



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE CIENCIAS

USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN (NTIC) PARA LA ENSEÑANZA DE LA “TEORÍA ESPECIAL
DE LA RELATIVIDAD” (TER) EN EL BACHILLERATO.

UN MODELO DIDÁCTICO INTEGRAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA

EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

(FÍSICA)

PRESENTA

JOSÉ ANTONIO MOTA TAPIA

DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. MIRNA VILLAVICENCIO TORRES

MÉXICO D.F.

JUNIO 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedico este trabajo con todo cariño:
En especial a ti, Bárbara, mi pequeña
hija, porque con tu sonrisa: me das la
fuerza necesaria para vivir cada día
de nuestras vidas, para ser mejor
padre y sobre todo para ser mejor
persona.

A mi esposa Elizabeth que me ha
acompañado a lo largo de este
camino.

A mis padres Germán y Rosa Clara,
quienes me han brindado un enorme
apoyo de manera incondicional a lo
largo del complicado proceso que es
la vida.

A mis hermanos Rosa Amparo, León
Felipe y Ximena, quienes han estado
conmigo en todo momento, así como
a Roxana, Ricardo y Karina.

Quiero ofrecer mi más sincero agradecimiento a la Maestra en Pedagogía Martha Diana Bosco, porque más allá del excelente trabajo académico que desarrolla día a día con todos sus estudiantes, me enseñó el valor de la amistad al brindarme su apoyo en momentos difíciles.

Al mismo tiempo quiero agradecer al Doctor Jorge Baroja Weber por su apoyo en la revisión, corrección y consejos que me brindó para la realización de este trabajo.

Quiero agradecer al Ing. Raymundo Velázquez, director del plantel 8 Miguel E. Schulz, todas las facilidades otorgadas para realizar la práctica docente en el plantel.

Por último y no menos importante, quiero agradecer al profesor Ricardo Anibas, el trabajo en conjunto y la ayuda recibida durante el trabajo frente a grupo.

En general agradezco el trabajo realizado por todos mis maestros de la MADEMS por haberme formado en este nivel, porque de todos ellos, algo me llevo en el corazón.

Índice

Introducción	i
Planteamiento del problema	iv
Justificación.	vi
Propósitos.	Vii

CAPÍTULO I

1. Hacia la Construcción de un Modelo Didáctico de Corte Constructivista.

Introducción	1
1.1. El aprendizaje Significativo de Ausubel	3
1.2. Tipos de Aprendizaje Significativo	6
1.2.1. Aprendizaje de Representaciones	6
1.2.2. Aprendizaje de conceptos	7
1.2.3. Aprendizaje de Proposiciones	8
1.2.4. Aprendizaje por Recepción y Aprendizaje por Descubrimiento	9
1.3. Perspectiva Experiencial de John Dewey, “Aprender Haciendo”	13
1.3.1. Aprender Haciendo y Aprendizaje Significativo	16
1.3.2. Pensamiento Reflexivo	17
1.4. Modelo Didáctico “Enseñar para la Comprensión” (EpC)	20
1.4.1. ¿Qué es la Comprensión?	21
1.4.2. Elementos del Modelo Enseñar para la Comprensión (EpC)	23
1.4.2.1. Tópicos Generativos	23
1.4.2.2. Metas de Comprensión	24
1.4.2.3. Desempeños de Comprensión	27
1.4.2.4. Evaluación Continua	28
1.4.2.5. Comunidades reflexivas Cooperativas	30
Conclusión	35

CAPÍTULO II

2. Medios y Recursos Didácticos Basados en Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC)

Introducción	37
2.1. Definición de “Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación” (NTIC)	39

2.2.	Los Medios y Recursos Didácticos en la Enseñanza	41
2.2.1.	Componentes Estructurales de los Medios y Recursos Didácticos	46
2.2.2.	Funciones que Pueden Realizar los Medios y Recursos Didácticos	47
2.2.3.	Tipología de los Medios y Recursos Didácticos	48
2.2.4.	Ventajas Asociadas a la Utilización de Medios y Recursos Didácticos	49
2.2.5.	Valoración de los Medios y Recursos Didácticos	51
2.3.	Medios y Recursos Didácticos Basados en NTIC	52
2.3.1.	Medios Locales o Específicos de Formación	54
2.3.2.	Medios de Formación Abierta	57
2.4.	Función Pedagógica de los Sistemas Multimedia	62
2.4.1.	Posibilidades Didácticas de los Sistemas Multimedia	65
2.4.2.	Limitaciones Didácticas de los Sistemas Multimedia	70
2.5.	Cambios en el Escenario Educativo	71
2.5.1.	Uso de las NTIC en el Aula	72
2.5.2.	Cambio en el Proceso Educativo	73
2.5.3.	Cambio en el Objeto de la Enseñanza	74
2.5.4.	Cambio en los Objetos Educativos	75
2.5.5.	Cambio en los Centros Escolares	76
2.5.6.	El Nuevo Rol del Profesor	78
2.5.7.	El Nuevo Rol del Alumno	79
2.5.8.	Cambio en los Contenidos Didácticos	80
	Conclusión	82

CAPÍTULO III

3. Instrumentación del Modelo Enseñanza Para la Comprensión (EPC) para la Enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en el Bachillerato

	Introducción	85
3.1.	Aspectos Generales de Planificación	86
3.1.1.	Organización del Grupo	86
3.1.2.	Acceso al Uso de las NTIC	87

3.1.3. Test de Estilos de Aprendizaje	88
3.1.4. Elaboración de una Base de Datos	92
3.1.5. Configuración de un Grupo de Trabajo en INTERNET	93
3.1.6. Examen diagnóstico Sobre TER	94
3.1.7. Examen Diagnóstico Sobre TER	95
Resultados	96
Conclusión	100

CAPÍTULO IV

4. Implementación del Modelo Enseñanza para la Comprensión (EpC) para la Enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en el Bachillerato

Introducción	101
4.1. Relatividad de Galileo	104
4.1.1. Antecedentes	104
4.1.2. Sistema de Referencia	108
4.1.3. Sistema de Referencia Inercial	109
4.1.4. Transformaciones Galileanas de la Posición	110
I. Elementos Para el Profesor	115
1. Las Trayectorias y la Relatividad Galileana	115
2. Teorema de Adición de Velocidades	116
4.2. Experimento Michelson-Morley	119
4.2.1. Antecedentes	119
4.2.2. Concepto de Éter	120
4.2.3. La luz Como Onda	122
4.2.4. Interferencia Ondulatoria	125
4.2.5. El Interferómetro	126
4.3. Las Transformaciones de Lorentz	131
4.3.1. Antecedentes	131
4.3.2. Simultaneidad en la Teoría Especial de la Relatividad	134
4.3.3. Dilatación del Tiempo	137
II. Elementos Para el Profesor	143
4.3.4. Contracción de la Longitud	146

III. Elementos Para el Profesor	150
1. Deducción de la Transformaciones de Lorentz	150
Conclusión	159
CAPÍTULO V	
5. Resultados, Conclusiones y Perspectivas	
5.1. Resultados	161
5.2. Conclusiones	163
5.3. Perspectivas	164
Anexo A: Encuesta para determinar el acceso a las NTIC	169
Anexo B: Cuestionario de Estilos de Aprendizaje	171
Anexo C: Examen Diagnóstico Para Indagar Ideas Previas Sobre la TER	179
Anexo D: Examen Parcial “Relatividad Especial”	180
Anexo E: Planes de Clase	183
Anexo F: Rubrica para evaluar exposiciones orales en los alumnos	197
Anexo G: Los Sistemas de Posicionamiento por Satélite y sus Aplicaciones	199
Anexo H: Modelo de Madurez en el Uso de TIC	221
Bibliografía	227

Introducción:

Con los procesos de revisión y modificación de los planes y programas de estudio en la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y su aprobación en 1996, el bachillerato de la UNAM avanzó significativamente en sus esfuerzos por mejorar la calidad educativa de la institución.

En este sentido, y desde nuestra perspectiva como docentes, podemos afirmar que uno de los rasgos más sobresalientes de dichas modificaciones fue la incorporación de temas concernientes a la llamada “Física Moderna” como son: relatividad especial, mecánica cuántica, cosmología y estructura de la materia, entre otros.

Dentro de la enseñanza de las ciencias, y particularmente de la física moderna, en México no existe una experiencia previa en cuanto a la enseñanza de estos temas en el bachillerato, por lo que en general no se dispone de textos ni de materiales didácticos especializados que sirvan de apoyo para su enseñanza.

Es por esto, que el presente trabajo de tesis consiste en instrumentar e implementar, mediante el uso y aplicación de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC), un modelo didáctico de corte constructivista llamado: *“Enseñar para la Comprensión”* (EpC), que contribuya al logro de aprendizajes significativos en alumnos de bachillerato que estudian uno de los temas de la física moderna como lo es la “Teoría Especial de la Relatividad” (TER). Al mismo tiempo se pretende diseñar y elaborar materiales didácticos, así como seleccionar los recursos didácticos necesarios que ayuden a los estudiantes a desarrollar una mejor comprensión del tema y a los profesores a facilitar su enseñanza.

Es preciso decir que la Teoría Especial de la Relatividad es un tema que aparece en la unidad II del temario de Física III que se imparte en el cuarto año de bachillerato dentro de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP).

Por otro lado, el modelo didáctico “*Enseñar para la comprensión*” (EpC), es un modelo que consta de cinco elementos los cuales se sustentan en una corriente filosófica llamada “*Aprender Haciendo*”, desarrollada por el filósofo norteamericano John Dewey. Los elementos del modelo son:

- 1) Tópico generativo.
- 2) Metas de comprensión.
- 3) Desempeños de comprensión.
- 4) Evaluación continua.
- 5) Comunidades reflexivas cooperativas.

