

**INTEGRACIÓN DISCIPLINAR
FÍSICA-INFORMÁTICA Y SU INCIDENCIA
EN LA CAPACIDAD DE REPRESENTACIÓN
DE PROBLEMAS DE FÍSICA**

**EN ESTUDIANTES DE CICLO V DE UNA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA PÚBLICA DE BOGOTÁ**

DIEGO LEONARDO TOVAR RODRÍGUEZ



Instituto Latinoamericano de Altos Estudios

Integración disciplinar física-
informática y su incidencia en
la capacidad de representación
de problemas de física
en estudiantes de ciclo V de una
institución educativa pública de Bogotá

Integración disciplinar física-
informática y su incidencia en
la capacidad de representación
de problemas de física
en estudiantes de ciclo V de una
institución educativa pública de Bogotá

Diego Leonardo Tovar Rodríguez

Queda prohibida la reproducción por cualquier medio físico o digital de toda o un aparte de esta obra sin permiso expreso del Instituto Latinoamericano de Altos Estudios –ILAE–.

Esta publicación se circunscribe dentro de la línea de investigación Sistemas Sociales y Acciones Sociales del ILAE registrada en Colciencias dentro del proyecto Educación, equidad y políticas públicas.

Publicación sometida a evaluación de pares académicos (*Peer Review Double Blinded*).

Esta publicación está bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 3.0 Unported License.



ISBN: 978-958-8492-94-0

© DIEGO LEONARDO TOVAR RODRÍGUEZ, 2015
© Instituto Latinoamericano de Altos Estudios –ILAE–, 2015
Derechos patrimoniales exclusivos de publicación y distribución de la obra
Cra. 18 # 39A-46, Teusquillo, Bogotá, Colombia
PBX: (571) 232-3705, FAX (571) 323 2181
www.ilae.edu.co

Diseño de carátula y composición: HAROLD RODRÍGUEZ ALBA
Edición electrónica: Editorial Milla Ltda. (571) 702 1144
editorialmilla@telmex.net.co

Editado en Colombia
Edited in Colombia

CONTENIDO

RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO PRIMERO	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
I. El problema y su importancia	15
II. Objetivos	19
A. Objetivo general	19
B. Objetivos específicos	19
CAPÍTULO SEGUNDO	
MARCO REFERENCIAL Y TEÓRICO	21
I. Marco referencial	21
II. Marco teórico	26
A. Interdisciplinariedad	26
1. El saber en la historia	27
2. Disciplina y actividad productiva	27
3. Teorías sobre la integración disciplinar	28
4. La complejidad de los términos	29
5. Pensamiento cubano sobre interdisciplinariedad	32
6. Escuela francófona	36
7. La epistemología de las disciplinas	38
8. Disciplina escolar	40
9. La integración disciplinar en la escuela	41
B. Uso de recursos informáticos	42
1. Interactividad	43
2. Simulaciones, APPLET y FISLET	45

Integración disciplinar física-informática y su incidencia...

C.	Modelos y representación	47
1.	La representación desde el punto de vista epistemológico	48
2.	Tipos de representación	49
3.	Dos grandes tipos de representación	51
4.	Tipos de representaciones externas	53
5.	Clasificación de las representaciones gráficas	55
D.	Representación de problemas de física	58
CAPÍTULO TERCERO		
METODOLOGÍA		61
I.	Diseño metodológico	61
II.	Variables	64
A.	Variable independiente	64
1.	Aspecto conceptual de la variable independiente	64
2.	Operacionalización de la variable independiente	66
B.	Variable dependiente	66
1.	Aspecto conceptual de la variable dependiente	67
2.	Operacionalización de la variable dependiente	69
III.	Proceso de validación de la prueba	72
CAPÍTULO CUARTO		
ANÁLISIS DE DATOS		79
I.	Verificación de la condición de distribución normal de los datos	79
II.	Determinación de capacidad de representación de problemas de física en grupos control y experimental	83
III.	Prueba t-student para muestras independientes	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		89
I.	Conclusiones	89
II.	Recomendaciones y proyecciones	92
BIBLIOGRAFÍA		95
ANEXOS		101

RESUMEN

Aunque el tema de la integración disciplinar tiene muchos más defensores que detractores, también se debe reconocer que una cosa es aceptar la epistemología relacionada, y otra, convertir el discurso en proyectos de aula. Este proyecto centra en los efectos que un alto nivel de integración disciplinar entre física e informática, producen sobre la capacidad de representación de problemas de física.

El proyecto empieza por cumplir con el rigor de definir claramente el problema, formularlo, establecer los objetivos, metodología, etc.; se da claridad frente a la relación y diferencia entre disciplina científica y disciplina escolar, sobre todo con la intención de establecer que tanto la física como la informática son, cada una de ellas, disciplinas con sus cuerpos teóricos, metodologías de investigación, comunidades adscritas y capital institucional representado en generación de profesionales del campo referido del saber. El término *alto nivel de integración* disciplinar implica un gran compromiso para lo que se establece a Gerard Fouerez, como el principal aportante en los aspectos epistemológicos, de Hasni-Lenoir, la amplia experiencia consignada en investigaciones de la universidad de Sherbrooke, referidas a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias con integración a diferentes áreas del conocimiento, material este que alimentó el diseño de la unidad didáctica en la que se materializa la integración. Se aplica test y pre-test, instrumentos previamente validados vía expertos, a los grupos control y experimental, de donde se obtienen los datos que posteriormente son procesados con apoyo de un programa estadístico.

INTRODUCCIÓN

El término interdisciplinariedad ha sido adoptado en todos los sectores relacionados con la educación y hay una amplia aceptación sobre su potencial utilidad en los diferentes niveles educativos. Se encuentra un amplio repositorio de *papers*, libros, artículos, reflexiones, estudios, etc., que defienden la conveniencia de rediseñar los currículos centrados en la integración disciplinar argumentando un mejor desempeño cognitivo tanto a nivel de competencias específicas como transversales. Sin embargo, es necesario mencionar que también hay un importante volumen de producción literaria que cuestiona, desde la polisemia existente en torno a los términos, hasta las nocivas distorsiones detectadas en varios escenarios educativos (LENOIR, HASNI y LAROSSE, 2007).

Uno de los aspectos más perjudiciales que debe enfrentar la educación en Colombia, es la incapacidad de proyectarse a largo plazo y con ellos, diseñar políticas sostenibles que permitan evidenciar los efectos esperados por las mismas en prolongados periodos de tiempo. La Secretaría de Educación en la ciudad de Bogotá inició durante el periodo 2008 lo que se dio en llamar: reorganización curricular por ciclos, en adelante RCC, la que daba gran importancia a la integración disciplinar, e incluía este aspecto dentro de las llamadas herramientas para la vida y Base Común de Aprendizajes Esenciales; no obstante, tras el cambio de administración el tema ha pasado a un segundo plano pues como plantea SACRISTÁN (1991), pareciera que para producir la sensación de gestión, lo primero que hacen los nuevos equipos de dirección es suprimir, ignorar o en el mejor de los casos, subestimar las acciones y planes diseñados por el grupo de dirección saliente.

Este es entonces el último revés que ha sufrido la política de articulación disciplinaria, en la ciudad capital, y sin embargo, durante el periodo mencionado, los grupos de docentes encargados de agenciar la que en ese entonces era la política de la SED, inventariaron un gran

número de procesos desarrollados en las instituciones educativas de la ciudad, insumo con el cual se pudo establecer que mucho de lo que suele ser declarado como interdisciplinar, en realidad se ubica en un espectro en el que se pueden identificar diferentes niveles de integración disciplinar.

Ya otros autores en Colombia, habían llamado la atención sobre el hecho de que la dificultad de colocar en la escena pedagógica, proyectos con altos niveles de integración disciplinar, hallaba una explicación parcial en el hecho de que los campus encargados de formar a los formadores, no prestan atención real. En Colombia ni siquiera hay un estudio postgradual que le permita a los docentes fortalecer epistemológicamente sus prácticas pedagógicas en cuanto a la integración disciplinar. Esta es una necesidad pues como dice FOUREZ (1994), el ejercicio de integración disciplinar no puede ser un acto de improvisación o un *ejercicio del espíritu*. En lugar de esto se necesita una formación en el tema desde el pregrado y mantenerla de manera continua, de manera que les permita a los docentes reflexionar, enriquecer y hasta re-orientar sus prácticas, en el aula de clase.

El inventario mencionado, en líneas anteriores ratificó lo que algunos autores han identificado en otras latitudes (FOUREZ, 2002; AGNIEZCA, 2011) y es que la gran mayoría de los acciones que son identificados por sus gestores, como de alta integración disciplinar, se mantienen en realidad dentro de las tipologías básicas, cualquiera que sea la clasificación adoptada.

Aunque la condición descrita, se generaliza a todo el contexto escolar, las disciplinas científicas se enfrentan a un problema adicional y es una territorialidad fuertemente definida por los saberes de los que se ocupa y actitudes excluyentes hacia otros conocimientos. El maestro de física se ocupa de su disciplina y le cuesta mucho proyectar su accionar pedagógico más allá de “su propio” campo del saber. En este sentido, aunque es frecuente encontrar docentes que reconocen la importancia de cosas como la comprensión lectora, el uso de tecnologías de la información y la comunicación, etc., no se puede decir que sean apreciaciones que se correspondan con diagnósticos juiciosos y mucho menos que estos elementos se incluyan de manera profunda y sostenida en la planeación y ejecución curricular.

La condición de la enseñanza de la física en Colombia se inscribe en el contexto general de la enseñanza de las ciencias (DIE, 2013). Se

ha sido y se sigue siendo conservador en cuanto a la implementación de prácticas pedagógicas, esto con la coexistencia de discursos modernistas que citan avances de las ciencias cognitivas. Por ejemplo, aunque desde hace ya varias décadas se viene hablando de la necesidad de contextualizar las situaciones problémicas a las que se expone a los estudiantes, persiste una amplia falta de conexión entre la ciencia que se enseña y los problemas reales identificables en los contextos. La convivencia entre elementos conservadores y nuevos, es muy común y se podría entender que es parte natural del proceso de renovación de ideas en las que las nuevas deben abrirse camino por entre las viejas; lo interesante de este proceso es que el campo de batalla entre las diferentes concepciones no se da de manera abstracta, sino que toma cuerpo tanto en planteles como en docentes. Esto explica que aunque la mayoría de los docentes de física y otras disciplinas científicas aceptan la importancia de incorporar el uso de tecnologías de la información y la comunicación, suelen hacerlo de manera conservadora, reduciendo su efectividad a la de un recurso de presentación y reproducción de información similar a la que se podría hacer el viejo VHS o el DVD. Se aclara, como dice GALVIS (2004) que no es que no haya valor en estas aplicaciones, pero como en el caso de la integración disciplinar se mantiene precisamente en un nivel bajo de las posibilidades de desarrollo cognitivo. Siendo por ejemplo, la interactividad uno de los plus más importantes obtenidos desde el advenimiento de la informática apoyada en ordenadores (ROLL y HECHAVARRÍA, 2011), continua siendo un aspecto pobremente explorado.

El proyecto propuesto se inspira y proyecta sobre la base de los aspectos mencionados hasta ahora: integración disciplinar, enseñanza de la física y uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación. La intencionalidad a largo plazo, más allá incluso de los objetivos establecidos para la presente propuesta, es la de mejorar el desempeño de las estudiantes del Colegio Clemencia de Caycedo en las áreas científicas, específicamente de la representación en física, integrando disciplinarmente estas al uso de recursos informáticos y aportar a la mejor comprensión de la puesta en escena de dicha integración. Avanzar hacia esta meta implica que cada uno de los pasos debe darse con firmeza por lo que se definió explorar el mejoramiento de la capacidad de representación de problemas de física, mediado esto con el uso de los recursos informáticos tipo simulación.

El primer capítulo de esta investigación centra en formular el problema, estableciendo el correspondiente diagnóstico, el que anima y sitúa al proyecto como un aporte práctico en el mejoramiento de las competencias científicas de las estudiantes de la institución, se establece la justificación, la metodología, los objetivos y la metodología.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico correspondiente a los tres aspectos tocados en los párrafos anteriores, es decir integración disciplinar, enseñanza de la física e informática, anudado finalmente con los conceptos asociados a la representación de problemas de física.

El capítulo tres centra en la presentación de los datos obtenidos mediante el instrumento diseñado para tales efectos que consiste en una unidad didáctica, que incorpora test y pos-test. La información obtenida por cuenta del instrumento será procesada con el programa SSPS para contrastar los resultados de las pruebas mediante la Prueba t de Student para comparación de muestras independientes.

En el capítulo cuarto, se presentan las conclusiones clasificadas según los objetivos planteados en el trabajo, haciendo énfasis en la representación de problemas de física. Es en este capítulo donde se incluyen las recomendaciones para lo que deberá ser la continuación de este proceso, retornando a la inclusión de la lectura como aspecto fundamental del mejoramiento de los desempeños en el aprendizaje de la física.

Se cierra finalmente este documento con la presentación de las referencias en las que se apoyó el autor junto a los anexos declarados a lo largo del texto.

CAPÍTULO PRIMERO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I. EL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA

Las pruebas estandarizadas nacionales e internacionales han mostrado persistentemente debilidades en las competencias científicas en el colegio Distrital Clemencia de Caycedo (TOVAR *et al.*, 2007). Además de los bajos o regulares resultados obtenidos en las evaluaciones externas, la gestión cotidiana ratifica el desalentador diagnóstico manteniendo en esta área preocupantes tasas de mortalidad académica de las ciencias en la institución.

La institución educativa se encuentra ubicada en la localidad 18 de la ciudad de Bogotá, atiende en sus jornadas diurnas una población femenina de estratos 1, 2 y 3. Dada la condición socio-económica de las estudiantes, sus opciones de futuro desarrollo académico, profesional y social, suelen estar asociadas a las posibilidades de ingreso a universidades que les ofrezcan educación de calidad o que por lo menos colmen sus expectativas personales. Es sabido que la oferta educativa de calidad, en el sector privado, alcanza costos muy altos, los que escapan a las posibilidades económicas de nuestras estudiantes; esta situación coloca a la educación pública como una alternativa altamente demandada por todos los egresados provenientes de los estratos populares. También es sabido que los resultados en las pruebas estandarizadas, específicamente las realizadas por el ICFES, obran a manera de filtro en la asignación de los muy limitados cupos de la oferta pública, o como en el caso de la Universidad Nacional de Colombia, se debe presentar un examen de ingreso cuya dificultad es reconocida como superior a cualquiera de los estandarizados.

Aunque se entiende que las posibilidades de ingreso a la universidad no deberían estar mediadas por una racionalidad económica sino que

la consistente garantía del derecho a la educación tendría que ofrecerle a los ciudadanos la posibilidad de alcanzar su realización personal por vía de la educación, claro, si esta es parte medular de su proyecto de vida, el hecho es que al momento de enfrentarse a este tipo de pruebas, las estudiantes del Colegio Clemencia de Caycedo suelen estar menos preparadas que los hijos de la clase media y alta, y por tanto, con mucha frecuencia son estos últimos quienes terminan obteniendo los cupos. Para hacerse una idea de las dimensiones del problema en esta institución se puede analizar al hecho que en los últimos cinco años, solo han logrado ingresar a la Universidad Nacional, cinco estudiantes graduadas en su primer intento (Colegio Clemencia de Caycedo, 2011), lo que significa menos del 0,5% anual pues cada año se gradúan un promedio de 240 estudiantes en las dos jornadas diurnas; además en esencia, el colegio se ha mantenido en niveles bajo y medio en los resultados de las pruebas ICFES (2011) dentro de lo cual, el componente de física presenta el mismo comportamiento. Desde luego que la presente propuesta no se proyecta a todos los aspectos de la física; de manera concreta, se focaliza en las representaciones en esta disciplina, tanto en las desarrolladas por los estudiantes y que hasta un punto evidencian sus procesos cognitivos, como las interpretadas por ellos y que le deberían ayudar a entender mejor las situaciones problemáticas que se les plantean.

Desde luego que las pruebas referidas no solo evalúan competencias científicas, ni la base común de aprendizajes, política planteada dentro del plan de mejoramiento de la calidad y la reorganización curricular por ciclos, hace referencia solo a estas; pero la presente propuesta apunta a fortalecer los aprendizajes de las estudiantes en estas competencias, específicamente las de física.

Desde otro lado, aunque se reconoce que la informática se ha ido posicionando en todos los espacios de la cultura, en el caso de la educación, su uso tiende a tener características más extensivas que intensivas. Apoyándose en las ideas de GALVIS (2006), de las diferentes formas de uso detectadas en los escenarios educativos, la que sigue ocupando un lugar preeminente es la de tipo transmisivo, esto a pesar del hecho de que las que se apoyan principalmente en la interconectividad ha ido ganando espacio. Sin embargo las que buscan mejorar los procesos de construcción de conocimiento se mantienen en niveles bajos.

La gestión misma de los docentes de informática suele centrarse en el desarrollo de habilidades funcionales e instrumentales frente al manejo de algunos programas, lo que les coloca en una posición absolutamente conservadora pues de un lado, solo se les está enseñando a los estudiantes a manejar herramientas que, dada la celeridad con la que se ejecutan los cambios a nivel tecnológicos, estarán obsoletos tras uno o dos años después de haber sido aprendidos y de otro lado, reducen el área a su mínima expresión pues esta termina siendo un *islole de racionalidad* (FOUREZ, 2008) que coloca a la disciplina en función de sí misma y no en función del conocimiento. Sin embargo, esto que se acaba de describir no es el caso solo de la informática, es en realidad parte del *campus* educativo reflejado en el *habitus* de los agentes educativos, que ha levantado fronteras disciplinares artificianado el escenario de la educación y alejándolo del mundo de la vida.

Este trabajo, se encuentra precedido y respaldado por tres experiencias de aula, una de ellas llevada al nivel de investigación apoyada por el IDEP, en las que las dos constantes son la interdisciplinariedad y el uso de las herramientas informáticas, mostrándolas no solo como poderoso cohesionador sino como catalizador capaz de escalar la calidad del nivel de interdisciplinariedad. Las tres experiencias mencionadas serán ampliadas en el texto y se constituyen en recurso empírico del que se espera sintetizar suficientemente como para aventurar algunas recomendaciones en cuanto al escalamiento de la integración disciplinar.

Es así como estas categorías, calidad, ciclos, currículo, interdisciplinariedad y TIC, se entretrejen en principio para definir el planteamiento del problema a abordar.

Pregunta de investigación:

Así, la necesidad de mejorar las competencias científicas, específicamente de la física, unido a la de potenciar el uso de los recursos informáticos, todo ello dentro de la reorganización curricular por ciclos, apuntando al mejoramiento de la educación del distrito, configura un problema cuyo abordaje justifica plenamente la construcción de una propuesta apoyada en un alto grado de integración disciplinar entre la física y la informática. Para avanzar en el proceso mencionado se acomete el presente estudio orientado a darle respuesta a la pregunta:

¿La integración disciplinar entre física e informática incrementa la capacidad de representación de problemas de física en estudiantes de ciclo v de una institución educativa pública de Bogotá?

A nivel teórico, y aunque la interdisciplinariedad ha sido reconocida como una de las necesarias competencias sociales para desempeñarse en el mundo contemporáneo, preocupa la baja importancia que se detecta en los currículos institucionales y en los planes de aula. En este sentido, la justificación es de tipo metodológica pues el proyecto busca elevar el nivel interdisciplinariedad mejorando, la comprensión de la relación que existe entre el uso de recursos informáticos y el aprendizaje de la física.

Otro elemento justificante es que el autor de este proyecto pretende dar continuidad a un proceso de integración disciplinar iniciado en 2007 con el que se le apuesta a mejorar competencias científicas, específicamente en física, mediante el alto nivel de interdisciplinariedad con la informática. Aunque ya hubo un ejercicio preliminar en 2010, lo que se espera desarrollar en esta, la que se ha dado en llamar la cuarta fase del proceso, es uno de los emergentes más importantes surgido en la sistematización realizada en 2010 con el acompañamiento del IDEP que es la relación existente entre formas de representación estáticas vs dinámicas; también se busca dar mejor soporte en términos explicativos a los buenos resultados obtenidos en fases anteriores.

Pero..., ¿por qué física?, ¿por qué no biología o química? Como se mencionó el proyecto remonta sus orígenes a 2007, desde el inicio se consideró importante construir un proyecto con algún nivel de integración disciplinar, con la participación de los docentes de las materias candidatizadas, y lo cierto es que el único que mostró interés en el área de ciencias fue CARLOS ORDUZ, docente de física en la institución. De otro lado, el autor de la presente propuesta también había sido docente de física en la institución de donde venía, por lo que varios de los problemas de enseñanza-aprendizaje le fueron fuertemente familiares. Pero la física es el pretexto, a futuro se espera, incluir en el trabajo interdisciplinar las otras materias del área, la matemática y otros aspectos de la tecnología. Se espera entonces, que un estudio con estas características, además de aportar a mejorar los indicadores en las disciplinas científicas, incentive el abordaje de los problemas académicos desde

una óptica compleja, que reconoce junto con la multidimensionalidad de los problemas, la necesidad de un pensamiento interdisciplinar.

La propuesta cuenta con la gran ventaja de tener fases predecesoras, lo que implica que ya se ha superado la etapa de la simple idea y la exploración, ya ha sido necesario afrontar los problemas administrativos propios de las instituciones, y se sabe cuáles son los apoyos con los que se cuenta, por lo que hay tranquilidad en cuanto a tener bajo control los principales factores que podrían afectar la ejecución del proyecto.

