

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

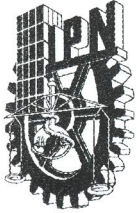
CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 24 del mes agosto del año 2011, el (la) que suscribe María de la Cruz Medina Ramos alumno (a) del Programa de Maestría en Ciencias en Física Educativa con número de registro A090773, adscrito a CICATA Legaria, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Alfredo López Ortega y Dr. César Eduardo Mora Ley y cede los derechos del trabajo intitulado "Una propuesta de enseñanza basada en la Investigación Dirigida del tema de transmisión de calor para estudiantes de bachillerato", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección maricruzmedina.iems@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



María de la Cruz Medina Ramos
Nombre y firma



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D.F. siendo las 12:00 horas del día 24 del mes de agosto del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICATA Legaria para examinar la tesis titulada:

"Una propuesta de enseñanza basada en la Investigación Dirigida del tema de transmisión de calor para estudiantes de bachillerato".

Presentada por el alumno:

Medina
Apellido paterno

Ramos
Apellido materno

María de la Cruz
Nombre(s)

Con registro:

A	0	9	0	7	7	3
---	---	---	---	---	---	---


aspirante de:


Maestría en Ciencias en Física Educativa

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis


Dr. Alfredo López Ortega


Dr. César Eduardo Mora Ley


Dr. Ricardo García Salcedo


Dr. José Antonio Calderón Arenas


Dr. Daniel Sánchez Guzmán

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


Dr. José Antonio Irán Díaz Góngora



CICATA IPN
Centro de investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y
Tecnología Avanzada
Unidad Legaria

**“UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA BASADA EN LA
INVESTIGACIÓN DIRIGIDA DEL TEMA DE
TRANSMISIÓN DE CALOR PARA ESTUDIANTES DE
BACHILLERATO”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRA EN CIENCIAS
EN FÍSICA EDUCATIVA

P R E S E N T A :
MARÍA DE LA CRUZ MEDINA RAMOS

Directores: Dr. Alfredo López Ortega
Dr. César Eduardo Mora Ley



México D.F., agosto del 2011

Abstract

In this thesis are presented the results from an educational research realized to test the didactic strategy of Directed Research and its effectiveness to favour in high-school students the acquisition of the scientific concepts of Heat, Temperature, and Heat Transmission, as well as, scientific learning.

For that, we designed learning activities for the quoted themes founded in: the training axis of the IEMSDF Educational Project; the teaching and learning model known as Directed Research; and in the results from diagnosis assessment of the thematic contents of Heat, Temperature and Heat transmission.

The educational research was made during the 2010-2011-A semester with 26 first-cycle-high-school students from the IEMSDF (pre university education System) that attended the subject of Physics I. The students were divided in two groups, the first performed the task as the experimental group, where the Directed Research was applied and the second was the control group, and the teacher that steered this part of the students was asked to develop the course in a traditional way.

This research was evaluated by a test applied before and after developing the mentioned topics with the didactic strategy. The test is an adaptation of an assessment instrument approved in the educational research of Silveira & Moreira (1996) to detect conceptual mistakes in the proposed themes.

The result of the analysis shows that the Directed Research is a good method for the teaching of Heat, Temperature, and Heat Transmission themes due to the fact that it favours the construction and comprehension of these concepts of Physics starting from proposed problems and it helps to the development of high-school student's capability to express orally explanations and arguments to solve the Physics problems treated in the school context as well as in the daily life.

Resumen

En este trabajo de tesis se presentan los resultados de una investigación educativa que se realizó con el objetivo de probar la efectividad de la estrategia didáctica de la Investigación Dirigida para favorecer en el estudiante de bachillerato la adquisición de concepciones científicas de calor, temperatura y transmisión de calor, además de, un aprendizaje científico.

Para ello se diseñaron actividades de aprendizaje para los temas citados fundamentadas en: los ejes de formación del Proyecto Educativo del Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal (IEMSDF); el modelo de enseñanza-aprendizaje como Investigación Dirigida; y en los resultados de la evaluación diagnóstica de los contenidos temáticos de calor, temperatura y transmisión de calor.

La investigación educativa fue realizada en el semestre 2010-2011-A con 26 estudiantes de bachillerato de primer ciclo de un plantel del Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal (IEMSDF), que cursaron la asignatura de Física I. Los estudiantes provienen de dos grupos, uno de los cuales fungió como grupo experimental en el que se aplicó la Investigación Dirigida y el otro como grupo de control en el cual, al profesor que colaboró, se le solicitó que desarrollara su curso de manera tradicional.

Este estudio se evaluó con un test que se aplicó antes y después de desarrollar los temas de calor, temperatura y transmisión de calor. Dicho test es una adaptación de un instrumento de evaluación validado en la investigación educativa de Silveira y Moreira (1996) para detectar la presencia de errores conceptuales en el tema propuesto.

El resultado del análisis que realizamos muestra que la Investigación Dirigida es un buen método para la enseñanza de los temas de calor, temperatura y transmisión de calor debido a que favorece la construcción y la comprensión de conceptos físicos a partir de la problematización y coadyuva en el desarrollo de la capacidad del estudiante de bachillerato para expresar oralmente explicaciones y argumentaciones de problemas físicos tratados tanto en el contexto escolar como de la vida diaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

Al CICATA Legaria del Instituto Politécnico Nacional por brindarme la oportunidad de adquirir una formación en la enseñanza de las ciencias.

Al Dr. César Eduardo Mora Ley por asesorarme en la realización de este trabajo y por su valiosa labor al promover este posgrado.

Al Dr. Alfredo López Ortega por el seguimiento, retroalimentación, comprensión y paciencia que me brindó tanto en mi trayectoria académica como en el proceso de esta tesis en la cual se centró de manera continua y permanente con observaciones asertivas y pertinentes para mejorar este trabajo de tesis.

A todos los profesores del Posgrado en Física Educativa por su colaboración en mi formación y actualización docente.

Al Instituto de Educación Media Superior por brindarme durante un tiempo el apoyo económico para la realización de esta maestría.

Al Profesor David de Jesús Albarrán Arreguín por su valiosa colaboración para la realización de la investigación de campo.

DEDICATORIA

A mi madre, esposo e hijo por su motivación, comprensión y apoyo que respectivamente siempre me han manifestado.

Contenido

1	Introducción.....	8
1.1	Problemática.....	8
1.2	Justificación.....	9
1.3	Preguntas e hipótesis de investigación y objetivos particulares.....	10
1.4	Descripción de la estructura y contenido de la tesis.....	12
2	Marco Teórico.....	14
2.1	Generalidades.....	14
2.2	Relación de ciencia-sociedad y su impacto en la Educación.....	14
2.3	Fundamentos y características de la estrategia didáctica de Investigación Dirigida..	15
2.4	Ventajas, desventajas y sugerencias de instrumentación de la Investigación Dirigida.....	22
2.5	Investigaciones realizadas con la Investigación Dirigida en España y antecedentes de su uso en México.....	24
2.6	Aspectos generales de los contenidos temáticos a desarrollar y su evaluación.....	26
2.7	Comentarios personales.....	26
3	Metodología.....	28
3.1	Contexto de aplicación de la estrategia didáctica.....	28
3.2	Características de la población.....	28
3.3	Características de la variable de análisis.....	29
3.4	Características de la recolección de datos y del test.....	29
3.5	Indicadores para la elección y diseño de preguntas.....	31
3.6	Procesos de muestreo.....	32
3.7	Descripción de las herramientas estadísticas.....	32
3.8	Metodología utilizada en el grupo de control.....	39
4	Actividades de aprendizaje de calor, temperatura y transmisión de calor para instrumentarse con la Investigación Dirigida.....	40
4.1	Características generales de las actividades de aprendizaje.....	40
4.2	Características de la instrumentación del sistema de actividades de aprendizaje mediante la Investigación Dirigida.....	43
4.3	Actividades de aprendizaje de Calor y Temperatura.....	45
4.4	Actividades de aprendizaje para Conducción de calor.....	50
4.5	Actividades de aprendizaje para Convección de calor.....	53

4.6	Actividades de aprendizaje para Radiación de calor	56
5	Análisis y discusión de resultados	60
5.1	Descripción general del análisis de resultados	60
5.2	Validación de los reactivos de transmisión de calor.....	61
5.3	Datos del pretest y postest del grupo experimental y del grupo de control.....	62
5.4	Cálculo de la ganancia de Hake por ítem y análisis de resultados	63
5.5	Cálculo de la ganancia de Hake por contenido temático y análisis de resultados.....	69
5.6	Resultados y análisis de la t de Student para los grupos experimental y de control ..	72
6	Conclusiones.....	78
6.1	Comentarios finales	81
7	Referencias	83
8	Anexos	86
	APÉNDICE A: Evaluación diagnóstica de los conceptos de calor, temperatura y transmisión de calor.....	87
	APÉNDICE B: Cuestionario de Da Silveira y Moreira	90
	APÉNDICE C: Cálculo de la t de Student	95

1 Introducción

En los últimos años ha crecido la preocupación entre profesores de diferentes Instituciones Educativas y en particular de los del Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal (IEMSDF) al observar el desinterés del estudiante, cada vez mayor, hacia la educación escolarizada por no llenar sus aspiraciones, situación que en la asignatura de Física lo vemos traducido en un rezago académico.

Reflexiones y análisis al respecto nos han llevado a concientizarnos de la complejidad de la problemática que depende de diversos factores, tales como, la deficiencia de la educación básica, la desmotivación de los estudiantes, la reforma educativa, los impactos en la educación de los avances de la ciencia y la tecnología, ente otras,

Esto nos plantea la necesidad de proponer y promover maneras diferentes en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias particularmente en Física, lo cual constituye el propósito de este trabajo.

1.1 Problemática

Aunque la problemática en la enseñanza y aprendizaje de la Física, es compleja y depende de muchos factores, tales como la falta de estrategias de enseñanza y aprendizaje adecuadas, los programas todavía contienen un exceso de contenidos, la falta de un buen trabajo experimental por falta de laboratorios suficientemente equipados, las concepciones erróneas que tiene el profesor sobre el aprendizaje y evaluación, la falta de permanencia y continuidad de un programa de formación y actualización docente, ente otras. Para la realización de este trabajo de tesis hay dos aspectos de aquella que consideré, debido a que se observan en la experiencia y están documentados en la literatura.

El primero, es en lo *didáctico*, que compete al profesor, ya que los cursos de Física, en general, se siguen desarrollando sin dar un rol activo al estudiante y con conocimientos desligados de su entorno por lo que para él, la enseñanza y el aprendizaje de esta asignatura pierden su esencia y significado.

El segundo, es un aspecto *disciplinar*, con relación al estudiante, ya que se observa de manera recurrente que él, aún con la instrucción, no hace un manejo preciso de los conceptos del tema estudiado al explicar o argumentar un problema o situación física. Particularmente en el tema de calor, pese a la generalizada interacción cotidiana de las personas con los fenómenos térmicos.

1.2 Justificación

En el IEMSDF se ejerce un proyecto educativo en el que se busca favorecer en el estudiante tres ejes de formación: el científico, el crítico y el humanístico. En particular para el desarrollo de los ejes científico y crítico en la asignatura de Física se busca enfatizar en el empleo de la metodología científica en la solución de problemas y que el estudiante desarrolle la habilidad de argumentar y opinar con conocimiento científico el comportamiento de un sistema físico tanto en un contexto escolar como de la vida diaria.

Por otro lado, Moltó (2003), discute que la sociedad actual y las mismas características de la ciencia imponen exigencias que deben de tomarse en cuenta al planear y desarrollar un proceso de enseñanza y aprendizaje de ciencias. Por ejemplo, introducir aspectos propios de la forma de pensar y actuar de los científicos como enfrentarse a problemáticas abiertas, elaborar hipótesis, trabajar en equipos, argumentar puntos de vista, usar herramientas computacionales, además de, actualizar el conocimiento y relacionarlo con otras áreas de la ciencia con el fin de que los estudiantes lo valoren en su vida cotidiana.

Por lo anteriormente expuesto y de las reflexiones en mi calidad de docente, para abatir el rezago y mejorar la calidad en la formación del estudiante del IEMSDF tomé la iniciativa de instrumentar una didáctica que favorezca un aprendizaje que tome en cuenta las características del quehacer científico, encontrando adecuado para ello la Investigación Dirigida, descrita en el trabajo de Gil (1993), caracterizada por fomentar en el estudiante su capacidad de observar el entorno para problematizar, argumentar con conocimiento científico, promover la capacidad de investigación, en suma, de proveer de una metodología al estudiante para aprender.

En relación a la elección del tema, elegí la Unidad III del programa de Física I del IEMSDF titulada “Calor” debido a la generalizada interacción que tienen las personas con los fenómenos térmicos y porque sobre esta temática hay investigaciones educativas como las de Silveira y Moreira (1996), Martínez y Pérez (1997), y Prince, et al. (2009), en las que se exponen las concepciones alternativas de estudiantes que expresan recurrentemente sus confusiones en los conceptos de calor, temperatura y sobre los procesos de transmisión de calor.

Con base en los comentarios precedentes y en los fundamentos teóricos de este trabajo el objetivo general de investigación es:

Objetivo general

Evaluar la efectividad de la estrategia didáctica de Investigación Dirigida para favorecer en el estudiante la adquisición de concepciones científicas de los contenidos temáticos de calor, temperatura y transmisión de calor en grupos de bachillerato del IEMSDF.

1.3 Preguntas e hipótesis de investigación y objetivos particulares

En esta sección se plantean: las preguntas de investigación como orientaciones generales para el desarrollo del trabajo; las hipótesis de investigación que dentro de un paradigma cuantitativo se pretenden contrastar; y los objetivos particulares los cuales consideramos necesarios de establecer como una orientación adicional para la realización de la investigación educativa y por tanto de este trabajo de tesis.

Preguntas de Investigación

General: ¿Cuál es el impacto en el avance académico del estudiante de bachillerato al utilizar la Investigación Dirigida en el aprendizaje de los temas de calor, temperatura y transmisión de calor?

Particulares

1. ¿Es posible con la instrumentación de la Investigación Dirigida hacer evolucionar las ideas previas de los estudiantes sobre calor, temperatura y transmisión de calor hacia las ideas científicas de estos conceptos?
2. ¿Existen diferencias significativas en el aprendizaje de los estudiantes al abordar conceptos básicos de los temas de calor, temperatura y transmisión de calor mediante la Investigación Dirigida a si lo hacen mediante una instrucción tradicional?
3. ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades observadas en la implementación de la estrategia didáctica de Investigación Dirigida en la enseñanza y aprendizaje de los temas de calor, temperatura y transmisión de calor?

Hipótesis de investigación

General: La estrategia didáctica de Investigación Dirigida, favorece el avance académico en la enseñanza de los temas de calor, temperatura y transmisión de calor a nivel bachillerato mediante el diseño y aplicación asertiva de actividades de aprendizaje.

Particulares

1. En los temas de calor, temperatura y transmisión de calor la Investigación Dirigida favorece una evolución significativa de las ideas previas con las que inició el estudiante a una perspectiva científica de estos temas.
2. Comparada con el método de enseñanza tradicional la Investigación Dirigida favorece el aprendizaje de las concepciones científicas de calor, temperatura y transmisión de calor.
3. La Investigación Dirigida, tiene como fortaleza brindar una metodología científica para la adquisición de conceptos y la solución de problemas. Pero como toda

estrategia tiene debilidades cuyo conocimiento puede beneficiar una instrumentación más eficaz y eficiente del tema abordado.

Objetivos particulares

- Diseñar un programa de actividades para la enseñanza y aprendizaje de calor, temperatura y transmisión de calor con base en la Investigación Dirigida. El programa de actividades debe de estimular y orientar la construcción de conocimientos y el desarrollo del pensamiento formal del estudiante.
- Implementar el programa de actividades con grupos de bachillerato del IEMSDF para poner a prueba la efectividad de la Investigación Dirigida.
- Evaluar el rendimiento escolar de los estudiantes en términos del avance conceptual logrado en los temas mediante instrumentos de evaluación aplicados antes y después de la instrumentación de la Investigación Dirigida.

1.4 Descripción de la estructura y contenido de la tesis

La presente tesis consta básicamente de 8 capítulos, en esta sección se describe de manera general la estructura y contenido del resto de la misma.

En el *Capítulo 2* se describe la estrategia didáctica de Investigación Dirigida, haciendo énfasis en el trabajo de Gil (1993) ya que es uno de los más conocidos expositores de este modelo de enseñanza y aprendizaje. En la descripción se incluye la fundamentación, características y usos de la didáctica de Investigación Dirigida, así como, un análisis de la oportunidad que representa sustentar con ella mi trabajo de tesis.

En el *Capítulo 3* se da a conocer la metodología utilizada para aplicar la estrategia didáctica de Investigación Dirigida. Para ello se exponen las características de: el contexto de aplicación, la población, la variable de análisis, la recolección de datos y del test, la elección y diseño de preguntas, los procesos de muestreo, así como, de las herramientas estadísticas utilizadas en el análisis de datos. También se incluye una sección donde se describe la metodología utilizada en el grupo de control.

En el *Capítulo 4* se presenta un conjunto de actividades de aprendizaje en los temas de calor, temperatura y transmisión de calor para ser aplicadas mediante la Investigación Dirigida. Estas actividades se desarrollaron a partir de identificar problemas moderadamente sencillos, relacionados con conceptos y situaciones de los temas mencionados, cuya respuesta y solución no es inmediata, sino que requiere de investigación bibliográfica, análisis de información, realización de experimentos etc.

El conjunto de actividades de aprendizaje se fundamenta en: los ejes de formación del Proyecto Educativo del IEMS; en la metodología de enseñanza-aprendizaje como Investigación Dirigida; y en los resultados de la evaluación diagnóstica de los contenidos temáticos de calor, temperatura y transmisión de calor.

En el *Capítulo 5* se realiza un análisis comparativo del conocimiento científico aprendido por los estudiantes tanto del grupo experimental como del grupo de control después de realizar un conjunto de actividades de aprendizaje, el primero mediante la Investigación Dirigida y el segundo por medio de la instrucción tradicional. Dicho conocimiento se infiere de los resultados recogidos mediante el test sobre los temas de calor, temperatura y transmisión de calor que se aplicó antes y después de la instrucción que cada grupo recibió. El análisis comparativo se realizó utilizando las herramientas estadísticas de ganancia de Hake y la *t* de Student.

En el *Capítulo 6* se presentan las conclusiones más relevantes que se derivan del trabajo de tesis usando los resultados obtenidos del pretest-posttest y del análisis de los datos obtenidos. También comentamos sobre las hipótesis de investigación planteadas y lo que implican los resultados obtenidos. Además se incluyen comentarios personales sobre las contribuciones de esta tesis y las perspectivas que se observan para investigaciones futuras. Finalmente decimos algunas palabras sobre el cambio de actitud de los estudiantes.

En el *Capítulo 7* se describen las referencias que sustentan este trabajo de tesis. Por último en el *Capítulo 8*, se integran tres anexos. El primero corresponde al test empleado para realizar la investigación educativa. El segundo es el test de Silveira y Moreira que se usó como base para diseñar el instrumento utilizado en este trabajo. El tercer anexo corresponde a una tabla de cálculos sobre la *t* de Student.

2 Marco Teórico

2.1 Generalidades

En el presente capítulo se describe la estrategia didáctica de *Investigación Dirigida*, de la cual en los trabajos de Gil (1993), Moltó (2003) y Guisasola et al. (2005), hay evidencias de que favorece en el estudiante el desarrollo de habilidades científicas y la oportunidad de abordar problemas abiertos con repercusiones científicas y sociales.

Para ello en este capítulo se expondrán y analizarán sus características con base en bibliografía de varios autores, haciendo énfasis en los trabajos de Daniel Gil Pérez como uno de los exponentes más conocidos de este método de enseñanza y aprendizaje.

En la descripción se incluye la fundamentación, características y usos de la didáctica de Investigación Dirigida, así como, un análisis de la oportunidad que representa sustentar con ella mi trabajo de tesis.

2.2 Relación de ciencia-sociedad y su impacto en la Educación

De acuerdo con Moltó (2003), actualmente la relación de *Ciencia-Sociedad* se caracteriza por la presencia de una revolución sociocultural con base en la ciencia y la tecnología, de manera que la forma de pensar y actuar de los científicos impacta sobre las distintas esferas de la producción y los servicios. Por otro lado, el estudiante promedio del medio urbano tiene acceso a los últimos adelantos de la ciencia debido a la globalización de los medios de comunicación y programas de divulgación científica. Por ello, los estudiantes quieren obtener en sus clases de ciencia la explicación a las interrogantes que les surgen en el contacto con estos medios de comunicación masiva.

