se emplean diversos modelos, es decir, entendemos que los procesos de aprendizaje de los estudiantes son distintos y que tales diferencias son debidas posiblemente, a que se hace uso de varios modelos intuitivos o a que se hace uso de solo un modelo intuitivo, lo que conlleva a varias formas de generar conocimiento, sin embargo, el uso de diversos modelos puede ampliar la visión y percepción de lo que se está dando a entender.

#### **4.2.2.3 Fase 3:**

En esta fase, las herramientas TIC fueron fundamentales para la comprensión del fenómeno físico de la refracción, reafirmando las ideas planteadas en las primeras fases de este trabajo, generando así un conocimiento más profundo de dicho fenómeno.

Al momento de interactuar con el simulador PhET, los estudiantes pudieron interrelacionar las ideas que surgieron en la fase 2 con la cámara oscura, con las que al hacer visible el haz de luz

en la pantalla, generaban mayor conocimiento, que, al ser interiorizado, permitió hacer más comprensible el fenómeno.

**Tabla 15**

*Registro de Conclusiones Fase 3.*

Grupos	G1	G2	G3
Categorías			
<b>Abstracción vs. Intuición</b>	<i>“el <math>\theta</math> refractado con transportador lo podemos confirmar con la ley de snell” (abstracto)</i>		<i>“El ángulo de refracción es menor al incidente” (abstracto)</i>
<b>Explícito vs. Implícito</b>	<i>“la longitud de onda puede hacer variaciones en el ángulo de refracción” (explícito)</i>	<i>“la refracción cambia dependiendo del material” (explícito)</i>	
<b>Analógico vs. Paradigmático</b>		<i>“la refracción mayormente se da en el vidrio agua y aire” (paradigmático)</i>	<i>“En el vidrio la intensidad del reflejo es mayor a la usual” (paradigmático)</i>

En esta fase final, es evidente que los modelos intuitivos empleados por los estudiantes son en cierto grado ajenos al de intuición y al implícito. En este momento y al pasar por las dos fases anteriores en las que se retroalimentaron sus ideas y se hicieron experimentos, estas trascienden su conocimiento intuitivo y no hacen uso solamente del modelo *intuición*, sino que, por el contrario, debido al conocimiento previo adquirido en las fases anteriores, pasan directamente a los modelos intuitivos que necesitan de una mayor interpretación conceptual. Es decir, para ellos, hay cuestiones que ya son evidentes y suficientemente comprensibles, por lo que hay conceptos con los que su intuición no es lo único que se hace presente, siendo capaces de interrelacionar sus ideas iniciales con otras más complejas, dando paso así a esa construcción de conocimiento.

También, grosso modo, se puede determinar que los procesos de pensamiento y de construcción del conocimiento no es un proceso que se haga linealmente, sino que, por el contrario,

cuando se trata de modelos intuitivos, los estudiantes pasan de un modelo intuitivo a otro, y también, aun cuando ya han hecho uso de un modelo intuitivo que necesita de mayor abstracción, pasan a un nuevo modelo intuitivo *intuición* de otro concepto más abstracto sin problema.

Es decir, la intuición y el uso de su modelo, aparecen necesariamente cuando hay algo que escapa a su comprensión y a sus métodos para entenderlo, postulado un carácter cíclico en la adquisición de conocimiento.

### 4.3 Análisis general de los datos cualitativos

Se observa que, en la fase diagnóstica, fue notorio que el modelo intuitivo predominante fuera el de *intuición*, y el menos predominante, el de la abstracción. Esto hace evidente las diversas ideas que tienen los estudiantes acerca del fenómeno de la refracción, las cuales no tienen relación con ningún modelo matemático, lo que en principio reafirma el problema inicial, la poca o nula interrelación entre las áreas de matemáticas y física, además del uso de las TIC.

