

**EPISTEAM, UN MODELO DIDÁCTICO PARA LA EDUCACIÓN MEDIA
TÉCNICA INDUSTRIAL, FUNDAMENTADO EN EL ENFOQUE STEAM Y LA
EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS**



Gilberto Useche Gutiérrez

Tesis dirigida por

Javier Andrés Vargas Guativa

Tesis Doctoral presentada como requisito para optar al título de

Doctor en Educación

Manizales, Colombia

2021

Página de Aprobación

Esta tesis fue defendida por Gilberto Useche Gutiérrez ante el siguiente tribunal de tesis. Se presentó a la Facultad de Educación y aprobada en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Doctor en Educación en la Universidad Católica de Manizales.

Dr. Yeison Alberto Garcés Gómez

Presidente del Tribunal

Dr. Miguel Escalona Reyes

Secretario (a)

Dr. Wilson Javier Parra Angarita

Vocal

Declaración de Obra Original

Yo declaro lo siguiente:

Esta tesis representa mi trabajo original, excepto cuando he reconocido las ideas, las palabras, o material de otros autores.

Cuando las ideas de otro autor se han presentado en estas, he reconocido las ideas del autor citándolo en el estilo requerido.

Cuando las palabras de otro autor se han presentado en esta tesis, he reconocido las palabras del autor mediante el uso correcto de las citas correspondientes en el estilo requerido.



Gilberto Useche Gutiérrez

8 de junio de 2021

CONTENIDO

Preámbulo	9
Introducción	12
Capítulo 1. Contexto de la investigación	16
1.1. Planteamiento del problema. Preguntas del conocimiento.....	16
1.1.1. Pruebas internacionales	16
1.1.2. Pruebas nacionales	18
1.1.3. Investigaciones de aula	20
1.2. Objetivos	23
1.2.1. Objetivo General	23
1.2.2. Objetivos Específicos	23
Capítulo 2. Marco referencial	25
2.1. Estado del arte	25
2.1.1. Modelo y Modelización	25
2.1.2. Epistemología	32
2.1.3. Enfoque STEAM	35
2.2. Marco teórico	38
2.2.1. Modelo, Modelización y Modelos didácticos	43
2.2.2. Enfoque STEAM en la educación	48
2.2.3. Modelos didácticos desde la epistemología	56

2.3. Marco contextual.....	60
2.4. Marco legal.....	64
Capítulo 3. Marco metodológico	69
3.1. Discusión sobre el desarrollo histórico del concepto abstracto llamado método.....	70
3.2. Diseño Metodológico	77
3.2.1. Tipo de investigación	79
3.2.2. Diseño de la investigación	80
3.2.3. Técnicas de recolección de información	83
3.2.4. Validación de instrumentos	85
Capítulo 4. Construcción del Modelo Didáctico.....	94
4.1. Identificación de categorías. Estudio exploratorio.....	95
4.2. Momentos didácticos y secuencia didáctica. Observación de campo	98
4.3. Praxis intuitiva, un referente para el modelo - Entrevistas Semiestructuradas	105
4.4. Modelando el Modelo	127
4.4.1. Categorías, dimensiones y descriptores	128
4.4.2. Descriptores en los momentos didácticos (conceptualización del modelo)	132
4.4.3. Articulando el Modelo Didáctico EpiSTEAM	141
4.5. Fases del Modelo Didáctico EpiSTEAM.....	142
Capítulo 5. Factibilidad del modelo didáctico EpiSTEAM	150
5.1. Validación por Encuesta.....	151

5.2. Validación de expertos	174
Conclusiones y Recomendaciones	180
Referencias.....	186
Anexos	196

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Acepciones Para la idea de Modelización</i>	47
Tabla 2. <i>Diseño Metodológico</i>	82
Tabla 3. <i>Tabla de Respuestas de la Encuesta Tipo Likert con Fines de Validación del Instrumento</i>	87
Tabla 4. <i>Instrumento Utilizado en el Juicio de Expertos</i>	89
Tabla 5. <i>Conceptos Recurrentes en los Artículos Seleccionados</i>	96
Tabla 6. <i>Conceptos Recurrentes, Agrupados por Sinonimia y Número Gramatical</i>	97
Tabla 7. <i>Frecuencia de Citas por Docente y Código</i>	106
Tabla 8. <i>Tabla de respuestas de la encuesta</i>	153
Tabla 9. <i>Medidas estadísticas descriptivas de rangos</i>	156
Tabla 10. <i>Tabla de frecuencias del tipo de respuesta para cada pregunta</i>	157
Tabla 11. <i>Agrupamiento de respuestas de la temática Problematización</i>	162
Tabla 12. <i>Agrupamiento de respuestas del tema Pedagogía y didáctica</i>	165
Tabla 13. <i>Agrupamiento de Respuestas del Tema Modelo y Modelización</i>	168
Tabla 14. <i>Agrupamiento de Respuestas del Tema Habilidades y Competencias.</i>	170

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Estructura del informe de investigación</i>	13
Figura 2. <i>Planteamiento del Problema y Pregunta de Investigación</i>	22
Figura 3. <i>Ciclo de indagación</i>	55
Figura 4. <i>Devenir Histórico del Concepto Abstracto 'Método'</i>	71
Figura 5. <i>Momentos Didácticos en la Secuencia</i>	98
Figura 6. <i>Proceso de Desarrollo del Modelo</i>	127
Figura 7. <i>Categoría Epistemología y su Aporte a la Secuencia Didáctica</i>	133
Figura 8. <i>Categoría Enfoque STEAM y su Aporte a los Momentos de la Secuencia Didáctica</i> . 135	135
Figura 9. <i>Dimensión Modelo Científico de la Categoría Modelo y su Aporte a los Momentos de la Secuencia Didáctica</i>	136
Figura 10. <i>Dimensión Modelo Didáctico de la Categoría Modelo y su Aporte a los Momentos de la Secuencia Didáctica</i>	138
Figura 11. <i>Categoría Modelo, Dimensión, Modelización y su Aporte a los Momentos de la Secuencia Didáctica</i>	140
Figura 12. <i>Configuración del Modelo Didáctico EpiSTEAM</i>	142
Figura 13. <i>Secuencia de implementación del Modelo Didáctico EpiSTEAM</i>	150
Figura 14. <i>Frecuencia de la respuesta a cada pregunta</i>	158
Figura 15. <i>Agrupamiento de Respuestas de la Temática Problematización</i>	163
Figura 16. <i>Agrupamiento de Respuestas del Tema Pedagogía y Didáctica</i>	165
Figura 17. <i>Agrupamiento de Respuestas del Tema Modelo y Modelización</i>	168
Figura 18. <i>Agrupamiento de Respuestas del Tema Habilidades y Competencias</i>	171

A los seres que el universo me ha brindado para transitar por la vida: Liuba, David y Sofía

A la muy leal e incondicional Mónica

A quienes se adelantaron en el viaje al infinito pero que persisten en el corazón: Antuco y Javier

A quienes con su amistad y permanente apoyo se encargaron de otros asuntos en tanto yo me ocupaba de este:
Angelica y Claudia

Sin ellos, el viaje no hubiera sido igual y el producto distaría mucho de lo que es.

El autor

Preámbulo

Mi preocupación por la educación empieza por mi paso por la Universidad Pedagógica Nacional, en Bogotá en los años 80. En ese momento, comprendí que era de vital importancia desarrollar al máximo todo el conocimiento posible, para, de esta forma, poder compartir los saberes y extenderlos en el camino de la educación. Había abandonado la idea de incursionar en el estudio de la física, pues la frágil situación del país, en cuanto a la incursión, campo de acción y respaldo en el ámbito de la ciencia, sumado a la curiosidad por entender el intricado e interdisciplinar campo de la pedagogía y la forma en que el ser humano tiene la capacidad de aprender, se presentaba un tanto más provechoso, interesante y viable para mis posibilidades.

Cuando tuve la oportunidad de compartir el conocimiento adquirido, ya en la práctica de la docencia, impartiendo mi primera clase en el Liceo Español Pérez Galdós de Bogotá, pude experimentar un sinfín de nervios, a pesar del tiempo y el esfuerzo dedicado a la planificación y preparación de la misma, por lo cual, doy testimonio de la afirmación de que un maestro solo aprende cuando enseña. Mis compañeros de trabajo, que estaban al tanto de mi iniciación, se encontraban atentos al desenlace y prontamente reporté la hazaña del efecto de haberme dado a entender. Creía que ningún estudiante había quedado sin comprender lo que tanto esfuerzo me había costado enseñar. Así, fui avanzando entre ecuaciones y problemas. Mi ingreso al salón de

clase estaba precedido por un ceremonial silencio de respeto hacia la ciencia (eso pensaba yo), lo que facilitaba la explicación que llevaba preparada.

El desencanto fue evidente, pues, llegado el momento de verificar el resultado de los aprendizajes, estando solo, encontrándome con las tantas hojas de las evaluaciones, sufrí el mayor desencanto al que podría llegar un maestro: si los resultados numéricos eran reflejo de los aprendizajes, era evidente que este no se había dado. ¿Qué había pasado?

La pena solo fue soportable cuando los demás maestros me confiaron sus resultados: ¡eran idénticos! Estos eventos, ocurridos en la década del 80, se convirtieron en el germen del proyecto que hoy cierra un ciclo.

El desencanto se convirtió en la principal motivación para comprender lo que pasa por la mente de los estudiantes y los desafíos a los que se enfrenta el cuerpo docente, así como las necesidades de formación de los últimos. A pesar de este primer sinsabor, no apareció la derrota, sino que surgió la necesidad de aceptar el desafío e intentar una y otra vez hasta lograr el éxito, el cual llegaría con la coincidencia entre mis propósitos y los logros de los estudiantes.

En aquellos momentos de desencanto acontece mi encuentro con los jesuitas. Fue en el Colegio San Bartolomé La Merced, en Bogotá, y allí se gestó la mayor motivación hacia la búsqueda de propuestas que minimizaran la brecha entre la enseñanza pretendida por los maestros y el aprendizaje alcanzado por los estudiantes. De la mano del Padre Carlos Eduardo Vasco s.j.; el grupo de epistemología de la Universidad Javeriana; los agudos apuntes de Carlo Federici, quien para entonces se encontraba en uso de buen retiro; la exigencia del Padre Carlos Vásquez s.j., junto con el naciente Paradigma Pedagógico Ignaciano y las conversaciones e investigaciones del Dr. Hernán Escobedo David, director de la Fundación Hemisferio, discurrieron fructíferas discusiones

sobre el enseñar y el aprender y se vislumbró la necesidad de construir una didáctica que favoreciera dichos procesos.

En conjunto con el Dr. Hernán Escobedo, auspiciados por Colciencias, inició la construcción de una alternativa didáctica para la enseñanza de las ciencias, la cual fue acogida e incorporada por el Ministerio de Educación Nacional en los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental en el año 1998.

Al desempeñarme como Secretario de Educación de Villavicencio en 2005, a través de las pruebas SABER 11, pude percibir que el desempeño del municipio, en ciencias y matemáticas, a pesar de estar por encima del promedio nacional, distaba mucho de lo esperado por la administración.

Luego, en el ejercicio como rector en una institución pública (desde el 2006 hasta la fecha), he podido comprobar la generalización del problema y, a su vez, la necesidad de acelerar procesos en pro de seguir en la búsqueda de alternativas didácticas que aporten a una mejor comprensión de los conceptos de la ciencias y las matemáticas, puesto que, a pesar de la cualificación de los docentes y la intensificación de las áreas relacionadas con el enfoque STEAM, los desempeños de los estudiantes no son satisfactorios para docentes ni directivos.

Han sido casi 35 años intentando incrementar la eficiencia en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas, años de relativo éxito. En estas décadas ha quedado claro que, solo a través de didácticas holísticas, el trabajo en torno a problemas y proyectos, el reconocimiento de saberes previos de los estudiantes y la investigación como estrategia para la enseñanza, es un tanto más clara la posibilidad de mejorar significativamente el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas. Hoy se presenta aquí el más reciente de los esfuerzos más no, el último.

Introducción

La presente investigación propone una ruta para el abordaje de un modelo didáctico construido a partir de los conceptos de epistemología, modelo y modelización, como también el enfoque STEAM (Acrónimo en inglés para Science, Technology, Engineering, Arts y Mathematics), con el propósito de articular la epistemología de la ciencias y el enfoque STEAM en la educación media técnica, modalidad industrial. La tesis que se defiende con este planteamiento es que la articulación de la epistemología de las ciencias y el enfoque STEAM aportan a los procesos didácticos de la educación media técnica, promoviendo la comprensión de las matemáticas y las ciencias naturales.

Los resultados de las pruebas censales nacionales y muestrales internacionales, así como diferentes investigaciones realizadas por académicos en diversos contextos, tiempos y lugares, evidencian que “no existe una cabal comprensión de los conceptos científicos y las matemáticas y que existe una tendencia a disminuir el número de estudiantes que estudian carreras en donde dichos conceptos se aplican” (Useche G y Vargas G., 2019, pág. 109). Adicional a esto, las pruebas referidas no dan cuenta de las habilidades, competencias y saberes desarrollados por los estudiantes de los colegios técnicos industriales y el abordaje de las pruebas los ponen en clara desventaja frente a estudiantes de colegios académicos. Así pues, desde esta perspectiva, cobra importancia cualquier intento de construir alternativas que contribuyan a superar dicha situación. La presente propuesta de investigación pretende ser uno de estos esfuerzos.

Se utiliza una metodología con enfoque mixto sustentada en las mediciones de respuestas o ponderación de concepciones sobre la enseñabilidad de las ciencias, complementándolas con análisis de conceptos y comportamientos. Se pretende aunar una complementación de datos y resultados cualitativos y cuantitativos y así, garantizar un abordaje holístico del problema.

La población objeto del presente proyecto está constituida por profesores del ciclo de educación media técnica del Instituto Técnico Industrial de Villavicencio, establecimiento de carácter público, única institución que brinda una formación de carácter industrial en la Orinoquia, lo cual evidencia su importancia y nivel de compromiso.

Como producto del proyecto se presenta un modelo didáctico, basado en la epistemología de las ciencias, el concepto de modelo y el proceso de modelización. Se busca que este aporte al proceso de enseñanza en educación media técnica, utilizando las áreas STEAM. La tesis está organizada en los siguientes capítulos (Figura 1.)

Figura 1.

Estructura del informe de investigación



Fuente: Autoría propia

En el capítulo 1, denominado 'Contexto de la investigación', se identifica el problema que deriva en la pregunta de investigación; se muestran, de manera profusa, datos que justifican la necesidad de construir una propuesta didáctica que aporte a la solución de la situación detectada. Además, se plantean los objetivos que orientan el trabajo que concluye con el diseño de una propuesta didáctica desde la Epistemología y el enfoque STEAM.

El capítulo 2, ‘Marco Referencial’, surge de una revisión de literatura sobre la didáctica, la epistemología y la conceptualización del término modelo y del enfoque STEAM, sobre los cuales se construye la propuesta didáctica, a través del estado del arte y el marco teórico. También se presentan los contextos histórico y legal que permiten comprender el devenir de los colegios técnicos industriales.

Se establece una relación de pertinencia entre el enfoque STEAM y la educación media técnica que ofrecen los institutos técnicos industriales de Colombia. El enfoque STEAM ofrece enormes oportunidades para el desarrollo de la educación media técnica, en especial, la industrial. Sin embargo, como es algo emergente, se requiere construir didácticas que impliquen el trabajo colaborativo y el abordaje multidisciplinario.

También se establecen relaciones entre la epistemología y los modelos didácticos. Esta relación ha tenido amplio desarrollo desde finales del siglo XX. Se plantea la posibilidad de construcción de un modelo didáctico que permita el abordaje de problemas científicos, atendiendo a la historia de las ciencias y a la filosofía de las mismas.

Después del éxito de la novel disciplina que era la epistemología, para estudiar el devenir de la ciencia y la manera como los científicos construyen la ciencia, se explora la potencialidad de aplicar sus hallazgos en la configuración de modelos didácticos.

El capítulo 3 aborda el marco metodológico. En este se presenta una reflexión histórica sobre el desarrollo del concepto abstracto de método, desde la época de la Grecia antigua, hasta los albores del siglo XXI. Esta reflexión nace de conversaciones con el Dr. Agustín Aduriz-Bravo, investigador de la Universidad de Buenos Aires, Argentina (UBA), durante el tiempo de pasantía doctoral, como referente de la investigación. A partir del escrito aquí consignado, se inició la

escritura de un artículo de reflexión que será puesto a consideración de una revista de investigación en el futuro cercano.

Además, se abordan los elementos que permiten identificar el tipo y el diseño de la investigación, se incluye un diagrama que sintetiza el protocolo metodológico de esta y se identifica la población, los criterios de inclusión, exclusión y eliminación.

El capítulo 4 describe el proceso de construcción del modelo didáctico: se identifican las categorías de investigación, mediante el estudio exploratorio; se establecen los momentos didácticos, desde la observación de campo y se establece una correlación entre lo observado y lo manifestado por los docentes, a partir de entrevistas semiestructuradas.

También se presenta el proceso de articulación del modelo didáctico, relacionando los descriptores de cada una de las categorías con momentos didácticos. Este proceso deriva en la configuración del modelo didáctico EpiSTEAM. El modelo se construye a partir de las necesidades de los institutos técnicos industriales y de los resultados de las pruebas censales nacionales (SABER) y muestrales internacionales (TIMMSS y PISA). La presentación del modelo se realiza describiendo cada una de las fases identificando las acciones que debieran realizar los docentes y los estudiantes en cada una de ellas.

Por último, en el capítulo 5, se presenta un análisis acerca de la factibilidad del modelo, a través de la estimación de su validez desde dos frentes: el primero, los resultados de una encuesta aplicada a una muestra de docentes y la segunda, desde el concepto de expertos en el área de la enseñanza STEAM y la construcción de modelos. Se realiza una discusión a partir de los resultados obtenidos en la encuesta.

Capítulo 1. Contexto de la Investigación

1.1. Planteamiento del problema. Preguntas del conocimiento

El problema identificado en esta investigación es la baja comprensión de las ciencias naturales y las matemáticas, evidenciada en el bajo desempeño de los estudiantes. Este problema está profusamente estudiado y es un hecho, en concordancia con lo reportado por las pruebas muestrales internacionales, las pruebas censales nacionales y los hallazgos presentados en investigaciones de aula, realizadas por académicos e investigadores en diversos contextos, espacios y tiempos.

1.1.1. Pruebas internacionales

En Colombia se aplican pruebas de carácter internacional, que son de tipo muestral, que evalúan diversos aspectos: PISA, TALIS, CIVICA, TIMSS y PIRLS. De estas pruebas, solo PISA y TIMSS evalúan el desempeño de los estudiantes en matemáticas y ciencias (ICFES, 2007).

Colombia ha participado en dos oportunidades del Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias, TIMMS¹, que tiene el propósito de conocer el nivel educativo de estas áreas a nivel internacional e identificar las principales deficiencias que determinan el estado actual de la enseñanza de estas. Los resultados fueron publicados en 2007² y participaron 425.000 estudiantes de 59 países de todos los continentes. Colombia y el Salvador fueron los únicos países latinoamericanos participantes en el estudio. En Colombia se evaluó una muestra de 4,873 alumnos de grado octavo y 4,801 de grado cuarto. Entre las principales conclusiones se menciona el hecho de que los promedios de los estudiantes de colegios privados son significativamente superiores a

¹ Información consultada del informe ejecutivo realizado por el ICFES. Corresponde a la aplicación del año 2007, realizado en el área de ciencias en los grados 4° y 8°.

² Se realiza cada cuatro años desde 1995. El 2007 fue el último año de presentación en Colombia.

los de quienes asisten a colegios públicos. En cuanto a los niveles de desempeño, en Colombia, solamente el 1% de los estudiantes de grado cuarto llegó al nivel avanzado, el 5% al nivel alto y el 16% al nivel medio. El 49% se quedó en el nivel inferior. En octavo, el 1% llegó al nivel avanzado, el 3% al nivel alto y el 18% al nivel medio. El 41% se quedó en nivel inferior (ICFES, 2007). La aplicación de las pruebas pone en evidencia que, en ciencias naturales, casi la mitad de los estudiantes del país presentan dificultad en el manejo de los conceptos básicos del área; además, todos los resultados del sector privado y la zona urbana son superiores al sector oficial y la zona rural.

Con respecto a las pruebas PISA, podemos indicar que se aplican cada 3 años, desde el año 2000 (2006 en Colombia), a estudiantes de 15 años de edad. En estas pruebas participan los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE, y algunas naciones de todos los continentes que se vinculan a este estudio. Las áreas evaluadas son lectura, matemáticas y ciencias. Para facilitar el análisis, los países participantes se agrupan en tres categorías: Latinoamérica, No-OCDE y OCDE.

En los años 2006 y 2015, Colombia realizó la prueba de profundización en ciencias. En 2015, participaron ocho países latinoamericanos: Colombia, Brasil, Chile, Costa Rica, México, Perú, Uruguay y República Dominicana. Los datos muestran que el promedio alcanzado por el país en el área de ciencias fue de 416. A pesar de haber superado por primera vez el promedio latinoamericano, que fue de 406, persiste la brecha con los países No-OCDE, cuyo promedio fue de 437, y con los países OCDE, con promedio de 488. En Colombia, el 66% de los estudiantes muestran un desempeño bajo en matemáticas y el 49% muestran desempeño bajo en ciencias, después de una mejora de 8 y 7 puntos porcentuales respectivamente, comparado con el año 2012.

PISA propone que los colegios privados tienen resultados significativamente más altos que los colegios oficiales.

Es oportuno hacer notar que tanto TIMSS como PISA han identificado brechas en los desempeños de grupos poblacionales como hombres con respecto a las mujeres y la zona urbana en relación con la zona rural. Los hombres muestran desempeños significativamente más altos que las mujeres y se observa que los estudiantes de la zona urbana exhiben un mejor desempeño que los estudiantes en la zona rural. Sobre esta situación, se encontró que el hecho, insignificante en apariencia, de poseer un computador en casa, produce una reducción en este tipo de diferencias, lo que lleva a plantear la posibilidad de que el enfoque STEAM en la educación, pueda aportar a cerrar este tipo de brechas.

1.1.2. Pruebas nacionales

Los resultados de las pruebas nacionales SABER (3°, 5°, 9° y 11°) y SABER PRO han señalado que en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas no se logra una adecuada comprensión. Desde el año 2012 el ICFES aplica la prueba SABER en los grados 3°, 5° y 9° y su objetivo es evaluar la calidad de la educación básica en las áreas de lenguaje, matemáticas, ciencias naturales y competencias ciudadanas. Es una prueba censal y su último año de aplicación fue en el 2017, para matemáticas y en el 2016, para ciencias.

Los resultados de dichas pruebas en 2016, en el grado noveno, evidencian que, en ciencias naturales, apenas el 30% de los estudiantes alcanzaron el nivel de desempeño satisfactorio o avanzado, con una amplia ventaja de los colegios privados sobre los colegios públicos: los puntajes fueron 57% y 27%, respectivamente. En grado quinto, el porcentaje muestra que el 39% de los

estudiantes alcanzaron los niveles de satisfactorio o avanzado; la diferencia entre los colegios privados y públicos muestran la misma tendencia: 64% contra 35%.

En matemáticas³ la situación no es menos grave: apenas el 26% de los estudiantes de noveno alcanzaron los niveles satisfactorio y avanzado, mientras que el 22% obtuvo insuficiente y el 53% el nivel mínimo. En grado 5° el 43% obtuvo el nivel insuficiente y el 29% el nivel mínimo. Comparando los colegios públicos y privados, la situación es la siguiente: el 43% de los estudiantes oficiales alcanzó el nivel insuficiente, mientras el 23% de los privados obtuvo este nivel.

SABER 11 es una prueba censal estandarizada aplicada semestralmente por el ICFES a los estudiantes que cursan el grado 11°, su objetivo es monitorear la calidad de la educación. Los resultados de la prueba aplicada en agosto de 2018 exponen, para ciencias y matemáticas, los siguientes resultados:

En ciencias, el 67% de los estudiantes se ubicaron en los niveles 1 o 2, mientras que solo el 34% de los estudiantes se ubicaron en los niveles 3 y 4. La manera de interpretar estos datos la provee el ICFES, en su portal interactivo: icfesinteractivo.gov.co.

Es deseable que los estudiantes se ubiquen en los niveles 3 y 4, puesto que allí se evalúa la competencia de deducir y combinar procedimientos para realizar tareas determinadas.

En matemáticas, el 46% de los estudiantes se ubicaron en los niveles 1 y 2; mientras que el 54% se situaron en los niveles 3 y 4.

³ El último año de aplicación de la prueba SABER 5 y 9 en Matemáticas fue en 2017, los datos citados aquí, corresponden a ese año.

1.1.3. Investigaciones de aula

En un estudio previo se determinó que las evaluaciones realizadas por los docentes, como medio para confirmar el aprendizaje en los cursos de ciencias, en las instituciones educativas de educación básica y media, muestran que no existe una comprensión de los conceptos científicos y así se origina el fracaso de los estudiantes en estas áreas. Al indagar a los docentes del área sobre las razones de dicho resultado, suelen identificar como causas probables la dificultad intrínseca del área, las malas bases matemáticas y el desinterés por parte de los estudiantes, en el área de estudio. Lo anterior, nace de prácticas inadecuadas de los docentes y de la ausencia de una estrategia didáctica eficaz para la enseñanza de las ciencias. Comúnmente, en los colegios se privilegian métodos de enseñanza que sistemáticamente muestran cómo los estudiantes aprenden a responder de determinada manera ante ciertas circunstancias, sin haber apropiado un lenguaje, y, ante todo, el sistema teórico que este expresa (Escobedo y Useche, 1999).

Los estudios acerca de las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias exponen preocupantes resultados: el interés de los estudiantes hacia la ciencia empieza temprano, pero decrece a medida que su escolaridad aumenta, dado que consideran aburrida la ciencia escolar y la ven como un factor poco relevante en sus vidas; además, se han identificado estereotipos de género que indican que los hombres poseen mayores capacidades que las mujeres para el desarrollo de tareas científicas (Mellado, Borrachero, Brígido, y Melo, 2014).

Indagando sobre las circunstancias en las cuales los aprendizajes no se dan como se debería, se encuentra que se ha abusado de la transmisión de la ciencia al presentarla como un conjunto de verdades acabadas, inmutables e indiscutibles, alejadas no solo de las inquietudes de los alumnos, sino también de la emoción que supuso en su momento, al concebirse históricamente la construcción del conocimiento. Esta forma de plantear el aprendizaje científico genera en

muchos alumnos actitudes y emociones negativas hacia determinadas materias (Mellado, Borrachero, Brígido, y Melo, 2014).

Verno Krüger, citado por Rodríguez (2007), expone la evolución de las concepciones metodológicas de profesores de ciencias y matemáticas. Dicha evolución se presenta en 6 niveles: En el nivel 1, el profesor que se limita a la transmisión verbal de contenidos, sin tener en cuenta las ideas previas de los alumnos. En el nivel 2, se encuentra el docente que realiza una transmisión verbal con alguna esporádica participación de los estudiantes. En el nivel 3, el profesor realiza actividades inductivas sin considerar las ideas previas de los alumnos. En el nivel 4, se dan actividades centradas en el interés del estudiante con alguna participación de este. En el nivel 5, el docente diversifica las actividades y el alumno es protagonista. En el nivel 6 se da un proceso de investigación escolar a partir de problemas significativos para el estudiante. De acuerdo con esta clasificación, se puede inferir que en el más alto nivel se encuentran los profesores que tienen una concepción metodológica que favorece el desarrollo de competencias investigativas en los estudiantes (Rodríguez, 2007).

Las anteriores tres perspectivas nos permiten fundamentar la afirmación de que no se logra una cabal comprensión de los conceptos de las ciencias y las matemáticas y esto se aplica no solo en el ámbito local, sino que es un resultado a nivel internacional, tal como lo han podido registrar las pruebas internacionales PISA Y TIMSS y se abordó en el numeral 1.1.1. del presente informe.

Estudios han demostrado que las nuevas emergencias en el campo de la enseñanza de las ciencias, las matemáticas y la tecnología presentan al enfoque STEAM como una alternativa educativa que aporta a la solución del problema planteado; Greca y Meneses (2018), realizaron un compendio que experiencias que soportan esta afirmación.

Frente a lo mencionado anteriormente, se planteó como pregunta de investigación:

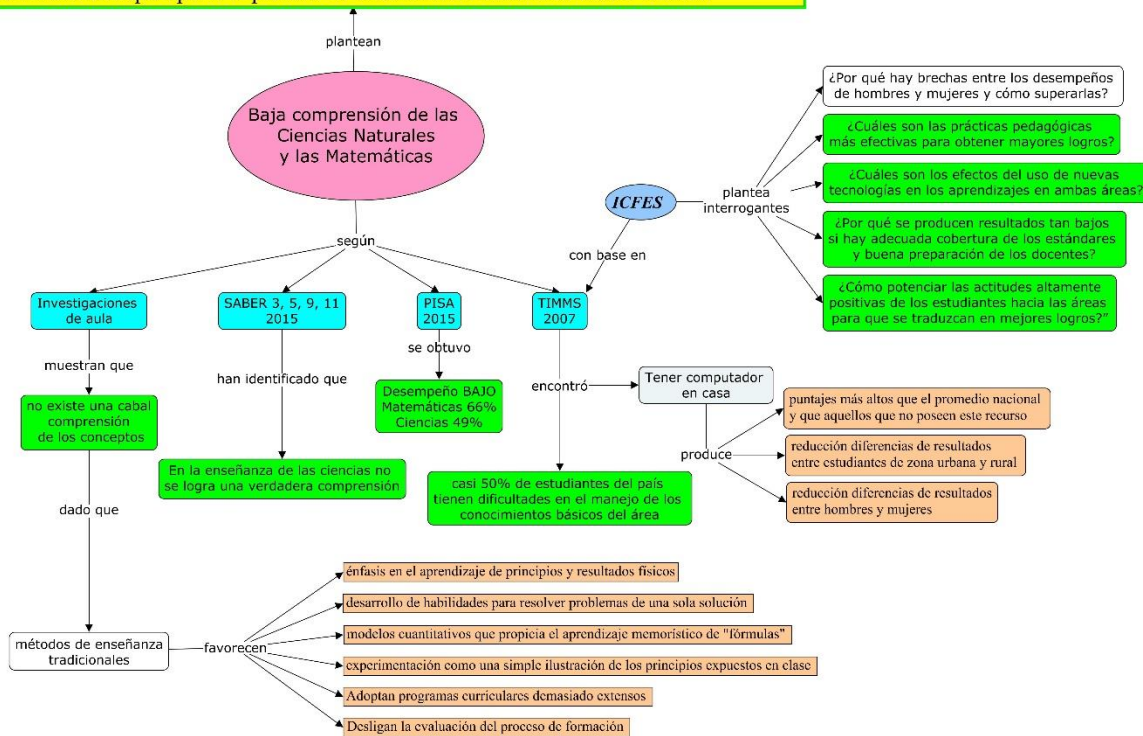
¿Cómo estaría configurado un modelo didáctico basado en el enfoque STEAM y la epistemología de las ciencias que aporte a la enseñanza en educación media técnica?

Lo expuesto anteriormente se puede visualizar en la Figura 2. La lectura inicia en la identificación del problema como es la baja comprensión de las ciencias naturales y las matemáticas y continúa con el sentido de lectura indicado por las flechas. Los conceptos de primer nivel, identificados en azul, son la fuente de información que permiten formular el problema; se identifican cuatro, PISA (2015), TIMMS (2007), investigaciones de aula y pruebas SABER 3, 5, 9, 11. Los conceptos de segundo nivel, en verde, expresan las cuestiones sobre las que actúa la investigación, bien sea minimizando el impacto o dando respuesta a los interrogantes surgidos. La figura sintetiza la formulación del problema y expresa la pregunta de investigación (en amarillo).

Figura 2.

Planteamiento del Problema y Pregunta de Investigación

¿Cómo estaría configurado un modelo didáctico basado en el enfoque STEAM y la epistemología de las ciencias que aporte al proceso de enseñanza en educación media técnica?



Fuente: Autoría propia

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer un modelo didáctico, fundamentado en el enfoque STEAM y la epistemología de las ciencias, que aporte al proceso de enseñanza en la educación media técnica industrial.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los elementos del enfoque STEAM pertinentes para el nivel de educación media técnica industrial.
- Establecer los fundamentos epistemológicos apropiados para un modelo didáctico basado en el enfoque STEAM.

- Configurar un modelo didáctico con enfoque STEAM para el nivel media técnica industrial, fundamentado en la epistemología de las ciencias.
- Estimar la validez del modelo didáctico, en el proceso de enseñanza con enfoque STEAM, en el nivel media técnica industrial.

Capítulo 2. Marco Referencial

En el presente capítulo se ofrece una perspectiva teórica, a través de una revisión extensa de la literatura; se relacionan las referencias fundamentales, de manera objetiva, gracias a las cuales se realizó la presente investigación; se muestran los fundamentos teóricos constitutivos de las categorías identificadas (modelo, epistemología de las ciencias y enfoque STEAM) y se rescatan los lineamientos epistemológicos que sirvieron de base para la investigación. El apartado se compone del Estado del Arte, el Marco Teórico, el Marco Contextual y el Marco Legal.

2.1. Estado del arte

A continuación, se revisa el conocimiento previo que ha sido construido en torno a los conceptos de Modelo, Modelización, Epistemología y Enfoque STEAM, que ha servido para fundamentar el desarrollo de la investigación.

2.1.1. Modelo y Modelización

El término “modelo” ha sido extraído del lenguaje cotidiano, debido a su aplicación en diversas esferas de la actividad humana. Como suele suceder con muchos de los conceptos que provienen del lenguaje común, tiene diversas acepciones, las cuales pueden producir confusiones. Es un concepto polisémico: una cosa es el modelo y otra es la acción de construir modelos o modelizar. El proceso de modelización inicia con el planteamiento de una situación problemática real que puede ser, o no, científica y que se desea simplificar, estructurar e idealizar y, por supuesto, formalizar en la construcción del modelo (González, 2005).

En este orden de ideas, corresponde hacer claridad sobre la acepción para el término “modelo” que servirá para orientar el presente trabajo, al igual que la conceptualización del término “modelización”.

2.1.1.1. Modelo.

Por modelo se denota a una abstracción simplificada de la realidad para favorecer su aprehensión. Se constituye en una estrategia de carácter cognitivo para elaborar una representación lo más cercana posible al mundo real; un buen modelo explica las variaciones que acaecen en el mundo y tiene poder predictivo de los hechos del mismo (Oliva J. , 2019). La potencia de un modelo puede ser estimada en virtud de su sencillez y de los hechos de los que da cuenta, es decir, aquellos que se explican con la utilización del modelo. Lo anterior favorece su uso en la actividad humana llamada ciencia y los modelos construidos por los científicos se denominan *modelos científicos*.

Hawking y Mlodinow (2010) consideran que los modelos científicos satisfacen a la comunidad si contienen algunas características. El científico, al realizar el proceso de modelación, valora un modelo si:

1. Es elegante.
2. Contiene pocos elementos arbitrarios o ajustables.
3. Concuerda con las observaciones existentes y proporciona una explicación de ellas.
4. Realiza predicciones detalladas sobre observaciones futuras que permitirán refutar o falsar el modelo si no son confirmadas.” (Hawking y Mlodinow, 2010, pág. 60)

Hay una doble utilidad del modelo: En primer lugar, representa una realidad y la explica. En segundo lugar, permite realizar predicciones del estado futuro del sistema modelado. Los elementos abordados por Hawking que tienen que ver con la elegancia y la sencillez rinden tributo a la tradición griega al explicar el mundo.

Galagowsky y Adúriz-Bravo, citados por (García y Rentería, 2013, pág. 4) definen el modelo como “una estructura idealizada abstracta hipotético deductiva, y analógica, con carácter heurístico sobre los fenómenos complejos e inaccesibles directamente”. El modelo se constituye así en una estrategia eficiente de comprender el mundo, idealizando y simplificando los fenómenos para facilitar su apropiación.

Una síntesis del consenso con respecto a la concepción de modelo hace referencia a “una representación abstracta y simplificada de un sistema que hace visibles sus rasgos clave y puede usarse para explicar y predecir fenómenos científicos” (Schwarz, y otros, 2009, pág. 250)

Una posible categorización del término modelo identifica cuatro clases (Ferrater M., 2009):

1. Metafísicamente, el modelo se presenta como equivalente a la realidad, aunque en estado de perfección, es un ideal al que tiende la realidad.
2. Desde lo estético, el concepto se refiere a lo que un artista intenta reproducir. En un lienzo, por ejemplo, atendiendo a su percepción.
3. Éticamente, tiene un valor axiológico por cuanto el modelo se convierte en algo digno de ser imitado, a lo cual se aspira.
4. Epistemológicamente, el modelo puede ser entendido como la manera en que se explica la realidad física.

Los trabajos de científicos como Galileo o Newton se ubican dentro de la categoría epistemológica. En ciencia, es común utilizar una realidad como modelo para explicar otra realidad, un ejemplo de esto es cuando se utiliza el modelo planetario copernicano para explicar el modelo atómico de Bohr. Esta transferencia del modelo no se da únicamente al interior de la

ciencia; por ejemplo, podría utilizarse el funcionamiento de la instalación hidráulica de una vivienda para explicar el funcionamiento de un circuito eléctrico.

Otra posible categorización para los usos más comunes de la idea de modelo se sintetiza en dos grandes categorías:

1. En el primero, el ‘modelo’ constituye un ejemplo paradigmático que se imita o unas reglas de juego que se siguen. Un ejemplo de esta primera variante podría ser la utilización del modelo planetario para imaginar la estructura del átomo. De igual manera, unas reglas de enseñanza que se siguen se constituirían en un modelo didáctico si, al ser replicado, se logran mejores aprendizajes.

2. En el segundo, el término ‘modelo’ hace referencia a una versión estilizada de la realidad, se constituye en una simulación de fenómeno y, por ende, es ese fenómeno que se ha capturado de manera simplificada, resaltando solo aquellos elementos que, de manera intencionada, permiten un acercamiento más sencillo de lo que se está modelizando. El modelo pasa por alto, en un ejercicio de simplificación, detalles que no son cruciales para la manipulación del saber modelizado. (Adúriz Bravo y Izquierdo-Aymerich, 2009)

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que un modelo es algo que se imita o bien, la imitación de algo. La importancia del estudio del concepto de modelo y su teorización radica en que la tarea de la ciencia es la construcción de modelos teóricos que, a su vez, conforman las teorías científicas. Existe un consenso en reconocer que un modelo teórico es una idealización, simplificación, subrogado o sustituto de la realidad o de un sistema real. La primera conceptualización de modelo, ‘*modelo para*’, se corresponde con la formulación de axiomas, por lo que se atribuye el paradigma a través del cual se construyen las matemáticas y la lógica; en tanto que la segunda conceptualización, ‘*modelo a partir de*’, es la base de las ciencias

naturales (Adúriz Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009). Es importante resaltar que los modelos teóricos organizados en teorías pueden ser contrastados (y deben serlo) con la realidad empírica (García y Rentería, 2013).

La realidad no queda completamente descrita con el modelo, de la misma forma en que un mapa de una ciudad no es la ciudad, son dos cosas distintas; no obstante, una, el modelo, es aproximación de la otra, la realidad. La simplificación de la realidad que se logra con el modelo permite la comprensión de las relaciones que se presentan dentro y fuera y, por tanto, a partir de él, se puede imaginar un estado futuro de la realidad. Este hecho es importante para la ciencia puesto que le permite alcanzar una de sus características esenciales: la predictibilidad.

Las personas también construyen y utilizan modelos para explicar la realidad que les rodea; aunque esta acción se realiza de manera natural, es un proceso complejo, en el que cobran relevancia las experiencias individuales, las interacciones con otras personas y las capacidades de razonamiento. (Hinojosa y Sanmartí, 2015)

2.1.1.2. Modelización.

Modelizar es la acción de construir modelos. Este proceso no es automático, inicia con la simplificación de una situación problemática real que puede ser o no científica, idealizándola para formalizarla (construcción del modelo). El desarrollo de la habilidad para modelizar adquiere importancia en el proceso de resolución de problemas porque permite apropiarse del problema, comprenderlo, identificar sus relaciones, sus variables y permite describir sus propiedades con enunciados breves y claros (Useche G y Vargas G., 2019).

Modelizar implica realizar algunas actividades tales como: plantear problemas reales, identificar los objetos del sistema, asignar e identificar propiedades conceptuales, establecer

relaciones de relevancia entre las variables, hacer inferencias, sugerir predicciones, formular hipótesis, construir diseños experimentales para probarlas y construir leyes y teorías que parten con el proceso de resolución de problemas (García y Rentería, 2013).

Muchos autores, desde Piaget hasta Kuhn, han planteado la importancia del cambio de modelos, por medio de la generación de conflictos de carácter cognitivo, como hechos reales que aparentemente (o ciertamente) contradicen el modelo. Los modelos no cambian por el simple hecho de provocar un conflicto, sino que es necesario reconstruirlos; este proceso suele ser largo y exige el apoyo de pequeños “conflictos” y reflexiones como resultado de aplicarlos en otras situaciones (Hinojosa y Sanmartí, 2015). Este hecho puede y debe utilizarse al momento de diseñar modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias.

El proceso de construcción de modelos no consiste solamente en expresar una percepción de la realidad o un ejercicio de simplificación de ella; más allá de esto, se han identificado exigencias epistemológicas al momento de construirlo:

- Separar fenómeno y nómeno: la representación no es igual a lo representado.
- Representar incluye construir un sistema formal.
- Es posible predecir el comportamiento de un sistema a partir del modelo (García y Rentería, 2013, pág. 300)

Dichas exigencias hacen posible el trabajo en el aula, en torno a la construcción de modelos como estrategia para la enseñanza; para ello, el estudiante debe saber que la representación no es igual a lo representado, saber que su modelo es imperfecto y, por lo tanto, provisional; además, el maestro debe saber que confiar plenamente en la observación y en los datos otorgándoles neutralidad, constituye un obstáculo epistemológico (Bachelard, 2004).

El proceso de modelización también se puede entender como competencia, asumida como: Conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y valores epistémicos necesarios para llevar a cabo la tarea de modelizar en su dimensión más amplia; no solo se trataría de aprender los modelos de la ciencia escolar, sino también trabajar con ellos, elaborarlos y revisarlos, así como hablar y opinar acerca de estos, entendiendo su valor, su utilidad, su carácter aproximativo y cambiante y, también, sus limitaciones. (Oliva J. , 2019, pág. 10)

En este sentido, la modelización se constituye en una competencia metacognitiva que permite percibir el mundo, generando conocimiento epistémico. Es una competencia que cualquier sistema educativo desearía para sus estudiantes.