Se considera que estas exigencias de la sociedad actual deben de tomarse en cuenta en la *planeación del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, lo cual se traducen en:

- Estudiar conocimientos científicos actualizados en relación con otras ciencias, la tecnología y la producción, esto con el fin de que los estudiantes observen el impacto de la Física (y otras ciencias), en su vida cotidiana.
- Introducir en el proceso de enseñanza y aprendizaje (PEA) aspectos propios de la forma de pensar y actuar de los científicos, tales como: enfrentarse a problemáticas abiertas, elaborar hipótesis, trabajar en equipos, argumentar puntos de vista, usar herramientas computacionales, entre otros, con el fin de apropiarse de una metodología de estudio.
- Favorecer la actitud crítica hacia las situaciones analizadas en clase (y en general de su vida cotidiana) con el objetivo de generar el interés continuo y permanente del estudiante por analizar lo que acontece a su alrededor.
- Promover la valoración responsable de las implicaciones que la ciencia y la propia conducta del ser humano tienen en nuestro entorno y en general para la sociedad con el propósito de entender la necesidad de adquirir conductas y ejercer acciones que favorezcan el cuidado del medio ambiente.

Para Moltó (2003), una Didáctica de la Ciencia que corresponde al planteamiento anterior y que incluye los aspectos enlistados previamente es “La aproximación del proceso de enseñanza a un proceso de *Investigación Dirigida*”.

2.3 Fundamentos y características de la estrategia didáctica de Investigación Dirigida

La estrategia didáctica de Investigación Dirigida ha sido el resultado de varias y diversas investigaciones educativas, en temáticas tales como: la influencia de la Historia y la Filosofía de la Ciencia en las tendencias de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias; la comparación entre los esquemas alternativos de los estudiantes y las concepciones históricas desplazadas por los conocimientos científicos actuales; las limitaciones metodológicas en la resolución de problemas con lápiz y papel; el constructivismo, entre otras.

En el estudio de Gil (1993) se realiza una descripción y análisis sobre la influencia que han tenido la Historia y la Filosofía de las Ciencia sobre las tendencias en la Enseñanza de las Ciencias particularmente, en la idea de aproximar las situaciones de aprendizaje a las de una

actividad científica. En principio se critican las tendencias orientadas a provocar cambios conceptuales ya que observa la limitante de que no se atienden el por qué de sus concepciones alternativas. Él argumenta, con base en investigaciones previas, que los esquemas alternativos de los estudiantes con los que abordan los problemas, en algunos campos, son semejantes a las concepciones históricas que han sido desplazadas por el conocimiento actualizado y aceptado científicamente. De acuerdo con este autor, las concepciones pre-clásicas sólo pudieron ser desplazadas mediante una nueva metodología que combinaba la creatividad del pensamiento con el rigor en la contrastación de las hipótesis, mediante experimentos en condiciones controladas y la búsqueda de una coherencia global, por lo que en su opinión, los cambios conceptuales de los estudiantes igualmente exigen un profundo cambio metodológico.

Por ello, plantea que los estudiantes solo podrán superar su metodología espontánea de sentido común y abordar los problemas con la metodología que exige la construcción del conocimiento científico si son puestos reiteradamente en contacto con este nuevo método que implica construir hipótesis, diseñar experimentos y realizarlos además de analizar cuidadosamente los resultados con una atención particular a la coherencia global.

Por tanto, asume que la estrategia de enseñanza que es más congruente con las características de la orientación constructivista y el razonamiento científico es la que plantea el aprendizaje como tratamiento de situaciones problemáticas abiertas que los estudiantes puedan considerar de interés.

En esta propuesta Gil (1993) se integran aspectos esenciales que influyen en la actividad científica y que han sido enfatizados por la Historia y la Filosofía de la Ciencia, como: plantear situaciones problemáticas; iniciar con un estudio cualitativo de ellas; orientar el tratamiento científico de los problemas; plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones poniendo énfasis en las relaciones CTS. También favorecer actividades de síntesis como las memorias científicas.

Ahora bien, como lo plantea Gil (1993) y lo menciona Ruiz (2007), el constructivismo es una de las bases teóricas de la estrategia de Investigación Dirigida por lo que a continuación se describen algunas de sus características relevantes.

De acuerdo con Ertmer y Newby (1993), el *Constructivismo*, es una teoría cognitiva de aprendizaje que asume que "el conocimiento es una función de cómo el individuo crea

significados a partir de sus propias experiencias”. Sus raíces se sustentan especialmente en los trabajos de Piaget, Bruner y Goodman.

En *el constructivismo* se considera que la *mente* filtra lo que nos llega del mundo para producir su propia y única realidad con base en la interpretación de nuestras experiencias, creándose significados. Por lo tanto, los estudiantes construyen interpretaciones personales del mundo basados en las experiencias e interacciones individuales, de manera que, las representaciones internas están constantemente abiertas al cambio y el conocimiento emerge en contextos que le son significativos.

Los constructivistas consideran que la conducta está determinada por los *factores ambientales* por lo que se considera fundamental que el aprendizaje tenga lugar en ambientes reales y que las actividades de aprendizaje seleccionadas estén vinculadas con las experiencias vividas por los estudiantes.

En Bednar (1991) se considera que el aprendizaje es exitoso, significativo y duradero, si incluye los tres factores siguientes: actividad (ejercitación), concepto (conocimiento) y cultura (contexto).

El investigador constructivista especifica los métodos y estrategias instruccionales que ayudarán al estudiante a explorar activamente tópicos/ambientes complejos y/o temas. Algunas de las estrategias específicas incluyen: situar las tareas en contextos del "mundo real"; usar ayudantías cognitivas (modelaje y monitoreo del estudiante para conducirlo al desempeño experto); presentación de perspectivas múltiples (aprendizaje cooperativo para desarrollar y compartir puntos de vista alternativos); negociación social (debate, discusión, presentación de evidencias); el uso de ejemplos como "partes de la vida real"; conciencia reflexiva; y proveer suficiente orientación en el uso de los procesos constructivistas.

A continuación, siguiendo la referencia de Ertmer y Newby (1993) se mencionan los principios constructivistas para el diseño de instrucción con las posibles aplicaciones al diseño instruccional [indicado entre corchetes].

- Un énfasis en la identificación del contexto en el cual las habilidades serán aprendidas y aplicadas [aprendizaje anclado en contextos significativos].
- Un énfasis en el control y en la capacidad del estudiante para manipular la información [utilizar activamente lo que se aprende].

- La necesidad de que la información se presente en una amplia variedad de formas [volver sobre el contenido en distintos momentos, en contextos reestructurados, para propósitos diferentes y desde diferentes perspectivas conceptuales].
- Apoyar el uso de las habilidades de solución de problemas que permitan al estudiante ir más allá de la información presentada [desarrollo de habilidades de reconocimiento de patrones, presentación de formas alternas de exponer los problemas].
- Evaluación enfocada hacia la transferencia de conocimiento y habilidades [presentación de problemas y situaciones novedosas que difieran de las condiciones de la instrucción inicial].

Otra fundamentación de la Investigación Dirigida está en la metodología de resolución de problemas con lápiz y papel. Aquí el planteamiento de Gil (1993) es plantearse qué es un *problema* asumiendo la definición de Krulik y Rudnik (1980), "Un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla".

Sin embargo, en la práctica docente habitual se muestra que los "problemas" son algo que se sabe hacer. El profesor conoce la situación, para él no es un problema y la explica "con toda claridad"; consecuentemente, los estudiantes pueden aprender dicha solución y repetirla ante situaciones idénticas, pero cualquier pequeño cambio implica dificultades insuperables provocando el abandono.

Bajo la concepción de *problema* de Krulik, se cuestiona, ¿qué hacen los científicos ante un verdadero problema? y no ante un enunciado de lápiz y papel como los que se incluyen en los libros de texto y cuya solución es mediante operativismos. La respuesta es simplemente que se comportan como investigadores.

Aunque la investigación y la metodología científica no tienen una clara sucesión de etapas bien definidas, resulta indudable que el tratamiento científico de un problema posee características generales que habría que tener en cuenta en los problemas comunes que se plantean en los libros de texto.

Bajo este análisis, en el artículo de Gil (1993) se presenta una propuesta de cómo orientar a los estudiantes para abordar la resolución de problemas sin datos, mediante un conjunto de sugerencias que caracterizan *un modelo de resolución de problemas como investigación*. Sus principales sugerencias son:

A. *Plantear situaciones problemáticas y considerar cuál puede ser el interés en ella.*

Cuando el profesor plantea una situación problemática es conveniente hacer una discusión previa tanto del trabajo que se realizará, como de las razones por las cuales la situación problemática es interesante, esto con el fin de generar una actitud positiva hacia la tarea y de aproximarse a las relaciones de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

B. *Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema.*

Se otorga la oportunidad para que los estudiantes expresen sus ideas previas de la situación problemática ante la ausencia de datos e incógnitas.

C. *Emitir hipótesis fundamentadas sobre los factores de los que pueden depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límite de fácil interpretación física.*

Ocasión para que las ideas previas de los estudiantes sean utilizadas para hacer predicciones sobre las variables que pueden estar involucradas en el problema y la manera en que se relacionan. Los conocimientos revisados y las hipótesis planteadas permitirán analizar los resultados.

D. *Elaborar posibles estrategias de solución, incluyendo las experimentales (reales o modeladas) antes de proceder a ésta, evitando el ensayo y error. Buscar distintas vías de solución para posibilitar la contrastación de los resultados obtenidos y mostrar la coherencia del conjunto de conocimientos de que se dispone.*

Las estrategias de solución son construcciones tentativas que parten del planteamiento cualitativo realizado, de las hipótesis formuladas y de los conocimientos que se poseen en el dominio particular, pero que exigen imaginación y ensayos.

E. *Encontrar la solución comentando y fundamentando lo que se hace y evitando operativismos carentes de significación física.*

Es necesario que la solución esté fundamentada y claramente explicada, lo que exige la expresión oral continua y permanente, esto con el fin de alejarse de los tratamientos puramente operativos. Ello exige el uso explícito de los conceptos y principios aplicados.

F. *Analizar cuidadosamente los resultados con base en las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados.*

El análisis de los resultados se realiza con base en los conocimientos revisados para la solución del problema y la contrastación de las hipótesis emitidas.

Recordando que el constructivismo es una de las fundamentaciones teóricas de la investigación dirigida, nos lleva a que ésta estrategia didáctica comparta rasgos esenciales con otras que estén fundamentadas en dicha teoría, como es el caso del aprendizaje activo. Por ello recordamos sus características relevantes.

De acuerdo a lo expuesto por Huber (2008), el *aprendizaje activo*, surgido ante las necesidades de formación del individuo del Siglo XXI para superar las demandas laborales y de desarrollo individual en un mundo cambiante, se caracteriza por ser un sistema didáctico centrado en el estudiante cuya planificación del aprendizaje se orienta tanto a los contenidos y metas que se presentan a los estudiantes como a los procesos de adquisición y construcción del aprendizaje. Los rasgos fundamentales de este aprendizaje son: activo, auto regulado, constructivo, situado o en contexto y social.

Como se describió anteriormente, la investigación dirigida es una propuesta que orienta el aprendizaje como una *construcción de conocimientos* a través del tratamiento de situaciones problemáticas que pueden estar en un contexto de Ciencia, Tecnología y Sociedad y que son desarrolladas en un proceso de aprendizaje en equipo. Por lo que se puede observar que la investigación dirigida es congruente con los rasgos que señala Huber (2008) respecto al aprendizaje activo.

A continuación enumeramos algunas opiniones favorables sobre la Investigación Dirigida. En la perspectiva de Ruiz (2007) el *modelo por investigación*, se distingue por su postura constructivista y la aplicación de problemas de orden científico como soporte fundamental para la enseñanza de las ciencias cuyas características son las siguientes:

Preguntas e inquietudes que surgen en la vida cotidiana del estudiante y que requieren una solución en el momento. Estas pueden ser cerradas (con una sola respuesta) o abiertas (con diferentes respuestas o diferentes formas de solución).

Problemas o situaciones que no tienen una solución inmediata. Se considera que éstas deben de ser presentadas en el aula de clase como mecanismos que promuevan en el estudiante, una reflexión y confrontación permanente de sus saberes y procedimientos, pues ello facilita el desarrollo de habilidades cognitivas.

Moltó (2003), asume la Investigación dirigida como una tendencia del PEA de las Ciencias que se desarrolla como un *sistema de tareas educativas semejante a un plan de investigación* con un objetivo específico. El trabajo de los estudiantes se organiza en pequeños grupos en los que puedan confrontar sus ideas (trabajadas previamente de manera individual) y después las defiendan a nivel de un grupo mayor. La evaluación es para cada tarea educativa realizada, de manera que ésta y en particular la autoevaluación pase a formar un quehacer escolar cotidiano.

De acuerdo con Campanario y Moya (1999), el modelo de *Investigación Dirigida* responde a uno de los mayores problemas en la enseñanza de las ciencias, que radica en el abismo que existe entre la forma en que se construye el conocimiento científico y las situaciones de enseñanza y aprendizaje que el estudiante experimenta en la escuela.

Furió Y Guisasola (2001) refieren lo expresado por Mc Comas (1998), que aunque las recientes aportaciones de la Filosofía de la Ciencia indican que no se puede hablar de un método científico como conjunto de normas procedimentales a seguir para llegar con éxito a la solución de los problemas científicos, sí es posible hacer un análisis que permita extraer las características esenciales del trabajo científico para orientar mejor el cambio cognitivo perseguido en el aprendizaje de las ciencias como en la investigación.

Por otro lado, en artículos recientes como el de Carrascosa et al. (2006) se hace un planteamiento similar al de Daniel Gil para el trabajo experimental. En dicho artículo, se discute la importancia de la actividad experimental en el PEA de las ciencias. Uno de los aspectos reflexionados, es que el trabajo experimental no sólo tiene una pobre presencia en la enseñanza de las ciencias, sino que la orientación de las escasas prácticas que se hacen, contribuye a una visión distorsionada y empobrecida de la actividad científica. Por ello, los autores plantean el trabajo de laboratorio como una *actividad de investigación*, con las siguientes sugerencias de desarrollo:

1. Presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel de dificultad congruente a las características y preparación de los estudiantes.
2. Reflexionar sobre la relevancia e interés de las situaciones propuestas e incluir implicaciones para la ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA).
3. Favorecer los análisis cualitativos, al inicio para acotar los problemas y formular preguntas sobre lo que se busca.

4. Plantear hipótesis susceptibles de orientar el tratamiento de las situaciones y mostrar las preconcepciones de los estudiantes.
5. Promover que los estudiantes diseñen y planeen los experimentos, sugiriendo el uso de la tecnología.
6. Favorecer el análisis de los resultados con base en sus hipótesis planteadas, los resultados de otros investigadores (los de otros equipos de estudiantes) y el conocimiento registrado en libros de texto.
7. Plantear las *implicaciones CTSA* del estudio realizado.
8. Realizar la integración que considere la contribución del estudio y posibles implicaciones en otras disciplinas.
9. Elaborar memorias científicas que muestren el trabajo realizado y que sirvan para la comunicación y el debate.
10. Favorecer el trabajo en equipos y la interacción de éstos con el profesor como experto. Además de favorecer la consulta de bibliografía adicional.

2.4 Ventajas, desventajas y sugerencias de instrumentación de la Investigación Dirigida

Para Moltó (2003) el uso de la estrategia de Investigación Dirigida tiene como ventajas:

- El tratamiento de situaciones abiertas.
- Tiene en cuenta las premisas y la valoración de las ideas iniciales de los estudiantes.
- Introduce en el PEA la computación como se utiliza actualmente en la ciencia.
- El estudiante puede valorar la importancia de lo estudiado al aplicarlo en situaciones CTS.
- Los estudiantes pueden plantear hipótesis.
- El estudiante plantea conocimientos tanto del nivel empírico como del teórico.
- El estudio de problemas se apoya en la actividad experimental.
- Familiariza al estudiante con aspectos y etapas claves del trabajo científico.
- El profesor pasa de ser un transmisor de conocimientos a un director del aprendizaje del estudiante.

En particular, Ruiz (2007) menciona que se favorece el acercamiento del estudiante a situaciones semejantes a la de los científicos, pero con una perspectiva social, es decir, se concibe a la ciencia en permanente construcción y reconstrucción. También considera una ventaja los roles de estudiante y del profesor, donde al *estudiante* se le concibe como un ser activo, con conocimientos previos, que le permiten plantear sus opiniones y posturas frente a la información que está abordando y de esta forma contribuye en los procesos de investigación utilizados para dar solución a los *problemas planteados por el profesor*. En cuanto al *profesor*, considera que su papel es la de *plantear problemas representativos*, con sentido y significado para el estudiante, por lo que el contenido de las situaciones problemáticas debe de acercarse al contexto del educando, para que pueda abordarlos a partir de las experiencias que llevan a cabo en el aula.

Campanario y Moya (1999), discuten que las ventajas y rasgos distintivos de la Investigación Dirigida, son propiciar que ésta se realice para resolver el problema y no para lograr un cambio conceptual el cual se favorece con el proceso. Por ello, los autores sugieren cambiar algunos contenidos conceptuales de los programas y prestar más atención a los aspectos metodológicos.

En cuanto a desventajas, Moltó (2003), menciona que la principal es el tiempo requerido para su desarrollo operativo. Campanario y Moya (1999) hacen énfasis en otras dificultades como: la falta de habilidades de investigación de los estudiantes, en las que usan con frecuencia pautas sesgadas de razonamiento, lo que obliga al profesor a plantear situaciones muy simplificadas y anticipar dificultades conceptuales y de procedimiento; la actitud de los estudiantes, ya que no siempre están dispuestos a realizar la inversión de esfuerzo y tiempo que demanda aprender de un modo diferente, lo cual puede entorpecer el desarrollo de las actividades de clase.

Como sugerencias para la instrumentación, en el artículo de Gil (1993), se plantea que el desarrollo eficaz de esta metodología exige la transformación de las actividades fundamentales del aprendizaje de las ciencias desde la introducción de conceptos, al trabajo de laboratorio, pasando por la resolución de problemas comunes planteados en los libros de texto, incluyendo la evaluación para que estas fases se conviertan en ocasión de construcción

de conocimientos. También la transformación del clima del aula para que se supere la habitual atmósfera de control autoritario, más típica de unos "trabajos forzados" que de una investigación científica.

Por otro lado se comenta la necesidad de tomar en cuenta, que el uso de la propuesta de organizar el aprendizaje de los estudiantes como una *construcción de conocimientos*, responde a la de una *investigación dirigida*, en *dominios conocidos* por el profesor, (director de la investigación) y en la que los resultados parciales, obtenidos por los estudiantes, (investigadores noveles), pueden ser reforzados, matizados o puestos en cuestión. No se trata, de "engañar" a los estudiantes y de hacerles creer que los conocimientos se construyen con la aparente facilidad con la que ellos los adquieren, sino que el objetivo es *favorecer en el aula un trabajo colectivo de investigación dirigida* que los familiarice con el trabajo científico y sus resultados.

2.5 Investigaciones realizadas con la Investigación Dirigida en España y antecedentes de su uso en México

En esta sección describimos algunos trabajos donde se ha usado la estrategia de la Investigación Dirigida en la enseñanza de algunos temas de Física, particularmente en España. Adicionalmente se hace mención de algunas experiencias que usaron esta estrategia didáctica en México.

Guisasola *et al.* (2005), exponen la instrumentación y evaluación de la estrategia didáctica de investigación orientada en el aprendizaje del concepto de campo magnético en nivel universitario. La evaluación del programa de actividades fue aplicada a tres grupos experimentales y los resultados mostraron una mejora notable en abordar y resolver situaciones problemáticas en relación a la teoría del campo magnético. También se obtuvieron mejores resultados en el aprendizaje de cuáles son las fuentes de campo magnético y del modelo que explica la naturaleza magnética de la materia, que como mínimo duplican los resultados de los grupos de control, cuyos cursos fueron desarrollados por otros profesores que impartieron una enseñanza tradicional.

La estrategia reitera como fortaleza la metodología que permite integrar al estudiante en un proceso de enseñanza y aprendizaje con iguales, para aprender a argumentar y apropiarse de los conocimientos. La debilidad se presentó en el desarrollo de las propuestas CTS argumentando la falta de tiempo para realizarlas.