Como todos los proyectos con un diseño como el que se ha expuesto, existe un grupo experimental y un grupo de control, lo que implica que si se obtienen buenos resultados sobre uno de esos grupos, el otro, aunque forme parte de la investigación, no se verá beneficiado en igual medida. Al respecto se debe mencionar que ambos grupos de estudiantes se encuentran vinculadas a procesos de educación con alto contenido interdisciplinar que involucran otras áreas del saber, lo que implica que actúa como medida compensatoria.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Determinar los efectos de la integración disciplinar física-informática en la capacidad de representación de problemas de física en estudiantes de ciclo V de una institución educativa pública de Bogotá. .

B. Objetivos específicos

- Diseñar la estrategia de integración disciplinar física-informática orientada a mejorar la capacidad de representación de problemas de física.
- Determinar la capacidad de representación de problemas de física en los grupos de control y experimental.
- Establecer los elementos de la integración disciplinar física-informática que producen efectos sobre la capacidad de representación de problemas de física.

CAPÍTULO SEGUNDO

MARCO REFERENCIAL Y TEÓRICO

I. MARCO REFERENCIAL

La escuela hoy debe asumir la tarea de formar nuevas generaciones para un mundo que exige el desarrollo de aprendizajes científicos, tecnológicos y socio-culturales, suficientes para desempeñarse exitosamente y aportar a la construcción de los colectivos locales, regionales y globales de los que forma parte. Dadas las características globales de desarrollo desigual, hay naciones mejor preparadas que otras y las pruebas estandarizadas a nivel internacional muestran que Colombia presenta graves deficiencias en relación a estos estándares.

La Secretaría de Educación del Distrito, estructuró el plan sectorial 2008-2012 colocando el acento en el mejoramiento de la calidad de la educación. Para esto, elaboró un programa afincado en componentes de los cuales el principal de ellos es el de la reorganización curricular por ciclos, la que a su vez considera la necesidad de desarrollar la Base Común de Aprendizajes Esenciales –BCAE–. Con esta última se espera promover una transformación de prácticas pedagógicas e institucionales de manera que se impacte positivamente y les facilite a los estudiantes avanzar en sus proyectos de vida, a la vez que se configuran como ciudadanos aportando a la construcción de sociedad.

La inclusión del tema de mejoramiento de la calidad como parte del cumplimiento del derecho a la educación ha tomado posiciones en el debate pedagógico y hoy se le reconoce, no solo como un asunto propio del campo educativo sino también del político y social. Este hecho de por sí, implica un importante avance pues lleva a ver la construcción del currículo educativo como un acto en el que se amalgaman diferentes campos, definidos estos por los intereses de los agentes participantes. Si bien es cierto, que las dinámicas del libre mercado han toma-

do posiciones en la construcción del currículo y han establecido sus criterios de eficiencia social para la evaluación de la calidad, también hay poderosas y coherentes posiciones que consideran que si bien una educación de calidad, debe favorecer el acceso a una vida digna, la que está vinculada a la posibilidad de trabajar (SACRISTÁN, 1999), la misma debe girar en torno a una concepción más amplia.

Adicionalmente, si bien se deben reconocer hegemonías capaces de definir las líneas directoras de un currículo y con ellas los criterios de calidad, de ninguna manera se puede subestimar el potencial modificador que tienen los actores-usuarios. Así mismo, las acciones ejercidas dentro de las instituciones, en modo alguno, pueden obviar las construcciones hechas por el nivel central para orientar precisamente sus rumbos y procesos.

En otras palabras, aunque la calidad educativa es un asunto que puede y debe ser abordado desde las acciones educativas y sus actores en las instituciones, no se puede perder de vista la multiplicidad de fuerzas gravitatorias que sobre el currículo actúan y que, unas más que otras imprimen su influencia desde lo macro hasta lo micro. Sin embargo, se debe establecer desde el principio que se está con la posición de la actual administración de la SED, que identifica la calidad como parte constitutiva del derecho a la educación. Llama poderosamente la atención que la definición de este derecho ha sido confeccionada cuidadosamente, evitando la esclerotizada versión economicista que primó durante muchos años y a cambio propone una, en la que si bien, una educación de calidad debe ayudarle a la persona a alcanzar a una vida digna y la misma no siempre es posible si no hay acceso al trabajo, no solo por el aspecto económico, también considera que esta persona contribuya mediante el ejercicio de su ciudadanía a la construcción de una sociedad más equitativa, justa, democrática, incluyente, pacífica y segura.

Desde que la actual administración en la ciudad de Bogotá, asumió la tarea de avanzar en la concreción del derecho a la educación, el tema de la calidad ha sido abordado y controvertido de diferentes modos. En el periodo 2004-2008, cuando los principales esfuerzos centraron en garantizar el acceso y la permanencia de los estudiantes, y las acciones más evidentes fueron la construcción de los llamados megacolegios, el reforzamiento estructural de los existentes y la dotación de lo que la SED consideraba prioritario en las instituciones, los cuestionamientos apuntaban precisamente a que la existencia de instalaciones y re-

cursos suficientes, de ninguna manera garantizaba que la educación que en esos espacios se impartiera fuese de calidad. En su momento la administración argumentó que aunque ese postulado era cierto, la estrategia consistía en abordar una primera fase en la que habrían de procurarse condiciones materiales mínimas para abordar de manera prioritaria el asunto del mejoramiento de la calidad.

Así entonces, al iniciarse el periodo 2008-2012 la SED, como se mencionó, decidió avanzar sobre el mejoramiento de la calidad mediante la estrategia de la reorganización curricular por ciclos que además entraña el llamado conjunto de herramientas para la vida y la base común de aprendizajes esenciales.

Aunque los agentes involucrados tanto en el campo de la política como de la educación, cuestionan la viabilidad de la reorganización curricular por ciclos; mientras esta se desarrolle, ofrecerá un asidero como pocos al desarrollo de la interdisciplinariedad pues la misma tiene el potencial de desarrollar los aprendizajes significativos y las habilidades cognitivas esperadas al final de los ciclos plurianuales. Es hipótesis central de este documento que altos niveles de integración disciplinar mejoran ostensiblemente los procesos cognitivos, los que a su vez se reflejan en el rendimiento y con ello, en la calidad educativa. A pesar de las aclaraciones hechas anteriormente, no sobra enfatizar que se entiende que el tema de la calidad va más allá de lo relacionado con el rendimiento. Además, aunque el rendimiento no es el centro de este documento, se trabaja sobre la hipótesis a comprobar en otra fase de la investigación, que obtener mejoramiento en la capacidad de representación correlaciona positivamente con el rendimiento, este presupuesto no se desgaja de la imaginación del autor, existen estudios que no son del caso citar dado que escapan a los objetivos de este estudio.

Aunque existe una sólida sustentación teórica en torno a la proyección educativa por parte de la SED, la misma se ubica principalmente a nivel de lo que BROFRENBRENNER llama nivel exo-sistémico, pero se hace necesario que estas orientaciones generales tomen cuerpo en el currículo a nivel microestructural. Así las cosas, el asunto de la calidad debe dejar de ser un tema que pareciera debatirse solo en el nivel central de la administración educativa y pasar ser abordada también por los docentes *de a pie*, para que de un lado, apliquen las líneas directoras con las que se espera alcanzar los objetivos trazados por la administración, pero quienes de otro lado, no pueden ser tecnócratas acrílicos y/o pasivos de este proceso.

Dentro de la reestructuración de la educación por ciclos, se ha promovido la llamada integración disciplinar mediante varias modalidades de trabajo como una de las principales acciones a ser ejercidas dentro de las instituciones educativas, la SED, el Instituto de Investigación Pedagógica –IDEP– se ha esmerado en socializar las gestas producidas en esa dirección en la ciudad de Bogotá. A identificado y promovido siete modalidades de integración: en torno a un tema específico, proyectos productivos, alrededor de un problema práctico, una actividad puntual, en torno a un relato y alrededor de lo que se denomina tópico generador (SED, 2010).

En cuanto al uso de la informática, desde distintas posiciones académicas (GALVIS, 2004), se ha cuestionado que la inclusión de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, y los resultados obtenidos con el uso de estas en educación han sido bastante conservadores, en contraste con otras esferas de vida social en las que las TIC han producido saltos espectaculares, pues si bien estas se han incorporado a las prácticas educativas, no lo han hecho de manera radicalmente distinta al tratarse en lo esencial de transferencias instrumentales, en el caso de las acciones que mejoran de manera sensible las formas de enseñar y aprender, no se han implementado de manera suficientemente extensa como para producir cambios apreciables en la calidad educativa del distrito capital o del país. Se debe aclarar que la informática es una expresión particular de las tecnologías de la información y de la comunicación y estas a su vez son solo una de las expresiones de la tecnología en general. También se debe diferenciar el término informática del de computación: la primera es de carácter estructural, es decir que incluye procesos integrales de manejo de la información, mientras que la segunda es de carácter instrumental (MEN, 2009).

Las décadas de vigorosa expansión de las tecnologías informáticas han hecho de la escuela un escenario en el que se dé la posibilidad de generar nuevas prácticas pedagógicas que “contribuyan a la transmisión de la herencia cultural, la promoción de un nuevo entendimiento, la creación de modelos propios de pensamiento” (GALVIS, 1997). Sin embargo, incluso en los países más desarrollados, se cuestiona que los maestros se mantienen en prácticas conservadoras en cuanto al uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. No es que no se usen, es que suelen ser incorporadas a las viejas prácticas de manera tal que su potencial se halla minimizado. En los hechos, esta con-

dición tiende a mantener, y en ocasiones a profundizar la grieta entre la cotidianidad de los niños y jóvenes fuera de la escuela y artificiosos constructos al interior de ella (SED, 2005). No es de sorprender que el caso Colombiano sea más complicado en comparación incluso con otros países de la región (CETIC, 2009), pues se adolece de problemas frente a los cuales otros países han adoptado medidas tendientes a minimizarlos o controlarlos. Algunos de estos problemas son:

- Aunque existen en el país grupos interesados en el uso de la informática y otras formas de tecnología aplicadas al fortalecimiento de aprendizajes científicos, sus gestiones tienen un pequeño radio de acción debido a su escasa difusión. Instituciones como el IDEP y Colciencias han promovido no solo la incorporación de las tecnologías informáticas a la educación, sino que también han alentado la conformación de grupos de investigación, sin embargo, aún no se alcanza la masa crítica necesaria; como resultado de ello, los efectos de la informática en el aprendizaje de las ciencias en general y de la física en particular, aún están por verse.
- Aunque algunos docentes e instituciones consideran sinceramente que los recursos informáticos pueden potenciar los saberes científicos, comunicativos y matemáticos, también persiste una amplia proporción en la que solo prevalece el discurso. Esto se expresa a través de resistencias, abiertas en ocasiones, y veladas en otras; o en acciones que frente a la incertidumbre llevan a colocarse en posiciones defensivas que cierran las posibilidades de innovar y explorar las posibilidades de trabajo con el uso de recursos informáticos.
- Aunque el Ministerio de Educación Nacional y la Secretaría de Educación del Distrito, han hecho esfuerzos sostenidos por mejorar las plantas físicas, los equipos disponibles, la adquisición de licencias pertinentes y la actualización de los docentes, todavía hay distancia de lo que deberían ser unos adecuados indicadores. La situación sin embargo, es marcadamente diferente entre las instituciones privadas orientadas a atender a los hijos de a clase media y alta, de la de los colegios de los sectores populares.

- En el tema del uso de los recursos informáticos para el desarrollo de aprendizajes científicos, suelen usarse para actividades de consulta, manipulación de algún programa, dominio de algunas herramientas o uso de graficadoras matemáticas. Esta situación pasa por no utilizar los recursos informáticos para afrontar problemas de mayor complejidad, investigación, exploración y creatividad.
- En la mayoría de los casos, los recursos computacionales de las instituciones se encuentran concentrados en las llamadas aulas de informática, las que a su vez, están principalmente, a disposición del área de tecnología e informática, lo que coloca a los docentes de las otras áreas, a la bondad de quienes administran estas apreciadas y regularmente, congestionadas aulas. En otras palabras, la disponibilidad de recursos computacionales para disciplinas científicas como la física, es contingente y difícilmente, un docente bien intencionado, puede desarrollar proyectos con altos grados de integración curricular apoyándose en simulación u otras herramientas computacionales.

II. MARCO TEÓRICO

A. Interdisciplinariedad

Para abordar el debate de la interdisciplinariedad es necesario pasar por la marisma polisémica construida con los prefijos antepuestos o adjuntos a la palabra disciplina, en realidad, lo más práctico, es iniciar por establecer el referencial epistemológico de esta palabra, la construcción misma de las disciplinas, sus fronteras, dinámicas, evolución, su holística, etc.; al fin y al cabo, todos los demás conceptos, independientemente del autor, requieren del establecimiento de la disciplina como aspecto principal de la contradicción para explicar todo el amplio espectro clasificatorio que brota desde el ejercicio intelectual desplegado por estos investigadores.

1. El saber en la historia

Frente a la construcción del conocimiento, el establecimiento de sus leyes, métodos y la delimitación de sus campos de acción, etc., se pueden identificar tres grandes períodos históricos. El primero, se refiere a la Edad Antigua en la que primó la tendencia a la integralidad de los saberes. Son reconocidos representantes de este periodo personajes de la Grecia antigua como SÓCRATES, PLATÓN y ARISTÓTELES. El segundo periodo es la Edad Media que se inicia con unas estructuras escolásticas más preocupadas por salvaguardar la fé que por el desarrollo del conocimiento, es más, la idea misma de permitir que los saberes acumulados se filtraran hacia el común de la población, era considerada una fuente de potencial herético. El pensamiento de SAN AGUSTÍN y SANTO TOMÁS DE AQUINO, expresan la lógica de esta época y aunque existen diferenciadas tendencias entre estos dos representantes del pensamiento medieval, lo que primó en ese periodo histórico fue el adormecimiento del saber, en función de la teología oscurantista.

Aunque la reacción ideológica, social y cultural tardó varios siglos para romper el cerco tendido por la patrística y la escolástica, al hacerlo, como pasa con un dique que colapsa, un alud de pensamiento liberal surco los resecos campos del conocimiento, los que fueron parcelados dando lugar al surgimiento de especialidades que buscaban de manera exhaustiva la mejor comprensión del mundo.

El tercer periodo se inicia con la Ilustración y la Revolución Industrial. Al final del siglo XIX, el capitalismo alcanzó la fase de exportación de capitales y durante la primera mitad del siglo XX se gestaron modelos económicos como el taylorismo que mientras en la industria establecieron criterios de eficiencia apoyándose fuertemente en la división del trabajo (CHERVEL, 1988).

2. Disciplina y actividad productiva

La especialización del conocimiento fue de la mano con la división de la actividad productiva en renglones económicos, lo que favoreció la comprensión del mundo tanto natural como social pues la delimitación del problema a abordar, permitió la concentración de esfuerzos materiales e intelectuales en torno al mismo, desentrañando misterios mediante el mejoramiento de técnicas y métodos investigativos. Este perfil de

análisis también es abordado por NIETZSCHE y ORTEGA Y GASSET (cit. por MORAN, 2010) de quienes este último dice, que tangencialmente cuestionan la explicación del desarrollo de las disciplinas como efecto de los avances del conocimiento y que en cambio, los factores sociales e institucionales muestran una mejor relación entre estos y la evolución de las primeras.

La tendencia a la especialización sin embargo, terminó amenazando con parcelar excesivamente el conocimiento, al punto de paralizar su potencial y hacerlo prácticamente inútil. Parafraseando a ORTEGA Y GASSET (2000), se corre el riesgo de terminar sabiendo todo de prácticamente nada. A mediados del siglo xx, de nuevo las fuerzas socioeconómicas y los cuestionamientos a la epistemología del conocimiento, se sumaron para colocar la balanza del lado de la integración del saber.

Si bien, el modo de producción capitalista se había servido durante muchos lustros de la especialización, la complejidad de los modernos problemas empezó a mostrar las limitaciones de este modelo (TORRES, 1994). Además, hacia la década de 1960 surgió una controversia desde las ciencias “puras” frente a que dado que todo modelo científico surge de un cuestionamiento en un contexto particular y que desde hacía décadas, las soluciones a algunos problemas, solo se habían logrado bajo la participación de saberes provenientes de distintos constructos disciplinares, el paradigma de la especialización había empezado a hacer agua o por decir lo menos, se evidenciaba insuficiente para abordar problemas cada vez más complejos. En realidad, en parte se trataba de hacer el reconocimiento de un fenómeno que ya venía dándose, tanto en el desarrollo de metodologías, teorías y conceptos en el medio profesional y científico, además de la integración disciplinar en la vida cotidiana.

3. Teorías sobre la integración disciplinar

La posición de SINACEUR (1983, cit. por MATHURIN, 2012) plantea que la Integración disciplinar, en adelante ID, no es resultado del desarrollo de la cultura de la experticia, sino que se explica mejor por las necesidades propias del ejercicio del poder; así, siendo la eficacia una necesidad de la sociedad moderna, se necesitan saberes “aplicables” y para obtenerlos, se necesita fusionar los saberes mediante la participación de especialistas de distintos campos. De esa manera, la ID, entonces,

no es más que un elemento constitutivo del poder. BASTIDE (1967, cit. por MATHURIN), considera que la ID se configura en contextos pragmáticos y simples, pues la explica como un resultado de la gestión de los investigadores que han recurrido a crecientes formas de cooperación buscando solucionar algún problema.

También hay un grupo de autores cuya posición frente a la génesis de la ID, es más de tipo epistemológico como PIAGET (1972, cit. por MATHURIN, p. 13) quien dice que el interés existente por la ID no es el resultado de elementos socio-económicos sino de la necesidad de explicar los fenómenos, lo que es propio del desarrollo mismo de las ciencias.

4. La complejidad de los términos

La babel terminológica relacionada con la interdisciplinariedad se explica, de un lado, por la cantidad de prefijos-sufijos y agregados a la palabra *disciplina*, y de otro, por la definición misma de estos constructos, lo que agrava la situación pues lo que en ocasiones es llamado de forma distinta puede resultar siendo lo mismo o viceversa, dependiendo del constructo teórico (entiéndase investigadores o escuelas de pensamiento) del que se ha tomada la información. Al respecto COLET (2002, p. 20) plantea que existen tantas definiciones como personas que tratan de explicarlas.

En palabras de MATHURIN (2002), la noción de ID propiamente dicha, surge en la segunda mitad del siglo XX con la renovación de la educación en los países occidentales cuando el debate sobre el tema se vuelve inevitable en los espacios académicos.

Lo interesante de este autor es que define tres tipos de ID jerarquizados de acuerdo al grado de integración entre las disciplinas. La primera categorización es la *multidisciplinar* y se caracteriza por que entre disciplinas hay “préstamo” o “importación” de saberes sin que estos sufran algún tipo de modificación. El siguiente nivel es denominado por Piaget como *interdisciplinar* y se da, bien sea entre disciplinas o entre sectores heterogéneos de una misma ciencia, se caracteriza porque hay reciprocidad de intercambios y por consiguiente, enriquecimiento mutuo, además dentro de esta categoría distingue tres modalidades: *laisomórfica*, el encajonamiento jerárquico y las intersecciones entre

estructuras diferentes. El tercer nivel es el *transdisciplinar* en el que las relaciones entre disciplinas se sitúan al interior de un sistema total sin fronteras entre ellas.

En el medio Colombiano, es infrecuente escuchar sobre los planteamientos de BASTIDE (1967) y sobre el enfoque con el que propone el uso de tres términos: interdisciplinar, transcultural y multidisciplinar. El primero se concreta en los “goznes” existentes entre las distintas ciencias y que se verifican entre individuos o equipos de trabajo, la segunda se da cuando cooperan investigadores de una misma disciplina pero provenientes de culturas diferentes o cuando un investigador se involucra en campos de conocimiento que no son los suyos; y finalmente, el tercero se da cuando participan especialistas o varios de una disciplina pero con conocimiento de aspectos diferentes del problema. A juicio de quien escribe, estos términos se definen centrandose en aspectos externos como la relación entre investigadores y los aportes que hacen a la solución del problema, sin considerar los aspectos internos como las características y el nivel de los conceptos, los problemas y constructos.

En el seminario sobre ID, promovido por la Organización para Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE, HECKHAUSEN (1972) propone una clasificación con seis tipos de relaciones entre las disciplinas: Interdisciplinariedad heterogénea es la que se da cuando en la enseñanza se reúnen productos de tipo enciclopédico; la pseudo-interdisciplinariedad o intrínseca se da cuando se recurre a los mismos instrumentos de análisis; la ID auxiliar que resulta de métodos relevantes de una disciplina en el campo de acción de otra; la ID compuesta se da cuando diversas disciplinas afrontan grandes problemas de la humanidad; la ID complementaria resulta de superposiciones parciales de los dominios respectivos de algunas disciplinas; y finalmente, la ID unificadora que se da en condiciones de coherencia estrecha entre los dominios de estudio de las disciplinas.