En la fase de actividad experimental o fase 2, se pudo evidenciar que el modelo intuitivo predominante fue el implícito, es decir, en esta fase se empieza a evidenciarse que en el paso de la fase 1 a la fase 2, los estudiantes, aunque no tienen una idea bien definida acerca del fenómeno, si construyen de una manera más estructurada el conocimiento adquirido sobre lo que consideran que es la refracción.

Finalmente, en la fase 3 o fase de la elaboración del laboratorio, es notorio que queda más claro el concepto estudiado, haciendo interrelaciones entre el fenómeno y la vida cotidiana, no sin antes hacer uso de los modelos intuitivos que Fischbein postula, es decir, como se mencionó anteriormente, en todo este proceso, la adquisición de conocimiento no es un proceso lineal, los estudiantes todo el tiempo tienen su atención puesta en su intuición y en sus conocimientos previos,

y a partir de esto, construyen los conceptos que se les presentan, porque también es evidente que sus ideas iniciales nunca desaparecen, solo se transforman a partir de los procesos de retroalimentación, experimentación y discusión en el laboratorio.

## Capítulo V. Conclusiones

### 5.1 Consecución de los Objetivos

De manera global, podemos decir que tanto el objetivo general como los específicos de este trabajo investigativo fueron cumplidos. Refiriéndonos al objetivo general, a través del análisis de las fases y de los grupos, se pudo evidenciar una construcción del conocimiento por parte de cada uno de los grupos, pues fue evidente que mientras avanzaban de una fase a otra, no solo comprendían más el fenómeno, sino que también su discurso se veía más estructurado, haciendo así más evidente el modelo intuitivo utilizado para llegar a esa construcción; lo que permitió en un primer momento caracterizar los modelos intuitivos propuestos por Fischbein para cada grupo de estudiantes; en un segundo momento, fue posible analizar la transformación de su estructura su pensamiento, desde una fase inicial en la que todo era meramente intuitivo, a una fase final, en la que su pensamiento seguía haciendo uso de modelos intuitivos modificados por la mediación de ciertos procesos cognitivos. Además, a través de esta categorización, también ha sido posible pensar en la posibilidad o no de crear un modelo intuitivo global o, si por el contrario, es necesario pasar por todos los tipos de modelo intuitivo para poder generar conocimiento.

Ahora, en cuanto a los objetivos específicos, a través de la categorización de los modelos intuitivos, se pudo evidenciar la poca o nula interrelación que existe entre las áreas de matemáticas y física, debido a que en un inicio, los estudiantes no relacionan los fenómenos con algún modelo matemático, pero evidenciando también que a medida que se avanza en las fases, haciendo uso de la Educación STEM, el conocimiento adquirido por los estudiantes es más significativo, a que si se hubiera hecho a partir de una clase magistral.

También se pudo determinar que la conceptualización de Fischbein acerca de la intuición, el conocimiento intuitivo y los modelos intuitivos que postula, están presente en todos los grupos,

ya que en la fase uno a través de sus respuestas, se evidencia que, al no tener un conocimiento certero sobre el fenómeno, se recurre a representaciones que, para ellos, son absolutas.

Finalmente, se realiza entonces, como ya se ha mencionado en múltiples ocasiones, la caracterización de los modelos intuitivos propuestos por Fischbein en términos de los grupos de estudiantes participantes en la investigación, lo que permitió evidenciar diversas situaciones, entre ellas: I) todos los grupos a través del proceso de construcción del fenómeno de la refracción pasan de un modelo intuitivo a otro, e incluso, es posible que regresan a un modelo, II) la construcción del conocimiento es paulatina y estructurada, III) el conocimiento intuitivo es el punto de partida de cualquier conocimiento específico, y IV) el paso por los modelos intuitivos puede ser cíclico para la adquisición de conocimientos de mayor complejidad.