Furió y Guisasola (2001) describen la instrumentación de la estrategia didáctica de Investigación Dirigida en el aprendizaje del tema de electrostática a nivel universitario haciendo énfasis en los conceptos de campo eléctrico y diferencia de potencial en los cuales detectaron previamente que existía una gran dificultad para su aprendizaje. El programa de actividades diseñado fue implementado y evaluado en dos grupos de estudiantes de diferentes centros educativos. De acuerdo con los resultados, los autores de este trabajo, asumen que los materiales desarrollados para el tema, contribuyeron al aprendizaje significativo de los estudiantes y a que ellos adquirieran un mayor interés en el aprendizaje de la electricidad.

Entre los antecedentes que encontramos del uso de la Investigación Dirigida en México, está un curso de formación docente dirigido a profesores de bachillerato que fue ofertado por el IPN y el Centro Nacional de Educación Química. Los temas considerados son fluidos y termodinámica, y de éste último, el tema de equilibrio térmico. Uno de los objetivos del curso fue incorporar algunas estrategias didácticas para el desarrollo de los temas citados, para que a su vez los profesores las incorporaran en su práctica docente. La Investigación dirigida es abordada como estrategia útil en la resolución de problemas y se analizó su pertinencia en la enseñanza de la Física.

También se usó la Investigación dirigida en la metodología del propio curso, caracterizada por partir de problematizaciones, la realización de lecturas y actividades experimentales, la discusión en equipo y al término de cada actividad el intercambio de puntos de vista en una plenaria. Hasta donde pude investigar y conozco no hay otros usos de la Investigación Dirigida relacionados con la enseñanza de la Física en México.

2.6 Aspectos generales de los contenidos temáticos a desarrollar y su evaluación

Las temáticas que se usarán para la instrumentación de la Investigación Dirigida son *calor, temperatura y transmisión de calor*. El estudio se hará mediante un doble enfoque, *el fenomenológico* compatible con las propuestas de los libros de texto de Hewitt (2003) y Máximo y Alvarenga (2000) y *el microscópico* con la teoría cinética molecular compatible con la propuesta del libro de texto de Wilson (1996). En el desarrollo de los temas se privilegia en un primer momento el enfoque fenomenológico por la motivación que representa para los estudiantes con respecto al basado en modelos microscópicos.

Las nociones básicas en las que se sugiere hacer énfasis son: *temperatura y calor* sus relaciones y diferencias y *formas de transmisión de calor*: conducción, convección y radiación, haciendo énfasis en la de *radiación* debido a las ventajas que ofrece problematizar algunas situaciones con un impacto social.

Para la evaluación del proceso se utilizará principalmente la investigación de Lang Da Silveira y Moreira (1996), en la cual se valida un test diseñado para detectar concepciones alternativas y científicas de los estudiantes sobre conceptos clave en el tema de calor. Dicho test, que cuenta con 23 ítems que incluyen las temáticas de calor, temperatura, capacidad térmica específica y conducción de calor, es la tercera versión de un proceso que data desde 1989 (ver el apéndice B). Este trabajo también ha sido utilizado con éxito en otras investigaciones como la de Martínez y Pérez (1997) para evaluar el aprendizaje de la termodinámica en diferentes niveles incluyendo el de bachillerato.

Por ello lo consideramos fiable para tomarlo como base en la adaptación del instrumento de evaluación que usaremos en la presente investigación educativa.

2.7 Comentarios personales

Considero que ignorar la relación de Ciencia y Sociedad y las necesidades derivadas de ella en la educación escolar, ha sido uno de los factores significativos, que durante décadas, ha llevado a la enseñanza de la Física, salvo excepciones, a desarrollarse mediante contenidos

temáticos en fragmentos y totalmente desligados del entorno y de las necesidades del estudiante, dando la apariencia de que el conocimiento de la Física es algo que solo se vive en el salón de clases por lo que para el estudiante, la enseñanza y el aprendizaje pierden su esencia y significado, favoreciendo su desinterés por esta asignatura.

Creo que acercar al estudiante a la actividad científica y tener la posibilidad de tratar con situaciones físicas cotidianas, favorecerá tanto la adquisición de una metodología como la dimensión social del conocimiento, lo que permitirá dejar atrás la fractura existente entre lo que se ve en el salón de clases y lo que vive el estudiante.

También asumo que la estrategia didáctica de la Investigación Dirigida representa una oportunidad para favorecer que el estudiante ejercite sus habilidades lógicas y de comprensión al contrastar sus hipótesis con los resultados de las diferentes actividades de aprendizaje, también a que mejore su expresión oral y escrita mediante la argumentación, además de adquirir una actitud comprometida y participativa, lo que ayudará a que pase de su experiencia previa a la formalización del conocimiento y a la adquisición de una autonomía en el aprendizaje.

3 Metodología

En el presente capítulo se describe la metodología utilizada para aplicar la estrategia didáctica de *Investigación Dirigida*. Para ello se exponen las características de: el contexto de aplicación, la población, la variable de análisis, la recolección de datos y del test, la elección y diseño de preguntas, los procesos de muestreo, así como, de las herramientas estadísticas utilizadas en el análisis de datos.

3.1 Contexto de aplicación de la estrategia didáctica

La investigación educativa que se presenta en este trabajo se realizó para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos clave en los temas de calor, temperatura y transmisión de calor.

El principal objetivo fue poner a prueba la efectividad de la estrategia didáctica de Investigación Dirigida para favorecer en el estudiante la adquisición de concepciones científicas de calor, temperatura, transmisión de calor y un aprendizaje científico.

La instrumentación de la Investigación Dirigida tuvo una duración de cuatro semanas y se desarrolló en el horario asignado a los grupos para llevar la asignatura de Física I con tres sesiones de 1.5 horas por semana.

3.2 Características de la población

La investigación educativa fue realizada en el semestre 2010-2011-A con 26 estudiantes de bachillerato que cursaron la asignatura de Física I (ubicada en el primer semestre del programa de estudios) en el plantel Ricardo Flores Magón del IEMSDF.

Los estudiantes, cuyas edades fluctúan entre 15 y 17 años, provienen de dos grupos: el experimental (M115) de 12 estudiantes (7 mujeres y 5 hombres) en el cual se aplicó la Investigación Dirigida por la autora de este trabajo; y el grupo de control (V113) de 14 estudiantes (6 mujeres y 8 hombres) en el cual al profesor que colaboró, se le solicitó que desarrollara su curso de manera habitual, (en general por transmisión y recepción).

3.3 Características de la variable de análisis

En la valoración de un curso, uno de los aspectos que más nos interesa a los profesores, es el resultado obtenido en el proceso de enseñanza y aprendizaje ya que generalmente son el punto de partida para la reflexión y análisis de los procesos involucrados en dicho proceso. Por ello, la variable general de análisis que seleccionamos fue el rendimiento escolar del estudiante medido a través de las herramienta estadísticas siguientes: la *ganancia* de Hake para medir y comparar la ganancia conceptual obtenida en los contenidos temáticos de calor, temperatura y transmisión de calor, lo cual fue fundamental para favorecer en el estudiante la habilidad de explicar y argumentar científicamente algunos fenómenos de transmisión de calor tanto en su contexto escolar como en su vida diaria; la *t de Student* para el cálculo de los *grados de significatividad* necesarios para la contrastación de las hipótesis de investigación; finalmente, el *factor de concentración y puntaje* para la validación de los ítems implementados en el test.

3.4 Características de la recolección de datos y del test

La recolección de datos para evaluar el avance conceptual en los contenidos temáticos se realizaron mediante un test ([Apéndice A](#)) que se aplicó antes y después de desarrollar el tema de calor con la estrategia didáctica de Investigación Dirigida. Esto permitió detectar la presencia de errores conceptuales en el tema propuesto y documentar el avance en la comprensión y uso de los conceptos. Dicho test consta de 12 ítems de opción múltiple correspondientes a conceptos de calor, temperatura y transmisión de calor.

El test es una versión adaptada de un cuestionario validado con base en la investigación educativa de Silveira y Moreira (1996), realizada para detectar concepciones científicas y alternativas de los estudiantes sobre conceptos clave en el tema de calor, (ver el [Apéndice B](#)). El cuestionario de Silveira y Moreira (1996) que usamos es la tercera versión de un proceso que data desde 1989 y que ha sido utilizado con éxito en otras investigaciones como la de Martínez y Pérez (1997) para evaluar el aprendizaje de la termodinámica en

diferentes niveles incluyendo el de bachillerato. Por ello se consideró que el cuestionario de Silveira y Moreira es un referente fiable para utilizarlo como base en la evaluación de la presente investigación educativa.

Sin embargo, el test de Silveira y Moreira no cuenta con los reactivos de transmisión de calor necesarios para diagnosticar el conocimiento de los estudiantes tratados en esta investigación. Por ello, se hizo una adaptación del test, la cual se realizó con dos criterios:

El primero fue tomar en cuenta sólo ítems de calor y temperatura del test de Silveira y Moreira ya que tiene otros que corresponden a temas no considerados durante la instrumentación de la estrategia didáctica que hacemos en este trabajo. Esto debido al poco tiempo disponible para el tema que nos ocupa y a la recomendación sobre el tiempo de aplicación de la estrategia (de dos a cuatro semanas como máximo).

El segundo fue elaborar reactivos apropiados para bachillerato en el tema de transmisión de calor tomando en cuenta las orientaciones de la investigación educativa de Prince, et al. (2009), que además de documentar los errores conceptuales de calor y temperatura, también lo hacen en transmisión de calor por radiación en estudiantes de Ingeniería.

Los ítems seleccionados del cuestionario De Silveira y Moreira (1996) son aquellos con números: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 8. Los reactivos diseñados e implementados son aquellos con números 9, 10, 11 y 12, de los cuales el 9 se tomó del cuaderno de prácticas de Hewitt ya que tiene las características para evaluar las pre concepciones de los estudiantes identificadas para conducción de calor que son de interés para este trabajo. Los reactivos 10, 11 y 12 son de elaboración personal, para los cuales, a continuación se describen los tres criterios utilizados en su construcción.

El primero fue incluir una sola opción con la respuesta correcta.

El segundo fue considerar un distractor con un modelo erróneo común en los estudiantes. Por ejemplo, para el ítem 10 que es un reactivo de conducción de calor se dio la opción de asociar la percepción de frío o caliente a la temperatura, sin embargo, para el caso descrito dicha percepción se debe a que un material es mejor conductor que otro; en el ítem 11 que es una pregunta sobre convección de calor, se dio la opción de asociar qué tipo de transferencia de calor genera el movimiento de aire caliente hacia arriba, en el entendido de que los estudiantes a veces asocian esta característica a la conducción; y en el ítem 12 lo que se pretende es que el estudiante tenga claro que la transferencia de calor tiene que ver

con el color no solo en el proceso de calentamiento sino también en el proceso de enfriamiento de un sistema físico.

El tercer criterio fue construir los ítems congruentes con la estructura propuesta por Silveira y Moreira en su test, por lo que se asignaron a cada uno, tres opciones de respuesta.

3.5 Indicadores para la elección y diseño de preguntas

De acuerdo con las investigaciones de Silveira y Moreira (1996) y Prince et al. (2009), las dificultades conceptuales recurrentes en los estudiantes sobre los conceptos de temperatura, calor y transferencia de calor, que además son de interés para este trabajo, son:

- Confunden temperatura con calor.
- Creen, en general, que la temperatura es una medida directa de la energía en un objeto, así algo a muy alta temperatura siempre tiene más energía.
- Asocian la percepción de caliente y frío sólo a la temperatura y no entienden que otros factores tales como la razón de la transferencia de calor, frecuentemente afecta como algo se siente frío o caliente.
- Confunden conducción con convección ya que la idea de que el “calor sube” la asocian a la conducción.
- Confunden frecuentemente el efecto de propiedades de superficie en la razón de transferencia de calor de radiación.

Por ello los ítems seleccionados para cubrir las áreas de contenidos identificados como problemáticas son para: calor, temperatura y transmisión de calor, cuya agrupación se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla. Ítems asociados a cada contenido temático.

Contenido temático	Ítem
Calor	1, 2, 3, 4 y 8
Temperatura	5, 6 y 7
Transferencia de calor	9, 10, 11 y 12

3.6 Procesos de muestreo

El análisis cuantitativo será realizado mediante los datos obtenidos en el pretest y el postest, los cuales se recogieron en tablas en donde para cada ítem se muestra la frecuencia con la que fue elegida cada opción de respuesta.

Con los datos obtenidos se realizarán cálculos con los siguientes objetivos:

- Validar los cuatro ítems de transmisión de calor implementados en el test mediante la herramienta estadística de *factor de concentración* de Bao & Redish (2001).
- Contrastar el avance en los conceptos clave estudiados respecto a las ideas previas con las que los estudiantes iniciaron, con la herramienta estadística de *Ganancia normalizada* expuesta en el trabajo de Hake (1998).
- Evaluar la efectividad de la estrategia didáctica de Investigación Dirigida mediante la contrastación de las hipótesis con la t de Student considerada en (Box, et al. 2008). Las hipótesis sobre la investigación se enuncian a continuación:

“En el tema de transmisión de calor la Investigación Dirigida favorece una evolución significativa de las ideas previas con las que inició a una perspectiva científica de las mismas”.

“Comparada con el método de enseñanza tradicional la Investigación Dirigida favorece el aprendizaje de las concepciones científicas en el tema de transmisión de calor”.

3.7 Descripción de las herramientas estadísticas

Validación de ítems

Para la validación de los cuatro ítems de transmisión de calor implementados en el test se utilizará la herramienta estadística de *factor de concentración C*, por su utilidad en el

diseño efectivo de preguntas de elección múltiple y la detección los ítems donde un distractor relevante puede estar ausente o los distractores incluidos son inefectivos.

Bao & Redish (2001), definen y describen el factor de concentración **C** en un método de análisis que permite medir la distribución de las respuestas de estudiantes a preguntas de opción múltiple. Otros de los usos del factor de concentración se dan en la instrucción, ya que mediante un test de opción múltiple se evalúa tanto el entendimiento conceptual del estudiante como los modelos conceptuales erróneos de una población particular.

El factor de concentración **C** supera un análisis tradicional, (que se hace únicamente a través del puntaje **S** que se refiere al número de estudiantes que contestan correctamente), en el sentido que recupera información importante sobre las opciones no correctas elegidas por los estudiantes. En este sentido, los distractores de preguntas de opción múltiple pueden ser diseñados para conocer la distribución de los modelos que usan los estudiantes.

Operacionalmente el factor de concentración **C** se define como una función de las respuestas del estudiante, y toma un valor en el intervalo [0,1]. Los valores cercanos a 1 representan más respuestas correctas y los valores cercanos a cero representan respuestas que se eligieron al azar.

De acuerdo con Bao & Redish (2001), la ecuación para obtener el factor de concentración es:

$$C = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1} \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m n_i^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right), \quad (1)$$

donde,

m = número de opciones de respuesta,

N = número de estudiantes,

n_i = número total de estudiantes quienes seleccionaron la elección i (incluyendo la correcta),

Como hay un total de N respuestas, $\sum_i^m n_i = N$.

En Bao & Redish (2001) se establece un código para el puntaje **S** y el factor de concentración **C** mostrado en la siguiente tabla.

Puntuación (S)	Nivel	Concentración (C)	Nivel
0-0.4	Bajo (L)	0.-0.2	Bajo (L)
0.4-0.7	Medio (M)	0.2-0.5	Medio (M)
0.7-1.0	Alto (H)	0.5-1.0	Alto (H)

Con este código, se describen las siguientes categorías para las respuestas de los estudiantes:

Un modelo: La mayoría de las respuestas están concentradas sobre una elección. (No necesariamente la correcta).

Dos modelos: La mayoría de las respuestas se concentran en dos elecciones. (Frecuentemente uno correcto y uno incorrecto).

Ningún modelo: Las respuestas están distribuidas en tres o más opciones.

Para clasificar los patrones de respuesta, los cuales indican tanto el desempeño del estudiante como sus concepciones erróneas, se combinan el factor de concentración con las puntuaciones de la siguiente manera:

		Implicaciones de los patrones
Un modelo	HH	Un modelo correcto
	LH	Un modelo incorrecto dominante
Dos modelos	LM	Dos posibles modelos incorrectos
	MM	Dos modelos populares
Ningún modelo	LL	Situación cercana al azar

Como se muestra en la Tabla, los tipos HH y LH corresponden a la situación de un modelo. En el caso LH los estudiantes tienen bajo puntaje y la mayoría de ellos seleccionaron la misma opción de respuesta (distractor). Por lo tanto esto puede ser considerado como un indicador fuerte de que la pregunta detonó en el estudiante un modelo incorrecto común.

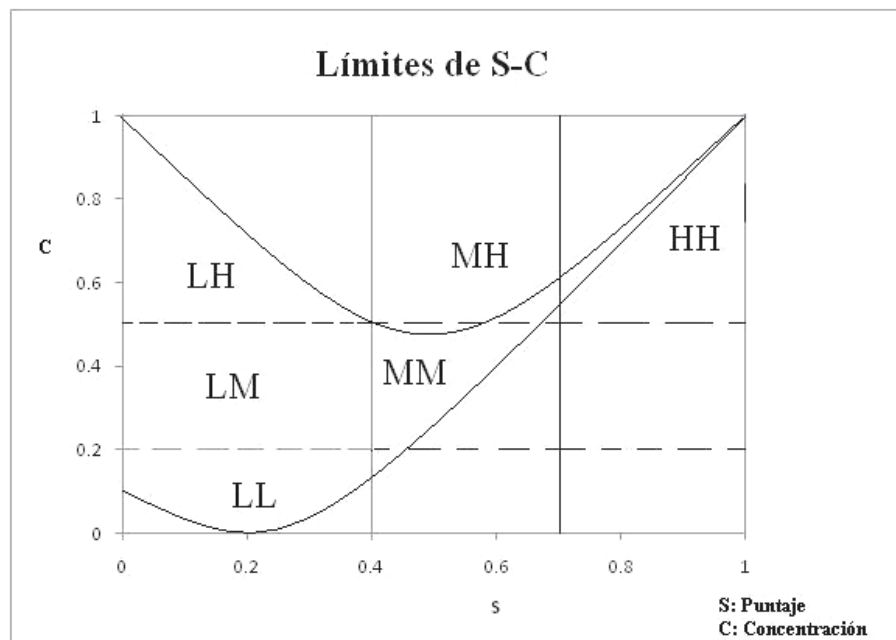
La situación de dos modelos se expresa en los casos LM y MM. El tipo MM corresponde a que una de las dos respuestas de mayor elección por el estudiante es la correcta. El caso LM corresponde a que las dos respuestas de mayor elección por el estudiante, son incorrectas.

Este tipo de respuesta también indica que un número significativo de estudiantes usó uno o dos modelos incorrectos dependiendo de la estructura de la pregunta.

Las respuestas del tipo LL indican que los distractores no reflejan los modelos comunes del estudiante aunque también puede ser que ellos no tienen una preferencia fuerte sobre algún modelo del tópico, por lo que responden al azar.

De acuerdo con la clasificación y descripción que se hace sobre los patrones de respuesta del estudiante, en Bao & Redish (2001), se discute que las preguntas se consideran de diseño apropiado si en los datos del pretest se observan respuestas del tipo LH y LM ya que aunque indican puntuaciones bajas, las preguntas de este tipo detonaron en el estudiante un modelo incorrecto común.

Los parametros de puntaje S y concentración C se pueden representar mediante un diagrama como el siguiente.



Avance conceptual y contrastación de hipótesis

Para contrastar el avance en los conceptos clave estudiados respecto a las ideas previas con las que los estudiantes iniciaron, se hará el análisis con los resultados de pretest y el postest del grupo experimental y de control mediante la *Ganancia normalizada* discutida en Hake (1998), que proporciona información del avance conceptual del estudiante en comparación a su comprensión inicial. Otra herramienta estadística que usamos es la t de Student por su utilidad en la contrastación de hipótesis de investigación en estudios con muestras pequeñas.

1. Ganancia normalizada de Hake. Con ella se mide el avance conceptual de los estudiantes que mejoraron del Pretest al Postest.

De acuerdo con Hake (1998), la ganancia normalizada, es

$$\langle g \rangle = \frac{\% \langle G \rangle}{\% \langle G \rangle_{max}} = \frac{\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle}{100\% - \% \langle S_i \rangle}, \quad (2)$$

donde S_f y S_i corresponden a los promedios de postest y pretest, respectivamente. Por lo tanto la ganancia se obtiene al dividir la diferencia de las calificaciones en el postest y pretest, entre el máximo aumento posible en la calificación. Esto es, dividimos el incremento obtenido en las calificaciones entre el máximo incremento que podemos obtener. Es decir:

$$\langle g \rangle = \frac{\%(post) - \%(pre)}{100\% - \%(pre)}, \quad (3)$$

donde

$\%(post)$ = porcentaje de respuestas correctas del postest,

$\%(pre)$ = porcentaje de respuestas correctas del pretest.