Es importante señalar que estos elementos en su conjunto no son una receta de cocina la cual se tenga que utilizar forzosamente en este orden, ya que éste puede ser cambiado, e incluso, se pueden omitir algunos de sus elementos de manera que el modelo se ajuste a las necesidades de cada situación de aprendizaje. En este sentido, y como una contribución a mejorar el modelo, se han insertado otros elementos que ayudan a eficientar al modelo EpC.

Con el objeto de recuperar los elementos social, afectivo y cognitivo que caracterizan a la enseñanza de corte constructivista y con el fin de lograr los *aprendizajes significativos* necesarios en los estudiantes, el modelo aquí propuesto se complementará con la teoría del “*Aprendizaje significativo*” de David P. Ausubel.

Ambas componentes (“*Aprendizaje significativo*” y “*Aprender Haciendo*”), las cuales sustentan pedagógicamente al modelo (EpC), los cinco elementos que lo conforman así como los que lo complementan, se describen ampliamente en el capítulo I.

Una de las grandes ventajas del modelo EpC es su flexibilidad para integrar el uso y aplicación de las llamadas Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC).

Hoy en día incluir las llamadas Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC) dentro del currículum resulta, más que una moda una necesidad, ya que nuestros alumnos deben enfrentar un mundo globalizado que exige de ellos una mejor preparación, no solamente en contenidos, sino también en el desarrollo de habilidades y destrezas¹. En este sentido, la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) demanda el uso de un laboratorio poco convencional y demasiado costoso para las instituciones educativas, por lo que el uso y aplicación de las NTIC (simulaciones, animaciones, videos, etc.) resultan ser de gran valor didáctico.

Dentro de este contexto se introduce el uso y aplicación de las NTIC en el aula, como estrategia pedagógica que, por un lado ayude al estudiante a desarrollar una mejor *comprensión* de la TER y por el otro, facilite al docente su enseñanza.

Cabe señalar que el uso de las NTIC en el aula demanda de los profesores una mejor preparación en cuanto a la aplicación y conocimiento de éstas, ya que es él quien debe decidir como serán utilizadas en el aula, es decir, si el alumno solo aprenderá el uso de las NTIC, aprenderá mediante el uso de éstas o ambas cosas. Es por ello que en cada uno de los subtemas que conforman la TER se han incluido actividades que involucran el uso de diversos elementos tecnológicos que ayuden al estudiante a evidenciar lo comprendido de cada subtema.

Por último cabe mencionar que el uso de las NTIC en el aula implica, por parte de los profesores, nuevas formas de enseñar y por parte de los estudiantes, nuevas formas de aprender, es decir, implica cambios en el escenario educativo, elementos que serán explicados a lo largo del capítulo II.

Sintetizando todo lo anterior y a modo de análisis se desprende nuestra **hipótesis** de trabajo:

¹ En la actualidad al desarrollo de habilidades y destrezas se le conoce como “competencias”.

Contar con un modelo didáctico que integre de manera flexible el uso y aplicación de NTIC, permite a los estudiantes alcanzar aprendizajes significativos al mismo tiempo que facilita al docente la enseñanza de conceptos científicos con alto grado de comprensión.

Por otro lado es necesario decir que, para lograr implementar el modelo pedagógico EpC, es necesario llevar a cabo una correcta planificación y estructuración de los diversos elementos a utilizar, por lo que en el capítulo III se describirán los aspectos generales de planificación.

Por último, en el capítulo IV se describe la manera en que se instrumentó el modelo EpC para desarrollar cada uno de los sub-temas que fueron necesarios para explicar la Teoría Especial de la Relatividad (TER), así como el uso y aplicación de las NTIC en el aula. Todo esto se llevó a cabo en las diferentes sesiones de “Práctica Docente” en el transcurso de la MADEMS.

Planteamiento del Problema

Como se dijo anteriormente, la Teoría Especial de la Relatividad (TER), forma parte del temario correspondiente al curso de Física III en la ENP, el cual se presenta como un curso de carácter cultural, cuya razón de ser reside en proporcionar al alumno una visión global de la Física sin llegar a ser exhaustiva en ninguno de los temas tratados, todo ello con la finalidad de que el alumno comprenda sus métodos de trabajo e investigación y acepte que su estudio es fundamental para el conocimiento de muchos aspectos interesantes de la naturaleza y de la vida cotidiana.

Aunque la TER está incluida en los planes y programas de estudio de la ENP ésta, normalmente no forma parte del programa operativo² del profesor, es decir, no se enseña en el salón de clase, lo que nos lleva a reflexionar sobre la siguiente pregunta: ¿cuáles pueden ser las causas por las que éste tema es excluido de los programas operativos?

² Documento donde se calendariza el curso. En él se indican los temas a tratar, los tiempos destinados a ello, las actividades de enseñanza así como las actividades de aprendizaje.

Muchas son las causas que podrían responder esta pregunta, sin embargo, los más comunes son: por tratarse de un tema “novedoso” o demasiado complejo (al menos para buena parte del profesorado), no se dispone de material didáctico adecuado, estructurado y bien consolidado ni tampoco de una adecuada capacitación docente sobre el tema.

Otra causa importante resulta ser que es muy difícil encontrar en los libros de referencia para los profesores de bachillerato actividades, preguntas o situaciones, referidas a la TER que soliciten a los estudiantes formular hipótesis sobre alguna situación, participar en la elaboración de algún diseño experimental, enfrentarse a algún problema, analizar el resultado de ese problema o los resultados obtenidos de alguna investigación.

A esto, debemos añadir que otros textos disponibles como los libros técnicos que desarrollan la teoría formalmente y los libros de divulgación no resuelven el problema. Los primeros resultan habitualmente inaccesibles para el profesorado porque estructuran los conceptos en torno a desarrollos matemáticos complicados y también porque tienen un enfoque diferente al pretendido en el bachillerato. Por su parte, algunos libros de divulgación contienen excelentes exposiciones y muy buenas ideas pero también su enfoque es diferente al pretendido.

Finalmente, otra causa que no contribuye a resolver el problema es el hecho de que en nuestro país, no todos los profesores de Física son licenciados en Física, por lo que la TER no necesariamente esta incluida en los contenidos obligatorios de su licenciatura, así que hablamos de un tema pendiente de ser aprendido por el profesor.

Todo esto explicaría, de alguna manera, la actitud que adopta gran parte del profesorado de suprimir el tema de sus programas operativos.

Justificación

Hoy en día, no es posible concebir la cultura separada del conocimiento científico, pues éste, ha pasado a ocupar un lugar preponderante en el pensamiento abstracto y en la vida cotidiana de las personas.

En la actualidad son cada vez más los artículos de revistas, periódicos y eventos que tratan sobre estos temas. Un ejemplo de ello es que, con motivo del centenario de los artículos escritos por Albert Einstein en 1905, la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP) declaró al año 2005, como el año mundial de la física.

La enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) nos permite entender aplicaciones tecnológicas cada vez más cotidianas como son: la producción energética de origen nuclear y las telecomunicaciones así como la explicación cada vez mejor y más detallada del Universo en que vivimos. Un conocimiento básico de esta teoría es necesario para la toma de decisiones con consecuencias tan duraderas para el medio ambiente como la producción de energía nuclear o un plan de telecomunicaciones.

Generalmente no es el ciudadano común el que se acerca a los museos y exposiciones científicas interesado en la TER quien tiene responsabilidad directa en materia de política energética, medioambiental o de telecomunicaciones, pero este ciudadano promedio sí necesita elementos con los cuales formarse una opinión fundamentada acerca de la energía nuclear y todo lo relacionado que le permita observar con mirada crítica una noticia, un discurso pseudo-científico o una fantasía científica. Lo anterior concuerda con uno de los principales objetivos de la enseñanza en la ENP que es la formación de alumnos críticos.

Así las cosas, podríamos afirmar que la Teoría Especial de la Relatividad ha de formar parte del bagaje cultural que, como mínimo, los estudiantes que cursan un bachillerato de ciencias deben poseer, pues todos deberían saber, por ejemplo, que la mecánica clásica que han estudiado, durante tantos años, no

puede explicar todos los fenómenos observados, sino que en ocasiones, es necesario aplicar la mecánica relativista y sus implicaciones. Por último cabe señalar que no se puede hablar de física contemporánea de manera coherente sin hacer mención a la TER.

Propósitos

En general con el presente trabajo de tesis se busca contribuir, de manera significativa, a mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias en el bachillerato, integrando para ello, de manera novedosa y creativa, el uso de un modelo didáctico eficiente y de corte constructivista con el uso y aplicación de las NTIC.

En lo particular, el propósito fundamental es mostrar que aunque la TER es un tema que requiere de un alto nivel de abstracción y del manejo de una matemática avanzada, es posible enseñar el tema si se emprende un esfuerzo permanente en el diseño y elaboración de materiales susceptibles de mejorar con la práctica.

CAPÍTULO I

Hacia La Construcción de un Modelo Didáctico de Corte Constructivista

Introducción

En el presente capítulo se describen los principales elementos teórico-metodológicos con los cuales se sustenta la construcción del modelo didáctico Enseñar para la Comprensión (EpC) aquí utilizado, así como las aportaciones que servirán de complemento al modelo para enseñar la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en el bachillerato.

El primer elemento a revisar será: *La teoría del aprendizaje significativo* de David P. Ausubel. Esta teoría aborda todos y cada uno de los elementos, factores y condiciones que garantizan la adquisición, la asimilación y la retención del contenido que la escuela ofrece a los alumnos, de modo que éste contenido adquiera significado para los estudiantes.