En el mismo año, BOISOT (1972), presenta otra clasificación según la cual en un primer nivel se encuentra lo que da en llamar *ID lineal*, en la que se aplican elementos de una disciplina a otra, sin que haya ajustes; la *ID estructural* que se da cuando la relación entre las disciplinas dan nacimiento a una estructura de constructos nuevos elaborados sobre la base de las disciplinas originales pero no identificables como simple reunión de los saberes originales; y la *ID restrictiva* en la que hay colaboración disciplinar en función de la solución de algún problema.

En el seminario de la OCDE ya mencionado, JANTSH (1972), propone tres niveles a los que años más tarde las hace unas adecuaciones quedando de la siguiente manera: pluri o multidisciplinariedad para referirse a relaciones de yuxtaposición; interdisciplinariedad, la que se caracteriza por la síntesis, un nuevo lenguaje descriptivo y nuevas relaciones estructurales, y finalmente, la transdisciplinariedad que según él es “el reconocimiento de la interdependencia de todos los aspectos de la realidad” (JANTCH, 1980).

Tal vez la más extensa clasificación que se presenta es por parte de IVESLENOIR (1991) quien identifica diez tipos de relación disciplinar a los que les asigna los siguientes nombres: pseudo-ID, pluriD, ID complementaria de objetos de estudio, IntraD, ID instrumental puntual, ID instrumental generalizada, ID instrumental ocasional, ID auxiliar sistemática, ID auxiliar, funcional, ID complementaria a nivel de rutas y de objetos. El mismo autor propone otra tipología sobre relaciones jerárquicas que son establecidas entre las disciplinas en el marco de la ID: la primera implica relaciones de equivalencia entre las D, que aportan un saber o saber-hacer relevante, desde su propio dominio; la segunda es una relación de dependencia en la que la intervención de una de las disciplinas precede necesariamente a las otras o las articula en torno suyo; y en el tercer tipo, se establece una relación de predominancia, en la que las otras disciplinas se ven reducidas a una actuación accesoria y en la dirección de la que actúa como definiendo la ruta de trabajo.

Además, este último autor, junto a SAUVÉ (1998), desarrollan el concepto de integración de saberes el que definen como: “Proceso por el cual un estudiantes inserta un nuevo saber a los saberes anteriores, re-estructura en consecuencia su universo interior y lo aplica a nuevas situaciones concretas los saberes adquiridos”, sobre la anterior definición, estos autores además plantean que esta es la forma más elevada de interdisciplinariedad escolar, en la medida que ella le ofrece a los estudiantes una actividad real en la construcción de sus aprendizajes.

Independiente de la tendencia (praxeológica o epistemológica) sobre la cual los autores mencionados han elaborado un abanico de términos, la ID surge del desarrollo de tres fenómenos que se trenzan en el devenir de la historia contemporánea, estos son: el desarrollo de las ciencias y de otros saberes, el surgimiento de nuevos problemas y la evolución histórica misma.

5. Pensamiento cubano sobre interdisciplinariedad

Paralela al nacimiento mismo de las ciencias, surgió la tendencia a su especialización lo que a lo largo de los siglos produjo fragmentaciones que mejoraron la comprensión de fenómenos demasiado complejos para ser abordados en su totalidad, este desmembramiento también favoreció la incorporación del conocimiento, a los currículos de la sociedad en diferentes épocas y regiones, de hecho, la principal característica del pensamiento cubano en relación a la interdisciplinariedad es entender la existencia de esta y las disciplinas como una unidad dialéctica, un par de aspectos contradictorios que como tales, se comportan según la teoría marxista de la contradicción, es decir, en un determinado periodo de tiempo uno de los dos aspectos prima sobre el otro, pero esta condición se modifica como resultado del fortalecimiento o debilitamiento de uno de ellos, o por la intervención de factores externos, los cuales a su vez pueden ser contradicciones. LEYVA (2005), docente de la Universidad de la Habana, recalca que al tiempo que se define una disciplina, se engendran las posibilidades y necesidades de integración con otras, y que de hecho “cuanto mas se desarrolla la diferenciación de las ciencias, tanto más se crean las posibilidades para su integración” (LEYVA, 2005, p. 3). La división del saber en disciplinas no es más que un artefacto cultural mediante el cual se puede diseccionar las partes constitutivas de la realidad para analizarlas a profundidad; el correcto funcionamiento de esta depende de que se cierre el ciclo al integrar de nuevo las partes logrando una comprensión más holística.

Se trata entonces de reconocer a la especialidad como una manifestación de la fecundidad del materialismo histórico, pero al mismo tiempo, de como esta en su desenvolvimiento, entraña las relaciones internas suficientes y necesarias para generar la integración de los conocimientos. Aunque no se puede decir que la posición de THOMPSON KLEIN (1990) es del corte dialéctico, su analogía según la cual la interdisciplinariedad es una reacción a la disciplinariedad del mismo modo que la post-modernidad es una reacción a la modernidad, ajusta a este tipo de análisis.

En la línea del análisis dialéctico, KEDROV (1997), citado por LEYVA, considera que la interdisciplinariedad de hecho se gesta en la intersección de dos tendencias históricas: de un lado, la que busca establecer las cotas limítrofes de la disciplina y de otro lado, la que intenta

identificar y establecer enlaces con otras. Plantea que dada las características de contradicción no antagónica, uno de los aspectos se puede imponer sobre el otro en momentos determinados, pero no lo elimina totalmente, motivo por el cual, cuando las circunstancias cambian y favorecen el aspecto que se encontraba en condición subsidiaria, puede pasar a ser principal.

Los términos esencia-fenómeno también son aplicados desde el análisis marxista al estudio de la interdisciplinariedad. La primera se refiere al conjunto de propiedades y relaciones del objeto de análisis y es estable, esta define el origen, establece su carácter en relación a otros objetos de estudio y determina su dirección de desarrollo. Desde esta definición se puede entender que la disciplina es establecida por su esencia pues aunque difuso en algunos casos, siempre es factible rastrear el origen de la misma, se puede identificar el conjunto de saberes de los que se ocupa diferenciándole de otras disciplinas y se pueden establecer sus principales líneas de desarrollo. “desde la concepción disciplinar, la esencia representa las relaciones internas en las que se organiza el conocimiento especializado, específico e integrado que tiene lugar en el contexto de la actividad de los sujetos” (LEYVA, 2005). Se accede a la esencia por medio de la construcción epistemológica.

En cuanto al fenómeno, de este se debe decir que se define por un grupo de propiedades y relaciones, externas, cambiantes, accesibles vía sentidos o análisis superficial. El fenómeno, siendo el aspecto externo e inmediato, suele ser puerta de entrada a la esencia que es el aspecto interno y no evidente, sin embargo, como es típico del análisis dialéctico, puede pasar, que en el tiempo o por modificación de las relaciones, lo que en principio es identificado como fenómeno, cambie posiciones con la esencia. El fenómeno se manifiesta mediante la práctica, en la acción sobre problemas concretos, en fin, mediante acercamiento empírico, pues le permite a los sujetos construir representaciones sensibles, las que han de convertirse en teoría contribuyendo así al desarrollo de teoría.

Los pares de contrarios persisten en el análisis de los investigadores cubanos, MARTHA Álvarez (2002) identifica la existencia de dos corrientes que alimentan el surgimiento de la interdisciplinariedad: de un lado, está la de tipo académica o epistemológica, la que busca identificar las relaciones entre los saberes y el desarrollo de un constructo teórico, y de otro lado, la de tipo instrumental que busca abordar los

problemas desde ópticas distintas con la intención de producir soluciones concretas.

LEYVA (2005), se acerca a la corriente instrumental planteada por Alvarez, aunque se debe aclarar que su posición se refiere específicamente a la interdisciplinariedad en la enseñanza de las ciencias. Plantea que aunque la interdisciplinariedad es un elemento neurálgico en las ciencias y su enseñanza, al docente encargado de estas disciplinas escolares, le cuesta mucho trabajo hacer un abordaje integrado incluso dentro del marco mismo de las ciencias, por no hablar de las profundas dificultades al tratar de establecer nexos de alto contenido interdisciplinar con otras áreas curriculares. En relación a este fenómeno, el investigador se cuestiona acerca del interés real por superar la especialización, por la disposición a trabajar seriamente en función del acercamiento disciplinar y por la voluntad de darle la prioridad suficiente a la interdisciplinariedad en los esfuerzos educativos. Estas preguntas se hacen fuertemente pertinentes pues considera que esta, debe ser considerada como una propiedad del modo de actuación del docente, pero al contrario, los maestros no se encuentran habituados a desarrollar análisis integradores que consideren enfoques que vayan más allá de lo que consideran su propio dominio disciplinar. Sin embargo, este autor, tras hacer un muy interesante análisis, reduce a interdisciplinariedad a lo que él mismo llama; una metodología a seguir.

También se encuentra una definición bastante débil de lo que es la interdisciplinariedad por parte de NÚÑEZ (1994), quien plantea que esta “debe comprenderse como el encuentro y cooperación entre dos o más disciplinas, donde cada una de ellas aporta sus esquemas conceptuales; formas de definir problemas y métodos de integración”, lo que en realidad se acerca mucho a las definiciones dadas por JANTCH (1972) sobre multi y polidisciplinariedad.

Como se mencionó anteriormente, la corriente cubana de interdisciplinariedad desarrolla su análisis fuertemente afinada en los principios del materialismo dialéctico, de la que se encuentra otro exponente en RODRÍGUEZ (1997), quien plantea que la disciplinariedad y la interdisciplinariedad son dos aspectos de un continuo que puede fluir en dos direcciones. Antes de iniciar este milenio, desde esta escuela se había declarado que la interdisciplinariedad era “... la respuesta actual e imprescindible a la multiplicación, a la fragmentación y a la división del conocimiento, a la proliferación y desmedido crecimiento de la in-

formación, a la complejidad del mundo en que vivimos” (RODRIGUEZ, en ALEMÁN, 2011), por tanto, esta forma de abordar la síntesis del conocimiento, su análisis y transmisión, se convierte en una necesidad del sistema educativo y dentro de él, de la pedagogía y la didáctica.

Es importante mencionar que en desde esta escuela, se considera que una vez se lleva la interdisciplinariedad a una forma de pensar esta producirá un cambio a nivel teórico, sin embargo, el mismo, debe ser llevado con persistencia y consistencia al terreno de la práctica con el objeto de producir cambios de tipo metodológico, los que a su vez se convierten en nuevo recurso para alimentar los aspectos epistemológicos. Se puede decir que la interdisciplinariedad se hace método, cuando se ha sido metódico con ella.

Coincidimos en que la interdisciplinariedad se convierte en una forma de pensar, en un modo de actuación que permite aproximarse al conocimiento de la realidad, por lo que de hecho es un principio didáctico que debe ser asumido por todos, para que puedan emplear métodos de enseñanza-aprendizaje que permitan darle solución a problemáticas que a veces son de difícil solución para los investigadores cuando no están asociados en equipos interdisciplinarios (LEYVA, 2005).

Esto explica el porqué de la insistencia en que la interdisciplinariedad se convierta no solo en un modo de analizar los problemas sino que se traduzca en una actuación consistente con los postulados teóricos; y que dicha actuación sea tan permanente como sea posible. En este esquema hay dos elementos que juegan un importantes papeles: estos son la voluntad y la consciencia, las que siendo combinadas, permiten concretar la teoría en proyectos interdisciplinarios en el aula de clase, rompiendo así una de las tendencias más perniciosas de la académica que es su incapacidad de poner la teoría en escenarios reales.

También, reconoce que una posición individual al interior de una institución es poco efectiva y en la mayoría de los casos lo mejor que puede hacerse en estas condiciones, es acercar al pensamiento y la acción interdisciplinar a otros colegas. Los efectos duraderos y apreciables de un proceso de integración disciplinar se logran con la participación de amplios y variados agentes educativos de manera sostenida en el tiempo.

6. Escuela francófona

La producción investigativa en la lengua francesa, tiene sus principales exponentes en Bélgica, Francia y la provincia canadiense de Quebec. Aunque su característica definitoria es el el abordaje del tema haciendo énfasis desde una perspectiva filosófica y/o epistemológica, se pueden identificar tendencias divergentes entre los diferentes teóricos.

Tal vez el más conocido expositor de la integración disciplinar es el sociólogo y filósofo francés EDGAR MORIN, quien considera que el conocimiento no se puede construir ajustado a la realidad si se aborda desde una sola perspectiva. Según este autor, el saber mismo no puede ser estudiado solamente desde sus aspectos cognitivos porque es un proceso que incluye lo biológico, lo socio-económico, lo lingüístico, lo cultural, lo histórico, etc. Explicar y entender la realidad se debe hacer desde una multiplicidad de enfoques, mediante lo que denominará entendimiento transdisciplinar, este en contraposición a la reciente tendencia histórica a diseccionar cada vez más los problemas para abordarlos desde disciplinas estructuradas en torno a dichos cuerpos problemáticos, lo que, desde la posición de MORIN, reduce drásticamente la posibilidad de explicar y entender la realidad. Desde la teoría del pensamiento complejo, uno de los principales constructos de MORIN, los fenómenos pueden estudiarse desde la perspectiva holística que considera el todo, o la reduccionista que segmenta una parte y la analiza desde una sola disciplina o especialidad.

Se debe aclarar que aunque MORIN está siendo considerado en este estado del arte, no es porque quien escribe se encuentre de acuerdo con promover su versión de interdisciplinariedad, por el contrario, considera que tanto esta como la llamada polidisciplinariedad adolecen de una imprecisa definición, en sus palabras: "la ID, puede significar pura y simplemente que diferentes disciplinas se coloquen en una misma mesa, en una misma asamblea..." (MORIN, 1990); sino porque, en la lucha por promover la transdisciplinariedad como expresión -según él- del pensamiento complejo, y en menoscabo de la ID, ha terminado por alimentar el debate pues los defensores de esta última han tenido que fortalecer sus posiciones teóricas frente a los ataques de MORIN.

La otra gran corriente de pensamiento construida desde la cultura francófona, es la que aunque manteniéndose principalmente, como de tipo filosófico y/o epistemológico, alienta el abordaje de problemas

concretos. Los principales expositores de este constructo son GERARD FOUREZ y JACQUES LENOIR. A este tipo de ID, se le suele llamar “disciplinar” pues no sólo reconoce la necesidad de la existencia histórica de las disciplinas sino que asegura que un buen abordaje interdisciplinar solo se dá si hay solidez en los saberes disciplinares.

Desde esta construcción epistemológica, LENOIR y SAUVÉ (1998), plantea que la ID puede ser abordada desde cuatro campos de operacionalización: el científico, el profesional, el práctico y el escolar, y aunque en todos los casos esta puede darse de manera espontánea, la dimensión organizacional es la que hace que se den los resultados esperados y da la posibilidad de sintetizar para hacer del conocimiento interdisciplinar sustrato sobre el cual se construyen nuevos proyectos. Desde luego que lo que interesa en este estudio es la de tipo escolar la que es definida como la relación de dos o varias disciplinas escolares, a nivel curricular, didáctica y pedagógica y que conduce al establecimiento de relaciones de complementariedad y cooperación, de interpenetración o de acciones recíprocas entre ellas bajo diversos aspectos (finalidades, objetos de estudio, conceptos, rutas de aprendizaje, habilidades técnicas, etc.), con la intención de favorecer la integración de procesos de aprendizaje y construcción de saberes en los estudiantes (LENOIR y SAUVÉ, 1998, p. 111).

Dada el alto nivel de abstracción que tienen algunas disciplinas escolares –como la matemática y el lenguaje– estas deben ser enseñadas en contextos interdisciplinares, vinculándolas con otras más concretas como las ciencias (LEGRAND, 1986, en HASNI, 2005).

Desde el punto de vista de FOUREZ (1994), con la interdisciplinariedad no se pretende abarcar la comprensión total del problema, sino construir una representación más amplia que la que se dá cuando este abordaje se hace desde un solo criterio particular. No se trata de crear un nuevo discurso que se encuentre más allá de las disciplinas particulares, sino de elaborar un constructo que se ajuste a las condiciones específicas de un problema de la existencia cotidiana.

Advierte sobre la tendencia de los docentes de creer que la interdisciplinariedad se potencia y hasta se verifica con la intervención de las nuevas tecnologías de la información pues estas no siempre producen el mejoramiento esperado, y explica esto en que aunque se puedan insertar intensivamente estas herramientas, muchos de los maestros no modifican su modo de pensar y actuar de modo disciplinar, lo que es

especialmente importante para el presente proyecto pues las TIC ocupan un papel superlativo en este.

7. La epistemología de las disciplinas

MORIN define a la disciplina como una categoría organizadora del conocimiento científico con su autonomía, fronteras delimitadas, lenguaje propio, técnicas y teorías exclusivas (2003).

Una de las explicaciones mejor argumentadas, plantean que en la configuración de la disciplina se pueden distinguir tres momentos, los cuales, aunque pueden ser identificados en términos generales son prácticamente imposibles de delimitar de manera precisa. El primero de ellos es el denominado *preparadigmático* (FOUREZ, 2006; DUFOUR, 2004) el cual se inicia con la acumulación de experiencia y conocimiento en torno a algún tema o saber. En principio este proceso se da de manera silvestre, es una especie de panspermia en la que a lo largo de una franja de tiempo, algunos individuos se sirven a nivel práctico o teórico para dar solución a problemas que enfrentan en la cotidianidad, lo que genera una gramática propia y métodos de abordaje. Sin embargo, estas personas aún ven estos saberes como auxiliares de su quehacer y no se consideran a sí mismas como especialistas en el tema.

Progresivamente, el interés por el tema funciona a manera de campo gravitatorio conformado constelaciones de agentes sociales que intercambian experiencia, procedimientos, métodos, herramientas, formas de resolución de problemas, etc. Los participantes se reconocen mutuamente Durante esta etapa, se avanza hacia la estandarización hasta convertirse en uno de los factores que la caracteriza, junto a la definición de teorías de base, investigación fundamental y aplicada, formalización de comunidades, etc., estas comunidades tienen intercambios regulares recurriendo a lenguaje y saberes especializados. La estandarización se convierte en un código elaborado que fluye por los capilares de las comunidades y a la vez permite la utilización de lo producido por estas. Este es el momento *paradigmático*. Una vez establecida una disciplina se pueden diferenciar en ella, como mínimo los siguientes tres elementos: un cuerpo de conocimientos teóricos, un conjunto de procedimientos de investigación y una práctica profesional reconocida y a la cual se encuentra adscrita una comunidad de profesionales. Otra importante características de esta fase es que alcanza lo que BOURDIEU

identificaría como capital institucional, es decir, el reconocimiento mediante títulos otorgados por instituciones o comunidades que a su vez han sido ungidas de validez por organismos oficiales, en realidad esto forma parte de la estandarización mencionada en líneas anteriores mediante la cual se certifica que un individuo tiene una apropiación suficiente sobre una especialidad. Al respecto MORAN (2003) explica que la concreción de las disciplinas:

depende parcialmente del reconocimiento externo por parte del gobierno y los negocios como una forma de acreditación para futuras carreras: dos de sus funciones directoras han sido preparar a la gente para profesiones que requieren una experticia particular, y dar a estas nuevas profesiones legitimidad y estatus para proveerlas de credenciales académicas.

Finalmente, se llega a una condición en la que ya no se evoluciona más y se sigue trabajando sobre la base de los mismos conocimientos; a esta condición se le llama *posparadigmática*. y su característica principal es la de un aparente estancamiento, lo cual sin embargo, puede ser relativo. En esta línea THOMPSON KLEIN (1990) expone que hay dos motivos por los cuales, una vez se llegado a un punto de maduración, es necesario avanzar hacia la integración disciplinar: el primero de ellos es precisamente, porque la disciplina ha alcanzado sus límites, y segundo, porque con el fin de avanzar estas deben apoyarse necesariamente en otras disciplinas.

La descripción de las fases por las que pasa una disciplina, sugieren que esta nace, se desarrolla y no muere, pero si se estanca; y aquello que la puede revitalizar es relacionarse con otras disciplinas para dar solución a problemas que no se encuentran dentro de los límites de su jurisdicción paradigmática. La interdisciplinariedad pareciera ser entonces el lugar privilegiado donde los saberes renuevan su dinamismo tras haber agotado el combustible propio. Esto plantea un interrogante, ¿puede la interdisciplinariedad desarrollar su propio ciclo paradigmático?; desde luego que este cuestionamiento no forma parte de los objetivos de este estudio pero dado que la interdisciplinariedad es piedra basal, ninguno de los interrogantes que surjan serán arrojados de manera definitiva en cuenco roto y por el contrario permanecerán al pendiente de elementos teóricos que contribuyan a su esclarecimiento. Lo que si se puede afirmar en este punto es que las diferentes formas de integración disciplinar surgen de las limitaciones de las disciplinas

mismas frente a su capacidad de explicar un fenómeno o solucionar un problema, y afronta la necesidad de hacer una representación en un contexto determinado.

Se destaca el hecho que las fases preparadigmática, paradigmática y postparadigmática, se refieren en general a las disciplinas científicas, sin embargo, dada la necesidad de curricularizar el conocimiento, rápidamente y de manera paralela, se crea la versión escolar del mismo, lo que implica el reconocimiento de la relación, de un lado, y diferencia, de otro, que existe entre la disciplina científica y la disciplina escolar. La primera es definida por BARBARA DUFOUR (2004) como “un enfoque de presupuestos y de saberes (conocimientos y competencias) construidos y estandarizados, por una comunidad científica que, de un lado, se reconoce como tal y, de otro lado, es reconocida, por la sociedad” mientras que para la segunda, la misma investigadora establece que es “una aproximación de saberes construidos en función de una disciplina científica pero estructurada alrededor de la enseñanza”. Desde luego que la disciplina cobra vida en y a través de las prácticas sociales, específicamente en los agentes que las asumen, defienden, desarrolla y concreta, lo que genera toda una nueva identidad intelectual, en particular un nuevo rol profesional, el cual a su vez presenta características distintas para el profesional de la enseñanza.