La ganancia normalizada, permite medir y comparar la ganancia conceptual obtenida en un curso o bien comparar la ganancia conceptual obtenida entre cursos desarrollados con enseñanza tradicional y los métodos de enseñanza interactivos como lo es la Investigación Dirigida.

Hake (1998), define para propósitos de interpretación y análisis de resultados, tres categorías para la ganancia:

g alta para cursos con $\langle g \rangle \geq 0.7$

g media para cursos con $0.7 > \langle g \rangle \geq 0.3$

g baja para cursos donde $\langle g \rangle < 0.3$

2. La distribución t de Student: Es una prueba estadística de *significación o contraste de hipótesis* que permite evaluar si dos grupos de datos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias comparadas en dos momentos diferentes con los resultados de un pretest y un posttest. La t de Student se utiliza generalmente para estudios con muestras pequeñas.

El contraste de hipótesis es entre una *hipótesis nula* que sostiene que la aplicación de un estímulo experimental no produce ningún efecto en los grupos considerados con una *hipótesis alternativa (o de investigación)* que sostiene que los grupos de datos difieren de manera significativa entre sí cuando a uno se le aplica un estímulo experimental. Si la hipótesis nula es cierta, el conjunto completo de observaciones puede explicarse como una muestra aleatoria de una sola población común, y por tanto las medias son iguales. En contraste, con la hipótesis alternativa las distribuciones de las que se extraen las dos muestras, poseen distinta localización y por lo tanto las medias son diferentes.

Para la obtención de la t de Student y la contrastación de hipótesis se requiere calcular los estadísticos: \bar{y} (media muestral), s^2 (varianza muestral) y s (desviación estándar), los cuales bajo la hipótesis de muestreo aleatorio se han considerado una aproximación de los parámetros de una población.

A partir de la t de Student, se obtiene el *nivel de significación* mediante tablas o un programa de computadora. Éste es determinante ya que representa la probabilidad de que una discrepancia entre los valores de las medias obtenidas en los resultados del pretest y el posttest pueda ocurrir al azar, en otras palabras, indica la probabilidad de equivocarse en el experimento. Cuando el valor del nivel de significación es suficientemente pequeño se rechaza la hipótesis nula y se afirma que se ha obtenido una diferencia estadísticamente significativa entre las medias sustentándose así la hipótesis alternativa. El valor del nivel de significación para realizar generalizaciones debe de ser de 0.05 o menor lo que implica el 5% de error (o bien el 95 % de seguridad).

Por ejemplo, si tenemos un conjunto de datos cuyas medias en el pretest y en el postest son respectivamente $\bar{y}_A = 3.6$ y $\bar{y}_B = 4.7$ para las cuales con el procedimiento adecuado la t de Student es de 0.79 y el grado de significación es de 0.22 o bien del 22%. Éste valor ofrece poca evidencia de que no se cumpla la hipótesis nula ya que implica que de 100 casos considerados, en 22 podrían coincidir las medias, lo cual es una probabilidad alta, por lo que se acepta la hipótesis nula.

En otro caso, en que el nivel de significatividad tenga un valor alrededor del 0.05 consideramos que el valor es suficientemente bajo lo que nos permite rechazar la hipótesis nula y considerar que la diferencia entre las medias es estadísticamente significativa y así sustentar la hipótesis alternativa.

Operacionalmente la t de Student se define como:

$$t = \frac{(\bar{y}_B - \bar{y}_A) - (\eta_B - \eta_A)}{s \sqrt{\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}}}. \quad (4)$$

Donde,

\bar{y}_A = la media muestral de los resultados de un primer experimento

$$\bar{y}_A = \frac{\sum y_A}{n}$$

\bar{y}_B = la media muestral de un segundo experimento

$$\bar{y}_B = \frac{\sum y_B}{n}$$

s^2 = varianza muestral

$$s^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{(n-1)}$$

s = desviación estándar muestral

$$s = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{(n-1)}}$$

s_A^2, s_B^2 = varianzas muestrales para dos grupos de datos A y B

$$s_A^2 = \frac{\sum (y_A - \bar{y}_A)^2}{n_A - 1} \quad \text{y} \quad s_B^2 = \frac{\sum (y_B - \bar{y}_B)^2}{n_B - 1}$$

$s_{A,B}^2$ = varianzas muestral para A y B aproximadamente iguales

$$s^2 = \frac{\sum (y_A - \bar{y}_A)^2 + \sum (y_B - \bar{y}_B)^2}{n_A + n_B - 2}$$

Para $(\eta_B - \eta_A) = 0$ $P_r(t > t_0) = 1 - P_r(t < t_0)$.

Por otro lado, la distribución de t de Student depende del número de grados de libertad. Éstos constituyen el número de maneras en que los datos pueden variar libremente. Cuanto mayor sea el número de grados de libertad que se tengan, la distribución t de Student se acercará más a ser una distribución normal. Los grados de libertad se calculan mediante la fórmula

$$v = (n_1 + n_2) - 2. \quad (5)$$

Donde n_1, n_2 es el tamaño de las muestras.

3.8 Metodología utilizada en el grupo de control

En esta sección se describe de manera general la forma de trabajo utilizada por el profesor a cargo del grupo de control para desarrollar los temas de calor, temperatura y transmisión de calor.

El desarrollo de los temas en cada clase:

- Parte de una exposición oral para explicar las características de los conceptos relevantes a desarrollar con el apoyo del pizarrón y de las notas del tema que el profesor elabora previamente a la clase.
- También mediante la exposición oral establece las relaciones de los conceptos abordados mediante fórmulas.
- Después de explicar los conceptos, utiliza problemas planteados en libro de texto para realizar en la clase y de tarea en casa.
- El curso lo evalúa con las tareas que deja para casa y con exámenes escritos que realiza al terminar cada unidad temática.

De manera general, los contenidos temáticos se desarrollaron con las siguientes orientaciones: temperatura se abordó con un enfoque microscópico asociándola a la energía cinética promedio debida al movimiento de traslación de las moléculas; en calor utilizó conceptos de equilibrio y desequilibrio térmico para establecer condiciones para la transferencia de calor; en transmisión de calor, usó algunas preguntas similares a las que se emplearon con la Investigación Dirigida, por ejemplo, ¿por qué al tocar metal y madera estando a la misma temperatura, se siente más frío el metal? pero con una metodología distinta ya que al plantear la pregunta inmediatamente se discute la respuesta.

En algunos casos, como en el de escalas termométricas, la exposición oral incluyó un enfoque histórico para informar sobre los orígenes de las escalas de Fahrenheit, Celsius y Kelvin. Esta información fue aprovechada para demostrar la manera en que se obtienen las ecuaciones para hacer las conversiones de temperatura entre las diferentes escalas termométricas.

4 Actividades de aprendizaje sobre calor, temperatura y transmisión de calor para instrumentarse con la Investigación Dirigida

4.1 Características generales de las actividades de aprendizaje

A continuación se presenta un conjunto de actividades de aprendizaje en los contenidos temáticos de calor, temperatura y transmisión de calor para ser aplicadas mediante la Investigación Dirigida. Aquéllas se diseñaron para favorecer en estudiantes de bachillerato un aprendizaje con actitudes y habilidades del trabajo científico.

Estas actividades se desarrollaron a partir de identificar problemas moderadamente sencillos, relacionados con conceptos y situaciones de los temas mencionados, cuya respuesta no es inmediata, sino que para su solución se requiere de investigación bibliográfica, análisis de información, realización de experimentos etc.

El conjunto de actividades de aprendizaje se fundamenta en: los ejes de formación del Proyecto Educativo del IEMS; el modelo de enseñanza-aprendizaje como Investigación Dirigida; y en los resultados de la evaluación diagnóstica de los contenidos temáticos de calor, temperatura y transmisión de calor.

Estructura conceptual básica para desarrollar en los temas de calor, temperatura y transmisión de calor

En la Tabla I que se muestra a continuación, se enuncian los contenidos temáticos generales para el estudio de la unidad de calor en el curso de Física I del IEMSDF.

Tabla I. Temas específicos de la unidad de Calor
1. Calor y temperatura
1.1 Calor como proceso energético
1.2 Temperatura
1.3 Escalas termométricas

2. Formas de transmisión de calor

2.1 Transmisión de calor por Conducción

2.2 Transmisión de calor por Convección

2.3 Transmisión de calor por Radiación

Por otro lado, de acuerdo con las investigaciones de (Silveira y Moreira 1996; Prince, et al. 2009) y de los resultados del pretest obtenido en esta investigación educativa, las dificultades conceptuales recurrentes en los estudiantes sobre los conceptos de temperatura, calor y transferencia de calor, son:

- Confunden temperatura con calor.
- Creen, en general, que la temperatura es una medida directa de la energía en un objeto, así algo a muy alta temperatura siempre tiene más energía.
- Asocian la percepción de caliente y frío sólo a la temperatura y no entienden que otros factores tales como la razón de la transferencia de calor, frecuentemente afecta como algo se siente frío o caliente.
- Confunden conducción con convección ya que la idea de que el “calor sube” la asocian a la conducción.
- Confunden frecuentemente el efecto de propiedades de superficie en la razón de transferencia de calor de radiación.

Para favorecer la transformación de estas creencias sobre los conceptos y fenómenos térmicos se consideró necesario desarrollar una estructura conceptual básica con las diferentes actividades de aprendizaje apoyado en la Investigación dirigida, la cual se menciona a continuación:

- La materia está formada por partículas en movimiento permanente. Esa movilidad es distinta en cada fase: sólida, líquida o gaseosa.
- La energía es la capacidad para realizar cambios en un sistema físico y las hay en diferentes formas.
- Para describir los sistemas, interesan fundamentalmente dos tipos de energía: cinética y potencial. La energía cinética E_k es la que tienen las moléculas en virtud de su movimiento de traslación. La energía potencial E_p es la que tiene que ver con

el tipo de interacción entre partículas y depende en general de sus posiciones relativas.

- La energía interna es la suma de todas las energías cinéticas y potenciales del sistema compuesto por moléculas.
- El calor es la forma en que el sistema intercambia energía con el medio y puede producir cambios en las propiedades del sistema como la temperatura, el volumen, etc.
- El calor es una forma de energía que se manifiesta cuando existen diferencias de temperatura entre los sistemas en interacción.
- El calor no es una propiedad del objeto y como magnitud física es aditiva.
- Para que pueda hablarse de la existencia de calor se deben de cumplir las siguientes condiciones: interacción térmica, dos o más sistemas y una diferencia de temperaturas entre los sistemas. Si alguna de estas condiciones no se cumple, se dice que no hay calor.
- El calor se mide de manera indirecta, mediante la ecuación $Q = \Delta U = mc_p\Delta T$, haciendo uso del concepto de energía interna del objeto y de la suposición de que la transferencia de calor es íntegra entre los objetos en interacción considerados, por ello, la cantidad de calor Q provocada por el intercambio de energía de un cuerpo, depende de su masa, su naturaleza y del intervalo de temperatura. La unidad de cantidad de calor en el Sistema internacional es el joule.
- La temperatura (desde el punto de vista microscópico), está relacionada con la energía cinética promedio de las moléculas en movimiento de traslación.
- La temperatura se asocia al concepto de equilibrio térmico, es decir, si se tienen dos objetos, uno más caliente que el otro y se ponen en contacto, sin influencias externas, se comprueba que después de un tiempo no hay diferencia en su grado de calentamiento (llegan al equilibrio térmico). A este *atributo del objeto que es igual*, se le llama *temperatura*.
- La temperatura es una propiedad del objeto y como magnitud física no es aditiva.
- La conductividad como proceso de transmisión de calor se efectúa particularmente en los materiales sólidos.

- El calentamiento por conducción es más rápida en unos materiales que en otros, lo que implica asociar la conducción al concepto de potencia térmica, (rapidez con la que se transfiere el calor), además de las características geométricas del conductor, como el área transversal en el caso de alambres metálicos.
- La conducción depende del material y la percepción de la temperatura a través del tacto, depende de la rapidez con la que se transfiere el calor.
- La convección se realiza en los fluidos y el calentamiento de ellos se realiza por las corrientes de convección que se generan en él. Las corrientes de convección son una muestra de la aplicación del principio de Arquímedes.
- El calentamiento por radiación se realiza por ondas electromagnéticas y depende del color del objeto del tiempo de calentamiento y del área de exposición.

4.2 Características de la instrumentación del sistema de actividades de aprendizaje mediante la Investigación Dirigida

Para iniciar la tercera unidad titulada Calor del programa de estudios de Física I, se dio una introducción a los estudiantes sobre la forma de trabajar con la estrategia metodológica de Investigación Dirigida explicando sus características e informando lo que se espera de ellos.

Para llevar a cabo la estrategia metodológica se organizó a los estudiantes en equipos de trabajo de 3 y 4 integrantes, nombrando al jefe de equipo (quien dirigía cada discusión) y al secretario (quien se encargaba de tomar nota y escribir la síntesis de las intervenciones de los compañeros de equipo, con ayuda del mismo equipo).

El proceso seguido en cada actividad de investigación de manera general fue el siguiente:

- Se parte de una pregunta generadora planteada a los estudiantes por parte del profesor.
- Se proponen las mismas actividades de aprendizaje para realizarla en equipos.
- Las actividades de aprendizaje implicaron diferentes tareas para realizar por los estudiantes como: plantear hipótesis, realizar investigación bibliográfica, hacer actividades experimentales, hacer cálculos, analizar relaciones entre variables de un

sistema para asociar una ecuación matemática, discutir resultados, contrastar hipótesis, entre otros.

- Se usó como técnica didáctica, que se analizara cada tarea, primero en equipo y luego fue comparada y debatida en grupo (puesta en común).
- Se consideró la intervención del profesor en los siguientes momentos: para proponer cada actividad de aprendizaje; con preguntas para promover la reflexión o nuevas problematizaciones de profundización del tema; al final de cada tarea para realizar el resumen de todas las aportaciones y consensos, estableciendo las conclusiones de características de conceptos y principios trabajados y realizar la contrastación de hipótesis.
- Cada actividad de aprendizaje fue de evaluación y realimentación lo que permitió al estudiante conocer sus avances y al profesor tomar datos de la situación del estudiante.

En cuanto a los espacios en los cuales se realizaron las actividades de aprendizaje se agrupan en dos categorías: trabajo en aula denotado por (A) que contempla los espacios académicos de salón de clases, laboratorio y asesoría académica y trabajo fuera del aula denotado por (F) que contempla el trabajo del estudiante en biblioteca, casa, o algún otro espacio requerido por el estudiante para realizar sus tareas.

A continuación en las tablas 2, 3, 4 y 5 se describen de manera general las actividades de aprendizaje realizadas por los estudiantes y los objetivos considerados para la comprensión de las temáticas de calor, temperatura y transmisión de calor.

Se observa que los espacios de trabajo son: aula, laboratorio, asesoría académica y los espacios para el trabajo individual del estudiante.

4.3 Actividades de aprendizaje de Calor y Temperatura

Tabla 2. Actividades de aprendizaje para caracterizar y diferenciar los conceptos de *calor y temperatura*



Actividades de aprendizaje y características

Para realizar en el aula (A)

Para realizar fuera del aula (F)

Comentarios

Objetivos

Que el estudiante logre


✚ (F) **Identificación de fenómenos termodinámicos en su entorno.**

✚ (A) **Reflexión y discusión con la pregunta, *¿En qué situaciones de la vida cotidiana utilizamos los conceptos de calor y temperatura?***

Esta discusión previa, ayuda a que el estudiante se interese y tenga una actitud más positiva al estudio del tema de calor al reconocer la incidencia de los fenómenos térmicos en la vida diaria y por tanto de valorar la necesidad de


- Reconocer la incidencia de los conceptos de calor y temperatura en su vida cotidiana.


	tener un conocimiento científico de calor y temperatura.	
<p>✚ (A) Planteamiento de la pregunta generadora <i>¿A través del tacto, ¿qué se percibe, el calor o la temperatura?</i></p> <p>✚ (A) Planteamiento de hipótesis.</p>	En esta actividad, los estudiantes discutirán y escribirán en equipo el planteamiento de la hipótesis con base en sus ideas previas sobre los conceptos de calor y temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> • Practicar el planteamiento de hipótesis con base en sus concepciones previas.
<p>✚ (A), (F) Investigación Documental sobre los conceptos de calor y temperatura.</p> <p>✚ (A) Discusión en equipos sobre los conceptos de calor y temperatura.</p> <p>✚ (A) Puesta en común. En esta parte el profesor resume las aportaciones y consensos sobre las características de calor y temperatura haciendo énfasis en la estructura conceptual propuesta para el desarrollo del tema.</p>	En esta actividad los estudiantes revisan diferentes fuentes bibliográficas sugeridas por el profesor para que mediante un reporte de lectura puedan extraer las características relevantes de calor y temperatura que guíen su participación en la discusión de equipo y la puesta en común.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar la temperatura como propiedad de un sistema. • Definir la temperatura con base en el equilibrio térmico y también asociada a la energía cinética debida al movimiento de traslación de las moléculas. • Identificar que el calor no es propiedad de un sistema.


		<ul style="list-style-type: none"> • Identificar el calor como proceso energético provocado por una diferencia de temperaturas entre dos objetos en interacción.
<p> (A) Realización de actividades experimentales para caracterizar y diferenciar calor de temperatura. Para ello, se comparan los cambios de temperatura que experimenta una cantidad específica de agua al calentarla aplicando 1, 2, 3, 4, y 5 unidades de calor. Luego se comparan los cambios de temperatura cuando diferentes masas de agua son calentadas con la misma cantidad de calor. Esto permitirá al estudiante reconocer que la propiedad que cambia en el sistema es la temperatura, provocado por el calor que se genera al poner en contacto dos sistemas a diferente temperatura, (el recipiente con agua y la parrilla encendida). También se mezclan iguales cantidades de agua a diferentes temperaturas para que el estudiante observe que la temperatura alcanzada por la mezcla no es la</p>	<p>Con esta actividad se espera que el estudiante reconozca dos diferencias entre calor y temperatura. La primera es que la temperatura es propiedad del objeto por ello puede medirla, en cambio el calor, requiere de un método indirecto.</p> <p>La segunda es que el calor es una cantidad aditiva lo cual se observa al calentar agua aplicando múltiplos de una unidad de calor y obteniendo incrementos proporcionales en la temperatura del sistema. En cambio al mezclar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer la temperatura como propiedad de un sistema. • Reconocer que el calor no es propiedad de un sistema. • Identificar el carácter aditivo del calor como magnitud física. • Identificar que la temperatura como magnitud física no es aditiva. • Diferenciar los conceptos

suma de las temperaturas de los sistemas puestos en interacción.	agua con diferentes temperaturas esta no se suma.	de calor y temperatura.
<ul style="list-style-type: none"> + (A) Discusión de la pregunta generadora en equipo y luego mediante una puesta en común. + (A) Contrastación de las hipótesis mediante la recuperación de los escritos de las mismas, con los resultados obtenidos en sus diferentes actividades de aprendizaje. 	Las soluciones presentadas por los estudiantes deben hacer énfasis en la fundamentación mediante un discurso escrito y oral claro, coherente y ordenado en el que estén integrados las ideas claves de la teoría en la explicación de la situación física planteada.	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar y argumentar sus ideas y opiniones de situaciones físicas con base en los conceptos y principios aprendidos.
+ (A) Resolución de problemas sobre mediciones de calor y temperatura.	Esta actividad ayuda a diferenciar los métodos directos e indirectos en la medición y cálculos de calor y temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar modelos matemáticos para la solución de problemas que involucren calor y temperatura.
<p>Actividades de consolidación</p> <ul style="list-style-type: none"> + (A) Discusión sobre las situaciones cotidianas que involucran los conceptos de calor y temperatura + <i>¿Es correcto decir que calor tengo?</i> <i>¿A qué temperatura debe estar un objeto para que al tocarlo no se sienta ni frío ni caliente?</i> 	Estas actividades coadyuvan en la comprensión de los conceptos al plantear preguntas para promover la reflexión continua y permanente del estudiante. Con lo cual se favorece una profundización del tema en su	<ul style="list-style-type: none"> • Profundizar en la comprensión de los conceptos de calor y temperatura.