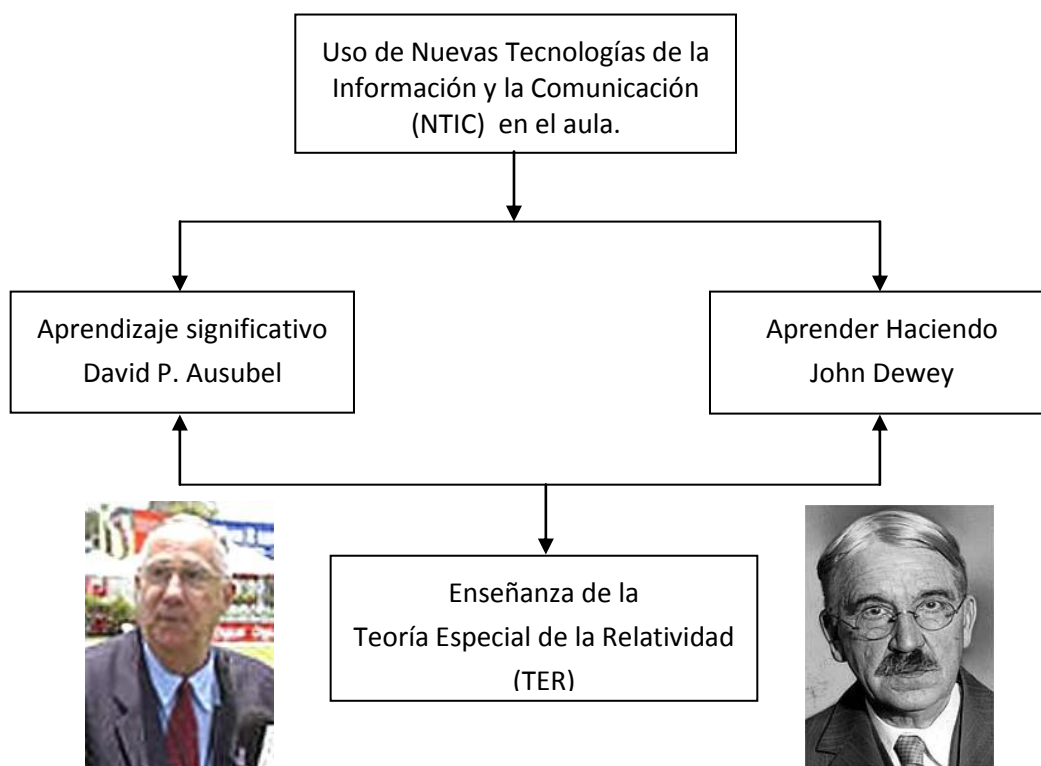
Posteriormente abordaremos la perspectiva experiencial del filósofo norteamericano John Dewey, quien desarrolla su propuesta de aprendizaje experiencial con la tesis central de que *toda auténtica educación se efectúa mediante la experiencia*, es decir, *el aprender haciendo*.

Por último describiremos cada uno de los elementos que conforman al modelo didáctico EpC, más los elementos que se aportan como complemento a éste. Al mismo tiempo y de manera sucinta, se explicará cómo es que las nuevas tecnologías contribuyen a la implementación de los contenidos.

Cabe señalar que enseñar y aprender la TER en el bachillerato puede ser catalogado como una tarea difícil o casi imposible, ya que ésta demanda de los estudiantes abstracciones y operaciones matemáticas complicadas, sin embargo, quizá el aspecto más desafiante de aprender la TER radica en sustituir varias de nuestras ideas preconcebidas sobre el *espacio* y el *tiempo*, adquiridas a través de

años de experiencia basadas en el “sentido común”, por otras ideas totalmente nuevas.

En este sentido el uso de las NTIC en el aula resulta de gran ayuda, ya que los estudiantes obtienen valiosos resultados educativos cuando comprenden las leyes fundamentales de la naturaleza y aprenden sus consecuencias, habiendo usado la tecnología. Es por esto que resulta necesario contar con modelos didácticos pedagógicamente bien estructurados y que, apoyados en el correcto uso y aplicación de nuevas tecnologías, ayuden a desarrollar en los estudiantes habilidades del pensamiento tales como: *análisis*, *síntesis*, *reflexión* y *comprensión*, empleando para ello diversos elementos tecnológicos que favorezcan el desarrollo de dichas habilidades.



Esquema 1.1. Relación que guardan los elementos pedagógicos y las NTIC utilizados para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad en el bachillerato.

1.1. El Aprendizaje Significativo de Ausubel

Actualmente está ampliamente aceptado que el aprendizaje significativo planteado en su origen por Ausubel y desarrollado después por Novak y Gowin (1988) es uno de los conceptos más útiles para mejorar el aprendizaje escolar (González y Novak, 1996; Guruceaga, 2001).

La *teoría del aprendizaje significativo* de Ausubel se centra, fundamentalmente, en el aprendizaje de materias escolares. La expresión "significativo" es utilizada por oposición a lo "memorístico" o lo "mecánico".

Para que un contenido sea significativo ha de ser incorporado al conjunto de conocimientos del sujeto, relacionándolo con sus conocimientos previos.

Pozo [1989] considera a la Teoría del Aprendizaje Significativo como una teoría cognitiva de reestructuración³; para él, se trata de una teoría psicológica que se construye desde un enfoque organicista del individuo y que se centra en el aprendizaje generado en un contexto escolar. Se trata pues de una perspectiva constructivista, ya que es el propio individuo el que genera y construye su aprendizaje.

Así, el aprendizaje significativo es un marco explicativo según el cual se relaciona un nuevo conocimiento o información con la estructura cognitiva del que aprende de forma no arbitraria y sustantiva o no literal, esta interacción no se produce considerándola como un todo, sino con aspectos relevantes presentes en la misma, que reciben el nombre de subsumidores o ideas de anclaje (Ausubel, 1976, 2002; Moreira, 1977), esto implica que las nuevas ideas, conceptos y proposiciones pueden ser aprendidos significativamente en la medida en que otras ideas, conceptos o proposiciones relevantes estén lo suficientemente claras y disponibles en la estructura cognitiva del individuo, y que funcionen como un punto de "anclaje" a las primeras.

³ Por reestructuración entendemos que el sujeto ya posee ciertas estructuras mentales, las cuales al adquirir nuevos conocimientos pueden ser cambiadas o reestructuradas.

A manera de ejemplo, si los conceptos de sistema de referencia y la ley de inercia (mejor conocida como primera ley de Newton) ya existen en la estructura cognitiva del alumno, estos servirán de subsumidores para nuevos conocimientos referidos a la TER, tales como sistemas de referencia inerciales, relatividad del movimiento y la posición; el proceso de interacción de la nueva información con la ya existente, produce una nueva modificación de los conceptos subsumidores (sistemas de referencia y primera ley de Newton); esto implica que los subsumidores pueden ser conceptos amplios, claros, estables o inestables, todo depende de la manera y la frecuencia con que interactúen con las nuevas informaciones.

En el ejemplo anterior la idea de sistemas de referencia inerciales, la relatividad del movimiento y la relatividad de la posición servirán ahora de “anclaje” para nuevas informaciones referidas a los postulados relativistas, pero en la medida de que esos nuevos conceptos sean aprendidos significativamente, crecerán y se modificarían los subsumidores iniciales, es decir, los conceptos de sistema de referencia y la primera ley de Newton, evolucionarán para servir de subsumidores a nuevos conceptos como: contracción del espacio y dilatación del tiempo.

La característica más importante del aprendizaje significativo es que produce una interacción entre los conocimientos más relevantes de la estructura cognitiva y las nuevas informaciones (no es una simple asociación), de tal modo que éstas adquieren un significado y son integradas a la estructura cognitiva del que aprende de manera no arbitraria y sustancial, favoreciendo la diferenciación, evolución y estabilidad⁴ de los subsumidores pre-existentes y consecuentemente de toda la estructura cognitiva.

Para que se produzca aprendizaje significativo, según Ausubel, han de darse dos condiciones fundamentales:

⁴ La Estabilidad debe entenderse como mayor duración y facilidad de recordar y no como una situación de estancamiento.

➤ Actitud potencialmente significativa de aprendizaje por parte del aprendiz, es decir, predisposición por parte del estudiante para aprender de manera significativa.

➤ Presentación de un material potencialmente significativo. Esto requiere:

- Que el material tenga significado lógico, esto es, que sea potencialmente relacionable con la estructura cognitiva del que aprende de manera flexible.
- Que existan ideas de anclaje o subsumidores adecuados en el sujeto que permitan la interacción con el material nuevo que se presenta.

Por otro lado el aprendizaje mecánico, contrariamente al aprendizaje significativo, se produce cuando no existen subsumidores adecuados, de tal forma que la nueva información es almacenada arbitrariamente sin interactuar con conocimientos pre-existentes, por ejemplo, en física, los estudiantes suelen aprenderse formulas de memoria, esta nueva información es incorporada a su estructura cognitiva de manera literal y arbitraria puesto que el alumno carece de conocimientos previos relevantes y necesarios para hacer que la tarea de aprendizaje sea potencialmente significativa (independientemente de la cantidad de significado potencial que la tarea tenga) (Ausubel, 1983).

Obviamente el aprendizaje mecánico no se da en un “vacío cognitivo“, puesto que debe existir algún tipo de asociación pero no en el sentido de una interacción como en el aprendizaje significativo. El aprendizaje mecánico puede ser necesario en algunos casos, por ejemplo en la fase inicial de un nuevo cuerpo de conocimientos o cuando no existen conceptos relevantes con los cuales pueda interactuar, en todo caso debe preferirse el aprendizaje significativo, pues facilita la adquisición de significados, la retención y la transferencia de lo aprendido.