El ejercicio de *modelización* implica diversas acciones como la generación y aplicación de los modelos, revisar y comparar modelos rivales y validar el modelo candidato, ponderando su utilidad y eficiencia al momento de explicar y hacer predicciones (Nicolaou y Constantinou, 2014). Metodológicamente, la modelización se presenta en etapas en un ciclo de investigación científica: inicia con el planteamiento de problemas que se constituye en la justificación para la elaboración de un nuevo modelo, sobre una porción del mundo real; seguido del ejercicio de formular predicciones y; después, recabar y analizar información para comprobarla; producto de ello, se logra elaborar nuevas ideas y explicaciones (Justi y Gilbert, 2002).

Este ciclo exige seleccionar un sistema de signos y códigos a manera de lenguaje, que permiten hacer representaciones entendidas como las relaciones entre entidades lingüísticas y el mundo de lo real.

2.1.2. Epistemología

Asumir la tarea del abordaje de la epistemología es indagar la manera como la ciencia construye su conocimiento para establecer una posible relación entre la epistemología y la didáctica de las ciencias. Especialistas en didáctica de las ciencias de finales del siglo XX realizaron planteamientos epistemológicos para comprender las situaciones que se presentan en el aula; la producción intelectual de la época intentó acercar el *Popperianismo* y la nueva filosofía de la ciencia desarrollada por Kuhn, Lakatos y Toulmin, a los planteamientos de la didáctica (Amador y Aduriz-Bravo, 2011).

Esta última vertiente epistemológica se fue volviendo referencia ampliamente aceptada para fundamentar el ejercicio de la didáctica innovadora. Las anteriores ideas corresponden a un esfuerzo teórico de interpretar epistemológicamente la didáctica de las ciencias. Este ha sido un esfuerzo con resultados parciales y sigue siendo necesario continuar la discusión en la comunidad para tratar de poner fundamentos epistemológicos a la didáctica. (Amador y Aduriz-Bravo, 2011).

Las ideas generales que corresponden a esta vertiente epistemológica y que sirven de insumo al momento de diseñar alternativas didácticas son:

Karl Popper manifiesta la necesidad de abordar las discrepancias entre el saber y el no saber a partir del trabajo en torno a problemas, concebidos como la contradicción entre nuestro conocimiento y los hechos; de esta manera, surge el conocimiento. Los permanentes intentos de solución forjan un modelo explicativo en la mente del individuo; dicho modelo es provisional hasta que una nueva discrepancia lleve a mejorar el modelo explicativo o a la completa sustitución del mismo. El conocimiento no es otra cosa que soluciones provisionales a las discrepancias entre los hechos y los modelos explicativos construidos a instancias de estos (Popper K. , 1983).

Por su parte, (Lakatos, 1989) formula los llamados programas de investigación, en los cuales los conocimientos establecidos por una comunidad constituyen un núcleo duro, es decir, un modelo explicativo de un hecho o conjunto de ellos, estructurado a través de un conjunto de principios básicos, convencional y unánimemente aceptados por dicha comunidad. El núcleo duro obedece a dos reglas metodológicas: una de ellas establece los caminos investigativos que se deben evitar y la otra indica los caminos que se deben seguir. Esta última permite la construcción de un cinturón de hipótesis que actúa como escudo protector del núcleo duro, ante las anomalías previstas por Kuhn.

Thomas Kuhn establece la existencia de una ciencia normal construida por la comunidad científica, constituida por paradigmas o sistema de aproximaciones compartidas que son sometidos a crisis producidas por anomalías detectadas en el acervo teórico que, si son numerosas, producen un desquiciamiento del paradigma, lo cual lleva a la sustitución del mismo, produciéndose la llamada revolución científica, entendida como un cambio en la visión del mundo, configurándose una nueva ciencia normal (Kuhn, 2006).

En el proceso seguido por la didáctica de las ciencias en su desarrollo se han abordado cuestiones aún no resueltas que hoy se constituyen en verdaderas líneas de investigación:

¿Qué papel juega la historia y la epistemología en la enseñanza – aprendizaje de las ciencias?

¿Cómo la naturaleza de las ciencias influye en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias?

¿Cómo se aprende ciencias? (Zambrano, Salazar, Candela, y Villa, 2013, pág. 83).

Estas preguntas acercaron el ejercicio de la didáctica a la epistemología, aunque en pocas ocasiones se la acusó de orientación positivista en la medida en que se dejaban al margen los factores sociales, culturales o afectivos considerados impropios de la ciencia, en la medida en que se oponen a su objetividad, pero que tienen gran relevancia para los fines de la didáctica (Jimenez, Borrachero, Melo, y Dávila, 2014).

Este hecho propició la búsqueda de una alternativa menos positivista, encontrándose en el racionalismo una alternativa forjada desde la razón, la lógica y la argumentación. Desde la perspectiva racionalista, se tiene que el conocimiento es un constructo de la mente y por lo tanto no se encuentra en la realidad y no surge de un proceso de observación. La enseñanza tradicional de las ciencias ha sido catalogada epistemológicamente de racionalista. (Amador y Aduriz-Bravo, 2011).

Para el racionalismo, la razón es la fuente del conocimiento válido, es allí donde los hechos de la naturaleza o fenómenos son interpretados; los hechos son observables solo a través de sistemas teóricos previamente contruidos desde una lógica universal. (Jiménez y Carracedo, 1993), (Porlán Ariza, Rivero García, y Martín del Pozo, 1998)

Los especialistas en didáctica de las ciencias recurrieron a otras perspectivas para interpretar las situaciones de aula. Es así que aparece en escena una producción intelectual fructífera, a partir de los postulados del *Popperianismo* y la nueva filosofía de la ciencia (Kuhn, Lakatos, Toulmin, entre otros), incorporados a los planteamientos de la didáctica. Esta última vertiente epistemológica se fue volviendo referencia ampliamente aceptada para fundamentar el ejercicio de la didáctica innovadora. A juicio de Amador Rodríguez y Adúriz-Bravo, las anteriores ideas corresponden a un esfuerzo teórico de interpretar epistemológicamente la didáctica de las ciencias; este ha sido un esfuerzo con resultados parciales y sigue siendo necesario continuar la

discusión en la comunidad para tratar de poner “fundamentos epistemológicos” a la didáctica. (Amador y Aduriz-Bravo, 2011)

2.1.3. Enfoque STEAM

El acceso, tenencia y uso de la tecnología es un factor decisivo en el desarrollo de las regiones y la educación es un factor determinante en la formación en el correcto uso de ella. No obstante, no es común que las instituciones (en especial las públicas) incorporen en sus Proyectos Educativos Institucionales (PEI) didácticas eficientes para la apropiación de las competencias científicas necesarias para el uso de la tecnología. El enfoque STEAM brinda la posibilidad para que, desde la escuela, los estudiantes incorporen competencias científicas y provee herramientas para el desempeño en una sociedad del conocimiento.

En la actualidad, la economía se sustenta en el conocimiento y en la aplicación del mismo; en este orden de ideas, se requiere de recurso humano altamente calificado con habilidades para la resolución de problemas, la comprensión de conceptos científicos y matemáticos y el conocimiento práctico de hardware y software. Todas estas habilidades son desarrolladas en el enfoque STEAM⁴ (Tsupros, Kohler, y Hallinan, 2009).

El enfoque STEAM surge como una propuesta holística o modelo integrador para responder a estos nuevos requerimientos, privilegiando la enseñanza de las ciencias y atendiendo a sus aplicaciones en el mundo real (Cilleruelo y Zubiaga, 2014).

Se han propuesto algunas premisas para que un tema de estudio se considere integrante de STEAM: El primero de ellos, por su obviedad, es pertenecer a los dominios de la ciencias, de la tecnología, la ingeniería o las matemáticas; el segundo, que el tema pueda ser clasificado dentro

⁴ Tsupros no menciona las artes, pero en el modelo didáctico propuesto sí son consideradas.

de las llamadas disciplinas duras, entendida como aquella que es acumulativa, enfatiza en lo cuantitativo, ha construido leyes de carácter universal y en su aplicabilidad se orienta a la producción de *tecnofactos* (máquina, instrumento, herramienta), técnicas y procedimientos estandarizados. (Vo, Zhu, y Diep, 2017).

Los requisitos para que una propuesta educativa sea considerada dentro de la propuesta de Enfoque STEAM son:

- El proceso de aprendizaje debe estar centrado en el estudiante, él es quien construye sus conocimientos y su herramienta es la resolución de problemas del mundo de la vida (no imaginados por el profesor o sugeridos en los textos).
- Debe integrar los componentes STEAM en un ejercicio de interdisciplinariedad en la resolución del problema.
- Los fenómenos, objetos de estudio o experiencias deben ser del dominio de las disciplinas duras y las áreas STEAM.

Los anteriores requisitos y premisas llevan a considerar que el objetivo del enfoque STEAM en la educación es preparar al estudiante para el mundo del trabajo, formándolo como persona solucionadora de problemas, de manera creativa e innovadora (Vo, Zhu, y Diep, 2017).

Para el enfoque STEAM en la educación, la resolución de problemas es el elemento central por cuanto se propicia la participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje que se da de manera significativa en la medida en que lo enfrenta con situaciones del mundo real. (García, González, y Oviedo, 2017).

Si bien los modelos explicativos son construidos por los científicos, a partir de situaciones simplificadas idealizadas, es precisamente una visión holística la que les permite conocer la

manera de aislar un fenómeno. El enfoque STEAM en la educación permite tener una aproximación a un fenómeno, de una manera integrada, tal y como se nos presenta en la naturaleza. Observar un fenómeno se convierte en un ejercicio cotidiano y se comprende como un todo, invitando a encontrar soluciones también holísticas y no simplificadas, como usualmente ocurre en las aulas y en los laboratorios escolares.

Ruiz (2007) refiere que una pregunta que aparece cuando el docente asume la dirección de un curso de ciencias es ¿Cómo enseñar ciencias significativamente?, no con el ánimo de instrumentalizar la didáctica, sino en pro de la búsqueda de elementos teórico-prácticos para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Ruiz, 2007). Lo anterior debe ser tenido en cuenta al momento de diseñar estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias.

En Colombia, la prueba TIMSS, aplicada en 2007, detectó una menor participación de los docentes en la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación a las prácticas de enseñanza en ciencias y matemáticas. Sobre el impacto de la tecnología en el aprendizaje, los estudiantes que tienen computadores en sus casas mostraron un mejor desempeño que el promedio nacional y que aquellos que no poseen esta herramienta. Además, tener computador en casa, reduce significativamente las diferencias de resultados entre estudiantes de zona urbana y rural y entre hombres y mujeres (ICFES, 2007). Estos resultados conducen a considerar al enfoque STEAM, en el marco de la construcción de una solución a la problemática planteada.

La búsqueda de una respuesta a la cuestión de cómo enseñar ciencias significativamente, justifica el presente esfuerzo de construcción de una propuesta didáctica para la enseñanza de las ciencias, en la que se integren los elementos de la epistemología y el enfoque STEAM. A largo plazo, propicia la modernización de la educación, estimula el avance científico y tecnológico, consolida la capacidad para el crecimiento económico, impulsa la ciencia, la educación y el

desarrollo, en forma tal que se aseguren el bienestar y el progreso democrático de todos los colombianos.

2.2. Marco teórico

A continuación, se presentan los aspectos más importantes en el desarrollo del trabajo investigativo: la enseñanza de las ciencias en el contexto escolar, el devenir histórico de la ciencia y su relación con la estrategia didáctica y, por último, la influencia de la historia de las ciencias en la enseñanza de las mismas.

Karl Popper afirma que el conocimiento no comienza con percepciones u observaciones sino con problemas: El conocimiento surge gracias a la tensión entre saber y no saber, entre conocimiento e ignorancia, “Todo problema surge del descubrimiento de que algo no está en orden en nuestro presunto saber, en el descubrimiento de una contradicción, entre nuestro conocimiento y los supuestos hechos” (Mardones, 1994, pág. 171). Cuando surge un problema, surge también un intento de solución y se va configurando un modelo explicativo en la mente del individuo; dicho modelo es provisional, mientras no surja una nueva discrepancia con nuevos hechos. Esta nueva contradicción constituye en sí misma otro problema que trae consigo un nuevo ensayo de solución.

El conocimiento, visto desde esta perspectiva, no es más que un conjunto de propuestas de solución provisionales a las discrepancias entre nuestro saber y un conjunto de hechos. Para García-García y Rentería, un problema es:

Una situación enfrentada por un individuo o un grupo... que presenta una oportunidad de poner en juego los esquemas de conocimiento, exige una solución que aún no se tiene para la cual no se conocen medios o caminos evidentes y en la que se deben hallar interrelaciones expresas y tácitas entre un grupo de factores o variables, lo que implica la

reflexión cualitativa, el cuestionamiento de las propias ideas, la construcción de nuevas relaciones, esquemas y modelos mentales, es decir... la elaboración de nuevas explicaciones que constituyen la solución al problema... que significa reorganización cognitiva, involucramiento personal... y desarrollo de nuevos conceptos y relaciones generando motivación e interés cognitivo. (García y Rentería, 2013, pág. 3)

En esta definición vale la pena resaltar que solucionar un problema no tiene caminos evidentes, implica el cuestionamiento de sus propias ideas y la elaboración de nuevas explicaciones. Todo lo anterior conlleva el uso de procesos “cognitivos como identificar, comparar, clasificar, resumir, representar, relacionar variables, establecer analogías, elaborar conclusiones, y procesos metacognitivos como planear, evaluar, retroalimentar, diseñar” (pág. 3). Estos procesos cognitivos y metacognitivos “son usadas para codificar el problema, determinar lo que hace falta saber para su resolución, establecer sus condiciones iniciales, seleccionar estrategias de solución, identificar obstáculos y evaluar los resultados” (pág. 3)

Por su parte, (Lara y Cerpa, 2014) consideran que el término “problema” hace referencia “al análisis de casos en los que han de evaluarse situaciones para una toma de decisiones” (pág. 3). No se trata solo de encontrar incógnitas a partir de manipulaciones algebraicas en los que se aplican datos numéricos dados en un enunciado. La solución de un problema favorece la formación del pensamiento crítico, lo cual no se logra a través de la enseñanza tradicional, en la cual “solo aprenden a memorizar o a repetir información que muchas veces no comprenden, y a resolver problemas numéricos de manera mecánica” (pág. 3).

Se requiere de un aporte para dar respuesta al problema de la comprensión de los conceptos de la ciencia por parte de los estudiantes e indagar sobre los factores asociados a este. La premisa es que la baja comprensión es consecuencia de uno o más de los siguientes factores:

- Enseñanza tradicional de la ciencia por parte de los docentes y los textos utilizados por ellos, los cuales presentan enormes vacíos conceptuales, al mostrar sus contenidos como verdades absolutas obtenidas por científicos genios, élite a la cual el estudiante nunca tendrá acceso.
- Se utiliza el laboratorio para reafirmar la existencia de un Método Científico constituido por pasos, a manera de receta, para obtener leyes y teorías, tras la reproducción de situaciones ideales.
- Existe una concepción compartida por maestros y alumnos de las ciencias como rama de las matemáticas. Esto gracias al excesivo énfasis del maestro en las ecuaciones.
- Hay establecido un “orden lógico formal” desde la teoría terminada y en la secuencia utilizada para los contenidos, seguida por el alumno para poder interpretar una teoría, negándole al estudiante la posibilidad de ‘vivir’ el proceso de construcción de su propio conocimiento.
- Es probable un desfase entre el nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes, quienes se encontrarían en la etapa llamada por Piaget ‘Operaciones Concretas’, y la complejidad lógica de la teoría física que deben aprender, la cual podrá ser asimilada en su totalidad cuando se halle en ‘Operaciones Formales’.

Se hace evidente, en este punto, uno de los problemas más difíciles de erradicar en la enseñanza: el docente considera que sus conocimientos son verdades absolutas, ya que provienen de los libros y estas han sido previamente producidas por una élite intelectual ajena a su entorno.

En el proceso de enseñanza de las ciencias, los docentes se encuentran a menudo con que los estudiantes poseen ciertas ideas previas adquiridas de diversas maneras, bien debido a su propia

experiencia, a “aprendizajes inconclusos” o simplemente ideas dictadas por el sentido común. Estas ideas por lo general no encajan en lo que podríamos admitir como el conocimiento científico y suelen constituirse en verdaderos obstáculos epistemológicos, debido a la dificultad para lograr que los estudiantes las abandonen o las replacen por otras que ofrezcan una mejor explicación de los fenómenos.

Driver presenta algunas características de dichas ideas o esquemas conceptuales que hacen que los estudiantes se sientan a gusto con ellas y por eso se resisten a sustituirlas: los esquemas de los estudiantes están dotados de cierta coherencia interna, lo anterior les permite explicar los fenómenos cercanos a ellos, de una manera aparentemente razonable. Además de las anteriores características, los esquemas conceptuales de los estudiantes poseen otras identificadas por Driver y que, al conocerlas, nos permiten delinear estrategias didácticas para remplazarlas:

Los estudiantes muestran imprecisión en el manejo del lenguaje y términos indiferenciados cuando expresan sus ideas y frecuentemente no pueden hacerlas explícitas para ellos mismos; las ideas intuitivas se detectan en estudiantes de diferentes medios y edades, no son exclusivas a un determinado grupo social; los esquemas conceptuales alternativos son persistentes y **no se modifican fácilmente mediante la enseñanza tradicional**⁵; los esquemas conceptuales de los alumnos no son simples construcciones ad hoc y, por último, no son atribuibles todas las dificultades de los estudiantes a sus esquemas conceptuales alternativos (Driver R. , 1988).

En clase, el estudiante aprende a “jugar a la escuela”, en el sentido en que siempre estará pendiente de las expectativas del docente más que de sus propias convicciones. Responder en una prueba lo que espera el docente escuchar o leer le traen más réditos que responder con sus propias

⁵ Se pretende, con la negrita, enfatizar esta característica debido a su relevancia en el presente trabajo y no porque Driver haya enfatizado de manera particular en ella.

ideas, las cuales pueden llegar incluso a ser ridiculizadas, tal como lo describe en su tesis doctoral Margarita Gómez Moliné:

De alguna manera, se hacen una representación⁶ (no siempre real) de lo que quiere el docente a partir de lo que éste acostumbra a preguntar, de los aspectos en los que insiste en sus explicaciones, de los exámenes finales puestos en cursos anteriores, etc., y, consecuentemente, estudian en función del estilo del profesor porque, independientemente de la profundidad que deseen alcanzar en sus estudios, la calificación influirá en su autoestima y les abrirá o les cerrará el paso a otras áreas (Gómez M. , 2003).

Estos problemas se pueden abordar con una estrategia basada en tres hechos fundamentales: el estudiante debe ser el artífice de su propio conocimiento y tener una participación activa en la clase; la sola exposición teórica del maestro no es garantía de aprendizaje y el papel del laboratorio debe propiciar que el estudiante verifique sus propias hipótesis (Escobedo y Useche, 1999).

Una forma de trabajo por parte del docente, que favorece la presencia de los indicadores presentes en un *buen estudiante*, entendido como aquella persona que “plantea en clase preguntas divergentes; el que da respuestas imaginativas, pero pertinentes; el que es autónomo, pero al mismo tiempo participa en las actividades con propuestas que hacen pensar” (Gómez M. , 2003), puede resumirse en los siguientes aspectos: en la clase se pone a prueba la consistencia, la coherencia interna de las preteorías del estudiante, se propicia el trabajo colectivo alrededor de una problemática compartida y cuya solución es una perspectiva común, a la que presenta diferentes alternativas de solución, la información del maestro se convierte en la culminación de un proceso,

⁶ La autora se refiere a los estudiantes.

no en el inicio y se plantean problemas cuya solución se expone desde la teoría, y luego se contrasta empíricamente (Escobedo y Useche, 1999).

2.2.1. Modelo, Modelización y Modelos didácticos

Se concibe el concepto de *modelo* como una idealización hipotética deductiva abstracta que permite actuar sobre los fenómenos complejos e inaccesibles directamente (García y Rentería, 2013). El concepto de *modelización* se entiende como el proceso de construir modelos. La acción de *modelizar* la realiza el ser humano de manera espontánea, cuando se enfrenta a una situación que requiere una solución o problema.

A pesar de la aproximación que ofrece la definición anterior, la palabra modelo es polisémica: puede designar algo que es digno de imitación, una idealización de un entorno e incluso un protocolo; no obstante, en el entorno de la enseñanza de las ciencias, los modelos son representaciones que pueden ser ideas o elementos tangibles que dotan de similitud al modelo con una porción de la realidad. Los modelos se construyen obedeciendo a un fin específico y su prestigio radica en su poder predictivo (Chamizo, 2009).

La tarea de enseñar ciencias pasa por la tarea de realizar representaciones. La comunidad científica establece relaciones entre entidades de tipo lingüístico y el mundo. En este contexto, la ciencia opera con relaciones del tipo:

“S utiliza X para representar a W para los propósitos de P” (Giere, 2004, pág. 743)

S denota a la comunidad científica, W son los fenómenos que acaecen en el mundo y P son los propósitos de los científicos. En este contexto la X representa los diferentes constructos teóricos que son utilizados con frecuencia para insertarlos y darle sentido a la construcción semántica; por ejemplo, palabras, enunciados, ecuaciones, diagramas, gráficos, principios, teorías,

modelos, entre otros. En este contexto, los modelos son construcciones teóricas propuestas por la comunidad científica para representar un aspecto del mundo real con un propósito específico (Giere, 2004). Una característica del modelo que hace posible su utilización en el intento de explicar la realidad es la similitud entre estos.

Se puede considerar que un modelo es un genuino modelo científico escolar cuando cumple estas condiciones (Aduriz-Bravo, 2017):

- **Sustituye o subroga algo.** No es solamente una maqueta o un dibujo impuesto, sino que representa o sustituye la realidad y sirve para entenderla.
- **Explica o cubre ese algo.** Permite operar sobre el objeto, es decir, explica, predice, da cuenta de..., además, tiene poder para eliminar explicaciones alternativas menos exitosas.
- **Aterriza principios teóricos.** Utiliza la teoría previamente construida, en la cual se inscribe el modelo, para explicar los nuevos hechos. Un dibujo, por sí mismo, no cumple esta función.
- **Tiene sentido para quien lo usa.** La persona es consciente de la acción modelizadora que está realizando, entiende que el objeto o fenómeno modelado no es lo mismo que el modelo, es consciente de la sustitución o subrogación.

A juicio de Aduriz-Bravo (2007), debe ser considerado como un objetivo importante de la enseñanza de la ciencia entender cuál es la naturaleza de esta y saber cómo funciona; además, un elemento relevante es entender todo lo expuesto anteriormente.

Por otra parte, resolver un problema implica realizar acciones conscientes con alta exigencia intelectual, desde el reconocimiento del problema hasta su solución. Estos resultados

sugieren la utilización de problemas cualitativos en las aulas de clases, en lugar de problemas de carácter estrictamente cuantitativos, que permitan ejecutar las tareas más relevantes de las capacidades de modelización y de resolución de problemas, como son las de orden cualitativo y las de tipo relacional (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

Los estudiantes traen consigo ideas propias acerca del contenido que van a aprender, ideas que se pueden parecer a otras sostenidas por científicos a lo largo de la historia de la humanidad (Driver, Guesne, y Tiberghien, 1999). Estas ideas son modelos sencillos o pre modelos que constituyen un punto de partida para la aproximación a los modelos científicos, esto se logra con la acción de modelizar.

Modelizar implica realizar algunas actividades, a saber: plantear problemas reales, identificar los objetos del sistema, asignar e identificar propiedades conceptuales, establecer relaciones de relevancia entre las variables, hacer inferencias, sugerir predicciones, formular hipótesis, construir diseños experimentales para probarlas y construir leyes y teorías que parten del proceso de resolución de problemas.

Un estudiante puede desarrollar y utilizar modelos explicativos sobre la realidad que le rodea. Estas ideas surgen y evolucionan a partir de las experiencias de cada uno, sus capacidades de razonamiento y la interacción con otros estudiantes. “La escuela incide en estos tres campos para ayudar a evolucionar los modelos iniciales elaborados, pero este cambio no es fácil y a menudo las ideas alternativas y errores conceptuales se mantienen” (Hinojosa y Sanmartí, 2015, pág. 250).

La importancia del maestro de ciencias radica, precisamente, en que puede, con las herramientas adecuadas, facilitar el tránsito del modelo inicial a un modelo más elaborado, cercano

al modelo de los científicos. Algunos acuden a provocar conflictos en el modelo inicial o indicándole al estudiante los errores en los que ha incurrido; sin embargo, los modelos no cambian sólo a partir de provocar un conflicto, es necesario reconstruirlos a través de un proceso evolutivo (Oliva J. M., 2001), que puede ser largo y que exige pequeños “conflictos” y tomas de consciencia surgidas a partir de la aplicación del modelo en el estado determinado, de diversas situaciones y evaluando su poder explicativo y predictivo. Durante la escolaridad, los modelos teóricos básicos de los estudiantes se ponen a prueba en distintas ocasiones y aumenta su grado de complejidad y abstracción (Hinojosa y Sanmartí, 2015).

Sin embargo, la acción de modelizar no puede ser entendida únicamente como la construcción de modelos y menos en el ámbito educativo. El concepto de modelización, al igual que el de modelo, es polisémico, Aduríz-Bravo (2017). A partir de los trabajos de Justi R.S. y Gilbert J.K. (2002), se presentan cuatro formas de entender qué significa modelizar en las aulas de ciencias:

- **Entender modelos hechos por otras personas.** Hace referencia a la necesidad de que los estudiantes entiendan los modelos científicos establecidos por la comunidad científica; por ejemplo, el modelo atómico de Thomson, el modelo planetario de Copérnico, el modelo de la evolución de las especies y otros con las mismas características.
- **Aplicar esos modelos a la resolución de problemas.** Considera la potencia de utilizar el modelo construido por la comunidad científica para explicar otros fenómenos o resolver problemas prácticos; por ejemplo, utilizar el modelo del átomo de Thomson para explicar la electrización de los cuerpos.

- **Generar o construir modelos en clase.** Les permite a los estudiantes construir explicaciones sobre lo inexplicado.
- **Pensamiento sobre los modelos.** Busca entender qué son los modelos. Los estudiantes realizan reflexiones de segundo orden sobre el concepto.

Por su parte, Oliva (2019) identifica 5 acepciones, que se muestran en la **Tabla 1**, para interpretar la idea de modelización.

Tabla 1.

Acepciones Para la idea de Modelización

Acepciones	Características
1. La modelización como progresión de modelos	Como oportunidad de encontrar sentido global a los conocimientos que aprenden los estudiantes, y de avanzar paulatinamente hacia una comprensión más ajustada de la realidad.
2. La modelización como práctica científica	Como actividad de inmersión de los estudiantes en el aula en prácticas científicas auténticas que impliquen la construcción, uso y revisión de modelos.
3. La modelización como competencia	Como una de las dimensiones de la competencia científica, que integra capacidades, valores y actividad metacognitiva que requieren los procesos de construcción, uso y revisión de modelos.
4. La modelización en su dimensión instrumental	Como manejo, por parte de los estudiantes, de recursos didácticos dirigidos a construir modelos y trabajar con ellos: analogías, experimentos mentales, simulaciones, animaciones, personificaciones, etc.
5. La modelización como enfoque didáctico	Como estrategia de enseñanza que articula el conjunto de decisiones que adopta el profesor para promover una evolución en los modelos de los estudiantes. Por tanto, con criterios concretos orientados al diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje.

Fuente: (Oliva J. , 2019, pág. 16)

Como se infiere, no se puede reducir el concepto de modelización a la acción de construir modelos; se trata de un proceso más complejo sobre el cual no hay acuerdo en su concepción.

Dado que existen variados puntos de vista a la hora de interpretar el concepto, no es ingenuo admitir cualquier acepción de las previstas, cuando se habla de modelización en el aula.

Desde esta perspectiva, es pertinente la construcción de un modelo didáctico que permita y promueva la solución de problemas científicos desde la acción modelizadora de los estudiantes, el cual facilite el abordaje de las situaciones, atendiendo a la historia de las ciencias. Por otro lado, la recurrencia en el aspecto de visualizar un problema como una situación exigente, que favorece un pensamiento divergente, requiere el abordaje desde una perspectiva holística de cada situación y no como fragmentos idealizados de la realidad.

2.2.2. Enfoque STEAM en la educación

Difícilmente, la comprensión de un concepto puede entenderse desde una sola perspectiva; de igual manera, solucionar un problema es un proceso complejo, y como tal, no suele solucionarse atendiendo a una sola causa. La comprensión de los conceptos y la solución de problemas implica tener un acercamiento sistémico a uno y otro. Los problemas cotidianos, sin importar su naturaleza, son los que deben enfrentar los estudiantes y nunca aparecen aislados en la naturaleza: el calentamiento global, el manejo de residuos, la movilidad en las grandes ciudades son problemas complejos que exigen una visión holística y un abordaje desde diversas perspectivas. El enfoque STEAM plantea el reto de generar la solución de un problema o, al menos, estudiarlo, desde la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las artes y las matemáticas.

Actualmente, se encuentran diversas facilidades de acceso a la ciencia y tecnología. Cualquier vivienda en las ciudades e, incluso, en el campo tiene aparatos que incorporan sus principios, es así que todos requieren al menos un nivel de comprensión básico de la ciencia y la tecnología para desenvolverse como ciudadanos competentes.

El desarrollo del pensamiento computacional, a través del uso de software de código abierto, la portabilidad de los programas, el software libre y la proliferación de apps han desarrollado una cultura *maker* en nuestra sociedad. Si aceptamos que formar ciudadanos competentes es una función de la escuela, cobra especial relevancia el hecho de considerar la ciencia y la tecnología como pilares de la formación básica de los estudiantes.

La Unión Europea, en el informe *Science education for a responsible citizenship* ha considerado que, para mejorar la competitividad de sus países, a través del mejoramiento de los índices de empleabilidad y la participación en procesos de investigación e innovación, se debe implementar estrategias para la enseñanza de las ciencias, de manera interdisciplinaria (considerando las áreas STEAM) y cerrar brechas socioeconómicas, de género y culturales que deriven en la excelencia en los resultados del aprendizaje de las ciencias (Greca y Meneses V., 2018).

Los países desarrollados han fijado su mirada en la estrategia de la educación STEAM para potenciar los aprendizajes y garantizar el desarrollo de las competencias identificadas en las áreas que la componen: Estados Unidos anunció el programa *Educate to innovate* con este propósito; la Unión Europea creó los programas *Developing Quality in Mathematics Education* (DQME), una red que ha producido materiales requeridos en la educación matemática; el proyecto REMATH para el desarrollo de dispositivos útiles en la enseñanza de las matemáticas y PRIMAS (*Promoting Inquiry in Mathematics and Science Education*), con el objetivo de mejorar las prácticas de los docentes de ciencias y matemáticas, favoreciendo el uso de materiales (Bosch, y otros, 2011).

Los Estándares de Ciencias para la Próxima Generación (NGSS, por sus siglas en inglés) son el resultado de una transformación en la forma de enseñar ciencias en Estados Unidos (National Academy of Science, 2013). Se fomenta una nueva manera de enseñar y de aprender que

permite a los estudiantes trabajar y experimentar la ciencia activamente de una manera profunda y significativa, no simplemente aprendiendo sobre la misma, leyendo un libro de texto o una lección (Botero, 2018).

El advenimiento de la Educación STEAM es explosivo, por ello es importante fundamentar teóricamente las experiencias y otros modelos que se deriven de él, en especial en lo relativo a la pertinencia (Bosch, y otros, 2011).

Es conveniente indagar sobre las razones que llevarían a considerar el enfoque STEAM como parte integrante de una propuesta didáctica. En primer lugar, existe una alarma mundial por el desinterés que los jóvenes tienen por estudiar carreras afines a las ciencias y las matemáticas, a pesar de que la solución de los problemas del mundo de hoy tienen que ver con esas áreas: Pandemias, calentamiento global, sobrepoblación, crisis alimentaria, por nombrar los más relevantes, son problemas que se entienden fácilmente, modelándolos matemáticamente. Por ello, se requiere que los jóvenes desarrollen habilidades para la toma de mediciones precisas, analicen los datos de manera adecuada e interpreten gráficas que modelen la realidad (Bosch, y otros, 2011). Implementar una propuesta de Educación STEAM debe potenciar la comprensión sobre el funcionamiento de las cosas y la eficiencia en el uso de la tecnología y más en programas educativos en los que el énfasis se dé en un entorno tecnológico (Manzano, Gómez, y Mozo, 2017).

No se puede esperar que la totalidad de estudiantes opten por estudios especializados en ciencias o matemáticas y tampoco se espera que un elevado número estudien ingeniería; pero tal como lo recomienda la OCDE, la alfabetización científica, entendida como la capacidad de entender y aplicar el conocimiento científico, es un factor determinante en el desarrollo de un país, a través de la generación de conocimiento científico y el desarrollo de la tecnología y la innovación (OECD, 2007).

El uso de mecanismos articulados o de simulaciones digitales de estos mecanismos, en instituciones de orientación técnica o tecnológica, además del componente motivacional que genera, favorece el trabajo interdisciplinar entre las matemáticas, la mecánica y la tecnología y favorece el aprendizaje de conceptos básicos, la resolución de problemas reales y promueve el aprendizaje basado en la investigación (Manzano, Gómez, y Mozo, 2017). Por la misma vía, el diseño y construcción de maquetas potencia el aprendizaje de software especializado y desarrolla las competencias artísticas de los aprendices.

La configuración de modelos didácticos que tengan fundamentación en el enfoque STEAM, según lo expuesto, debe estimular el aprendizaje basado en la investigación, el diseño y la construcción de maquetas y prototipos y promover el aprendizaje de software especializado y simuladores de prototipos construidos.

Educar en STEAM es un gran desafío, “es algo nuevo que todavía no sabemos bien cómo enseñar. Por una parte, nos obliga a conectar las ciencias y la matemática, y enseñarlas integradas. Por otra parte, incluye prácticas científicas e ingenieriles.” (Araya, 2016, pág. 315). Esto es una gran oportunidad motivacional. El tema se constituye en campo fértil para el abordaje con propósitos investigativos.

Otro elemento fundamental en STEAM es desarrollar el trabajo en equipo y aquí el componente ingenieril es propicio para desarrollar esta habilidad. En el mundo productivo quienes diseñan y producen soluciones a los problemas son equipos de ingenieros. La cooperación, más que una estrategia de trabajo, es la manera de pensar en los problemas de la sociedad y el abordaje de los mismos.

STEAM ofrece enormes oportunidades; sin embargo, como es algo nuevo, se requiere la construcción de didácticas que impliquen el trabajo colaborativo y el abordaje multidisciplinario. Romper las barreras entre las disciplinas puede esgrimirse como un objetivo para una didáctica basada en STEAM. La encrucijada arte, ciencia y tecnología no lo es más y se convierte en una oportunidad.

Desde el punto de vista docente, la enseñanza STEAM rescata el aprendizaje intuitivo:

Se puede constatar que el aprendizaje a partir del *tinkering* o cacharreo permite el acceso a planteamientos complejos de forma intuitiva y dirigidos por el interés personal, porque proporciona encuadres nuevos de relectura de modos de trabajo establecidos, facilitando procesos creativos (Cilleruelo y Zubiaga, 2014, pág. 15).

Aprehender intuitivamente, visualizar datos satisfactoriamente, y, sobre todo, sentirse capaz de operar con ellos con la ayuda de otros, es decir, controlarlos, puede fomentar el interés por áreas de conocimiento como las que componen STEAM. Además, esta aproximación permite atraer el interés de niños y mujeres a carreras científicas.

Algunos protocolos didácticos han sido incorporados por docentes en sus aulas en un intento por integrar las áreas STEAM en la enseñanza. Uno de estos esfuerzos implementa la metodología *Design Thinking* en primaria para introducir el concepto de fuerza mediante la construcción de un modelo de catapulta con la cual se debe derribar una pared; la secuencia didáctica incluye cinco fases: “empatizar” que busca interesar al alumno en el problema planteado, “definir” el problema, “idear” que consiste en buscar soluciones a la situación presentada a través de la actividad conocida como lluvia de ideas, “prototipar” en la que se construye un prototipo previamente definido y, por último, “evaluar” que implica poner a prueba el prototipo, que en el caso presentado sería derribar una pared construida con elementos provistos por el docente, vasos

de plástico (Solas R., 2018). Se pueden identificar algunas situaciones inconvenientes en esta propuesta: en primer lugar, el problema no surge del interés o necesidad de los estudiantes, sino que es sugerido por el maestro; como se ha visto, este tipo de situaciones suelen desembocar en la pérdida prematura de motivación del estudiante y es ajena al contexto (no es cotidiano para el estudiante el uso de catapultas), si bien este tipo de ejercicio aporta al desarrollo de algunas competencias científicas, no refleja el verdadero interés de la escuela que podría ser el desarrollo de competencias para la vida, en situaciones de contexto; este reparo se refuerza con la inclusión de la primera etapa que consiste en enganchar, despertar el interés o, como es llamado por el autor, “empatizar” con el problema; un problema surgido de las necesidades del contexto no requieren la búsqueda de empatía puesto que es precisamente esa cualidad lo que hace que sea traído por el estudiante como candidato para afrontarlo; adicionalmente, no promueve la construcción de modelos científicos sino que favorece la replicación de los mismos. Otro aspecto inadecuado es que la situación tiene un exceso de simplificación al plantear a los estudiantes los materiales con los que se construye la pared, vasos de plástico, y a través de ensayo y error, ubicar la catapulta a la distancia adecuada.

La llamada metodología de la indagación también ha sido utilizada en el trabajo con enfoque STEAM, a manera de adaptación del enfoque didáctico denominado Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI), como lo reporta Meneses V. y Diez O. (2018) en el que se identifica el “ciclo de indagación” con cinco fases (Figura 3.): 1. Análisis de la situación problematizadora y formulación de preguntas, 2. Formulación de hipótesis, 3. Diseño experimental para contrastar las hipótesis, 4. Análisis de datos y conclusiones y 5. Afianzamiento, consolidación, aplicación del nuevo conocimiento (Meneses V. y Diez O., 2018). A pesar que los autores hacen un esfuerzo por asimilar la metodología ECBI al enfoque STEAM, en respuesta al

éxito obtenido por el primero, no parece claro que esto sea posible puesto que llevaría implícita la afirmación axiomática que aprender Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, se lograría de la misma manera a como se aprende Ciencias. Otra objeción que se puede plantear para esta metodología es que los problemas también son sugeridos, que, si bien pueden ser tópicos generadores válidos, no suelen responder al verdadero interés del estudiante por solucionar una situación que afronte en su realidad; en efecto, Meneses y Diez (2018) lo expresan en los siguientes términos:

Mediante preguntas sobre la situación problematizadora, el profesor incentiva la elicitación de ideas, es decir, lo que piensan los estudiantes sobre distintos fenómenos o hechos que tienen lugar en la situación real o ficticia que se pretende analizar. El docente dirigirá el debate hacia la temática que pretende enseñar, procurando que los estudiantes identifiquen y refinen una pregunta o problema susceptible de experimentación. (pág. 66)

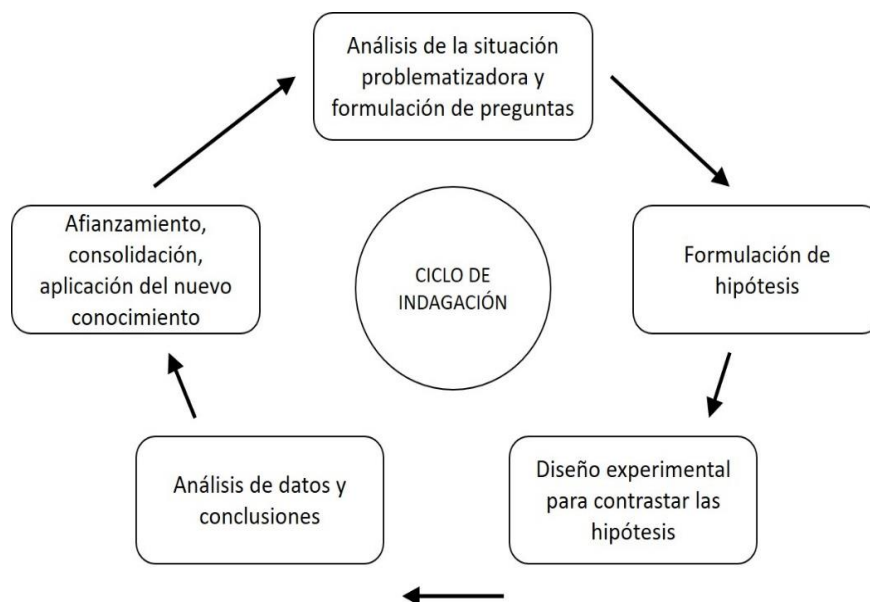
Dos elementos de análisis surgen espontáneamente; la situación problematizadora, además de sugerida, suele ser ficticia, lo que hace que el estudiante no la asimile con su entorno, es decir, se cae en el peligro de problemas fuera de contexto, que no responden a una necesidad que requiera ser solucionada; además, el docente tiene la tarea, confesa, de forzar el debate hacia la temática que él mismo desea enseñar, haciéndose evidente el énfasis en los contenidos, con el peligro de sobreponer en la discusión los tiempos de enseñanza, impuestos por el currículo, sobre los del aprendizaje.

Lo anterior no significa que la metodología de la indagación no haya realizado aportes en el desarrollo de la didáctica o que los estudiantes no desarrollen habilidades necesarias para el aprendizaje de la ciencia, solo que no es posible establecer, a priori, que un enfoque didáctico,

como lo es ECBI, pensado para un área determinada, pueda ser, en consecuencia, exitoso en otra área.

Figura 3.