¿A qué temperatura común un bloque de madera y un trozo de metal, al tocarlos no parecerán ni fríos ni calientes?

 (F) **Investigación sobre las cantidades de energía transformada en la combustión de alimentos, ¿Cómo se obtienen los valores de energía asociados a alimentos?**

 (F) **Análisis de un vídeo de calor y temperatura** enviado previamente a sus teléfonos celulares por medio de bluetooth.

 (A) **Discusión en equipo y puesta en común de las actividades de consolidación.**

nivel de dominio.

4.4 Actividades de aprendizaje para Conducción de calor

Tabla 3. Actividades de aprendizaje para caracterizar y diferenciar la *conducción* como proceso de transmisión de calor.



Actividades de aprendizaje	Comentarios	Objetivos
Para realizar en el aula (A) Para realizar fuera del aula (F)		Que el estudiante logre:
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Planteamiento de la pregunta generadora <i>¿Por qué en esos días de invierno, una banca metálica parece estar más fría que una de madera?</i> ✚ (A) Planteamiento de hipótesis. 	En esta actividad, los estudiantes discutirán y escribirán en equipo el planteamiento de la hipótesis con base en sus ideas previas.	<ul style="list-style-type: none"> • Practicar el planteamiento de hipótesis con base en sus concepciones previas.
<ul style="list-style-type: none"> ✚ (A), (F) Investigación Documental sobre la conducción de calor. 	En esta actividad los estudiantes revisan diferentes fuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar que la conducción de calor es

<p>✚ (A) Discusión en equipos sobre las características de la conducción de calor.</p> <p>✚ (A) Puesta en común. En esta parte el profesor resume las aportaciones y consensos sobre las características de la conducción de calor haciendo énfasis en la estructura conceptual propuesta para el desarrollo del tema.</p>	<p>bibliográficas sugeridas por el profesor para que mediante un reporte de lectura puedan extraer las características relevantes de la conducción de calor que guíen su participación en la discusión de equipo y la puesta en común.</p>	<p>característica de los materiales sólidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Describir que la conducción de calor depende del tipo de material y de las características geométricas del conductor. • Reconocer que la percepción de la temperatura a través del tacto, depende de la rapidez con la que se conduce el calor.
<p>✚ (A) Realización de actividades experimentales para caracterizar la conducción del calor.</p> <p>Aquí se calcula la rapidez con la que se derrite la cera en alambres de igual longitud pero de diferente material (cobre, aluminio, latón y acero). También se mide el tiempo de enfriamiento de iguales cantidades de agua depositadas en recipientes de la misma forma y</p>	<p>Con estas actividades se espera que el estudiante al observar que el calentamiento por conducción es más rápido en unos materiales que en otros, identifique la necesidad de asociar el concepto de potencia térmica (rapidez con la que se</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer que la conducción es más rápida en unos materiales que en otros. • Diferenciar entre materiales conductores y materiales aislantes.


<p>capacidad pero diferente material (aluminio y uncel).</p>	<p>trasmite el calor) y comprenda que esta rapidez con que se transfiere el calor influye en la sensación de frío o caliente al tocar un objeto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inferir que la percepción de la temperatura a través del tacto, depende de la rapidez con la que se transfiere el calor.
<ul style="list-style-type: none"> ✚ (A) Discusión de la pregunta generadora en equipo y luego mediante una puesta en común. ✚ (A) Contrastación de las hipótesis mediante la recuperación de los escritos de las mismas. 		<ul style="list-style-type: none"> • Explicar y argumentar sus ideas y opiniones de situaciones físicas con base en los conceptos y principios aprendidos.
<p>Actividades de consolidación</p> <ul style="list-style-type: none"> ✚ (A) Discusión sobre situaciones cotidianas de la conducción de calor. <p><i>¿Por qué es más fácil que te quemes con una cuchara de metal que con una de madera cuando las expones al fuego por un corto tiempo?</i></p> <p>Considera dos bases circulares con el mismo diámetro y grosor pero de diferente material (una es de uncel y la otra de aluminio). En cada una es colocado un cubo de hielo de iguales características en forma y tamaño. <i>¿En cuál se derrite más rápido el hielo? ¿Por qué?</i></p>	<p>Estas actividades coadyuvan en la comprensión de la conductividad de calor al plantear preguntas para promover la reflexión continua y permanente del estudiante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Profundizar en la comprensión de la conducción de calor.

4.5 Actividades de aprendizaje para Convección de calor

Tabla 4. Actividades de aprendizaje para caracterizar y diferenciar la *convección* como proceso de transmisión de calor.



<p>✚ Planteamiento de la pregunta generadora: Al calentar la parte inferior de un recipiente con líquido, <i>¿Por qué se calienta la parte superior del líquido?</i></p> <p>✚ (A) Planteamiento de hipótesis.</p>	<p>En esta actividad, los estudiantes discutirán y escribirán en equipo el planteamiento de la hipótesis con base en sus ideas previas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Practicar el planteamiento de hipótesis con base en sus concepciones previas.
<p>✚ (A), (F) Investigación Documental sobre la convección de calor.</p> <p>✚ (A) Discusión en equipos sobre las características de la convección de calor.</p> <p>✚ (A) Puesta en común. En esta parte el profesor resume las aportaciones y consensos sobre las características de la convección de calor haciendo énfasis en la estructura</p>	<p>En esta actividad los estudiantes revisan diferentes fuentes bibliográficas sugeridas por el profesor para que mediante un reporte de lectura puedan extraer las características relevantes de la convección de calor, que guíen su participación en la</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar que la convección de calor es característica de los fluidos. • Describir que el calentamiento de un fluido se realiza por las

<p>conceptual propuesta para el desarrollo del tema.</p>	<p>discusión de equipo y la puesta en común.</p>	<p>corrientes de convección que se generan en él.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconocer que, en general, las masas de fluido caliente suben y las masas de fluido frío bajan. • Diferenciar la convección de otras formas de transmisión de calor.
<p> (A) Realización de actividades experimentales para caracterizar la convección del calor.</p>	<p>Con estas actividades se espera que el estudiante al observar el calentamiento por convección identifique que en esta forma de transmisión se mueve la materia a diferencia de la conducción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer que la convección es un proceso de transmisión de calor en los fluidos. • Reconocer que en la convección se transporta masa a diferencia de los otros procesos de conducción de calor.

<ul style="list-style-type: none"> ✚ (A) Discusión de la pregunta generadora en equipo y luego mediante una puesta en común. ✚ (A) Contrastación de las hipótesis mediante la recuperación de los escritos de las mismas, con los resultados obtenidos en sus diferentes actividades de aprendizaje. 	<p>Las soluciones presentadas por los estudiantes deben hacer énfasis en la fundamentación mediante un discurso escrito y oral claro, coherente y ordenado en el que estén integrados las ideas claves de la teoría en la explicación de la situación física planteada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar y argumentar sus ideas y opiniones de situaciones físicas con base en los conceptos y principios aprendidos.
<p>Actividades de consolidación</p> <ul style="list-style-type: none"> ✚ (A) Discusión sobre situaciones cotidianas de la convección de calor. <p><i>¿Por qué al poner las manos a cierta distancia sobre la flama de una vela te quemas, pero al poner las manos a esta misma distancia a los lados de la flama de la vela no te quemas?</i></p> <p><i>¿Qué tiene que ver la convección de calor con las ranuras de una pantalla de lámpara de escritorio?</i></p> <p>(F) Investigación documental sobre las excepciones para el caso de corrientes de convección (masas de fluido caliente suben y de frías bajan). Comportamiento anómalo del agua.</p>	<p>Estas actividades coadyuvan en la comprensión de la conductividad de calor al plantear preguntas para promover la reflexión continua y permanente del estudiante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Profundizar en la comprensión de la convección de calor.

4.6 Actividades de aprendizaje para Radiación de calor

Tabla 5. Actividades de aprendizaje para caracterizar y diferenciar la *radiación* como proceso de transmisión de calor.



✚ **Planteamiento de la pregunta generadora**

¿Cómo construirías una casa con la arquitectura tradicional para ahorrar energía eléctrica en el verano y en el invierno?

✚ (A) Planteamiento de hipótesis.

En esta actividad, los estudiantes discutirán y escribirán en equipo el planteamiento de la hipótesis en términos de la pregunta generadora y con base en sus ideas previas.

- Practicar el planteamiento de hipótesis con base en sus concepciones previas y algunos conocimientos adquiridos de conducción y convección del calor.

✚ (A), (F) **Investigación Documental sobre radiación de calor.**


✚ (F) **Investigación documental sobre los criterios arquitectónicos básicos para la construcción de una**

En esta actividad los estudiantes revisan diferentes fuentes bibliográficas sugeridas por el profesor para que mediante un reporte de lectura

- Identificar que la radiación de calor se da por ondas

<p>casa.</p> <p>✚ (A) Discusión en equipos sobre las características de la radiación del calor y sobre la manera en que estas propiedades son consideradas en la construcción de viviendas.</p> <p>✚ (A) Puesta en común. En esta parte el profesor resume las aportaciones y consensos sobre las características de la radiación del calor haciendo énfasis en la estructura conceptual propuesta para el desarrollo del tema.</p>	<p>puedan extraer las características relevantes de radiación de calor que guíen su participación en la discusión de equipo y la puesta en común.</p>	<p>electromagnéticas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar y describir que el calentamiento por radiación depende del color del objeto, del tiempo de calentamiento y del área de exposición. • Diferenciar la radiación de otras formas de transmisión de calor.
<p>✚ (A) Realización de actividades experimentales para caracterizar la transmisión de calor por radiación.</p> <p>En esta actividad, se calientan iguales cantidades de agua en botes (del mismo tamaño y geometría) pintados de diferentes colores, expuestos a la radiación solar para medir las temperaturas alcanzadas en un mismo intervalo de tiempo. Después se miden las temperaturas de enfriamiento también para un mismo intervalo de tiempo.</p>	<p>Esta actividad le permite al estudiante reconocer que el calentamiento y enfriamiento por radiación depende del color y del tiempo considerado. Se hace énfasis particularmente en el color negro y el blanco por poseer características opuestas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer que el calentamiento por radiación depende del color del objeto, del tiempo de calentamiento y del área de exposición. • Diferenciar las características del calentamiento por radiación particularmente en objetos pintados de

		blanco y negro.
<p>✚ Resolución de problemas sobre el calentamiento de un objeto por radiación solar en condiciones diversas.</p>	<p>Con esta actividad se pretende que el estudiante identifique el control de variables para tener un mayor calentamiento por radiación. Por ejemplo poner a calentar un objeto con agua cuando la sombra que hace el objeto es la menor, esto garantiza la exposición más perpendicular que se puede lograr de la incidencia de la radiación solar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar problemas experimentales. • Identificar variables a controlar para obtener un buen resultado del problema.
<p>✚ (A) Discusión de la pregunta generadora en equipo y luego mediante una puesta en común.</p> <p>✚ (A) Contrastación de las hipótesis mediante la recuperación de los escritos de las mismas, con los resultados obtenidos en sus diferentes actividades de aprendizaje.</p>	<p>Las soluciones presentadas por los estudiantes deben hacer énfasis en la fundamentación mediante un discurso escrito y oral claro, coherente y ordenado en el que estén integrados las ideas claves de la teoría en la explicación de la situación física planteada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar y argumentar sus ideas y opiniones de situaciones físicas con base en los conceptos y principios aprendidos.
<p>Actividades de consolidación</p> <p>✚ (A) Discusión sobre situaciones cotidianas que</p>	<p>Estas actividades coadyuvan en la comprensión de los conceptos al</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Profundizar en la comprensión de los

<p>involucran el calentamiento por radiación.</p> <p>En un día de invierno, cuando entras al salón de clases, entre más estudiantes entran más se calienta el espacio. <i>¿Cómo se lleva a cabo este calentamiento?</i></p> <p>(F) Investigación documental sobre la intensidad de radiación en la Cd. De México. Se reflexiona sobre un experimento para calcular la intensidad de radiación solar en el D.F.</p> <p>(A) Discusión sobre las situaciones de la vida diaria <i>¿De qué color debe de ser un carro para favorecer el ahorro de energía en el verano y en el invierno?</i></p> <p>(A) Si te quieres tomar un café de manera que se mantenga lo más caliente posible durante el tiempo en que lo consumes, <i>¿De qué color debe de ser la taza en la que lo prepares, blanca o negra?</i></p> <p>(F) Investigación documental sobre la importancia de la radiación solar para la vida en la tierra.</p> <p> (A) Discusión en equipo y puesta en común de las actividades de consolidación.</p>	<p>plantear preguntas para promover la reflexión continua y permanente del estudiante. Con lo cual se favorece una profundización del tema en su nivel de dominio.</p>	<p>conceptos asociados a la radiación de calor.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

5 Análisis y discusión de resultados

En este capítulo se analiza el conocimiento científico aprendido por los estudiantes tanto del grupo experimental como del grupo de control después de realizar un conjunto de actividades de aprendizaje, el primero mediante la Investigación Dirigida y el segundo por medio de la instrucción tradicional. Dicho conocimiento se infiere de los resultados recogidos mediante el test sobre los temas de calor, temperatura y transmisión de calor que se aplicó antes y después de la instrucción que cada grupo recibió.

El análisis comparativo se realizó utilizando las herramientas estadísticas de ganancia de Hake y la *t* de Student.

5.1 Descripción general del análisis de resultados

Como se menciona en el capítulo donde exponemos la metodología, el análisis se divide en tres partes.

- En la primera validamos los cuatro ítems de transmisión de calor implementados en el test y en cuyo análisis se utiliza el *Factor de Concentración C*.
- En la segunda contrastamos el avance conceptual logrado por los estudiantes tanto del grupo experimental como del grupo de control. La herramienta estadística utilizada en este aspecto es la *Ganancia normalizada* de Hake *g*.
- En la tercera contrastamos las hipótesis mediante la *t Student*.

Con base en la población total y los resultados del pretest y el posttest calculamos:

- El factor de concentración *C* y el puntaje *S* con el fin de clasificar los patrones de respuestas para los reactivos de transmisión de calor.
- La *ganancia normalizada* de Hake por ítem y por contenido temático, tanto para el grupo experimental como para el grupo de control.
- El grado de significatividad mediante la *t de Student* por contenido temático, tanto para el grupo experimental como para el grupo de control.

5.2 Validación de los reactivos de transmisión de calor

El test utilizado para la presente investigación educativa, es una versión adaptada del cuestionario validado de Silveira y Moreira (1996). Este cuestionario está diseñado para detectar concepciones científicas y alternativas de los estudiantes sobre conceptos clave en el tema de calor. El cuestionario que usamos es la tercera versión que han producido un proceso de investigaciones que data desde 1989 y que ha sido utilizado con éxito en otras investigaciones como la de Martínez y Pérez (1997) para apoyar el aprendizaje de la termodinámica a nivel secundario. Por lo anterior, consideramos que dicho instrumento es fiable para evaluar el tema de calor y que los ítems seleccionados no requieren validación ya que son el resultado de un proceso largo y cuidadoso de depuración.

Sin embargo, el test de Silveira y Moreira no cuenta con los reactivos de transmisión de calor necesarios para diagnosticar el conocimiento de los estudiantes que participan en esta investigación. Por ello, adicionamos al test cuatro reactivos de esta temática, para los cuales consideramos necesario validar su efectividad.

En la Tabla 1, se muestran los resultados del pretest obtenidos del grupo experimental y del grupo de control.

Tabla 1. Datos del Pretest para los reactivos de transmisión de calor

No.de reactivo	Respuesta a	Respuesta b	Respuesta c
9	7	3	16
10	16	9	1
11	15	9	2
12	10	2	14

Con esto datos realizamos los cálculos del puntaje S y la concentración C , para obtener una clasificación de los patrones de respuesta para cada ítem. Los cálculos correspondientes se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los patrones de respuesta para los reactivos de transmisión de calor

No de reactivo	S	C	Tipo del patrón de respuesta
9	0.61	0.24	MM
10	0.34	0.30	LM
11	0.07	0.23	LM
12	0.38	0.21	LM

Los tipos de respuesta obtenidos para los cuatro ítems de transmisión de calor implementados en el test son LM y MM. Estos patrones de respuesta corresponden a las categorías *dos modelos*, es decir, que las respuestas de los estudiantes se concentraron en dos elecciones, dos incorrectas en el caso LM y una correcta y la otra incorrecta en el caso MM.

De acuerdo con Bao & Redish (2001), el diseño apropiado de preguntas, arrojan en el pretest respuestas del tipo LH o LM ya que son indicadores de que la pregunta detonó distractores atractivos que corresponden a modelos incorrectos comunes del estudiante. Esto implica que los ítems 10, 11 y 12 se elaboraron apropiadamente, es decir se logró incluir en ellos distractores atractivos.

En el caso del ítem 9 se cumple con la concentración esperada para un buen reactivo, sin embargo el puntaje fue mayor a lo esperado. Se considera pertinente eliminar el reactivo en un experimento posterior. Tenemos dos motivos para esta sugerencia. Primero, porque para este tipo de investigaciones, con el pretest se busca preferentemente obtener indicadores sobre los modelos incorrectos que posee el estudiante, esto con la finalidad de diseñar y ajustar las actividades de aprendizaje que favorezcan una perspectiva científica de los conceptos o situaciones del tema estudiado. Segundo, porque las preguntas que generan tipos de respuesta con puntajes altos, generarán *ganancias altas* sobre el avance conceptual del estudiante (de las cuales más adelante se darán los resultados), sin que éstas se hayan generado necesariamente con la ayuda de la estrategia didáctica utilizada en el curso evaluado, ya que el cálculo de la ganancia incluye el estado inicial del estudiante.

5.3 Datos del pretest y postest del grupo experimental y del grupo de control

En las Tablas 3, 4, 5 y 6 se encuentran los datos obtenidos del pretest y postest tanto para el grupo experimental M115 como para el grupo de control V113. Para cada ítem se muestra la frecuencia con la que fue elegida cada opción de respuesta. Los números en negritas muestran la opción correcta para cada ítem y por lo tanto la frecuencia con la que se eligió correctamente cada uno.

Tabla 3. Resultados del pretest del *grupo experimental M115*.

No. de reactivo	Respuesta a	Respuesta b	Respuesta c
1	5	6	1
2	6	1	5
3	6	1	5
4	3	3	6
5	2	5	5
6	2	2	8
7	5	6	1
8	7	2	3
9	3	1	8
10	10	2	0
11	7	4	1
12	4	1	7

Tabla 4. Resultados del posttest del *grupo experimental M115*.

No. de reactivo	Respuesta a	Respuesta b	Respuesta c
1	2	1	9
2	6	6	0
3	12	0	0
4	5	7	0
5	2	6	4
6	1	10	1
7	3	2	7
8	9	1	2
9	1	0	11
10	4	7	1
11	4	3	5
12	12	0	0

Tabla 5. Resultados del pretest del *grupo de control M113*.

No. de reactivo	Respuesta a	Respuesta b	Respuesta c
1	10	1	3
2	6	4	4
3	6	2	6
4	5	5	4
5	3	5	6
6	2	7	5
7	7	5	2
8	8	5	1
9	4	2	8
10	6	7	1
11	8	5	1
12	6	7	1

Tabla 6. Resultados del posttest del *grupo de control M113*.

No. de reactivo	Respuesta a	Respuesta b	Respuesta c
1	8	3	3
2	7	5	2
3	7	1	6
4	5	6	3
5	5	5	4
6	5	9	0
7	5	7	2
8	9	2	3
9	2	1	11
10	6	7	1
11	7	5	2
12	7	1	6

5.4 Cálculo de la ganancia de Hake por ítem y análisis de resultados

En esta sección se realiza el análisis de resultados mediante la ganancia de Hake debido a que nos permite medir y comparar la ganancia conceptual (la mejora lograda del pretest al posttest) lograda por los estudiantes. Esta información nos es de utilidad tanto para comparar el avance conceptual logrado por el estudiante respecto al conocimiento científico con el que inició como para contrastar el avance conceptual obtenido entre cursos desarrollados

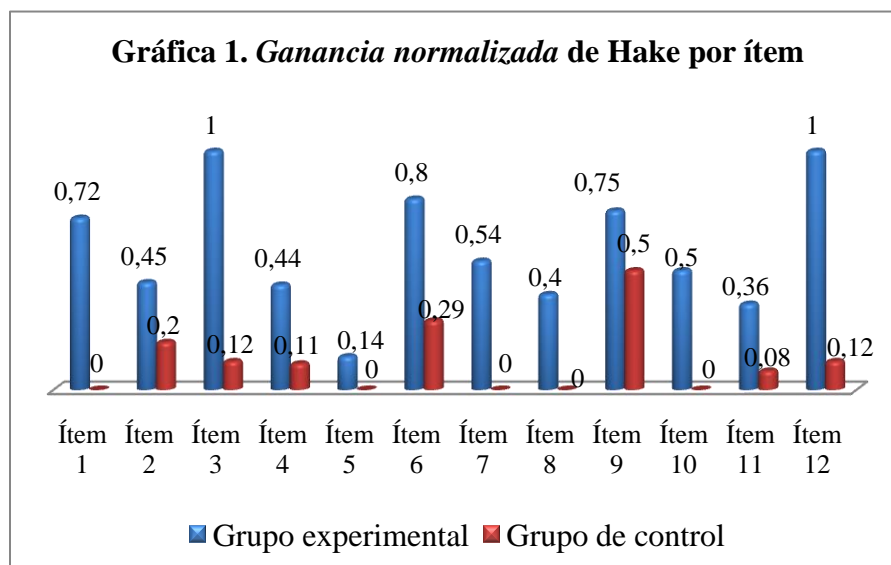
con la Investigación Dirigida y la enseñanza tradicional, ambas consideradas para este trabajo.