Finalmente, Ausubel no establece una distinción entre aprendizaje significativo y mecánico como una separación, sino como un "continuo"⁵, es más, ambos tipos de aprendizaje pueden ocurrir al mismo tiempo en la misma tarea de aprendizaje (Ausubel, 1983), por ejemplo en física, la simple memorización de fórmulas se ubicaría en uno de los extremos de ese continuo (aprendizaje mecánico) y el aprendizaje de relaciones entre conceptos podría ubicarse en el otro extremo (aprendizaje significativo).

Es importante recalcar que el aprendizaje significativo no es la “simple conexión” de la información nueva con la ya existente en la estructura cognitiva del que aprende, por el contrario, sólo el aprendizaje mecánico es la “simple conexión” arbitraria y no sustantiva; el aprendizaje significativo involucra la modificación y evolución de la nueva información, así como de la estructura cognitiva involucrada en el aprendizaje.

1.2. Tipos de Aprendizaje Significativo

Ausubel distingue tres tipos de aprendizaje significativo a saber: de representaciones, de conceptos y de proposiciones.

1.2.1. Aprendizaje de Representaciones

El aprendizaje de representaciones es el aprendizaje más elemental del cual dependen los demás tipos de aprendizaje. Consiste en la atribución de significados a determinados símbolos, al respecto Ausubel dice:

Ocurre cuando se igualan en significado símbolos arbitrarios con sus referentes (objetos, eventos, conceptos) y significan para el alumno el significado al que sus referentes aludan (Ausubel ;1983:46).

Este tipo de aprendizaje se presenta generalmente en los niños, por ejemplo, el aprendizaje de la palabra “pelota” ocurre cuando el significado de esa palabra pasa a representar o se convierte en equivalente para el objeto “pelota”

⁵ Esto implica que pueden existir aprendizajes con características intermedias de uno y de otro.

que el niño está percibiendo en ese momento, por consiguiente, significan la misma cosa para él. No se trata de una simple asociación entre el símbolo y el objeto, sino que el niño los relaciona de manera relativamente sustantiva y no arbitraria como una equivalencia representacional con los contenidos relevantes existentes en su estructura cognitiva.

1.2.2. Aprendizaje de Conceptos

Los conceptos se definen como “objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen atributos de criterios comunes y que se designan mediante algún símbolo o signos” (Ausubel, 1983), partiendo de ello podemos afirmar que en cierta forma también es un aprendizaje de representaciones.

Los conceptos son adquiridos a través de dos procesos, **formación** y **asimilación**.

En la **formación** de conceptos, los atributos de criterio (características) del concepto se adquieren a través de la experiencia directa en sucesivas etapas de formulación y prueba de hipótesis. Del ejemplo anterior podemos decir que el niño adquiere el significado genérico de la palabra “pelota”, ese símbolo sirve también como significante para el concepto cultural “pelota”; en este caso se establece una equivalencia entre el símbolo y sus atributos de criterios comunes. De allí que los niños aprendan el concepto de “pelota” a través de varios encuentros con su pelota y las de otros niños.

El aprendizaje de conceptos por **asimilación** se produce a medida que el niño amplía su vocabulario, pues los atributos de criterio de los conceptos se pueden definir usando las combinaciones disponibles en la estructura cognitiva, por ello el niño podrá distinguir distintos colores y tamaños, y afirmar que se trata de una “pelota” cuando vea otras en cualquier momento.

1.2.3. Aprendizaje de Proposiciones.

Este tipo de aprendizaje va más allá de la simple asimilación de lo que representan las palabras combinadas o aisladas, puesto que exige captar el significado de las ideas expresadas en forma de proposiciones.

El aprendizaje de proposiciones implica la combinación y relación de varias palabras cada una de las cuales constituye un referente unitario, luego estas se combinan de tal forma que la idea resultante es más que la simple suma de los significados de las palabras componentes individuales, produciendo un nuevo significado que es asimilado a la estructura cognitiva del estudiante. Es decir, una proposición potencialmente significativa expresada verbalmente como una declaración que posee significado denotativo (las características evocadas al oír los conceptos) y connotativo (la carga emotiva, actitudinal e idiosincrática provocada por los conceptos) de los conceptos involucrados, interactúa con las ideas relevantes ya establecidas en la estructura cognitiva del que aprende y, de esa interacción surgen los significados de la nueva proposición.

A manera de ejemplo, en la mecánica Newtoniana el concepto de espacio y tiempo son dos elementos separados y absolutos, sin embargo, al estudiar la TER los mismos conceptos se unen para formar otro concepto nuevo donde espacio y tiempo ya no están separados y tampoco son absolutos, ahora todo depende del sistema de referencia del observador.

En la vida diaria se producen muchas actividades y aprendizajes, por ejemplo, en el juego de “tirar de la cuerda” ¿hay algo que tira del extremo derecho de la cuerda con la misma fuerza que yo tiro del lado izquierdo?, ¿sería igual el tirón si la cuerda estuviera atada a un árbol que si otra persona tirara de ella? Para vencer a un oponente, ¿sería mejor empujar con más fuerza sobre el suelo que tirar con más fuerza de la cuerda?, ¿acaso no se requiere de cierta energía para ejercer esta fuerza y provocar movimiento? Estas ideas conforman el fundamento de la mecánica en física, pero ¿cómo deberían ser aprendidas?, ¿se debería comunicar estos fundamentos en su forma final o debería esperarse que los

alumnos los descubran? Antes de buscar una respuesta a estas preguntas, evaluaremos la naturaleza de dos tipos de aprendizaje muy utilizados en la enseñanza de las ciencias como son: Aprendizaje por recepción y aprendizaje por descubrimiento.

1.2.4. Aprendizaje por Recepción y Aprendizaje por Descubrimiento.

En el aprendizaje por recepción, el contenido o motivo de aprendizaje se presenta al alumno en su forma final, sólo se le exige que internalice o incorpore el material (leyes, principios, teoremas, fórmulas, etc.) que se le presentan de tal modo que pueda recuperarlos o reproducirlos en un momento dado.

En este caso la tarea de aprendizaje no es potencialmente significativa ni tampoco convertida en tal durante el proceso de internalización, sin embargo, el aprendizaje por recepción puede ser significativo si la tarea o material potencialmente significativos son comprendidos e interactúan con los subsumidores existentes en la estructura cognitiva previa del alumno.

Por otro lado en el aprendizaje por descubrimiento, lo que va a ser aprendido no se da en su forma final, sino que debe ser reconstruido por el alumno antes de ser aprendido e incorporado significativamente en la estructura cognitiva de éste. Este aprendizaje implica que el alumno debe reordenar la información, integrarla con la estructura cognitiva y reorganizar o transformar la combinación integrada de manera que se produzca el aprendizaje deseado. La condición para que un aprendizaje sea potencialmente significativo es que la nueva información interactúe con la estructura cognitiva previa y que exista una disposición para ello del que aprende, sin embargo, esto no implica que el aprendizaje por descubrimiento necesariamente sea significativo y que el aprendizaje por recepción obligatoriamente sea mecánico. Tanto uno como el otro pueden ser significativo o mecánico dependiendo de la manera en cómo la nueva información es almacenada en la estructura cognitiva; por ejemplo, el armado de un rompecabezas por ensayo y error es un tipo de aprendizaje por descubrimiento

en el cual, el contenido descubierto (el armado) es incorporado de manera arbitraria a la estructura cognitiva y por lo tanto aprendido mecánicamente.

Por otro lado, una ley física puede ser aprendida significativamente sin necesidad de ser descubierta por el alumno, está puede ser oída, comprendida y usada significativamente, siempre que exista en la estructura cognitiva del alumno los conocimientos previos apropiados. En este sentido, podemos decir que el alumno es capaz de comprender el fenómeno relativista de la *dilatación del tiempo* y la *contracción del espacio* mediante el aprendizaje por recepción, haciendo uso de materiales audiovisuales interactivos sin necesidad de que el alumno experimente físicamente tales efectos.

Normalmente las sesiones de clases están caracterizadas por orientarse hacia el aprendizaje por recepción, esta situación motiva la crítica por parte de aquellos que propician el aprendizaje por descubrimiento, pero desde el punto de vista de la transmisión del conocimiento es injustificado, pues en ningún estadio de la evolución cognitiva del individuo, tiene necesariamente que descubrir los contenidos de aprendizaje a fin de que estos sean comprendidos y empleados significativamente.⁶

El "método del descubrimiento" puede ser especialmente apropiado para ciertos aprendizajes como por ejemplo, el aprendizaje de procedimientos científicos o para una disciplina en particular. Por otro lado, el "método expositivo" puede ser organizado de tal manera que propicie un aprendizaje por recepción significativo y ser más eficiente que cualquier otro método en cuanto a la incorporación de contenidos a la estructura cognitiva.

Por último, cabe decir que un niño en edad preescolar y tal vez durante los primeros años de escolarización, adquiere conceptos y proposiciones a través de un proceso inductivo basado en la experiencia no verbal, concreta y empírica. Se puede decir que en esta etapa predomina el aprendizaje por descubrimiento

⁶ Es importante recordar que durante los primeros años de vida el niño aprende por descubrimiento y por ensayo y error.

puesto que el aprendizaje por recepción surge solamente cuando el niño alcanza un nivel de madurez cognitiva tal, que le permita comprender conceptos y proposiciones presentados verbalmente sin que sea necesario el soporte empírico concreto.