## **5.2 Aportes del Trabajo a los Investigadores**

La realización de esta investigación ayudó a comprender y a evidenciar cómo los modelos intuitivos presentados por Fischbein son usados en el proceso de razonamiento de los estudiantes; es decir, fue claro que los estudiantes construyen conocimiento y no sólo lo adquieren, dando paso a repensar y resignificar la intuición como un mecanismo estratégico y fundamental como punto de partida para la comprensión de fenómenos físicos, para nuestro caso de la refracción, vinculando de manera directa la fenomenología física con su explicación con rigor, a partir de modelos matemáticos.

Ahora, nuestra idea principal era la de desarrollar un modelo intuitivo para la construcción de conocimiento significativo, y posteriormente modificamos nuestro propósito, centrándonos en la caracterización los modelos intuitivos tratados, pues emerge del trabajo de campo, que es posible la formación de uno o varios modelos intuitivos distintos a los que postula Fischbein, pero que a este nivel de pregrado y con los datos recogidos, no fue suficiente llegar a ellos. La complejidad

de este propósito inicial va acompañada de que, como se ha dicho antes, la adquisición de conocimiento no es lineal, es fragmentada y tienen varios niveles y etapas que se deben respetar para poder que la construcción de conocimiento sea significativo (conocimiento acompañado de una red conceptual más amplia).

### **5.3 Nuevas Perspectivas Encontradas**

Nos preguntamos, finalmente, si los modelos intuitivos que se caracterizaron aquí solo van en una única dirección o pueden darse simultáneamente o al azar, es decir, ¿sería posible que dos modelos intuitivos de naturaleza diferente trabajen a la par? o ¿solo es posible que se haga uso de uno y después de otro?

También, como ya se mencionó, lo que más eco nos hace, es el hecho de que quizás no sea posible generar un modelo intuitivo general para la construcción de conocimiento, debido a que en este proceso de adquirir conocimiento intervienen diversas cuestiones como, por ejemplo, tipos de aprendizajes (visual, auditivo, etc.), conocimientos previos, conocimientos intuitivos, entre otros; lo que hace que este proceso no sea lineal, ni continuo ni constante.

### **5.4 Futuras Líneas de Investigación**

Teniendo en cuentas todos los referentes teóricos y lo abordado durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, una propuesta para futuras líneas de investigación es intentar diseñar y consolidar un modelo intuitivo general a través de la Educación STEM para la enseñanza y la construcción del conocimiento en el fenómeno de la refracción u otro fenómeno físico, otorgando así gran importancia al conocimiento intuitivo y a los modelos intuitivos, ya que consideramos que son una base fundamental para la construcción del conocimiento en los fenómenos físicos, lo anterior, apoyados en que la intuición en la Educación STEM, se puede consolidar como una herramienta importante que nos permite interrelacionar diversas disciplinas

y favorecer la comprensión y la construcción del conocimiento en ciencias y, en este caso particular, en el área de física.

¿Es posible entonces desarrollar un modelo intuitivo general, que permita la construcción de conocimiento?

## **5.5 Discusiones**

Dentro del desarrollo del presente trabajo de investigación se presentaron algunas controversias entre los integrantes del equipo de trabajo, estas nos llevaron a discutir rigurosamente algunas cuestiones importantes, las cuales determinarían sustancialmente el desarrollo y la construcción de este trabajo de grado. Algunos de estos debates fueron:

### **5.5.1 Discusión #1**

La elección del área de interés para el trabajo de grado no fue una controversia muy marcada en el desarrollo de este, a pesar de que dos de los integrantes del grupo están más interesados en el área de física y uno tiene más afinidad con las matemáticas. De forma democrática, se acordó en desarrollar la investigación en el área de física. Elegir una unidad de aprendizaje en esta área del conocimiento representó uno de los primeros retos dentro del trabajo de investigación, ya que se intentó buscar un tópico perteneciente al ciclo de la educación media en el cual se pudieran llevar a cabo nuestras prácticas profesionales realizadas en la Institución Educativa INEM José Félix de Restrepo.