Con base en las respuestas correctas del pretest y del postest realizamos el cálculo de la *ganancia normalizada* de Hake para cada uno de los ítems y del número total de las mismas para ambos grupos, el experimental y el de control. Estos valores se registraron en la Tabla 7.

Tabla 7. Ganancia normalizada por ítem para los grupos experimental y el de control.

Ítem	Respuesta correcta	M115 experimental		V113 de control		Ganancia de Hake por ítem g_{m115}	Ganancia de Hake por ítem g_{v113}
		Pre	Post	Pre	Post		
1	1c	1	9	3	3	0.72	0.00
2	2b	1	6	4	6	0.45	0.20
3	3a	6	12	6	7	1.00	0.12
4	4b	3	7	5	6	0.44	0.11
5	5b	5	6	5	5	0.14	0.00
6	6b	2	10	7	9	0.80	0.29
7	7c	1	7	2	2	0.54	0.00
8	8a	7	9	8	8	0.40	0.00
9	9c	8	11	8	11	0.75	0.50
10	10b	2	7	7	7	0.50	0.00
11	11c	1	5	1	2	0.36	0.08
12	12a	4	12	6	7	1.00	0.12
						$\bar{g}=0.59 \pm 0.26$	$\bar{g}=0.11 \pm 0.15$

Los valores de las *ganancias normalizadas* de Hake por ítem y los promedios por grupo se representan en las Gráficas 1 y 2 respectivamente.



La Gráfica 1 muestra la contrastación de *ganancias* de Hake obtenidas para cada reactivo del grupo experimental y para el grupo de control.

A continuación se hace una interpretación para la ganancia *g* de cada ítem con base en las categorías para *g* definidas por Hake (1998).

También se interpretan los porcentajes correspondientes a los estudiantes que mejoraron del pretest al postest ya que son indicadores directos de la forma en que la estrategia didáctica utilizada influyó en la incorporación de los conceptos científicos de calor, temperatura y transmisión de calor.

Para el *ítem 1* la ganancia en el grupo experimental fue de 0.72 considerada como una ganancia alta. Esta ganancia corresponde a que se logró, con la instrumentación de la estrategia que el 66.7 % de los estudiantes lograra ponderar el concepto de calor como proceso energético sobre la idea errónea de que el calor está contenido en el objeto.

En contraste, en el grupo de control, la ganancia fue nula, esto se debe a que en esta pregunta no observamos en los datos (véase la Tabla 7) un incremento en el número de estudiantes que contestaron correctamente en el postest con respecto al número de estudiantes que contestaron bien en el pretest.

Para el *ítem 2*, la ganancia en el grupo experimental es de 0.45 clasificada como media. Esta ganancia corresponde a que después de la instrucción, el 41.7% de los estudiantes, identifica que para que se transfiera calor, se requieren al menos dos objetos en interacción. Para el grupo de control, la ganancia es baja con un valor de 0.20, ya que sólo el 14.3% de los estudiantes logró este conocimiento después de la instrucción.

En el *ítem 3*, la ganancia para el grupo experimental fue la máxima con un valor de 1. Esto corresponde al hecho de que toda la población evaluada contestó correctamente el reactivo, aunque a la instrucción solo se le asocia que el 50 % de los estudiantes se apropiara de la idea de que la diferencia de temperaturas es la condición necesaria para que se transfiera el calor, ya que el otro 50 % de la población ya tenía este conocimiento previo (ver la Tabla 7). Considero que uno de los factores que influyeron en este resultado, fue reiterar constantemente la discusión en equipos sobre las condiciones requeridas para que se llevara a cabo la transferencia de calor.

En el caso del grupo de control, para este ítem la ganancia lograda fue de 0.12, sin embargo, sólo el 7.1 % de los estudiantes logró una mejora del pretest al postest.

En el *ítem 4*, la ganancia fue media en el grupo experimental, con un valor de 0.44 lo que corresponde a que el 33.3% de los estudiantes entendió que el calor es una transferencia de energía debida a una diferencia de temperaturas de los objetos en interacción. Cabe destacar que la ganancia difiere con respecto a la del ítem 1. Esto se debe principalmente a que más estudiantes contestaron correctamente el ítem 4 que el ítem 1 en el pretest. Sin embargo estos resultados sugieren hacer mayor énfasis en las actividades de aprendizaje que tratan el calor como un proceso energético.

Para este ítem, en el grupo de control la ganancia fue baja con un valor de 0.11, lo que corresponde a que el 7.1% de estudiantes identificaron el calor como un proceso energético con la instrucción que recibió.

En el *ítem 5*, la ganancia fue baja tanto para el grupo experimental como para el de control, siendo de 0.14 para el primero y de cero para el segundo. Esto significa que el 8.3% de los estudiantes, mejoraron sus resultados del pretest al postest y lograron la comprensión de condiciones de equilibrio térmico con la instrucción recibida. En el caso del grupo de control, la ganancia con valor a cero significa que en este ítem no hubo aumento en el número de estudiantes que hayan contestado correctamente en el postest con respecto al número de estudiantes que contestaron correctamente en el pretest.

Cabe mencionar que la ganancia para este ítem fue la más pequeña obtenida en el grupo experimental. Considero que este resultado se debe principalmente a que el equilibrio térmico en las condiciones que describe el reactivo fue contestado correctamente por varios estudiantes en el pretest haciendo que la diferencia entre el número de estudiantes que mejoraron del pretest al postest sea menor. Otro factor que consideramos influyó en los resultados, fue la falta de discusión de estos casos de equilibrio térmico en las actividades de aprendizaje.

En el *ítem 6*, la ganancia fue alta para el grupo experimental con un valor de 0.80 y baja para el grupo de control con un valor de 0.29. En estas ganancias se implica que el 66.7% de los estudiantes del grupo experimental y el 14.3 % del grupo de control logró después de la instrucción recibida, reconocer que la temperatura es una propiedad del objeto y rebasar

la idea de asociar lo caliente a calor, lo cual implica una confusión entre calor y temperatura.

Para el *ítem 7* la ganancia fue media para el grupo experimental con un valor de 0.54 y baja para el grupo de control con valor de 0. Aquí tenemos, que después de la instrucción, el 50% de los estudiantes del grupo experimental identificaron situaciones de equilibrio térmico no así los estudiantes del grupo de control.

Este ítem al igual que el 5 también trata de situaciones de equilibrio térmico, pero nuevamente las diferencias en las ganancias se deben principalmente a que en el pretest hubo más estudiantes que contestaron correctamente el ítem 5 a los que contestaron correctamente el ítem 7. Esto implica que la diferencia entre el número de estudiantes que mejoraron del pretest al postest sea menor impactando el valor de la ganancia.

Para el *ítem 8*, la ganancia fue media con un valor de 0.40 para el grupo experimental y baja con valor de cero para el grupo de control. Aquí, el 16.7 % de los estudiantes del grupo experimental mejoraron del pretest al postest, e identificó que cuando hay equilibrio térmico no hay transferencia de calor.

En el caso del grupo de control, el valor de cero se debe nuevamente a que no registramos en los datos (véase la Tabla 7) un incremento en el número de estudiantes que contestaron bien en el postest con respecto al número de estudiantes que contestaron correctamente en el pretest.

Para el *ítem 9*, la ganancia lograda en el grupo experimental fue alta con un valor de 0.75 y media para el grupo de control con un valor de 0.50. Esto implicó que el 25% de los estudiantes del grupo experimental y el 21.4 % de los estudiantes del grupo de control mejoraron del pretest al postest y pasaron de la idea de que el calor se conduce en una varilla metálica orientada hacia arriba al conocimiento de que la conducción no tiene una dirección preferencial como en el caso de la convección.

Para el *ítem 10*, la ganancia para el grupo experimental es media con un valor de 0.5 y para el de control es baja con un valor de cero. Aquí el 41.7 % de los estudiantes lograron clarificar que la sensación de frío y caliente no es un indicador exclusivo de la temperatura sino también de la razón de la transferencia de calor. Para el grupo de control la ganancia de cero es debida a que no hay diferencia entre el número de estudiantes que contestaron bien en el pretest y en el postest para esta pregunta.

Para el ítem 11, la ganancia es media de 0.36 para el grupo experimental y baja de 0.08 para el de control. Estos valores se asocian a que el 33.3 % de los estudiantes del grupo experimental y el 7.1% del grupo de control identificaron características de la transferencia de calor por convección en situaciones de la vida cotidiana.

Por último, en el ítem 12, la ganancia lograda fue alta de 1.0 para el grupo experimental y baja de 0.12 para el grupo de control. Aquí, el 66.7 % de los estudiantes del grupo experimental y el 7.1% del grupo de control pasaron de la idea previa de que el calentamiento o enfriamiento por radiación es independiente del color, al conocimiento de que estos dos fenómenos suceden más rápido en el color negro que en el blanco.

Considero que la ganancia alta lograda en el grupo experimental se debe a que se realizaron suficientes actividades experimentales y una vasta discusión de situaciones de la vida diaria sobre las características del calentamiento y el enfriamiento de objetos por radiación.

En resumen, para el grupo experimental, se obtuvo una ganancia alta en el 41.6% de las preguntas, una ganancia media en el 50% y sólo el 8% de las preguntas obtuvo una ganancia baja. La ganancia se situó en el intervalo $0.14 < g < 1.00$.

Para el grupo de control se observó una situación diferente, ya que sólo se obtuvo una ganancia media para el 8.3% de las preguntas y la ganancia baja para el restante 91.7%. Aquí la ganancia se situó en el intervalo $0 < g < 0.50$.

Es importante aclarar que la ganancia de Hake incluye el estado inicial de conocimientos del estudiante. Esto tiene impacto en las ganancias de ítems en los cuales hubo un buen número de estudiantes que lo contestaron correctamente en el pretest por lo que no todo el valor se atribuye como resultado de la instrucción. Esta situación puede observarse en el ítem 9 donde el porcentaje de estudiantes que mejoraron del pretest al postest fue relativamente bajo, de manera que, la ganancia alta se debe principalmente a que hubo un buen número de estudiantes que contestaron bien este ítem en el pretest.

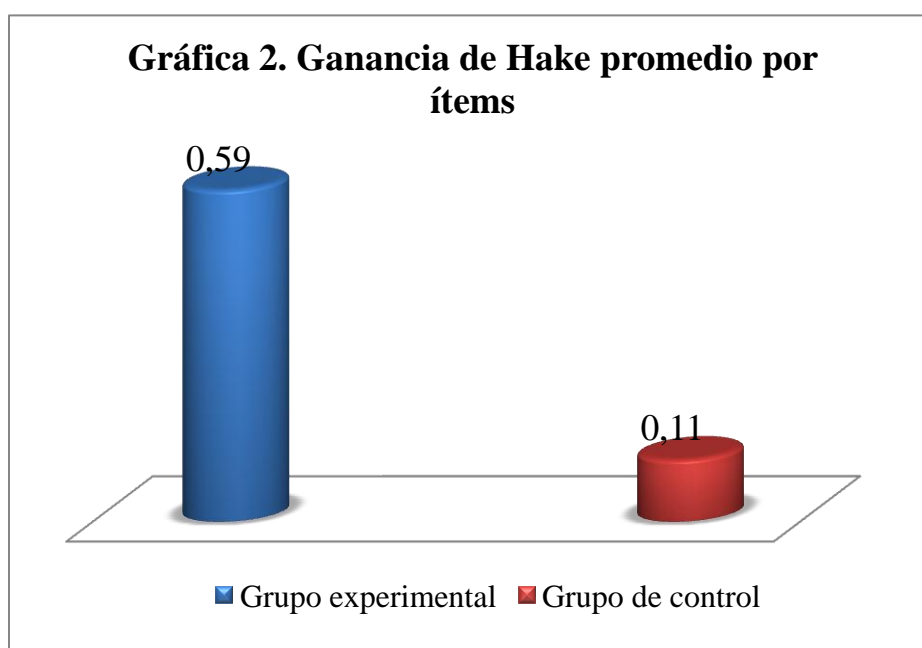
En la Gráfica 2, se muestra la contrastación de las ganancias promedio y se observa que para el grupo experimental es de 0.59 clasificada como una ganancia media, con una desviación estándar de 0.26 lo que implica que, en el intervalo de una desviación estándar de la media, se encuentran el 75 % de los datos obtenidos. Para el grupo de control la ganancia promedio es de 0.11 clasificada como una ganancia baja, con una desviación

estándar de 0.15 lo que implica que el 83 % de los datos obtenidos, se encuentran en un intervalo de una desviación estándar de la media.

El valor de la ganancia del grupo experimental, implica que el porcentaje de aciertos que fue del 28.47 % en el pretest (Tabla 7) se incrementó al 70.14% en el postest.

En el grupo de control, la ganancia que calculamos implica que el porcentaje de aciertos se incrementó de 36.90% a 43.45%.

La relación de proporción entre la ganancia promedio del grupo experimental (\bar{g}_{GE}) y la ganancia promedio del grupo de control (\bar{g}_{GC}) es $\frac{0.59}{0.11}=5.4$, es decir $\bar{g}_{GE} = 5.4 \bar{g}_{GC}$.



5.5 Cálculo de la ganancia de Hake por contenido temático y análisis de resultados

El análisis anterior nos brinda un panorama general del avance conceptual promedio con base en todos los ítems del test.

Sin embargo, consideramos necesario hacer el análisis por contenido temático para observar en cual fue aplicada la Investigación Dirigida con mayor o menor eficacia. Esto con el propósito de mejorar los resultados en futuros cursos.

En las Tablas 8 y 9 se muestran los datos obtenidos del pretest y postest agrupados por contenidos temáticos tanto para el grupo experimental como para el grupo de control.

Tabla 8. Rendimiento en el pretest y el postest por contenido temático del grupo experimental.

Test	Respuesta correcta	Respuestas correctas en el Pretest	Respuestas correctas en el Postest
Calor	1c	1	9
	2b	1	6
	3a	6	12
	4b	3	7
	8a	7	9
Temperatura	5b	5	6
	6b	2	10
	7c	1	7
Transmisión de calor	9c	8	11
	10b	2	7
	11c	1	5
	12a	4	12

Tabla 9. Rendimiento en el pretest y el postest por contenido temático del grupo de control.

Test	Respuesta correcta	Respuestas correctas en el pretest	Respuestas correctas en el postest
Calor	1c	3	3
	2b	4	5
	3a	6	7
	4b	5	6
	8a	8	9
Temperatura	5b	5	5
	6b	7	9
	7c	2	2
Transmisión de calor	9c	8	11
	10b	7	7
	11c	1	2
	12a	6	7

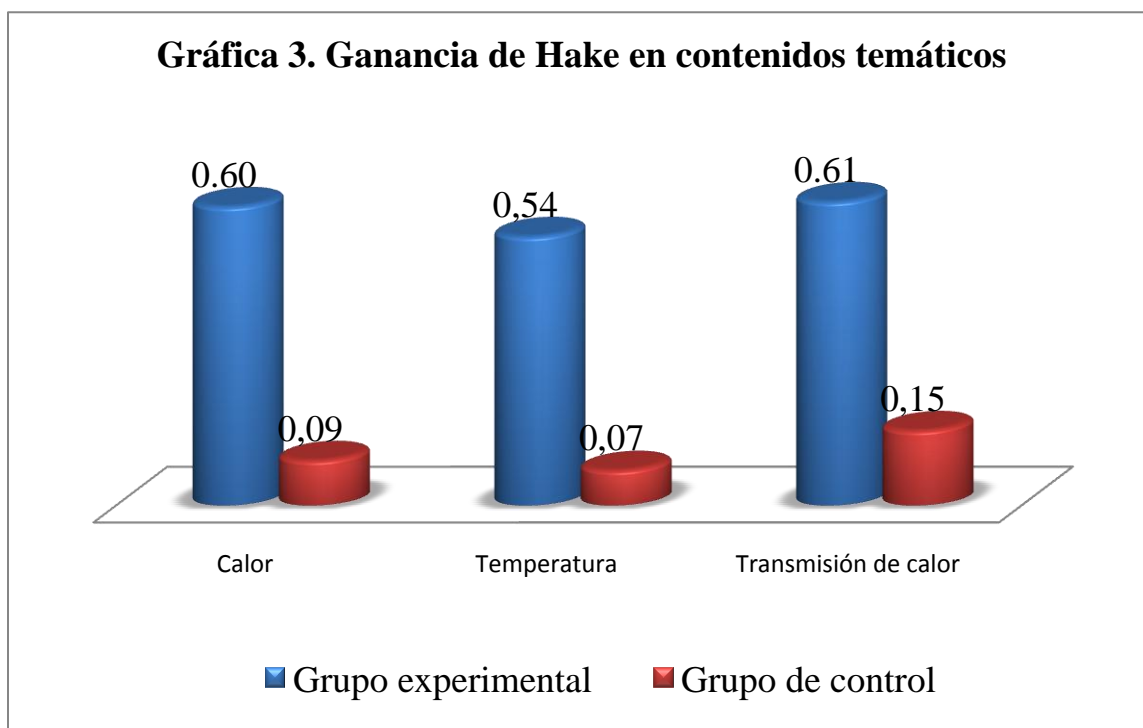
En la Tabla 10 que se muestra a continuación, se registró el número total de respuestas correctas de cada tema en el pretest y en el postest. Con estos datos se calculó la *ganancia* de Hake para cada contenido temático de ambos grupos los cuales quedan representados en la Gráfica 3.

Cabe mencionar que los valores máximos posibles de respuesta correctas para calor, temperatura y transmisión de calor fueron respectivamente: 60, 36 y 48 para el grupo experimental y 70, 42 y 56 para el grupo de control.

Tabla 10. Ganancia por contenido temático.

Contenido temático	M115 Respuestas correctas		V113 Respuestas correctas		Ganancia Hake contenido temático g_{m115}	Ganancia de Hake contenido temático g_{v113}
	Pre	Post	Pre	Post		
Calor	18	43	26	30	0.60	0.09
Temperatura	8	23	14	16	0.54	0.07
Transmisión de calor	15	35	22	27	0.61	0.15
					$\bar{g} = 0.58 \pm 0.04$	$\bar{g} = 0.10 \pm 0.04$

Consideramos que los valores de \bar{g} obtenidos para los contenidos temáticos difieren en una centésima de los valores obtenidos de \bar{g} para cada ítem debido a que el número de datos para su cálculo es diferente y las aproximaciones que se hace en cada valor en la centésima impacta dichos resultados.



En la Gráfica 3, se observa que para el grupo experimental la ganancia de Hake lograda fue media para los tres contenidos temáticos y con valores muy similares (ligeramente menor en el tema de temperatura). Esto sugiere que la instrumentación de la estrategia didáctica tiene una efectividad similar en la enseñanza de los tres contenidos temáticos.

En contraste en el grupo de control se observa que las ganancias para los tres contenidos temáticos fueron bajas.

Las relaciones de proporción entre las ganancias de Hake para el grupo experimental (GE) y el grupo de control (GC) en los tres contenidos temáticos son: en *calor* $g_{GE} = 6.7 g_{GC}$ para *temperatura* $g_{GE} = 7.7 g_{GC}$ y en *transmisión de calor* $g_{GE} = 4.1 g_{GC}$

De estos resultados, se puede decir, que en el grupo experimental la estrategia didáctica de Investigación Dirigida motivó de manera aceptable la adquisición de los conceptos formales de calor, temperatura y transmisión de calor.