Ciclo de indagación



Fuente: (Meneses V. y Diez O., 2018)

Algunos autores no van más allá de considerar STEM como una manera de instrumentalizar enfoques pedagógicos o didácticos pero que por sí mismo carece de esta cualidad (Domènech-Casal, 2018); en efecto, afirma,

La causa de que sea tan difícil dotar de significado pedagógico el término STEM es que en realidad no lo tiene: STEM es un término que representa un objetivo político, no un enfoque pedagógico o didáctico, aunque pueda promoverse desde enfoques pedagógicos o didácticos. (pág. 31)

Para Domènech-Casal los esfuerzos por dotar de significado didáctico el término STEM o STEAM, nace de la preocupación de los países desarrollados del eventual impacto económico en

el futuro, consecuencia de las pocas vocaciones científico-tecnológicas en los jóvenes de hoy. Sin embargo, no se podría aseverar que la premisa necesariamente lleva a la conclusión y que la aceptación de la premisa implique abandonar el esfuerzo de construir didácticas desde la perspectiva STEAM; otro argumento presentado para rechazar el sentido pedagógico del término STEAM es que ya existiría asociado un término de uso común para su finalidad, cual es la “interdisciplinariedad”.

Sin embargo, esta visión podría pecar de reduccionista al presentar el enfoque STEAM con la única connotación de “trabajo integrado” de las áreas y es sabido que solo con trabajo integrado no se garantiza la investigación, el diseño y construcción de prototipos y simuladores o el aprendizaje de software especializado, elementos identificados como esenciales en el enfoque STEAM. (Tsupros, Kohler, y Hallinan, 2009)

2.2.3. Modelos didácticos desde la epistemología

La construcción de modelos y el entrenamiento en esta tarea o la práctica de modelización es una estrategia didáctica que favorece que los modelos mentales construidos por los científicos (modelos científicos) lleguen a los estudiantes. Se ha identificado una ruta didáctica que va desde los científicos en los laboratorios hasta los estudiantes en el aula, gracias a la mediación de los maestros. Este flujo de conocimiento parte de la construcción de **modelos mentales expertos**, los cuales se alojan en la mente de los científicos y son puestos al escrutinio de la comunidad científica a la que pertenecen. Los docentes se apropian de este conocimiento a través de la literatura científica, libros de texto y eventos de divulgación científica, realizan una simplificación del modelo y, a través de la utilización de diversos recursos visuales, auditivos, matemáticos, etc., los hacen aprehensibles por sus estudiantes, estos son **modelos de ciencia escolar**. En su proceso de aprendizaje, los estudiantes construyen sus propios **modelos mentales idiosincrásicos**, los cuales

se soportan en el sentido común y son muy cercanos a la realidad perceptible (Adúriz-Bravo, Garófalo, Greco, y Galagovsky, 2005).

Modelos didácticos

El mundo no se aprehende de manera directa, sino a través de las representaciones construidas en la mente de quien realiza la modelización. Así, las teorías científicas son representaciones (modelos) que buscan describir el mundo y pueden aplicarse sobre él. De allí que se puedan representar a través de principios, leyes, formulaciones matemáticas y definiciones. Aprender ciencias significativamente implica recrear y apropiarse de un sistema de representaciones; de esta manera, el estudiante no es un pasivo repositorio de información, sino constructor de su conocimiento. (Moreira, Greca, y Rodriguez, 2002).

En el ámbito educativo, cuando un estudiante ha construido un modelo a partir de sus experiencias, debe ser capaz de utilizarlo en situaciones nuevas. En este caso, se habla de transferencia como proceso mediante el cual se pone a prueba el modelo construido, no solo para aplicarlo a la nueva condición, sino para revisar el modelo y, eventualmente, reformularlo. (Hinojosa y Sanmartí, 2015).

El proceso de transferencia se utiliza para referirse a la capacidad de aplicar lo aprendido en una situación a otras. Para que la transferencia se produzca, cada estudiante tiene que haber construido un esquema mental o modelo suficientemente general, a partir de una o más experiencias que tengan sentido para él, y ha de ser capaz de interrelacionar este modelo teórico con la representación que se hace de la nueva situación en la que ha de transferirlo. Este proceso implica la acción de modelizar y es por ello que cuando un estudiante ha ejercitado su capacidad modelizadora, puede realizar el proceso de transferencia. Este hecho hace posible utilizar la

modelización como estrategia para la enseñanza. Pero sería erróneo pensar que la transferencia es un proceso que va del modelo a la aplicación, ya que, de hecho, al aplicar también se revisa el modelo. Cada nueva situación conlleva poner a prueba el modelo teórico y reformularlo (Hinojosa y Sanmartí, 2015).

La “modelización es un proceso analógico que inicia con el planteamiento de una situación problemática real (fenómeno complejo cotidiano o científico) a simplificar, estructurar e idealizar al acotar sus condiciones de resolución, y termina con la elaboración de una formalización” (García y Rentería, 2013, pág. 301). Resolver un problema implica realizar acciones conscientes con alta exigencia intelectual, desde el reconocimiento del problema hasta su solución. La utilización de problemas cualitativos en las aulas de clase, en lugar de problemas de carácter estrictamente cuantitativos, permite ejecutar las tareas más relevantes de las capacidades de modelización y de resolución de problemas como son las de orden cualitativo y las de tipo relacional. Desde esta perspectiva, la modelización se convierte en un proceso para la resolución de problemas, es decir, para la enseñanza y el aprendizaje: el sujeto que aprende lo hace a través de la creación y la modificación de modelos y no simplemente con la adquisición de modelos previamente contruidos (García y Rentería, 2013). El docente que enseña conoce las dinámicas de la ciencia y potencia el proceso de modelización en sus estudiantes. La construcción de un modelo didáctico es un ejercicio de modelización de los maestros, así como implementarlo en el aula debe ser un acto mediado por la acción modelizadora de los estudiantes con la guía del maestro.

Ruiz ha identificado los siguientes tipos de modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias:

Modelo por transmisión. Este modelo aún aparece en las instituciones educativas, se identifica con prácticas tradicionales y tiene muchos defensores y practicantes.

Modelo por descubrimiento. El docente procura que el estudiante descubra el conocimiento. Esta acción se puede hacer a través de la guía del maestro, quien ejerce la función de crear condiciones o sugerir problemas y orientar la solución. Se habla entonces de modelo por descubrimiento guiado. También puede suceder que el estudiante construye sus propias conclusiones, a partir de la información provista por las condiciones existentes y en este caso, se habla de descubrimiento autónomo.

Modelo de recepción significativa. Se incorpora a las aulas desde la perspectiva *Ausubeliana* del aprendizaje significativo.

Modelo de Cambio conceptual. Incorpora elementos de la teoría *Ausubeliana*, busca el cambio conceptual, considerando los presaberes y el conflicto cognitivo.

El Modelo por investigación. Identifica claramente la incompatibilidad entre el conocimiento cotidiano y el científico. Este modelo asume una postura constructivista y se caracteriza por el uso de problemas de orden científico para la enseñanza de las ciencias; este último elemento orienta la secuenciación de los contenidos curriculares en las instituciones educativas. Para este modelo es crucial alcanzar el cambio conceptual, parte de concepciones alternativas, siendo puestas en crisis, al ser confrontadas con situaciones conflictivas. Se trata de lograr el cambio conceptual como una sustitución de las nociones por conceptos científicos o teorías más potentes, a través de la creación y modificación de modelos. (Ruiz, 2007).

Es posible la construcción de un modelo didáctico que permita la solución de problemas científicos, que facilite el abordaje de las situaciones, atendiendo a la historia de las ciencias y a la filosofía de las mismas. El enfoque STEAM en la educación propicia el aprendizaje holístico de

las áreas que la conforman; para ello, se requiere el diseño de didácticas que procuren el desarrollo de las habilidades enumeradas antes.

Evaluar el aporte de un modelo didáctico fundamentado en el enfoque STEAM y la epistemología de las ciencias al proceso de enseñanza en la educación media técnica se convierte en el objetivo de la presente investigación, en el doctorado en educación.

Por otro lado, la recurrencia en el aspecto de visualizar un problema como una situación exigente, que favorece un pensamiento divergente, requiere el abordaje desde una perspectiva holística de cada situación y no como fragmentos idealizados de la realidad. El enfoque STEAM ofrece tal posibilidad.

2.3. Marco contextual

La revolución industrial está relacionada de manera directa con el advenimiento de la educación técnica industrial en América Latina. El desarrollo de las máquinas de vapor, ya popularizadas a finales del siglo XIX, y la invención del motor de combustión interna, en 1853, requirieron la formación de expertos en el manejo y reparación de los mismos que no fueran profesionales sino operarios. Ante la posibilidad de desarrollo de la región, a partir de la implementación de la nueva tecnología importada, la mayoría de países latinoamericanos crearon escuelas de formación técnica industrial denominadas en sus inicios como escuelas de artes y oficios.

Otro elemento que suscitó el interés por elaborar un currículo diferenciado, tendiente a una formación ocupacional de orientación vocacional, fue que la mayor parte de la matrícula era el bachillerato tradicional de corte libresco, abstracto, enciclopedista, que no atendía a intereses ni

aptitudes, cuya única expectativa era la universidad, en un contexto de escasez de cupos universitarios.

A pesar de que existen antecedentes, fue a partir de la década del 50 cuando la educación técnica industrial tuvo una expansión en latinoamérica. El interés original fue la cobertura, la diversificación de la oferta y la vinculación de este tipo de educación con el trabajo. El éxito inicial de la educación técnica radicó en que la inserción ocupacional y el nivel de ingresos de sus egresados eran superiores a los obtenidos por los egresados del bachillerato clásico. (Wiñar, 1981)

En Colombia, se identifican tres tipos de formación técnica, en sus inicios: la industrial o ITI (Institutos Técnicos Industriales), los INEM (Institutos de Educación Media Diversificada) y los ITA (Institutos Técnicos Agropecuarios). La primera institución de estas características (ITI) se fundó en Medellín, Antioquia, en 1873. Durante la primera mitad del siglo XX se crearon la mayoría de las instituciones técnicas industriales. Se refieren, a continuación, algunas de ellas:

1939, Colegio Instituto Técnico Industrial Piloto, Bogotá

1941, Instituto Técnico Francisco José de Caldas, antiguo Instituto Tecnológico de Caldas, Manizales

1943, Instituto Técnico Superior de Pereira

1943, Instituto Técnico Industrial de Facatativa

1945, Institución Educativa Distrital Técnico Industrial, Santa Marta

1947, Instituto Técnico Industrial Francisco José de Caldas, Bogotá

1951, Instituto Tecnológico Santa Rosa de Cabal

1951, Instituto Técnico Industrial de Villavicencio

1953, Instituto Técnico Industrial Rafael Reyes, Duitama

1979, Institución Educativa Técnico Industrial Antonio Prieto, Sincelejo

En 1969 se crean los INEM, con el fin de dar solución a la problemática de la deserción y a la necesidad de crear currículos diversificados no académicos que permitieran atender las nuevas ocupaciones que había creado el desarrollo industrial (Gómez V. M., 1993).

El 20 de julio de 1951 se fundó, en Villavicencio, la Escuela de Artes y Oficios Coronel Márquez⁷ en terrenos que habían pertenecido a la compañía petrolera Shell. Inicialmente, la institución contaba con los talleres de Mecánica Industrial, Ebanistería, Motores y Forja o Metalistería. El plan de estudios inicial tenía un fuerte componente técnico con las asignaturas Dibujo Especializado, Dibujo Técnico, Tecnología y Taller: 22 horas de un total de 38 se dedicaban a la formación técnica y el carácter era industrial. En la actualidad existen las especialidades de Mecánica Industrial, Diseño Mecánico y Arquitectónico, Electrónica, Electricidad, Soldadura, Ebanistería y Electromecánica y Diseño, Corte y Confección.

La formación técnica aparece en grado 6°, con la asignatura Dibujo Técnico (2 horas semanales); en grado 7°, Dibujo Técnico (2 hs) y Exploración Técnica (2 hs); en grado 8°, Dibujo Técnico (2 hs) y Exploración Técnica (3 hs); en grado 9°, Autocad (2 hs) y Exploración Técnica (5 hs); en Educación Media, grados 10° y 11°, Autocad (2hs) y Especialidad (12 hs). La escogencia de la especialidad se realiza al finalizar la educación básica (Grado 9°).

El Instituto Técnico Industrial cuenta con 1974 estudiantes distribuidos en Preescolar, Básica y Media. El 60.2 % son hombres y 39.8%, mujeres, que oscilan entre los 5 y los 19 años.

⁷ Los datos aquí incluidos fueron extraídos de “*un prospecto de la institución del año 1957*”, entrevista realizada en 2009 al señor José Joaquín Piñeros Téllez, estudiante de 1951; registros de documentos varios del archivo de la institución y la reseña histórica institucional que aparece en los manuales de convivencia.

El 96.9 % proviene del sector urbano de Villavicencio, especialmente de las comunas 4 y 5; sólo el 3.1% de los estudiantes proviene del sector rural. El 67.1% de las familias reportan provenir de sectores de estrato 1 y 2, el 32.1% de estrato 3 y el 0.9% de estrato 4 y 5.

El 52% de las familias de la institución están conformadas por papá, mamá y hermanos. El 30.8 % de los estudiantes viven sólo con la mamá, el 3.6% sólo con el papá, el 2.4% con los abuelos, el 5.5 % con otros familiares y 5.2% con otras personas, sin lazos de consanguinidad.

Con respecto al nivel de escolaridad de los padres: el 8.5 alcanzó el nivel de primaria; el 53.9%, el de secundaria; el 20.4%, el técnico; el 4.3%, el tecnológico y el 13%, el nivel profesional.

El Instituto Técnico Industrial cuenta con 82 docentes, distribuidos en la sección primaria (27) y en secundaria (55), 40 de ellos orientan áreas académicas y 15 las áreas técnicas que pertenecen a las especialidades. Hay 53 mujeres y 29 hombres con una edad promedio de 51 años. Solo hay un docente menor de 30 años, el 20% de los docentes se encuentran en el rango de edad de 31 a 40 años; el 21,8%, en el rango de 41 a 50; el 29.5% , en el rango de 51 a 60 y el 26,9% son mayores de 60 años.

La formación académica de los docentes es la siguiente: El 81.7% son licenciados, el 15.9% son profesionales en otras áreas como ingenierías, arquitectura, psicología, sociología, diseño de modas y mercadeo y publicidad. Solo el 2.4% de los docentes no ostentan título de pregrado. El 66% de los docentes ha cursado un posgrado: El 70.7% son especialistas, el 8.5% tienen título de maestría y un docente con título de doctorado. En la actualidad hay 10 docentes más en proceso de formación en maestría.

Los docentes del área técnica son mayoritariamente hombres (12 de 15), 10 docentes son profesionales no licenciados, 8 tienen estudios de posgrado, 5 poseen especialización, 2 se

encuentran en el nivel de maestría y 1 en el nivel de doctorado. Su experiencia en la enseñanza del área técnica oscila entre los 3 y los 43 años.

2.4. Marco legal

La existencia de las insituciones de carácter técnico industrial se sustenta en los artículos 26 y 54 de la Constitución Política de Colombia de 1991, por cuanto en ellos se expresa que:

Artículo 26. Toda persona es libre de escoger profesión u oficio. La ley podrá exigir títulos de idoneidad. Las autoridades competentes inspeccionarán y vigilarán el ejercicio de las profesiones. Las ocupaciones, artes y oficios que no exijan formación académica son de libre ejercicio, salvo aquellas que impliquen un riesgo social.

Y el artículo 54 establece que “Es obligación del Estado y de los empleadores ofrecer formación y habilitación profesional y técnica a quienes lo requieran. El Estado debe propiciar la ubicación laboral de las personas en edad de trabajar.”

La ley 115 de 1994, en su artículo 5°, enuncia los fines de la educación. El numeral 5 establece como fin “La adquisición y generación de los conocimientos científicos y técnicos más avanzados, humanísticos, históricos, sociales, geográficos y estéticos, mediante la apropiación de hábitos intelectuales adecuados para el desarrollo del saber.” El numeral 7 afirma que uno de esos fines es “el acceso al conocimiento, la ciencia, la técnica y demás bienes y valores de la cultura, el fomento de la investigación y el estímulo a la creación artística en sus diferentes manifestaciones”; también se establece como fin “11. la formación en la práctica del trabajo, mediante los conocimientos técnicos y habilidades, así como en la valoración del mismo como fundamento del desarrollo individual y social”. Adicional a esto, el numeral 13 añade “La promoción en la persona

y en la sociedad de la capacidad para crear, investigar, adoptar la tecnología que se requiere en los procesos de desarrollo del país y le permita al educando ingresar al sector productivo.” (Constitución Política de Colombia, 1991)

Por su parte, el artículo 32 de la misma ley define la educación media técnica como aquella educación que “prepara a los estudiantes para el desempeño laboral en uno de los sectores de la producción y de los servicios, y para la continuación en la educación superior”. Aquí se marca una diferencia con los antecedentes históricos de la educación técnica, por cuanto ahora, de manera explícita, se prevé una continuación en la educación superior. Este tipo de educación se diferencia de la tradicional educación ofrecida por los ITI y los INEM, por cuanto se establecen nuevas especialidades que no eran atendidas en estas instituciones. El mismo artículo establece, más adelante, que la educación media técnica:

Estará dirigida a la formación calificada en especialidades tales como: agropecuaria, comercio, finanzas, administración, ecología, medio ambiente, industria, informática, minería, salud, recreación, turismo, deporte y las demás que requiera el sector productivo y de servicios. Debe incorporar, en su formación teórica y práctica, lo más avanzado de la ciencia y de la técnica, para que el estudiante esté en capacidad de adaptarse a las nuevas tecnologías y al avance de la ciencia.

Otro elemento diferenciador de la educación ofrecida por los ITI y los INEM se presenta en el párrafo que acompaña al artículo 32, ya que condiciona la creación de instituciones de educación media técnica a una articulación con el SENA o con otras entidades de capacitación laboral.

El artículo 32 ha sido esgrimido por algunas entidades territoriales, con fines presupuestales, para afirmar que los ITI y los INEM tradicionales deben desaparecer, por cuanto, a partir de la expedición de la ley 115, solo existen instituciones de educación media técnica en articulación con el SENA. Esto ha llevado a la reconfiguración de algunas de estas instituciones y las ha obligado a ofrecer formación técnica únicamente en el nivel de educación media. Se evidencia un intento en ignorar, por parte de las entidades territoriales, lo dispuesto en la misma ley, en su artículo 208:

Los institutos técnicos y los institutos de educación media diversificada, INEM, existentes en la actualidad, conservarán su carácter y podrán incorporar a la enseñanza en sus establecimientos la educación media técnica, de conformidad con lo establecido en la presente Ley y su reglamentación.

Esta controversia ha llevado a que los directivos docentes de los ITI constituyeran una asociación, ASONIETI, desde la cual vienen realizando una lucha por mantener las condiciones de sus instituciones que se podría sintetizar en el mantenimiento de las siguientes características:

- Mantenimiento de las exploraciones en la educación básica secundaria (grados 6°, 7°, 8° y 9°)
- Conservación de la oferta de especialidades que las han identificado.
- Trabajo en el área técnica, en grupos reducidos que garanticen condiciones de seguridad industrial en sus talleres.

Esta controversia ha desembocado en un debilitamiento de la oferta técnica industrial en el país. La obsolescencia de máquinas y equipos, la inexistencia de concurso de méritos para docentes de las áreas técnicas, la aplicación de relaciones técnicas docentes-estudiantes en las mismas

condiciones de las instituciones académicas y el debilitamiento presupuestal han llevado a una crisis en este tipo de instituciones.

Construir una didáctica con enfoque STEAM aportaría al fortalecimiento de la educación técnica industrial, ya que provee elementos para afrontar las condiciones y desafíos que le presenta el futuro inmediato.

Por otro lado, el gobierno nacional lanzó en 2019 dos programas para dar respuesta a las necesidades planteadas en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 y el Plan Decenal de Educación 2016-2026: el primero de ellos, llamado ‘Transformación Digital para la Innovación Educativa’, propone la transformación de los ambientes de aprendizaje, a través el uso y apropiación de tecnologías digitales en el ámbito escolar, mediante el apoyo de proyectos de innovación en las instituciones educativas.

El segundo programa busca la formación del pensamiento computacional, crítico y creativo, por medio de las áreas STEAM y de allí su denominación: ‘Educación Activa con Enfoque STEM+A (denominación frecuente para referirse a las áreas STEAM).

Estos programas son la respuesta al documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES 3988, en especial el tercer pilar de la Política Nacional para Impulsar la Innovación en las Prácticas Educativas a través de las Tecnologías Digitales que explicita la intención de promover la innovación en las prácticas educativas mediante la apropiación de las tecnologías digitales por la comunidad educativa (Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES, 2020). En concordancia con lo expuesto, se definen cuatro líneas de acción:

Línea de acción 1. Fortalecer la formación y acompañamiento a los docentes en la apropiación de las tecnologías digitales para la innovación en las prácticas educativas (pág. 51)

Línea de acción 2. Desarrollar estrategias para fomentar el uso de las tecnologías digitales en la comunidad educativa (pág. 53)

Línea de acción 3. Definir e implementar estrategias de apropiación de las tecnologías digitales en las prácticas educativas pertinentes a las necesidades del contexto educativo, el territorio y el estudiante (pág. 54)

Línea de acción 4. Desarrollar e implementar una estrategia para promover desde la institucionalidad educativa, la apropiación de las tecnologías digitales (pág. 56)

Desarrollar estas líneas implica no solamente diseñar programas de capacitación sino alcanzar una verdadera apropiación, por parte de los maestros, de las tecnologías digitales en contextos de aula; un camino seguro para lograrlo, es a través del diseño, apropiación, o fortalecimiento de prácticas didácticas que impliquen el uso de la tecnología en la solución de problemas del contexto.

Capítulo 3. Marco Metodológico

A continuación, se ofrece una descripción del proceso seguido en la investigación y que deriva en la construcción de un modelo didáctico, que se ha denominado EpiSTEAM en atención a los elementos teóricos que lo sustentan: Epistemología y enfoque STEAM. Previo a la presentación del proceso y a la identificación de los elementos metodológicos utilizados en la investigación, se ofrece una reflexión en torno al origen y posterior desarrollo del concepto “método científico”, o simplemente “método”.

La reflexión sobre El Método (así, con mayúscula), surge de la dicotomía entre las ciencias naturales y las ciencias humanas; la naturaleza científica de las primeras resulta tan evidente que tratar de explicarla derivaría en un pleonasma, sin embargo, la naturaleza de las segundas (humanas) no resulta tan evidente. Por supuesto, los denominados humanistas dan por sentado la naturaleza científica de sus saberes y procedimientos, hoy prudencialmente alejados de los procedimientos de las ciencias naturales, pero no tanto ocurría a finales del siglo XIX y principios del siglo XX como lo ilustra la Figura 4.

El trabajo que se expone aquí, por su naturaleza, cae en el ámbito de las ciencias humanas, pero el hecho de recurrir a enfoques mixtos podría prevenir al lector incauto. La inclusión de esta reflexión fundamenta la selección del panorama metodológico de la investigación.

También se aborda el diseño metodológico, en consecuencia, se presenta el tipo de investigación, el diseño de la investigación, se describen las técnicas de recolección de información y la validación de los instrumentos utilizados para recabar datos. El diseño metodológico derivó en la construcción del modelo didáctico y permitió el cumplimiento del Objetivo General.

Para darle un mayor énfasis al procedimiento utilizado en la configuración del modelo se decidió presentarlo en un capítulo adicional en donde se describiera en detalle la génesis, la configuración y la descripción de sus componentes; este desarrollo se encuentra en el Capítulo 4.

3.1. Discusión sobre el desarrollo histórico del concepto abstracto llamado método

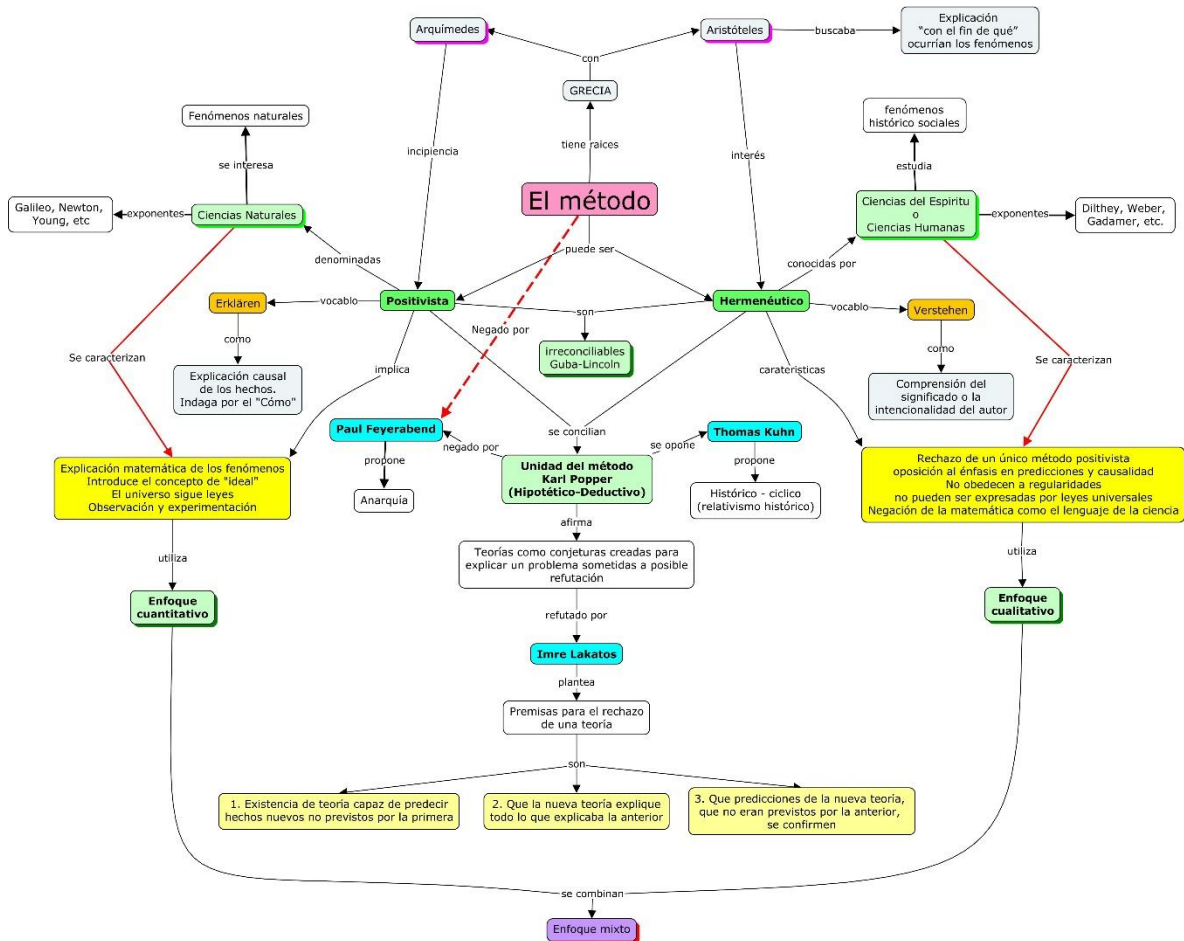
Ha sido un interés del ser humano entender el mecanismo que gobierna la naturaleza y parece ser que tal interés tuvo un extraordinario florecimiento hacia el siglo VI a.c. y hasta el siglo IV d.c., en la Grecia jónica (Jeans, 1953). En la formación del acervo de conocimientos científicos merece especial atención la forma como la humanidad ha accedido a tales conocimientos y que se muestra en la **Figura 4**.

El *modus operandi*, a través del cual se han producido los descubrimientos y se han establecido leyes, principios y teorías, ha evolucionado en la historia y ha permitido incluso identificar características de las culturas. Merece mención especial la cultura griega que alcanzó notables éxitos en geometría y física: descubrieron (¿redescubrieron?) el teorema según el cual, en todo triángulo rectángulo (que tiene un ángulo recto), la suma de las áreas de los cuadrados contruidos sobre los lados más cortos (catetos) es igual al área del cuadrado construido sobre el lado más largo (hipotenusa); este teorema es atribuido tradicionalmente a Pitágoras, aunque hay evidencia de que los babilonio conocían al menos uno de sus casos particulares (triángulo de lados 3, 4 y 5). Calcularon la circunferencia de la tierra (Eratóstenes), la distancia y tamaños relativos de la tierra, el sol y la luna (Aristarco de Samos), descubrieron la ley de la flotabilidad de los cuerpos (Arquímedes). Su pensamiento obedecía a ciertas normas que permiten describirlo como deductivo y de ahí sus logros en geometría; no obstante lo anterior, algunos griegos como Arquímedes mostraron un pensamiento científico en el sentido moderno de la palabra: es evidente que descubrir el principio con el cual se reconoce a Arquímedes tuvo que requerir algún tipo de

experimentación para establecer axiomas y poder, a partir de ellos, expresar su ley de flotabilidad deductivamente.

Figura 4.

Devenir Histórico del Concepto Abstracto 'Método'



Fuente: Autoría Propia

La tradición griega, según la cual los fenómenos tienen causa, se debe a Aristóteles, quien utilizaba un método que consistía en observar los fenómenos y de manera inductiva establecer principios; luego, a partir de dichos principios, y de manera deductiva, establecía enunciados. El

saber aristotélico buscaba la explicación “con el fin de qué” ocurrían los fenómenos (Mardones, 1994, pág. 22).

La historia reconoce a Galileo Galilei como el científico que inauguró una nueva forma de acceder al conocimiento que habría de considerarse como el paradigma para hacer ciencia (Russell, 1983). Galileo recupera la tradición de Arquímedes en el sentido de expresar matemáticamente los fenómenos de la naturaleza e inaugura el concepto de idealización, aplicados en la utilización del “péndulo ideal”, retomado con éxito por Newton cuando imagina una “ausencia de fricción”. El término “positivo” empieza a utilizarse en la medida en que algo resulta ser útil y pragmático.

Mientras el siglo XIX cosechaba los triunfos de la física fundada por científicos como Galileo, Newton, D’alambert, etc., otros científicos desarrollaban las bases de la ciencia electromagnética que cambiaría el siglo XX (Coulomb, Ohm, etc.). Los paradigmas de la ciencia ya se habían establecido y algunos creían que la mecánica, por ejemplo, era una ciencia acabada. El principal paradigma despojaba al universo de poderes y lo ubicaba como un flujo de acontecimientos, obedeciendo leyes y principios (Kuhn, 2006, pág. 19). Las preguntas de los científicos no iniciarían más con la fórmula del “¿por qué...?” y el “¿para qué...?” y sería sustituida, en virtud de su método, por el hasta ahora vigente, “¿cómo...?”. El énfasis de la ciencia sería ahora explicativo y su herramienta desde entonces son las matemáticas. El éxito de la ciencia era rubricado por el advenimiento de la revolución industrial y el desarrollo de la tecnología.

Simultáneamente al establecimiento del positivismo decimonónico naturalista, irrumpen en el escenario personajes como Augusto Comte, con su intento de “positivizar” la sociología (Ferrater M., 2009), Marx, Spencer y otros quienes le dieron altura a las ciencias del hombre. Hacer ciencia, desde la perspectiva positivista, se trataba de encontrar una explicación

causal de los hechos. El vocablo alemán que define esta característica es *erklären* (Mardones, 1994, pág. 29).

No tardaría en estallar el debate ante el interés Comtiano de hacer ciencia positivista con la economía, la historia, la sociología y, en general, con todas aquellas ciencias del hombre. La mayor oposición a esta pretensión surge en Alemania, con figuras de la talla de Dilthey y Weber y con no pocos seguidores fuera de Alemania. Hoy se reconoce a esta concepción metodológica como hermenéutica, que aboga por la comprensión o *verstehen*. Sus características primigenias fueron: rechazo a la existencia de un único método positivista, negación de la matemática como el lenguaje de la ciencia y oposición al énfasis puesto en las predicciones y la causalidad de los fenómenos (Mardones, 1994, pág. 30).

A modo de síntesis podemos afirmar que a finales del siglo XIX se identifican dos tipos de ciencias: las ciencias naturales o positivistas, que buscan brindar una explicación causal de los hechos (*Erklären*), cuyos exponentes (Galileo, Newton, Young, etc) siguen la tradición galileana y las recién reconocidas ciencias del espíritu o hermenéuticas, que rechazan la utilización del método positivista y privilegian la comprensión del significado o la intencionalidad del autor (*Verstehen*) de los fenómenos histórico-sociales y tiene sus raíces en la tradición aristotélica (Dilthey, Weber, Gadamer, etc.).

Durante los albores del siglo XX, siguiendo un comportamiento humano sintomático y con el ánimo de construir su propia identidad, los hermenéutas toman distancia de los positivistas, al momento de construir su método, padeciendo un verdadero “síndrome pendular”, ubicándose metodológicamente en el extremo opuesto. Lo anterior no evita que algunos persistan en la construcción de conocimiento de las ciencias del espíritu o ciencias humanas, a la manera de las

ciencias naturales, y para ello incorporan las matemáticas como recurso. Podría decirse que son científicos neocomtianos.

Un hecho que distingue a las ciencias naturales es la utilización de las matemáticas, no solo en la explicación de los fenómenos, sino en la manera en que se aborda su estudio: las matemáticas, utilizadas sistemáticamente, permiten escribir en su lenguaje los datos obtenidos, a través de la observación y la experimentación. Se dice que son ciencias con un enfoque cuantitativo.

Las ciencias humanas o ciencias del espíritu no obedecen a regularidades y por ello no pueden ser expresadas mediante leyes universales (Dilthey, 1980). La hermenéutica propugna la comprensión del todo a partir de las partes y, de manera cíclica, la comprensión de lo particular desde el todo. Podemos afirmar que tienen una lógica cualitativa.

Los dos tipos de ciencias identificados (naturales y humanas) se posicionan históricamente en extremos opuestos, al igual que sus paradigmas, métodos y enfoques: al ser opuestos, pueden ser considerados imposibles de combinar (Guba y Lincoln, 2012). Persiste en la ciencia un énfasis en la cuantificación y, en una sociedad positivista, este énfasis impregna las ciencias sociales o las disciplinas que se apartan del positivismo.

En este aparente estado irreconciliable entre las dos posturas, Popper, K. (1973) propone la unidad del método, en la que se afirma que todas las ciencias, naturales o sociales, utilizan el mismo método. Este es tal vez el primer intento de conciliar las dos posiciones, a través del método hipotético-deductivo, también conocido como el método de conjeturas y refutaciones (algunos lo denominan 'ensayo y error'). Para Popper, el método científico se presenta, para todo campo de investigación científica, en forma triádica: problema-conjetura-refutación, de ahí su famosa máxima: "el conocimiento empieza no con observaciones, sino con problemas", concibiendo el

problema como la discrepancia entre la realidad y las expectativas de los científicos. La ciencia, para Popper, consiste en el acto de concebir ideas y ponerlas a prueba, buscando demostrar que están equivocadas para así aprender de nuestros errores. El científico se asoma a la naturaleza provisionado de ideas de lo que espera encontrar, portando un esquema preliminar de la realidad que no implica simplicidad. La ciencia empieza en el momento en que la porción de la realidad y las ideas concebidas para explicarla no se corresponden o discrepan entre sí. (Pérez, 2003).

Un fugaz colaborador de Popper, Paul Feyerabend, planteó la idea de que no existe una regla única, seguida por los científicos en su quehacer, con principios inalterables y obligatorios como método para la ciencia; si la hubiere, esta sería infringida en algún momento, dejando de ser norma. Feyerabend llama la atención sobre el hecho de que muchos avances científicos se alcanzaron gracias a que algunos pensadores rompieron las reglas y los principios establecidos a manera de método. Casi que de manera axiomática plantea que, para cualquier regla, por muy fundamental o necesaria que sea para la ciencia, hay circunstancias en las que resulta aconsejable no sólo ignorar dicha regla, sino adoptar otra que se le oponga. Este es precisamente el fundamento de su planteamiento: el anarquismo, según el cual no existe ni ha existido un procedimiento que pueda identificarse como un método científico y si lo hubiera, las consecuencias serían nefastas para la misma ciencia. (Feyerabend, 1986).

Imre Lakatos, discípulo y sucesor de Popper en la cátedra de lógica y método científico en la escuela de Economía de Londres, refuta a su maestro, por cuanto plantea que la sola falsación no es suficiente para rechazar una teoría, ya que es mejor tener una teoría con anomalías, a no tenerla. Plantea que ninguna teoría se abandona hasta que exista una mejor. El rechazo de una teoría solo se da cuando se cumplan las siguientes premisas: 1. Que exista otra teoría que sea capaz de predecir hechos nuevos no previstos por la primera; 2. Que la nueva teoría explique todo lo que

explicaba la anterior y 3. Que algunas predicciones de la nueva teoría, que no eran previstos por la anterior, se confirmen. En tanto no se presenten las anteriores premisas, toda teoría es protegida, permitiéndose una modificación o mejora que le permita enfrentar de manera satisfactoria las anomalías que la amenazan. Lakatos concibe la ciencia como conjuntos de teorías o ‘programas científicos de investigación’ en permanentes modificaciones sucesivas. (Pérez, 2003)

Al cierre del siglo XX, la polémica se encuentra centrada en los métodos cualitativos y cuantitativos. Dichos métodos resultan ser irreconciliables como lo plantean Guba y Lincoln (2012), que sostienen la imposibilidad de combinar los enfoques cualitativos y cuantitativos de manera responsable, dentro de una evaluación (p. 268). Nuevamente, se hace presente el síndrome pendular, rechazándose uno al otro, desde los extremos de oscilación. No obstante, siguiendo una perspectiva popperiana, se plantea la no existencia de los enfoques puros (exclusivamente cuantitativos o cualitativos), sino más bien la existencia de una variedad espectral de enfoques en cuyos extremos aparecen lo que se denominaría enfoque cuantitativo y en el otro, el enfoque cualitativo. Haciendo un simil con el espectro electromagnético, sería el equivalente a las ondas infrarrojas y las ondas ultravioletas. En el intermedio estaría la ‘luz visible’, que contendría características de una y otra. Sin importar su ubicación en el espectro, las ondas mantienen las características, cambiando unicamente su frecuencia (o longitud de onda), pero se estaría hablando de la misma “cosa”. Es decir, todos los enfoques para desarrollar una investigación contendría elementos cualitativos y cuantitativos, por lo cual, se tendría la existencia de un único método mixto.

3.2. Diseño Metodológico

En el campo de la didáctica, han tomado gran relevancia las investigaciones sustentadas en las mediciones de respuestas o ponderación de concepciones sobre la enseñabilidad de las ciencias, complementándolas con análisis de conceptos y comportamientos. Este hecho explica la multiplicación de investigaciones mixtas. Como muestra de lo anterior, se ha indagado sobre las concepciones de los maestros en la enseñanza y el aprendizaje y cómo acuden a este tipo de investigación (Fernandez, Tuset, Pérez, y Leyva, 2009). De otro lado, Pinochet presenta algunas fortalezas y debilidades de los enfoques cualitativo y cuantitativo y realiza una llamativa invitación:

Es interesante considerar la posibilidad de integrar los enfoques cualitativos y cuantitativos. Las investigaciones mixtas son más bien escasas en los estudios sobre argumentación en las clases de ciencias, aun cuando pueden presentar ventajas comparativas, tales como: alcanzar una perspectiva más amplia y profunda de la relación entre enseñanza, aprendizaje y argumentación; producir datos de mayor riqueza y variedad; apoyar con mayor solidez las conclusiones, etc. (Pinochet, 2015, pág. 11)

Tal como se puso en evidencia en la discusión desarrollada en el numeral 3.1 del presente trabajo, los enfoques cuantitativo o cualitativo se privilegian según la investigación pertenezca al ámbito de las ciencias naturales o humanas respectivamente **Figura 4.**; al primer enfoque se le ha asignado un halo de cientificidad, mientras al segundo, de sospecha, tanto es que en su génesis se consideraban pseudociencias aquellas que no utilizaran las matemáticas, como la astrología, antecesora de la astronomía, o la sociología. Sin embargo, al transitar por investigaciones, se descubre que no es fácil afirmar que existan las investigaciones de naturaleza exclusivamente

cuantitativa o cualitativa sino que, por el contrario, existen matices; en un proceso investigativo, es común que el investigador pendule entre un enfoque y otro, pasando por posiciones claramente cualitativas donde la hermenéutica reina o posiciones cuantitativas donde la utilización de expresiones matemáticas son requeridas para la comprensión del problema o fenómeno, pero, al igual que en el péndulo, el movimiento no es discreto sino continuo, por lo que en su trayecto la lenteja (elemento que oscila) transita sucesivas posiciones intermedias.

Otro simil apropiado para expresar lo anterior es el espectro visible denominado luz, que ofrece una gama de colores que varía del rojo hasta el violeta, pasando por el naranja, amarillo, verde y azul. No es posible identificar dónde termina un color y dónde inicia otro, sin embargo todos son visibles. Esta modalidad para el enfoque de una investigación invita a proponer que el enfoque tiene un caracter espectral donde en los extremos aparecen los enfoques cualitativo en uno y cuantitativo en el otro, toda la gama intermedia corresponde al enfoque mixto, con énfasis según la cercanía al extremo más cercano.

De acuerdo con la anterior reflexión, el enfoque de investigación es mixto con énfasis cualitativo. Este planteamiento sugiere una complementariedad entre las perspectivas cuali-cuanti, en oposición al antagonismo pregonado tradicionalmente y facilita una comprensión profunda del fenómeno estudiado.

El problema identificado en la presente investigación establece que en Colombia existe una baja comprensión en ciencias, lo cual es evidente, atendiendo a los datos provistos por las pruebas censales de carácter nacional, las pruebas de carácter internacional y lo reportado por los investigadores en diversos tiempos y lugares. De acuerdo con Hernández y Baptista (2014), el problema planteado se puede estudiar a partir de su consideración como realidad **objetiva**, en la medida en que los actores involucrados como los estudiantes, los docentes, la normatividad, los

laboratorios de ciencias, etc., aportan al análisis y la comprensión del problema. De igual manera, también constituye una realidad **subjetiva**, en virtud de los diversos elementos no tangibles que pueden ser usados para el análisis y comprensión del problema, tales como los sentimientos involucrados en el aprendizaje de las ciencias, el paradigma social acerca de la dificultad de aprender los conceptos del área, etc. (Hernández y Baptista, 2014).

En concordancia con lo expresado antes, se buscará una complementación de datos y resultados cualitativos y cuantitativos, así como hacer una aproximación holística del problema. Por lo tanto, se propone una metodología con un enfoque mixto.