En el caso de las ciencias, los estudiantes llegan al salón de clase con un cúmulo de ideas propias o esquemas de conocimiento sobre distintos objetos y fenómenos, estas ideas a menudo están en desacuerdo con las consideraciones científicamente aceptadas y conllevan a errores o concepciones alternativas muy arraigadas en su estructura cognitiva. El aprendizaje significativo (en marcado contraste con el aprendizaje memorístico por repetición mecánica) es clave para facilitar el cambio conceptual necesario para disminuir el problema de los errores conceptuales (González, Morón y Novak, 2001) y requiere de ciertas condiciones mínimas que podemos reducir a tres:

- ✓ En primer lugar, el alumno debe estar convencido de llevar a cabo un proceso de aprendizaje significativo, es decir, tiene que mostrar una disposición favorable para enlazar nuevos conocimientos con conceptos que él mismo ya posee en su estructura cognitiva.
- ✓ En segundo lugar, debe contar con una estructura cognitiva adecuada en la que estén presentes los conceptos más relevantes (subsumidores).
- ✓ En tercer lugar, los materiales de aprendizaje deben ser conceptualmente claros, en lo que se refiere al significado que se atribuye a los conceptos (González y Novak, 1996).

Por otro lado, en la educación basada en la experiencia, los contenidos de la enseñanza se derivan de las experiencias de la vida diaria. Al igual que Ausubel en su teoría del aprendizaje significativo, el aprendizaje experiencial plantea la necesidad de relacionar el contenido por aprender con las experiencias previas de los alumnos.

En este sentido la obra de John Dewey en su conjunto, y en particular *Experiencia y educación* (2000), constituyen la raíz intelectual de muchas propuestas actuales que recuperan la noción de aprendizaje experiencial y al mismo tiempo dan sustento a diversas propuestas de enseñanza reflexiva.

Por lo anterior, aunque aclaramos que a Dewey no se le puede ubicar en la corriente sociocultural contemporánea, la revisión de la perspectiva experiencial deweyniana será nuestro siguiente punto de partida.

1.3. Perspectiva Experiencial de John Dewey; “Aprender Haciendo”

Al ubicarse en el movimiento de la educación democrática y progresista, John Dewey (1859 – 1952) parte del rechazo a la filosofía y práctica educativa imperantes en las primeras décadas del siglo antepasado que caracteriza como inapropiadas y enciclopedistas. Considera que plantean una visión del desarrollo, entendida como desenvolvimiento de facultades latentes o preexistentes en el individuo a la par que reproducen y refuerzan una atmósfera social y moral autoritaria.

Para Dewey la escuela es ante todo una institución social en la que puede desarrollarse una vida comunitaria que constituye el soporte de la educación. Es en esta vida comunitaria, donde el individuo experimenta las fuerzas formativas que lo conducen a participar activamente en la tradición cultural que le es propia al mismo tiempo que le permite el pleno desarrollo de sus propias facultades.

Además de constituir una preparación para la vida futura, la escuela es entendida en sí misma como un proceso vital; la vida social en la escuela deweyniana se basa en el intercambio de experiencias y en la comunicación entre los individuos. De acuerdo con lo anterior, la escuela debe estructurarse de acuerdo a determinadas formas de cooperación social y vida comunitaria, de tal forma, que a través de una participación democrática en las actividades sociales del grupo, surja la autodisciplina a partir del compromiso en una tarea constructiva y en base a la propia decisión del individuo (Apel, 1979).

En esta visión educativa encontramos el inicio de algunos planteamientos actuales relacionados con la cooperación en la escuela, la conformación de comunidades educativas y el facultamiento, aspectos claves en los enfoques que defienden la perspectiva de educación para la vida.

Según Posner (2004) la perspectiva experiencial inspirada en Dewey se basa en el supuesto de que todo lo que pasa a los estudiantes influye en sus vidas, y por consiguiente, el currículo debería plantearse en términos amplios, no

solo en lo que puede plantearse en la escuela e incluso fuera de esta, sino en términos de todas las consecuencias no anticipadas de cada nueva situación significativa que enfrentan los individuos. Así, las consecuencias de cualquier situación no solo implican lo que se aprende de manera formal, puntual o momentánea, sino los pensamientos, sentimientos, y tendencias a actuar que dicha situación genera en los individuos que la viven y que deja una huella perdurable. De esta manera, la filosofía de una enseñanza de corte experiencial descansa en la premisa de que si se consigue que la experiencia escolarizada se relacione más con la *experiencia significativa* de los estudiantes, y resulte menos artificial, los estudiantes se desarrollarán más y llegarán a ser mejores ciudadanos.

Dewey desarrolla su propuesta de aprendizaje experiencial con la tesis central de que *“toda auténtica educación se efectúa mediante la experiencia”*, pero al mismo tiempo afirma que: “no toda experiencia es verdadera o igualmente educativa” (*op.cit.*, p. 22). Así, el aprendizaje experiencial es un aprendizaje *dinámico* que utiliza y transforma los ambientes físicos y sociales para extraer experiencias valiosas, y pretende establecer un fuerte vínculo entre el aula y la comunidad, entre la escuela y la vida, es decir, es un aprendizaje que genera cambios sustanciales en la persona y en su entorno. *A través de este aprendizaje, se busca que el individuo desarrolle sus capacidades reflexivas y su pensamiento, así como el deseo de seguir aprendiendo.*

Así, la aplicación del aprendizaje experiencial en la enseñanza se conoce como el enfoque de “aprender haciendo”, o “aprender por la experiencia”. De ninguna manera se restringe a un “saber hacer” de rutina e irreflexivo, ni a una pedagogía del activismo sin sentido a las que en ocasiones suele reducirse; por el contrario propone como punto central, *el desarrollo del pensamiento y de la práctica reflexiva.*

De acuerdo con Brubacher (2000), los principios educativos desde la postura de John Dewey son:

- ✓ *Educación democrática*: La educación debe concebirse ante todo como una gran actividad humana en y para la democracia, y en este sentido debe de orientarse a la reconstrucción del orden social.
- ✓ *Educación científica*: Dewey destaca el papel de la formación científica de los individuos, así como la importancia de la experimentación por medio del método científico.
- ✓ *Educación pragmática*: Centrada en la experiencia como prueba del conocimiento mediante el hacer y experimentar en que participa el pensamiento de alto nivel, pero al mismo tiempo dando prioridad a la experiencia cotidiana en el hogar y la comunidad.
- ✓ *Educación progresista*: Plantea que la experiencia educativa es una reconstrucción constante de lo que hace el individuo a la luz de las experiencias que vive, y que por ende, dicha reconstrucción es lo que permite al individuo progresar y avanzar en el conocimiento.

Para Dewey, el currículo requiere cambio y reorganización constante con base en las necesidades e intereses de los estudiantes, para fomentar en ellos el desarrollo tanto de la inteligencia como de las habilidades sociales para la participación en una sociedad democrática. Una aportación importante de Dewey es que intenta equilibrar los criterios que, en ocasiones, aparecen como antagónicos a la hora de tomar decisiones sobre el currículo y la enseñanza como son: el desarrollo del *razonamiento* que por lo general se encuentra asociado a las materias académicas, y el desarrollo del *conocimiento empírico o procedimental* que está asociado con las materias prácticas que se cree conducen a aprender habilidades de utilidad social, pero además, Dewey introduce un tercer criterio que es “el desarrollo o crecimiento saludable de la experiencia individual” (Posner, 2004, p.50), es decir, establece un balance entre el desarrollo *intelectual*, el *social* y el *personal* (elementos propios del constructivismo).

En la educación experiencial, los contenidos de la enseñanza se derivan de las experiencias de la vida diaria, para Dewey, al igual que para los autores de diversas corrientes educativas de corte *constructivista*, el punto de partida de toda experiencia educativa son las *experiencias previas* y los conocimientos que todo individuo trae consigo.

1.3.1. Aprender Haciendo y Aprendizaje Significativo

En su obra *Experiencia y Educación* Dewey plantea que el siguiente paso es aún más importante, pues el docente debe seleccionar temas que estén dentro del rango de las experiencias existentes del estudiante, que sean promisorias y que ofrezcan nuevos problemas potenciales por medio de los cuales se estimulen nuevas formas de observación y juicio, y que a su vez, conduzcan a los estudiantes a ampliar su ámbito de experiencia posterior. Dentro del aprendizaje significativo esto es lo que Ausubel denomina subsumidores o ideas de anclaje.

En el caso de la enseñanza–aprendizaje de contenidos de corte científico, Dewey no sólo centra su interés en la adquisición de los conceptos y principios científicos, sino que también toma en cuenta la comprensión crítica de sus aplicaciones sociales.

En esta misma obra, también plantea que el currículo debe organizarse en torno a situaciones que permitan un crecimiento continuo para el individuo, situaciones que actúan como una fuerza motriz entre las condiciones objetivas e internas, así, un currículo experiencial destaca las experiencias de los alumnos en torno a actividades propositivas, que por lo regular toman la forma de proyectos, por lo que los proyectos sirven como elementos organizados del currículo y la enseñanza, y requieren una planeación cooperativa entre el profesor y sus estudiantes.

Posner (2004) ubica en este punto la gran complejidad y a la vez el mayor reto de la perspectiva experiencial de la educación. A su juicio, este reto plantea la gran demanda de tomar decisiones prácticas sobre el currículo, pues éste está

estrechamente vinculado al proceso de la vida, ya que dos individuos no pueden ni deben vivir lo mismo, es decir, se plantea el reto de la escuela para todos, que atienda las necesidades de los distintos alumnos en un entorno caracterizado por la diversidad, y que en ese sentido logre adecuarse a la persona que aprende.

Tras el desarrollo de sus teorías, Dewey funda la llamada “escuela experimental” o “escuela laboratorio” que lleva su nombre, la cual se sustenta en ciertos elementos a saber:

- Las teorías psicológicas.
- Los principios morales básicos de las actividades.
- Las necesidades e intereses de los individuos.
- La aplicación del “método del problema” (lógico, ético y empírico)
- La experiencia centrada en los ambientes físico y social.
- El establecimiento del vínculo entre el saber y el saber hacer.