En contraste, en el grupo de control, se infiere que la instrucción tradicional no fue suficiente para incorporar en los estudiantes, conceptos de dicha temática con una perspectiva científica. Considero que la ganancia baja se debe, entre otros factores, a que en una instrucción tradicional no se tienen los indicadores que proporcionan los test de una investigación educativa los cuales permiten hacer énfasis en las ideas previas y modelos erróneos que tiene los estudiantes al iniciar un tema o curso.

5.6 Resultados y análisis de la t de Student para los grupos experimental y de control

En esta sección se realiza un análisis a partir de la t de Student con el propósito de contrastar las hipótesis de investigación. Esta prueba estadística es de utilidad para evaluar si dos grupos de datos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias comparadas en dos momentos diferentes con los resultados de un pretest y un postest.

La primera hipótesis de investigación a contrastar, mencionada tanto en el capítulo de la Introducción como en el de la Metodología es, “En los temas de calor, temperatura y transmisión de calor la Investigación Dirigida favorece una evolución significativa de las ideas previas con las que inició el estudiante a una perspectiva científica de las mismas”.

Para realizar la contrastación de hipótesis mediante la t de Student, es necesario poner aquella en términos estadísticos, mediante una hipótesis nula (que sostiene que la aplicación de un estímulo experimental no produce ningún efecto en los grupos considerados lo implica que las medias son iguales) y una hipótesis alternativa, (que sostiene que los grupos de datos difieren de manera significativa entre sí cuando a uno se le aplica un estímulo experimental lo que implica medias diferentes).

En este sentido, las hipótesis nula y alternativa se plantean en términos de los resultados de pretest y del postest de la siguiente manera:

Hipótesis nula: No hay diferencia significativa en el puntaje obtenido en el pretest y el postest sobre conceptos de calor, temperatura y transmisión de calor.

Hipótesis alternativa: El puntaje obtenido en el pretest sobre conceptos de calor, temperatura y transmisión de calor es significativamente distinto al obtenido en el postest.

Ahora bien, el valor del nivel de significatividad obtenido a partir de la t de Student es determinante ya que representa la probabilidad de que una discrepancia entre las medias pueda ocurrir al azar. Cuando el valor del nivel de significatividad es suficientemente pequeño se rechaza la hipótesis nula y se afirma que se ha obtenido una diferencia estadísticamente significativa entre las medias sustentándose así la hipótesis alternativa.

De acuerdo con Sampieri et al (2003) el valor del nivel de significación para realizar generalizaciones debe de ser de 0.05 o menor lo que implica el 5% de error (o bien el 95 % de seguridad).

A continuación presentamos las Tablas 11 y 12 en las que se muestran las medias para las respuestas correctas obtenidas en el pretest y en el postest para cada contenido temático, así como los valores para la t de Student y los niveles de significatividad para el grupo experimental y para el grupo de control respectivamente.

Los cálculos realizados en este apartado se encuentran en el [Apéndice C](#).

Tabla 11. Rendimiento del pretest y postest del grupo experimental

Contenido temático	Media en el pretest	Media en el postest	t	Nivel de significatividad
Calor	$\bar{y}_A = 1.50$	$\bar{y}_B = 3.58$	1.43	0.08
Temperatura	$\bar{y}_A = 0.67$	$\bar{y}_B = 1.92$	1.18	0.12
Transmisión de calor	$\bar{y}_A = 1.25$	$\bar{y}_B = 2.92$	1.29	0.10

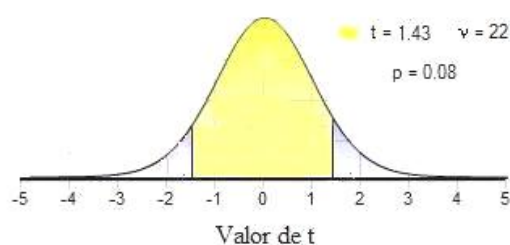
Tabla 12. Rendimiento del pretest y postest del grupo de control

Contenido temático	Media en el pretest	Media en el postest	t	Nivel de significatividad
Calor	$\bar{y}_A = 1.86$	$\bar{y}_B = 2.14$	0.22	0.42
Temperatura	$\bar{y}_A = 1.00$	$\bar{y}_B = 1.14$	0.14	0.44
Transmisión de calor	$\bar{y}_A = 1.57$	$\bar{y}_B = 1.92$	0.24	0.40

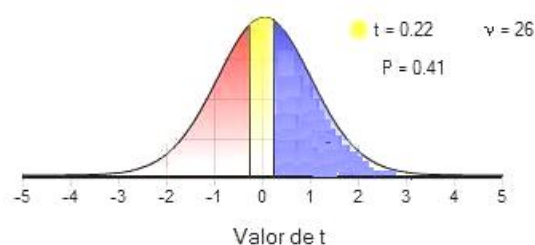
Los valores de t y del nivel de significatividad están representados de la Gráfica 5 a la Gráfica 10 que se muestran más adelante. Para contrastar estos valores para cada contenido temático tanto del grupo experimental como del grupo de control, se asociaron las Gráficas correspondientes de la siguiente manera: las Gráficas 5 y 6 para contrastar el concepto de calor; las Gráficas 7 y 8 para contrastar el concepto de temperatura; y las Gráficas 9 y 10 para contrastar la transmisión de calor.

La descripción de las gráficas de la distribución de la t de Student se hace con base en los valores del nivel de significatividad obtenidos para cada contenido temático.

Gráfica 5. Distribución de la t de Student en el tema de *calor* para el grupo experimental.

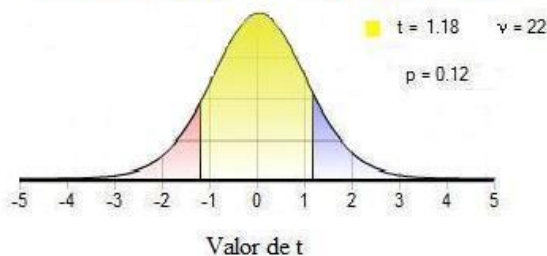


Gráfica 6. Distribución de la t de Student en el tema de *calor* para el grupo de control.

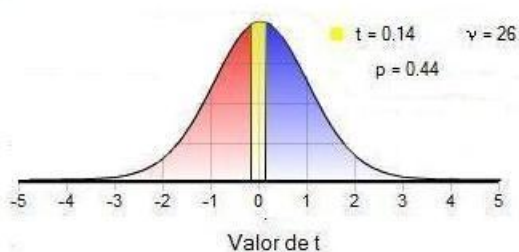


La Gráfica 5 muestra que para el concepto de calor en el grupo experimental, la probabilidad es del 8%, es decir, en 8 de 100 casos podrían coincidir las medias. En la Gráfica 6 para el grupo de control se muestra que la probabilidad de que las medias sean iguales para el concepto de calor es del 42%, es decir 42 de 100 casos podrían coincidir las medias.

Gráfica 7. Distribución de la t de Student en el tema de *temperatura* para el grupo experimental.

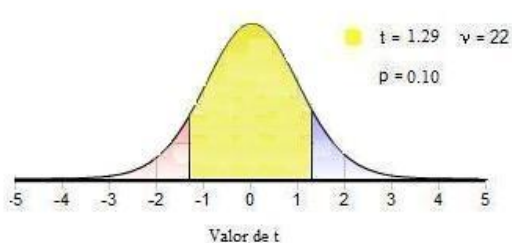


Gráfica 8. Distribución de la t de Student en el tema de *temperatura* para el grupo de control.

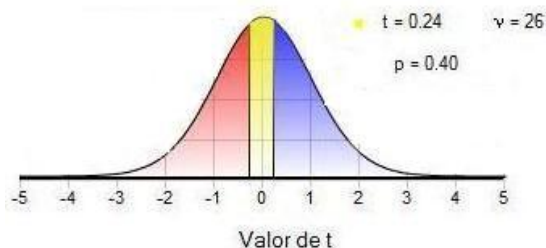


En la Gráfica 7 para el grupo experimental se muestra que para el concepto de temperatura la probabilidad es del 12% lo que implica que 12 de 100 veces podrían coincidir las medias. En la Gráfica 8 para el grupo de control se muestra que para el concepto de temperatura la probabilidad es del 44% lo que implica que 44 de 100 veces podrían coincidir las medias.

Gráfica 9. Distribución de la t de Student en el tema de transmisión de calor para el grupo experimental.



Gráfica 10. Distribución de la t de Student en el tema de transmisión de calor para el grupo de control.



En la Gráfica 9 para el grupo experimental se muestra que para el concepto de transmisión de calor la probabilidad es del 10% por lo que 10 de 100 veces podrían coincidir las medias. En la Gráfica 10 para el grupo de control se muestra que la probabilidad es del 40% por lo que 40 de 100 veces podrían coincidir las medias.

Para los tres contenidos temáticos en el grupo experimental, el nivel de significatividad es suficientemente bajo, esto implica que las diferencias entre las medias de cada contenido temático obtenidas en el pretest y el postest son estadísticamente significativas. Por ello se rechaza la hipótesis nula y se verifica la hipótesis alternativa “El puntaje obtenido en el pretest sobre conceptos de calor, temperatura y transmisión de calor es significativamente distinto al obtenido en el postest”, consecuentemente verificándose la primera hipótesis de investigación “En los temas de calor, temperatura y transmisión de calor la Investigación Dirigida favorece una evolución significativa de las ideas previas con las que inició el estudiante a una perspectiva científica de las mismas”.

Para los tres contenidos en el grupo de control, el nivel de significatividad fue alto, esto implica que las diferencias entre las medias de cada contenido temático obtenidas en el pretest y el postest no son estadísticamente significativas. Por lo tanto aquí se verifica la hipótesis nula, es decir, “No hay diferencia significativa entre el puntaje obtenido entre el pretest y el postest sobre conceptos de calor, temperatura y transmisión de calor”. En este

caso se interpreta que la aplicación de la instrucción tradicional no tuvo un efecto significativo para favorecer un aprendizaje con la adquisición de concepciones científicas de calor, temperatura y transmisión de calor.

Como lo mencionamos al principio de esta sección, el porcentaje requerido en el nivel de significación para hacer generalizaciones es del 5%.

Sin embargo, en nuestro estudio nos atrevimos a rechazar la hipótesis nula en el grupo experimental con resultados en el nivel de significación del $10\% \pm 2\%$ básicamente por dos razones. La primera es que obtuvimos resultados con una diferencia significativa a favor de la hipótesis alternativa respecto a los resultados del grupo de control. La segunda es que las muestras con las que trabajamos son pequeñas, de manera que, con pocos estudiantes cuyo avance no sea satisfactorio impacta notablemente en el valor del nivel de significación obtenido.

La segunda hipótesis de investigación a contrastar es, “Comparada con el método de enseñanza tradicional la Investigación Dirigida favorece el aprendizaje de las concepciones científicas de calor, temperatura y transmisión de calor”.

La cual en término estadísticos se formula como:

Hipótesis nula: No hay diferencia significativa en el puntaje obtenido en el pretest y el postest sobre conceptos de calor, temperatura y transmisión de calor.

Hipótesis alternativa: Los resultados del postest sobre los temas de calor, temperatura y transmisión de calor son significativamente distintos entre el grupo experimental y el de control.

Nuevamente de las Gráficas 5 a la 10 se obtiene un comparativo de ambos grupos para cada contenido temático. En dichas gráficas, las colas representan la probabilidad de que las medias coincidan. Las Gráficas 5, 7 y 9 representan respectivamente las probabilidades del 8%, 12% y 10% para el grupo experimental mientras que las Gráficas 6, 8 y 10 representan respectivamente las probabilidades del 41%, 44% y 40% para el grupo de control, ambas, para los contenidos de calor, temperatura y transmisión de calor.

Dado que las probabilidades de que las medias coincidan son suficientemente bajas en el grupo experimental, se rechaza la hipótesis nula y se verifica la hipótesis alternativa. Consecuentemente se verifica la segunda hipótesis de investigación “Comparada con el

método de enseñanza tradicional la Investigación Dirigida favorece el aprendizaje de las concepciones científicas de calor, temperatura y transmisión de calor”.

Por otro lado, para el grupo de control, la probabilidad de que las medias coincidan es alta, por lo que se verifica la hipótesis nula. Como en el grupo de control no se obtuvieron resultados significativos en la incorporación de concepciones científicas de calor, temperatura y transmisión de calor, se acepta que los resultados entre el grupo experimental y el de control son significativamente distintos.

6 Conclusiones

A continuación presentamos las conclusiones más relevantes que se derivan del trabajo de tesis en relación con los resultados obtenidos del pretest y el postest y las hipótesis de investigación planteadas. También se incluyen comentarios personales sobre la contribución del conocimiento generado y las perspectivas que se observan para investigaciones futuras, además del logro en el cambio de actitud de los estudiantes.

Los resultados del pretest de la muestra estudiada fueron de utilidad para:

- Validar los cuatro ítems de transmisión de calor implementados en el test, obteniendo tres del tipo LM que de acuerdo con Bao & Redish (2001) son de diseño apropiado, ya que indica que las preguntas detonaron distractores atractivos que corresponden a modelos incorrectos comunes del estudiante. Un ítem (el número nueve) fue del tipo MM, el cual no aportó información sobre los modelos incorrectos que trae el estudiante de los conceptos del tema tratado. Consideramos pertinente eliminarlo e introducir otro ítem en investigaciones posteriores sobre el tema.
- Ajustar las actividades de aprendizaje para contrarrestar los puntos débiles detectados en el pretest. Por ejemplo, favorecer la idea de que el calor es una energía en transferencia y no está contenido en el cuerpo. Para ello fue de gran ayuda introducir el concepto de energía interna ya que simultáneamente permitió diferenciar calor de temperatura y de energía interna. También trabajar la idea de que lo frío y caliente no son indicadores exclusivos de la temperatura sino también son una sensación térmica provocada por la conductividad, es decir, por la rapidez con la cual se transfiere el calor.

Con los resultados del pretest y el postest se determinaron las siguientes cantidades que son útiles en el análisis de nuestros resultados:

- La *ganancia normalizada* de Hake por ítem, y por contenido temático cuya media para el grupo experimental fue de $\bar{g}=0.59$ catalogada por Hake como una ganancia media. El valor de la media para el grupo de control fue de $\bar{g}= 0.11$ considerada

como una ganancia baja. Los valores de las ganancias en el caso del grupo experimental implica que los aciertos en el pretest que fueron del 28.47% se incrementaron al 70.14% en el posttest y para el grupo de control, los aciertos en el pretest que fueron de 36.90 % se incrementaron sólo al 43.45%.

La relación de proporción entre ellos es de $\frac{g_{GE}}{g_{GC}} = 5.4$ o bien $g_{GE} = 5.4 g_{GC}$

- El nivel de significatividad por contenido temático mediante la *t de Student*, obteniendo para calor, temperatura y transmisión de calor, los valores respectivos de **0.08, 0.12, 0.10** para el grupo experimental y de **0.42, 0.44 y 0.40** para el grupo de control.

Con los cálculos obtenidos para los niveles de significatividad mediante la *t de Student* se contrastaron las hipótesis de investigación obteniendo las siguientes conclusiones:

Para la primera hipótesis de investigación (En los temas de calor, temperatura y transmisión de calor la Investigación Dirigida favorece una evolución significativa de las ideas previas con las que inició el estudiante a una perspectiva científica de las mismas) se tiene que:

- Los resultados obtenidos por los estudiantes involucrados en nuestro estudio, expresa que para el grupo experimental existe una diferencia significativa entre el conocimiento conceptual en los temas de calor, temperatura y transmisión de calor adquiridos con la instrucción de Investigación Dirigida, respecto al conocimiento conceptual con el que iniciaron.
- En el grupo de control, en donde los estudiantes llevaron una instrucción tradicional del tema de los temas de calor, temperatura y transmisión de calor no muestran una diferencia significativa entre el conocimiento conceptual con el que iniciaron respecto al evaluado después de la instrucción.

Creemos que estos resultados se deben, entre otros factores, a que en una instrucción tradicional no se tienen las orientaciones que permiten hacer énfasis en las ideas previas y modelos erróneos que tiene los estudiantes al iniciar un tema o curso.

Para la segunda hipótesis de investigación (La Investigación Dirigida favorece un mejor aprendizaje de las concepciones científicas en el tema de transmisión de calor que un proceso de enseñanza y aprendizaje tradicional) se tiene que:

- Los resultados obtenidos de la muestra de estudiantes involucrados en nuestro estudio, muestran que para el grupo experimental existe una diferencia significativa entre el conocimiento conceptual en el tema de calor adquirido con la instrucción de Investigación Dirigida respecto al conocimiento conceptual de los estudiantes que llevaron una instrucción tradicional.

Con base en los resultados verificamos que los estudiantes del grupo experimental lograron un rendimiento mayor en las pruebas sobre los conceptos de calor, temperatura y transmisión de calor que los estudiantes del grupo de control.

Para la tercera hipótesis “La Investigación Dirigida, tiene como fortaleza brindar una metodología científica para la adquisición de conceptos y la solución de problemas. Pero como toda estrategia tiene debilidades cuyo conocimiento puede beneficiar una instrumentación más eficaz y eficiente del tema abordado”.

De nuestra experiencia se tiene que una de las principales debilidades de la Investigación Dirigida es el tiempo requerido para desarrollar un tema debido a que tanto el profesor como el estudiante deben asumir actitudes y realizar actividades a las que no están acostumbrados. Por ello para una mejor funcionalidad de la estrategia de Investigación Dirigida sugerimos lo siguiente:

- Aclarar de manera constante los roles del profesor y del estudiante con una actitud cordial y ejemplificada en el desarrollo, lo que favorece un clima adecuado y amigable para que los estudiantes se sientan cómodos al expresar sus ideas (ya que un estudiante no va a emitir sus opiniones solo por que el profesor se lo pida). Es muy importante hacerles ver que lo que digan (en sus hipótesis) no necesariamente debe ser correcto respecto a una perspectiva científica, simplemente es con lo que ellos han explicado algunas situaciones, pero es el momento de adquirir otras ideas, justamente con una perspectiva científica.
- Realizar ajustes continuos y permanentes al sistema de tareas y a la instrumentación de la estrategia que impone una investigación educativa, particularmente cuando no se tiene experiencia en esta actividad.
- Asumir que el profesor es quien plantea las situaciones de estudio, ya que, al estudiante de bachillerato en general le es difícil problematizar situaciones.

- Seleccionar con cuidado los conceptos clave del tema a desarrollar evitando los programas enciclopédicos que pongan en riesgo el tiempo requerido para la construcción de los conceptos por ser demasiado numerosos.
- Seleccionar situaciones de estudio CTS sencillas y de fácil entendimiento para los estudiantes (debido también a cuestiones de tiempo).
- Instrumentar la estrategia didáctica cuando el curso va avanzado para ir incorporando con anticipación los diferentes componentes metodológicos que ayuden a realizar la investigación de manera más eficaz y eficiente. Para este trabajo la estrategia se instrumentó oficialmente en la tercera unidad lo que me fue de mucha utilidad para incorporar con antelación aspectos como el planteamiento y argumentación de hipótesis, investigación bibliográfica, entre otros.

6.1 Comentarios finales

Consideramos que la contribución principal de esta tesis consistió en evaluar la efectividad de la estrategia didáctica de Investigación Dirigida aplicada al desarrollo de los temas de calor, temperatura y transmisión de calor, así como diseñar un programa de actividades de aprendizaje para desarrollar los contenidos temáticos citados.

De nuestros resultados concluimos que la Investigación Dirigida es un buen método para la enseñanza de los temas de calor, temperatura y transmisión de calor debido a que favorece la construcción y la comprensión de conceptos físicos a partir de la problematización y coadyuva en el desarrollo de la capacidad del estudiante para expresar oralmente explicaciones y argumentaciones de problemas físicos tratados tanto en el contexto escolar como de la vida diaria.

Creemos que los resultados que obtuvimos en este trabajo fueron buenos (mejorables), pero sobre todo, la investigación educativa nos ha sido de gran valor para conocer y ejercer procesos y herramientas metodológicas para identificar y dar seguimiento a las diferentes problemáticas que surgen en el aula, ya que, trabajar de esta manera, ayuda a elevar la probabilidad de éxito de un proceso de enseñanza y aprendizaje.

Cabe mencionar el cambio de actitud del estudiante logrado al terminar con la instrumentación de la Investigación Dirigida. Al principio, para algunos estudiantes (la mayoría) plantear hipótesis y argumentar los resultados después de investigar y hacer actividades experimentales, no se asumió como una actividad seria pero conforme fue pasando el tiempo y ver que cada vez entendían mejor lo que estaban haciendo y para qué lo hacían, su actitud se observó de interés y compromiso, lo cual fue de enorme satisfacción para mí.