3.2.1. Tipo de investigación

La investigación aquí planteada consiste en la elaboración de un modelo didáctico enmarcado en la enseñanza de las ciencias, desde el enfoque STEAM, el cual busca aportar a la solución del problema de investigación descrito. En concordancia con lo planteado por Hurtado (1998), el tipo de investigación es **proyectiva**, que consiste en la formulación de una propuesta, programa, plan o modelo, sin que implique la ejecución de la misma, con el propósito de aportar a la solución de una necesidad o problema específico en un área del conocimiento, a partir de un proceso investigativo que contempla el diagnóstico, la explicación y las tendencias futuras del fenómeno objeto de estudio. Por lo anterior, se evidencia que el tipo de investigación proyectiva es pertinente para la modelización de una propuesta didáctica basada en el enfoque STEAM, que aporte a la comprensión de las ciencias naturales, las matemáticas y el desarrollo de habilidades tecnológicas (Hurtado, 1998). Este tipo de investigación no debe confundirse con los planes de acción que no requieren investigación previa y solo hace uso de la experiencia del investigador, sino que, por el contrario, antes del diseño de la propuesta o modelo se requiere, como en efecto se hizo, explicar, a la manera hermenéutica, el por qué y el cómo se da la situación.

3.2.2. Diseño de la investigación

Dado que el enfoque de la investigación es mixto, esta contiene elementos cuantitativos y cualitativos.

Hernández y Baptista (2014) sugieren dos tipos de diseño investigativo cuantitativo: el experimental y el no experimental, según sea la estrategia definida para la obtención de información. El diseño experimental utiliza, como su denominación lo sugiere, los llamados experimentos y los cuasiexperimentos; su principal característica es la manipulación intencionada de variables independientes.

En el diseño no experimental, en contraposición con el experimental, no se manipulan de manera intencional las variables, se observa la realidad tal cual como se presenta y se analizan las variables y sus efectos. Este tipo de diseño investigativo se subdivide a su vez en transeccional y longitudinal: el primero hace referencia a la obtención de información en un momento determinado, se observan las variables, sus consecuencias y sus interrelaciones con otros datos; el segundo tipo permite visualizar la evolución de los fenómenos y las relaciones en el tiempo (Hernández y Baptista, 2014, pág. 129). En el caso que nos ocupa en el presente proyecto, el diseño investigativo es, desde lo cuantitativo, no experimental y transeccional, dado que se estudia la realidad en un momento determinado, sin manipulación de variables.

De igual manera, los diseños para la investigación cualitativa sugeridos por Hernández y Baptista (2014) se clasifican en teoría fundamentada, diseños etnográficos, diseños narrativos, diseños de investigación-acción, diseño documental y diseños fenomenológicos. Para esta investigación, desde la perspectiva cualitativa, se abordará la teoría fundamentada de diseño sistemático, cuyo propósito es construir y proponer teoría con base en los datos recolectados de la

población objeto de estudio, aplicada a la enseñanza de las áreas STEAM. La teoría construida deriva en la construcción de un modelo que tiene una representación visual bidimensional y una tridimensional concreta (artefacto). El diseño sistemático que produjo la identificación de las categorías y posterior diseño del modelo, partió de la codificación realizada con *el software AtlasTi*.

A continuación, se presentan las etapas de la investigación abordadas en la investigación con enfoque mixto (teoría fundamentada y no experimental):

- Análisis sistemático de literatura. Revisión documental
- Diseño y validación de instrumentos de recolección de información (cuantitativos y cualitativos)
 - Recolección, codificación y análisis de información
 - Diseño del modelo didáctico
 - Validación y explicación del modelo

En el caso que nos ocupa en el presente proyecto, el diseño investigativo se realizó desde el enfoque cuantitativo, no experimental y transeccional, dado que se estudia la realidad sin manipulación de variables, en un momento determinado sin detenerse en la evolución o su relación con el tiempo, es una fotografía del fenómeno que se va a estudiar, en un determinado instante. Desde lo cualitativo, la realidad se estudia a partir de la teoría fundamentada, con un diseño sistemático. La Tabla 2 muestra de manera integrada el diseño metodológico desarrollado.

Como se mencionó antes, para el tratamiento de los datos la investigación se apoyó en el software AtlasTi, en particular las utilidades que ofrece, llamadas *nube de palabras*, la codificación

de citas y la generación de reportes. Estas utilidades fueron requeridas al momento de realizar hermenéutica sobre los datos recabados.

En el proceso de identificación de categorías, se recurrió a la utilidad llamada *nube de palabras* de Atlas Ti realizando un conteo de las mismas en los artículos (documentos primarios) para calcular la frecuencia con la que cada una de ellas aparece en la totalidad de artículos analizados; una mayor frecuencia puede ser interpretada como un indicador de relevancia dado por los autores a las palabras, esto llevó a que los conceptos más relevantes fueran abordados como categorías de investigación.

La utilidad de *codificación de citas* permitió sistematizar las entrevistas, registradas en video, identificando los aspectos considerados relevantes por el investigador y que eran mencionados reiteradamente por los docentes entrevistados; en el numeral 4.3 aparecen los reportes para cada codificación en el que se indican los documentos primarios (entrevista), el nombre del docente y el intervalo de tiempo en el que aparecen registradas las citas. Este material sirvió de insumo para contrastar sus aportaciones con lo observado en las visitas de campo.

Tabla 2.

Diseño Metodológico

Paradigma	Enfoque	Diseño	Nivel	Método
Interpretativo	Mixto	Documental	Proyectivo	Teoría fundamentada
		De campo		
		Sistemático		Estadística
		No experimental		
		Transeccional		

Técnica	Estrategia Metodológica	Instrumentos	Codificación de Datos	Análisis de Datos
Entrevistas semiestructuradas	Mapeo sistemático	Diario de campo	Matriz de categorías	Atlas-ti
Análisis de documentos y audios	Revisión documental	Cuestionarios	Unidad hermenéutica, nube de palabras.	PSPP
Análisis cuantitativo de datos	Medidas de tendencia central y de dispersión	Encuesta	Escala Likert	
Observaciones de clase				

Fuente: Autoría propia

3.2.3. Técnicas de recolección de información

A continuación se enuncian y describen las técnicas utilizadas en el proceso de recolección de datos; sin embargo, en atención al impacto en la construcción del modelo, se desarrollarán en profundidad en el capítulo 4.

Revisión documental. En esta etapa se detectaron y consultaron las fuentes de información relevantes para el proceso de investigación. Hernández y Baptista (2014) consideran relevantes las llamadas fuentes primarias como libros, artículos de revistas científicas y ponencias presentadas en congresos y eventos similares. Para el análisis se utilizó la utilidad conocida como *nube de palabras*, que tiene el software AtlasTi, que permitió la identificación de categorías.

Observación. Proceso mediante el cual se registraron, de manera sistemática, el comportamiento de las variables. El instrumento seleccionado fue el diario de campo, el cual se utilizó en la observación de la actividad docente en las sesiones de clase. En total, se observaron las secuencias didácticas de cinco docentes que abarcaban casi la totalidad de las especialidades

de la institución: Ebanistería, Diseño Mecánico y Arquitectónico, Electrónica, Electricidad y Electromecánica. Inicialmente no se consideró la participación de las docentes de Diseño, Corte y Confección, por cuanto no manifestaron el interés de hacerlo. Cuando el proceso estaba en marcha, las docentes de esta especialidad manifestaron el interés de participar y se incluyeron para efectos de validación.

Entrevista semiestructurada. Provee datos cualitativos, permite una mejor comprensión sobre un tema particular. El instrumento implementado fue el cuestionario guía, puesto que las preguntas eran abiertas. La intención era que, por medio de las preguntas, se atendieran los objetivos de la investigación. El cuestionario, dirigido a los docentes, consta de 10 preguntas, las cuales se presentarán en lenguaje técnico y lenguaje coloquial, tal como se plantearía a los maestros. Cada pregunta responde a una categoría identificada en el proyecto (epistemología, modelo y enfoque STEAM) y a uno de los objetivos. La validación del instrumento fue realizada por dos expertos y aplicada a los docentes incluidos en la investigación, según los criterios establecidos para este propósito.

Encuesta. Provee datos de tipo cuantitativo. El instrumento implementado fue un cuestionario aplicado a un grupo de 15 docentes, con el objetivo de lograr la validación del modelo didáctico construido. El instrumento consta de 18 afirmaciones con escala de respuesta tipo likert y dos preguntas abiertas.

Población objeto de estudio. Se trabajó con una muestra de cinco docentes del Instituto Técnico Industrial de Villavicencio que cumplieron con los criterios de inclusión. Estos docentes atienden la formación técnica de los estudiantes de la institución, pertenecen a las especialidades de Diseño Mecánico y Arquitectónico, Ebanistería, Electricidad, Electrónica, Electromecánica y Mecánica Industrial y Tecnología.

Criterios de inclusión, exclusión y eliminación. Para la selección de los docentes que hicieron parte del proyecto, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

Inclusión: fueron incluidos aquellos docentes que:

- a. Expresaron de manera explícita su interés en participar.
- b. Se desempeñan o tienen formación en un área STEAM.
- c. Han sido asignados a los grados de educación media (10° y 11°).

Exclusión: no fueron tenidos en cuenta para la ejecución del proyecto aquellos docentes que:

- a. Su retiro estuviera proyectado dentro del año siguiente, al inicio de la ejecución del proyecto.
- b. Estuvieran nombrados como provisionales por vacante transitoria.

Eliminación: Serían eliminados aquellos docentes que:

- a. No firmaran el consentimiento informado

3.2.4. Validación de instrumentos

Encuesta con escala de respuesta tipo Likert.

Con el fin de recopilar información pertinente para estimar la validez del modelo didáctico con enfoque STEAM, se diseñó un instrumento con una escala tipo Likert con 18 ítems, con cinco opciones de respuesta que fluctúan desde 1 (Muy en desacuerdo), 2 (En desacuerdo), 3 (Ni de acuerdo ni en desacuerdo), 4 (De acuerdo) y 5 (Muy de acuerdo). La prueba se aplicó a 5 docentes, con el fin de validar el instrumento. Los docentes de la institución pertenecen a las áreas STEAM. El instrumento se puede consultar en el Anexo 1.

La muestra seleccionada es no probabilística o dirigida, es decir, no depende de la probabilidad, sino que se selecciona por un procedimiento que depende de decisiones del investigador y obedecen a las características del estudio (Hernández y Baptista, 2014); los criterios considerados para la selección de la muestra, fueron:

- a. Participan docentes de las diferentes especialidades que existen en el colegio, de tal manera que todas, o la mayoría de ellas, quedaran representadas
- b. Pertenecen a las áreas STEAM
- c. Los docentes acceden voluntariamente a participar

De esta manera, el número de docentes participantes pertenecen al nivel de educación media; además, los cinco docentes pertenecen a especialidades diferentes, de tal manera que la muestra representa a las especialidades de la institución, con excepción de Diseño, corte y confección.

Para asignarle validez a un instrumento se debe evaluar en qué medida mide lo que tiene que medir con este propósito. Se calculó el Coeficiente Alfa de Cronbach que evalúa la confiabilidad y la homogeneidad de las preguntas o afirmaciones que hacen parte del instrumento (Corral de Franco, 2009).

Para la valoración del coeficiente de confiabilidad, se utilizó la escala de valoración propuesta por De Vellis:

- “Por debajo de 0.6 es inaceptable
- De 0.6 a 0.65 es indeseable
- Entre 0.65 y 0.7 es mínimamente aceptable
- De 0.7 a 0.8 es respetable

- De 0.8 a 0.9 es muy buena” (García Cadena, 2006)

La Tabla 3 muestra las respuestas recopiladas con la encuesta. La primera columna refiere a los docentes, que se identifican como D1, D2...D5; la última columna muestra las sumas de las respuestas por docente; las columnas intermedias presentan las respuestas seleccionadas por cada docente; las afirmaciones se identifican como P1, P2, ... P18. La última fila de la tabla muestra las varianzas de las respuestas dadas a cada afirmación.

Tabla 3.

Tabla de Respuestas de la Encuesta Tipo Likert con Fines de Validación del Instrumento

Docente	Número de afirmación																	Suma		
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15	P 16	P 17	P 18		
D1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	89
D2	4	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	85
D3	5	5	4	4	4	5	4	4	3	3	4	4	5	5	5	4	4	4	5	77
D4	5	5	4	5	5	4	5	5	3	2	5	5	5	5	4	5	5	5	5	82
D5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	83
Desv Stand	0,447	0,000	0,548	0,548	0,447	0,548	0,447	0,548	1,140	1,140	0,447	0,548	0,447	0,000	0,447	0,447	0,447	0,447	0,000	4,382
Varianza imparcial	0,200	0,000	0,300	0,300	0,200	0,300	0,200	0,300	1,300	1,300	0,200	0,300	0,200	0,000	0,200	0,200	0,200	0,200	0,000	19,200

Fuente: Autoría propia

La manera como se calcula el coeficiente alfa de Cronbach es con la expresión mostrada en la Ecuación 1:

Ecuación 1.

Ecuación para calcular el coeficiente de Cronbach

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{St} \right]$$

Interpretación de la ecuación:

K: número de ítems

Si: varianza de cada ítem

St: varianza de la suma de todos los ítems

Aplicando los valores de la tabla a la ecuación, se tiene que:

$$\alpha = \frac{18}{17} \left[1 - \frac{5,700}{19,200} \right]$$

$$\alpha = (1,0588)(1 - 0,296875)$$

$$\alpha = (1,0588)(0,703125)$$

$$\alpha = 0,7444$$

De acuerdo con la ecuación, se puede afirmar que el coeficiente alfa de Cronbach está en el rango “respetable”, lo que significa que la prueba es confiable y las preguntas son homogéneas.

Entrevista semiestructurada.

El Anexo 2 consiste en el cuestionario guía para la realización de la entrevista semiestructurada. Este instrumento fue sometido al juicio de dos expertos: el Dr. Hernán Escobedo David, funcionario del ICFES, y el Dr. Jorge Alberto Forero Santos, de la Universidad Católica de

Manizales. La versión original del instrumento se muestra en la Tabla 4, allí se puede visualizar la **pregunta técnica**, entendida como la cuestión a indagar es términos precisos; la **pregunta coloquial** corresponde a la misma pregunta técnica expresada en términos lingüísticos sencillos, que no dé lugar a inadecuada comprensión; la **intencionalidad de la pregunta** se refiere al verdadero interés indagatorio del investigador; en las dos últimas columnas de la tabla aparecen consignadas las aportaciones de los expertos, expresadas como estimaciones de la eficacia de la pregunta para recabar los datos buscados o conteniendo sugerencias para mejorar la pregunta.

Tabla 4.

Instrumento Utilizado en el Juicio de Expertos

Pregunta problema	¿Cómo estaría configurado un modelo didáctico basado en el enfoque STEAM y epistemología de las ciencias que aporte a la enseñanza en educación media técnica?					
Objetivo general	Proponer un modelo didáctico fundamentado en el enfoque STEAM y la epistemología de las ciencias al proceso de enseñanza en la educación media técnica.					
Expertos: Jorge Alberto Forero Santos, Hernán Escobedo David						
Pregunta Técnica	Pregunta coloquial (para hacer al docente)	Intencionalidad de la pregunta	Concepto de experto Forero	Concepto de experto Escobedo		
1	¿De qué manera la enseñanza integrada de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las artes podrían potenciar los aprendizajes en cada una	¿De qué manera la enseñanza integrada de las áreas STEAM podría potenciar los aprendizajes? ¿Cree que enseñar integradamente las áreas STEAM hace que los estudiantes aprendan mejor estas áreas?	Pretende que el docente reflexione sobre la posibilidad de una enseñanza integrada de las áreas STEAM.	La veo pertinente, pero solo hacer la primera pregunta; la segunda, solo si es necesaria.	En mi opinión la pregunta coloquial no resulta tan coloquial. Yo trataría de formularla mediante varias preguntas más sencillas que plantearía a la manera de una entrevista semi estructurada. ¿Los docentes	

	de estas áreas?				entrevistados conocen la educación STEM o STEAM?
2	¿Considera factible el diseño de un modelo didáctico para la enseñanza integrada de las áreas STEAM?	¿Considera posible que todos los docentes realicen sus clases de la misma manera, siempre que se obtengan resultados óptimos?	Permite a los docentes contemplar la posibilidad de la enseñanza integrada de las áreas STEAM. Busca la visualización de la situación como una acción viable.	La veo pertinente.	Creo que la pregunta coloquial deja escapar lo esencial de la pregunta técnica: el concepto de modelo. “Manera” creo que es demasiado vago y no plantea el tema de la relación de modelación entre un procedimiento y un presupuesto epistemológico.
3	¿Qué elementos debieran ser considerados en el diseño de una didáctica STEAM?	¿Qué le parece importante tener en cuenta cuando enseña algún tema?	Invita a la participación de los docentes en la construcción o el diseño de un modelo didáctico STEAM.	La veo pertinente.	A la pregunta coloquial le agregaría la referencia concreta a la didáctica STEAM o STEM.
4	¿Podría identificar algunos elementos comunes desarrollados desde las áreas	Usted, como docente, ¿qué tiene en común con docentes de otras áreas al momento de enseñar?, es decir, en clase, ¿hace	Busca que los maestros cuestionen la priorización de contenidos sobre los procesos mentales.	La veo pertinente, pero sólo hacer la primera pregunta; la segunda,	No creo que se entienda bien la pregunta coloquial.

	STEAM? (habilidades mentales, competencias, procesos de pensamiento, etc.)	algo con la misma intencionalidad de otros docentes?		sólo si es necesaria.	
5	¿Le parece conveniente aunar esfuerzos con docentes de otras áreas, con el ánimo de generar aprendizajes holísticos en los estudiantes?	¿Cree posible realizar una integración de algunas áreas al momento de ser enseñadas?	Generar expectativa hacia la construcción colectiva de modelos.	La veo pertinente.	Creo que esta pregunta quedaría mejor ubicada en primer lugar. No veo mucha coherencia entre el objetivo específico y las preguntas.
6	¿Cree que existen o se pueden crear situaciones problémicas para ser abordadas desde diferentes áreas, con el fin de construir soluciones integrales?	¿Es posible trabajar con la misma situación problema desde varias áreas?	Vislumbrar la posibilidad de hallar soluciones holísticas a problemas verdaderos y reales	La veo pertinente.	Creo que esta pregunta quedaría mejor ubicada en primer o segundo lugar.
7	¿Considera que las condiciones institucionales favorecen la enseñanza integrada de las áreas STEAM?, En su defecto, ¿cree que se podrían	¿Le parece viable que se enseñe de manera integrada las áreas STEAM en el colegio?, si no, ¿qué se podría hacer para que este propósito sea posible?	Permitir que la enseñanza integrada de las áreas STEAM en la institución sea vista como viable en el corto plazo.	La veo pertinente, pero sólo hacer la primera pregunta; la segunda, sólo si es necesaria.	Creo que esta pregunta quedaría mejor ubicada en primer, segundo o tercer lugar. No veo mucha coherencia entre el objetivo

	generar dichas condiciones?			específico y las preguntas.
8	¿Estaría dispuesto(a) a participar en un proyecto de investigación tendiente a construir un modelo didáctico para la enseñanza STEAM?	¿Le gustaría colaborar en la construcción de una propuesta didáctica para la enseñanza STEAM?	Involucrar a los docentes en la implementación del modelo didáctico, mediante un proceso de investigación	La veo pertinente.
9	¿En qué forma el conocimiento de la historia de las disciplinas aporta en la construcción de un modelo didáctico?	¿Considera que conocer la historia de su disciplina le ayuda en la didáctica que aplica?, ¿cómo?	Motivar al conocimiento de la epistemología, de la historia de las disciplinas y al reconocimiento de la manera como los contenidos del área han sido construidos.	La veo pertinente. Creo que las preguntas 9, 10 y 11 son variantes de una misma pregunta. No veo mucha coherencia entre el objetivo específico y las preguntas:
10	Cuando explica en clase determinado contenido, ¿Implementa en el aula actividades realizadas por los científicos al momento de construir el conocimiento a enseñar?	¿Conoce los experimentos realizados por los científicos y que dieron lugar a los conceptos de su área?, ¿Suele replicar experiencias de los científicos en su clase?		La veo pertinente, pero sólo hacer la primera pregunta; la segunda, sólo si es necesaria

11	¿Conoce alguna teoría sobre la manera que se llevó a cabo la construcción de los conceptos de la ciencia que imparte?	¿Sabe cómo se originaron los conceptos de su área?	La veo pertinente
-----------	---	--	-------------------

Fuente: Autoría propia

Las sugerencias realizadas por los expertos y que aparecen consignadas en las dos últimas columnas, fueron atendidas íntegramente. El instrumento final se incluye en el Anexo 2.

Capítulo 4. Construcción del Modelo Didáctico

El proceso de construcción del modelo didáctico implicó el seguimiento de algunas etapas. En primer lugar, y para dar respuesta a la pregunta orientadora de investigación: **¿Cómo estaría configurado un modelo didáctico basado en el enfoque STEAM y en la epistemología de las ciencias, que aporte a la enseñanza en educación media técnica?** se realizó un estudio exploratorio⁸, utilizando como claves de búsqueda las palabras “didáctica, enseñanza, aprendizaje, enseñanza de las ciencias y argumentación”. Se encontró abundante literatura proveniente de todas las latitudes, investigadores y académicos que compartían el mismo interés; luego, se procedió a identificar las categorías y las dimensiones, con el fin de establecer una relación entre los resultados de las investigaciones reportadas en las referencias en particular. Se detectó un gran interés en esos temas en Argentina, Chile, México, España, Brasil y Colombia. Un análisis de los resultados de esta actividad se incluye en el numeral 4.1.

Una segunda actividad fue la visita a las clases, el registro de observaciones en diarios de campo y el correspondiente análisis de dichos diarios. Los resultados del análisis de las observaciones se incluyen en el numeral 4.2.

También se realizó una entrevista en profundidad a los docentes que participaron en el proyecto: licenciada Yolanda Penagos, de la especialización de electricidad; Ingeniero Alben Melo, de Electrónica; Arquitecto Julio Cesar Ortega, de Diseño Mecánico y Arquitectónico; Licenciado Luis Valencia, de Electromecánica y el Licenciado Gustavo Vanegas, de Ebanistería. Se aplicó el instrumento debidamente validado por expertos y que aparece como **Anexo 2**. El análisis de las entrevistas se incluye en el numeral 4.3.

⁸ El estudio exploratorio incluye, además de la revisión documental, un análisis de frecuencia de conceptos como se describe en detalle en el numeral 4.1. El estudio exploratorio se constituye en la génesis de las categorías.

Después de un ejercicio de triangulación, con base en los análisis del estudio exploratorio, los diarios de campo sobre las secuencias didácticas y las entrevistas en profundidad con los docentes participantes, se construyó el Modelo Didáctico con enfoque STEAM que se presenta en los numerales 4.4 y 4.5.

Por último, se realiza una validación de los datos recabados en la encuesta diseñada para tal fin; esta validación se presenta en el Capítulo 5.

4.1. Identificación de categorías. Estudio exploratorio

La exploración de referencias sobre las palabras clave arrojó que los autores más recurrentes son: Agustín Adúriz-Bravo, Mercè Izquierdo, Álvaro García, José Antonio Chamizo, Francisco Javier Ruiz, Oscar Eugenio Tamayo, Andrea Revel, Fred Suppe, Bas Van Fraassen, Ronald Giere, Antonio Lara Barragán, Rafael Amador, Lidia Galagowsky, José Joaquín García, Edilma Rentería, Christina Schwarz, Julia Hinojosa, Neus Sanmartí, Teresa Nuño, Begoña Burgoa, Jorge Pinochet y Guillermo Cerpa. De igual manera, se identificaron otros que han adquirido categoría de clásicos y de obligada auscultación para los propósitos del presente trabajo, ellos son: Theodor Adorno, Gerard Fourez, Rafael Porlán, Cristian Plantin, José Ferrater Mora, Stephen Toulmin, Karl Popper, Imre Lakatos y Thomas Kuhn.

Una vez realizada la clasificación del material bibliográfico, fue evidente el surgimiento de un concepto en forma de acrónimo por lo que se incluyó como nueva clave de búsqueda: STEM que aparecía como emergencia (con el tiempo se amplió a STEAM), apareciendo nuevos autores: Minh Hien Vo, Chang Zhu, Anh Nguyet Diep, Nancy Tsupros, Randy Kohler, Phelan Hallinan, Jairo Botero, Lourdes Cilleruelo, Horacio Bosch, Yonnhatan García, David Reyes González,

Fabián Burgos, Marta Pelejero-de-Juan, además de otros que ya habían sido detectados en la anterior búsqueda.

Luego de seleccionar el material bibliográfico, se realizó un análisis de nubes de palabras con el *software* de análisis cualitativo Atlas Ti, con el ánimo de identificar las posibles categorías de abordaje. Como dato adicional, el número de palabras de los 49 artículos seleccionados, después de la depuración, es de 25.692 palabras diferentes, para un total de 283.558 palabras en total. Las más frecuentes se muestran en la **Tabla 5.**, después de eliminar conectores, preposiciones, símbolos matemáticos, etc.

Tabla 5.

Conceptos Recurrentes en los Artículos Seleccionados

Palabra	Número de menciones
Ciencias	2880
Enseñanza	1831
Aprendizaje	1468
Ciencia	1198
Modelo	1054
Modelos	1032
Educación	979
Conocimiento	933
Investigación	906
Estudiantes	873
Alumnos	802
Profesores	783
Didáctica	761
Education	694

Desarrollo	638
Científico	621

Fuente: Autoría propia

Después, se desarrolló un ejercicio de agrupamiento por sinonimia (palabras distintas con el mismo significado) y número gramatical (sin distinguir plurales de singulares). Por ejemplo, se agruparon palabras como estudiantes y alumnos; modelo y modelos y otras de menor frecuencia. Con este ejercicio apareció una nueva categoría que se denominó “epistemología” y que agrupaba palabras como, epistémica, episteme, epistemología, histórico-epistemológicos, epistemológico, y otras tantas que contienen la raíz “episteme”. El resultado se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6.

Conceptos Recurrentes, Agrupados por Sinonimia y Número Gramatical

Palabra	Número de menciones
Ciencia/ciencias	4078
Modelo/modelos	2086
Episteme	1896
Estudiantes/alumnos	1675
Educación	979
Conocimiento	933
Investigación	906
Profesores	783

Fuente: Autoría propia

Como la palabra *ciencia* fue utilizada como clave de búsqueda, aparece con mayor frecuencia como concepto recurrente, junto con *modelo/modelos* y *episteme* (y sus derivaciones). Con base en esta simplificación, se determinó que las categorías que serían tenidas en cuenta en la

investigación serían Modelo, Epistemología y Enfoque STEAM. Las primeras como recurrencia y la última como emergencia.

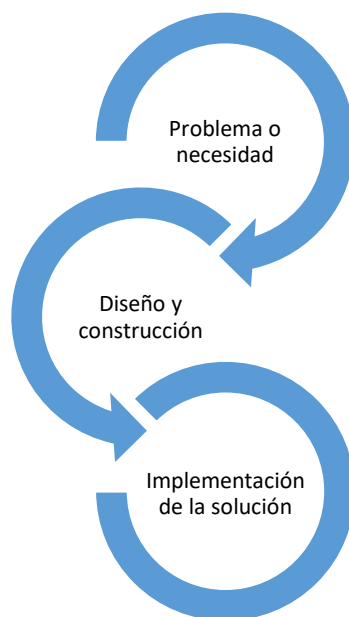
4.2. Momentos didácticos y secuencia didáctica. Observación de campo

Una vez identificadas las categorías desde las cuales se abordaría la pregunta de investigación, se procedió a la observación sistemática de algunas de las clases de los docentes que aceptaron participar en el proyecto. Se elaboraron los respectivos diarios de campo que sirvieron de insumo para el análisis que se presenta en este apartado. En total, se observaron las actividades didácticas de los maestros de cinco especialidades. Algunas de las observaciones requirieron más tiempo que el previsto para una clase de una hora.

Debido a la naturaleza de las especialidades y al trabajo con máquinas y herramientas industriales, los encuentros de maestros y estudiantes pueden durar hasta 4 horas consecutivas y desarrollar toda la unidad puede requerir varios eventos. Se adoptó la denominación de **secuencia didáctica** para identificar a la serie de actividades sucesivas que tienen el propósito de enseñar un contenido educativo y su duración puede ser de uno o más períodos de clase. El análisis de los diarios de campo permite detectar algunas acciones de los maestros en momentos específicos que se denominaron **momentos didácticos**; una representación previa de ellos se presenta en la Figura 5. Los momentos identificados, de manera consensuada con los docentes participantes, fueron renombrados y ampliados en número hasta un total de cinco momentos y su evolución se dio hasta alcanzar la categoría de fases del modelo didáctico construido.

Figura 5.

Momentos Didácticos en la Secuencia



Fuente: Autoría Propia

En un **primer momento didáctico** se observaron las siguientes acciones:

Observación 1. Todos los docentes dan inicio a su clase con la indagación a los estudiantes sobre la propuesta de proyecto que tienen en grupos, los cuales han sido previamente conformados. Al enunciar, por grupos, el proyecto que pretenden realizar, se evidencia que **todos responden a una necesidad** y quieren proponer una solución. La mayoría de los grupos informan que la solución es para sus hogares.

Observación 2. Dado que el trabajo es en grupo, suele suceder que un estudiante financia el proyecto, con la expectativa de que el producto será de su propiedad. Algunos estudiantes manifiestan la intención de trabajar individualmente, debido a que ellos deben poner los recursos para la compra de materiales.

Estas dos observaciones permiten identificar que, debido a la naturaleza de las especialidades, el inicio de una **secuencia didáctica** se da en torno a la caracterización de una

necesidad o de un problema que requiere solución. Los estudiantes presentan una descripción de la necesidad, informando detalles sobre cómo se originó, quién es el responsable, qué implicaciones tiene no resolverla y otras que ayuden a caracterizarla; además, realizan una propuesta de la manera como dicha situación sería atendida. La situación financiera del colegio no permite la compra de materiales para el desarrollo de los proyectos; por tal razón, se ha institucionalizado que si se atiende a una necesidad del colegio, los materiales son financiados por el fondo de servicio educativos; si el proyecto responde a una necesidad de los hogares, la institución aporta sus recursos, representados en los talleres con sus máquinas y herramientas, los docentes y el acompañamiento, pero los materiales requeridos para su elaboración deben ser aportados por las familias.

Este momento de la clase es sumamente importante, ya que se hace evidente la aseveración *Popperiana* de que el conocimiento surge a partir de problemas. Así, esta etapa se ve permeada por principios epistemológicos, aunque no haya una intencionalidad o consciencia de que así sea. Este hecho permite proyectar la posibilidad de que exista una relación entre el ejercicio docente espontáneo, intuitivo, inconsciente, con las teorías consultadas en el estudio exploratorio.

Este momento tiene las características propicias para iniciar el proceso de modelización: el abordaje se realiza de manera holística desde diversas áreas del conocimiento, se hacen presentes los saberes previos en discusiones grupales; los estudiantes requieren simplificar el problema para una mejor comprensión del mismo y de las relaciones entre sus componentes. Esta acción se facilita mediante un análisis cualitativo de la realidad (problema), se hacen inferencias y se identifican variables del problema (tamaño, costo, tiempo de construcción, entre otras).

El docente de la especialidad de Diseño Mecánico y Arquitectónico tiene plenamente identificado este momento didáctico y la denominación dada por él es “germen”. En la clase refiere

a los estudiantes la expresión: “ustedes ya tienen el germen del proyecto...”; en el caso de electricidad, la expresión que sirve como potenciador cognitivo es el “sueño” que los estudiantes se proponen convertir en realidad. Algunos estudiantes no logran concebir el germen o el sueño y, solo en este caso, el docente les sugiere una alternativa de abordaje.

Un **segundo momento didáctico** se puede distinguir en las siguientes acciones observadas:

Observación 1. Los estudiantes presentan un proyecto que incluye un diagrama o expresión gráfica del prototipo que quieren realizar. Los niveles de elaboración van desde la mano alzada hasta el diseño realizado en el *software* especializado AutoCAD⁹. Estas expresiones gráficas son presentadas al docente, quien suele hacerle correcciones. No hay demasiada discusión y el docente se limita a señalar los errores del diagrama. Estos encuentros no se realizan frente a la totalidad de la clase, sino con cada grupo de trabajo. En este momento hay un direccionamiento para que plasmen el diagrama en AutoCAD.

Observación 2. Las correcciones del diseño son realizadas por los estudiantes, en el espacio de la clase, quienes se reúnen por grupos para tal efecto. Algunos incluso se retiran del salón a otros espacios de la institución y vuelven cuando el diagrama tiene incorporadas las correcciones del maestro.

Este **segundo momento didáctico** es muy importante y es posible que esté subvalorado. Los docentes podrían aprovechar la oportunidad de generar conflicto en la revisión del modelo; en cambio, les indican a los estudiantes cuales correcciones deben ser realizadas, a manera de instrucciones que deben ser acatadas. La generación de conflicto permitiría implementar la teoría

⁹ AutoCAD es una asignatura que se imparte en la institución en los grados 9°, 10° y 11°, con una intensidad de 2 horas.

expuesta por Ruiz Ortega (2007), entre otros autores. En las visitas a las clases se generan posibilidades de establecer relaciones entre la teoría y la práctica y brinda las posibilidades de implementar, de manera intencional, los diversos enfoques teóricos presentes en el estudio exploratorio. El componente estético está, de manera explícita, presente en este momento, al igual que la geometría y el manejo espacial. Se fomenta el trabajo autónomo y colaborativo.

Al parecer, hay una intencionalidad de pasar rápidamente por este momento para desembocar en la construcción del prototipo y se percibe un interés en que avancen rápidamente en su proceso. Las instrucciones ofrecidas o sugerencias de los docentes permiten a los estudiantes ‘avanzar’ de una manera más expedita. El aprendizaje aparentemente está centrado en el estudiante y se pregona la comprensión de los conceptos científicos y matemáticos. Se intuye que la intervención prematura del docente afecta el trabajo del estudiante, por cuanto limita la creatividad. A pesar de esto, los alumnos desarrollan habilidades para la acción de modelización, el pensamiento computacional y resolución de problemas.

Este momento es propicio para incorporar los elementos desarrollados en el enfoque STEAM tales como el pensamiento computacional y la formación de una cultura maker, aunque posiblemente el abordaje de las temáticas atendiendo a los tiempos sobre los aprendizajes podría disminuir la eficiencia del proceso.

El diseño construido se plasma en un *software* especializado (AutoCAD) y en las especialidades Electrónica y Electricidad utilizan como alternativa el *software workbench*. En este punto del proceso concretan una idea y la plasman en un papel para obtener un diseño de alta complejidad, con un diseño de alta sofisticación y ayuda de recurso informático. En este momento didáctico los problemas son abordados de manera interdisciplinar.

El **tercer momento didáctico** detectado consiste en la construcción del *tecnofacto* diseñado, en el cual se perciben las siguientes acciones:

Observación 1. En algunos casos, dependiendo de la especialidad, los estudiantes reciben orientación acerca de la mejor manera de concretar el diseño, a través de instrucciones precisas como “utilizando balsa y cartón, construyan el modelo...”. Los docentes consideran que esta es la mejor manera de hacer las cosas puesto que se nota un avance significativo en el abordaje de las temáticas previstas para el curso.

Observación 2. En especialidades como Electricidad, los estudiantes suelen recibir instrucciones adicionales, acerca del tipo de materiales y características del mismo, debido a la preocupación del maestro por garantizar la seguridad de los estudiantes.

Observación 3. Hay una constante preocupación de los estudiantes por el precio de los materiales para poder llevar a cabo la construcción de un prototipo o del *tecnofacto*.

Observación 4. En la especialidad de Electrónica, los alumnos utilizan simuladores como ejercicio previo al montaje de sus diseños. Para este efecto se utilizan aplicaciones como *livewire* y *pcbwizard*. La intención expresada por los docentes es anticiparse a un posible accidente, como un corto circuito, que pueda lastimar a los estudiantes o estropear los elementos.

Se evidencia una intención de formar a los estudiantes en el desarrollo de habilidades para la construcción de un producto tecnológico o *tecnofacto*, que en algunos casos es una maqueta, un prototipo o un procedimiento.

En este momento de la secuencia didáctica, los esfuerzos se dirigen al desarrollo del pensamiento computacional, la construcción de *tecnofactos* y la adquisición de una cultura *maker*, también llamada ‘*do it yourself*’ o ‘hágalo usted mismo’. Se identifica una relación entre las

acciones de los docentes en la clase con las teorías abordadas en el estudio exploratorio. Estas habilidades son previstas por el enfoque STEAM por autores como Tsupros, Kholer, Hallinen, Vo, Zhu y Diep.

Los estudiantes desarrollan habilidades en el manejo de software especializado dependiendo de la especialidad a la que pertenecen; esta habilidad se ha potenciado con el advenimiento de la situación de pandemia durante el año 2020, el consecuente trabajo en casa y la ausencia de prácticas en los talleres y laboratorios; el aprendizaje de los aplicativos ha sido incorporada de manera natural como parte del desarrollo de las secuencias didácticas.

Las observaciones realizadas sugieren un agrupamiento de acciones en un momento particular de la clase. Unas se presentaban al inicio de la secuencia; otras cuando los estudiantes se encontraban diseñando o construyendo el *tecnofacto*. Esto permitió categorizarlas, asignándoles una denominación, atendiendo a la intencionalidad implícita del docente. De las acciones observadas se detectaron al menos tres clases de momentos, por lo que se les asignó el nombre de **momentos didácticos**.

Los **momentos didácticos** identificados fueron: **problema o necesidad, diseño y construcción e implementación de la solución**. Estos momentos se presentan en la **secuencia didáctica**, como se muestra en la Figura 5.

Las observaciones realizadas en cada una de las secuencias didácticas, permitieron identificar un protocolo intuitivo en las clases o secuencias didácticas, sin embargo, no se percibe una intención didáctica, sino que se constituye como “la mejor manera de hacer las cosas”. Al ser contrastadas con el estudio exploratorio se encontraron elementos comunes como indicio de la generación de conocimiento por parte de los profesionales no maestros que normalmente son

asignados a las áreas técnicas. Este conocimiento no se encuentra sistematizado y es un hallazgo; este resultado coincide con un reciente estudio en el que se encontró que docentes universitarios sin formación pedagógica, construyen saber pedagógico que puede ser de tres tipos: teórico, práctico y reflexivo (Pabón, 2020). Aunque la investigación referida se realizó con docentes universitarios, coincide en el hecho de que son docentes sin formación pedagógica y comparten las características definidas en el estudio citado. En el caso que nos ocupa, el conocimiento que los docentes involucrados en la investigación han desarrollado, es un saber pedagógico de tipo práctico y reflexivo.

Un resultado (que inicialmente se presentó como algo inusual) fue evidenciar, en los **momentos didácticos**, algunas acciones relacionadas en las categorías, sin que los maestros estuvieran conscientes de este hecho. De manera intuitiva, los profesores desarrollaron las actividades que le dan identidad a las categorías. En el marco de la presente investigación, estas actividades se denominan **descriptores de la categoría**, ya que describen dichas acciones.

4.3. Praxis intuitiva, un referente para el modelo - Entrevistas Semiestructuradas

Con el ánimo de indagar acerca del devenir de las clases e identificar eventuales protocolos didácticos implícitos de los docentes, se realizó una entrevista semiestructurada, utilizando el instrumento diseñado para tal fin, que se muestra en el Anexo 2. Dicho instrumento fue diseñado para los propósitos de la presente investigación y fue sometido a validación por expertos; el anexo que se presenta, incorpora los ajustes sugeridos por dichos expertos: Estos fueron atendidos en su totalidad.

De la entrevista participaron los cinco docentes de las áreas técnicas que fueron observados en su ejercicio académico, en las clases, y el propósito era establecer una correlación entre su

actuar en las secuencias didácticas con lo manifestado en la entrevista. Los docentes participantes fueron: Yolanda Penagos, de la especialidad de Electricidad; Gustavo Vanegas, de Ebanistería; Alben Melo, de Electrónica; Julio Cesar Ortega, de Diseño Mecánico y Arquitectónico y Luis Valencia, de Electromecánica.

El análisis de las entrevistas se realizó con el soporte del *software* Atlas Ti, mediante la codificación o categorización de sus ideas e identificación de citas, siguiendo el proceso descrito a continuación: Los videos de las entrevistas individuales se asignaron como documentos primarios; luego, el investigador identificó, dentro de cada entrevista, la información relevante para el propósito de la investigación, señalando el fragmento de video que era evaluado como *de interés* asignándole un código y marcando los puntos de inicio y final de cada cita. De esta manera, fue posible generar los reportes para cada codificación, los que facilitan la búsqueda de los fragmentos en las grabaciones de las entrevistas. La construcción hermenéutica se facilita al agrupar, en un solo código, las referencias hechas por los maestros sobre algún tópico específico. En la Tabla 7 de documentos primarios (que en este caso corresponden a las entrevistas nombradas como P1, P2, ... P5) se mencionan los maestros participantes, que en total son cinco, y los siete códigos identificados con ayuda del programa, atendiendo a la frecuencia de citas para cada código. La tabla se generó desde Atlas Ti.

Tabla 7.

Frecuencia de Citas por Docente y Código

Códigos	Docentes					Totales
	P 1:	P 2:	P 3:	P 4:	P 5:	
	Alben Melo	Gustavo Vanegas	Julio Cesar Ortega	Luis Valencia	Yolanda Penagos	

Diseño y construcción de tecnofacto	2	2	3	3	2	12
Estandarización de una didáctica	2	1	0	1	2	6
Integración de áreas	2	2	5	1	5	15
La historia de la disciplina como estrategia didáctica	1	0	2	3	1	7
Pertinencia educación STEAM	2	2	1	1	0	6
Problematización	0	1	3	1	2	7
Viabilidad de una didáctica STEAM	1	2	0	1	1	5
Totales:	10	10	14	11	13	58

Fuente: Autoría propia

Los códigos con mayor número de citas fueron: ‘integración de las áreas’, con 15, y ‘diseño y construcción de *tecnofacto*’, con 12. Se puede hacer la lectura de que existe un interés de parte de los docentes por desarrollar una formación integrada de las áreas, en la cual se realicen diseños y construcciones.

Las grabaciones completas se pueden consultar en los enlaces del **Anexo 3. Enlaces para Visualizar las Entrevistas**, en tanto que, más adelante, se transcriben apartes de las mismas que fueron objeto de codificación y sobre las cuales se realizó el ejercicio de hermenéutica.

Las apreciaciones que los docentes expresaron en la entrevista, refiriéndose a diversos tópicos se agruparon, para facilitar su análisis, de la siguiente manera:

Código: diseño y construcción de *tecnofactos*. Se codificaron 12 citas bajo esta denominación. En el Reporte 1, generado por Atlas Ti, se muestra el nombre del docente, el momento de la grabación en la que se generaron las citas y el tiempo de duración de cada una; allí, los docentes se refieren a estas dos importantes acciones en el desarrollo del enfoque STEAM.