Inicialmente se pensaron dos temáticas: mecánica clásica y óptica geométrica, luego de algunos días de discusión se eligió desarrollar el presente trabajo en el tópico de óptica geométrica. Posteriormente, en un diálogo realizado con nuestro asesor, se concluye que la óptica geometría es un tema bastante amplio y se vio la necesidad de reducir la elección realizada. Esta cuestión nos

llevó a discutir dos posibilidades de nuestro interés, las cuales eran: la reflexión y la refracción, ambos fenómenos susceptibles de llevar a la experimentación para visibilizar posibles manifestaciones de modelos intuitivos.

Finalmente, se decide trabajar con el fenómeno de la refracción. Consideramos que esta unidad de aprendizaje permite interrelacionar diversas áreas del conocimiento, como son las matemáticas, la física y la tecnología, mediante laboratorios virtuales. Además, el fenómeno de la refracción permite hacer usos de actividades didácticas para mostrar de forma más concreta y explícita del fenómeno óptico correspondiente, tiene gran relación con la cotidianidad y, por último, plantea elementos enriquecedores para generar en los estudiantes de la educación media motivación por la ciencia y, en este caso, por la física.

### *5.5.2 Discusión #2*

Una segunda controversia durante el desarrollo de la presente investigación fue comprender el concepto de “modelo intuitivo”. Desde Fischbein es un concepto bastante preciso, pero no muy amplio. Esta noción, al no ser tan extensa y no contar con suficiente literatura sobre ella, generó diversas interpretaciones para los integrantes autores del presente estudio, por ende, nace un debate en relación con los modelos intuitivos, que conlleva a que en forma grupal se haya discutido su conceptualización y posteriormente se realice un diálogo con el asesor, para así llegar a una comprensión conjunta y consensuada que fuera más próxima a lo planteado por Fischbein.

### *5.5.3 Discusión #3*

Como se mencionó anteriormente Fischbein, es muy puntual y preciso a la hora de abordar el concepto de modelo intuitivo; durante su escrito, plantea lo que aparentemente es una comparación de modelos que no tienen nada que ver con la intuición, lo que dio lugar a una discusión en la cual dos integrantes del equipo defendían que la clasificación de estos modelos

representaba una tipificación y comparación de diversos tipos de modelos intuitivos, por otro lado, el tercer integrante defendía que solo se comparaban diferentes tipos de modelos que no eran intuitivos, con el modelo intuitivo (como si fuera uno solo). Para aclarar la situación, se realizaron varios encuentros con el asesor para debatir y buscar una solución a la controversia y revisando de nuevo la literatura al respecto, se llegó al consenso de la primera postura, es decir, la existencia de varios modelos intuitivos, con base en la revisión de la literatura.

## 6 Referencias

- ¿Qué es STEM?* (s.f.). Obtenido de Colombia aprende: <https://especiales.colombiaaprende.edu.co/rutastem/definicion.html>
- Cervantes, A. K., Rubio, L. M., & Prieto, J. L. (2015). Una propuesta para el abordaje de la refracción y reflexión total interna utilizando el GeoGebra. *do Instituto GeoGebra Internacional de Sao Pablo*, 18-28.
- Crespo, C. (2005). La importancia de la argumentación matemática en el aula.
- Crespo, C. (2008). Intuición y razón en la construcción del conocimiento matemático.
- Fischbein, E. (1987). *Intuition in science and mathematics: An educational approach*. Springer Science & Business Media.
- García, Y., Reyes, D., & Burgos, F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos educativos, ISSN-e 0718-1310, N°. 33*, 35-46.
- Granata, M. L., Labayén, M., & Carreras, F. (2001). *La evaluación diagnóstica: ¿instrumento de clasificación o experiencia de aprendizaje?*
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana.
- Hewitt, P. G. (2007). *Física conceptual*. México: Pearson Educación.
- Kanobel, M., Arce, A., Ledesma, L., Villaverde, M., Moreno Cáceres, N., Bautista Sapuyes, N., . . . Caplan, M. (2019). *Educación: Stem/Steam. Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos*. Fondo editorial universitario Servando de la Universidad Politécnica territorial de Falcón Alonso Gamero, 2019.
- López, V., Couso, D., & Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital. Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias, matemáticas y tecnologías. *Revista de Educación a Distancia*.
- Pineda, M. (2009). Desafíos actuales de la sociedad del conocimiento para la inclusión digital en América Latina. *Disertaciones*.
- Suero, M. I., Pérez, A. L., Pardo, P. J., & Vivas, F. (2008). Prismatrón: Un simulador de la refracción de la luz en un prisma, como herramienta motivadora en el aula. *Laboratorio*, 8-10.
- Terán, M. J. (2016). *Refracción*. Quito.