8. Disciplina escolar

Las disciplinas se instalan en el sistema escolar a mediados del siglo XIX. Según CHERVEL (1988), la creación de disciplinas escolares es autónoma pues su construcción se da en el seno mismo de la escuela, no se trata de una simplificación de la ciencia que lleva el mismo nombre, aunque se tomen saberes y otros elementos de sus homónimos para la construcción de la versión escolar; pero ella debe incluir conocimientos de naturaleza diversa que permiten atender la misión educativa. Los saberes enseñados en el marco de las disciplinas escolares se presenta como un conjunto coherente y consensuado, proveído de una lógica interna, organizado en sustratos de conocimientos listos para ser utilizados en la solución de problemas diseñados para facilitar la apropiación de dichos conocimientos.

El término *representación* se refiera a un objeto que es sustituto de lo real. La representación da la posibilidad de hacer un acercamien-

to a la realidad para analizarla y transformarla, pero se debe tener en cuenta que su pertinencia siempre está determinada por la correcta delimitación del contexto y las características del problema a abordar. El ejemplo del mapa, aunque persistente en la literatura sobre ID, expresa muy bien la idea de que este es solo una representación que hace un acercamiento a la realidad, la que no es abarcable en su totalidad.

Las representaciones se organizan en torno a un *núcleo central* el cual le confiere a la representación tanto significado como coherencia. Este núcleo es el elemento más estable de una representación y cumple una función organizadora pues determina la naturaleza de las relaciones entre los elementos periféricos involucrados. Esto significa que una representación seguirá siendo en esencia la misma, hasta tanto el núcleo no sea modificado. Esto significa que los llamados elementos periféricos se organizan en torno al núcleo y a la vez son más accesibles, modificables y hasta intercambiables pues son menos estables que este (ABRIC, 1994).

9. La integración disciplinar en la escuela

A nivel conceptual se debe tener en cuenta que las diferentes clasificaciones concebidas en el marco del saber científico han generado versiones para el saber escolar, por lo que la misma cacofonía existente en el mundo profesional también se percibe en la institución escolar. Es un fenómeno global, se encuentran descripciones de este en estudios europeos, norteamericano y latinoamericanos.

Estos estudios indican que a nivel conceptual, las diferentes formas de integración disciplinar son analizadas desde puntos de vista muy heterogéneos. Dada la marcada tendencia empírica y la débil cultura de la sistematización en el cuerpo docente, es muy difícil identificar, al menos desde dentro de las instituciones, los niveles de integración disciplinar, por lo que también dificulta asegurar la transmisión, socialización y mejoramiento de los procesos.

Para llegar a una condición en la que las comunidades de maestros intercambien en masa conocimientos relacionados con la integración disciplinar, pasará un buen tiempo. Esto sumado a otros factores, hace creer que la integración disciplinar se encuentra en un estado preparadigmático.

Pero si anteriormente, se ha aceptado que los constructos científicos generan de manera paralela unos de tipo escolar, con el objeto de ser incorporados a la masa de conocimiento que le transmiten las sociedades a sus nuevas generaciones, implicaría que las formas de integración disciplinar como la interdisciplinariedad pueden ser enseñadas y aprendidas.

Además, es importante establecer que la idea de ID, se apoya sobre el presupuesto que algunas situaciones no pueden ser solucionadas mediante representaciones de tipo unidisciplinar, sino que requieren de la participación de diferentes enfoques disciplinares, los que a su vez se concretan en representaciones interdisciplinares.

B. Uso de recursos informáticos

En asuntos relacionados con la incorporación de herramientas informáticas al currículo educativo, han sido más los discursos redentoristas que confían con fe iconoclasta, en que la sola presencia de los ordenadores en las instituciones educativas generan una especie de aura que escala la calidad de los procesos educativos. Tras un periodo de tiempo, las promesas declaradas, se desgastan y se hace necesario reoxigenarlas mediante un discurso más altisonante y preferiblemente pertrechado de teoría pedagógica para ganar audiencia en los círculos de la teoría educativa.

Este reciclaje no es inocuo, las generaciones de maestros, estudiantes y la sociedad en general, poco a poco van perdiendo credibilidad en el sistema educativo y desarrollan "tolerancia" al optimismo. De esa forma, cuando emerge alguna propuesta que pudiese tener algún éxito, se encuentra con actitudes que de entrada ponen en duda la efectividad de esta.

Esta actitud no se encuentra presente solamente en lo relacionado con las herramientas informáticas, más bien forma parte de la "cultura de lo pedagógico" (SACRISTÁN, 1998) o del *campus* educativo (BOURDIEU, 1997), lo cual a su vez puede ser identificado como parte del currículo implícito (EISNER, 1998). Además, aunque un proyecto de investigación con uso de recursos informáticos demuestre efectividad en cuanto a mejorar el rendimiento académico, se debe tener en cuenta que esto se da en "condiciones de laboratorio", en donde un buen número de los factores involucrados habrán sido considerados por el

investigador, y su aplicación en escenarios distintos debe apoyarse en un fuerte pero proactivo juicio crítico por parte de otros docentes.

Al momento de acometer un proyecto apoyado en TIC, es necesario identificar tanto la tradición de uso de las mismas en el escenario que se pretende intervenir como las características que se desean alcanzar. Según GALVIS (2004), el uso de las TIC, se puede clasificar en sido predominantemente transmisivas, lo que tiende a convertirlas en herramienta de consulta, en experienciales o conjeturales que es cuando se utilizan para apoyar el desarrollo de conceptos y finalmente, se refiere a un tercer grupo al que denomina de tipo colaborativo o creativo.

Aunque proyectos desarrollados bajo el modelo de cualquiera de las tres caracterizaciones descritas por GALVIS, dan la posibilidad de desarrollar competencias y desempeños, lo cierto es que esto se ha mantenido a un bajo nivel dando como resultado lo que se mencionó al inicio de este apartado: en educación, los efectos que sobre la educación podrían llegar a producir las TIC, aún están por llegar.

El gran reto no es que el docente halle y apropie las TIC que permitan hacer esto, aunque esto ayuda, sino proponer los ambientes de aprendizaje que propicien lo que se desea, integrando recursos de aprendizaje que puedan jugar roles complementarios (GALVIS, 2004).

1. Interactividad

Se debe tener consciencia que la capacidad de cálculo, la conectividad y la interactividad constituyen los aspectos más poderosos que las nuevas tecnologías de información y la comunicación, pueden poner a disposición de la educación. Siendo la interactividad uno de los plus más importantes del uso de estos recursos, ROLL HECHAVARRÍA plantea que:

... esta categoría no ha sido abordada con profundidad desde la didáctica de la informática, de manera que permita el desarrollo de la enseñanza sustentada en la interactividad del *software* y la formación del estudiantes desde una posición activa, creadora y autorregulada (2011).

Como en el caso de la interdisciplinariedad, la interactividad deber ser asumida más como un grado que como un estado o una conquista. Dado que una de las características más importantes del uso de las si-

mulaciones es su interactividad, se deben considerar tres caracterizaciones de dicha interactividad:

- L1. La que presenta frente a un estímulo o un dato de entrada, una respuesta puntual e inmediata.
- L2. En este caso la respuesta es condicional y secuencial.
- L3. Implica el uso de *hardware* para la captura de datos y la interacción con el usuario-medio (sensores-actuadores).

Uno de los modelos más posicionados en el tema de la interactividad es el de SHANNON y WEABER (cits. por RIVA y GALIMBERTY, 1998) del que se ha tomado principalmente el enfoque acerca de que la información modifica la conducta del usuario. Sin embargo la aplicación de este modelo en estudios sociales, ha sido criticada porque se desarrolló con la intención de establecer las relaciones entre los artefactos utilizados, los signos escogidos para la comunicación y los mecanismos de emisión-recepción; pero no considera los aspectos psicológicos y sociológicos de la comunicación.

En el tema de la interactividad en las TIC es crucial identificar la diferencia, relaciones y manifestaciones de la comunicación digital y analógica. La primera es aquella en la que los signos empleados son arbitrarios, es decir no sugieren una relación entre ellos y los objetos representados, por ejemplo, el código morse o las señales de humo de los fuegos rojas, la comunicación analógica en cambio se apoya en símbolos que intuitivamente establecen una relación entre ellos y lo representado. Ambas tipologías comunicativas deben ser tenidas en cuenta en el uso educativo de las TIC con el fin de potenciar el uso de las funciones psicológicas superiores, en las que juegan un papel superlativo los signos, en tanto que como forma de mediación “permiten transmitir significados y posibilitan la regulación de la vida social y la autorregulación de la propia actividad” (ROLL, 2011).

ROLL se refiere a una clasificación según el nivel de relación entre el usuario y la máquina:

- *Nivel macrointeractivo*: Se refiere a situaciones que involucra procesos básicos como la búsqueda de información, realización de cálculos, etc.

- *Nivel mesointeractivo*: Acciones comunicativas explícitas, volitivas y motoras.
- *Nivel interactivo*: Procesos mentales más complejos como la decodificación, interpretación, codificación, modificación, etc.

Trabajar con *software* interactivo implica determinar el grado de interactividad para provocar en el usuario los aprendizajes esperados. Esto se da en virtud al dialogo que se puede establecer entre el usuario y la máquina; condición que anima al estudiante a desarrollar su iniciativa y la autonomía pues continuamente debe tomar decisiones frente al *feedback* del ordenador.

2. Simulaciones, APPLETT y FISLET

Se pueden encontrar simuladores y simulaciones con los tres grados de interactividad, pero en realidad, para este proyecto interesan las de L2, pues las de tipo L1 son aquellas que apenas si permitirán la reproducción de la simulación cuantas veces se solicite, en realidad este ambiente de simulación es tan básico que se parece mucho al clásico recurso audiovisual que es fundamentalmente un instrumento didáctico pasivo, de otro lado, las de tipo L3 requieren equipos escasos, costosos y la mayoría de las veces de difícil manejo, los que rara vez existen en las instituciones educativas de nivel secundaria, en cambio son más comunes en las universidades e institutos de formación tecnológicos. Aunque, es muy probable que la orientación de articulación con la educación superior y la media especializada vigente hoy en día en la ciudad de Bogotá, implique la adquisición de equipos especializados, el hecho es que los mismos solo estarán en algunas instituciones cuya orientación misional justifique su presencia.

Las simulaciones con grado dos de interactividad son accesibles a prácticamente todas las instituciones educativas, incluso teniendo en cuenta la gran heterogeneidad existente entre ellas; pero por encima de la disponibilidad, el interés en este grado de interactividad es porque empodera al estudiante al darle control sobre el flujo de información, y con ello, de los resultados y hasta de su proceso de aprendizaje. Además del componente psicológico que implica tener el control relativo sobre los fenómenos que se están simulando, la retroalimentación permite desarrollar competencias cognitivas de orden superior.

Popularizado con el anglicismo de *feedback*, la interactividad provee esta posibilidad con la que se refuerzan, elaboran y clarifican conocimientos. Se debe ser cuidadoso con el diseño de la experiencia de aprendizaje porque HANNAFIN (2006) advierte que el usuario puede estrechar su foco de aprendizaje a aquello cubierto por el ciclo de re-foalimentación.

Es factible encontrar en la red un sinnúmero de objetos que pueden ser escogidos para apoyar las diferentes modalidades de integración disciplinar pero se debe recordar que no todo sirve para todo y que una buena elección proveerá beneficios cognitivos en la selección, organización, integración y uso de la información. Pero incluso, la selección del recurso, es solo el paso posterior a haber definido cuales son las habilidades cognitivas que se desea potenciar con la experiencia pedagógica. Es obvio que para ello, el docente debe estar pertrechado del conocimiento técnico y pedagógico necesario para acometer esta tarea (ROLL HECHAVARRÍA, 2011). En su momento, deberá responder a la pregunta ¿cuál es el mensaje que se pretende transmitir?

El análisis del mensaje debe hacerse desde tres enfoques: el *sintáctico* que da una estructura a los signos dentro del código que se esté utilizando, el plano *semántico* en el análisis del significado de lo que se pretende representar y el *pragmático* por el que se establece el significado dentro del contexto. Sin embargo, estos tres niveles de análisis se corresponden con el enfoque de SHANNON y WEABER que ha sido difundido profusamente como modelo de comunicación, precisamente del que ya se ha dicho que adolece de centrarse en los aspectos tecnológicos dejando de lado los aspectos psicológicos y sociológicos. Estos aspectos deben ser complementados por el análisis por el análisis de los niveles de aprendizaje cognitivo, tema este, desarrollado por ADARIAGA y ZAERAGA (1984) quienes dicen que deben tenerse en cuenta los siguientes.

- *Atención-percepción*: procesos cognitivos cuya función es captar la información ambiental y seleccionar la que pueda ser pertinente dependiendo de la situación.
- *Memoria-conceptualización*: Implica la organización de la información con miras a la retención y posterior utilización.

- *Pensamiento-razonamiento*: Implica los procesos de interpretación de lo que se almacena.
- *Decisión-pragmatismo*: Referida a la utilización de la información y el conocimiento como guía para orientar el conocimiento Entrena al educando para escenarios de la vida extraescolar.

Teniendo en cuenta la teoría de ZDP y del andamiaje de VIGOTSKI al estudiante deberá enfrentársele a condiciones en las que se vea obligado a reorganizar permanentemente lo conocido por él al abordar lo desconocido, es decir crearle constantemente conflictos cognitivos solucionables a su nivel de desarrollo de manera que sus procesos cognitivos se hagan más fluidos y le confieran la capacidad de solucionar problemas nuevos y en contextos diferentes, en lo que además podrá ir ganando independencia mientras se le va reduciendo los niveles de ayuda necesarios para dar paso a la autoregulación externa.

Otro de los potenciales más importantes que residen en la interactividad es el desarrollo de niveles de meta-cognición por cuenta del trabajo individual que coloca en manos del alumno el uso del tiempo, la información, retroalimentación (*feedback*) lo que da pie a la autorregulación y la regulación externa.

C. Modelos y representación

El tema de las representaciones ha sido abordado por la lógica, la epistemología, la lingüística, la psicología cognitiva, la neurobiología, entre otros. Incluso desde el punto de vista pedagógico en general y de la didáctica de la física en particular, existen diferentes enfoques frente al concepto de representación y al estrechamente relacionado concepto de modelo.

Aunque los modelos, en sí, son formas de representación (ADURIZ y MORALES, 2002), es importante diferenciar el modelo científico del modelo didáctico, que aunque relacionados entre sí, cumplen funciones distintas a nivel epistemológico.

En la disciplina de la física, los *modelos científicos* constituyen una representación teórica de la realidad, pero en él se advierten diferentes niveles, es así como el llamado *sistema físico*, se define como una representación que da estructura al mundo de los fenómenos. En contraste,

los *modelos didácticos* son representaciones de representaciones y se obtienen mediante el mecanismo de *transposición* desde los modelos científicos. Los modelos didácticos no son homogéneos, pues dependen mucho de la disciplina científica que se pretende representar, incluso de los partes de esta que mediante el modelo didáctico se desea abordar; así por ejemplo, algunos mantienen las formas, mientras que otras se dan por la concreción de las componentes abstractas de los modelos científicos. Pero tal vez lo más importante es entender que hay diferentes órdenes y/o niveles de representación, entre los cuales además existen grietas, las que funcionan como desequilibrantes cognitivos.

Como se mencionó anteriormente, los modelos científicos y didácticos son considerados como representaciones, las que a su vez se definen como representaciones no lingüísticas del mundo, con su propia lógica interna, sus relaciones de semejanza con los fenómenos y sus propios medios expresivos, es decir la construcción de lenguajes especializados. Aunque estos modelos se manifiestan mediante diferentes niveles de representación, los análisis teóricos que atienden a su naturaleza, su enseñabilidad y su comunicabilidad tienen muchos espacios comunes (ADURIZ y BRAVO, 2001).

1. La representación desde el punto de vista epistemológico

El concepto de representación se desarrolla en un espacio común entre la filosofía de la ciencia y la ciencia cognitiva. Adicionalmente, es importante tener en cuenta que cada nivel de representación en una teoría científica implica transformaciones conceptuales y simbólicas sobre el nivel anterior; estos niveles entonces, deben ser analizados dado que se encuentran transversalizados en la enseñanza de la física lo mismo que las diferencias al interior de ellas.

El primer nivel de representación se refiere al compuesto por la realidad teórica y la realidad empírica. La diferencia entre la una y la otra se encuentra determinada por la relevancia teórica de la elección de la frontera conceptual que delimitará el sistema (KLIMOVSKI, 1995). En este debate es común encontrar referencias a lo que suele llamarse *idea ingenua*, MATTHEWS (1994), utiliza el término para referirse a una concepción de sistema, según la cual, este se encuentra definido por cualquier porción de la realidad que se aísla para su estudio; a cambio,

el autor propone la idea de sistema físico como un recorte conceptualmente relevante de la realidad fenomenológica, al que se atribuye una estructura sintáctica compleja, que es susceptible de ser modelizada con el aparato teórico de la física. El sistema entonces resulta de una primera transformación operada sobre la realidad.

También se presenta una separación entre *sistema teórico* y *modelo científico*, la que se apoya en los conceptos de simplificación y aproximación, operaciones que reducen el número de variables relevantes y acotan la complejidad de sus relaciones conceptuales. Tras haber acotado el sistema físico que se desea analizar, se hace una modelización simbólica lo que implica proponer una serie de términos abstractos, que remiten indirectamente a elementos observables del sistema, los que se integran a una red conceptual, con lo que se pueden establecer relaciones estructurales-funcionales pertinentes. Lo anterior implica que el sistema teórico simbólico solo es un modelo de la realidad se se logran establecer un conjunto de relaciones de semejanza operativa, es decir entre lo representado y lo representante.

Finalmente, es importante, identificar que también hay una separación entre el modelo científico y modelo didáctico. Para que se de el paso del primero al segundo, es necesario que operen mecanismos de transposición, lo que implica la transformación del saber científico en saber enseñable, o dicho de otra forma es el proceso por el cual se escolarizan los contenidos científicos. La transposición necesariamente afecta tanto los contenidos como las formas, esto pasa porque en este proceso se ven involucradas operaciones lógicas y semánticas, por ejemplo: disminuir el grado de abstracción, reducir el número de variables, sustituir el modelo actualizado por otros de tipo aproximativo vigentes en otros momentos históricos, hacer paralelismos con modelos más familiares con los estudiantes, uso de metáforas, etc.

2. Tipos de representación

Tras haber estudiado los modelos y haber establecido su relación con las representaciones, se procede a profundizar el estudio de estas últimas porque son las que se pretende fortalecer mediante el uso de simulaciones. Pero su abordaje exige comprender que las representaciones forman parte de la *semiótica*, la que se define como la ciencia general de los signos lingüísticos, que incluye la semántica y sintaxis.

Debe tenerse en cuenta que el discurso científico de la física, (en realidad de cualquier discurso científico), se elabora recurriendo sistemas semióticos como el lenguaje natural, el lenguaje gráfico, matemático, corporal, etc. La introducción de estos elementos implica que las reglas mediante las cuales se relacionan deben ser claras de manera que se pueda hacer una substitución efectiva de la "idea" por los signos.

La semiótica le aporta al discurso de los entornos de aprendizaje el potencial de los signos, símbolos y reglas de interpretación, estos se da por la posibilidad de complementariedad entre los diferentes sistemas de representación; esto sin embargo, no es opcional, es más bien una condición que impone la naturaleza mismo de aquello que se desea representar; esta condición permite que cada sistema de representación se refiera de una manera determinada al tópic en cuestión lo que hace que estas se conjuguen de manera sinérgica. Aunque esta complementariedad pase por enfatizar, ilustrar, hacer llamativo y hasta redundar; el centro de esto es precisamente la complementariedad del mensaje de manera que mejoren ostensiblemente las posibilidades de hacerlo entendible. Adicionalmente, las representaciones pictóricas utilizadas para construir el lenguaje científico, se encuentran cargadas de significado. Finalmente, si se considera que el lenguaje científico es un híbrido semiótico, se entiende que se plantean nuevas demandas al proceso de lectura en particular y los abordajes pedagógicos en general, ya que los diseños instruccionales deben incluir estrategias que permitan desarrollar estas competencias.

En la enseñanza de la física, es de especial importancia a la necesidad de "alfabetizar" a los estudiantes para que puedan utilizar de manera adecuada los sistemas de representación propios de esta disciplina, con el propósito de atribuir significados en los contextos particulares planteados en ella. En los contextos disciplinares, el término alfabetización incluye dos elementos (LEMKE, 1998): Estar familiarizado con los conceptos científicos y desarrollar la habilidad de usar el aparato representacional dentro de una comunidad disciplinar. En las disciplinas científicas se encuentran el lenguaje común y el científico, en la tabla 1, se presentan las principales diferencias entre el uno y el otro:

Tabla 1
Lenguaje común vs. lenguaje científico especializado

LENGUAJE COMÚN	LENGUAJE CIENTÍFICO ESPECIALIZADO
Los seres y las cosas se designan por nombre y los procesos por verbos.	Se normalizan los procesos y los verbos expresan relaciones no acciones.
La gramática es mas compleja e intrínca.	La gramática es más sencilla pero tiene mayor densidad léxica porque casi todos los términos que se utilizan implican significados interrelacionados a una estructura conceptual.
Se presenta diversidad de significados sobre un mismo término, a esto se le conoce con el nombre de polisemia. La comunicación y el contexto permiten negociar los significados.	Los significados son univocos, dificultando la comunicación por la precariedad de la negociación.
Usado de manera cotidiana y no requiere evidencia.	Se usa con un nivel teórico, abstracto, requiere el uso de evidencias para la construcción de argumentos.