Reporte 1. Citas del código “diseño y construcción de tecnofacto”

Reporte: 12 cita(s) para 1 código

UH: Análisis de entrevistas

File: [C:\Users\ASUS LAPTOP\Documents\Scientific Software\ATLAsTi\TextBank\Análisis de entrevistas. hpr7]

Edited by: Super

Date/Time: 2020-09-09 17:46:22

Modo: referencias y nombres de la lista de citas

Cita-filtro: Todos

CODIGO: Diseño y construcción de tecnofacto

P 1: Alben Melo - 1:4 [GMT20200901-191304_Mi-reuni--...] (0:07:21.02 [0:01:22.73]).

P 1: Alben Melo - 1:5 [GMT20200901-191304_Mi-reuni--...] (0:11:05.89 [0:01:17.35]).

P 2: Gustavo Vanegas - 2:4 [GMT20200902-160421_Mi-reuni--...] (0:05:57.94 [0:01:14.40]).

P 2: Gustavo Vanegas - 2:6 [GMT20200902-160421_Mi-reuni--...] (0:09:39.98 [0:01:08.87]).

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:7 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:09:35.67 [0:01:52.72]).

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:13 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:26:44.89 [0:02:00.72]).

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:16 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:36:47.78 [0:02:26.06]).

P 4: Luis Valencia - 4:3 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:09:41.29 [0:00:42.37]).

P 4: Luis Valencia - 4:5 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:13:42.35 [0:00:37.33]).

P 4: Luis Valencia - 4:6 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:14:50.31 [0:00:46.75]).

P 5: Yolanda Penagos - 5:11 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:22:18.52 [0:00:49.93]).

P 5: Yolanda Penagos - 5:13 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:28:41.85 [0:00:57.58]).

Del análisis de las citas del Reporte 1 se puede afirmar que todos los docentes manifiestan que en sus **secuencias didácticas** se realizan diseños y construcción de *tecnofactos*. Esta acción cobra gran relevancia en la medida en que son visibles los descriptores identificados por Tsupros, Kohler y Hallinan (2009) en el enfoque STEAM: el desarrollo de habilidades para la construcción de problemas, el pensamiento computacional y la cultura maker. Adicionalmente, la construcción del tecnofacto por parte de los estudiantes, surge de un aprendizaje centrado en el estudiante y de un abordaje interdisciplinario de los problemas, que a su vez son descriptores identificados por Vo, Zhu y Diep, (2017) incorporados por el enfoque STEAM.

En las citas referidas en este código se presenta un marcado interés en la estética del tecnofacto. El docente Alben lo presenta en los siguientes términos:

¿Entonces todos hacemos el mismo circuito?, puede que sí, el circuito es el mismo, pero usted mismo va a diseñar su baquela, el tamaño, la forma, el color, la caja. “es que a mi fuente puedo ponerle display” ... “no, yo quiero ponerle análogo, de aguja, para marcar”

El profesor Julio Cesar lo expresa de la siguiente manera, refiriéndose al germen o idea que inicia el proceso:

A unos les gusta los Simpson, a otros les gusta una fruta y, a partir de ese elemento, se genera todo un contexto. Yo les ponía de ejemplo el cuadro de muchacha con el arete de

perla,¹⁰ en donde, de un solo cuadro, una persona elabora todo un mundo de cómo se hace el color, todo el manejo de luz y sombra, todo un mundo a partir de una sola imagen, entonces, aquí, por ejemplo, le decía... lo del gato, la chica escogió el gato porque le gustan los gatos y a partir de eso ya generó el manejo de la forma y después de ya tener la forma, pasamos al manejo de la función, cómo funciona eso por dentro (...) Más adelante agrega: uno está acostumbrado a que ve cualquier cosa y la dibuja, los estudiantes técnicos son muy buenos para dibujar con instrumentos pero tienen también que ser buenos para dibujar a mano alzada y algo más difícil, aprender a dibujar algo que no estamos viendo, sino que lo tenemos en la cabeza, lo que estamos diseñando.

La habilidad de plasmar una idea en un diseño formal es descrita como un proceso complejo pero necesario. Se trata de realizar una acción modelizadora por parte de los estudiantes en las clases. Hay una intencionalidad en realizar tal acción, pero al parecer no hay consciencia del proceso mental implicado.

Unido al interés artístico, se enfatiza en que el *tecnofacto* pueda ser un prototipo con poder de comercialización, hecho que rescata el objetivo fundacional de la institución que es la formación para el trabajo: todos los docentes expresan preocupación en lograr que los *tecnofactos* tengan un componente estético, artístico.

El proceso observado en los estudiantes y la permanente preocupación de los docentes por procurar un desarrollo estético en los proyectos, animó la inclusión de las artes al considerar el enfoque STEAM y no STEM como categoría de investigación; unido a esto, el estudio exploratorio muestra una tendencia en tal sentido, en particular, Greca y Meneses (2018) llaman la atención

¹⁰ Se refiere a la obra 'La joven de la perla' del pintor neerlandés Johannes Vermeer.

sobre este asunto; la intencionalidad del maestro en conseguir un diseño con un componente estético parece intuitiva y se hace necesario el proceso metacognitivo de su práctica docente en tal dirección. El hecho de asignarle gran importancia al componente estético en la elaboración del tecnofacto o prototipo construido, mejora las posibilidades de comercialización del mismo, el estudiante adquiere el hábito de hacer las cosas ‘bien hechas y bonitas’ lo cual influye de manera significativa en el resultado evaluativo y, en consecuencia, en su autoestima

Código: estandarización de una didáctica. Se codificaron 6 citas para este código, las cuales se visualizan en el Reporte 2 generado por Atlas Ti:

Reporte 2. Citas del código ‘Estandarización de una didáctica’

Reporte: 6 cita(s) para 1 código

UH: Análisis de entrevistas

File: [C:\Users\ASUS LAPTOP\Documents\Scientific Software\ATLAsTi\TextBank\Análisis de entrevistas.hpr7]

Edited by: Super

Date/Time: 2020-09-11 15:08:57

Modo: referencias y nombres de la lista de citas

Cita-filtro: Todos

Estandarización de una didáctica

P 1: Alben Melo - 1:3 [GMT20200901-191304_Mi-reuni--...] (0:03:15.69 [0:01:01.73])

P 1: Alben Melo - 1:6 [GMT20200901-191304_Mi-reuni--...] (0:12:48.43 [0:01:15.82])

P 2: Gustavo Vanegas - 2:2 [GMT20200902-160421_Mi-reuni--...] (0:04:12.61 [0:00:23.55])

P 4: Luis Valencia - 4:2 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:03:59.82 [0:01:32.20])

P 5: Yolanda Penagos - 5:8 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:15:56.15 [0:00:48.21])

P 5: Yolanda Penagos - 5:10 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:20:44.90 [0:01:30.87])

Los docentes que generaron las citas ven posible la estandarización de prácticas o didácticas; para esto se requiere fundamentar teóricamente la práctica que se desea unificar, así se generaría un mejor proceso de aprendizaje. La disposición de los maestros a seguir un estándar didáctico existe y solo se requiere tener clara la utilidad de esta práctica.

Todos los maestros entrevistados manifestaron su disposición de implementar una propuesta didáctica específica, en especial si ellos han participado en su diseño o construcción. Si la didáctica se refiere a las áreas STEAM, podría fortalecer a la institución por tener un carácter técnico.

Código: integración de áreas. Se codificaron en total 15 citas bajo esta denominación. En el Reporte 3 se muestra el momento y la duración de la cita.

Reporte 3. Citas del código ‘Integración de áreas’

Reporte: 15 cita(s) para 1 código

UH: Análisis de entrevistas

File: [C:\Users\ASUS LAPTOP\Documents\Scientific Software\ATLSti\TextBank\Análisis de entrevistas.hpr7]

Edited by: Super

Date/Time: 2020-09-11 17:32:47

Modo: referencias y nombres de la lista de citas

Cita-filtro: Todos

Integración de áreas

P 1: Alben Melo - 1:7 [GMT20200901-191304_Mi-reuni---...] (0:14:10.32 [0:02:11.66])

P 1: Alben Melo - 1:8 [GMT20200901-191304_Mi-reuni---...] (0:16:37.50 [0:00:51.71])

P 2: Gustavo Vanegas - 2:3 [GMT20200902-160421_Mi-reuni--...] (0:04:51.93 [0:00:45.33])

P 2: Gustavo Vanegas - 2:5 [GMT20200902-160421_Mi-reuni--...] (0:07:39.91 [0:00:34.38])

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:3 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:02:08.01 [0:00:50.39])

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:4 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:04:34.94 [0:00:48.04])

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:5 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:05:46.54 [0:00:46.86])

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:8 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:13:59.22 [0:00:48.74])

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:14 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:30:55.58 [0:01:14.86])

P 4: Luis Valencia - 4:7 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:16:54.23 [0:01:56.43])

P 5: Yolanda Penagos - 5:1 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:03:24.65 [0:01:08.78])

P 5: Yolanda Penagos - 5:2 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:04:53.88 [0:01:04.32])

P 5: Yolanda Penagos - 5:3 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:06:37.11 [0:00:52.45])

P 5: Yolanda Penagos - 5:4 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:08:25.90 [0:00:46.36])

P 5: Yolanda Penagos - 5:7 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:15:11.13 [0:00:38.39])

La integración de las áreas en la institución se está llevando a cabo de manera espontánea y en la medida de la necesidad de las áreas técnicas. El docente de la especialidad suele acudir a los docentes académicos para que brinden la formación previa necesaria para el desarrollo de una temática específica. El docente Alben expresa:

(...) Yo voy a dictar...solucionar sistemas 2x2, pues yo sé que eso lo vieron o lo tienen que ver en matemáticas, entonces uno siempre piensa cómo hacer para que el profe lo dicte allá en matemática y lo aplique acá solamente, o yo lo explico y el allá lo evalúa, ¿sí?, son temas o contenidos que de pronto coinciden y uno siempre piensa: bueno ¿cómo hacer para que coincidan en tiempo?, que a la vez que yo estoy dictando ese tema en electrónica, el profe de cálculo lo trabaje también al tiempo en su matemáticas o en su cálculo.

El profesor Gustavo Vanegas, docente de ebanistería, expresa la necesidad de articular las áreas para un mejor trabajo:

En este momento los muchachos están diseñando es un avión tipo mecedora para un niño entre un añito a cinco años. Lo primero que todo es el cálculo de la madera, resistencia de la madera, el dibujo técnico para desarrollar los planos, la geometría para diseñar las figuras (...) Vamos a unir la historia de la madera, entra también la parte de la biología, qué árbol se cortó, cuántos años tiene según los anillos (...)

Por esto, la integración es una acción necesaria para que los estudiantes comprendan que los problemas son entidades complejas, tienen multicausalidad y requieren abordajes holísticos en su tratamiento.

El nivel de integración de las áreas no es homogéneo en todos los docentes o en todas las especialidades. El docente Julio César ha alcanzado cierto nivel de integración y así lo expresa:

Yo siempre he tenido algo muy importante que es con la parte de geometría, porque la geometría es la base de todo lo que nosotros hacemos, por ejemplo, eso que está dibujado allá atrás en el tablero (señala un plano dibujado en el tablero). Los muchachos tienen que saber cómo se saca el perímetro, para calcular la cantidad de pasos y los ángulos y todo eso, entonces la parte de geometría es con la que estoy más ligado. Entonces, he hablado con algunos profesores de allá de la parte que dictan eso en el colegio, los de matemáticas. Cuando voy a trabajar una elipse, con Javier, con ellos les digo vamos a calcular cuántos ladrillos se van en un cilindro para hacer una escalera, todo eso es pura geometría.

El docente no concibe una manera distinta de trabajar que no sea llegando a acuerdos con el docente de matemáticas para que algunos contenidos se den en simultánea.

La profesora Yolanda Penagos también lo expresa en sus propios términos:

Nosotros necesitamos, por ejemplo, que el alumno, en español, sepa leer, sepa comprender, en matemáticas está todo, está la suma, está la resta, la multiplicación, la división, lo que se ve de regla de tres simple y en décimo ya se ve un poco más avanzado porque ya con ellos vemos cálculo, entonces necesitamos de los docentes de matemáticas, español para ese proceso y las demás áreas para la ubicación. El respeto hacia sus compañeros, el respeto hacia los elementos que trabajan, respeto hacia el docente, o sea uno involucra todas las áreas académicas en el devenir de los jóvenes.

La integración de las áreas es necesaria y, en la actualidad, los esfuerzos en esta dirección se deben al azar o a favores entre las áreas, pero no como resultado de una intencionalidad nacida de una formulación curricular. Integrar las áreas es una necesidad, que en este momento en la institución se realiza de manera incipiente, esporádica y espontánea. Los docentes entrevistados consideran que se requiere formalizar esta práctica desde el inicio del año para lo cual proponen reuniones interdisciplinarias. Algunos proponen, incluso, que las clases no se dicten de manera segregada, sino que ingresen varios docentes a la misma actividad. El profesor Julio César, al referirse a las áreas académicas como las *'de allá'*, pone de manifiesto una fractura entre dos componentes institucionales: lo técnico y lo académico. Esta fractura ha sido normalizada por años de ejercicio segregado y se acepta como un hecho que no requiere mayor atención. Este hecho se constituye en un obstáculo epistemológico que dificulta la formación holística de los estudiantes e impiden que el proceso de modelización de la realidad facilite el tránsito del modelo inicial a un modelo más elaborado, cercano al modelo científico.

Es evidente la necesidad de implementar el abordaje interdisciplinario y coordinado de los problemas con intencionalidad de facilitar los procesos de aprendizaje y no como resultado de esporádicas relaciones de cercanía entre los docentes.

Aquí se identifica la necesidad de establecer una correspondencia de las acciones ejecutadas por los maestros de manera esporádica, con los elementos teóricos que ofrece el enfoque STEAM para el trabajo holístico y que este tipo de correspondencia se incorpore en el currículo institucional.

Código: la historia de la disciplina como estrategia didáctica. De este código se generaron 7 citas de los docentes, en los tiempos y duración contenidos en el *Reporte 4*.

Reporte 4. Citas del código ‘historia de la disciplina como estrategia didáctica’

Reporte: 7 cita(s) para 1 código

UH: Análisis de entrevistas
 File: [C:\Users\ASUS LAPTOP\Documents\Scientific Software\ATLAsTi\TextBank\Análisis de entrevistas.hpr7]
 Edited by: Super
 Date/Time: 2020-09-14 13:22:26

Modo: referencias y nombres de la lista de citas

Cita-filtro: Todos

La historia de la disciplina como estrategia didáctica

P 1: Alben Melo - 1:10 [GMT20200901-191304_Mi-reuni---...] (0:20:45.46 [0:01:33.55])

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:9 [GMT20200902-191108_Mi-reuni---...] (0:16:01.53 [0:02:01.81])

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:10 [GMT20200902-191108_Mi-reuni---...] (0:18:17.84 [0:00:39.63])

P 4: Luis Valencia - 4:9 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:18:52.70 [0:03:47.39])

P 4: Luis Valencia - 4:10 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:22:49.73 [0:01:35.53])

P 4: Luis Valencia - 4:11 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:24:55.38 [0:00:53.72])

P 5: Yolanda Penagos - 5:9 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:17:05.49 [0:03:33.86])

Los cuatro docentes que generaron las citas contenidas en el Reporte 4. Citas del código ‘historia de la disciplina como estrategia didáctica’ conocen la historia de su disciplina, aunque no todos la utilizan como estrategia didáctica. En algunos casos esperan que los docentes de otras áreas lo hagan, como en física o matemáticas, según corresponda. Como alternativa, suelen presentar videos que ilustren dichos experimentos. El docente Julio César considera de vital importancia conocer y enseñar la historia de la disciplina y por eso dedica tiempo a enseñarla:

(...) En el grado 10º es la parte más bonita del diseño cuando puede hacer todos esos proyectos tan ensoñadores; cuando llegamos al grado 11º, el primer periodo lo dedico a historia de la arquitectura, una introducción a la historia de la arquitectura, entonces empezamos a investigar, reparto temas: arquitectos contemporáneos, yo les hago un repaso sobre la arquitectura, entonces se habla de los 10 libros de Vitruvio¹¹, que eran los primeros libros que se utilizaron para el diseño y que se llamaban utilitas, firmitas y venustas, en latín, utilidad, firmeza y belleza.

En el caso de este docente, no solo atiende a la historia de la disciplina como estrategia didáctica, sino que enfatiza en la formación artística de los estudiantes como parte fundamental del currículo, el conocimiento de la historia de la disciplina es visto como elemento fundamental

¹¹ Como referencia a Marco Vitruvio, arquitecto romano del siglo I a.C.

a través del cual se logra la motivación, el interés y la afinidad hacia los conocimientos que deben ser enseñados.

Código: pertinencia educación STEAM. El Reporte 5 incluye los docentes y los tiempos de las 6 citas identificadas.

Reporte 5. Citas del código ‘Pertinencia educación STEAM’

Reporte: 6 cita(s) para 1 código

UH: Análisis de entrevistas

File: [C:\Users\ASUS LAPTOP\Documents\Scientific Software\ATLAsTi\TextBank\Análisis de entrevistas.hpr7]

Edited by: Super

Date/Time: 2020-09-21 23:27:40

Modo: referencias y nombres de la lista de citas

Cita-filtro: Todos

Pertinencia educación STEAM

P 1: Alben Melo - 1:2 [GMT20200901-191304_Mi-reuni--...] (0:01:37.36 [0:00:46.76])

P 1: Alben Melo - 1:8 [GMT20200901-191304_Mi-reuni--...] (0:16:37.50 [0:00:51.71])

P 2: Gustavo Vanegas - 2:1 [GMT20200902-160421_Mi-reuni--...] (0:01:21.50 [0:02:46.11])

P 2: Gustavo Vanegas - 2:7 [GMT20200902-160421_Mi-reuni--...] (0:16:06.89 [0:00:57.40])

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:15 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:34:41.63 [0:00:32.24])

P 4: Luis Valencia - 4:1 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:01:12.11 [0:01:20.86])

Para el docente Alben, con el modelo didáctico se logra un favorecimiento en el aprendizaje de las áreas STEAM. Considera que su diseño es a la medida de las instituciones industriales y manifiesta que la apropiación por parte de los docentes de la institución debe ser una prioridad.

El docente reconoce no haber hecho un ejercicio de integración con otras áreas, aunque considera necesario hacerlo; en ese aspecto, su trabajo se reduce a retomar contenidos pertenecientes a otras áreas en la medida de sus necesidades. En las clases se refiere a los conocimientos de otras áreas a manera de repaso.

Con respecto a la viabilidad del enfoque STEAM, manifiesta estar de acuerdo, en especial, por tratarse de una institución técnica, ya que considera que este tipo de propuestas parecieran pensadas para este tipo de instituciones; cuando el docente se apropia del enfoque STEAM, inicialmente se muestra sorprendido por el desconocimiento que tenía de él, sin embargo, pronto pasa verlo como elemento fundamental del currículo que llena de sentido el ejercicio de la enseñanza de su área.

El profesor Vanegas considera que el trabajo a partir del contexto facilita el aprendizaje de las áreas STEAM, por ello, siempre inicia con una necesidad o un problema. Si bien él no conocía el enfoque, ahora, al contrastarlo con su trabajo, descubre que la institución viene trabajando de esta manera, aunque no de manera consciente; también plantea la necesidad de incorporar el inglés técnico.

El profesor percibe que este enfoque llega en el momento oportuno para fortalecer la educación técnica.

Código: Problematización

Los docentes entrevistados enfatizan en el inicio de las clases o secuencias, mencionando el proceso de problematización, tal como se percibe en el Reporte 6. Las secuencias didácticas desarrolladas por los docentes participantes del estudio inician con actividades que se corresponden con una necesidad o la solución de un problema, el profesor Vanegas los expresa

como: “el estudiante debe diseñar un proyecto al servicio de ellos, o sea, algo necesario, no es un proyecto que está fuera del contexto, realizamos una obra necesaria para el uso de ellos”. Es común que el trabajo se concentre en solucionar una situación que se presenta en el hogar:

Cuando la casa donde habitan es propia y tienen el propósito de mejora, los proyectos se centran en el diseño y construcción de puertas, armarios, ventanales y cosas necesarias. Si las casas son alquiladas, se invita a que hablen con los propietarios para descontar del canon de arrendamiento el valor de la mejora. La idea es que los proyectos sean productivos y útiles.

Por su parte, el profesor Ortega también hace énfasis en este momento inicial de la clase e incluso le tiene la denominación de “germen”; al respecto, refiere: “Cuando ellos tienen que generar, yo no les doy porque lo que hago es matarles la creatividad. Primero tienen que escoger, eso se les llama el germen del diseño, es la idea que va a germinar el proceso”. Al ser indagado sobre el origen del germen, con el fin de detectar si es una idea sugerida o una tarea impuesta por el docente, refiere:

De lo que a ellos les gusta. Por ejemplo, hay un muchacho que le gusta Mike Wasawsky¹² y, a partir de la figura de él, diseñó todo un proyecto, entonces hizo la forma redonda de la casa, con las ventanas curvas y era como media esfera y las ventanas era como el ojo de Mike Wasawsky, a partir de algo que a ellos les guste, porque hay que enamorarlos de lo que están haciendo, que sienta una pasión por lo que está haciendo.

El docente también rescata la importancia de que los estudiantes busquen solucionar problemas prácticos que le afectan directamente:

¹² Personaje de ficción que aparece en las películas *Monsters Inc.* y *Monsters University*, de la productora Disney.

Vamos a solucionar mis necesidades. Primero tengo que tener dónde dormir, entonces vaya y mida su cama, pero no todas las camas son como las que están ahí porque yo me puedo inventar mi cama, me puedo inventar todas las cosas que quiera. Necesito un baño para mis necesidades, el baño normal, hay unos rectangulares y otros cuadrados, pero eso son los normales, pero vamos a inventarnos otros que vamos a proponer, no necesariamente son esas formas, y de ahí hasta que armamos el proyecto. Armamos el anteproyecto que no necesariamente está a escala y todo eso, después se hace modelos a escala; primero hacemos un modelo pequeño y después, en la vida real, se supone que se hace más grande.

El profesor Valencia también refiere este inicio, haciendo referencia a la construcción de un tablero electrónico para instalación en el polideportivo del colegio, realizado por un grupo de estudiantes:

Ese proyecto sale de la necesidad, de ver qué falencias, qué podíamos aportar al colegio, haciéndoles énfasis en que lo que ellos hicieran, más adelante lo pudieran comercializar, que tuvieran la oportunidad, una vez se graduaran, de crear, la oportunidad de crear una empresa.

Para la profesora Penagos también se hace natural la manera de iniciar las clases a través del abordaje de un problema o de una necesidad; la denominación que se tiene en su clase es el sueño:

Ellos llegan con un sueño. Dicen: profesora, yo quisiera hacer mover, por decir algo, una puerta. Que yo esté sentado en tal sitio y yo, desde ese sitio, pueda mover la puerta, abrirla o cerrarla. Entonces, ¡ah, listo!, para eso necesitamos unos fundamentos especiales.

Ese sueño traído por los estudiantes es identificado por la docente como la solución a la necesidad:

¿De dónde trae el sueño? Puede ser por una necesidad, puede ser porque en su casa él necesita una seguridad en la puerta o de lo que sea. Puede ser porque en la casa necesita hacer una instalación eléctrica y se da cuenta que contratar a un electricista les va a salir más costoso a los papás, entonces dice: -profesora, yo quiero aprender a hacer instalaciones eléctricas, quiero aprender a hacer el cálculo de una instalación eléctrica, yo quiero aprender a mover esta máquina... lo hace por una necesidad, lo hace porque le gusta y lo hace porque dice, en un futuro, yo quiero ser esto, quiero ser un ingeniero eléctrico, quiero ser un ingeniero electromecánico.

Sin embargo, en algunas oportunidades, los problemas pueden ser sugeridos por el docente, tal como lo relata la educadora:

Yo les digo: bueno, yo necesito que funcione este motor monofásico con corriente alterna, por decir algo. Yo no le puedo meter a este motor corriente de 220 voltios porque trabaja con 120 voltios, ¿qué debo hacer si ya tengo mi circuito de potencia? Uno empieza a ver que los alumnos están reaccionando ante los problemas. Ese es un problema, que yo le diga: joven, necesito que estos contactores que están a 220 voltios me trabajen con un motor de 120 voltios. Entonces ellos empiezan e imaginan qué deben hacer. Es una necesidad, es un problema que hay en ese momento porque no tengo los motores trifásicos para ese evento, entonces me tengo que valer de motores monofásicos, pero todo el sistema es trifásico, entonces ¿qué debo hacer? Ahí viene el problema y el muchacho dice: ¡ah listo profe! un circuito serie que me divide el voltaje y si yo los coloco en paralelo, se explota. Todo es planteado con problemas, ¿después de que el muchacho ha clarificado el problema

qué hacen? Ah, pues lo diseñan, me muestran el circuito. Diseñan el plano del circuito que ellos van a hacer y luego montémoslo y ya, verifiquémoslo.

Los docentes comprenden la importancia de iniciar las secuencias didácticas con una situación que represente un problema o la descripción de una necesidad, nacida del contexto. De este momento cada uno tiene su propia denominación que puede ser el germen, el sueño o cualquier otra, sin embargo, este momento es el activador del proceso de aprendizaje y por ello su importancia. De manera intuitiva, los docentes reconocen la relevancia del momento y por ello tienen claras las acciones que se realizan allí.

Reporte 6. Citas del código ‘Problematización’

Reporte: 7 cita(s) para 1 código

UH: Análisis de entrevistas

File: [C:\Users\ASUS LAPTOP\Documents\Scientific Software\ATLAsTi\TextBank\Análisis de entrevistas.hpr7]

Edited by: Super

Date/Time: 2020-09-21 23:19:20

Modo: referencias y nombres de la lista de citas

Cita-filtro: Todos

Problematización

P 2: Gustavo Vanegas - 2:4 [GMT20200902-160421_Mi-reuni--...] (0:05:57.94 [0:01:14.40]

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:7 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:09:35.67 [0:01:52.72])

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:11 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:22:30.79 [0:00:38.72])

P 3: Julio Cesar Ortega - 3:12 [GMT20200902-191108_Mi-reuni--...] (0:24:54.73 [0:00:43.92])

P 4: Luis Valencia - 4:4 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:13:14.06 [0:00:39.59])

P 5: Yolanda Penagos - 5:6 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:12:08.22 [0:02:04.81])

P 5: Yolanda Penagos - 5:12 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:25:46.75 [0:02:55.09])

Los maestros han desarrollado distintas maneras de iniciar la secuencia didáctica; su principal herramienta es la imaginación, en tanto se refieren al germen o al sueño, también surge por necesidad o sugerido por el maestro, pero todos con el mismo propósito, solucionar una situación problémica o mejorar un proceso, de su casa o de la institución.

Este momento didáctico culmina con la formulación del proyecto y es propicio para ejercitar la acción modelizadora. El trabajo se realiza sobre la base de problemas reales, siendo simplificados para una mejor apropiación y comprensión, de esta manera, se favorece la identificación de las relaciones entre las variables; los elementos provistos por el estudio exploratorio que aparecen en este momento didáctico se constituyen en los descriptores. Los maestros aceptan su presencia en la secuencia, aunque se evidencia la no intencionalidad de su uso y el desconocimiento de los referentes que los producen; cuando se reconocen en los productos académicos de teóricos de renombre, reflejan, después de la sorpresa inicial, un bienestar al descubrir que su cotidianidad ha sido alimentada, fundamentada teóricamente, es evidente el fortalecimiento de su autoestima.

Código: Viabilidad de una didáctica STEAM

El reporte 7 muestra las citas identificadas con el Atlas Ti, en las cuales se trata el tema de la viabilidad de una didáctica STEAM.

Se identifica un interés de los maestros en implementar de manera intencional una didáctica que incorpore los elementos STEAM; existe la consideración de que la educación media técnica se vería fortalecida con tal acción.

La mayoría de los docentes que atienden las áreas técnicas resultan no ser maestros de formación sino pertenecientes a otras profesiones como la arquitectura o la ingeniería, por tal razón, el ejercicio docente lo realizan de manera intuitiva y sus estrategias didácticas se fundamentan en la experiencia y la sistematización de acciones que en el pasado les han resultado exitosas. Esta circunstancia genera una situación en la que los docentes poseen los conocimientos que desean transferir a los estudiantes, pero la transferencia se realiza de manera espontánea, no planeada y poco eficiente.

La situación descrita favorece la apropiación, por parte de los docentes, de un modelo didáctico que tenga en cuenta los saberes de sus áreas de formación y mejore la eficiencia de su enseñanza; la existencia del modelo sustituye el ejercicio instintivo de la docencia, característica que comparten la mayoría de los colegios industriales del país, en el área técnica, esto claramente mejora la seguridad y autoestima de los docentes.

Reporte 7. Citas del código ‘Viabilidad de una didáctica STEAM’

Reporte: 5 cita(s) para 1 código

UH: Análisis de entrevistas

File: [C:\Users\ASUS LAPTOP\Documents\Scientific Software\ATLASti\TextBank\Análisis de entrevistas.hpr7]

Edited by: Super

Date/Time: 2020-09-21 23:21:38

Modo: referencias y nombres de la lista de citas

Cita-filtro: Todos

Viabilidad de una didáctica STEAM

P 1: Alben Melo - 1:9 [GMT20200901-191304_Mi-reuni--...] (0:18:28.67 [0:00:36.12])

P 2: Gustavo Vanegas - 2:1 [GMT20200902-160421_Mi-reuni--...] (0:01:21.50 [0:02:46.11])

P 2: Gustavo Vanegas - 2:8 [GMT20200902-160421_Mi-reuni--...] (0:17:56.45 [0:00:38.05])

P 4: Luis Valencia - 4:2 [GMT20200902-163227_Mi-reuni--...] (0:03:59.82 [0:01:32.20])

P 5: Yolanda Penagos - 5:5 [GMT20200901-203025_-con-la-pr...] (0:09:33.88 [0:01:00.88])

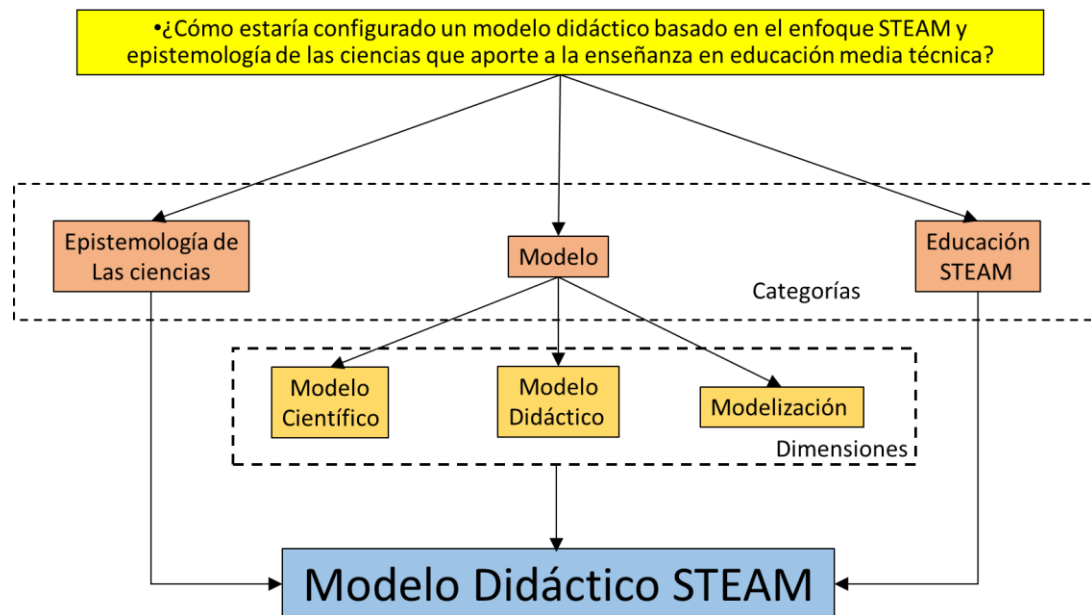
Los maestros, en la entrevista, muestran sorpresa al identificar, en sus secuencias didácticas, elementos extraídos del estudio exploratorio. Esto permite respaldar teóricamente su ejercicio docente y facilita el proceso de modelamiento de su praxis. De esta manera, la construcción del modelo didáctico surge en un ejercicio de triangulación de los elementos, observación de campo, el estudio exploratorio y la entrevista grupal semiestructurada. Los docentes son partícipes del ejercicio de modelización del modelo didáctico y son conscientes del fortalecimiento de su praxis a través de la fundamentación teórica de sus acciones y consideran que el germen del modelo se encuentra en sus secuencias didácticas y no al contrario, como tradicionalmente suelen darse las circunstancias en las instituciones educativas.

4.4. Modelando el Modelo

En el numeral 4.1 se describe la manera como se detectaron las categorías y las subcategorías o dimensiones en el caso del ‘modelo’. Las categorías “epistemología de las ciencias y modelo” surgen como recurrencias identificadas en el estudio exploratorio y la categoría “enfoque STEAM” se identifica a manera de emergencia. La Figura 6 muestra el devenir en la conceptualización del modelo didáctico, partiendo de la pregunta orientadora y la identificación de las categorías y las dimensiones o subcategorías, derivando en el modelo didáctico STEAM. Producto de revisiones realizadas con el Dr. Agustín Adúriz-Bravo, se identifican tres dimensiones que constituyen subcategorías de la categoría “modelo”: **modelo científico, modelo didáctico y modelización**.

Figura 6.

Proceso de Desarrollo del Modelo



Fuente: Autoría propia

Desde las teorías que se encuentran presentes en cada una de las categorías, se identificaron ciertos elementos que aparecían en las **secuencias didácticas** observadas en el trabajo de campo, las cuales describían acciones realizadas por los estudiantes y los docentes, caracterizando los **momentos didácticos focalizados** (problema o necesidad, diseño y construcción, implementación de la solución). Tales elementos se denominaron **descriptores**.

4.4.1. Categorías, dimensiones y descriptores

Se identifica, para cada categoría, las dimensiones (si las tuviere), los descriptores y los referentes. Una dimensión tiene el rango de subcategoría y por descriptor se refiere un enunciado que se origina en el estudio exploratorio y se encuentra relacionado teóricamente con una categoría determinada; puede surgir de una escuela específica, como el *Semanticismo*, de una teoría o de un concepto, como *modelización*. En una secuencia didáctica, un descriptor ‘describe’ un hecho, una acción, una intencionalidad y puede ser, o no, previsto por el docente. Al relacionar el componente teórico con las acciones identificadas en los momentos didácticos, puede establecerse una correspondencia: lo descrito por la teoría se hace presente en la secuencia didáctica y las actividades desarrolladas en clase encuentran una fundamentación teórica.

A continuación, se muestran los descriptores identificados al interior de cada categoría y dimensión. Se realiza el estudio exploratorio, utilizando el proceso de codificación y de referencia de citas, apoyado en el software Atlas Ti. Estos elementos, que se mencionan a continuación, se encuentran ampliamente desarrollados en el marco teórico y el estado del arte.

Epistemología. Las escuelas que brindan elementos para que, desde la epistemología, alimenten la construcción del modelo son: el racionalismo crítico, la nueva filosofía de la ciencia

y el Semanticismo. Los descriptores identificados que se hicieron presentes en los momentos didácticos son:

- **El conocimiento surge a partir de problemas.** Descriptor nacido de las aportaciones de Karl Popper.
- **El conocimiento surge a partir del desquiciamiento de paradigmas.** Aporte de la nueva filosofía de la ciencia de Thomas Kuhn, Imre Lakatos y Stephen Toulmin.
- **La relación entre la realidad y las teorías está mediada por modelos.** Como el aporte del Semanticismo a la construcción del modelo, se toman como referentes a Fred Suppe, Bas Van Fraassen y Ronald Giere.

Enfoque STEAM. Esta categoría requiere y propicia el desarrollo de habilidades para la construcción de didácticas integradoras de las áreas que la componen. Los referentes que aportan al modelo didáctico son Nancy Tsupros, Randy Kohler, Phelan Hallinan, Minh Hien Vo, Chang Zhu, Anh Nguyet Diep. Las estrategias y elementos tomados en cuenta en el presente trabajo son:

- Habilidades para la resolución de problemas
- Comprensión de los conceptos científicos y matemáticos
- Construcción de *tecnofactos* y desarrollo del pensamiento computacional
- Cultura *maker*
- Aprendizaje centrado en el estudiante
- Problemas abordados interdisciplinariamente

Modelo. Como se definió antes, la categoría “modelo” se compone de tres dimensiones a saber: **modelo científico, modelo didáctico y modelización.**

Modelo científico. Los referentes para esta dimensión son Agustín Adúriz-Bravo, Mercè Izquierdo-Aymerich, Lidia Galagowsky, José Joaquín García, Edilma Rentería, Christina Schwarz, Julia Hinojosa y Neus Sanmartí. Los descriptores identificados son:

- La tarea de la ciencia es la construcción de modelos.
- Un modelo es una simplificación de la realidad que hace visibles sus rasgos clave y puede usarse para explicar y predecir fenómenos científicos.
- El modelo permite imaginar un estado futuro de la realidad.
- La construcción de modelos sirve para explicar la realidad que nos rodea.

Modelo didáctico. Para esta dimensión se identificaron como referentes a: Francisco Javier Ruiz Ortega, Julia Hinojosa, Neus Sanmartí, Marco Antonio Moreira, Ileana María Greca, María Luz Rodríguez, Burgos y Nuño, José Joaquín García y Edilma Rentería. Los descriptores aportados al modelo desde esta dimensión son:

- Para alcanzar el cambio conceptual, se parte de concepciones alternativas, siendo puestas en crisis, al ser confrontadas con situaciones conflictivas.
- El sujeto aprende a través de la creación y modificación de modelos y no con la adquisición de modelos previamente construidos.
- Aprender ciencias significativamente implica recrear y apropiarse de un sistema de representaciones.
- Si un estudiante ejercita su capacidad modelizadora, está en capacidad de realizar el proceso de transferencia (Sanmartí, Burgoa, y Nuño , 2011).

- Privilegiar los problemas cualitativos en clase sobre problemas de carácter cuantitativo permite desarrollar las capacidades de modelización y de resolución de problemas.

Modelización. Los referentes de la dimensión “modelización” son: Agustín Adúriz-Bravo, Mercè Izquierdo-Aymerich, Julia Hinojosa, Neus Sanmartí y Thomas Kuhn. Surgen los siguientes descriptores:

- La construcción de un modelo inicia con la simplificación de una situación problemática real.
- La acción de modelizar permite apropiarse del problema, comprenderlo, identificar sus relaciones, sus variables y permite describir sus propiedades con enunciados breves y claros.
- Se busca el cambio de modelos mediante la provocación de conflictos de carácter cognitivo, como hechos reales que contradicen el modelo.
- Se requiere plantear problemas reales, hacer inferencias, sugerir predicciones, formular hipótesis, construir leyes y teorías y tener consciencia de que la representación no es igual a lo representado.

Los descriptores fueron clasificados de acuerdo con su presencia en los **momentos didácticos**, de tal manera que se convierten en características que los definen. Inicialmente, se identificaron tres momentos didácticos explicitados antes; sin embargo, después de un ejercicio de triangulación, entre los elementos teóricos provistos por el estudio exploratorio, la observación registrada en los diarios de campo y el registro de la entrevista realizada a los docentes participantes, se determinó que había razones que permitían distinguir, no tres, sino cinco

momentos didácticos que, normalmente están implícitos, de manera inconsciente, sin la tenencia de un propósito para que así sea, en la secuencia. Los maestros aceptan su presencia en la secuencia didáctica, pero no es evidente una intencionalidad para su uso y expresan el desconocimiento de los referentes que los producen.

Lo anterior se constituyó en un ejercicio donde los docentes modelizan su práctica pedagógica por cuanto inician con la simplificación de una realidad (sus clases) idealizándola y formalizándola. De esta manera realizan metacognición de su praxis, comprenden su quehacer, identifican las relaciones y variables intervinientes en las clases lo que les permitió describirla en enunciados breves, pero con mucha claridad.

Después de discutir acerca de las características de cada uno de esos momentos, se les asignó un orden en la **secuencia didáctica** que se correlaciona con la experiencia docente. Dichos **momentos didácticos** fueron redefinidos de la siguiente manera: **problematización, imaginación, creación, implementación y reflexión.**

4.4.2. Descriptores en los momentos didácticos (conceptualización del modelo)

Al observar a los docentes en el trabajo con los estudiantes, desarrollando las actividades que componen la secuencia didáctica, se identificaron algunos descriptores que se hacían presentes de manera espontánea, no planeada. Intuitivamente, los maestros implementan estas acciones, en la mayoría de los casos, desconociendo la teoría que subyace detrás de ellas. A partir de la Figura 7 y hasta la Figura 11, se visualizan las relaciones identificadas entre los descriptores de las categorías y dimensiones con los momentos didácticos; las flechas que emergen de cada uno de los descriptores, ilustran la manera como estos nutren cada uno de los momentos didácticos.