También reconocemos que la Investigación Dirigida por sus características es congruente con las formas de trabajo planteadas por el IEMSDF y creemos que vale la pena seguir explorando esta metodología en otros temas y cursos para coadyuvar en el logro de metas institucionales, particularmente, en la elaboración de un trabajo final llamado Problema Eje que deben de realizar los estudiantes para egresar, en el cual se plantea una problemática de la elección del estudiante y en su desarrollo debe poner en juego lo aprendido en toda su instrucción escolar. En esta situación, la Investigación Dirigida dota de una metodología adecuada para el desarrollo de estos problemas, por lo que es pertinente trabajar de manera oportuna dicha estrategia.

En este sentido, considero que para sensibilizar sobre los beneficios de implementar este tipo de estrategias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de la física, es importante socializar esta experiencia en mi Institución y otras. Además creemos conveniente utilizarla en otras investigaciones educativas sobre otros contenidos temáticos de la Física.

Por otro lado, cabe mencionar que en el evento “International Conference on Physics Education” llevado a cabo en la Ciudad De México en agosto del 2011, tuve la oportunidad de mostrar parte de mi trabajo al Dr. Marco Antonio Moreira quien expresó gusto por este tipo de trabajo sugiriendo que el paso siguiente era la publicación para socializarlo y ponerlo al alcance de todos.

7 Referencias

- Bao, L. & Redish, E. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of Student states. *Phys.Educ.Res.,Am.J.Phys.Suppl.* 69(7).
- Box, G. et al. (2008). Estadística para Investigadores: Diseño, innovación y descubrimiento. (2ª Edición. México: REVERTÉ, 2008 pp. 460-465.
- Campanario, JM. & Moya, Aida (1999). ¿Cómo enseñar Ciencias? Principales tendencias y Propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179-192.
<http://www2.uah.es/jmc/an11.pdf>
- Cárdenas, M. & Ragout de Lozano (1997). Análisis de una experiencia didáctica realizada para construir conceptos fundamentales de termodinámica. *Cad.Cat.Ens.Fis.*, v.14, n2: p.170-178.
<http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/14-2/artpdf/a4.pdf>
- Carrascosa et al (2006). Papel de la Actividad Experimental en la Educación Científica. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 23, n. 2: p. 157-181.
<http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/23-2/artpdf/a1.pdf>
- Ertmer, P. & Timothy J. Newby (1993). Conductismo, Cognitvismo y Constructivismo: Una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción. *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), 50-72
http://ares.unimet.edu.ve/programacion/psfase3/modII/biblio/CONDUCTISMO_%20COGNITIVISMO_%20CONSTRUCTIVISMO.pdf
- Furió, C. & Guisasola, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación dirigida. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 319-334
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
<http://www.uv.es/gil/publicaciones.htm>
- Guisasola, et al (2005). Campo Magnético: Diseño y evaluación de estrategias de Enseñanza Basadas en el aprendizaje como Investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(3), 303-320.

- Hake, R. 1998. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.* 66(1), 64-74.
- Hewitt, P. (2004). *Prácticas de Física Conceptual*. 9ª Edición. México: Pearson-Addison Wesley. pp. 59-62.
- Hewitt, P., (2005). *Física Conceptual*. 4ta. Edición. México: Pearson.
- Huber, G. (2008). Aprendizaje activo y metodologías educativas. *Revista de Educación, número extraordinario*, pp. 59-81.
- Lang Da Silveira, F. & Moreira, M.A. (1996). Validación de un Test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 75-86.
- MacMillan J.H & Schumacher S (2008). *Investigación Educativa: Una introducción conceptual: Capítulo I, II y III*. Editorial Pearson.
- Martínez, J.M. & Pérez, B.A. (1997). Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la termodinámica básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (3), 287-300.
- Máximo, A. & Alvarenga, B. (2000). *Física General con experimentos sencillos*. 4ta. Edición. México: Oxford.
- Moltó, E., *Fundamentos de la Educación en Física, Unidad III: Estudio del Proceso Enseñanza Aprendizaje de las Ciencias*. Ministerio de Educación, La Habana, 2003.
- Ruíz, F. (2007). Modelos Didácticos para la enseñanza de las Ciencias Naturales. *latinoam.estud.educ*, 3 (2): 41 – 60.
- http://latinoamericana.ucaldas.edu.co/downloads/Latinoamericana3-2_4.pdf
- Orieta, P. (2006). *Metodología de la Investigación Social y Educativa*. Argentina: Red Federal de Formación Docente Continua, pp. 7-34.
- Prince, M. et al., (2009). Development of a concept inventory in heat transfer, *American Society for Engineering Education*
- Sampieri et al (2003). *Metodología de la Investigación Educativa*. 3ª Edición. México: Mc Graw Hill, pp. 333-307.
- SBGDF (2005). *Ciencias, Programas de Estudio* (Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Social, Instituto de Educación Media Superior del DF).
- Wilson, J. (1996). *Física*. 2da. Edición: México. Prentice Hall.

- Yuni, J. (2003). *Guía para la elaboración de un proyecto de investigación educativa*. Argentina: Universidad Nacional de Tucuman, pp. 4-6.

Dirección electrónica para el cálculo del nivel de significación y obtención de la gráfica a partir de los valores de la t de Student y de los grados de libertad.

<http://www.danielsoper.com/statcalc/calc08.aspx>

8 Anexos

En esta sección se incluyen tres apéndices presentados como A, B y C con las siguientes características.

El primero corresponde al test elaborado para realizar la Investigación Educativa planteada para este trabajo de tesis. Dicho test consta de doce reactivos: cinco para el tema de calor, tres para el tema de temperatura y cuatro para el tema de transmisión de calor. Cada pregunta tiene tres alternativas de respuesta una de las cuales se ha marcado en negrilla para indicar la respuesta correcta.

El segundo apéndice corresponde al test de Silveira y Moreira, del cual fueron considerados ocho ítems para la elaboración del instrumento de evaluación considerado en el Apéndice A. Este test consta de 23 ítems con tres opciones de respuesta en donde también una de ellas se ha marcado en negrilla para indicar la respuesta correcta.

El tercer apéndice corresponde a los cálculos de los estadísticos para la obtención de la t de Student en los temas de calor, temperatura y transmisión de calor tanto para el grupo experimental como para el grupo de control.

APÉNDICE A: Evaluación diagnóstica de los conceptos de calor, temperatura y transmisión de calor

Nombre del estudiante _____ Grupo _____

La siguiente prueba se constituye por 12 preguntas de elección múltiple con tres alternativas de respuesta designadas por a, b y c. En la siguiente reja escribe tus respuestas.

No de reactivo	a	b	c
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

- 1. Asociamos la existencia de calor:**
 - a. A cualquier cuerpo, pues todo cuerpo posee calor
 - b. Sólo a aquéllos cuerpos que están “calientes”
 - c. A situaciones en las que ocurre una transferencia de energía**

- 2. Para que se pueda hablar de calor:**
 - a. Es suficiente un único sistema (cuerpo)
 - b. Son necesarios, por lo menos, dos sistemas**
 - c. Es suficiente un único sistema, pero tiene que estar “caliente”

- 3. Para que se pueda admitir la existencia de calor debe haber:**
 - a. Una diferencia de temperaturas**
 - b. Una diferencia de masas
 - c. Una diferencia de energías

- 4. Calor es:**
 - a. Energía cinética de las moléculas
 - b. Energía que se transfiere por una diferencia de temperaturas**
 - c. La energía contenida en un cuerpo

- 5. En el interior de una habitación que no haya sido calentada o enfriada durante varios días:**
 - a. La temperatura de los objetos de metal es inferior a los de madera
 - b. La temperatura de los objetos de metal es la misma que los de madera**
 - c. Ningún objeto presenta temperatura

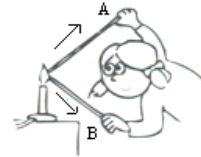
- 6. Considera dos esferas idénticas, una en un horno caliente y la otra en el congelador. Básicamente, ¿qué diferencia hay entre ellas inmediatamente después de sacarlas del horno y del congelador respectivamente?**
 - a. La cantidad de calor contenida en cada una de ellas
 - b. La temperatura de cada una de ellas**
 - c. Una de ellas contiene calor y la otra no

- 7. Dos cubos metálicos A y B son colocados en contacto. A está más caliente que B. Ambos están más calientes que el ambiente. Al cabo de un cierto tiempo la temperatura final de A y B será:**
 - a. Igual a la temperatura inicial de B
 - b. Un promedio entre las temperaturas iniciales de A y de B
 - c. Igual a la temperatura ambiente**

- 8. Dos esferas del mismo material pero cuyas masas son diferentes quedan durante mucho tiempo en un horno. Al retirarlas del horno, son inmediatamente puestas en contacto. En esa situación:**
 - a. Ninguna de las dos esferas transfiere calor a la otra.**
 - b. Se transfiere calor de la esfera de mayor masa hacia la de menor masa
 - c. Se transfiere calor de la esfera de menor masa a la de mayor masa

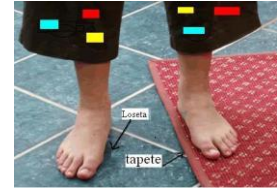
9. Se tienen dos varillas de aluminio. ¿Qué sucede al ponerlas en la flama como se indica en la figura?

- a. El calor solo se conduce hacia arriba por la varilla A
- b. El calor solo se conduce hacia abajo por la varilla B
- c. **El calor se conduce por igual en las varillas A y B**



10. ¿Por qué al estar descalzos en casa se siente más frío al pisar la loseta que al pisar el tapete? Observa la figura.

- a. Porque el tapete está a mayor temperatura que la loseta
- b. **Porque la loseta es mejor conductor del calor que el tapete**
- c. Porque el tapete es mejor conductor del calor que la loseta



11. Al colocar una mano a unos 30 cm por encima de la flama de una vela, sientes que te quemas debido a que:

- a. El aire caliente sube por conducción
- b. El aire caliente sube por radiación
- c. **El aire caliente sube por convección**

12. Se tienen dos latas una negra y una blanca. Ambas están llenas con agua a 50 °C. ¿En Cuál se sentirá más caliente al acercarse a 5 cm de distancia?

- a. **En la lata negra**
- b. En la lata blanca
- c. En ambas se siente igual

APÉNDICE B: Cuestionario de Da Silveira y Moreira

El siguiente test está constituido por 23 preguntas de elección múltiple con tres alternativas de respuesta identificadas por las letras a, b y c. Podrá haber una, dos o tres alternativas de respuestas correctas para cada pregunta. Utilice la llave abajo para señalar en la reja aquello que Ud. considera la mejor combinación de respuestas.

- A. Solo la alternativa a es correcta
- B. Solo la alternativa b es correcta
- C. Solo la alternativa c es correcta
- D. Las alternativas a y b son correctas
- E. Las alternativas a y c son correctas
- F. Las alternativas b y c son correctas
- G. Todas las alternativas son correctas

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

- 1. Asociamos la existencia de calor:**
 - I. A cualquier cuerpo ya que todo cuerpo posee calor
 - II. Sólo a aquéllos cuerpos que están “calientes”
 - III. **A situaciones en las cuales ocurre, necesariamente, transferencia de energía**

- 2. Para que se pueda hablar de calor:**
 - I. Es suficiente un único sistema (cuerpo)
 - II. **Son necesarios, por lo menos, dos sistemas**
 - III. Es suficiente un único sistema, pero él tiene que estar “caliente”

- 3. Para que se pueda admitir la existencia de calor debe haber:**
 - I. **Una diferencia de temperaturas**
 - II. Una diferencia de masas
 - III. Una diferencia de energías

- 4. Calor es:**
 - I. Energía cinética de las moléculas
 - II. **Energía transmitida sólo por medio de una diferencia de temperaturas**
 - III. La energía contenida en un cuerpo

- 5. En el interior de una habitación que no haya sido calentada o refrigerada durante varios días:**
 - I. La temperatura de los objetos de metal es inferior a la temperatura de los objetos de madera
 - II. **La temperatura de los objetos de metal, de las mantas y de los demás objetos es la misma**
 - III. Ningún objeto presenta temperatura

- 6. El agua (a 0 °C) que resulta de la fusión de un cubito de hielo (a 0 °C), contiene respecto al hielo:**
 - I. **Más energía**
 - II. Menos energía
 - III. Igual cantidad de energía

- 7. Dos cubos metálicos A y B son puestos en contacto. A está más “caliente” que B. Ambos están más “calientes” que el ambiente. Al cabo de un cierto tiempo la temperatura final de A y B será:**
 - I. **Igual a la temperatura del ambiente**
 - II. Igual a la temperatura inicial de B
 - III. Un promedio entre las temperaturas iniciales de A y B

8. Dos pequeñas placas A y B del mismo metal y del mismo espesor son colocadas en el interior de un horno, el cual es cerrado y luego accionado. La masa de A es el doble de la masa de B ($m_A = 2m_B$). Inicialmente las placas y el horno están todos a la misma temperatura. Algún tiempo después la temperatura de A será:
- El doble de la de B
 - La mitad de la de B**
 - Igual a la de B
9. Considera dos esferas idénticas, una en un horno caliente y la otra en el congelador. Básicamente, ¿qué diferencia hay entre ellas inmediatamente después de sacarlas del horno y del congelador respectivamente?
- La cantidad de calor contenida en cada una de ellas
 - La temperatura de cada una de ellas**
 - Una de ellas contiene calor y la otra no
10. En dos vasos idénticos que contienen la misma cantidad de agua (250 cm^3) a temperatura ambiente son colocados, respectivamente, un cubito de hielo a 0°C y tres cubitos de hielo a 0°C . ¿En cuál situación el agua se enfría más?
- En el vaso donde son colocados tres cubos de hielo**
 - En el vaso donde es colocado un cubo de hielo
 - Enfría igualmente en los dos vasos
11. Dos esferas del mismo material pero cuyas masas son diferentes quedan durante mucho tiempo en un horno. Al retirarlas del horno, son inmediatamente puestas en contacto. En esa situación:
- Fluye calor de la esfera de mayor masa para la de menor masa.
 - Fluye calor de la esfera de menor masa hacia la esfera de mayor masa
 - Ninguna de las dos esferas cede calor a la otra**
12. Las mismas esferas de la pregunta anterior son ahora dejadas durante mucho tiempo en una heladera. En esa situación, al retirarlas e inmediatamente ponerlas en contacto:
- Ninguna de las esferas posee calor debido a su baja temperatura
 - Fluye calor de la esfera de mayor masa hacia la de menor masa
 - Ninguna de las esferas puede ceder calor a la otra**
13. ¿Qué es lo que cambia cuando una porción de agua que ya está hirviendo pasa, por ebullición, al estado de vapor?
- Su energía interna**
 - El calor contenido en ella
 - Su temperatura
14. Cuando se transmite calor por conducción de una extremidad de una barra metálica para la otra, es más correcto afirmar que esto ocurre porque:
- El calor fluye a través de la barra, casi como si fuera un líquido
 - La transferencia de energía ocurre por movimiento desordenado de átomos y/o moléculas**

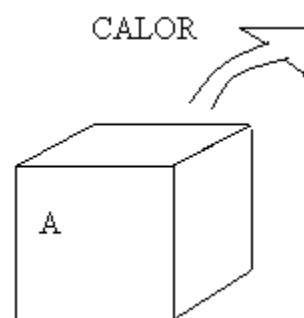
III. La energía fluye a través de la barra, pero nada pasa con átomos y/o moléculas

15. La energía interna de un cuerpo puede ser asociada con:

- I. **Calor**
- II. Energía cinética de átomos o moléculas
- III. Energías potenciales de átomos o moléculas

16. Observa la figura y sin disponer de ninguna información, se puede decir que el cubo A posee respecto al ambiente en su rededor

- I. **Temperatura más elevada**
- II. Más energía
- III. Más calor



17. Cuando se encuentra a la presión atmosférica, el nitrógeno líquido entra en ebullición a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Un gramo de nitrógeno líquido en esa temperatura, comparado con un gramo de vapor de nitrógeno, también a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ posee:

- I. Más energía
- II. **Menos energía**
- III. Igual cantidad de energía

18. El punto de solidificación de mercurio, a la presión atmosférica, es -39°C ¿Qué pasa inmediatamente después que una cierta cantidad de mercurio líquido (a $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$) es colocada en nitrógeno líquido (a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$)?

- I. La temperatura del nitrógeno aumenta y la del mercurio disminuye
- II. La temperatura del mercurio disminuye pero la del nitrógeno no se altera
- III. **El mercurio comienza a solidificar y el nitrógeno entra en ebullición sin cambio en la temperatura.**

19. ¿Qué sucede cuando colocamos un termómetro, en un día de temperatura ambiente igual a $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, en agua a una temperatura más elevada?

- I. **La temperatura y la energía interna del termómetro aumentan.**
- II. La temperatura de termómetro aumenta pero su energía interna permanece constante.
- III. Ni la temperatura del termómetro ni su energía interna se modifican, sólo la columna del líquido termométrico se dilata.

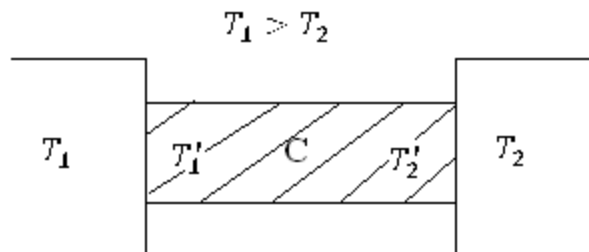
20. Cuando, con el mismo ebullidor, se calientan 100 ml de agua y 100 ml de alcohol, es posible constatar que el tiempo necesario para elevar $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ la temperatura de 1 g de agua es mayor que el tiempo necesario para que ocurra lo mismo con 1 gr de alcohol. Esto significa que el agua acumula, en comparación con el alcohol:

- I. La misma cantidad de energía
- II. **Más energía**

III. Menos energía

21. Observa la figura y considera el cuerpo C (sombreado) un conductor de calor. ¿Qué caracteriza esta situación de conducción de calor?

- I. $T_1' = T_2'$
- II. $T_1' > T_2'$
- III. $T_1' < T_2'$



22. Cuando un buen conductor es colocado en contacto con otro cuerpo cuya temperatura es más alta, el conductor transfiere energía:

- I. Sin modificar su temperatura
- II. **Modificando su temperatura**
- III. Modificando su energía interna

23. Objetos de metal y de material plástico son puestos en el interior de un congelador que se encuentra a $-20\text{ }^\circ\text{C}$. Después de algunos días se puede afirmar que la temperatura de los objetos de plástico es:

- I. Mayor que la temperatura de los objetos de metal
- II. Menor que la temperatura de los objetos de metal
- III. **Igual a la temperatura de los objetos de metal**

APÉNDICE C: Cálculo de la t de Student

Grupo M115 $n_A=12$ y $n_B= 12$ $v = 22$		Grupo V113 $n_A=14$ y $n_B= 14$ $v = 26$				
Estadísticos	Calor		Temperatura		Transmisión de calor	
	$\sum y_A$	18	26	8	14	15
$\sum y_B$	43	30	23	16	35	27
$\bar{y}_A = \frac{\sum y_A}{n_A}$	1.50	1.86	0.67	1.00	1.25	1.57
$\bar{y}_B = \frac{\sum y_B}{n_B}$	3.58	2.14	1.92	1.14	2.92	1.92
$\bar{y}_B - \bar{y}_A$	2.08	0.28	1.25	0.14	1.67	0.35
$s_A^2 = \frac{\sum (y_A - \bar{y}_A)^2}{n_A - 1}$	3.86	10.45	1.35	5.70	4.89	10.45
$s_B^2 = \frac{\sum (y_B - \bar{y}_B)^2}{n_B - 1}$	21.13	14.12	12.09	8.12	15.34	15.82
$s^2 = \frac{\sum (y_A - \bar{y}_A)^2 + \sum (y_B - \bar{y}_B)^2}{n_A + n_B - 2}$	12.50	12.29	6.71	6.91	10.11	13.14
$s = \sqrt{\frac{\sum (y_A - \bar{y}_A)^2 + \sum (y_B - \bar{y}_B)^2}{n_A + n_B - 2}}$	3.54	3.50	2.59	2.63	3.18	3.62
$t = \frac{\bar{y}_B - \bar{y}_A - (\eta_B - \eta_A)}{s \sqrt{\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}}}$	1.43	0.22	1.18	0.14	1.29	0.24