Quienes ejercen la docencia de las disciplinas científicas, se preguntan sobre las consecuencias de la nominalización, la descontextualización de los conceptos, el incremento de la densidad léxica, etc. en el aula de clase. El docente sabe que debe introducir el lenguaje especializado en la comunicación del estudiante, pero si este proceso se hace de manera inadecuada, se producirán efectos contraproducentes. Se debe tener en cuenta que al tiempo que el docente se expresa utilizando términos especializados con los que no se encuentran familiarizados los estudiantes o que tienen un significado diferente para él que para el profesor; se agrega la dificultad que representa la lectura de representaciones pictóricas, las que exigen una alfabetización que les enseña reglas para sustituir la idea por el signo.

3. Dos grandes tipos de representación

Durante muchos años, sólo fueron reconocidas desde las ciencias cognitivas las representaciones internas, sin embargo, la pedagogía y la didáctica han posicionado a las representaciones externas.

Las representaciones internas también son reconocidas como representaciones mentales, estas son los sistemas internos de información que se utilizan en los procesos de percepción, lenguaje, razonamiento, resolución de problemas y otras actividades cognitivas. Estas sin embargo tienen la grave desventaja para la investigación pedagógica que no pueden observarse directamente sino que se les hace seguimiento por sus manifestaciones, las que se dividen en representaciones simbólicas y distribuidas.

Las representaciones externas, son notaciones, signos o conjuntos de símbolos que presentan de nuevo el mundo externo en su ausencia. En la enseñanza de las ciencias, estas representaciones se manifiestan en mapas, diagramas, gráficos, símbolos, algoritmos, fórmulas, modelos bi y tridimensionales, etc. Se dividen en lingüísticas y pictóricas. Dado que las representaciones externas son las que son objeto de esta investigación, a continuación se hace una profundización.

Estas se definen como "... cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que re-presentan (vuelve a presentar) algún aspecto del mundo externo o de nuestra imaginación, en ausencia de ellas" (EYSENK y KEANE, 1990). A su vez, la definición le da importancia al signo, el que se define como trazos materiales que remiten al lector a algo diferente al mismo signo; ese algo es el referente o contenido. Los signos son resentados a los lectores de diferentes maneras como palabras, imágenes, números, íconos, etc. Junto al concepto de signo, se identifican cuatro aspectos que componen a la representación:

- *El mundo representado*: Es el referente al que se asocia el contenido, que refiere al dominio sobre el que actúan las representaciones.
- *Un mundo representante*: Se refiere a los signos, es el dominio que contiene la representación, se expresa recurriendo a los signos que sustituyen al mundo representado. Este mundo puede tener características analógicas o digitales (también llamadas simbólicas) y mediante ellas se preserva y circula la información sobre el mundo representado; sin embargo, se debe tener en cuenta que entre uno y otro mundo se pierde información.

- *Reglas de representación:* Es el conjunto de reglas que permiten el trámite entre el mundo representado y el representante, dicho de otra manera son los elementos que permiten, a través de un proceso cognitivo, atribuir significado a las representaciones.
- *Un proceso que usa la representación:* Las representaciones se utilizan para realizar diferentes tareas cognitivas, como la resolución de problemas, razonamiento, comprensión y toma de decisiones.

4. Tipos de representaciones externas

Ya se mencionó que que este tipo de representaciones se clasifican en lingüísticas o textuales y pictóricas o no textuales, son de carácter simbólico los que se caracterizan porque la relación entre lo que se representa y el signo lingüístico son arbitrarios. Las segundas, guardan gran parecido con el mundo que representan, motivo por el cual se dice que son de tipo analógico (EYSENK y KEANE, 1990). Sin embargo, esta clasificación no es absoluta porque existen representaciones pictóricas que presentan un alto grado de abstracción porque la relación entre representado-representante no guardan una relación evidente como cuando la idea se encuentra mediada por el lenguaje matemático.

Las representaciones pictóricas son de especial interés para este trabajo pues en ellas se apoyan abundantemente los applets, simulaciones desarrolladas en lenguaje JAVA. En estas se hallarán las dos características principales de las representaciones pictóricas: a. Que aportan información espacial, proporcionando información con un sentido de conjunto; b. Se perciben principalmente mediante el sentido de la vista, lo que facilita la captura y uso inmediata de la información.

Las características mencionadas de las representaciones externas les hacen ideales para ser empleadas en la presente investigación pues les permite ser utilizadas en la realización de tareas cognitivas mediante el uso de simuladores.

- Entregan información que puede ser percibida y utilizada directamente sin necesidad de operar sobre ella, es decir interpretarla y formularla explícitamente.

- Facilita el enraizamiento de un comportamiento cognitivo porque la estructura física en la representación externa indica las acciones cognitivas que son viables y las que no.
- Pueden cambiar la naturaleza de la tarea, es decir, tareas con y sin representaciones externas son completamente diferentes aunque la naturaleza abstracta de la tarea sea la misma.

Representaciones gráficas: También han sido denominadas, representaciones depictivas, pictóricas, incrustaciones, no-textuales, etc. LIEBEN y DOWNS (1992) las definen como un compuesto de marcas sobre una superficie bidimensional, dispuestas de tal manera que la combinación del mundo representante con las reglas de representación es capaz de movilizar tareas cognitivas permitiendo la interpretación y/o la transmisión de un significado. En este proceso es de gran importancia las propiedades de la disposición espacial como la forma y el tamaño de los objetos, su ubicación, distribución, relación, etc. Las representaciones gráficas establecen relaciones entre el objeto representado y el representante, relaciones que pueden ser clasificadas en tres grupos:

- *Relación de analogía:* son aquellas en las que lo representado guarda similitud con lo representante.
- *Analogía con un modelo conceptual:* Son representaciones mas abstractas y complejas, la demanda cognitiva requerida para atribuir significado a los objetos representantes es más grande.
- *Arbitrariedad:* De los tres tipo de representación gráfica, esta es la de mayor nivel de abstracción pues la relación entre lo representado y lo representante no guarda ninguna relación sino que es arbitraria.

Tanto en las representaciones externas lingüísticas como como en las gráficas, existe un conjunto de reglas que permiten el relacionamiento entre lo representado y lo representante. a. Las reglas generales, que derivan de sistemas de representación específicos; b. Reglas específicas que derivan del contexto en que se utiliza la representación. Adicionalmente, es importante tener consciencia que estas reglas de-

penden de dos variables, la primera es el tipo de representación y la segunda es el área de contenido en que se utiliza la misma. La línea de estudio en esta investigación, en los aspectos relacionados con la representación, precisamente alrededor de los tipos de representación propios de los applets y el área de representación es definida por la física.

5. Clasificación de las representaciones gráficas

Ya se mencionó que las representaciones gráficas o pictóricas pueden ser de tipo analógico o abstracta; esta clasificación se denomina signo-referente y se define por las características que la representación guarda con lo representado. Se abre un amplio espectro de elementos que van desde los más abstracto como las ecuaciones matemáticas hasta lo más análogo como las fotografías (ROTH, 1997).

También se les puede clasificar por los significados que pueden ser inferidos a partir del tipo de representación, lo que según POSTIGO y POZO (1999), se puede ver expresado en los siguientes tipos de representaciones gráficas o pictóricas:

- *Diagramas*: En estos se representan contenidos conceptuales, se hacen explícitas las interrelaciones entre los conceptos y se caracteriza por presentar la información de manera esquemática. Se incluyen en este grupo los organigramas, los mapas conceptuales, cuadros sinópticos, diagramas de flujo, etc., y en estos es común encontrar elementos como llaves, flechas, cuadros, etc., que se utilizan para establecer categorías, relaciones y flujos.
- *Gráficos*: Permiten inferir relaciones cuantitativas entre variables. En el espectro de este tipo de representaciones se encuentran los gráficos circulares, barras, campanas, etc.
- *Mapas, planos y croquis*: Centran en establecer una relación de tipo espacial selectiva, en la que la localización de los elementos que los componen implican una significación de los representado. Si bien existe correspondencia entre lo representado y lo representante, esta es selectiva, por ejemplo un mapa puede diseñarse para entender la orografía de una región o los renglones económicos de la misma. Los paralelismos entre lo representante y lo representado puede ser estructural o conceptual.

- *Ilustraciones:* Más allá de la relación espacial, busca una relación casi reproductiva como en el caso de las fotografías.

Algunos de los tipos de representación que se mencionaron en líneas anteriores, son especialmente importantes en la enseñanza de la física, como los gráficos cartesianos, gráficas, signos matemáticos, etc., los que permiten establecer relaciones de tipo cuantitativo y cualitativo entre variables.

Aunque son muy variadas las formas de representación, la que se hace mediante gráficos cartesianos cobran gran importancia en las disciplinas científicas. En este tipo de material, los conceptos y contenidos se presentan haciendo uso de un abanico de recursos con los que se permite:

1. Dar sentido a la curva que identifica la relación entre los dos conjuntos de medidas correspondientes a las variables, lo que facilitará el establecimiento de regularidades y patrones.
2. Reducir la flexibilidad interpretativa.
3. Que el lector pueda reconstruir desde la información aportada por el gráfico la situación real.

Una característica del uso adecuado de este recurso representacional es que los datos solo se grafican tras haber decidido el contexto desde el cual se toma la información o para el cual se utiliza, en relación con las componentes del gráfico, esto es: etiquetas para abscisas y ordenadas, escalas utilizadas, unidades, leyendas y barras de errores, títulos, figuras estadísticas, títulos y textos, etc.

Las representaciones gráficas, cobran especial importancia para la presente investigación dado que los APPLET incorporan una amplia tipología representacional, así entonces, en general, un proceso de comprensión de representaciones se da cuando hay traslación entre el gráfico y la situación descrita, permitiendo establecer la relaciones entre lo representado y lo representante (ROTH, 2002) y/o elaborar un discurso capaz de navegar en la comunidad disciplinar. La comprensión de un gráfico, implica la ejecución de tres procesos:

- Codificar el patrón visual e identificar las características visuales importantes como, componentes, distribución, convenciones, escales, etc. Esta codificación, puede ser facilitada o entorpecida por las habilidades y hasta características perceptuales del lector y la manera como se le presente la información.
- Relacionar las características visuales de la representación al sistema conceptual al que se refiere.
- Identificar el referente y apoyarse en a reglas de representación propia del contexto.

Desde luego que el grado de familiarización del lector con el fenómeno natural o hipotético y el tipo de diagrama con el que va a trabajar, entorpece o mejora su interpretación.

La aparición de tablas es un elemento común en los textos científicos, los datos consignados en estos recursos, suelen ser extraídos de instrumentos intermedios como encuestas, entrevistas y hasta textos. Su virtud se encuentra en que se apoya en significados tipológicos (categorías, variables), y topológicos (variaciones) de manera resumida. Son recursos visuales organizacionales (columnas, filas, categorías), para re-leer significados que se recuperan en ausencia de construcciones gramaticales; en una columna, o en una fila, la información que se presenta es semánticamente homogénea, mientras entre una columna y una fila la información es semánticamente heterogénea. Suele recurrirse a la intertextualidad como recurso representacional, por lo que es frecuente acompañar las tablas con textos introductorios que funcionan como resumen o conclusiones.

Los diagramas, de otro lado, son representaciones externas que se incluyen dentro de las pictóricas, pero dada su importancia en el uso de los APPLET, merecen un análisis. Pueden guardar una relación analógica o abstracta con lo que representan. Para su construcción se recurre a elementos sintagmáticos (función organizacional) como líneas y puntos; lo mismo que recursos intertextuales como los títulos.

La reconstrucción de los diagramas que mantienen una relación de analogía con la representación es un proceso más fácil de realizar por parte de los estudiantes que cuando la relación entre la representación y lo representado es arbitraria, pero es necesario destacar que aunque

las relaciones sean analógicas es necesario el manejo de reglas que se siguen para construir el diagrama. es necesario destacar que aunque las relaciones sean analógicas es necesario el manejo de reglas que se siguen para construir el diagrama.

D. Representación de problemas de física

Estudios realizados desde hace décadas, (BUTTELER, GANGOSO, BRINCONES y GONZÁLEZ, 2001; SIMÓN y SIMÓN, 1978; LARKIN, 1980) muestran que las características de las representaciones asociadas a los problemas de física, juegan un papel medular en su comprensión y posterior resolución

Es verosímil suponer alguna correlación entre el grado de representación que se construye y la capacidad de resolver exitosamente el problema, o por lo menos, se puede asegurar que una representación adecuada y completa facilita la tarea durante el proceso de solución (BUTTELER *et al.*, 2001).

Aunque la que guía el proceso general es la representación interna (procesos cognitivos que se operan en la mente), la externa es la que desde el punto de vista de la pedagogía, suele ser evaluada, pues esto se hace sobre la evidencia producida por el estudiante mediante acciones y actividades susceptibles de ser rastreadas. No es de extrañar que los estudios citados identifiquen que una de las fortalezas de los que en estos se denominan expertos, sobre los novatos, es que los primeros, por regla general solo intentan la solución tras haber logrado construir una representación física del problema, mientras que los segundos, intentan hallar soluciones en el abanico de ecuaciones del que disponen.

En estudios anteriores a esta investigación, los autores habían explorado la importancia de las tipologías textuales en el abordaje de las situaciones problémicas en física, así, apoyándose en la clasificación de VAN DIJK y KINTSCH (1983), se identificó el nivel superficial, base de texto y *modelo de situación*. Hasta este punto, el último es el que más interesa al presente estudio porque “consiste en la representación que hace el lector del mundo al que se refiere el texto” (JUST y CARPENTER, 1987) y estudios realizados en otras latitudes, se le ha asociado a los textos científicos en general y de física en particular.

El nivel de modelamiento definido como de *situación*, se da en el caso de los enunciados de física, sin embargo, lo que se busca es que

al tiempo que el lector moviliza un amplio conjunto de conocimientos previos, ahora es capaz de integrarlos a los aportados por la disciplina, los cuales, son presentados mediante relaciones formales. Este segundo nivel se denomina *modelo de problema*, el que aunque no contiene necesariamente datos numéricos, los mismos pueden ser incluidos. Este es el caso en el que se produce mejores resultados al momento de enfrentar la resolución de problemas, ya que además de generar el esquema básico que define el micromundo del problema, se incorporan las operaciones necesarios para dar respuesta a las demandas del mismo. En estudios realizados por OTERO y CAMPANARIO (2001), se estableció que los sujetos realizan modificaciones sobre las representaciones de un texto, de forma que son capaces de suprimir información no necesaria, inferir estados futuros o definir hipótesis, etc.

Pero además de la clasificación anterior, se encuentra la que se refiere al modelo científico y al modelo didáctico. Mientras que la anterior clasificación se refiere principalmente a los procesos de los individuos, esta última, toca lo concerniente a procesos globales que configuran la disciplina tanto a nivel científico como a nivel escolar. En física, el modelo científico se establece como la representación teórica de la realidad, mientras que los modelos didácticos son representaciones de orden superior obtenidas por transposición a partir de los modelos científicos. En un estudio realizado por ADÚRIZ-BRAVO y MORALES (2002), se plantea que el tema de los modelos teóricos y científicos, se puede abordar desde enfoques epistemológico, didáctico y retórico. De los tres, el que interesa para esta investigación es la de tipo epistemológico pues se apoya en el concepto de representación, el que establece un puente entre la filosofía de la ciencia y la ciencia cognitiva (NERSESIAN, 1992), además GIERE (1999) plantea que modelos como los descritos anteriormente se encuentran supeditados al concepto de representación: "... se entiende que un modelo cualquiera es una entidad no lingüística que le sirve al individuo a modo de representación simbólica interna y operativa".

Por consiguiente, en física, los modelos científicos y didácticos son considerados representaciones, los primeros migran hacia los segundos mediante el mecanismo que CHEVALLARD denomina transposición didáctica, la que permite que en el sistema didáctico se construyan representaciones de lo que se pretende enseñar a los estudiantes; el mismo autor considera que aunque las representaciones en física, no

necesariamente incluyen datos, las que alcanzan un nivel de calidad funcional a nivel cognitivo, se encuentran habilidades para hacerlo, por lo que una de los aspectos mas importantes es el uso de datos relevantes, tanto los que puedan ser capturados desde el enunciado del problema como de las representaciones mismas que suelen acompañar a estos. También forma parte de este análisis la posibilidad y capacidad de plantear hipótesis mediante la detección de regularidades y la argumentación de las mismas.

CAPÍTULO TERCERO METODOLOGÍA

I. DISEÑO METODOLÓGICO

El estudio que ha de realizarse se corresponde con el *paradigma cuantitativo*, el diseño es de tipo cuasi-experimental porque la muestra se define por *decisión razonada*. Para cumplir con los objetivos, se trabaja con un grupo experimental y uno de control, cada uno de 30 estudiantes, a los que se les aplica un pre-test y pos-test. Entre una y otra, al grupo experimental se le aplica el estímulo compuesto de cinco sesiones de trabajo con un alto nivel de integración disciplinar.

La variable independiente es la que se refiere a la aplicación de la unidad didáctica con alto contenido de integración entre las disciplinas de física e informática, la que apunta a mejorar la capacidad de representación necesaria para entender y abordar los problemas de física; lo que implica que esta última, es decir la capacidad de usar la representación en problemas de física, es la variable dependiente.

La primera de las variables, es decir la independiente, es de naturaleza cuantitativa, de tipo nominal, pues se le asignará valor de cero (0) a la condición de “no aplicar estímulo de simulación asistida por ordenador”, esta será la condición del grupo de control, y tendrá el valor de uno (1) para la condición en la que se da la condición de “aplicar el estímulo de simulación asistida por ordenador, con alto nivel de integración disciplinar”.

La variable dependiente, es decir aquella sobre la que se espera observar el efecto de haber aplicado o no el estímulo es el mejoramiento en la capacidad de representación de problemas de física. Esta variable también es cuantitativa y se encuentra compuesta por varios aspectos, los que a su vez son acompañados de un conjunto de criterios que han sido adecuadamente validados por pares expertos. Finalmente, se

debe decir que las variables son en todos los casos discretas. El diseño queda definido de la siguiente manera:

Tabla 2
Diseño de la investigación

Grupos	Secuencia de registro		
	Pre-test	Estimulo	Pos-test
Experimental	Y_{eb}^1	X	Y_{ea}
Control	Y_{cb}^2	----	Y_{ca}

Tanto el test como el pos-test fueron sometidos a validación por parte de un grupo de nueve expertos, quienes fueron seleccionados bajo tres criterios:

- Docentes de física que hubiesen explorado el uso de recursos informáticos en el ejercicio de aula.
- Docentes de física del Colegio Clemencia de Caycedo, que hubiesen participado en las fases precedentes o que estuvieran interesados en los resultados de la presente propuesta.
- Docentes vinculados a actividades investigativas relacionadas con el uso de la informática en la física.

En el anexo 1 se puede observar el test y el pos-test que les fue entregado a los maestros para la validación y en el anexo 2, los mismos instrumentos con las modificaciones que se generaron tras las sugerencias aportadas por los docentes.

El estímulo consiste en un grupo de seis sesiones de trabajo en las que se utiliza con criterios de interdisciplinariedad y de manera articulada, los recursos informáticos del tipo simulación para fortalecer la comprensión de la física, específicamente, en lo relacionado con la capacidad de representación, esto mediante el uso de la unidad didáctica ya mencionada que tiene como eje temático el principio de Arquímedes. Para no recargar el presente documento, en el anexo 3 se presenta solo la primera de las sesiones.

Los datos obtenidos serán analizados con el programa SPSS para realizar comparación entre estadísticos de tendencia central tanto en la prueba de entrada como en la prueba de salida. De igual manera interesa detectar el nivel de dispersión de datos y su comportamiento en la entrada y salida para lo que se analizará también las desviaciones estándar. La comprobación de la hipótesis de diferencia de medias significativas entre grupos homogéneos se efectuará mediante la aplicación de la Prueba t-student.

La población sobre la que se ha de trabajar son 80 estudiantes del grado once del Colegio Clemencia de Caycedo de la ciudad de Bogotá, género femenino, con edades comprendidas entre los 15 y 18 años de edad. Socioeconómicamente se encuentran ubicadas en los estratos uno, dos y tres y habitan en sectores cercanos a la institución educativa.

Uno de los grupos (11-02) participará en el experimento en condición de grupo experimental, es decir aquel al que se le ha de aplicar el estímulo, 11-03 será el grupo de control. Los grupos son “naturales”, este muestreo se denomina de tipo *subjetivo por decisión razonada* (también se le conoce por criterio o fines especiales, o muestreo intencionado), y se recurre a él porque el estímulo requiere trabajar con los grupos durante seis sesiones de trabajo, a esto hay que agregar las dos sesiones para las pruebas de entrada y salida, lo que significa que si se recurriera a un muestreo aleatorio, habría que reunir a 30 estudiantes generando problemas en el funcionamiento académico de la institución. Lo importante es que la muestra represente en los aspectos fundamentales a la población y este es el caso.