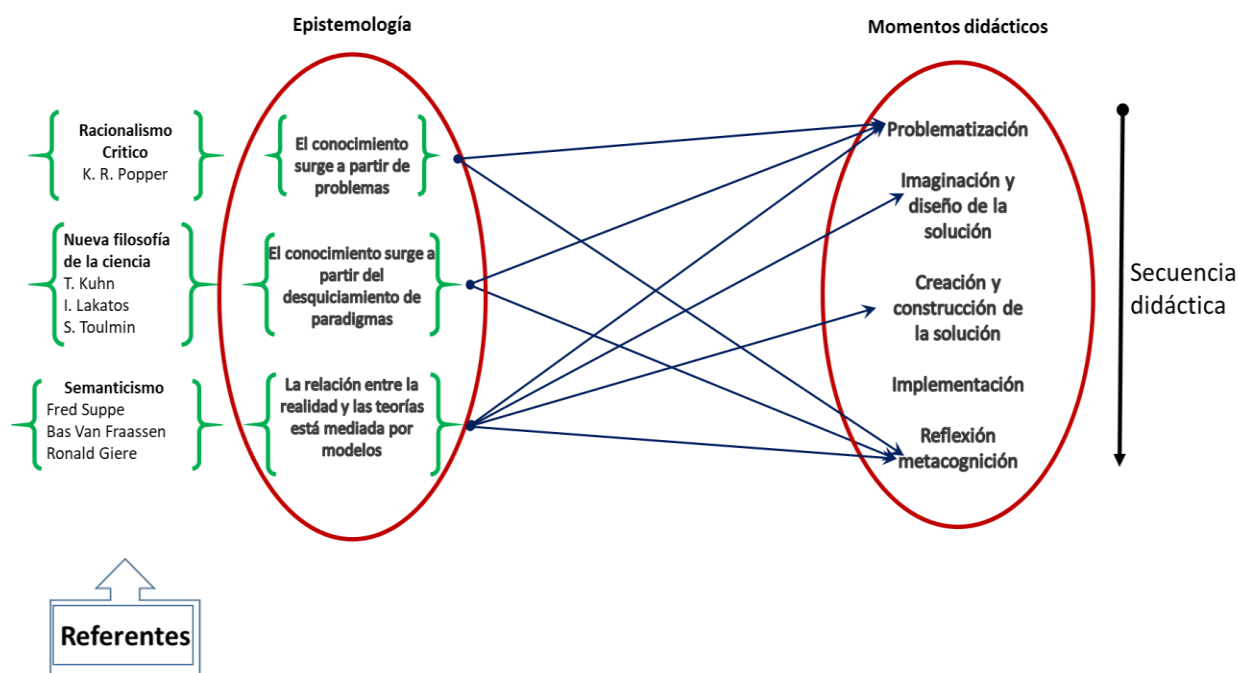
La identificación de la presencia de los descriptores de cada categoría en los momentos de la **secuencia didáctica** se realizó de la siguiente manera:

Descriptores de la categoría “modelización” en la secuencia didáctica

La Figura 7 ilustra la manera en que los descriptores de la categoría **epistemología** aportan a cada una de los momentos de la **secuencia didáctica**, allí también se muestran los referentes de la categoría.

Figura 7.

Categoría Epistemología y su Aporte a la Secuencia Didáctica



Fuente: Autoría Propia

Para aportar claridad a los diagramas que se presentan adelante, se interpretan las relaciones contenidas en cada figura. En la Figura 7. se observa que el primer descriptor ‘El conocimiento surge a partir de problemas’ es un aporte del racionalismo crítico a la categoría epistemología. Este descriptor se presenta o se detecta en dos momentos de la secuencia didáctica:

problematización y reflexión o metacognición. Empezar el trabajo de una secuencia didáctica partiendo de una situación problema, según el racionalismo crítico, es el camino para la construcción del conocimiento. Las demás relaciones siguen la misma lógica interpretativa.

El segundo descriptor establece que ‘el conocimiento surge a partir del desquiciamiento de paradigmas’ y proviene de la teoría planteada por epistemólogos como Thomas Kuhn, Imre Lakatos y Stephen Toulmin (referentes). Este descriptor alimenta los momentos: problematización y reflexión.

El tercer y último descriptor afirma que la relación entre la realidad y las teorías está mediada por modelos y es un aporte del Semanticismo a los momentos: problematización, imaginación, creación y construcción de la solución y reflexión; de esta manera se detecta la relevancia que tiene para la investigación la conceptualización de los conceptos modelo, modelización y modelos didácticos.

La presencia y desarrollo de los descriptores mencionados permite que la secuencia didáctica esté permeada por la epistemología. Este hecho se reviste de gran importancia porque rescata el ejercicio de la reflexión epistemológica desde la praxis docente; a su vez, el maestro siente que la epistemología le aporta elementos para mejorar su práctica docente, nutriendo su ejercicio profesional.

La manera como el modelo didáctico se alimenta de la epistemología es a través del racionalismo crítico, la nueva filosofía de la ciencia y el Semanticismo; no por capricho del investigador sino porque se detectó en el trabajo de campo algunas acciones de los maestros que forman parte de estas corrientes filosóficas, es así que se presenta el hallazgo que los profesores, sin formación académica docente, sin conocimiento teórico previo de didáctica, filosofía o

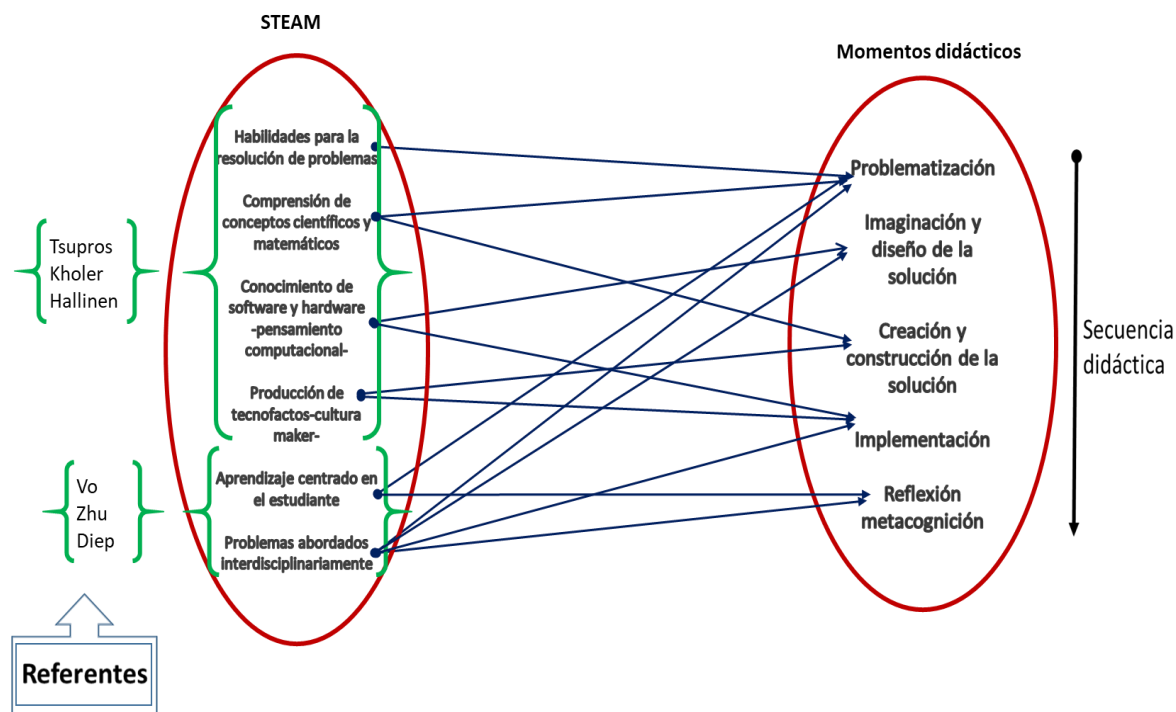
pedagogía, de manera intuitiva, han incorporado en sus secuencias didácticas algunos resultados de estudios previos de filósofos, pedagogos, epistemólogos, entre otros, quienes a su vez, adquieren la calidad de referentes del modelo didáctico.

Descriptores de la categoría “enfoque STEAM” en la secuencia didáctica

La Figura 8 muestra las aportaciones de los descriptores de la categoría **enfoque STEAM** a los momentos de la **secuencia didáctica**. También se identifican los referentes de la categoría a la izquierda del diagrama.

Figura 8.

Categoría Enfoque STEAM y su Aporte a los Momentos de la Secuencia Didáctica



Fuente: Autoría propia

Los descriptores identificados en esta categoría son relevantes en la fundamentación teórica del modelo didáctico; cada uno de ellos es trabajado, desarrollado o estimulado con la certeza de

que aportan a la formación técnica de los estudiantes; no obstante, los maestros participantes desconocen que trabajar con ellos sea un propósito del enfoque STEAM e ignoran que teóricos plantean la necesidad del desarrollo de ellos en el aula.

Se muestra como Tsupros, Kohler y Hallinen han identificado que el enfoque STEAM desarrolla habilidades para la resolución de problemas, la comprensión de conceptos científicos, el pensamiento computacional y la formación de una cultura *maker*. Estos elementos también han sido identificados en el desarrollo de las secuencias didácticas o bien, podrían potenciar las actividades realizadas por los docentes en los momentos didácticos, en particular, en los cuatro primeros: problematización, imaginación, creación e implementación. Estos elementos los identificamos como descriptores de la Categoría Enfoque STEAM .

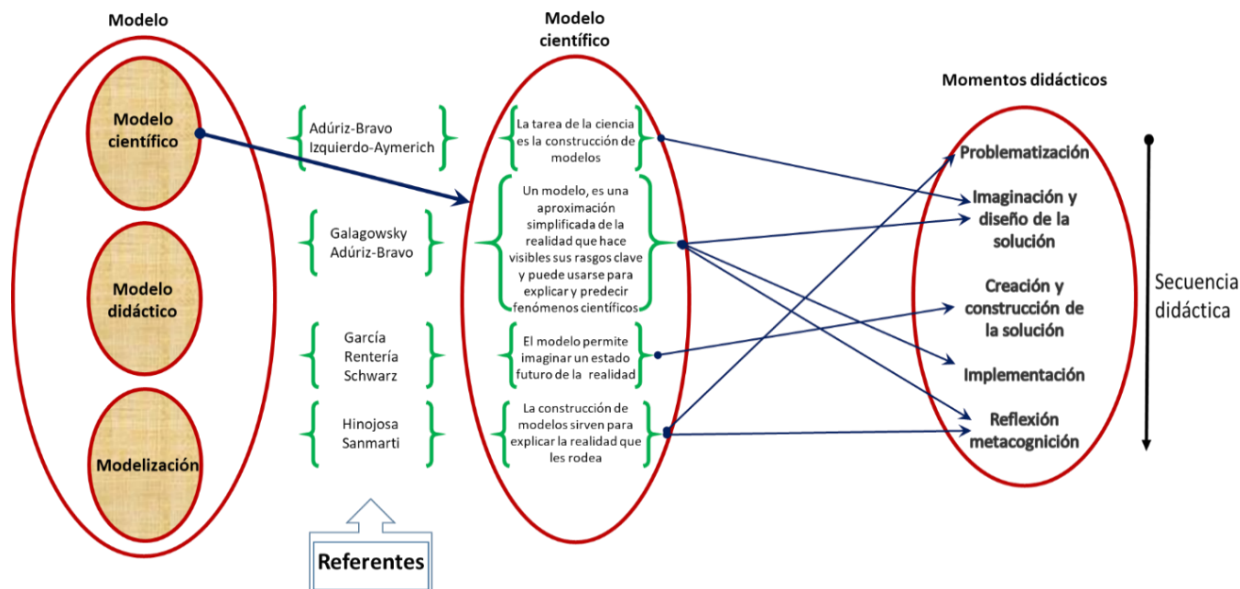
A su vez, Vo, Zhu y Diep (2017) plantean que el enfoque STEAM requiere que los problemas sean abordados interdisciplinariamente (sexto descriptor). En el trabajo de campo se identifican cuatro momentos didácticos en los que se evidencia la labor docente con este propósito: en el abordaje de la problematización, al imaginar y diseñar la solución, al implementarla y en el momento de la reflexión; los rehiltes muestran estas relaciones.

Descriptores de la categoría “modelo” en la secuencia didáctica

Como se ha indicado, la categoría **modelo** contiene tres subcategorías o dimensiones: modelo científico, modelo didáctico y modelización. La Figura 9 muestra la dimensión **modelo científico**, mostrada en su relación con los momentos de la **secuencia didáctica**.

Figura 9.

Dimensión Modelo Científico de la Categoría Modelo y su Aporte a los Momentos de la Secuencia Didáctica



Fuente: Autoría Propia

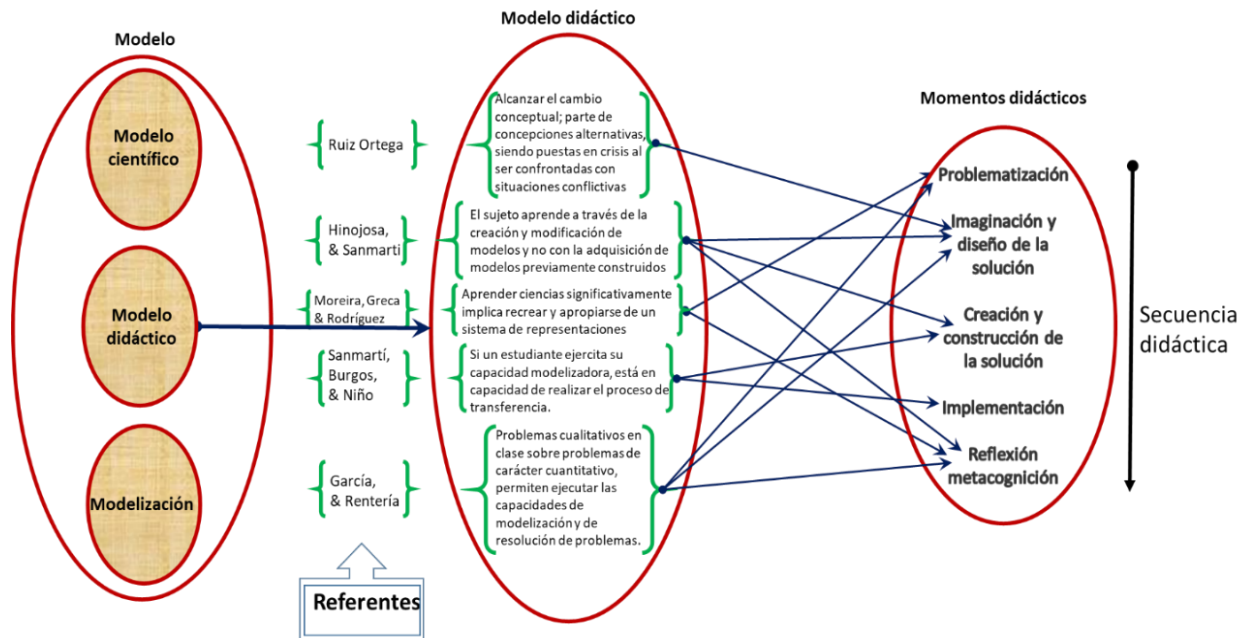
En la Figura 9, se aprecia que Adúriz-Bravo e Izquierdo sostienen que la tarea de la ciencia es la construcción de modelos, lo que lo convierte en descriptor de la dimensión ‘modelo científico’ de la categoría ‘modelo’ que se está ilustrando. Esto describe la acción que los estudiantes realizan en el momento de la imaginación, cuando diseñan la solución. Los rehiltes muestran de qué manera la secuencia didáctica se alimenta de los descriptores de la categoría modelo.

La afirmación de que el modelo es una aproximación simplificada de la realidad, que sirve para explicar y predecir fenómenos científicos, es una formulación de Galagowsky y Adúriz-Bravo (referentes) y fue obtenida del estudio exploratorio. Este enunciado se identifica como descriptor presente en tres momentos didácticos: imaginación, implementación y reflexión. En la Figura 9 se visualizan estas relaciones con los respectivos rehiltes.

La dimensión **modelo didáctico**, en la **Figura 10**, muestra los descriptores alimentando los momentos de la **secuencia didáctica**.

Figura 10

Dimensión Modelo Didáctico de la Categoría Modelo y su Aporte a los Momentos de la Secuencia Didáctica



Fuente: Autoría Propia

Con fines interpretativos, se observa en la **Figura 10** que Ruiz Ortega (2007) asevera que, para alcanzar el cambio conceptual, se debe partir de las concepciones alternativas del estudiante, poniéndolas en crisis, al confrontarlas con situaciones conflictivas. Este descriptor proviene de la dimensión ‘modelo didáctico’ y se proyecta sobre el momento didáctico en el cual se diseña la solución, en medio de un ejercicio de imaginación de los estudiantes.

Algunos descriptores recabados del estudio exploratorio se proyectan en varios momentos didácticos; Hinojosa y Sanmartí (2015) plantean que el sujeto que aprende, lo hace a través de la creación y modificación de modelos y no meramente con la adquisición de modelos establecidos con anterioridad; este hecho también es identificado por Oliva (2001) quien establece que el aprendizaje no solo se trataría de aprender los modelos de la ciencia escolar, sino también trabajar

con ellos, elaborarlos y revisarlos, así como hablar y opinar acerca de estos, entendiendo su valor, su utilidad, su carácter aproximativo y cambiante y, también, sus limitaciones. La observación de campo y la posterior entrevista con los docentes, permitió establecer la presencia de este descriptor a lo largo de la secuencia didáctica; en la Figura 10 se ilustra la manera como fue identificado en al menos 3 momentos: cuando el estudiante imagina y diseña, al momento de la creación del prototipo o tecnofacto y a la hora de la reflexión o metacognición. Podría afirmarse que el aprender significa transformar un modelo escolar y acercarlo cada vez más a su correspondiente modelo científico, proceso que requiere la mediación del maestro quien a su vez aporta el modelo de ciencia escolar; el modelo didáctico propuesto debe garantizar que esta transformación de modelos, se haga presente de manera intencionada, pensada, programada.

Por su parte, Moreira, Greca y Rodríguez (2002) aportan a los momentos de la problematización y la metacognición, la afirmación de que el aprendizaje significativo en ciencias, implica recrear y que el estudiante realice la apropiación de un sistema de representaciones. Esto, sumado con el hecho de que si ejercita su capacidad de modelizar puede realizar hábilmente el proceso de transferencia se constituye en garantía de equipamiento cognitivo para la resolución de problemas futuros.

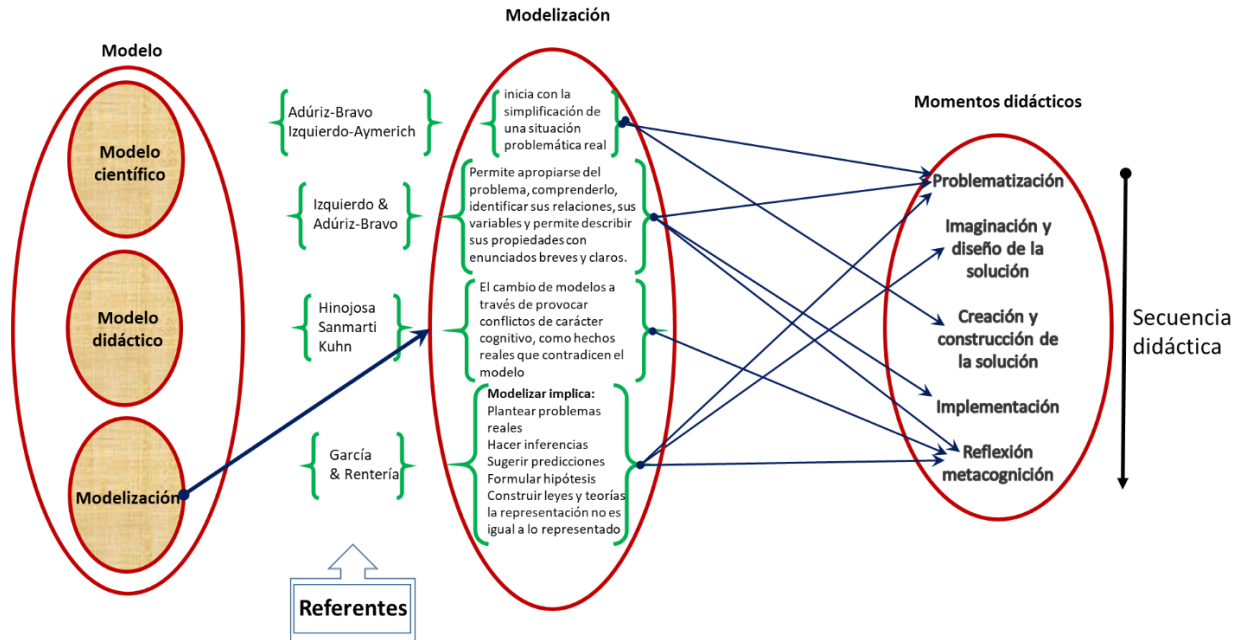
García y Rentería (2013), establecen que los problemas de tipo cualitativo favorecen el ejercicio de las capacidades de modelización y de resolución de problemas; la observación de campo permitió identificar que este hecho potencia los momentos didácticos denominados Problematización, Imaginación y la Reflexión. Los estudiantes prefieren no acudir en primera instancia a la modelización matemática para acercarse a la situación problema; las discusiones cualitativas en torno al problema favorecen la participación y discusión en los grupos, generándose gran cantidad de alternativas de abordaje. Iniciar el tratamiento de un problema con un ejercicio

de ‘matematización’ inhibe la participación de algunos estudiantes, más cuando este tipo de situaciones no forma parte de su cotidianidad; si en el inicio del proceso se procede con el abordaje de enunciados típicos que requieren un protocolo de solución algorítmica con el uso de fórmulas o ecuaciones, excluye del proceso a aquellos estudiantes que no tienen seguridad en el dominio de las matemáticas.

La dimensión **modelización**, que se relaciona con los momentos de la **secuencia didáctica** en la Figura 11, también muestran los referentes principales identificados. Allí se aprecia la manera como cada descriptor nutre cada momento de la secuencia; así, la secuencia gana en fundamentación teórica. El ejercicio de modelización es identificado como relevante en la formación técnica industrial de los estudiantes ya que una acción cotidiana en la institución es el diseño y realización de modelos y prototipos que, si bien no es la única connotación del concepto, si hace parte de él.

Figura 11.

Categoría Modelo, Dimensión Modelización y su Aporte a los Momentos de la Secuencia Didáctica



Fuente: Autoría Propia

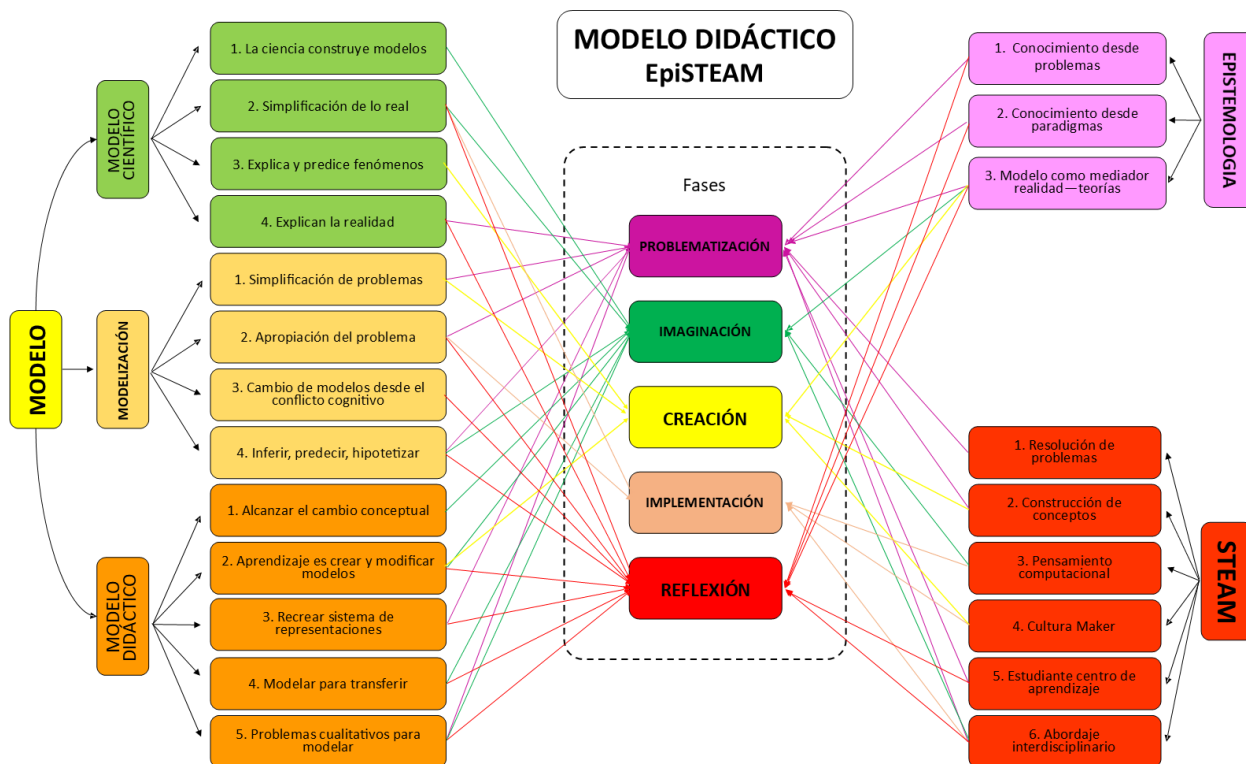
4.4.3. Articulando el Modelo Didáctico EpiSTEAM

Cuando se integran todas las categorías para alimentar la **secuencia didáctica**, se genera el modelo didáctico con enfoque STEAM, en adelante, *modelo didáctico EpiSTEAM*. La Figura 12 permite apreciar la manera como se configura dicho modelo. Allí, en un solo diagrama, se pueden visualizar los aportes de los descriptores identificados en cada categoría y dimensión y la manera como cada uno de ellos nutre los momentos didácticos, que en adelante se llamarán *fases del modelo*.

Los rehiltes señalan las relaciones existentes entre los descriptores que pertenecen a las 3 categorías y las 5 fases del Modelo Didáctico EpiSTEAM; se puede visualizar la manera como el Modelo es nutrido desde la Epistemología, el enfoque STEAM y el concepto de Modelo con sus dimensiones.

Figura 12.

Configuración del Modelo Didáctico EpiSTEAM



Fuente: Autoría Propia

4.5. Fases del Modelo Didáctico EpiSTEAM

En la configuración del Modelo Didáctico con enfoque STEAM, los **momentos didácticos** adquieren la categoría de fases del modelo. Una descripción de cada una de las fases se presenta a continuación:

Fase 1: Problematización. Problematizar significa enfrentar al estudiante a una situación extraída de la vida real que les provoque deseo de encontrar una solución, bien sea porque identifica una contradicción con su presunto saber o porque sus conocimientos resultan ser insuficientes para dar cuenta de los hechos: “todo problema surge del descubrimiento de que algo

no está en orden en nuestro presunto saber, en el descubrimiento de una contradicción, entre nuestro conocimiento y los supuestos hechos” (Popper K. R., 1994, pág. 171).

Un problema es una situación que enfrenta un individuo o un colectivo que implica reflexión, construir nuevas explicaciones por la insuficiencia de las existentes, desarrollo de nuevos conceptos y el planteamiento de nuevos modelos mentales (García y Rentería, 2013).

Vale la pena resaltar que solucionar un problema no tiene caminos evidentes, implica el cuestionamiento de sus propias ideas y la elaboración de nuevas explicaciones. La solución de un problema favorece la formación del pensamiento crítico, lo cual no se logra a través de la enseñanza tradicional, en la que “solo aprenden a memorizar o a repetir información que muchas veces no comprenden, y a resolver problemas numéricos de manera mecánica” (Lara y Cerpa, 2014, pág. 3)

Ejemplos de problemas que se deben trabajar en esta fase podrían ser: ¿De qué manera se podría disminuir el consumo de energía del colegio o de una vivienda?, ¿Cómo garantizar el repoblamiento de iguanas en la región?, ¿cómo se podría utilizar la tecnología para lograr la reproducción de peces a bajo costo? Este tipo de cuestiones no tienen solución algorítmica única, sino que requiere el concurso de diversas áreas del conocimiento, además, si bien con el tiempo se puede desembocar en un abordaje matemático, esto puede hacerse una vez el problema haya sido apropiado por los estudiantes. La matematización, en esta fase, no es el inicio sino la culminación, no como parte de un protocolo sino como una necesidad.

En esta fase se pretende la comprensión del problema y estimular la búsqueda de una solución; la principal herramienta son los procesos cognitivos. Los estudiantes indagan, identifican, establecen analogías, clasifican, se documentan.

En esta fase los estudiantes deben:

- Discutir en un grupo interdisciplinario la definición del problema, las implicaciones de no solucionarlo. Se trata de apropiar, hacer suyo el problema.
- Leer documentos científicos y técnicos relacionados con el problema planteado.

El papel del docente en esta fase es desarrollar las siguientes actividades:

- Discutir, en un grupo interdisciplinario, las formas posibles en que los estudiantes responderían al problema planteado.
- Realizar charlas y entrevistas con los estudiantes para establecer si la teoría es coherente con lo que ellos piensan.
- Reajustar la teoría, en función de las conversaciones con los estudiantes y escribir la nueva versión.
- Procurar que los estudiantes hagan el tránsito de manejar el lenguaje blando al lenguaje duro, científico o técnico.
- Emitir juicios sobre la participación y construcción colectiva

Fase 2: imaginación y diseño de la solución. Los estudiantes, como su nombre lo indica, llegan a consensos e imaginan una o diversas soluciones, se elaboran diseños, diagramas, planos, presupuestos, se identifican posibles fallas en la solución e implicaciones de la misma. Este tipo de implicaciones pueden ser ambientales, éticas y de cualquier otra índole.

La aplicación de conocimientos de ingeniería permite que los estudiantes desarrollen capacidades específicas, como diseñar y construir dispositivos o soluciones para problemas del

mundo real. Aplicar las ideas científicas en la solución de problemas de ingeniería facilita su comprensión (Greca I. M., 2018). Los elementos del enfoque STEAM son desarrollados y potencializados, en particular el desarrollo del pensamiento computacional a través del conocimiento de hardware y software. La habilidad para modelizar la realidad también adquiere una dimensión importante en esta fase, el estudiante anticipa el impacto del tecnofacto en la solución de la situación planteada. El abordaje holístico del problema permite darle una solución integral al mismo; no se trata solamente de construir un aparato, sino de analizar las consecuencias que derivaría su implementación.

El dispositivo diseñado no solo debe ser funcional, sino producto del potencial creativo y estético de los estudiantes. En el mundo productivo, es de vital importancia la estética del bien construido, como estrategia de comercialización.

La función del docente es de tipo desequilibrante, poniendo en crisis el diseño, siendo incisivo en sus apreciaciones o indagaciones; utiliza su experticia para que los estudiantes argumenten en la defensa del diseño, pero también para la detección temprana de eventuales fallas del mismo.

En esta fase los estudiantes:

- Exploran materiales con los que se podría desarrollar el dispositivo, maqueta o prototipo.
- Discuten en grupos de trabajo las propuestas de diseño, identificando ventajas y desventajas de estos, atendiendo a las implicaciones económicas, ambientales, y de cualquier otro tipo que surja.

- Definen el recurso tecnológico para plasmar el diseño, plano o diagrama.

Puede ser un *software* especializado de diseño.

Los docentes, durante el desarrollo de esta fase:

- Orientan la discusión y permanecen atentos a mostrar debilidades en el diseño. Su participación no debe ser correctiva, sino que se apoya en preguntas tipo: ‘¿qué sucedería si hay una subida de tensión?’, ‘¿Qué elementos del diseño facilitarían o impedirían una eventual comercialización del *tecnofacto* diseñado?’, ‘¿Ustedes comprarían ese producto?’

- Alertan sobre el costo del producto terminado.
- Apoyan con sugerencias sobre el aplicativo tecnológico más apropiado para plasmar el diseño o bosquejo.
- Pondera la creatividad y originalidad del diseño.

Fase 3: Creación o construcción de la solución. El enfoque STEAM tiene relevancia en esta fase, los estudiantes desarrollan las habilidades ingenieriles y técnicas y se ejercitan en el manejo de máquinas y herramientas. Es el momento del saber hacer, se desarrolla la cultura *maker*. En esta fase, los estudiantes acuden a las habilidades ingenieriles o técnicas necesarias para construir el prototipo diseñado en la etapa previa; se tendrá cuidado en la escogencia del material y en la precisión del *tecnofacto*. El docente permanece vigilante de que el aparato construido corresponda con el diseño del mismo. Se realizan pruebas en las que se pone en juego la eficiencia del elemento construido.

En esta fase, los estudiantes:

- Seleccionan el material para la construcción del prototipo o del *tecnofacto*.

- Adquieren el material, velando por el cumplimiento de los requerimientos.
- Elaboran, construyen la solución previamente diseñada.
- Realizan el trabajo de manera colaborativa.
- Incorporan elementos estéticos en la construcción del *tecnofacto*.

Los docentes, en el desarrollo de esta fase:

- Acompañan a los estudiantes en el proceso de construcción, favoreciendo que se minimicen los desperdicios.
- Realizan sugerencias sobre la estética del *tecnofacto*.
- Orientan sobre las máquinas y herramientas más convenientes de usar, según los requerimientos.
- Están atentos al estricto cumplimiento de los protocolos de seguridad industrial.
- Realizan una estimación sobre la correspondencia entre el diseño y el producto. Analizan con los estudiantes la operacionalidad del producto.

Fase 4: Implementación. Su principal objetivo es la solución del problema con la ayuda del *tecnofacto* diseñado y construido. Los estudiantes y docentes verifican el funcionamiento de la solución, están atentos a detectar fallas de diseño y de construcción; implementan la solución construida y, de ser necesario, se realizan ajustes o cambios en el diseño y, por ende, en el aparato.

El posible rediseño de la solución surge de las discusiones entre estudiantes y maestros. Dado que para superar la dificultad puede haber muchas alternativas, el grupo debe seleccionar aquella que cumpla condiciones previamente acordadas como el costo, viabilidad, estética, y cualquier otra que el grupo considere pertinente.

Las acciones de los estudiantes en esta fase son:

- Solucionar posibles errores de diseño.
- Verificar que la solución, efectivamente, corrija la situación atendida.
- Evaluar la percepción que otras personas tienen sobre la estética del *tecnofacto*.
- Calcular el valor final del producto.
- Proyectar mejoras para una segunda versión del *tecnofacto*

Los docentes, en el desarrollo de esta fase:

- Verifican el funcionamiento del *tecnofacto* y realizan sugerencias.
- Cuestionan a los estudiantes sobre eventuales fallas en el diseño y funcionamiento del producto.
- Motivan a buscar alternativas para optimizar el producto, a través de la revisión del diseño y la utilización de materiales de mejor calidad.
- Emiten juicios evaluativos acerca de las acciones de los estudiantes, comparten sus apreciaciones y escuchan las opiniones de los estudiantes.

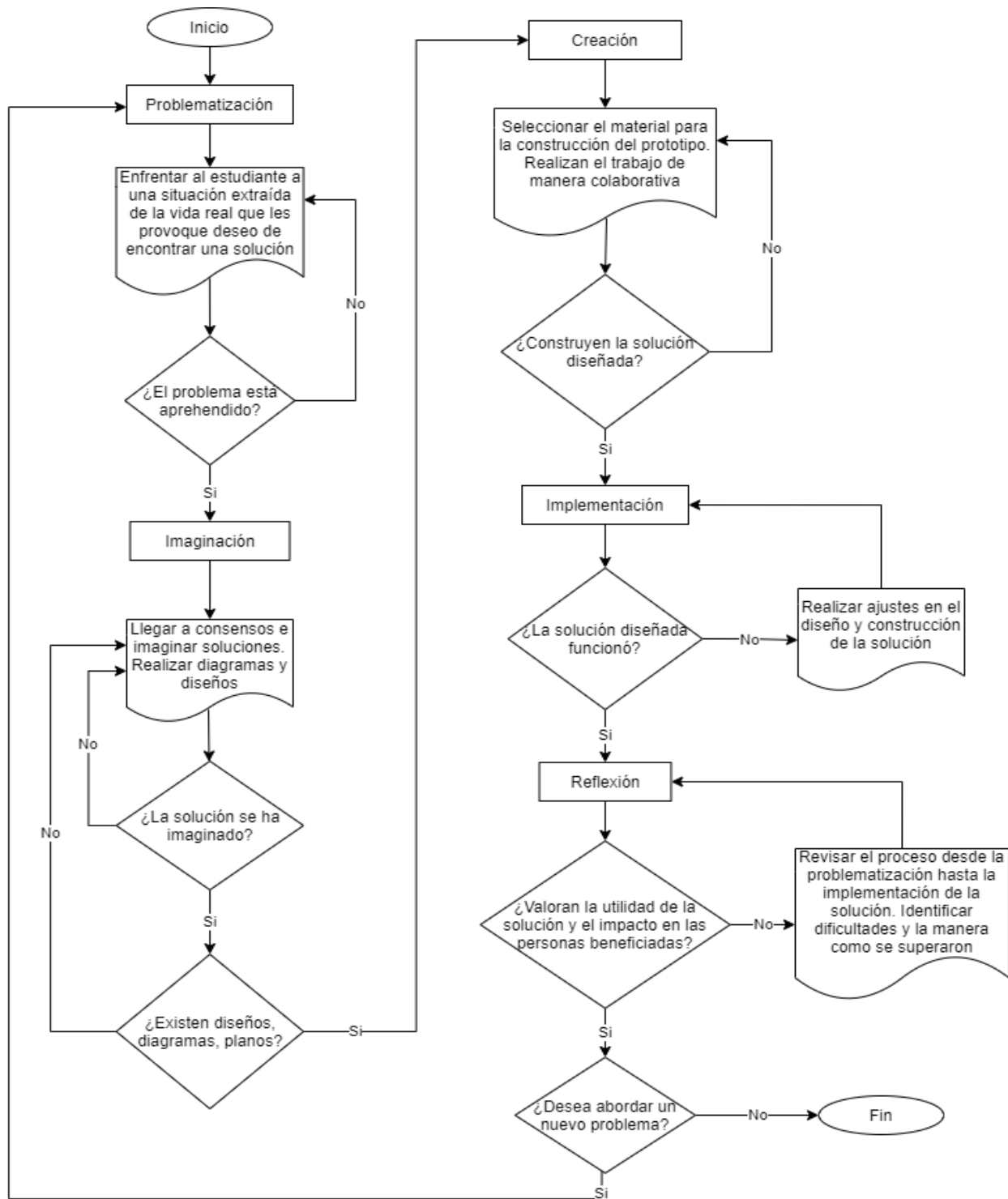
Fase 5: Reflexión, Metacognición. Esta etapa permite revisar el proceso desde el conocimiento del problema hasta la implementación de la solución. Los estudiantes identifican las dificultades encontradas y la manera como estas fueron superadas. Valoran la utilidad de la solución y el impacto en las personas beneficiadas. Se requiere que anticipen situaciones como posibles problemas futuros, deterioro del *tecnofacto*, surgimiento de nuevos problemas derivados de la implementación de la solución, entre otros. Tiene especial relevancia la identificación de los aprendizajes alcanzados y la manera como estos fueron adquiridos.

La metacognición debe ser doble: los estudiantes y los docentes la realizan. El maestro reflexiona sobre su actividad pedagógica y el estudiante sobre el proceso de construcción del conocimiento. Al ser la culminación del proceso los estudiantes deben hacer consciencia del trabajo desarrollado, de esta manera el modelo se convierte en hábito; además, comprende las razones del camino seguido en el proceso de modelización; el ejercicio de modelización favorece la presencia de reflexiones de segundo orden sobre el concepto de modelo (Justi y Gilbert, 2002). Por su parte los maestros ponderan las ventajas de utilizar el modelo puesto que su trabajo se contrasta con el desarrollado con otras estrategias didácticas y con su propia experiencia docente, la cual suele fundamentarse en la emulación de estrategias exitosas de sus maestros de épocas de estudiante.

La Figura 13. permite visualizar la secuencia de implementación del modelo didáctico EpiSTEAM, evento que se desarrolla durante una o más secuencias didácticas; la intencionalidad del flujograma es servir de apoyo a los docentes como herramienta para la apropiación del modelo en su implementación y no tiene la pretensión de convertirse en un pseudocódigo o algoritmo que deba seguirse estrictamente.

Figura 13.

Secuencia de implementación del Modelo Didáctico EpiSTEAM



Fuente: Autoría Propia

Capítulo 5. Factibilidad del modelo didáctico EpiSTEAM

El proceso de configuración del modelo EpiSTEAM fue riguroso desde la génesis hasta su configuración y definición de sus componentes. Se recabaron datos de tipo cualitativo y cuantitativo y los instrumentos utilizados, que se describen en el capítulo 3, fueron validados por expertos y de manera estadística, lo que demuestra su relevancia desde el punto de vista teórico y sus posibilidades de aplicación.

Determinar la factibilidad del modelo didáctico EpiSTEAM implica ponderar las posibilidades de éxito en su implementación; es decir, que el propósito por el cual se construyó, se cumpla. Con este propósito se diseñaron dos tipos de validación:

- Validación por encuesta con escala de respuesta tipo Likert
- Validación por expertos.

5.1. Validación por Encuesta

La confiabilidad de los instrumentos permite que, con los datos obtenidos con ellos, se valide lo que se pretende medir. El análisis de los datos contenidos en la Tabla 3 arrojaron una confiabilidad del instrumento catalogada como *respetable*, según la escala de valoración propuesta por De Vellis, para un alfa de Cronbach, $\alpha = 0,7444$.

Dado que el instrumento se diseñó para medir la percepción de los docentes del área STEAM, sobre el aporte a la enseñanza del modelo didáctico EpiSTEAM en la media técnica, los datos obtenidos con él permitirán el análisis, con el fin de estimar la validez del modelo. El instrumento se aplicó a una muestra de 15 docentes, pertenecientes a las áreas STEAM. A partir del análisis de los datos contenidos en la Tabla 8. se procede a la estimación de la validez del modelo. Los datos tienen la potencia de ser germen de la teoría, por ello, su análisis permite el

ejercicio de ampliar la frontera del conocimiento, a través de procesos de análisis, síntesis y reflexión.

La teoría fundamentada observa los datos como insumo para la construcción teórica, concibe el objeto no como entidad estática, sino como un proceso que permite contrastar y verificar la teoría. Los datos empíricos son vistos como el sustento de la teoría; de esta manera, se piensan en términos teóricos (Grosser, 2016), de ahí que los datos recabados permitan, inductivamente, estimar la validez del fenómeno que se pretende medir, que en este caso particular es el modelo didáctico EpiSTEAM.

La Tabla 8. contiene los datos correspondientes a las respuestas dadas por los 15 docentes a la encuesta. En las dos últimas filas se registra la media para cada una de las afirmaciones y la desviación estándar de las respuestas para cada afirmación.

Dado que se trabajó con una muestra de los docentes, se presenta un sesgo estadístico, por tanto, se calculó la varianza imparcial de la muestra insesgada, es decir, con la corrección de Bessel para este tipo de datos. De esta manera, se obtiene un valor para la desviación estándar de la muestra corregida, con un sesgo menor.

La fila de las medias nos permite afirmar que la apreciación de los docentes sobre el modelo didáctico EpiSTEAM varía desde un mínimo de 4, que en la escala de Likert tiene una significación de '*De acuerdo*', hasta el máximo de 5, con significación de '*Muy de acuerdo*'; es decir, la mayoría de los docentes manifiestan estar de acuerdo o muy de acuerdo con las afirmaciones contenidas en el instrumento que aparece en el Anexo 1.