Vega, G., Ávila, J., Vega, A. J., Camacho, N., Becerril, A., & Leo, G. (2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo.

## Anexos

### Anexo 1

#### Guía diagnóstica

	<p><b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA INEM JOSÉ FÉLIX DE RESTREPO MEDELLÍN 2021</b></p>	<p><b>DEPARTAMENTO:</b> Ciencias Naturales y Educación Ambiental.</p> <p><b>ACTIVIDAD:</b> Taller diagnóstico. <b>ASIGNATURA:</b> Física. <b>GRADO:</b> XI <b>SECCIÓN:</b> _____</p> <p><b>TEMA:</b> Óptica geométrica</p> <p><b>RESPONSABLES:</b></p> <p>Ana María Ramírez Carmona</p> <p>Juan Carlos Arroyave</p> <p>Juan David Flórez Córdoba</p>
---	---	--

**Nombres:**

#### Taller diagnóstico

1. Para ti ¿qué es la luz?
2. ¿Cómo crees que viaja la luz?
3. ¿Crees que la luz viaja de la misma manera en el aire que en el agua?
4. ¿Qué crees que es la reflexión y la refracción?
5. ¿Cómo crees que funciona una cámara fotográfica?
6. ¿Crees que existe alguna relación entre la cámara y el ojo humano?

**Anexo 2**

*Evidencias construcción cámara oscura.*



**Anexo 3**

Guía de laboratorio

	<p><b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA INEM JOSÉ FÉLIX DE RESTREPO MEDELLÍN 2022</b></p>	<p><b>DEPARTAMENTO:</b> Ciencias Naturales y Educación Ambiental.</p> <p><b>ACTIVIDAD:</b> Laboratorio virtual. <b>ASIGNATURA:</b> Física. <b>GRADO:</b> XI <b>SECCIÓN:</b> _____</p> <p><b>TEMA:</b> Refracción</p> <p><b>RESPONSABLES:</b></p> <p>Ana María Ramírez Carmona</p> <p>Juan Carlos Arroyave</p> <p>Juan David Flórez Córdoba</p>
---	---	--

**Introducción:** Al momento de analizar el fenómeno físico de la refracción, es muy importante observar los cambios que pueden surgir a la hora de interactuar con un haz de luz y diversos medios por los cuales la luz puede desplazarse. También es interesante observar las leyes o ecuaciones que surgen de la interacción con algo cotidiano para nosotros, como lo es la luz. Para examinar las variaciones del fenómeno de la refracción de manera sencilla y eficaz, haremos uso de una herramienta virtual de gran relevancia que nos ofrece la tecnología.

**Objetivo:** Profundizar sobre del concepto de refracción para analizar cómo se da el fenómeno en diferentes medios y cómo se modela matemáticamente.

**La refracción:** Huygens en el año 1689 creía que la luz viajaba en forma de onda mecánica, pero posterior a esto, Newton en 1704 dijo que viajaba en línea recta a gran velocidad. También, es necesario decir que la luz no solo es una onda, sino que es una energía que se dispersa a través de las partículas, por lo que solo somos conscientes de la luz cuando ésta choca con los objetos y se refleja o se refracta en ellos y es percibida por nuestros ojos. (Jaramillo, 2016).