1.3.2. Pensamiento Reflexivo

Otra aportación muy importante de Dewey es la definición del *pensamiento reflexivo* como función principal de la inteligencia y del cual se desprende la enseñanza reflexiva, aspectos que Dewey plantea en su libro *Como Pensamos* (1989). En esta obra, las ideas sobre el pensamiento reflexivo en relación con el proceso educativo, constituyen el núcleo del proyecto deweyniano sobre el proceso enseñanza–aprendizaje y el análisis psicológico que lo fundamenta.

El concepto de reflexión es en sí complejo, y puede asumir múltiples connotaciones dependiendo de la disciplina o la perspectiva que se aborde. Dewey, diferencia el pensamiento reflexivo del rutinario, y afirma que el primero debería de constituir un objetivo principal en la educación. Plantea así mismo la importancia del auto-análisis por parte del docente de sus decisiones y acciones educativas para el desarrollo profesional de la docencia mediante un análisis activo y constante.

Así, el pensamiento reflexivo es “*el examen activo persistente y cuidadoso de toda creencia o forma supuesta de conocimiento a la luz de los fundamentos que la sostienen y las conclusiones a las que tiende*” (Dewey 1933/1989, p.25). De esta manera, la necesidad de pensar reflexivamente se refiere tanto al profesor como al estudiante, por lo que estas ideas se aplican de manera general tanto en la enseñanza como en el aprendizaje.

Para Dewey el pensamiento reflexivo es la “mejor manera de pensar”. Considera que éste implica:

- ✓ *Un estado de duda, de vacilación, de perplejidad, de dificultad mental, en la que se origina el pensamiento.*
- ✓ *Un acto de búsqueda, de caza, de indagación, para encontrar un material que esclarezca la duda o que disipe la perplejidad. (op. Cit., p.28).*

En este sentido el pensamiento reflexivo conduce a la adquisición de una actitud científica reflexiva por parte de los estudiantes. En congruencia con lo anterior, en “*Como pensamos*” se establece con mayor precisión lo que se conoce como “el método del problema” en la enseñanza (Brubacher, 2000).

En la concepción del aprendizaje experiencial, está presente la postura constructivista, pues constituye un proceso mediante el cual se refleja la experiencia del aprendiz y conduce al surgimiento de nuevas ideas y aprendizajes. En su aplicación al campo de la educación, esta concepción incluye un aspecto amplio de significados, prácticas e ideologías.

En todos los casos, se comparte la idea de que una educación de calidad será la que suministre apoyos al alumno o lo faculte para convertirse en una persona cada vez más inteligente y autónoma respecto a la dirección de su vida y de su compromiso de actuación en la sociedad en que viven.

Por otra parte, hay que reconocer que a pesar de su enorme potencialidad y de la vigencia del legado de la educación progresista y experiencial, aún no se

logra transformar de raíz al proceso educativo en un sentido amplio, ni en la dirección que ésta plantea. Aunque se han incorporado muchos de sus planteamientos y metodologías al discurso de la práctica en las instituciones escolares, continúa presente el reto de un cambio real del paradigma educativo.

A partir de las ideas de Dewey, se desarrollaron diversos modelos de aprendizaje experiencial, la mayoría son cíclicos y tienen tres fases básicas:

- La conceptualización de una experiencia o situación problema.
- La fase reflexiva, en la que el aprendiz realiza importantes aprendizajes con apoyo de dicha reflexión.
- La fase de prueba en la que los aprendizajes recién logrados se integran en el marco conceptual del alumno, y pueden conducir a nuevos problemas o experiencias, en este sentido, el proceso ocurre en realidad en espiral pues al final se arriba a una reconstrucción del conocimiento como se muestra en la siguiente figura.



Fig. 1.1 Ciclo de aprendizaje experiencial

Hasta aquí, hemos revisado los elementos teóricos que sustentan el modelo didáctico EpC, por lo que continuaremos con la revisión de cada uno de los elementos que lo conforman así como la relación que guardan con las teorías

antes revisadas. Al mismo tiempo y a manera de introducción, describiremos de manera breve cómo las NTIC ayudan a la implementación del modelo.

1.4. Modelo Didáctico “Enseñar para la Comprensión” (EpC)

El modelo didáctico “Enseñar para la Comprensión” (EpC) es el resultado de un proyecto continuo de investigación cooperativa realizado desde 1991 hasta 1997 por la Doctora Martha Stone Wiske de la Escuela de Graduados de Educación de Harvard. El propósito de este proyecto fue clarificar la naturaleza de la comprensión y definir luego cuáles son las características de las prácticas educativas que ayudan a los estudiantes a desarrollar una comprensión profunda y flexible. El proyecto se fue construyendo a medida que investigadores y docentes analizaban estudios de caso de prácticas docentes exitosas en relación con las actuales teorías de la cognición y de la enseñanza.

Desde que se publicaron los resultados⁷, éste modelo didáctico ha servido de estructura para diseñar materiales y actividades educativas en una amplia variedad de ámbitos y diversos tipos de situaciones en los Estados Unidos y en otras partes del mundo; en el ciclo preescolar, en las escuelas primarias y secundarias, en Universidades y en programas de desarrollo profesional.

El modelo demostró ser accesible y suficientemente amplio para alentar el juicio profesional al mismo tiempo que guiaba a los docentes a medida que estos afinaban progresivamente su trabajo con el fin de promover la *comprensión efectiva* en sus estudiantes.

Para poder promover la comprensión en un grupo de estudiantes fue necesario definir, dentro del modelo EpC, qué es la comprensión.

⁷ Un amplio informe sobre la historia, los resultados y la aplicación del marco EpC es el de Wiske, M.S. (comp.), *Teachin for Understanding Linking Research with Practice*, Sn Francisco, Jossey-Bass, 1998 (ed. Cast: *La Enseñanza para la Comprensión, Vínculo entre la Investigación y la Práctica*, Buenos Aires, Paidós, 1999).

1.4.1. ¿Qué es la Comprensión?

La comprensión dentro del modelo EpC quedó entendida como “*la capacidad de tener un desempeño flexible*” la cual abarca cuatro dimensiones básicas:

1. El conocimiento de conceptos importantes.
2. Métodos de razonamiento e indagación disciplinados.
3. Propósitos y limitaciones de las diferentes esferas de comprensión.
4. Formas de expresar la comprensión ante auditorios particulares.

Por lo anterior *comprender* implica poder pensar y actuar flexiblemente utilizando lo que uno sabe. En este punto se retoma la necesidad de relacionar el contenido por aprender con las experiencias previas de los alumnos.

Esta definición de la comprensión toma en consideración la indagación, y muestra que el aprendizaje, es un proceso activo y no simplemente un asunto de absorber información o practicar habilidades básicas. La demostración de la *comprensión* traducida en *desempeños* requiere que el alumno genere productos o realizaciones que vayan más allá de la reproducción del conocimiento recibido, en este sentido, se toman los elementos del aprender haciendo de Dewey. Al mismo tiempo, esta concepción de la comprensión pone de relieve la importancia de dominar ciertos cuerpos de conocimiento y métodos de indagación estructurados en diversas materias.

Definir el objetivo de la educación como una capacidad flexible de pensar y aplicar el propio conocimiento, tiene importantes implicaciones en el proceso enseñanza–aprendizaje. Si lo comprendió se demuestra mediante un *desempeño*, podemos decir que *esos desempeños o demostraciones de la comprensión también desarrollan la misma comprensión*. Tales representaciones o desempeños, obligan a los estudiantes a desarrollar sus mentes, a pensar utilizando lo que han aprendido y aplicar creativa y apropiadamente su conocimiento en una variedad de circunstancias. El modelo EpC convirtió los

desempeños de comprensión (aprender haciendo), en el núcleo central de su marco conceptual.

Así las cosas, *comprender un tema*, tal como lo caracterizó el modelo, es: *“realizar una presentación factible de él, es decir, explicarlo, justificarlo, extrapolarlo, relacionarlo y aplicarlo de manera que vaya más allá del conocimiento y la repetición rutinaria de habilidades”*.

El modelo didáctico EpC es un proceso continuo y no un método que los docentes perfeccionen e instrumenten de una vez y para siempre. Este proceso forma parte de una mejora continua que los profesores desarrollan a medida que se concentran en los principios de la buena práctica docente basada en la investigación educativa, aplican esos principios para modificar o diseñar su propia práctica, y estudian los resultados de esos esfuerzos para seguir mejorando.

A lo largo de múltiples ciclos de una investigación cooperativa que, entre otras cosas, redactó estudios de caso sobre unidades curriculares especialmente efectivas y los analizó en relación con las teorías de la cognición y de la enseñanza, el proyecto definió un marco explicativo de cinco elementos que incorporan las características de la enseñanza particularmente efectiva para desarrollar la comprensión, estos elementos son:

1. Tópicos generativos.
2. Metas de comprensión.
3. Desempeños de comprensión.
4. Evaluación continua.
5. Comunidades reflexivas cooperativas.

Las cuales se describen a continuación.

1.4.2. Elementos del Modelo Enseñar para la Comprensión (EpC)

1.4.2.1. Tópicos Generativos

Un *tópico generativo* o *tema generador*, es un material *potencialmente significativo* que esta dentro de una temática de interés tanto para los alumnos como para el profesor. Para ello el docente debe asegurarse de que se trata de un tema que merece una planificación complementaria y la atención sostenida por parte de los estudiantes.

Algunas características importantes de los temas generativos son:

- El tema debe ser *significativo*, ya que puede relacionarse con varias ideas importantes de la materia.
- Debe ser un tema que pueda conectarse fácilmente con la experiencia y los intereses de los alumnos y al mismo tiempo pueda abordársele de diversas maneras a través de una serie de materiales curriculares y puntos de acceso.
- Por último el tema debe tener el carácter de inagotable, ya que cada descubrimiento de los alumnos genera nuevas preguntas que permitan la continuidad de la clase.