En cuanto a los aportes esperados, se espera avanzar hacia la concreción dentro el aula de la integración disciplinar, la que con frecuencia es mencionada y hasta existe de manera real pero en los niveles más bajos de la misma. A nivel de aplicación pedagógica se espera mejorar el rendimiento en las competencias científicas, específicamente en física en el Colegio Clemencia de Caycedo.

El principal factor invalidante identificado se encuentra asociado al hecho de que es el mismo investigador el que ha de aplicar el estímulo al grupo experimental, lo que puede producir un efecto positivo, en el que no se pueda identificar hasta qué punto el proceso es exitoso por cuenta de un estímulo efectivo o por cuenta del entusiasmo y esfuerzo del investigador. Para reducir este riesgo, la intervención se ha desa-

rollado de manera que las estudiantes puedan ejecutarla siguiendo las instrucciones allí planteadas, minimizando la intervención directa del investigador.

II. VARIABLES

A. *Variable independiente*

Como se mencionó al momento de plantear el diseño de este documento, la variable independiente es la uso de recursos informáticos tipo simulación con alto grado de integración disciplinar, dicha integración se da en las disciplinas de Física e Informática. De manera específica de lo que se trata es de utilizar un conjunto de recursos informáticos orientados a la enseñanza y el aprendizaje de la física.

1. Aspecto conceptual de la variable independiente

Integración disciplinar: Las disciplinas son un elemento fundamental no solo en la organización escolar sino en la organización del conocimiento socialmente producido. En la escuela, la excesiva tendencia a la disciplina ha contribuido en no poco a la desarticulación entre el saber escolar y el mundo real (FOUREZ, 2006) lo que se traduce en la baja capacidad de los estudiantes de dar sentido a los aprendizajes adquiridos en la escuela, es decir que estos les son poco significativos.

FOUREZ (2006) propone una estrategia de integración disciplinar escolar a la que denomina *islotos de racionalidad*, según la cual se debe partir por establecer el fenómeno a estudiar, identificar las disciplinas que formarían parte del islote de racionalidad, definir el nivel de integración disciplinar, los elementos puestos en juego desde cada una de las disciplinas, construcción de instrumentos, definición de espacios y tiempos.

La informática es una disciplina supremamente amplia en cuanto a su campo de acción, y desde luego, que acá se incluyen solo el conjunto de elementos que atañen directamente al proyecto. Las simulaciones son de larga data y contrario a lo que podría pensarse no es la aparición del ordenador lo que define que surgieran, pero dada la velocidad de cálculo, la capacidad de representación, la interconectividad, y otras características aportadas por el desarrollo de la tecnología, las

mismas hoy se han popularizado. El principal plus de las simulaciones modernas asistidas por ordenador es la interactividad, pues es la que le permite al usuario interactuar con programas que han sido diseñados para ofrecer diferentes niveles de retroalimentación y respuesta a las acciones y/o datos ingresados por el usuario.

Según ROLL y ECHEVERRYA (2011), la interactividad puede ser clasificada por niveles, el primero de ellos se refiere a condiciones en las que el usuario puede ejecutar repetidamente un programa que tiene predeterminadas las entradas que definen su comportamiento. En realidad aunque este nivel de interactividad se pueda ejecutar en un ordenador, se parece mucho a la reproducción que se podía hacer en un VHS o la que se puede hacer en un DVD. El siguiente nivel se da cuando la respuesta del programa se encuentra determinada por la introducción de datos por parte del usuario, lo que implica que la respuesta es de tipo secuencial y condicional; finalmente el tercer nivel de interactividad es el que recurre a la captura de datos mediante el uso de sensores.

De los tres niveles que se mencionan el que es de interés para la presente investigación es el segundo, pues el primero, según los mismos investigadores no permite mayores desarrollos cognitivos, al menos en contraste con los otros dos. El tercer nivel no es consistente con las condiciones institucionales pues los sensores de los que se habla son costosos, de mantenimiento exigente y no disponible en los laboratorios del colegio.

Desde luego que las características de las simulaciones escogidas para la investigación son definitivas pues más allá de actuar como un conjunto de criterios para la selección final de los programas computacionales con los que se ha de trabajar, en realidad lo que hacen es definir la operacionalización de la variable independiente.

2. Operacionalización de la variable independiente

Tabla 3
Operacionalización de la variable independiente.
Aspecto de integración disciplinar

Variab	Dim	Item	Indicador	Unid
Uso de recursos informáticos tipo simulación con alto grado de integración disciplinar.	Integración disciplinar	Nivel de integración disciplinar	Se definen las disciplinas participantes en la unidad didáctica	0-1
			Las disciplinas participantes han sido definidas conceptualmente	0-1
			Conceptos fundamentales de física forman parte de la unidad didáctica	0-1
			Recursos informáticos forman parte fundamental de la unidad didáctica	0-1
			Las disciplinas se vinculan estrechamente a nivel conceptual, metodológico y/o práctico	0-1

Tabla 4
Operacionalización de la variable independiente.
Aspecto recurso informático tipo simulación

Variab	Dim	Item	Indicador	Unid
Uso de recursos informáticos tipo simulación con alto grado de integración disciplinar.	Recursos informáticos	Uso de recursos informáticos tipo simulación.	Los recursos informáticos se han escogido atendiendo a criterios de interactividad nivel II	0-1
			Los recursos informáticos seleccionados facilitan el desarrollo de los conceptos de física involucrados en la unidad didáctica	0-1
			Los recursos informáticos seleccionados permiten simular los temas de física involucrados	0-1

B. Variable dependiente

La variable dependiente es la capacidad de uso de la representación de problemas de física. Se debe tener en cuenta que la capacidad de utilizar la representación para entender y o solucionar un problema de físi-

ca, funciona en dos sentidos, el primero es de la representación misma al estudiante y se da cuando al enfrentarse a un problema, el que en su forma típica incorpora una amplia tipología representacional, el estudiante es capaz de extraer de este abanico, aquello que es valioso para entender y/o resolver los conceptos y problemas.

1. Aspecto conceptual de la variable dependiente

Ya se ha referenciado que desde diferentes posiciones y desde hace ya bastante tiempo, se argumenta que las representaciones relacionadas con los problemas de física, (BUTTELER, GANGOSO, BRINCONES y GONZÁLEZ, 2001; SIMÓN y SIMÓN, 1978; LARKIN, 1980) cumplen un importante papel en la comprensión de los mismos y en su posterior resolución. En el capítulo 2 de este documento, se explicó que se asumen dos tipos de representaciones, la interna y la externa, que aunque la primera es la que guía todo el proceso, es decir los procesos cognitivos que se ejecutan, la externa es la que se evalúa pues es la que puede ser rastreada mediante de la evidencia generada en el proceso de aprendizaje por parte del estudiante.

Lo anterior explica que en estudios como los citados, se detecte una regularidad relacionada con la representación, en la forma como los novatos resuelven los ejercicios y como lo hacen los expertos. Los primeros suelen “capturar” datos numéricos, los que inmediatamente son insertados en alguna o algunas fórmulas tomadas del abanico de las que el docente haya utilizado en clase; en contraste, los pertenecientes al segundo grupo, solo abordan el asunto de la solución tras haber construido una representación que les facilita entender el problema y a su vez, la solución del mismo.

En estudios anteriores a esta investigación, los autores habían explorado la importancia de las tipologías textuales en el abordaje de las situaciones problémicas en física, así, apoyándose en la clasificación de VAN DIJK y KINTSCH (1983), se identificó el nivel superficial, base de texto y *modelo de situación*. El último es el que más interesa al presente estudio porque “consiste en la representación que hace el lector del mundo al que se refiere el texto” (JUST y CARPENTER, 1987) y estudios realizados en otras latitudes, se le ha asociado a los textos científicos en general y de física en particular.

El nivel de modelamiento definido como de *situación*, se da en el caso de los enunciados de física, sin embargo, lo que se busca es que al tiempo que el lector moviliza un amplio conjunto de conocimientos previos, ahora es capaz de integrarlos a los aportados por la disciplina, los cuales, son presentados mediante relaciones formales. Este segundo nivel se denomina *modelo de problema*, el que aunque no contiene necesariamente datos numéricos, los mismos pueden ser incluidos. Este es el caso en el que se produce mejores resultados al momento de enfrentar la resolución de problemas, ya que además de generar el esquema básico que define el micromundo del problema, se incorporan las operaciones necesarias para dar respuesta a las demandas del mismo. En estudios realizados por OTERO y CAMPANARIO (2003), se estableció que los sujetos realizan modificaciones sobre las representaciones de un texto, de forma que son capaces de suprimir información no necesaria, tomar la que considere relevante, inferir estados futuros o definir hipótesis, etc.

Pero además de la clasificación anterior, se encuentra la que se refiere al modelo científico y al modelo didáctico. Mientras que la anterior clasificación se refiere principalmente a los procesos de los individuos, esta última, toca lo concerniente a procesos globales que configuran la disciplina tanto a nivel científico como a nivel escolar. En física, el modelo científico se establece como la representación teórica de la realidad, mientras que los modelos didácticos son representaciones de orden superior obtenidas por transposición a partir de los modelos científicos. En un estudio realizado por ADÚRIZ-BRAVO y MORALES (2002), se plantea que el tema de los modelos teóricos y científicos, se puede abordar desde enfoques epistemológico, didáctico y retórico. De los tres, el que interesa para esta investigación es la de tipo epistemológico pues se apoya en el concepto de representación, el que establece un puente entre la filosofía de la ciencia y la ciencia cognitiva (NERSESIAN, 1992), además GIÉRE (1999) plantea que modelos como los descritos anteriormente se encuentran supeditados al concepto de representación "... se entiende que un modelo cualquiera es una entidad no lingüística que le sirve al individuo a modo de representación simbólica interna y operativa".

Por consiguiente, en física, los modelos científicos y didácticos son considerados representaciones, los primeros migran hacia los segundos mediante el mecanismo que CHEVALLARD (1998) denomina

transposición didáctica, la que permite que en el sistema didáctico se construyan representaciones de lo que se pretende enseñar a los estudiantes; el mismo autor considera que aunque las representaciones en física, no necesariamente incluyen datos, las que alcanzan un nivel de calidad funcional a nivel cognitivo, se encuentran habilitadas para hacerlo, por lo que una de los aspectos más importantes es el uso de datos relevantes, tanto los que puedan ser capturados desde el enunciado del problema como de las diferentes tipologías representacionales que suelen acompañar a estos. También forma parte de este análisis la posibilidad y capacidad de plantear hipótesis mediante la detección de regularidades y la argumentación de las mismas.

Para la operacionalización de la representación de problemas de física, se debe tener en cuenta que ella aparece de manera importante en dos partes del proceso cognitivo: de un lado, juega un papel en la comprensión del modelo científico mediado por el modelo didáctico, y de otro lado, en la comunicación de las representaciones internas; en su conjunto, ambos procesos le permiten al individuo, abordar de manera más o menos exitosa la comprensión y/o la resolución de problemas propios de esta disciplina. Ambos aspectos pueden ser rastreados mediante indicadores definidos para esta investigación mediante los cuales las estudiantes sintomatizan su estado en cuanto a la capacidad de representación

2. Operacionalización de la variable dependiente

El proceso que se ha de seguir a continuación busca hacer que los aspectos teóricos que definen a la variable de manera conceptual se vuelvan cuantificables, de manera que permitan el tratamiento de los datos.

Como se puede apreciar, los conceptos sobre los que se definen las variables incluyen un gran número de posibles acciones en torno a las cuales se pueden construir indicadores asociados a la capacidad de representación en general, pero dadas las características de la presente investigación, solo se relacionan aquellas pertinentes a la capacidad de representar situaciones y de establecer condiciones.

Los indicadores establecidos para ser evaluados mediante test y pos-test, atienden a un conjunto de desempeños que han sido previamente probados en pilotaje y validados por pares expertos; actividades que produjeron varios ajustes al modelo inicial. Dado que la estrategia

interdisciplinar apunta a que las estudiantes codifiquen y transformen la información exterior de una manera más eficiente de lo que lo harían por concepto de la aplicación de una metodología tradicional.

La operacionalización de la variable dependiente se definen entonces de la siguiente manera:

Tabla 5
Operacionalización variable dependiente.
Item: Capacidad de representación de la condición de flotación descrita

Var	Dim	Item	Indicador	Cod	Unid
Capacidad de uso de la representación en problemas de física	Cognitiva	1ai. Capacidad de representar la condición de flotación descrita	No haceningunarepresentación		0
			La representación no incluye ninguna proporción ni ninguna de las fuerzas involucradas		1
			Representa la condición de flotabilidad incluyendo al menos una proporción o una de las fuerzas involucradas		2
			Representa la condición de flotación considerando todas las proporciones y todas las fuerzas involucradas		3

Tabla 6
Operacionalización de variable dependiente.
Item: Identificación de datos relevantes para la resolución del problema

Var	Dim	Item	Indicador	Unid	
Capacidad de uso de la representación en problemas de física	Cognitiva	1aii. Identificación de datos relevantes para la solución del problema	No identifica ningún dato relevante		0
			Identifica al menos uno de los datos relevantes explícitos o implícitos		1
			Identifica más de un dato relevante explícito o implícito		2
			Identifica todos los datos relevantes explícitos e implícitos		3

Tabla 7
Operacionalización de la variable dependiente.
Item: Identificación del problema específico a resolver

Var	Dim	Item	Indicador	Unid
Capacidad de uso de la representación en problemas de física	Cognitiva	1b. Identificación del problema específico a resolver	No hace ninguna representación	0
			Responde pero no identifica el problema a resolver	1
			El problema se identifica pero integrado a pseudo-problemas o de manera imprecisa	2
			Identifica el problema específico	3

Tabla 8
Operacionalización de la variable dependiente.
Item: Representación de la nueva condición de flotación

Var	Dim	Item	Indicador	Unid
Capacidad de uso de la representación en problemas de física	Cognitiva	1c. Representación de la nueva condición de flotación	No hacer ninguna representación	0
			La nueva representación no incluye proporciones ni ninguna de las fuerzas involucradas	1
			Representa una nueva condición incluyendo al menos una proporción o fuerza involucrada	2
			Representa una nueva condición de flotación incluyendo todas las proporciones y fuerzas involucradas	3

Tabla 9
Operacionalización de la variable dependiente
Item: Explicación de la situación planteada mediante producción escrita y/o gráfica

Var	Dim	Item	Indicador	Unid
Capacidad de uso de la representación en problemas de física	Cognitiva	2. Explicación de la situación planteada mediante producción escrita y/o gráfica.	No haceningunarepresentación	0
			Explica de manera errónea o incoherente	1
			Explica de manera acertada y coherente pero no utiliza términos adecuados. Puede o no, apoyarse en representacióngráfica	2
			Explica de manera acertada y coherente, utilizando términos adecuados y apoyándose en la representación gráfica	3

Se puede observar que en la columna item, hay una numeración al inicio de la descripción de los mismos, estos son los códigos con los que se categorizaron dichos ítems de forma primaria y aunque podría parecer que es redundante una vez se establecen los códigos que se han de utilizar en el SPSS, se han de mantener porque obedecen a una lógica interna que se explica a continuación:

- El primer término es el número de ejercicio (1 o 2), que aparece en el test o pos-test.
- El segundo término se refiere al numeral de cada punto (a, b o d).
- El tercer término disecciona el punto haciendo referencia a los aspectos evaluados en él. (i, ii).

III. PROCESO DE VALIDACIÓN DE LA PRUEBA

El proceso que permite la configuración del test y del pos-test, pasa por recoger las experiencias desarrolladas en procesos anteriores en los que se habló de pruebas de entrada y salida; pero la etapa correspondiente a la presente investigación se afinca principalmente en la validación por pares. Este es un método mediante el cual, el autor de un material académico o investigativo, busca la aprobación por parte

de profesionales que sean de igual nivel o superior a quienes se les denomina validantes. Desde luego que estos pueden hacer sugerencias, cuestionar aspectos del producto evaluado o rechazarlo de plano. En la Tabla 10 se puede apreciar el listado de los académicos a quienes se les solicitó hacer la validación de los test. Además del nombre propio, el que se incluye no solo por agradecimiento sino principal mente en reconocimiento a su gestión en el modelamiento de estos materiales; también se incluye el cargo que ocupan en las entidades a las que se encuentran vinculados y sobre todo, la pertinencia por la que se consideró que sus aportes podrían ser verdaderamente valiosas para el proceso.

A cada uno de los validantes se les entregó un documento introductorio en el que se les explica cuál es el objeto del ejercicio de validación, que el mismo forma parte de un proceso que cuenta con antecedentes empíricos e investigativos y se les solicita prestar especial atención a los criterios (indicadores) con los que se busca medir la capacidad de los estudiantes de utilizar las representaciones para entender y resolver problemas de física. Ver anexo 1.

Tabla 10
Grupo de validantes de pre-test y pos-test

N.º	Validante	Cargo	Pertinencia
1	Alex Adrian Moreno Fonseca	Docente Colegio Clemencia de Caycedo	Licenciado en física. Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas
2	Andrés Alfonso Delgado Román	Docente Colegio Isidro Molina	Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia
3	Zulma Cortés	Docente Colegio Manuel Cepeda Vargas	Licenciada en física y matemáticas. Universidad Distrital Francisco José de Caldas
4	Adriana Paola González Valcarcel	Docente Colegio Clemencia de Caycedo	Docente de física. Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Integración disciplinar física-informática y su incidencia...

5	Alejandro Hurtado Marquez	Profesor titular Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Director del Grupo de Investigación FISINFOR y del semillero de investigación: simulación y laboratorios virtuales. Publicaciones referentes al uso de la informática .Ofrece hacer revisión de documentos producidos por el proponente
6	Hilda Yamile Arenas Torres	Docente Colegio Manuel Cepeda Vargas	Licenciada en lenguas modernas. Especialista en pedagogía para el aprendizaje autónomo y maestrante en educación, mención currículo y comunidad
7	Carlos Andrés Orduz	Docente Colegio Clemencia de Caycedo y Universidad Los Libertadores	Licenciado en Física y matemática. Universidad Distrital Francisco José de Caldas
8	María Isabel González Buitrago.	Docente Colegio Manuel Cepeda Vargas	Licenciada en matemáticas. Universidad Distrital Francisco José de Caldas
9	Jeisson Cuesta	Docente provisional Colegio Clemencia de Caycedo	Licenciado en física en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

La información recopilada de los nueve validantes es agrupada en cuatro categorías de la siguiente forma:

- *Criterios de evaluación:* Son las recomendaciones o comentarios hechos en relación a los indicadores que evidencian los niveles se uso de la representación.
- *Redacción y semántica:* Sugerencias orientadas a mejorar la comprensión lectora por parte del estudiante.
- *Aspectos formales:* Se refiere a aspectos como la distribución, la nitidez de las imágenes, el tipo de letra, etc.
- *Contexto y otros:* Se hacen recomendaciones alusivas al contexto de los problemas y otros elementos.

Así entonces, en la Tabla 11, se puede observar considerando la anterior categorización, los tipos de aporte hechos por cada uno de los validantes.

Tabla 11
Validantes de pruebas de test y pos-test

Validantes	Categorías de análisis abordadas por los validantes			
	Criterios de evaluación	Redacción y semántica	Aspectos formales	Contexto y otros
Validante 1	X			
Validante 2			X	X
Validante 3	X			
Validante 4		X	X	
Validante 5	X	X	X	X
Validante 6	X	X	X	X
Validante 7	X		X	
Validante 8		X	X	X
Validante 9			X	

El importante declarar que los validantes asumieron a profundidad la tarea de analizar los materiales, lo que produjo no pocas modificaciones a la que sería la prueba que finalmente se aplicaría (anexo 2). También se debe mencionar que no todas las sugerencias fueron adoptadas, algunas de ellas porque exceden los alcances de la presente investigación, otras porque no aplican y otras quedan a buen recaudo para ser aplicadas en desarrollos posteriores. El ejercicio de validación es tan importante en el marco amplio del proceso que en la Tabla 12 se toma atenta nota de las sugerencias hechas por cada uno de los validantes y que no han sido adoptadas.

Tabla 12
Sugerencias rechazadas o aplazadas para investigaciones posteriores

	Sugerencias no adoptadas	¿Por qué?
Validante 1	Sugiere que además de identificar datos, las estudiantes deben identificar variables y las relaciones entre ellas.	Se toma nota para estudio posterior pero se considerará para observación cualitativa.
	Analizar si las representaciones que hace el estudiante son de tipo físico, pictórica, vectorial, matemática, etc.	Se toma nota para estudio posterior pero se considerará para observación cualitativa.
	Sugiere que en el tercer punto, se incluya el análisis del uso de ecuaciones así estas no sean resueltas.	Tercer punto no será incluido por no ajustar con lo que se pretende evaluar, pero se considerará para estudios posteriores.
	Para el mismo punto sugiere que se incluya cambio de magnitudes.	Tercer punto no será incluido por no ajustar con lo que se pretende evaluar, pero se considerará para estudios posteriores.
Validante 2	Se adoptaron todas las recomendaciones.	
Validante 3	Plantea que donde se le pide al estudiante "Desde el punto de vista de la física...", es una pregunta compleja porque el estudiante no ha desarrollado el pensamiento propositivo, a cambio propone: "Cuales son las leyes físicas que podría aplicar para encontrar una solución a la situación".	Aunque se modifica el texto inicial, no se adopta la propuesta alternativa pues las leyes físicas (conceptos) incluidas en el punto solo son densidad y principio de Arquímedes, lo que reduce la posibilidad de evaluar este aspecto, de otro lado, lo que se desea evaluar en este ítem, es si la estudiante identifica la pregunta o problema a resolver.
Validante 4	Las estudiantes comprenden lo que significa "corte transversal".	Las estudiantes reciben clase de dibujo técnico desde ciclo IV, lo que hace que el término no les sea extraño.
	Respecto al tercer punto, la Validante objeta: "¿sobre qué cara flota el tablón?".	Aunque tiene razón, se ha decidido dejar por fuera el punto tres del test y el pos-test.