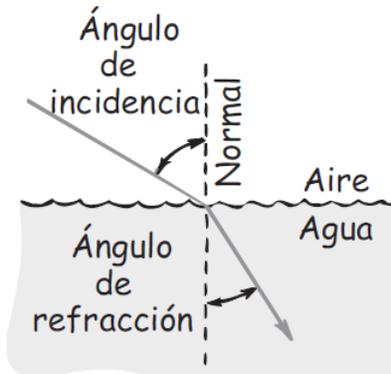
Se puede decir entonces que la luz se comporta de maneras muy específicas dependiendo del medio en el que viaja (entendiendo por medios al aire, el agua, el vidrio, entre otros) y de los objetos u obstáculos con los que se encuentre. Estas características se refieren entonces al cambio en su velocidad, en su dirección y a si esta se refleja o se refracta. Como ya se ha mencionado, este laboratorio se centrará en la refracción y las circunstancias en el que este fenómeno se da.

El estudio de la refracción comienza en 1600 por Descartes y por Snell. Este fenómeno se refiere al cambio de velocidad y dirección que experimenta un rayo cuando este cambia de un medio a otro. Cuando se da el cambio de medio, a parte de un cambio en la velocidad y dirección de la onda, también se experimenta un cambio en el ángulo, es

decir, el ángulo con el que incide o choca el rayo de luz contra la superficie es diferente del ángulo con el que éste se refracta.

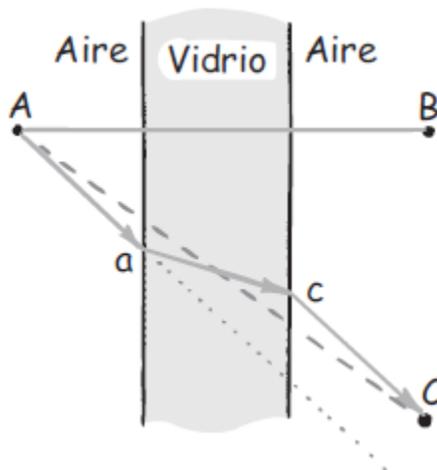
$$\theta_i \neq \theta_r$$

Donde  $\theta_i$  es el ángulo de incidencia y  $\theta_r$  es el ángulo de refracción. En la siguiente imagen se ilustra lo anterior.



**Figura 1 Refracción**  
Fuente: (Hewitt, 2007)

Ahora, la refracción puede suceder también a través de varios medios, es decir, puede ir del aire al agua y de nuevo al aire, o del aire al agua y al vidrio, entre otros, por ejemplo, la siguiente imagen ilustra lo anterior.



**Figura 2: Esquema del rayo de luz atravesando diversos medios**  
Fuente: (Hewitt, 2007)

Conociendo las características principales de la luz y uno de sus fenómenos, se tiene la relación de estos con la matemática y la física, teniendo, por un lado, los ángulos y los rayos, y por el otro, las características de estos rayos; esta relación

entonces la describe y la hace evidente Snell cuando matematiza el fenómeno de la refracción o lo que se conoce como la ley de Snell. En esta, se relacionan los índices de refracción de cada medio (es decir, cuánto se reduce la velocidad de la luz dentro del medio) y el ángulo con el que la luz se refracta en ese medio específico.

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2 \quad \text{Ley de Snell.}$$

$$n = \frac{\text{Velocidad de la luz en el vacío}}{\text{Velocidad de la luz en el medio}} \quad \text{Índice de refracción}$$

Descripción de la actividad

1. ingresar al siguiente link [https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_es.html)
2. Entrar al modo “más herramientas” y una vez allí realiza los siguientes procedimientos.
3. Elige los medios de aire y agua, siendo el aire el que está por encima y el agua por debajo.
4. Coloca el láser a 30 grados de la normal.
5. Con la ayuda de la ley de Snell, hallar el ángulo de refracción de la luz en el agua
6. Posteriormente, con la ayuda del transportador digital, comprueba que dicho ángulo es el mismo.
7. De la misma manera, ahora trabajamos con los medios de aire y vidrio para realizar el procedimiento anterior.
8. Si la luz pasa del agua al vidrio, ¿qué sucede con la luz? ¿se refracta?
9. Comprueba con la ley de Snell y finalmente, con el transportador digital.
10. ¿Qué conclusiones puedes sacar de este experimento?