La Tabla 8. muestra un total de 269 datos, de los cuales, la moda, que tiene el valor de 5, (que en la escala Likert corresponde a *muy de acuerdo*), tiene una frecuencia de 229. El valor que

sigue en frecuencia es el 4, que corresponde a *de acuerdo*, con una frecuencia de 33. Al sumar las frecuencias de los valores 4 y 5 se obtiene un total de 262; esto indica que en el 97,4% de las respuestas dadas por los docentes, hay una manifestación de estar *de acuerdo* o *muy de acuerdo* con las afirmaciones de la encuesta. La media aritmética de los datos arroja un valor de 4,8, con una desviación estándar corregida de 0,583.

Tabla 8.

Tabla de respuestas de la encuesta

Docente	Número de Afirmación																		Suma
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	p16	p17	p18	
D1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	90
D2	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	88
D3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	86
D4	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	85
D5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	90
D6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	90
D7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	90
D8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	90
D9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	90
D10	4	5	5	5	4	5	5	5	1	1	5	5	5	4	4	5	5	5	78
D11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	89
D12	4	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	4	5	5	5	5	5	5	85

D13	5	5	4	4	4	5	4	4	3	3	4	4	5	5	5	4	4	5	77	
D14	5	5	4	5	5	4	5	5	3		5	5	5	5	4	5	5	5	80	
D15	5	5	5	4	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	83	
Media	4,87	5,00	4,80	4,87	4,87	4,87	4,87	4,93	4,73	4,13	4,00	4,93	4,80	4,87	4,93	4,87	4,93	4,93	5,00	86,07
Desv	0,35	0,00	0,41	0,35	0,35	0,35	0,26	0,46	1,30	1,41	0,26	0,41	0,35	0,26	0,35	0,26	0,26	0,26	0,00	4,64

Para efectos de validar el instrumento encuesta, se calculó el Coeficiente Alfa de Cronbach, utilizando la Ecuación 1., como se indicó antes. El valor obtenido fue de $\alpha = 0,7444$, cuya interpretación, según De Vellis en García Cadena (2006), es de una confiabilidad y homogeneidad “respetable”; los datos de validación, que en total fueron 90, se obtuvieron de una muestra de 5 docentes, seleccionados de manera dirigida guiado por varios propósitos descritos en el numeral 3.2.4. Una vez seleccionada una muestra, el cálculo de la media, moda, desviación estándar, alfa de Cronbach y cualquier otro estadístico de tendencia central, confiabilidad o de sesgo, se convierten en datos de los cuales no es posible prescindir (Ritchey, 2008).

La encuesta validada se aplicó a 15 docentes; el tamaño de la muestra se definió utilizando la Ecuación 2 (QuestionPro, 2021), aplicable para poblaciones finitas.

Ecuación 2

Ecuación para calcular el tamaño de la muestra para una población finita

$$n = \frac{Z^2 pqN}{e^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

Donde,

n = tamaño de la muestra buscado

N = Tamaño de la población o universo (16 docentes STEAM en media técnica)

e = Error de estimación aceptado (se define un 5%)

Z = Nivel de confianza (para una confianza de 95% el valor de $k=1.96$)

p = Probabilidad de éxito (0.5, dado que se desconoce la probabilidad)

q = Probabilidad de fracaso (0.5, dado que se desconoce la probabilidad)

Aplicando los valores de la tabla a la ecuación, se tiene que:

$$n = \frac{3.84 \times 0.5 \times 0.5 \times 16}{0.25 \times 15 + 3.84 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n = \frac{15.366}{0.998}$$

$$n = 15.397$$

$n = 15$ (por tratarse de personas se aproxima a número entero)

Se observa que el tamaño de la muestra (15) es similar al tamaño de la población (16); esto sucede cada vez que el universo es pequeño, por esto se recomienda que en poblaciones pequeñas la toma de datos sea censal, tal como se definió en la presente validación del modelo por encuesta.

Los datos obtenidos están incluidos en la Tabla 8., que contiene 269 datos de respuesta de la misma encuesta; al calcular el Coeficiente Alfa de Cronbach, para esta cantidad de datos, se obtiene un valor $\alpha = 0,7966$, valor ubicado en la frontera de los rangos “respetable” y “muy buena” en la escala de De Vellis. Este ejercicio permite tener una mayor confianza sobre los

atributos de confiabilidad y homogeneidad de las ponderaciones dadas por los docentes a las afirmaciones de la encuesta.

Tabla 9.

Medidas estadísticas descriptivas de rangos

Ítem	Número de Afirmación																	
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	p16	p17	p18
media – DS	4,51	5,00	4,39	4,51	4,51	4,51	4,68	4,28	2,83	2,59	4,68	4,39	4,51	4,68	4,51	4,68	4,68	5,00
media + DS	5,22	5,00	5,21	5,22	5,22	5,22	5,19	5,19	5,44	5,41	5,19	5,21	5,22	5,19	5,22	5,19	5,19	5,00
valores posibles de respuesta	5	5	4, 5	5	5	5	5	4, 5	3, 4, 5	3, 4, 5	5	4, 5	5	5	5	5	5	5
media - 2x(DS)	4,16	5,00	3,97	4,16	4,16	4,16	4,42	3,82	1,53	1,17	4,42	3,97	4,16	4,42	4,16	4,42	4,42	5,00
media + 2x(DS)	5,57	5,00	5,63	5,57	5,57	5,57	5,45	5,65	6,74	6,83	5,45	5,63	5,57	5,45	5,57	5,45	5,45	5,00
valores posibles de respuesta	4, 5	5	4, 5	4, 5	4, 5	4, 5	4, 5	4, 5	2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 4, 5	4, 5	4, 5	4, 5	4, 5	4, 5	4, 5	4, 5	5

Una revisión de los datos contenidos en la Tabla 9. permite afirmar que los docentes consideran que las respuestas a las afirmaciones del instrumento son ‘*De acuerdo*’ o ‘*Muy de acuerdo*’, con excepción de la afirmación 9 ‘promueve el proceso de transferencia a través de la

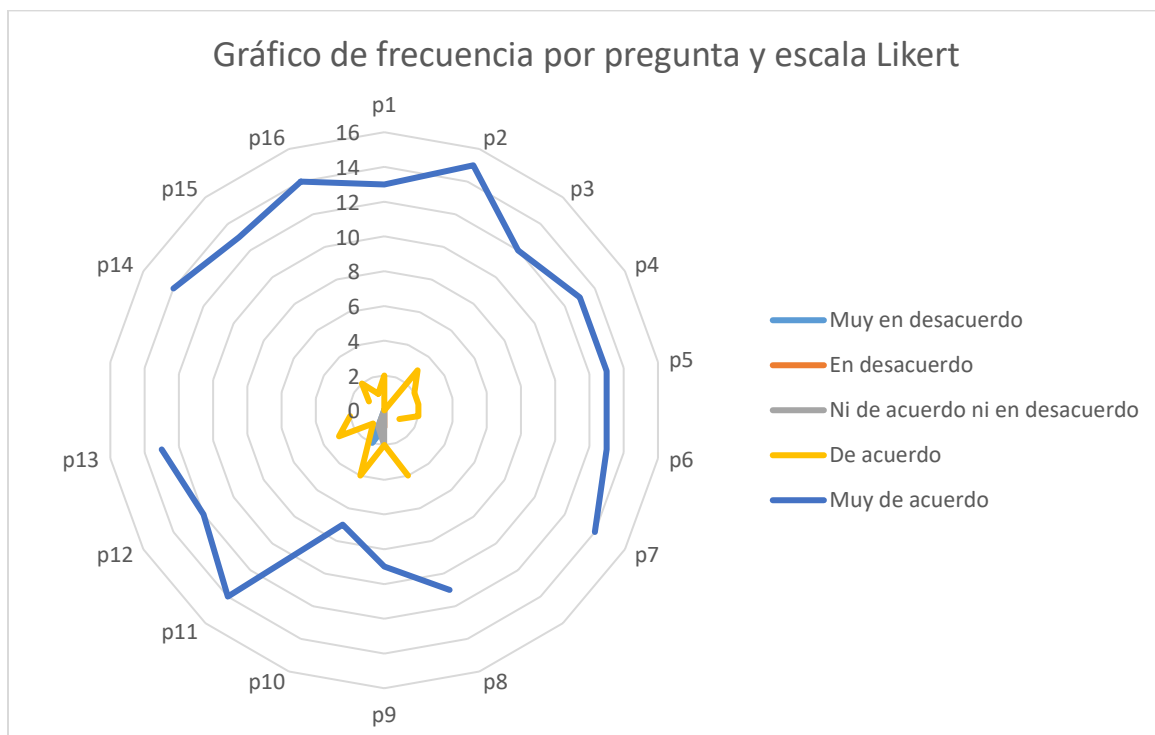
aplicación del modelo construido en otros contextos’, y la afirmación 10 ‘origina conflictos de carácter cognitivo al plantear situaciones reales que contradicen el modelo’. Lo anterior se puede visualizar en la Figura 14, construida a partir de los datos contenidos en la Tabla 10. Allí se observa que la curva perimetral correspondiente a la opción de respuesta *muy de acuerdo* permanece alejada del centro, lo que indica que tuvo la mayor frecuencia; también se observa que las afirmaciones con menor frecuencia para la misma opción de respuesta fueron las llamadas p9 y p10.

Tabla 10.

Tabla de frecuencias del tipo de respuesta para cada pregunta

Opciones de respuesta	Preguntas																	
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	p16	p17	p18
Muy en desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
En desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
De acuerdo	2	0	3	2	2	2	1	4	2	4	1	3	2	1	2	1	1	0
Muy de acuerdo	13	15	12	13	13	13	14	11	9	7	14	12	13	14	13	14	14	15
Totales	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	15	15	15	15	15	15	15	15

Una visualización gráfica de los datos se puede apreciar en la Figura 14.. En ella, los puntos más alejados del centro, ubicados en el perímetro, corresponden a la opción *muy de acuerdo*, la afirmación con menor frecuencia para esta selección, es la 10, que aparece con 7.

Figura 14.**Frecuencia de la respuesta a cada pregunta****Fuente:** Autoría propia

Los datos contenidos en la **Tabla 10**. permiten hacer las siguientes afirmaciones:

- El 86,7% de los docentes manifiestan estar *muy de acuerdo* con que el modelo didáctico EpiSTEAM estimula la generación de conocimiento, a partir de situaciones problema. El restante 13,3% expresa estar *de acuerdo* con la afirmación.
- La totalidad de los docentes (100%) están *muy de acuerdo* con que el modelo didáctico EpiSTEAM construido busca que el estudiante construya soluciones a problemas prácticos, implementando la tecnología, para elaborar diseños, maquetas, *tecnofactos*, *software*, etc.

- El 80% de los docentes consideran que el modelo didáctico promueve el aprendizaje centrado en el estudiante y por ello manifiestan estar *muy de acuerdo* con la aseveración; el 20% restante expresan estar *de acuerdo*.
- El 86,7% de los docentes manifiestan estar *muy de acuerdo* con que el modelo didáctico EpiSTEAM fomenta el trabajo interdisciplinario; el resto de los docentes (13,3%) manifiestan estar *de acuerdo*.
- La afirmación “el modelo didáctico EpiSTEAM desarrolla las habilidades para la resolución de problemas” es aprobada por el 86,7% de los docentes, quienes manifiestan estar *muy de acuerdo* con ella; el 13,3% expresan estar *de acuerdo*.
- El 86,7% de los estudiantes manifiestan estar *muy de acuerdo* con que el modelo didáctico EpiSTEAM promueve el aprendizaje, a partir de producir conflictos con los saberes que posee el estudiante; el 13,3% considera estar *de acuerdo* con la afirmación.
- La expresión “el modelo didáctico EpiSTEAM motiva la construcción de modelos como representaciones de la realidad” es compartida por el 93,3% de los docentes, expresando estar *muy de acuerdo* con ella. El 6,7% expresan estar *de acuerdo*.
- La afirmación “el modelo didáctico EpiSTEAM enfatiza en la construcción y modificación de modelos y no en la adquisición de modelos preestablecidos” es compartida por el 73,3%, quienes manifestaron estar *muy de acuerdo* con ella; el 26,7% restante expresaron estar *de acuerdo*.
- Apenas el 60% de los encuestados consideran estar *muy de acuerdo* con que el modelo didáctico promueve el proceso de transferencia, a través de la aplicación del modelo construido en otros contextos; el 13,3 % expresan estar *de acuerdo*; 13,3% *no están*

de acuerdo ni en desacuerdo y los demás están *en desacuerdo* (6,7 %) o *totalmente en desacuerdo* (6,7%).

- El modelo didáctico EpiSTEAM origina conflictos de carácter cognitivo al plantear situaciones reales que contradicen el modelo para el 50% de los docentes encuestados, quienes manifestaron estar *muy de acuerdo* con la afirmación y el 28,6% expresaron estar *de acuerdo*.

- El 93,3% de los docentes expresaron estar *muy de acuerdo* con que el modelo didáctico EpiSTEAM favorece la formulación de hipótesis y la realización de predicciones e inferencias; el 6,7% expresa estar *de acuerdo*.

- El 80% de los encuestados considera estar *muy de acuerdo* con la expresión “el modelo didáctico EpiSTEAM promueve el trabajo de problemas cualitativos para ejecutar la acción de construir modelos”; en tanto que el 20% restante manifiesta estar *de acuerdo*.

- El modelo didáctico EpiSTEAM permite imaginar un estado futuro de la realidad, a partir de la evolución del modelo construido, para el 86,7% de los docentes, quienes manifestaron estar *muy de acuerdo*, en tanto que el 13,3% expresaron estar *de acuerdo*.

- El 93,3% y el 6,7% de los docentes, respectivamente, consideran estar *muy de acuerdo* y *de acuerdo* con la expresión “el modelo didáctico EpiSTEAM favorece la comprensión de los conceptos científicos y matemáticos.

- Los docentes encuestados, en un 86,7%, manifiestan estar *muy de acuerdo* con la expresión “el modelo didáctico EpiSTEAM origina un acercamiento del estudiante

a la realidad, a través de hacer representaciones mentales de ella”; el 13,3% expresan estar *de acuerdo*.

- El 93,3% de los docentes coinciden en estar *muy de acuerdo* con la afirmación “el modelo didáctico EpiSTEAM aporta al fortalecimiento de las instituciones técnicas industriales”; mientras que el restante 6,7% expresó estar *de acuerdo* con ella.

- A juicio del 93,3% de los maestros encuestados, el modelo didáctico EpiSTEAM desarrolla y/o potencia las competencias necesarias para el siglo XXI, en tanto que el 6,7% manifestó estar de acuerdo.

- El 100% de los encuestados expresa estar *muy de acuerdo* en que el modelo didáctico EpiSTEAM favorece el desarrollo de habilidades necesarias para el mundo laboral y el sector productivo.

Análisis de resultados

Con el ánimo de realizar un análisis temático de las respuestas recabadas por la encuesta, se procedió a realizar un agrupamiento de las afirmaciones, en torno al tema al que hacen alusión. Los temas de agrupamiento fueron: problematización, didáctica, modelo y modelización y habilidades y competencias. La afirmación identificada con el número 16 no se incluyó en ningún grupo, por lo que se hará un análisis particular de ella.

- **Tema de agrupamiento: problematización**

La Tabla 11. muestra las afirmaciones que aluden al tema de la problematización, identificadas como p1, p2, p5, p11 y p12 y las frecuencias en las opciones de respuesta. Los resultados se visualizan en la Figura 15. Se observa una alta frecuencia para la opción de respuesta

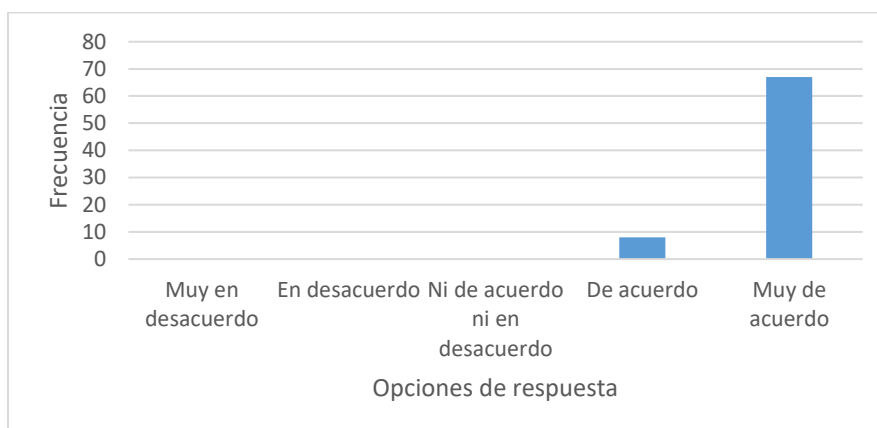
identificada como *muy de acuerdo*, siendo porcentualmente muy significativa, como se podrá verificar en el análisis.

El 89,3% de los docentes consideran estar *muy de acuerdo* en que el modelo didáctico EpiSTEAM desarrolla la habilidad necesaria para la fase de problematización, por cuanto estimula la generación de conocimiento, a partir de situaciones problema; busca que el estudiante construya soluciones a problemas prácticos, implementando la tecnología para elaborar diseños, maquetas, tecnofactos, software, etc.; desarrolla las habilidades para la resolución de problemas; favorece la formulación de hipótesis, realización de predicciones e inferencias y promueve el trabajo de problemas cualitativos para ejecutar la acción de construir modelos. El 10,7% expresan estar *de acuerdo* con el conjunto de aseveraciones, es decir el 100% de los docentes manifiestan estar *de acuerdo* o *muy de acuerdo* con las afirmaciones.

Tabla 11.

Agrupamiento de respuestas de la temática Problematización

Opción de respuesta	p1	p2	p5	p11	p12	totales	Total Relativo %
Muy en desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0
En desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0
De acuerdo	2	0	2	1	3	8	10,7
Muy de acuerdo	13	15	13	14	12	67	89,3
totales	15	15	15	15	15	75	100

Figura 15.**Agrupamiento de Respuestas de la Temática Problematización**

Fuente: Autoría Propia

La media de los datos del agrupamiento es de 4,89 y su desviación estándar 0,31. Esto indica que el promedio es significativamente alto, mientras que la dispersión de los datos es mínima. Su asimetría tiene orientación a la derecha; este tipo de asimetría, llamada asimetría negativa, es la deseable en este tipo de resultados por cuanto es allí donde reside la ponderación positiva de los participantes del estudio.

Este resultado ofrece una oportunidad de implementación del modelo, en el futuro inmediato, en las instituciones técnicas industriales; el fin del acto educativo es precisamente la generación de conocimiento y generar conocimiento es producir saberes nuevos, algo en lo que la escuela, con sus paradigmas tradicionales, no ha sido eficiente. Cuando los maestros manifiestan su coincidencia con las afirmaciones analizadas en este agrupamiento, están expresando su voluntad de optimizar sus acciones didácticas y ven en el modelo una herramienta para este propósito. Además, no es cualquier tipo de nuevo saber el que eventualmente se produce, sino un saber soportado en la ciencia y la tecnología; en una institución de carácter industrial este es el conocimiento más apreciado.

Como se ha discutido en el planteamiento del problema, las dificultades para la comprensión de los conceptos de las ciencias radican en el trabajo en el aula con métodos de enseñanza tradicionales que favorecen el desarrollo de habilidades para resolver situaciones que más que problemas son acertijos, puesto que tienen una sola solución y se provee la información necesaria y suficiente para hallarla. La “resolución” de la situación se logra con una adecuada implementación algorítmica y el uso de fórmulas matemáticas. Este procedimiento es ajeno al proceso requerido en la solución a problemas prácticos; los docentes dan plena confianza al modelo EpiSTEAM para el abordaje de los problemas prácticos de la vida que suelen requerir un abordaje holístico y la utilización de la tecnología.

Podemos inferir que los maestros comprenden que los problemas abordados con el modelo no son situaciones ingenuas como las que normalmente ofrecen los libros de texto o los que, de manera convencional, se proponen en clase. Son problemas que no tienen soluciones triviales, algorítmicas, sino que provienen del contexto del estudiante; de esta manera el estudiante construye nuevo conocimiento a partir del abordaje de soluciones a problemas reales, tal como lo hacen los científicos.

- **Tema de agrupamiento: Pedagogía y didáctica**

La Tabla 12. refiere las respuestas dadas a las afirmaciones p3, p4, p6 y p14. Estas afirmaciones hacen referencia al tema de agrupamiento que se ha denominado “didáctica”; los datos muestran que el 86,7% de las respuestas de los docentes expresan estar *muy de acuerdo* con las afirmaciones que conforman este grupo sobre el modelo didáctico EpiSTEAM, a saber: promueve el aprendizaje centrado en el estudiante, fomenta el trabajo interdisciplinario, promueve el aprendizaje a partir de producir conflictos con los saberes que posee el estudiante y favorece la

comprensión de los conceptos científicos y matemáticos. El 13,3% restante de los docentes expresan estar *de acuerdo* con dichas afirmaciones.

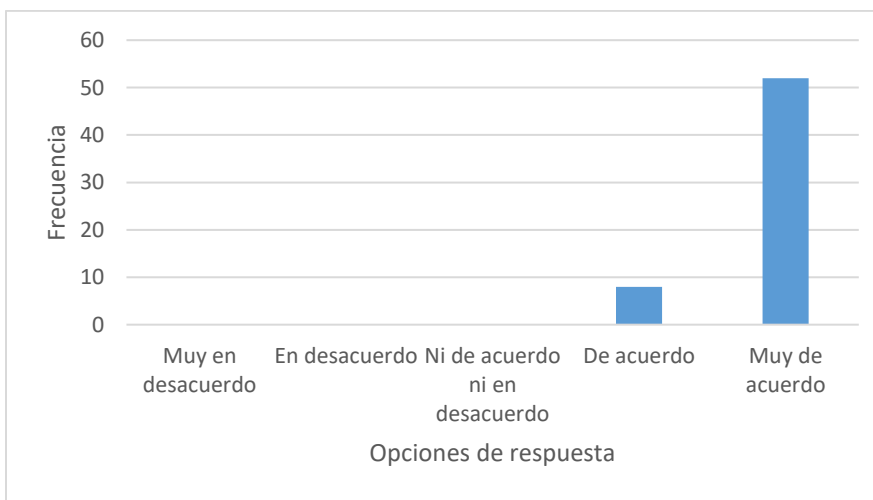
Tabla 12.

Agrupamiento de respuestas del tema Pedagogía y didáctica

Opción de respuesta	p3	p4	p6	p14	totales	Total Relativo (%)
Muy en desacuerdo	0	0	0	0	0	
En desacuerdo	0	0	0	0	0	
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0	0	0	0	
De acuerdo	3	2	2	1	8	13,3
Muy de acuerdo	12	13	13	14	52	86,7
totales	15	15	15	15	60	100

Figura 16.

Agrupamiento de Respuestas del Tema Pedagogía y Didáctica



Fuente: Autoría propia

La media de los datos de agrupamiento es de 4,87 y su desviación estándar es 0,34. Esto indica que el agrupamiento tiene un promedio significativamente alto, mientras que la dispersión de los datos es mínima. La Figura 16 presenta asimetría a la derecha, es decir, hacia el sector favorable para el modelo.

Vo, Zhu, y Diep, (2017) encontraron que, en la resolución de un problema, se deben integrar los componentes STEAM en un ejercicio de interdisciplinariedad. Los fenómenos, objetos de estudio o experiencias deben ser del dominio de las disciplinas duras y las áreas STEAM. La afirmación analizada es identificada como uno de los requisitos para que una propuesta educativa sea considerada dentro de la propuesta de Enfoque STEAM. Esta característica del modelo EpiSTEAM es una alternativa a la enseñanza tradicional de la ciencia por parte de los docentes y los textos utilizados por ellos, los estudiantes expuestos al modelo, no ven sus contenidos como verdades absolutas obtenidas por científicos icónicos, genios, míticos, alejados de la realidad del estudiante; desde esta perspectiva, el modelo promueve la formación del pensamiento científico en el aula y ejercita las habilidades de pensamiento requeridas para tal fin como son la argumentación, formulación de hipótesis y la modelización de la realidad.

Los conflictos cognitivos retan al estudiante a mejorar sus modelos previos y los docentes identifican el poder que tiene el modelo didáctico EpiSTEAM para este fin. Estudios revelan que los estudiantes elaboran explicaciones espontáneas de los fenómenos de la naturaleza, aunque no se les permite confrontarlas con las explicaciones de otros estudiantes; los sistemas tradicionales de enseñanza no consideran este tipo de explicaciones como válidas, se desconoce el poder movilizador cognitivo que tienen (Escobedo D. y Useche G., 1996). El modelo EpiSTEAM, más que permitirlo, promueve este tipo de confrontaciones, rescata los saberes previos, se ponen en crisis, se fomenta la discusión argumentada que facilita la construcción colectiva de los saberes.

Los estudiantes abordan una situación problémica con conocimientos que traen consigo, ideas propias acerca del contenido que van a aprender extraídas de su experiencia o de aprendizajes inconclusos; estas ideas suelen parecerse a otras sostenidas por científicos en el pasado (Driver, Guesne, y Tiberghien, 1999). Estas ideas tienen características de modelos sencillos y son un buen inicio para la acción de modelización en un ejercicio de aproximación a los modelos científicos.

- **Tema de agrupamiento: modelo y modelización**

La Tabla 13. muestra los datos agrupados de p7, p8, p10, p13 y p15. Este agrupamiento muestra un promedio de 4,69 y una desviación estándar de 0,76. Si bien el promedio es menor que los agrupamientos anteriores y la desviación estándar es un poco mayor, sigue siendo una baja medida de dispersión de los datos. La Figura 17. muestra que efectivamente los datos están asimétricos hacia la derecha, lo que, para los propósitos de la investigación, es algo deseado. El análisis porcentual permite identificar que el 78,3% de las respuestas de los docentes se orientaron hacia la opción *muy de acuerdo* y el 15,6% hacia la opción *de acuerdo* con las afirmaciones contenidas en este agrupamiento.

Lo anterior indica que el modelo didáctico EpiSTEAM motiva la construcción de modelos como representaciones de la realidad; enfatiza en la construcción y modificación de modelos y no en la adquisición de modelos preestablecidos; origina conflictos de carácter cognitivo, al plantear situaciones reales que contradicen el modelo; permite imaginar un estado futuro de la realidad, a partir de la evolución del modelo construido y origina un acercamiento del estudiante a la realidad, a través de hacer representaciones mentales de ella. El 1,4% de las respuestas indican *no estar de acuerdo ni en desacuerdo*, mientras que solamente el 2,7% expresan estar *muy en desacuerdo*.

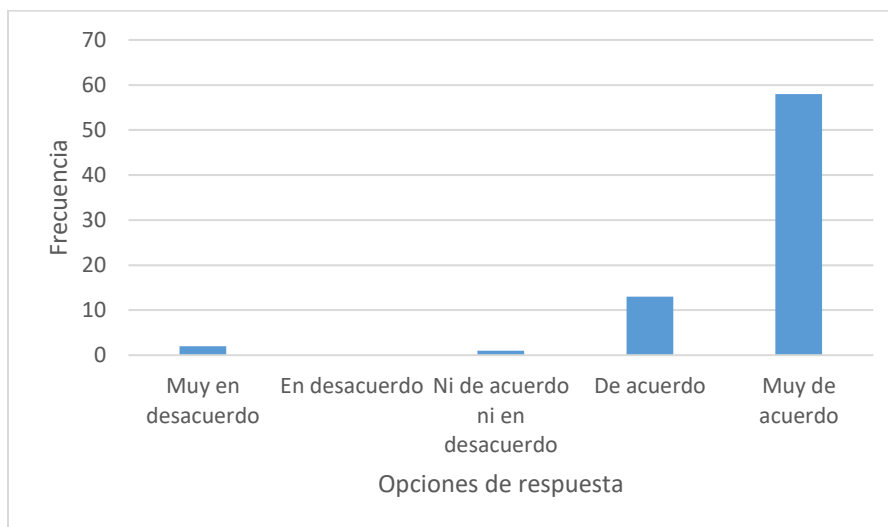
Tabla 13.

Agrupamiento de Respuestas del Tema Modelo y Modelización

Opción de respuesta	p7	p8	p10	p13	p15	totales	Total Relativo %
Muy en desacuerdo	0	0	2	0	0	2	2,7
En desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0	1	0	0	1	1,4
De acuerdo	1	4	4	2	2	13	15,6
Muy de acuerdo	14	11	7	13	13	58	78,3
totales	15	15	14	15	15	74	100

Figura 17.

Agrupamiento de Respuestas del Tema Modelo y Modelización



Fuente: Autoría Propia

La media de los datos de agrupamiento es de 4,69 y su desviación estándar es 0,76. Esto indica que el agrupamiento tiene un promedio alto; mientras que la dispersión de los datos no es muy alta, aunque sí es mayor que los agrupamientos anteriores. Se destaca una asimetría hacia la derecha lo que en la encuesta es un resultado deseable, puesto que allí reside la opción más valorada: muy de acuerdo.

Los docentes, una vez han reflexionado en torno a la importancia de los modelos en la ciencia, valoran la llegada de un modelo didáctico que aporta al desarrollo de las habilidades modelizadoras en los estudiantes; este hecho, aunado con el desarrollo de las habilidades STEAM ofrece grandes posibilidades en las instituciones industriales. Dado que en las secuencias didácticas se busca la solución a problemas reales, se requiere la representación lo más cercana posible de estos. Las habilidades modelizadoras: plantear problemas surgidos de la realidad, identificar los objetos del sistema, asignar e identificar propiedades conceptuales, establecer relaciones entre las variables, hacer inferencias, sugerir predicciones, formular hipótesis, construir diseños experimentales para probarlas y construir leyes y teorías que parten del proceso de resolución de problemas, permiten representar la realidad donde acaecen los fenómenos identificados como problemas, lo que facilita su aprehensión y su posterior abordaje y solución. El modelo didáctico EpiSTEAM se presenta como elemento que motiva la construcción de modelos mentales idiosincrásicos en los estudiantes los cuales, con la acción mediadora del docente, se aproxima a los modelos mentales expertos, construidos por los científicos, que son los que nos permiten representar la realidad.

La acción modelizadora no requiere exclusivamente la construcción de modelos, también se da cuando los estudiantes entienden los modelos construidos por la comunidad científica y

realiza transferencia para explicar otras situaciones problemáticas utilizando el modelo adquirido o construido.

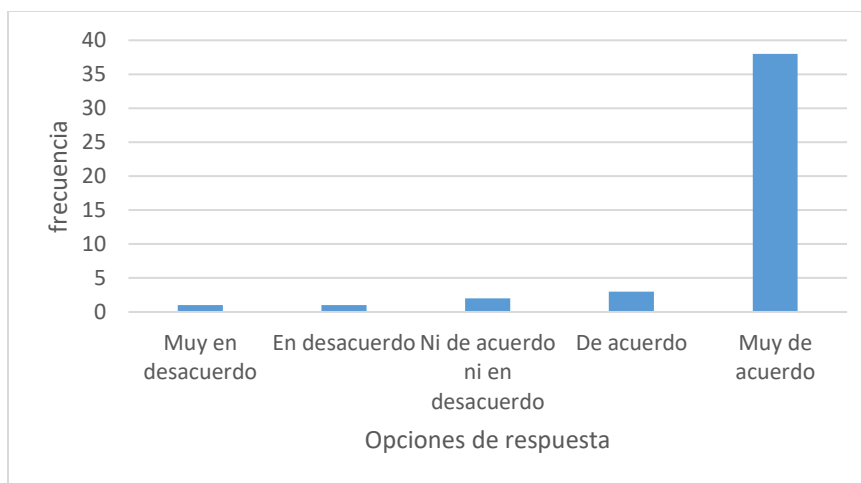
- **Tema de agrupamiento: habilidades y competencias**

El agrupamiento de los datos de las afirmaciones identificadas como p9, p17 y p18 se muestra en la **Tabla 14.** y se visualizan en la Figura 18. Estos datos muestran que el 84,4% de las respuestas del grupo manifiestan estar *muy de acuerdo*, el 6,7% *de acuerdo*, 4,4% *ni de acuerdo ni en desacuerdo*, el 2,2% *en desacuerdo* y el 2,2% *totalmente en desacuerdo*; Esto significa que, para los porcentajes descritos antes, se considera que el modelo didáctico EpiSTEAM promueve el proceso de transferencia, a través de la aplicación del modelo construido en otros contextos, desarrolla y/o potencia las competencias necesarias para el siglo XXI y favorece el desarrollo de habilidades necesarias para el mundo laboral y el sector productivo; estas habilidades son propósitos fundacionales de las instituciones técnicas industriales.

Tabla 14.

Agrupamiento de Respuestas del Tema Habilidades y Competencias.

Opción de respuesta	p9	p17	p18	Totales	Total Relativo %
Muy en desacuerdo	1	0	0	1	2,2
En desacuerdo	1	0	0	1	2,2
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	0	0	2	4,4
De acuerdo	2	1	0	3	6,7
Muy de acuerdo	9	14	15	38	84,4
totales	15	15	15	45	100

Figura 18.**Agrupamiento de Respuestas del Tema Habilidades y Competencias**

Fuente: Autoría Propia

El promedio de las respuestas es 4,69 y la desviación estándar tiene un valor de 0,85. Este agrupamiento tiene la mayor desviación, lo que indica que los datos se encuentran más dispersos, hecho que se visualiza en la Figura 18. A pesar de tener una mayor dispersión, se ve una asimetría hacia la derecha, lo que, para efectos del modelo, es positivo, por cuanto allí se encuentran las opciones *de acuerdo* y *muy de acuerdo*.

A pesar de que la desviación es la mayor de los agrupamientos, al sumar los valores correspondientes a las opciones *de acuerdo* y *muy de acuerdo*, se encuentra que el 91,1 % de las respuestas apuntaban a estas dos opciones.

El análisis realizado permite inferir que el modelo didáctico EpiSTEAM, según el criterio de los docentes que lo conocen, es un modelo que goza de validez en el proceso de enseñanza, en el nivel media técnica.

Una de las afirmaciones no se adhirió a alguno de los agrupamientos, identificada como p16: ‘el modelo didáctico EpiSTEAM aporta al fortalecimiento de las instituciones técnicas industriales’. Esta afirmación resultó tener un promedio de 4,93, siendo el más alto de cualquier agrupación, y la desviación estándar fue de 0,26, siendo la más baja de todas las agrupaciones. Expresarlo con frecuencias podría resultar más revelador: de 15 docentes encuestados, 14 manifestaron estar *muy de acuerdo* con la afirmación, el otro docente manifiesta estar *de acuerdo*. Esto brinda una oportunidad para la implementación del modelo en la institución.

La encuesta incluía dos preguntas abiertas: p19 con el propósito de recabar información sobre la pertinencia de la utilización de modelos integradores como herramienta para mejorar las prácticas docentes y los aprendizajes y la segunda o p20, pedía a los encuestados dar su apreciación sobre el estado actual de la enseñanza y los aprendizajes en la institución.

p19: ¿Considera pertinente la utilización de modelos didácticos integradores, para mejorar las prácticas de los docentes y, por ende, los aprendizajes? La totalidad de los docentes coincide en asignarle alto grado de pertinencia a la utilización del modelo con el propósito consignado en la pregunta, juicio reforzado con el uso de adjetivos como “importante”, “oportuno”, “fundamental” y “urgente”. Hay un reconocimiento de la necesidad de repensar sus prácticas docentes y el advenimiento de un modelo que se adapte a las necesidades del estudiante y el entorno, es visto como una oportunidad para “ser efectivo en la enseñanza”, y enseñar a “resolver acertadamente los problemas”. De manera espontánea surge la necesidad de abandonar “viejos paradigmas de enseñanza-aprendizaje” a través de modelos integradores.

p20: Dé su apreciación sobre el estado actual de la institución educativa, en el ámbito de la enseñanza y los aprendizajes. Este requerimiento tenía un componente de autoevaluación

o reflexión metacognitiva del proceso académico y técnico institucional. Las aportaciones se pueden enmarcar desde tres miradas: institucional, profesional y en relación con la investigación.

Con respecto a la mirada institucional, identifican dos campos de formación, el académico y el técnico. En el ámbito académico, señalan que la formación que se brinda a los estudiantes es de corte tradicional y en el ámbito técnico indican que los maestros tienen el perfil profesional adecuado para el ejercicio de enseñanza de un arte que habilite a los estudiantes para desempeñarse en el mundo laboral o para estudios superiores, especialmente en ingenierías, arquitectura y diseño. a pesar de lo expuesto, se identifica en la obsolescencia de las máquinas y equipos, el principal obstáculo para un adecuado desempeño en el mundo laboral.

En lo profesional, reconocen que las bondades que puedan tener en su práctica pedagógica, se deben a la experiencia, al ejercicio cotidiano de la enseñanza y al aprendizaje a partir del mejoramiento continuo de su praxis. Consideran que la principal fortaleza es que conocen bien “el oficio que enseñamos”. Los estudiantes ingresan a la institución buscando tener mejores oportunidades laborales al conocer un oficio que los habilite para desempeñarse en la industria; aquellos que logran un cupo en la universidad, en una carrera afín a la especialidad cursada, llegan con cierta ventaja, que les da haber estudiado previamente los conceptos, sobre aquellos que no son egresados de una institución técnica industrial.

La aceptación unánime de que el modelo didáctico EpiSTEAM aporta al fortalecimiento de las instituciones de carácter técnico industrial constituye una oportunidad para su implementación. No se prevé resistencias a su eventual incorporación al currículo de la institución e incluso se estima que goce del apoyo de los docentes, dado que la mayor parte de ellos fueron partícipes de su diseño o de su validación. Por otro lado, las instituciones técnicas industriales del país tienen el mismo propósito fundacional y características similares por lo que sus problemáticas

son comunes a ellas; este hecho brinda la posibilidad de que el modelo didáctico EpiSTEAM pueda ser extensivo y susceptible de implementación a todas ellas; igual podría ocurrir con los INEM que aún mantienen su carácter.

5.2. Validación de expertos

El modelo fue dado a conocer a un grupo de tres profesionales vinculados a la educación en diversos niveles y que son especialistas en áreas STEAM o en diseño de modelos, por lo que adquieren calidad de expertos; sus apreciaciones acerca de la validez del modelo didáctico EpiSTEAM, se presentan a continuación.

Guillermo Alfonso Rojas Sánchez. Para el experto Guillermo Rojas, la pregunta de investigación resulta ser pertinente, al igual que la formulación del problema sobre la baja comprensión en matemáticas y ciencias naturales de los estudiantes, lo que constituye un problema vital. Se ha evidenciado la disminución de los estudiantes que optan por carreras relacionadas con las áreas STEAM y, por ello, también le resulta oportuna. Rescata la importancia de que la investigación haya surgido de la observancia de la labor de los docentes y lo considera un hecho relevante para lograr su implementación; propone que esto no solo es una ventaja, sino una fortaleza que debilitaría la aseveración de que las instituciones educativas son las que más lentamente cambian.

El hecho de Justificar el problema, partiendo de los resultados del país en las diferentes pruebas, hace que se tome seriamente. STEAM es una apuesta global para afrontar estas dificultades, enseñar ciencias aplicadas se constituye en el camino lógico para el abordaje del problema descrito. El experto menciona que, a pesar de que en épocas anteriores se ha intentado el trabajo en torno a problemas y la enseñanza integrada de las áreas, el diseño de un modelo didáctico, tal cual como está planteado, resulta ser novedoso por cuanto es un modelo nacido del

aula, del quehacer del docente, se alimenta de la epistemología y busca que los estudiantes, a través de la habilidad de modelizar, desarrollen el pensamiento científico.

El profesor Guillermo refiere que resulta interesante que la propuesta surja de una institución de carácter industrial, ya que resulta natural que dichas instituciones sean las que alimenten las facultades de ingeniería y esto es algo que no se ha logrado aún. Este problema se acentúa con el ingreso a las facultades de ingeniería de estudiantes sin los conocimientos previos necesarios o, peor aún, sin la vocación. Introducir aspectos ingenieriles desde la educación media o desde antes constituye una acción de orientación vocacional y se espera un impacto positivo en la educación superior. A su juicio, la educación media técnica de carácter industrial brinda elementos como habilidades y destrezas a sus estudiantes, que les permiten desenvolverse eficientemente en la vida universitaria: operación de máquinas, equipos y herramientas, desarrollo de habilidades para la resolución de problemas de la vida, conocimiento de *software* especializado, experticia en el diseño, etc.

Rojas llama la atención acerca de la creencia de que los llamados nativos digitales tienen una fortaleza innata hacia la informática y las comunicaciones, lo que resulta no ser más que un supuesto, puesto que en las universidades se ha evidenciado que los egresados de las instituciones de educación media son usuarios frecuentes de las redes sociales, los llamados juegos de estrategia y los video juegos, para lo cual son activos y eficientes, pero no utilizan el recurso tecnológico ni su capacidad, como instrumento de aprendizaje y de desarrollo de la creatividad. El modelo didáctico EpiSTEAM soluciona esta situación, ya que busca el fortalecimiento del pensamiento computacional, a través del desarrollo de proyectos tecnológicos, a partir del abordaje de problemas de la vida.

El experto identifica el trabajo integrado de las áreas como otra fortaleza del modelo, puesto que la ciencia se construye de esa manera. La historia de la ciencia ha enseñado que somos los seres humanos quienes decidimos fraccionar el conocimiento para efectos de su enseñanza, debido a la creciente especialización de los docentes; no obstante, grandes artistas han sido grandes científicos, grandes científicos fueron grandes escritores y grandes escritores fueron grandes músicos. La ciencia o el conocimiento humano no se ha creado de una manera que no sea holística; se debe buscar un modelo de enseñanza para toda la realidad y no pequeños modelos que no tengan relación entre ellos.

La búsqueda de problemas fuera de la escuela, apartándose de los tradicionales problemas de aula, acerca más la actividad escolar al quehacer de la ciencia. Este hecho es considerado por el experto como una de las mayores fortalezas del modelo STEAM propuesto.

Con respecto a la viabilidad de que el modelo didáctico EpiSTEAM se incorpore al PEI de las instituciones industriales en Colombia, refiere que los maestros son poco dados a la estandarización, por una declarada defensa de la individualidad, a pesar de que el ser humano es de estándares. El convencimiento de la necesidad del cambio es la garantía del éxito en el cambio; en ese sentido, el hecho de que el modelo surja del aula, como se mencionó antes, disminuye la eventual resistencia a su implementación. Por otro lado, tal como sucedió en el colegio de Villavicencio, intuye una posibilidad de que los docentes, en especial los de instituciones técnicas, ya estén realizando un trabajo estandarizado, pero sin haber hecho metacognición de ese hecho, entonces, el modelo didáctico EpiSTEAM llega para llenar el vacío que tienen los docentes. En este sentido, el modelo se configura en un estándar, diferente a una rutina, en un proceso intencionado con un propósito claro, fases claras y con una fuerte fundamentación teórica.