Validante 5	Se adoptaron todas las recomendaciones explícitas.	Sin embargo hay un conjunto de comentarios que serán tenidos en cuenta para estudios posteriores, por ejemplo la intencionalidad de los diagrama de fuerzas.
Validante 6	Referente al punto 3, la validante plantea que si una estudiante construye una representación y captura datos, entonces SI intenta resolver el problema.	Se está de acuerdo con el comentario y se tendrá en cuenta para procesos posteriores pero el tercer punto ha sido retirado del pos-test.
	El término <i>equilibrio</i> , en la pregunta 1, numeral b del pre-test, implica la inclusión de otro concepto?	No, la palabra es contextual y no es objeto de análisis conceptual.
	El validante pregunta si el numeral a, del punto 1 también debe resolverse.	No, en el texto introductorio se plantea: "lea cuidadosamente el siguiente enunciado y responde los puntos a, b yc. El punto a, solicita hacer una representación gráfica, no resolver matemáticamente.
Validante 7	Propone hacer experimentos.	La presente investigación no contempla esta actividad pero es una posibilidad para estudios posteriores.
Validante 8	Llama la atención sobre el efecto que puede tener sobre los estudiantes el anuncio de que los resultados de la prueba no tendrán efectos negativos sobre sus notas puesto que pueden no poner todo su potencial en acción.	El riesgo es real, pero se confía en la posibilidad de persuadir a las estudiantes de tomar la prueba con seriedad.
Validante 9	Referente al tercer punto, plantea que se debe privilegiar el análisis cualitativo.	El tercer punto no será incluido por no ajustar con lo que se pretende evaluar, pero la sugerencia se considerará para estudios posteriores.

CAPÍTULO CUARTO

ANÁLISIS DE DATOS

Típicamente cuando se desea comparar el comportamiento de dos grupos independientes entre sí en la variable o aspecto que se desea analizar, se recurre a la Prueba t-student para muestras independientes. Este ejercicio se lleva a cabo cuando se cree que hay alguna diferencia entre los dos grupos, lo que es el caso, de manera que se establece una hipótesis de trabajo, la que también se conoce como hipótesis nula según la cual las medias entre grupos son homogéneas en la condición de salida, es decir lo referido a los datos del pos-test.

I. VERIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE DISTRIBUCIÓN NORMAL DE LOS DATOS

Para poder aplicar la prueba *t*student , es necesario verificar dos supuestos, el primero de ellos es el de normalidad, es decir que los datos ajustan a la distribución normal. Para hacerlo, se ejecuta la prueba de kolmogorov-smirnov, la que exige establecer como hipótesis nula que los datos provienen de una distribución normal, y como hipótesis alternativa que los datos no provienen de una distribución normal. entonces:

Ho: Los datos provienen de una distribución muestral.

H1: los datos no provienen de una distribución muestral.

Tras haber hecho la suma de los criterios de valoración de la capacidad de representación se ejecuta el procedimiento que permite obtener los p-valores, todos los cuales se encuentran por encima de 0.05 lo que permite asegurar que no tengo evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, es decir que los datos si provienen de una distribución normal.

Tabla 13
Prueba K-S para pre-test en grupo control

			Total de capacidad de representación externa
N			30
Normal	Mean		7,30
Parameters(a,b)	Std. Deviation		2,535
Most	Extreme	Absolute	,149
Differences		Positive	,147
		Negative	-,149
Kolmogorov-Smirnov Z			,815
Asymp. Sig. (2-tailed)			,520

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Se indica si es grupo control o experimental = G control, se indica si es pre-test o pos-test = Pre-test.

En la Tabla 13 el p-valor es de 0,520, luego no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula, por consiguiente los datos obtenidos para el pre-test en el grupo control ajustan a la distribución normal.

Tabla 14
Prueba K-S para post-test en grupo control

			Total de capacidad de representación externa
N			30
Normal	Mean		8,40
Parameters(a,b)	Std. Deviation		2,486
Most	Extreme	Absolute	,136
Differences		Positive	,114
		Negative	-,136
Kolmogorov-Smirnov Z			,745
Asymp. Sig. (2-tailed)			,635

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Se indica si es grupo control o experimental = G control, se indica si es pre-test o pos-test = Pos-test.

En la Tabla 13 el p-valor es de 0,635, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula. por consiguiente los datos obtenidos para el pos-test en el grupo control ajustan a la distribución normal.

Tabla 15
Prueba K-S para pre-test en grupo experimental

			Total de capacidad de representación externa
N			30
Normal	Mean		5,50
Parameters(a,b)	Std. Deviation		2,813
Most	Extreme	Absolute	,130
Differences		Positive	,129
		Negative	-,130
Kolmogorov-Smirnov Z			,714
Asymp. Sig. (2-tailed)			,689

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Se indica si es grupo control o experimental = G experimental, se indica si es pre-test o pos-test = Pre-test.

En la Tabla 15 el p-valor es de 0,689, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula. por consiguiente los datos obtenidos para el pre-test en el grupo experimental ajustan a la distribución normal.

Tabla 16
Prueba K-S para post-test en grupo experimental

		Total de capacidad de representación externa
N		30
Normal	Mean	10,27
Parameters(a,b)	Std. Deviation	2,288
Most Extreme Differences	Absolute	,192
	Positive	,124
	Negative	-,192
Kolmogorov-Smirnov Z		1,054
Asymp. Sig. (2-tailed)		,217

a Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Se indica si es grupo control o experimental = G experimental, se indica si es pre-test o pos-test = Pos-test.

En la Tabla 16 el p-valor es de 0,217, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula. por consiguiente los datos obtenidos para el pos-test en el grupo experimental ajustan a la distribución normal.

La segunda condición que debe cumplirse para poder aplicar la Prueba t-student es el supuesto de la igualdad de varianzas entre muestras, así que se deberán tomar los datos obtenidos en el pre-test y pos-test, tanto para el grupo control como el experimental y someterlos a la prueba de Levene, que es la que permite rechazar o aceptar la hipótesis nula que frente a la igualdad de varianzas se plantea.

Ho: No hay diferencias significativas entre las varianzas de los grupos.

H1: Hay diferencias significativas entre las varianzas de los grupos.

II. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE REPRESENTACIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA EN GRUPOS CONTROL Y EXPERIMENTAL

Tras verificar que se cumplen las condiciones para hacer el tratamiento de los datos según distribución normal, se utiliza la Prueba t-student, en primera instancia para obtener la media y la desviación standard en las muestras, lo que da cuenta del primer objetivo específico planteado en esta investigación: Determinar la capacidad de representación en problemas de física en los grupos control y experimental.

Tabla 17

Capacidad de representación externa en *pre-test* y *pos-test* para grupo control

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Total representación externa pret	7,30	30	2,535	,463
Total representación externa post	8,40	30	2,486	,454

Tabla 18

Prueba t para grupo control. Representación *pre-test* - *pos-test*

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Total representacion externa pret - Total representacion externa post	-1,100	2,107	,385	-1,887	-,313	-2,860	29	,008

Tabla 19
Capacidad de representación externa en pre-test y pos-test para grupo experimental

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Total repexp pre	30	5,50	2,813	,514
Total repexp post	30	9,27	3,629	,663

a. Se indica si es grupo control o experimental = Experimental

Tabla 20
Prueba t para grupo experimental

	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
Total repexp pre	10,709	29	,000	5,500	4,45	6,55
Total repexp post	13,987	29	,000	9,267	7,91	10,62

a. Se indica si es grupo control o experimental = Experimental.

De la Tabla 17 y la Tabla 19 se puede apreciar que la media, del grupo control es 7,3 y la del grupo experimental es 5,5, ambos resultados referidos al momento de iniciar la investigación, lo que evidencia que en ese momento, el grupo control se encuentra en mejores condiciones que el grupo experimental. Cabe anotar que los puntos posibles a alcanzar en las pruebas, se distribuyen en un espectro de cero a quince, lo que implica que ambos grupos se encuentran por debajo del valor medio de ese espectro.

Pero al observar las mismas tablas, se encuentra que el valor de la media en el postt para el grupo de control a pasado a ser 8,4, mientras que en el caso del grupo experimental el valor ahora es 9,27, lo que implica que la situación inicial de desbalance entre ambas muestras se ha invertido, es decir el grupo experimental ahora presenta una mejor capacidad de representación.

III. PRUEBA T-STUDENT PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES

Tras verificar esta condición, se pasa a aplicar la Prueba t-student para muestras no relacionadas. Esta condición se da porque aunque a ambos se les aplica el mismo pre-test y pos-test, lo cierto es que lo que define la no relación entre los grupos es la independencia entre estos, es decir que los resultados o comportamiento de uno de ellos no representa ningún efecto sobre el otro.

Tabla 21
Medias para grupo experimental y de control, en pre-test y pos-test

	Se indica si es grupo control o experimental	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Total representacion externa pret	Control	30	7,30	2,535	,463
	Experimental	30	5,50	2,813	,514
Total representacion externa post	Control	30	8,40	2,486	,454
	Experimental	30	9,27	3,629	,663

También es importante observar las variaciones presentadas en las desviaciones estándar puesto que de la Tabla 22, los valores del grupo control pasaron de 2,535 a 2,486, mientras que el grupo experimental pasó de 2,813 a 3,629. Esto sumamente interesante porque indica que si bien el grupo de control obtuvo un crecimiento en su media inferior al que presenta el grupo experimental, también se presenta menos dispersión, es decir que aunque el de control fue el grupo con menor crecimiento, porque pasó de 7,30 a 8,40, su condición de dispersión mejoró, es decir que la mayoría de los resultados se agrupan con mayor consistencia en torno a la media que en el caso del grupo experimental que aunque pasó en su media de 5,5 a 9,27 presenta incluso un descenso en la desviación estándar, lo que implica que aunque hubo mejoramiento en la capacidad de uso de la representación de problemas de física, el grupo experimental incrementa la dispersión de sus datos. Esa condición puede hallar explicación en que cuando se hizo el análisis de variables intrusas, es decir de aquellas que pudieran afectar los resultados de la investigación reduciendo la confiabilidad, o lo que es lo mismo, su estabilidad externa, se identificó a la participación del

investigador como uno de los factores de mayor riesgo, y buscando reducir esta situación, el docente asumió una posición fundamentalmente de observador, lo que permitió, identificar que como suele suceder en los grupos académicos, hubo estudiantes que aprovecharon a fondo la unidad didáctica, quienes hicieron preguntas y obtuvieron una tutoría más cercana que aquellas que solo recibieron la explicación general al inicio de las sesiones de trabajo. Se debe agregar que si bien las sesiones de trabajo nunca se pensaron para ser desarrolladas en ausencia absoluta del maestro, si se hizo un gran esfuerzo por diseñarlas para ser ejecutadas con un alto nivel de autonomía por parte de las estudiantes. Desde el punto de vista investigativo es muy interesante porque implica que una acción orientada a fortalecer un aspecto, la confiabilidad, debilitó otro, la dispersión.

Tabla 22
Prueba para t para muestras independientes

		Lvene's Test: for Equality of Variances		t-Test: for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Total representación externa pre-test	Equal variances assumed	.053	.802	2,604	58	.012	1,800	.391	.416	3.184
	Equal variances not assumed			2,604	57,331	.012	1,800	.391	.416	3.184
Total representación externa post	Equal variances assumed	3,650	.061	-1,079	58	.235	-.867	.303	-2,474	741
	Equal variances not assumed			-1,079	51,306	.235	-.867	.303	-2,479	745

En la Tabla 22 se puede observar que el valor de significancia entre los grupos experimental y de control es de 0,012 al momento de aplicar el pre-test, que al ser menor que 0,05 implica que no se acepta la hipótesis de homogeneidad de medias entre los grupos en la condición inicial de la investigación, situación que cambia cuando se ha aplicado la unidad didáctica con alto nivel de integración disciplinar, pues el nivel de significancia bilateral tras la aplicación del pos-test es de 0,235 lo que implica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis, entonces la aceptamos, es decir que hay homogeneidad entre las medias.

Aunque la teoría de análisis de Prueba t dice que si al final de un proceso, no se presenta una condición de diferencia entre las medias, se concluye que dicho proceso no produjo efectos suficientemente positivos para generar dicha diferencia; sin embargo, en este caso se

debe tener en cuenta que se partió de una condición inicial en la que había una diferencia de muestras en favor del grupo de control, lo que implica que a la condición de homogeneidad se llega por cuenta de la aplicación de la variable independiente, es decir la unidad didáctica de alto contenido de integración disciplinar.

En este punto es importante subrayar el hecho de que lo que está produciendo los efectos positivos son los aspectos que hacen que la unidad didáctica tenga un “alto nivel de integración disciplinar”.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. CONCLUSIONES

- La estrategia de integración disciplinar desarrollada se evidenció como exitosa siguiendo las indicaciones de FOUREZ y HASNI-LENOIR quienes plantean que aunque hay muchas formas de construir actividades de integración, las que producen efectos positivos en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias son aquellas en que las que se pueden identificar los siguientes elementos: las disciplinas participantes del *islot de racionalidad* están claramente definidas, los conceptos, metodologías y herramientas aportadas desde cada una de ellas, hay claridad frente a las metas a alcanzar y en función de esto se definen el muy cuidadoso diseño del instrumento de trabajo. Estos autores plantean que los constructos con diferentes niveles de integración disciplinar pueden materializarse en un amplio espectro de posibilidades didácticas, lo que da la posibilidad de escoger como en el caso de la presente investigación a la unidad didáctica.
- Aunque los elementos generales de integración disciplinar que producen efectos positivos a lo largo del proyecto son los mencionados por FOUREZ y HASNI-LENOIR, cada uno de ellos tiene una expresión más específica en el presente proyecto:

Integración disciplinar física-informática y su incidencia...

FOUREZ y HASNI-LENOIR	TOVAR
Identificación de disciplinas participantes del islote de racionalidad	Física e informática
Conceptos aportados por cada una de las disciplinas participantes	Física: Principio de Arquímedes Informática: Interactividad, simulación, modelamiento
Herramientas aportadas por cada una de las disciplinas participantes	Física: Método de ocho pasos para resolver ejercicios de física Informática: APPLETS, Internet, ordenadores
Instrumentos	Diseño de la unidad didáctica

Se hace necesario ampliar el análisis del diseño de la unidad didáctica porque en ella reside gran parte del éxito del proceso.

De manera particular, la adecuada selección de las simulaciones (previo barrido en la red), juega un papel fundamental. Haber cumplido con los pasos propuestos por los autores arriba mencionados, proporciona los criterios orientadores para seleccionar los simuladores que serán útiles en relación con las metas propuestas. Este paso es sumamente importante por lo que se debe hacer con meticulosidad, en este caso, se analizaron 52, de lo que se hizo una preselección de seis APPLET, para finalmente conservar cuatro, que son las que se incluyen en la unidad didáctica. Las primeras fueron descartadas por ser demasiado pesadas para los ordenadores de la institución educativa, porque tenían errores, por baja confiabilidad, pero sobre todo porque dificultaban el abordaje del concepto de flotación y los relacionados como densidad, peso aparente y viscosidad. El criterio definitivo para la selección final, de nuevo fue la pertinencia del APPLET.

La elaboración misma de la unidad didáctica también juega un importante papel pues debe ser redactada manteniendo el equilibrio entre el rigor conceptual y una meridiana simplicidad, de manera que lo segundo facilite lo primero. Se debe manejar de manera adecuada la transición entre las diferentes formas de representación, es decir, los gráficos, imágenes, tablas, vectores, lectura explicativa e instructiva.

Finalmente, aunque la unidad didáctica está diseñada para que las estudiantes regulen su propio aprendizaje, es un factor definitivo de éxito la retroalimentación continua.

- La capacidad de representación ha sido medida mediante pretest y pos-test aplicados a los grupos control y experimental. Dichos instrumentos fueron pasados por el proceso de validación por pares y ofrecieron los siguientes resultados:

	Grupo control	Grupo experimental
Pre-test	7,30	5,5
Pos-test	8,40	9,27

Los puntajes se obtienen por la sumatoria de cinco ítems, cada uno de los cuales puede alcanzar en su mejor desempeño hasta tres puntos, es decir que el puntaje máximo hubiese sido de 15 puntos.

- Las disciplinas se conforman y evolucionan pasando por un desarrollo que incluye las etapas pre-paradigmática, paradigmática y post-paradigmática; es en esta última que se inscriben los procesos de integración disciplinar como el que se presenta en esta investigación. No es que ni la física, ni la informática hayan agotado su campo de estudio, al contrario, de lo que se trata es que una de las vertientes de desarrollo eventual de las disciplinas se verifica por cuenta del acercamiento a otros campos del saber. Además, en pedagogía es necesario tener en mente la diferencia entre la disciplina científica y la disciplina escolar, por tanto, en el caso abordado por esta investigación se determina que el alto nivel de integración disciplinar entre las dos disciplinas escolares involucradas permiten mejorar el desempeño en la capacidad de utilizar la representación para entender y abordar las solución de un problema.
- Los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física en el Colegio Clemencia de Caycedo, en relación con la inclusión de los recursos informáticos, coinciden con la caracterización de uso de las TIC que hace Álvaro GALVIS a nivel nacional, es decir, aunque ha aumentado el uso de las mismas en los ambientes escolares, su utilización se centraa actividades de ofimática, consultas en línea y flujo de información por correo o redes sociales; mientras que aquellas que promueven el desarrollo de habilidades cognitivas de alto nivel, se mantiene aún en una condición conservadora. La condición mencionada no se encuentra asociada solamente al campo de la física

sino a todas las disciplinas, las que no obstante se han visto beneficiadas de una sostenida política del estado que por medio del Ministerio de Educación, el Ministerio de las TIC, que junto con la Secretaría de Educación del Distrito –SED– han promovido el uso de estas tecnologías en el aula de clase.

II. RECOMENDACIONES Y PROYECCIONES

Tanto las proyecciones a largo plazo en torno al tema de investigación abordado por este trabajo como las conclusiones obtenidas a partir del mismo, permiten tender un amplio conjunto de recomendaciones y proyecciones.

- En primer capítulo del trabajo se había planteado que en fases anteriores la integración disciplinar en realidad se habría desarrollado con tres disciplinas: informática que aporta los simuladores en línea e instalados en los ordenadores, español desde donde se abordan las tipologías textuales y la física que aporta el problema. Ya en esas fases se habían obtenido resultados interesantes, no obstante a la luz de la actual investigación se pueden identificar debilidades asociadas a la falta de rigor en las fases precedentes, lo que implica que el paso natural a seguir debe ser retomar el trabajo, ampliando ahora el *islole de racionalidad* incluyendo ahora lectura.
- Para este momento se ha mejorada la estabilidad interna de los instrumentos de captura de datos, es decir la validez del pre-test y del pos-test, en lo que ha jugado un papel fundamental la participación de los validantes, quienes al ser seleccionados mediante criterios claros de pertinencia, participaron con autentico interés por lo que se sugiere mantener contacto con ellos, informarles de los resultados obtenidos en este trabajo y buscar su participación en posteriores fases.
- Es necesario reconocer que aunque se ejecutó un pilotaje, el mismo tuvo la intención específica de identificar fallas formales en el diseño de los instrumentos, para lo que sin duda cumplió con su cometido porque se identificaron un buen número de errores de redacción, diagramación, etc., sin embargo, su función principal debe

ser la de fortalecer la estabilidad externa de las pruebas, es decir lo que se conoce con el nombre de confiabilidad. Esto implica que los investigadores involucrados en el proyecto gestionen este aprendizaje bien sea por rutas autodidacticas o recurriendo a programas educativos que les aporten lo requerido, sobre todo teniendo en cuenta que se aspira llevar este trabajo a condiciones de aplicabilidad en instituciones distintas al Colegio Clemencia de Caycedo.