Por otro lado y tomando en cuenta que los jóvenes viven en carne propia los vertiginosos cambios científicos y tecnológicos de la actualidad, resulta necesario que la enseñanza de las ciencias también se ponga a la altura de dichos cambios. Es decir, los alumnos deben estudiar temas concernientes a la llamada Física Moderna que les permitan explicar los nuevos fenómenos físicos que los rodean (fusión y fisión nuclear, nanotecnología, agujeros negros, teoría de cuerdas, etc.), por lo que en este caso la Teoría Especial de la Relatividad (TER) se escogió como **tópico generativo** ya que cumple ampliamente con las características descritas anteriormente.

En este sentido el uso de las llamadas NTIC, con frecuencia son particularmente apropiadas y valiosas para aumentar las cualidades generativas

de los temas del currículo. Por su parte, las tecnologías multimedia al ofrecer imágenes, simulaciones, video y audio, enriquecen los materiales que se utilizan habitualmente en el aula y permiten que los alumnos aprendan abordando un mismo tema desde diversos ángulos.

Si los estudiantes tienen la posibilidad de abordar un material de modo que incentive particularmente su interés y les permita encontrar sus formas preferidas de aprendizaje, existen más posibilidades de que el alumno logre la llamada metacognición.

1.4.2.2. Metas de Comprensión

Las metas de comprensión son los *aprendizajes significativos* que los estudiantes deben alcanzar al terminar una unidad didáctica, éstos no solo se concentran en el aprendizaje memorístico de objetivos particulares ni en poner en práctica ciertas habilidades de rutina sino también en ayudar al estudiante, a partir de lo que ya sabe, a aplicar este conocimiento en una variedad de situaciones nuevas.

Para definir las metas de comprensión es necesario considerar los siguientes factores:

- ✓ Los propósitos, los valores y las expectativas del docente en relación con sus alumnos.
- ✓ Las exigencias sobre los contenidos curriculares a cubrir.
- ✓ Libros de texto y materiales curriculares requeridos.
- ✓ Los exámenes y evaluaciones que exigen un tiempo de preparación.

Por otro lado las metas de comprensión, ya sea que se refieran a cuestiones académicas o ya sea que apunten al desarrollo de competencias, deben reflejar los propósitos más profundos del docente, sus valores esenciales y sus expectativas últimas en relación con lo que espera de sus estudiantes.

En la siguiente tabla se presenta un breve comparativo entre las metas de comprensión efectivas y las menos efectivas.

Tabla 1.1. Comparativo entre metas de comprensión efectivas y menos efectivas	
<i>Rasgos de las metas de comprensión efectivas.</i>	<i>Rasgos de las metas de comprensión menos efectivas.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Se concentran en la comprensión del conocimiento importante, los métodos y propósitos del aprendizaje y las formas de comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se concentran en información o en conductas aisladas que el docente querría inculcar en los estudiantes.
<ul style="list-style-type: none"> • Tratan los aspectos esenciales del tema generativo o de la disciplina y ayudan al estudiante a entender lo sustancial como una dinámica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se dirigen principalmente a la complacencia de los alumnos antes que a las grandes ideas de la materia en cuestión.
<ul style="list-style-type: none"> • Relacionan los objetivos de corto plazo de una clase o unidad con los objetivos generales de largo plazo del año escolar. 	<ul style="list-style-type: none"> • No muestran ninguna conexión entre las metas de una lección particular y los propósitos más amplios de una unidad curricular o del curso en su conjunto
<ul style="list-style-type: none"> • Pueden expresarse como enunciados o como preguntas. 	<ul style="list-style-type: none"> • No han sido comunicadas y aclaradas abiertamente.
<ul style="list-style-type: none"> • Invitan a los alumnos y a los profesores a participar del proceso de generar metas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Son inamovibles y se establecen sin la participación de los alumnos.
<ul style="list-style-type: none"> • Son objeto de revisiones y modificaciones constantes. 	
<p>(Extraída de: <i>Enseñanza para la Comprensión 2006. pág 93</i>)</p>	

Las metas de comprensión claramente formuladas, pueden y deben constituir una guía para utilizar con eficacia las NTIC al mismo tiempo que éstas

proporcionan ventajas para que los alumnos visualicen las metas de comprensión como metas reales y accesibles.

Tener claro el modo en que las NTIC promueven directamente el progreso hacia las metas de comprensión le otorga al docente la seguridad de que la tecnología le ofrece además una significativa ventaja educativa.

En la siguiente tabla se presenta de manera resumida cómo es que las NTIC pueden respaldar las metas de aprendizaje de los estudiantes.

Tabla 1.2. ¿Cómo pueden las nuevas tecnologías respaldar las metas de aprendizaje?	
Tecnologías Multimedia.	Ofrecen a los alumnos la posibilidad de expresarse a través de múltiples formatos como son: video, imágenes y texto.
Graficadores.	Les permite visualizar de manera más clara la relación existente entre variables.
Animaciones y simulaciones.	Facilitan la comprensión de conceptos difíciles de visualizar o situaciones que, por nuestras limitaciones físicas, sería imposible percibir.

Para integrar las NTIC a las metas de comprensión, es necesario tomar en cuenta, por lo menos, cuatro actividades que deben realizarse cuando éstas son incorporadas al aula:

1. Seleccionar la tecnología apropiada.
2. Planificar maneras efectivas de obtener ventajas significativas.
3. Prepararse y preparar a los alumnos para el uso de estas nuevas herramientas.
4. Organizar tanto el acceso a las herramientas como las interacciones que habrán de tener los estudiantes con éstos recursos tecnológicos y con otros miembros de la comunidad educativa.

1.4.2.3. Desempeños de Comprensión

Los desempeños de comprensión son las actividades o productos que debe presentar el alumno ante el grupo, para demostrar que *las metas de comprensión* fueron alcanzadas.

El modelo didáctico EpC definió a los desempeños de comprensión como: “*la capacidad de de pensar y desempeñarse flexiblemente con ayuda de los conocimientos de que cada uno dispone para resolver un problema, presentar ideas de manera clara y aplicar conceptos utilizándolos para describir o explicar algo*”. De ahí que una de las características esenciales de los *desempeños de comprensión* es; que ayuden al estudiante a desarrollar y demostrar la comprensión de los objetivos a los que se apunta.

Un rasgo esencial de los *desempeños de comprensión*, es que obliga a los estudiantes a abrir sus mentes, a pensar avanzando más allá de lo que se les dice, a confrontar sus ideas y actitudes habituales desde una perspectiva más crítica y a combinar y contrastar esas ideas de formas poco común.

Una unidad curricular puede terminar en un *desempeño final de integración* en el que los alumnos deban sintetizar una variedad de comprensiones que tal vez abarquen temas de diferentes materias que fueron desarrollados durante un cierto tiempo, pero que aún así continúan concentrados en los objetivos principales.

Por su parte las NTIC pueden perfeccionar y enriquecer los *desempeños de comprensión* de diversas maneras, algunas de ellas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1.3. Cómo ayudan las NTIC a los desempeños de comprensión

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">▪ El software de modelos y simuladores pueden hacer visibles conceptos abstractos y permiten que los estudiantes comprendan ideas complicadas experimentando activamente con ellas, manipulando variables y observando la interacción dinámica de los elementos de un sistema. |
| <ul style="list-style-type: none">▪ Los procesadores de textos, las tecnologías digitales de audio y video y las herramientas para crear páginas web permiten que los alumnos expresen su comprensión en una rica variedad de medios. Estas tecnologías también permiten registrar el trabajo de los alumnos en formatos que pueden corregirse, combinarse y distribuirse más fácilmente. |
| <ul style="list-style-type: none">▪ Construyen la comprensión mediante una <i>secuencia de actividades</i> que gradualmente transfieren la autonomía y la responsabilidad a los estudiantes. |

Todas estas herramientas apoyan la colaboración y el aprendizaje entre pares, algo que resulta difícil con las herramientas tradicionales.

Del mismo modo en que las NTIC pueden facilitar los desempeños de comprensión, este elemento puede ayudar a los docentes a diseñar estrategias para que los estudiantes obtengan el mayor provecho educativo del empleo de las NTIC.

1.4.2.4. Evaluación Continua

La evaluación continua consiste en un proceso de revisión constante del desempeño de los estudiantes, este tipo de evaluación genera recomendaciones constructivas que respaldan directamente el desarrollo de la comprensión de diversas maneras:

- ✓ Los alumnos comprenden qué implica un trabajo de calidad cuando participan activamente de las evaluaciones, por ejemplo, contribuyendo directamente a definir los criterios de evaluación y participando en su evaluación y en la revisión de los borradores de sus pares.

- ✓ Los estudiantes se benefician observando cómo abordan una lección o un proyecto sus compañeros de estudio.
- ✓ La colaboración de los pares en la evaluación, frecuentemente ayuda a ver nuevas formas de analizar y mejorar el trabajo propio.
- ✓ La evaluación continua ofrecida por varias personas, puede ayudar a que cada uno vea y acepte múltiples maneras de *mejorar un trabajo*.

Finalmente los docentes que realizan evaluaciones continuas y variadas del trabajo de sus estudiantes, obtienen un cuadro más completo de la comprensión alcanzada por estos, además de contar con la antelación suficiente para proyectar intervenciones provechosas.

A manera de resumen, en la siguiente tabla se presenta cómo es que la evaluación continua apoya al aprendizaje de los estudiantes.