Por último, recuerda que uno de los propósitos del Ministerio de Educación Nacional es la articulación entre la educación básica y la educación superior y considera que la estrategia didáctica se constituye en el cordón umbilical para lograr dicha integración entre las instituciones técnicas industriales y las facultades de ingeniería. En este escenario, las posibilidades de estandarización están dadas.

María Constanza Cortés de Romero. La experta, profesora Constanza Cortés, realiza una serie de consideraciones antes de dar su validación. En primer lugar, considera que el trabajo debe ser socializado en todos los niveles, no solo en educación media, sino en el ámbito de la educación superior. Una de las virtudes que encuentra en el modelo es que tiene su génesis en el aula y una fundamentación desde la epistemología y el enfoque STEAM.

Considera que el trabajo amplía la frontera del conocimiento, no solo por el producto, que es el modelo didáctico EpiSTEAM, sino por el protocolo usado en su construcción y su fundamentación. El hecho de configurar el modelo desde la triada epistemología, enfoque STEAM y modelo-modelización se constituye en una innovación y uno de los mayores aportes del trabajo investigativo. El modelo está llamado a ser un referente didáctico en la sociedad del conocimiento y la tecnología.

A juicio de la experta, el modelo constituye un **prototipo** con alto potencial de implementación, no solo en los institutos técnicos industriales, sino en instituciones de carácter académico y en algunos programas de educación superior, en los cuales la didáctica está ausente. Al nacer en el aula, a diferencia de otros modelos, permite una mayor acogida por parte de los docentes, sin resistencia.

Otra consideración planteada por la profesora Constanza es el hecho de que el modelo fomenta el ejercicio investigativo, desarrollando las competencias para analizar, describir, indagar

e identificar; esto facilita la articulación de la educación media técnica con la educación superior. Al llegar a la educación superior, los estudiantes estarían familiarizados con el proceso investigativo. Adicionalmente, el modelo es susceptible de transformarse en política educativa y, por ello, se debe recomendar la presentación al MEN, y para ello, aconseja la articulación del modelo didáctico EpiSTEAM con un modelo de evaluación como el de Robert Stake o el modelo de evaluación iluminativa de Parlett y Hamilton.

Cortés afirma que el modelo es válido en la medida en que cuenta con un sólido soporte teórico y metodológico, es pertinente por cuanto tiene su origen en el quehacer docente y es viable porque responde a la política educativa vigente.

Camilo Torres Gómez. El Dr. Camilo torres expresa su validación en los siguientes términos:

El modelo didáctico propuesto cumple con los criterios exigidos para la educación STEAM, en cuanto a juicios de suficiencia, claridad, coherencia, relevancia, permitiendo que el estudiante lleve a cabo un proceso de enseñanza-aprendizaje activo, que le permite solucionar problemas del contexto de forma creativa e innovadora.

Este modelo didáctico de enseñanza aprendizaje centrado en el estudiante permite que el aprendiz adquiera destreza para la resolución de problemas, desarrollar su espíritu investigativo, estimular su destreza para las matemáticas, así como el desarrollo de habilidades informáticas.

La metodología utilizada para la obtención del modelo didáctico es muy pertinente, presenta momentos didácticos coherentes y tienen en cuenta los criterios epistemológicos de un modelo didáctico, así como los criterios necesarios para la educación STEAM.

Los juicios emitidos por los expertos consultados coinciden en varios aspectos: uno de ellos es que rescatan que el modelo didáctico EpiSTEAM utilice como punto de partida situaciones problema del contexto, de la vida real y no problemas fabricados para efectos de la clase. Otro elemento de coincidencia es la importancia que se le otorga a la fundamentación epistemológica explícita, asignándole importancia para su validez. Las posibilidades de articulación con la educación superior son identificadas como elemento decisivo para la implementación del modelo didáctico EpiSTEAM en el nivel medio, en particular por el énfasis puesto en el desarrollo de las habilidades investigativas.

El juicio de los expertos, conlleva la consideración de que la inclusión del enfoque STEAM en la configuración del modelo es **pertinente** puesto que atiende problemas reales de las instituciones, **oportuna** en la medida en que se ocupa de un problema actual de los maestros ofreciendo alternativas de abordaje de los conocimientos a enseñar, y **relevante** puesto que se circunscribe a situaciones de aula de instituciones técnicas en donde el ejercicio de la didáctica es intuitivo. Es una respuesta coherente con los requerimientos actuales de la educación. El abordaje de las áreas STEAM de manera holística, favorece el aprendizaje de las áreas que la componen. Con respecto a su relación con la formulación del problema, consideran que es una respuesta válida de abordaje; adicionalmente, rescatan la pertinencia del protocolo utilizado para la construcción del modelo didáctico EpiSTEAM, desde la identificación de las categorías, hasta su configuración final.

Los tres expertos consultados coinciden en validar el modelo didáctico EpiSTEAM, hecho que se manifiesta en el apartado **Anexos**, numerales 4, 5 y 6.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La tesis desarrollada tuvo como propósito la configuración de un modelo didáctico que aportara al mejoramiento de la comprensión de los conceptos de ciencias y matemáticas, tarea que se asumió desde el contexto de algunas instituciones técnicas industriales. El proceso se abordó desde tres frentes:

En primer lugar, a través de un estudio exploratorio que permitió identificar aspectos relevantes para el fin propuesto y proponer las categorías de investigación. La reflexión llevó a identificar tres categorías: epistemología de las ciencias, modelo y modelización y el enfoque STEAM.

En segundo lugar, se realizó un trabajo de campo consistente en visitas de observación del quehacer de cinco docentes con sus estudiantes, que tenía el fin de identificar algunas acciones que, de manera consciente o inconsciente, realizan los docentes en su esfuerzo por cumplir su propósito. Allí se identificaron algunas acciones recurrentes que en algunos momentos tenían una connotación protocolaria, en el sentido en que parecían seguir unas reglas establecidas intuitivamente.

Por último, se realizó una entrevista semiestructurada a cinco docentes participantes del proyecto, con el fin de contrastar sus opiniones y concepciones con el resultado de las observaciones de campo.

A partir de allí, en un proceso de triangulación, se configuró el modelo didáctico EpiSTEAM, fundamentado en el enfoque STEAM y en la epistemología de las ciencias, como un aporte al proceso de enseñanza en las instituciones técnicas industriales, en el nivel medio.

Con respecto al primer objetivo específico, el estudio exploratorio permitió identificar como elementos constitutivos del enfoque STEAM, pertinentes para el nivel de educación media técnica industrial, el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas, la comprensión de los conceptos científicos y matemáticos, la construcción de *tecnofactos*, el desarrollo del pensamiento computacional, la generación de una cultura *maker*, el aprendizaje centrado en el estudiante y el abordaje holístico de los problemas. Estos elementos son incorporados como propósitos en el diseño del modelo didáctico EpiSTEAM, encontrándose que tienen relevancia en una institución de carácter industrial, a juicio de los docentes del área técnica y en concordancia con la política pública.

En lo concerniente al segundo objetivo específico, el estudio exploratorio hizo posible establecer los fundamentos epistemológicos que fueron tenidos en cuenta en la configuración del modelo didáctico EpiSTEAM. Fueron rescatadas las siguientes premisas y escuelas que las inspiran: “el conocimiento surge a partir de problemas” del racionalismo crítico, “el conocimiento surge a partir del desquiciamiento de paradigmas” de la nueva filosofía de la ciencia y “la relación entre la realidad y las teorías está mediada por modelos” del Semanticismo. En el trabajo de aula, los docentes suelen ejecutar acciones que tienen raíces epistemológicas que son desconocidas por ellos, por tanto, la identificación de estas premisas colma de fundamentación epistemológica su práctica cotidiana de maestro.

En cuanto al tercer objetivo, a partir de un ejercicio de triangulación del estudio exploratorio, la visita de campo a las secuencias didácticas de los docentes y las entrevistas semiestructuradas, se configuró un modelo didáctico fundamentado en el enfoque STEAM y la epistemología de las ciencias. Este modelo, denominado modelo didáctico EpiSTEAM, consta de cinco fases secuenciales denominadas: problematización, imaginación, creación, implementación

y reflexión. Estas fases se corresponden con la práctica educativa de los maestros, promueve la inclusión del enfoque STEAM en el aula, fomenta el pensamiento científico y fortalece el desarrollo de habilidades investigativas para la solución de problemas del contexto.

El proceso que dio origen al modelo y que se encuentra descrito en el documento, forma un protocolo para la construcción de modelos didácticos en otras áreas del currículo. El profesorado, no exclusivamente de áreas STEAM, está invitado a explorar diversas maneras de aproximarse a los estudiantes en el esfuerzo de mejorar los niveles de comprensión para lo cual los resultados y procedimientos expuestos aquí, podrían ser inspiradores. El protocolo se constituye en un hallazgo; los modelos con frecuencia son construcciones realizadas por académicos, bienintencionados, que desean confirmar teorías que resultan de procesos investigativos, pero que, al ser exógenas a las secuencias didácticas, tienen un tiempo de vida corto puesto que no nacen del contexto del maestro. EpiSTEAM explora el conocimiento de los docentes no explicitado en documentos institucionales, fundamenta teóricamente la praxis de los maestros, en especial aquellos que no tienen formación docente, que son un número significativo en las instituciones técnicas industriales.

Suele suceder que la evaluación se utilice como herramienta para alcanzar la disciplina en clase, entendida como el rito en donde los estudiantes callan para escuchar y el docente habla para enseñar. En contraposición, el modelo didáctico EpiSTEAM ofrece una alternativa para el aprendizaje activo, contextualizado y colectivo; dado que se plantea en fases, favorece la aprehensión por parte de los docentes que no poseen formación pedagógica y brinda seguridad y autoestima.

En lo que se refiere al cuarto objetivo específico, el análisis de los datos recabados de la encuesta semiestructurada y los conceptos de tres expertos que conocieron el modelo, con el fin de estimar su validez, arrojaron que:

1. El 97,4% de los docentes expresan estar *de acuerdo* o *muy de acuerdo* con las afirmaciones validantes, con una media de 4,8 y una desviación estándar de 0,583. Estos valores permiten afirmar que el modelo fue validado por los docentes encuestados. También sugieren una alta probabilidad de apropiación del modelo por parte de los maestros de instituciones técnicas industriales, en primera instancia. No obstante, no hay razón para suponer que con otras áreas y en otras instituciones de carácter diferente, no pueda ser implementado.

2. De igual manera, el modelo se dio a conocer a tres expertos para que conceptuaran sobre el mismo. Los tres concedieron un alto grado de validez al modelo didáctico EpiSTEAM e identifican como fortalezas: el origen en la praxis docente, la fundamentación teórica, la relación entre el modelo didáctico y el modelo de la ciencia y las posibilidades de implementación en otros contextos.

Se recomienda que el modelo sea incorporado, en el corto plazo, a los planes curriculares de las instituciones técnicas industriales del país. Las características de estas instituciones, al ser homólogas, facilitan su acogida. Desde su conformación legal, las instituciones técnicas industriales tienen especialidades similares y su formación está orientada al desarrollo de competencias laborales; estas características facilitan la implementación del modelo didáctico EpiSTEAM. Adicionalmente, el modelo permite afrontar la crisis que viven las instituciones técnicas y que se describe en detalle en el marco contextual; ASONIETI considera que adoptar un modelo propio, que mejore los indicadores en las pruebas estandarizadas, favorece el fortalecimiento de la formación técnica industrial.

Si se pretendiera su implementación en una institución de corte académico, se recomienda una revisión previa de los docentes del área en la que se pueda realizar ajustes en las fases del modelo o en las acciones que deben cumplir estudiantes y maestros en cada una de ellas. De cualquier manera, la implementación debe considerar el abordaje holístico de las áreas STEAM.

El protocolo procedimental utilizado en la configuración del modelo EpiSTEAM es susceptible de ser implementado en la configuración de modelos alternos para áreas del conocimiento distintas a las STEAM. En este caso, se recomienda mantener las categorías “modelo-modelización” y la “epistemología” del área respectiva. Una tercera categoría puede surgir de la praxis de los docentes del área.

En concordancia con lo expresado, se pueden declarar algunas líneas de investigación para futuros esfuerzos investigativos y de innovación educativa, que surgen de la presente investigación:

Didáctica en instituciones de carácter técnico. El énfasis en este tipo de instituciones, conformada por los institutos técnicos industriales (ITI), las instituciones de educación media diversificada (INEM) y los institutos técnicos agropecuarios (ITA), es eminentemente técnico, lo que implica un fuerte componente práctico con manipulación de herramientas y máquinas y el trabajo en contexto de las áreas STEAM; el modelo EpiSTEAM puede ser implementado como proyecto de innovación o de adaptación tecnológica, considerando las características específicas de cada una de ellas.

Construcción de modelos didácticos contextuales. El informe de investigación describe el protocolo seguido para la configuración del modelo didáctico EpiSTEAM; una característica del modelo es que surge de la observación de la práctica docente y su contrastación con teorías

que fundamentan epistemológicamente las áreas intervenidas. Así, se abre un campo para la construcción de modelos didácticos para todas las áreas del conocimiento.

Por último, se recomienda a la Universidad Católica de Manizales ofrecer al Ministerio de Educación Nacional el modelo didáctico EpiSTEAM para su eventual incorporación, de manera experimental, en los Proyectos Educativos Institucionales de los institutos técnicos industriales o del nivel media técnica del país, a manera de lineamientos didácticos de las áreas técnicas o las llamadas especialidades.

REFERENCIAS

- Adúriz Bravo, A., y Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 40-49.
- Aduriz-Bravo, A. (26 de 7 de 2017). *Consejo de formación en educación*. Obtenido de CFE-ANEP-Uruguay: <https://youtu.be/1oNPH0y8ep8>
- Adúriz-Bravo, A., Garófalo, J., Greco, M., y Galagovsky, L. (2005). Modelo didáctico Analógico: Marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias (Extra)*.
- Amador, R., y Aduriz-Bravo, A. (2011). A qué epistemología recurrir para investigar sobre la enseñanza de las ciencias. *EDUCyT*, 3-18.
- Araya, R. (2016). STEM y Modelamiento Matemático. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*(15), 291-317.
- Asimov, I. (1993). *Nueva guía de la ciencia. Ciencias físicas*. Barcelona: RBA Editores S.A.
- Bachelard, G. (2004). *La formación del espíritu científico*. (25 ed.). México: Siglo XXI.
Recuperado el 7 de 4 de 2020
- Bosch, H., Di Blasi, M., Pelem, M., Bergero, M., Carvajal, L., y Geromini, N. (2011). Nuevo paradigma pedagógico para en señanza de ciencias y matemática. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(3), 131-140.
- Botero, J. (2018). *Educación STEM, Introducción a una nueva forma de Enseñar y Aprender*. Bogotá: STEM Education Colombia.

- Chamizo, J. (2009). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 26-41. doi: http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i1.02
- Cilleruelo, L., y Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Jornadas de Psicodidáctica*.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES. (2020). *Documento CONPES 3988. Tecnologías para aprender: Política nacional para impulsar la innovación en las prácticas educativas a través de las tecnologías digitales*. Bogotá. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Economicos/3988.pdf>
- Corral de Franco, Y. J. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación*, 19(33).
- Dilthey, W. (1980). *Introducción a las ciencias del espíritu*. Madrid: Alianza.
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Revista de Educación Científica*, 2(2), 29-42. doi: <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Revista de investigación y experiencias didácticas*, 6(2), 109-120.
- Driver, R., Guesne, E., y Tiberghien, A. (1999). *Ideas científicas en la infancia y a adolescencia* (4 ed.). Madrid: Morata.
- Escobedo D., H., y Useche G., G. (1996). *Un modelo de enseñanza de la física desde la perspectiva de una psicología constructivista*. Informe de investigación, COLCIENCIAS, Bogotá.

- Escobedo, H., y Useche, G. (1999). *Investigación en el aula de física: una estrategia para la cualificación de docentes y el mejoramiento de la comprensión de los estudiantes*. De investigación, Colciencias, Bogotá.
- Fernandez, M. T., Tuset, A. M., Pérez, R. E., y Leyva, A. C. (2009). Concepciones de los maestros sobre la enseñanza y el aprendizaje y sus prácticas educativas en clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 287-298.
- Ferrater M., J. (2009). *Diccionario de filosofía* (Vol. 3). Barcelona: Ariel, S. A.
- Feyerabend, P. (1986). *Tratado contra el método*.
- Galagovsky, L., y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. el concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*, 19(2), 231-242.
- Gamow, G. (1987). *Biografía de la física*. Barcelona: Salvat Editores S. A.
- García Cadena, C. H. (2006). La medición en ciencias sociales y en la psicología. En R. Landeros, y M. T. González Ramírez, *Estadística con SPSS y metodología de la investigación*. México: Trillas.
- García, J., y Rentería, E. (2013). Resolver problemas y modelizar: un modelo de interacción. *Revista internacional de Investigación en Educación*, 5(11), 297-333. Recuperado el 20 de 3 de 2017, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4773598>
- García, Y., González, D. S., y Oviedo, F. B. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Dialogos educativos* (33), 35-46.

- Giere, R. N. (2004). How Models Are Used to Represent. *Filosofía de la ciencia*, 71(5), 742-752.
- Gómez, M. (2003). *Algunos factores que influyen en el éxito académico de los estudiantes universitarios en el área de Química*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona. Bellatera, Barcelona.
- Gómez, V. M. (1993). El valor ocupacional y formativo de la Educación Técnica Secundaria en Colombia. *Revista colombiana de Educación*(27). doi:<https://doi.org/10.17227/01203916.5308>
- González, A. (2005). Resolver problemas para aprender: una propuesta para el desarrollo de competencias de pensamiento científico en la facultad de ciencias. *Enseñanza de las ciencias, Extra*.
- Greca, I. M. (2018). La enseñanza STEAM en la Educación primaria. En J. A. Meneses V., y I. Greca D., *Proyectos STEAM para la educación primaria. Fundamentos y aplicaciones prácticas* (págs. 19-39). Madrid: Dextra Editorial.
- Greca, I., y Meneses V., J. A. (2018). *Proyectos STEAM para la Educación Primaria*. Madrid, España: Dextra.
- Grosser, G. (2016). *El rol de la teoría en la investigación social*. Ensayo para el V Encuentro Latinoamericano de Metodología de las Ciencias, Mendoza. Recuperado el 27 de 8 de 2020, de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.8466/ev.8466.pdf
- Guba, E., y Lincoln, Y. (2012). *Controversias paradigmáticas, contradicciones y confluencias emergentes. Manual de investigación cualitativa* (Vol. 2). Barcelona: Gedisa.
- Hawking, S., y Mlodinow, L. (2010). *El gran diseño*. Bogotá: Planeta Colombiana S.A.

Hernández, R., y Baptista, C. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). Mexico D.F.: McGraw-Hill.

Hinojosa, J., y Sanmartí, N. (2015). La autorregulación metacognitiva como medio para facilitar la transferencia en mecánica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 12(2), 249-263. doi:10498/17250

Hurtado, J. (1998). *Metodología de la investigación holística*. Caracas, Venezuela: FUNDACITE-SYPAL.

ICFES. (2007). *Resultados de Colombia en TIMSS 2007*. Bogotá: ICFES. Recuperado el 31 de 7 de 2017, de <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj3M7-gcjVAhVGeCYKHUFEAwMQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.icfes.gov.co%2Fd>

ICFES. (s.f.). <http://www2.icfes.gov.co>.

Jeans, J. (1953). *Historia de la física*. México: Fondo de Cultura Económica.

Jiménez, V. M., y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(3), 331-339.

Jimenez, V. M., Borrachero, A. B., Melo, L. V., y Dávila, M. A. (2014). La emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 11-36.

- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teacher's views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387. doi:10.1080/09500690110110142
- Kuhn, T. S. (2006). *La estructura de la revoluciones científicas* (3 ed.). México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Lara, A., y Cerpa, G. (2014). Enseñanza de la Física y desarrollo del Pensamiento Crítico. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 8(1), 51-59. Recuperado el 20 de 3 de 2017, de https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Lara-Barragan_Gomez/publication/286420238_Ensenanza_de_la_Fisica_y_desarrollo_del_Pensamiento_Critico/links/5668b21108ae7dc22ad38644.pdf
- Manzano, J., Gómez, M., y Mozo, J. (2017). Mecanismos articulados: Geometría Dinámica y Cinemática en un entorno educativo STEM. *INNOEDUCA. International Journal of Technology and Educational*, 3(2), 15-27. doi:<http://dx.doi.org/10.24310/innoeduca>
- Mardones, J. M. (1994). *Filosofía de las ciencias humanas y sociales. Materiales para una fundamentación científica*. Bogotá: Anthropos.
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., y Melo, L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36. Recuperado el 17 de 2 de 2018, de <http://hdl.handle.net/10272/10866>
- Meneses V., J. A., y Diez O., M. (2018). El enfoque de enseñanza STEAM a través de la metodología de indagación. En I. M. Greca D., y J. A. Meneses V., *Proyectos STEAM para la educación primaria. Fundamentos y aplicaciones prácticas* (págs. 55-91). Madrid: Dextra.

- Moreira, M. A., Greca, I. M., y Rodriguez, M. L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista brasileira de investigación en educación en ciencias*, 2(3), 84-96. Recuperado el 12 de 3 de 2017, de <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2337/1737>
- Nadelson, L., y Seifert, A. (2017). STEM integrado definido: Contextos, desafíos y el futuro. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221-223. doi:<https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>
- National Academy of Science. (Noviembre de 2013). *DCI Arrangements of the Next Generation Science Standards*. Recuperado el 20 de Octubre de 2020, de <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/NGSS%20DCI%20Combined%2011.6.13.pdf>
- Nicolaou, C., & Constantinou, C. (2014). Assessment of the modeling competence; A systematic review and synthesis of empirical reserach. *Educational Research Review*, 13, 52-73. doi:<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001>
- OECD. (2007). *PISA 2006. Science Competencies for Tomorrow's World, Vol 1*. Informe de Resultados de las pruebas PISA.
- Oliva, J. (2019). Different definitions for the idea of modeling in science education. *Enseñanza de las ciencias*, 37(2), 5-24.
- Oliva, J. M. (2001). Distintos niveles de análisis para el estudio del campo conceptual en el dominio de la mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 89-102.

- Pabón, C. (2020). *Construcción de saber pedagógico en profesores universitarios a través de la reflexión y la transformación de sus prácticas docentes: una comprensión biográfica narrativa (Tesis doctoral)*. Manizales. Recuperado el 20 de 1 de 2021, de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/3046>
- Pérez, R. (2003). *¿Existe el método científico?* (3 ed.). México, México: Fondo de Cultura Económica.
- Pfundt, H., y Duit, R. (2009). Concepciones de estudiantes y docentes y educación en ciencias. *Bibliografía - STCSE*. Obtenido de <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>
- Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: Una revisión argumentada. *Ciencia y Educación*, 21(2), 307-327.
- Popper, K. (1983). *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del pensamiento científico*. Buenos Aires: Paidós.
- Popper, K. R. (1994). La lógica de las Ciencias sociales. En J. M. Mardones, *Filosofía de las ciencias humanas y sociales: Materiales para una fundamentación científica* (págs. 171-186). Bogotá: Anthropos.
- Porlán Ariza, R., Rivero García, A., y Martín del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las ciencias*, 16(2), 271-288.
- QuestionPro*. (15 de 1 de 2021). Obtenido de <https://www.questionpro.com/es/>
- Ritchey, F. (2008). *Estadística para las Ciencias Sociales* (Segunda ed.). México D. F.: McGraw-Hill Interamericana.

- Rodríguez, E. (2007). *Modelo de intervención docente que posibilita evolución conceptual, metodológica y actitudinal*. Doctoral dissertation, Universidad de Burgos, Burgos.
- Ruiz, F. J. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 3(2). Recuperado el 14 de 3 de 2017, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa>
- Russell, B. (1983). *La perspectiva científica*. Madrid, España: Sarpe S.A.
- Sánchez, C. (24 de 1 de 2020). *Normas APA actualizadas (7a edición)*. Obtenido de <https://normas-apa.org>
- Sanmartí, N., Burgoa, B., y Nuño, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultades para utilizar sus conocimientos escolares en situaciones cotidianas? *Didáctica de las ciencias experimentales*, 67, 62-68.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., & Shwartz, Y. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Senado de la República de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Recuperado el 27 de 8 de 2020, de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html
- Solas R., L. (2018). Introducción al concepto de fuerza a través de la construcción de una catapulta. En I. M. Greca Dufranc, y J. A. Meneses Villagrà, *Proyectos STEAM para la educación primaria* (págs. 195-221). Madrid: Dextra.

- Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinan, P. (2009). *STEM Education in Southwest Pennsylvania the missing components*. Obtenido de <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>
- Turpo-Gebera, O., Alemán, L. G., Díaz Zavala, R. M., y Pari-Tito, F. (2020). La didáctica de las ciencias y tecnologías en la conceptualización docente en instituciones educativas de Perú. *Revista ibérica de sistemas y tecnologías de la información*, 60-74.
- Useche G, G., y Vargas G., J. (2019). Una revisión desde la epistemología de las ciencias, la educación STEAM y el bajo desempeño de las ciencias naturales en la educación básica y media. *TEMAS*(13), 109-121.
- Vasco, C., Escobedo, H., Negret, J., y Pereira, T. (1999). *El saber tiene sentido: Una propuesta de integración curricular*. Bogotá: Cinep.
- Vo, H. M., Zhu, C., & Diep, N. A. (2017). The effect of blended learning on student performance at course-level in higher education: A meta-analysis. *Studies in Educational Evaluation*, 53, 17-28.
- Wiñar, D. (1981). *Educación Técnica y Estructura Social en America Latina*. UNESCO - ECLA - UNPD. Buenos Aires: CEPAL. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/28572>
- Zambrano, A., Salazar, T., Candela, B., y Villa, L. (2013). Las líneas de investigación en educación en ciencias en Colombia. *Asociación Colombiana para la investigación en Educación en Ciencia y Tecnología. EDUCyT*, 7, 78-109.

Anexos

Anexo 1. Encuesta con opciones de respuesta tipo Likert

Las opciones de respuesta para cada afirmación son:

1. Muy en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Muy de acuerdo

A continuación, se hacen algunas afirmaciones agrupadas por temáticas. Seleccione la respuesta según corresponda:

El modelo didáctico STEAM:

1. Estimula la generación de conocimiento a partir de situaciones problema.
2. Busca que el estudiante construya soluciones a problemas prácticos, implementando la tecnología para elaborar diseños, maquetas, *tecnofactos*, *software*, etc.
3. Promueve el aprendizaje centrado en el estudiante.
4. Fomenta el trabajo interdisciplinario.
5. Desarrolla las habilidades para la resolución de problemas.
6. Promueve el aprendizaje, a partir de producir conflictos con los saberes que posee el estudiante.
7. Motiva la construcción de modelos como representaciones de la realidad.
8. Enfatiza en la construcción y modificación de modelos y no en la adquisición de modelos preestablecidos.

9. Promueve el proceso de transferencia, a través de la aplicación del modelo construido en otros contextos.
10. Origina conflictos de carácter cognitivo al plantear situaciones reales que contradicen el modelo.
11. Favorece la formulación de hipótesis, realización de predicciones e inferencias.
12. Promueve el trabajo de problemas cualitativos para ejecutar la acción de construir modelos.
13. Permite imaginar un estado futuro de la realidad, a partir de la evolución del modelo construido.
14. Favorece la comprensión de los conceptos científicos y matemáticos.
15. Origina un acercamiento del estudiante a la realidad, a través de hacer representaciones mentales de ella.
16. Aporta al fortalecimiento de las instituciones técnicas industriales.
17. Desarrolla y/o potencia las competencias necesarias para el siglo XXI.
18. Favorece el desarrollo de habilidades necesarias para el mundo laboral y el sector productivo.

Las preguntas 19 y 20 buscan conocer su opinión sobre aspectos generales en educación:

19. ¿Considera pertinente la utilización de modelos didácticos integradores, para mejorar las prácticas de los docentes y, por ende, los aprendizajes?
 20. Dé su apreciación sobre el estado actual de la institución educativa, en el ámbito de la enseñanza y los aprendizajes.
-

Anexo 2. Cuestionario guía de la entrevista en profundidad

Pregunta problema:	¿Cómo estaría configurado un modelo didáctico basado en el enfoque STEAM y epistemología de las ciencias que aporte a la enseñanza en educación media técnica?		
Objetivo general	Proponer un modelo didáctico fundamentado en el enfoque STEAM y la epistemología de las ciencias que aporte al proceso de enseñanza en la educación media técnica industrial		
Personas entrevistadas: Docentes de áreas STEAM (Ciencias Naturales, Tecnología, ingeniería, Artes y Matemáticas)			
Objetivo específico atendido	Pregunta técnica	Pregunta Coloquial <small>(para hacer al docente)</small>	Intencionalidad de la Pregunta
1 Determinar las características y configuraciones utilizadas en los modelos didácticos fundamentados en la epistemología de las ciencias	¿De qué manera la enseñanza integrada de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las artes podrían potenciar los aprendizajes en cada una de estas áreas?	¿Conoce la educación STEAM?, ¿Cree que la educación STEAM facilita el aprendizaje de las áreas que la componen?	Pretende que el docente reflexione sobre la posibilidad de una enseñanza integrada de las áreas STEAM
2 Valorar la incidencia del modelo didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje en educación STEAM, en el nivel media técnica	¿Considera que las condiciones institucionales favorecen la enseñanza integrada de las áreas STEAM?, En su defecto, ¿cree que se podrían generar dichas condiciones?	¿Le parece viable que se enseñe de manera integrada las áreas STEAM en el colegio?, si no, ¿qué se podría hacer para que este propósito sea posible?	Permitir que la enseñanza integrada de las áreas STEAM en la institución sea vista como viable en el corto plazo
3 Determinar las características y configuraciones utilizadas en los modelos didácticos fundamentados en la epistemología de las ciencias	¿Le parece conveniente aunar esfuerzos con docentes de otras áreas con el ánimo de generar aprendizajes holísticos en los estudiantes?	¿Cree posible realizar una integración de algunas áreas al momento de ser enseñadas?	Generar expectativa hacia la construcción colectiva de modelos

4	Construir un modelo didáctico para educación STEAM, fundamentado en la epistemología de las ciencias	¿Considera factible el diseño de un modelo didáctico para la enseñanza integrada de las áreas STEAM?	¿Considera posible que todos los docentes realicen sus clases de la misma forma (estandarizada), siempre que se obtengan resultados óptimos?	Permite a los docentes contemplar la posibilidad de la enseñanza integrada de las áreas STEAM. Busca la visualización de la situación como una acción viable.
5	Determinar las características y configuraciones utilizadas en los modelos didácticos fundamentados en la epistemología de las ciencias	¿Qué elementos debieran ser considerados en el diseño de una didáctica STEAM?	¿Qué le parece importante tener en cuenta cuando enseña algún tema?	Invita a la participación de los docentes en la construcción o el diseño de un modelo didáctico STEAM.
6	Identificar los elementos STEAM pertinentes para el nivel de educación media técnica	¿Podría identificar algunos elementos comunes desarrollados desde las áreas STEAM? (habilidades mentales, competencias, procesos de pensamiento, etc.)	Usted, como docente, ¿qué actividades, procedimientos, etc., realiza con los estudiantes que son realizados por otros docentes en sus clases?, es decir, en clase, ¿hace algo con la misma intencionalidad de otros docentes?	Busca que los maestros cuestionen la priorización de contenidos sobre los procesos mentales.
7	Determinar las características y configuraciones utilizadas en los modelos didácticos fundamentados en la epistemología de las ciencias	¿Cree que existen o se pueden crear situaciones problemáticas para ser abordadas desde diferentes áreas, con el fin de construir soluciones integrales?	¿Es posible trabajar con la misma situación problema desde varias áreas?	Vislumbrar la posibilidad de hallar soluciones holísticas a problemas verdaderos y reales
8	Construir un modelo didáctico para educación STEAM fundamentado en la epistemología de las ciencias	¿Estaría dispuesto(a) a participar en un proyecto de investigación tendiente a construir un modelo didáctico para la enseñanza STEAM?	¿Le gustaría colaborar en la construcción de una propuesta didáctica para la enseñanza STEAM?	Involucrar a los docentes en la implementación del modelo didáctico mediante un proceso de investigación
9	Determinar las características y configuraciones utilizadas en los modelos didácticos fundamentados en la epistemología de las ciencias	¿En qué forma el conocimiento de la historia de las disciplinas aporta en la construcción de un modelo didáctico?	¿Considera que conocer la historia de su disciplina le ayuda en la didáctica que aplica?, ¿cómo?	Motivar al conocimiento de la epistemología, de la historia de las disciplinas y al reconocimiento de la manera como los

10	Cuando explica en clase determinado contenido, ¿implementa en el aula actividades realizadas por los científicos al momento de construir el conocimiento a enseñar?	¿Conoce los experimentos realizados por los científicos que dieron lugar a los conceptos de su área?, ¿Suele replicar experiencias de los científicos en su clase?	contenidos del área han sido construidos.
11	Establecer los fundamentos epistemológicos para un modelo didáctico de educación STEAM	¿Conoce alguna teoría sobre la manera en que se llevó a cabo la construcción de los conceptos de la ciencia que imparte?	¿Sabe cómo se originaron los conceptos de su área?

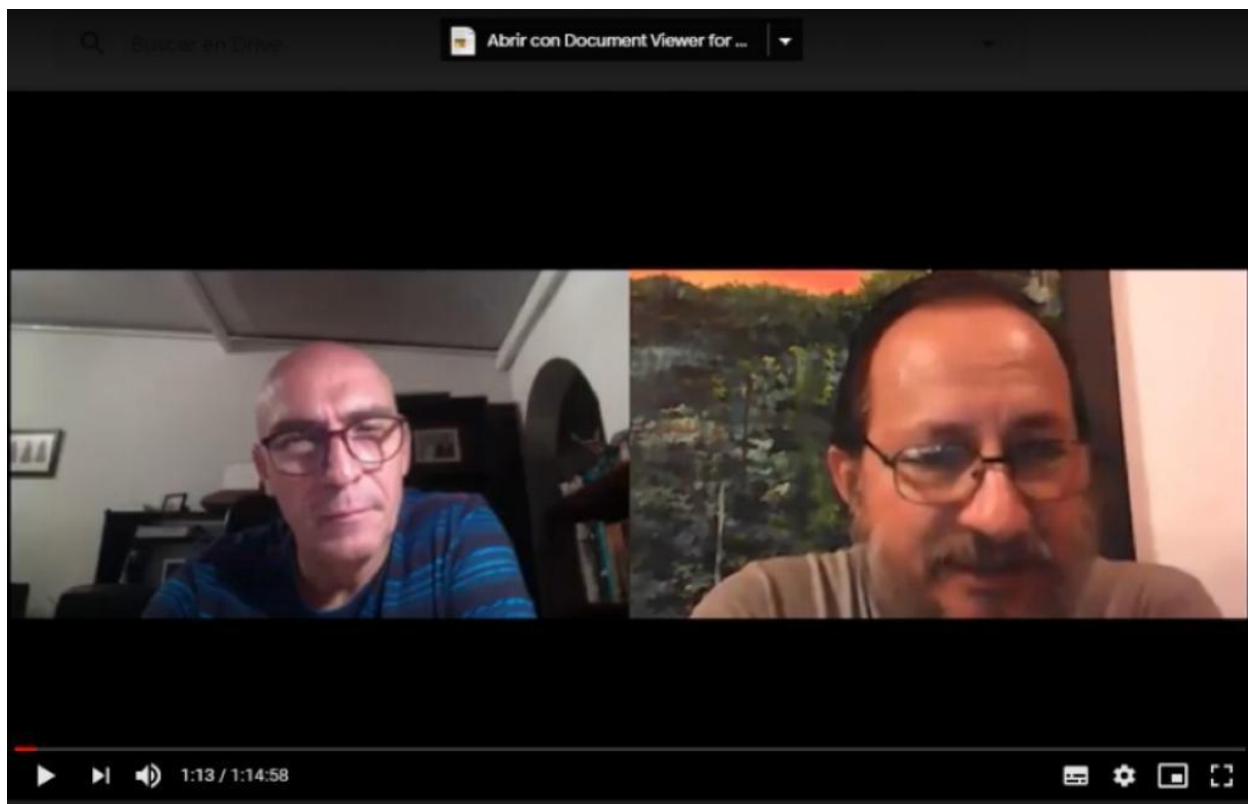
Anexo 3. Enlaces para Visualizar las Entrevistas

Documento primario	Docente	Enlace de visualización de la entrevista
P1	Alben Melo	https://drive.google.com/file/d/1L5d3BEk5UbfAQan_aLvJ6ZwP0adm5X5m/view?usp=sharing
P2	Gustavo Vanegas	https://drive.google.com/file/d/1fJ4JJGUkXxvA2cpnMeelsEzL01Ll_N9I/view?usp=sharing
P3	Julio Cesar Ortega	https://drive.google.com/file/d/1WXIQ2CikE9rxpsGP3_qkvMHPMEb89uYg/view?usp=sharing
P4	Luis Valencia	https://drive.google.com/file/d/17iHxXp3sAw4hcCj-jM1ZdkSykStpBi38/view?usp=sharing
P5	Yolanda Penagos	https://drive.google.com/file/d/1e5Myww5s4ZCtWgD8C5MrT4qcU8_W9JVD/view?usp=sharing

Fuente: Autoría propia

Anexo 4. Entrevista a experto Guillermo Alfonso Rojas Sánchez, realizada el 10 de septiembre de 2020:

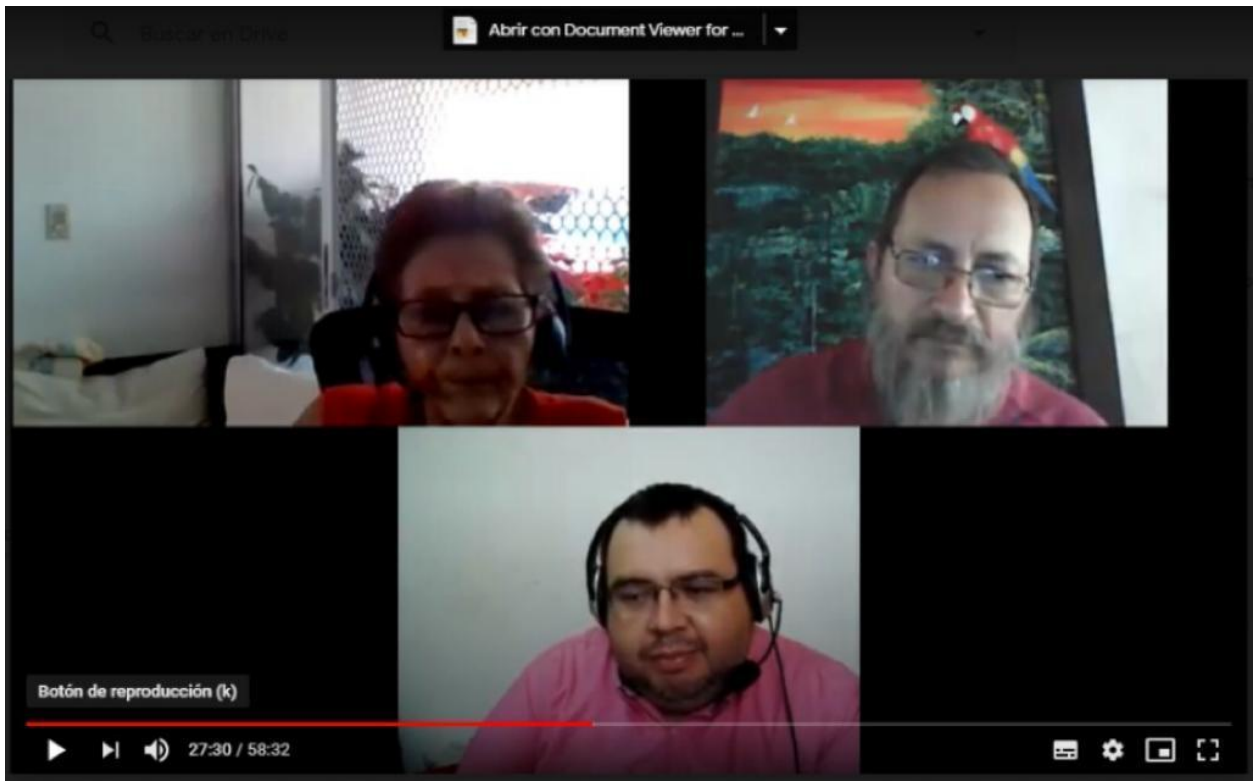
<https://drive.google.com/file/d/1oc2qzwyaz0Sd7Pqno4fN8MgISXE00PxJ/view?usp=sharing>



Anexo 5. Entrevista a experta María Constanza Cortés de Romero, realizada el 3 de octubre de 2020:

En la entrevista participaron, además de la experta y el autor de la tesis, el asesor del trabajo, Dr. Javier Vargas.

https://drive.google.com/file/d/11eY7Node6Ji-jq-9VVenDWLLzvn0X_HN/view?usp=sharing



Anexo 6. Concepto del experto, Dr. Camilo Torres Gómez:**Evaluación del modelo didáctico basado en el enfoque STEAM y epistemología de las ciencias que aporte a la enseñanza en educación media técnica:**

El modelo didáctico propuesto cumple con los criterios exigidos para la educación STEAM, en cuanto a juicios de suficiencia, claridad, coherencia, relevancia, permitiendo que el estudiante lleve a cabo un proceso de enseñanza-aprendizaje activo, que le permite solucionar problemas del contexto, de forma creativa e innovadora.

Este modelo didáctico de enseñanza-aprendizaje, centrado en el estudiante, permite que el aprendiz adquiera destreza para la resolución de problemas, desarrollar su espíritu investigativo, estimular su destreza para las matemáticas, así como el desarrollo de habilidades informáticas.

La metodología utilizada para la obtención del modelo didáctico es muy pertinente, presenta momentos didácticos coherentes y tienen en cuenta los criterios epistemológicos de un modelo didáctico, así como los criterios necesarios para la educación STEAM.

Cordialmente:



Camilo Torres Gómez

Doctor en ciencias de la educación