- Uno de los aspectos más interesante evidenciados en esta investigación es que una acción orientada a mejorar algo, puede debilitar otro, siendo expresión de esto el incremento de la desviación estándar en el grupo experimental, lo que indica que aunque hubo mejoramiento de la media del grupo en la capacidad de uso de la representación en física, también se profundizó la dispersión de los resultados obtenidos por las estudiantes en torno al promedio, lo que no es una situación deseable. Esto se explica por un diseño la unidad didáctica que le da mucho peso al desarrollo de la misma de manera autónoma, de manera que el docente, aunque presente en el aula durante su ejecución intentó interferir lo menos posible con la intención de reducir su acción como posible variable intrusa. Aunque en este momento no se puede orientar frente a la acción específica que debería adoptarse para reducir el efecto de dispersión, es recomendación puntual de este trabajo analizar la acción del maestro durante las sesiones de trabajo de manera que aunque se mantenga bajo el efecto invalidante de su propia participación, también se reduzca la dispersión.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRIC, JEAN-CLAUDE. *Pratiques sociales et representations*, París, Presses Universitaires de France, PUF, 1994.
- ADAY JUAN, DIADENYS. *Estrategia didáctica para desarrollar la interdisciplinariedad en la carrera de psicología*. En línea: [www.eumed.net/libros/2011c/1009/index.htm].
- ADÚRIZ-BRAVO, AGUSTÍN y MERCÈ IZQUIERDO-AYMERICH. *Fundamentación epistemológica de la ciencia escolar*. En línea: [http://ddd.uab.cat/pub/tesis/2001/tdx-1209102-142933/aab3de3.txt].
- ADÚRIZ-BRAVO, AGUSTÍN y MERCÈ IZQUIERDO-AYMERICH. "Un modelo científico para la enseñanza de las ciencias", *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, año 4, n.º especial 1, 2009. En línea: [www.scielo.org.ar/pdf/reiec/nesp/nspa04.pdf].
- ALEMÁN RODRÍGUEZ, RAFAEL y GISELA DEL CARMEN YERA CARBONELL. "La interdisciplinariedad en ciencias médicas y la matemática", *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, vol 49, n.º 3, La Habana, 2011. En línea: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032011000300016].
- BOLÍVAR BOTÍA, ANTONIO. *Didáctica y currículum: De la modernidad a la postmodernidad*, Málaga, Aljibe, 2008.
- BURGOS GARCÍA, ANTONIO. "Reseña de 'Didáctica y currículum: De la modernidad a la postmodernidad' de Antonio Bolívar Botía", *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, vol. 13, n.º 1, 2009. En línea: [http://www.redalyc.org/pdf/567/56711733019.pdf].
- CAMACHO GONZÁLEZ, JOHANNA PATRICIA y MARIO QUINTANILLA GATICA. "Resolución de problemas científicos desde la enseñanza de las ciencias: Retos y desafíos para promover competencias cognitivas lingüísticas en la química escolar", *Ciência & Educação*, vol. 14, n.º 2, 2008. En línea: [www.scielo.br/pdf/ciedu/v14n2/a02v14n2.pdf].

Integración disciplinar física-informática y su incidencia...

- CAMEL, VALÉRIE y AGNÈS FARGUE-LELIÈVRE. "Analyse de pratiques interdisciplinaires dans l'enseignement supérieur", *Revue Internationales de Pédagogie de l'Enseignement Supérieur (RIPES)*, vol. 25, n.º 2, 2009. En línea: [<http://ripes.revues.org/188>].
- CERDA GUTIÉRREZ, HUGO. *La investigación formativa en el aula. La pedagogía como investigación*, Bogotá, Edit. Magisterio, 2007.
- Chervel, André. "L'histoire des disciplines scolaires", *Historie de l'éducation*, n.º 38, París, 1988. En línea: [www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/hedu_0221-6280_1988_num_38_1_1593].
- DE LA ROSA, ROLANDO; ISIDRO ANTHONY CAMPBELL TROSS; SILVIO R. DEL RISCO ALONSO; FERMÍN HURTADO CÚRVELO; SERGIO PADRÓN SOROA y OSMANY AGÜERO. "La interactividad del software educativo en el aprendizaje: multimedia interactiva", en *Ilustrados*, 2006. En línea: [www.ilustrados.com/tema/9870/interactividad-software-educativo-aprendizaje-Multimedia-interactiva.html].
- DOCTORADO INTERINSTITUCIONAL EN EDUCACIÓN –DIE–. *Cambio didáctico y formación del profesorado de ciencias*, Bogotá, Universidad Distrital Francisco de Paula Santander, 2013. En línea: [<http://die.udistrital.edu.co/node/1907>].
- DUFOUR, BARBARA. "L'interdisciplinarité, approche interdisciplinaire et soins les fondements de l'interdisciplinarité", *Recherche en Soins Infirmiers*, n.º 79, París, Universidad de Notre Dame, 2004. En línea: [<http://fulltext.bdsp.ehesp.fr/Rsi/79/4.pdf>].
- DUSSEL, INÉS. "Estudio sobre gestión y desarrollo curricular en países de América latina", en *Segunda Reunión del Comité Intergubernamental del Proyecto Regional para América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile, UNESCO, 2006. En línea: [<http://www.elcorreo.eu.org/IMG/pdf/doc-1252.pdf>].
- EYSENCK, MICHAEL W. y MARK KEANE. *Cognitive psychology a student's handbook*, Washington, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1990.
- FOUREZ, GÉRARD. *Approfondir l'épistémologie*, Bruselas, De Boeck & Larcier, 2003. En línea: [http://books.google.es/books?id=_eGCxBNvMaoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false].
- FOUREZ, GÉRARD. "Fondements épistemologiques pour l'interdisciplinarité", en YVES LENOIR, BERNARD REY e IVANI FAZENDA (dir.). *Les fondements de l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement*, Sherbrooke, Canadá, Edición de CRP, 2001.
- FOUREZ, GÉRARD. *La construcción del conocimiento científico, sociología y ética de la ciencia*, Madrid, Edit. Narcea, 1994.

- FOUREZ, GÉRARD. *Cómo se elabora el conocimiento: la epistemología desde un enfoque socioconstructivista*, Madrid, Edit. Narcea, 2008.
- GALAGOVSKY, LYDIA y AGUSTÍN ADÚRIZ-BRAVO. "Modelos y analogías en el modelo de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico", *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, vol. 19, n.º 2, Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona, 2001. En línea: [www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21735/21569]
- KLIMOVSKY, GREGORIO. *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*, Buenos Aires, A-Z Editora, 1995. En línea: [<http://proyecto-de-investigacion.bligoo.com/content/view/1530531/El-concepto-de-Ciencia-Klimovsky.html>].
- GALVIS PANQUEVA, ALVARO H. *Oportunidades educativas de las TIC*, 2004. En línea: [www.colombiaprende.edu.co/html/investigadores/1609/articles-73523_archivo.pdf].
- GALVIS PANQUEVA, ALVARO H. *Modalidades no tradicionales de la enseñanza: Antología y guía de trabajo*, Bogotá, MDU, 1996.
- Hannafin, M.J. y Glazer, E. *Designing grounded learning environments: linking apistemology, pedagogy and design practice. Instructional technology: past, present and future*. Englewood Cliffs Libraries Unlimited. 2006.
- HASNI, ABDELKRIM. "L'interdisciplinarité et l'integration dans l'enseignement et dans la formation á l'enseignement: est-ce possible et á quelles conditions?", *Séminaire du LIRDEF*, Montpellier, 2005. En línea: [www.crie.ca/communications/documents_disponibles/hasni-seminaire-lirdef-montpellier-18mars05.pdf].
- Junglas, Peter. Using applets for physics education case study "nonlinear systems and chaos". *Private fachhochschule für wirrshaft und technikvechta/diepholz*, 2003. En línea: [www.peter-junglas.de/fh/publications/chaos-applets-eng.pdf].
- LENOIR, YVES; FRANÇOIS LAROSE; VINCENT GRENON y ABDELKRIM HASNI. "La stratificación des matières scolaires chez les enseignants de primaire au Québec: evolution ou stabilité des representations depuis 1981", *Revue des Sciences de l'Éducation*, vol. 26, n.º 3, 2000. En línea: [www.erudit.org/revue/rse/2000/v26/n3/000288ar.pdf].
- LENOIR, YVES; ABDELKRIM HASNI y FRANÇOIS LAROSE. "L'interdisciplinarité et la formation a l'enseignement: analyse de résultats de deux recherches", *Revista Pensamiento Educativo*, vol. 41, n.º 2, 2007. En línea: [<http://pensamientoeducativo.uc.cl/files/journals/2/articles/426/public/426-954-1-PB.pdf>].

Integración disciplinar física-informática y su incidencia...

- LENOIR, YVES y LUCIE SAUVÉ. "L'interdisciplinarité et la formation á l'enseignement primaire et secondaire : quelle interdisciplinarité pour quelle formation?". *Revue des Sciences de l'Éducation*, vol. 24, n.º 1, 1998. En línea: [www.erudit.org/revue/rse/1998/v24/n1/031959ar.pdf].
- LEYVA, AMAURIS LAURENCIO y RENÉ MANUEL VELÁSQUEZ ÁVILA. *Concepciones teórico-epistémicas sobre la interdisciplinariedad*. En línea: [www.monografias.com/trabajos55/concepciones-sobre-interdisciplinariedad/concepciones-sobre-interdisciplinariedad.shtml].
- TSE TUNG, MAO. *Sobre la práctica. Obras escogidas de Mao Tse Tung*, Pekín, Ediciones en Lenguas Extranjeras, 1937.
- MASSA POZZI, M; P. SÁNCHEZ ROGER; E. LLONCH PALAZZOLO; A. ROSOLIO CILOKOWSKYJ y H. D'AMICO LUC. "Busqueda de indicadores de interdisciplinariedad/integración en las ciencias naturales en la EGB3", *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, n.º extra, 2009. En línea: [http://ice.uab.cat/congresos2009/eprints/cd_congres/propostes_htm/propostes/art-246-251.pdf].
- MATTHEWS, MICHAEL R. *Science teaching. The role of history and philosophy of science*, Nueva York, Routledge, 1994.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL y ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS. *Nuevas tecnologías y currículo de matemáticas: Lineamientos curriculares*, Bogotá, MEN, 1999.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. *Integración curricular. Dirección general de capacitación y perfeccionamiento docente, currículo y medios educativos*, Bogotá, MEN, 1984.
- MISHRA, SANJAYA y RAMESH C. SHARMA. *Interactive multimedia in education and training*, Hershey, IG Global, 2005.
- MORAN, JOE. *Interdisciplinarity*, Taylor & Francis. 2010.
- MORIN, EDGAR. "Sur l'interdisciplinarité", *Centre International de Recherches et Études Transdisciplinaires*, 1990. En línea: [<http://basarab.nicolescu.perso.sfr.fr/ciret/bulletin/b2c2.htm>].
- DUQUE HOYOS, RECAREDO. "Disciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad: vínculos y límites", *Escritos*, vol. 14, n.º 32, Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, 2006.
- REGÉ COLET, NICOLE. *Enseignement universitaire et interdisciplinarité. Un cadre pour analyser, agir et évaluer*, Bruselas, De Boeck Supérieur, 2002.

- REPARAZ, CH.; A. SOBRINO y J. MIR. *Integración curricular de las nuevas tecnologías*, Barcelona, Ariel, 2000.
- RIVA, GIUSEPPE y CARLO GALIMBERTI. *Computer-mediated communication: Identify and social interaction in an electronic environment*, 1998, Heldref Publications. En línea: [<http://www.cybertherapy.info/pages/cmc.pdf>].
- RIVERO, MARÍA DEL PILAR. "Aprendizaje multimedia en la historia. Una experiencia de aula", en R. LÓPEZ FACAL (coord.). *Pensar históricamente en tiempos de globalización. Congreso internacional sobre la enseñanza de la Historia*, Santiago de Compostela, Universidad de Santiago de Compostela, 2010. En línea: [www.ub.edu/histodidactica/images/documentos/pdf/aprendizaje_multimedia_historia_valoracion_experiencia_aula.pdf].
- RODRÍGUEZ NEIRA, TEÓFILO "Interdisciplinariedad: aspectos básicos", *Aula Abierta*, n.º 69, Oviedo, Universidad de Oviedo, 1997. En línea: [<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=45405>].
- ROLL HECHAVARRÍA, MIRIAM. *La interactividad. Su dinámica en el proceso de enseñanza-aprendizaje con los medios informáticos*, Cuadernos de Educación y Desarrollo, vol 3, n.º 27, 2011. En línea: [www.eumed.net/rev/ced/27/mrh.htm].
- SACRISTÁN, JOSÉ GIMENO. *El curriculum, una reflexión sobre la práctica*, Madrid, Ediciones Morata, 1991.
- STEMLER, LUANN K. "Educational characteristics of multimedia: A literature review", *Jl. of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 6, n.ºs 3-4, Illinois State University, 1997. En línea: [www.medvet.umontreal.ca/techno/eta6785/articles/multimedia_design.pdf].
- SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DEL DISTRITO. *Cultura informática: educación, sujeto y comunicación. Hacia una política del aprovechamiento pedagógico de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones -TIC- en la educación distrital*, Bogotá, SED, 2005.
- TIPLER, PAUL A. y GENE MOSCA. *Physics for scientists and engineers*, 5.ª ed., Nueva York, W. H. Freeman, 2003.
- THOMSON KLEIN, JULIE. *Interdisciplinarity: History, theory and practice*, Detroit, Wayne Street Press, 1990.
- TORRES SANTOME, JURJO. *Globalización e interdisciplinariedad: El currículo integrado*, Madrid, Ediciones Morata, 2006.
- VARGAS HERNÁNDEZ, MIGUEL ÁNGEL y SANDRA ACEVEDO ZAPATA. *Implicaciones educativas del plan sectorial de educación*, Bogotá, Corporación para la Educación y las tic -CETICS-, 2009.

ANEXOS

I. VALIDACIÓN DE PRE-TEST Y POS-TEST

Integración disciplinar física-informática y su incidencia en la capacidad de representación de problemas de física en estudiantes de ciclo V de una institución educativa pública de Bogotá.

El presente instrumento forma parte de la propuesta de proyecto de grado “Integración disciplinar física-informática y su incidencia en la capacidad de representación de problemas de física en estudiantes de ciclo V de una institución educativa pública de Bogotá, SED”, para optar al título de magister en educación, mención currículo y comunidad educativa que se lleva a cabo con la Universidad de Chile por parte del docente DIEGO LEONARDO TOVAR RODRÍGUEZ.

El instrumento se aplicará a dos de los tres grupos de undécimo del Colegio Distrital Clemencia de Caycedo existentes en la jornada mañana, uno de los cuales será el grupo piloto mientras el otro actuará a manera de grupo de control. La población cubierta por la institución es femenina; en términos socioeconómicos se ubica en los estratos uno, dos y tres; las edades oscilan entre 15 y 18 años, habitan principalmente en las localidades Reafael Uribe Uribe y Tunjuelito.

El proyecto busca fortalecer habilidades necesarias para el mejoramiento del rendimiento académico en física, mediante una alta integración disciplinar de esta con la informática. Es de mencionar que el proceso ha pasado por varias etapas, la última de las cuales, fue una sistematización realizada con el acompañamiento del IDEP, de la que se perfilaron algunas categorías emergentes, a las que se les pretende dar desarrollo con la ejecución de la presente propuesta.

Tiene en sus manos el pre-test y pos-test junto con los criterios con los que se espera evaluar el impacto de intervención interdisciplinar. Dado su reconocido interés en el mejoramiento de los procesos de enseñanza aprendizaje en el campo de la física, comedidamente se le solicita analizar estos instrumentos y emitir, si lo considera pertinente, sugerencias orientadas al mejoramiento de los mismos.

Se agradece su participación en esta etapa del proceso la cual será debidamente reconocida en el documento final, el que desde luego le será retroalimentado.

Integración disciplinar física-informática y su incidencia...

Criterios a evaluar en el pre-test y pos-test.

Primer punto:

1ai. Capacidad de representar la condición de flotación descrita.	
0	No hace ninguna representación.
1	Representa de forma evidentemente errada la condición de flotabilidad, no incluye proporciones y ninguna de las fuerzas involucradas.
2	Representa regularmente la condición de flotabilidad apoyándose explícitamente en alguna proporción o incluyendo al menos una de las fuerzas involucradas.
3	Representa la condición de flotación de manera adecuada incluyendo de forma explícita las proporciones o algunas fuerzas involucradas.
4	Representa la condición de flotación evidenciando todas las proporciones y todas las fuerzas involucradas.

1aii. Identificación de datos relevantes para la solución del problema.	
0	No identificó ningún dato relevante.
1	Identifica al menos uno de los datos relevantes explícitos o implícitos.
2	Identifica más de un dato relevante explícito o implícito.
3	Identifica todos los datos relevantes explícitos e implícitos.

1b. Identificación de la pregunta o problema específico a resolver.	
0	No escribe nada.
1	Responde pero no identifica la pregunta o problema.
2	Identifica la pregunta o problema.

1c. Representación de la nueva condición de flotación.	
0	No representa nada.
1	Representa la condición de forma evidentemente errada.
2	Representa una posible nueva condición incluyendo alguna proporción o fuerza involucrada.
3	Representa una posible nueva condición incluyendo todas las proporciones y fuerzas involucradas.

Diego Leonardo Tovar Rodríguez

2. Explicación de la situación planteada mediante producción escrita y/o gráfica.	
0	No representa nada.
1	Explica de manera errónea o incoherente. No se apoya en grafico.
2	Explica de manera acertada y coherente pero no utiliza términos adecuados ni gráficos.
3	Explica de manera acertada y coherente, utilizando términos adecuados y apoyándose en representaciones graficas.

3. Resolución de ejercicio.	
0	No intenta resolverlo.
1	Construye representación y captura datos pero no intenta resolverlo.
2	Construye representación, captura datos e intenta resolverlo sin éxito.
3	Construye representación, captura datos y lo resuelve exitosamente.

Comentarios, Sugerencias u Objeciones

Nombre: _____

Cargo: _____

Institución: _____

Profesión: _____

Pertinencia de su opinión: (opinión personal)

Pertinencia de su participación: (opinión del investigador)

II. PRUEBA DE ENTRADA. PRE-TEST

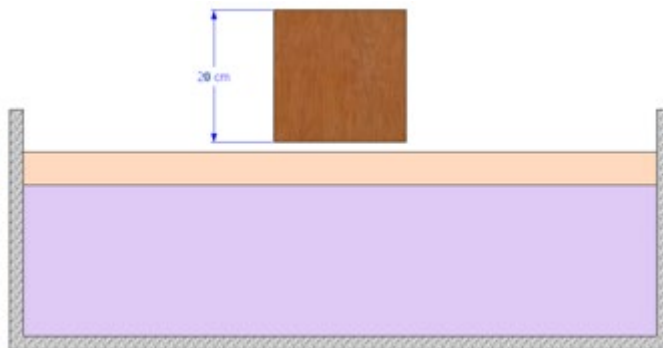
La presente actividad forma parte de un proceso de investigación pedagógica con el que se busca mejorar desempeños en disciplinas como la física mediante el uso de herramientas informáticas y lecto-escriturales. Debes saber que aunque la prueba no es anónima, los resultados no tendrán efectos negativos en tus notas, así que respóndela tranquilamente pero con seriedad.

Nombre: _____ Grupo: _____

1. Lee cuidadosamente el siguiente enunciado y responde los puntos a, b y c.

En la figura 1 se observa un recipiente que contiene agua y aceite. separación entre una capa de agua cuya densidad es 1000 kg/m^3 y una capa de aceite de densidad 920 kg/m^3 , cada una de 25 cm. y 5 cm. de gruesa respectivamente. Se introduce un cubo de madera de 20 cm de arista como el que se muestra en la imagen. La densidad del cubo le permite flotar de manera que un cuarto de él queda sumergido en agua, otro cuarto en aceite y el resto queda expuesto al aire. Calcule el peso del cubo.

Figura 1



- Represente gráficamente la situación de flotación descrita incluyendo los datos que usted considere relevantes y las fuerzas que influyen en la condición de equilibrio alcanzada.
- Con base en el enunciado, indique claramente el problema que debe resolver.
- ¿Qué pasaría si se cambia el cubo por uno de material más denso? Explique y/o represente gráficamente.

2. La figura 2 muestra un buque petrolero con algunas de sus dimensiones más importantes. La figura 3 es una imagen simplificada en la que se muestra el corte transversal de su casco metálico cargado con petróleo. Explique con términos propios de física, lo que pasaría si el mismo barco se encontrara en agua dulce, cuya densidad es más baja que la del agua salada.

Figura 2

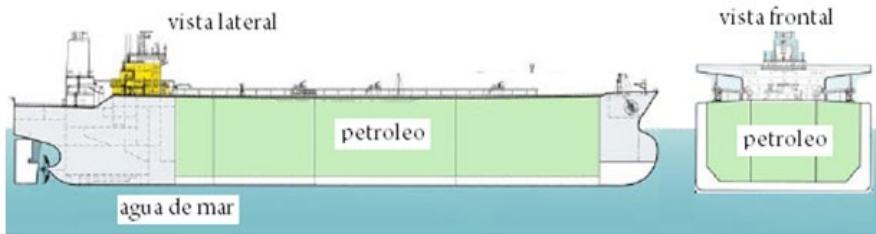
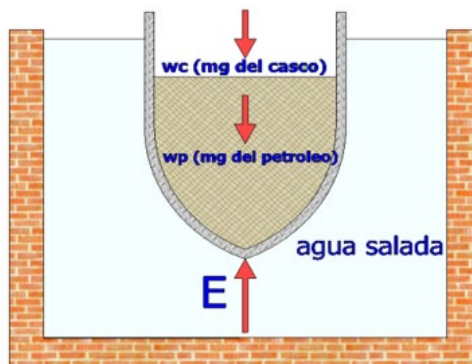


Figura 3





Editado por el Instituto Latinoamericano de Altos Estudios –ILAE–,
en septiembre de 2015

Se compuso en caracteres Cambria de 12 y 9 pts.

Bogotá, Colombia