Medios	$\theta$ incidente	$\theta$ refractado con transportador	$\theta$ refractado con snell			
aire-agua						
aire-vidrio						
agua-vidrio						

**Anexo 4***Consentimiento informado práctica pedagógica.***CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PRÁCTICA PEDAGÓGICA****Semestre 2020-1**

En el marco del curso de Trabajo de Grado del Programa de Licenciatura en Matemáticas y Física del Departamento de Enseñanza de las Ciencias y las Artes, solicitamos de su consentimiento en calidad de Acudiente de un estudiante para realizar diferentes actividades pedagógicas e investigativas que requieren la grabación de audios, videos y la toma de imágenes.

Con el presente documento como consentimiento informado, usted autoriza:

1. La toma de fotografías, videos, audios para ser utilizados como material pedagógico e investigativo.
2. La toma de fotografías en actividades pedagógicas para ser utilizadas en la página web de la Universidad y/o Facultad, Boletines, Informes de Gestión y Presentaciones Académico-Administrativas.
3. Que el material fotográfico, videos, audios entren a ser parte del archivo de la Universidad de Antioquia y sus bases de datos.

**Datos del Acudiente:**

Nombres y Apellidos completos	
Identificación	
Firma	

**Datos del estudiante:**

Nombres y Apellidos completos	
Grado y Grupo	
Institución Educativa	
Firma	

Agradecemos su colaboración.

Cordial Saludo.

Atentamente,

Estudiantes del curso de Trabajo de Grado, DECA, FE, UdeA.

**Anexo 5**

*Ponencia Escolme*



**II Jornada de Investigación**  
**Institución Universitaria Escolme**  
**2021 / virtual**

**escolme**  
 Institución Universitaria  
 Desde 1970  
 -Vigilada por el Ministerio de Educación-

Otorga la presente constancia a:

Juan David Flórez Córdoba      Ana María Ramírez Carmona  
Juan Carlos Arroyave      René Alejandro Londoño Cano

Por haber participado como ponentes en su II Jornada de Investigación  
 "La transformación digital para el desarrollo económico y social"

Proyecto: Diseño de un modelo intuitivo para la comprensión  
 del fenómeno de la refracción a través de las TIC.

Para constancia se firma el día 12 de noviembre de 2021.

  
 Coordinadora Centro de Investigación




**Anexo 6**

*Ponencia Playa Alta*





Universidad de  
**Playa Ancha**



**UAN**  
UNIVERSIDAD  
ANTONIO NARIÑO

## Certificado

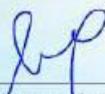
*Que se otorga a:*  
**Ana María Ramírez Carmona, Juan David Flórez Córdoba,  
 Juan Carlos Arroyave, René Alejandro Londoño Cano**

*Por su participación con la COMUNICACIÓN titulada:*  
**“Diseño de un modelo intuitivo para la comprensión del fenómeno de la refracción a través de la visualización y las TIC”**  
*en las Primeras Jornadas Internacionales Pensamiento Visual en lo Matemático.*

*Del 9 al 10 de diciembre de 2021 - Modalidad Virtual - Duración: 48 horas académicas.*



**Dr. Carlos Silva**  
Coordinador General  
Decano FCNE U. de Playa Ancha



**Dr. Alejandro Nettle**  
Presidente del Comité Organizador  
Universidad de Playa Ancha



**Dr. Osvaldo Rojas**  
Coordinador Comité Organizador  
Universidad Antonio Nariño