Tabla 1.4. Cómo apoya la evaluación continua al aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los estudiantes comprenden qué implica un trabajo de calidad.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La colaboración de los pares ayuda analizar y mejorar el propio trabajo.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La verificación frecuente junto con la retroalimentación procedente de múltiples fuentes contribuye a que los estudiantes analicen y acepten diversas maneras de mejorar su trabajo.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los docentes obtienen un panorama más completo de la comprensión de sus alumnos.

Por otro lado las NTIC ofrecen varias ventajas para llevar acabo estas evaluaciones continuas. Las tecnologías digitales, incluidas las grabadoras de audio y video y las computadoras pueden registrar el trabajo de los alumnos de modo que faciliten su revisión. Los espacios de trabajo interactivo y el software con múltiples ventanas permiten tener a la vista, durante la realización de la

tareas, las guías de orientación de la evaluación y hasta apuntes y recordatorios, con los cual los estudiantes apoyan los procesos de análisis y reflexión esenciales para la evaluación constructiva.

Cuando el trabajo se lleva a cabo con tecnologías digitales los alumnos pueden modificar únicamente las partes que deben mejorar en lugar de rehacer el producto en su totalidad. Si utilizan las tecnologías interconectadas (INTERNET), los estudiantes pueden subir su trabajo on-line, lo cual permite que múltiples consejeros, incluso aquellos que se encuentran distantes o que no se puede consultar en persona, lo revisen y comenten rápida y fácilmente. Las NTIC ofrecen además medios sencillos de preservar el trabajo de los estudiantes en archivos digitales, una ventaja que ofrece la posibilidad, tanto al alumno como al docente, de crear carpetas individuales para mostrar y evaluar el progreso experimentado por cada alumno en el transcurso de un periodo determinado.

Cabe mencionar que los archivos digitales dan la oportunidad de que generaciones futuras aprendan de los modelos de evaluación creados por sus compañeros en cursos anteriores.

1.4.2.5. Comunidades Reflexivas Cooperativas

Como todos sabemos, el aprendizaje es un proceso social mediado por el lenguaje y que progresa en virtud de la interpretación y la negociación de la significación con otras personas. Las personas aprenden reflexionando sobre lo que saben considerando ideas procedentes de múltiples perspectivas y analizando su experiencia en marcos interpretativos alternativos. Es por ello que definimos a las comunidades reflexivas cooperativas como conjuntos de personas que interactúan entre sí con el fin de revisar, criticar y opinar sobre el trabajo de los otros.

La colaboración con los otros enriquece la propia capacidad de desarrollar y aplicar ideas. Quienes comparten un curso pueden contribuir con diferentes tipos

de conocimiento y aptitudes a la realización de un proyecto conjunto y ayudarse recíprocamente para aclarar dudas y percepciones comprendidas parcialmente.

Por último, el aprendizaje cooperativo es particularmente valioso cuando se da en una comunidad de aprendices que tienen intereses comunes y se sienten unidos por normas y compromisos compartidos, aun cuando los miembros de esa comunidad difieran enormemente en cuanto a sus opiniones y antecedentes.

Por otro lado, las herramientas multimedia permiten a los estudiantes expresar sus ideas en una variedad de formas diferentes a saber: mediante dibujos o diagramas, diagramas de flujo o gráficos, textos presentados en formatos que destacan las ideas clave, sonidos, video e hipertextos con vínculos que sugieren formas alternativas de construir y revisar un producto.

Así, las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC) interconectadas proporcionan múltiples ventajas para vincular a los estudiantes o grupos de estudiantes en comunidades reflexivas cooperativas. Los medios digitales, les permiten trabajar conjuntamente en un producto para combinar formas de expresión muy variadas, aprovechando al máximo sus diferentes fuerzas expresivas y crear un producto que pueda comunicar sus ideas a través de distintos medios.

Por su parte el correo electrónico permite que los usuarios envíen mensajes a múltiples destinatarios, los reciben a su vez múltiples remitentes y todo esto se lleva a cabo de manera inmediata. Los estudiantes pueden compartir sus tareas y trabajos con muchos otros pares de todas partes del mundo y hacerlo en múltiples rondas de diálogo reflexivo. La web proporciona la posibilidad de trabajar con imágenes digitales, videos, archivos de audio, videoconferencias y también, admite que alumnos y docentes publiquen y colaboren en diversos trabajos, abriendo un espacio de comunicación con un amplio abanico de interlocutores exteriores al aula.

Algunos rasgos clave que se deben considerar en las comunidades reflexivas cooperativas son:

Tabla 1.5. Rasgos clave de las comunidades reflexivas cooperativas
▪ <i>Reflexión:</i> es un proceso por el cual uno retrocede, se aparta de la experiencia y la examina de modo que posibilite un conocimiento generativo.
▪ <i>Cooperación:</i> es construir la comprensión comparado ideas, interpretaciones y representaciones alternativas.
▪ <i>Comunidades:</i> son grupos de personas que reconocen y aprecian su diversidad y sus rasgos comunes.

Una vez descritos todos y cada uno de los elementos que conforman el modelo didáctico EpC pasaremos a examinar los elementos que se aportan como complemento al modelo y, que al aplicarlo a la enseñanza de a Teoría Especial de la Relatividad, constituyen la aportación del presente trabajo de tesis al proceso enseñanza – aprendizaje en el nivel medio superior.

Comenzaremos por describir el **tema motivador**. Este elemento puede ser un tema, una experiencia o cualquier elemento que sirva de motivación a los estudiantes para iniciar la sesión, al mismo tiempo debe estar fuertemente relacionado con el *tópico generativo* para funcionar como elemento introductor. A diferencia del *tópico generativo*, el *tema motivador* es un tema mucho más específico, es decir, solo contempla un caso en particular.

En nuestro caso, para introducirnos al tema de la TER, se propone al grupo un *tema motivador* de actualidad, que se encuentre en un contexto real y que además, sea de interés para ellos, por lo que nuestro **tema motivador** es: “¿Cómo funciona un geoposicionador satelital (GPS)?”.

Otros elementos que complementan al modelo EpC son las **actividades de enseñanza** y las **actividades de aprendizaje**. Ambas actividades son diseñadas

por el profesor, sin embargo, las primeras son actividades que realizará el docente para que sus alumnos aprendan, mientras que las segundas son actividades que realizan los estudiantes para reforzar los aprendizajes deseados. Estas actividades se describen ampliamente en los planes de clase que se desarrollaron durante las sesiones de “Práctica docente II” dentro de la MADEMS. Consultar anexo B.

Cabe señalar que la diferencia entre las *actividades de aprendizaje* y los *desempeños de comprensión* radica tanto en su tiempo de duración como en sus alcances.

Las *actividades de aprendizaje* las lleva a cabo el estudiante en el aula, con tiempos de trabajo muy cortos, donde normalmente la actividad sirve para reforzar o aclarar dudas de un concepto o aprendizaje en específico.

Por otro lado los *desempeños de comprensión* requieren de mucho mayor tiempo de preparación e involucra aplicar todos los conocimientos que posee el alumno para lograr un producto de aprendizaje.

Con el modelo EpC y los elementos que lo complementan se propone poner en operación **secuencias didácticas** que ayuden, tanto al profesor a enseñar la TER, como a los estudiantes a comprenderla.

Por último, al final de cada capítulo se integra una sección llamada *elementos para el profesor*, donde el docente podrá acceder a la misma información revisada por los estudiantes, pero con una explicación más formal de los conceptos, sustentada en el desarrollo matemático correspondiente. Esta sección tiene como objetivo, ayudar al profesor a profundizar más en el tema, de manera que su comprensión sea mucho mayor que la que pueden alcanzar sus propios estudiantes y así, dar una mejor respuesta a las necesidades de estos.

En la siguiente tabla se muestran los elementos pedagógicos, tecnológicos y disciplinarios que constituyen la propuesta del presente trabajo de tesis.

Tabla 1.1 Elementos que constituyen la presente propuesta de trabajo.

Modelo Didáctico I		Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC) II	Relatividad Especial III
Enseñanza para la Comprensión (EpC).		Software. Video DVD e-mail. INTERNET.	Marcos de referencia. Relatividad del movimiento. Velocidad de la luz. Postulados relativistas.
Aprender haciendo.	Aprendizaje significativo.	Aprender con y mediante nuevas tecnologías.	Dilatación del tiempo. Contracción del espacio.

Conclusión

En los últimos años tanto el desarrollo científico como el tecnológico han sufrido cambios importantes, desde lo conceptual hasta lo procedimental, es decir, se han tenido avances importantes en el conocimiento y en la forma de generar este conocimiento, desgraciadamente en el ámbito educativo esto no ha sido así.

Al respecto el Dr. Ignacio Pozo en su conferencia “Estrategias para Aprender, Estrategias para Enseñar” dictada el día 27 noviembre del 2007 en la Facultad de Ciencias de la UNAM comentó:

En la actualidad la escuela enseña contenidos del siglo XIX, con maestros del siglo XX a estudiantes del siglo XXI.

Con esto, queda claro que los profesores debemos emprender un esfuerzo por lograr una calidad educativa mediante la reflexión diaria y continua de nuestro quehacer docente, apoyados siempre, en las teorías psicopedagógicas del aprendizaje y con la ayuda de los elementos tecnológicos que permitan diseñar modelos de enseñanza eficientes y eficaces.

En la actualidad esto implica que el objetivo principal en la enseñanza de las ciencias no es la mera adquisición de información; sino más bien, se trata de lograr en los estudiantes un aprendizaje intensivo de habilidades cognitivas que puedan aplicarse a otros campos de la vida.

Hasta aquí se ha hecho un breve recorrido para explicar el marco pedagógico y la estructura que sustenta al modelo didáctico Enseñanza para la Comprensión (EpC), el cual fue instrumentado para enseñar la Teoría Especial de la Relatividad en el bachillerato, al mismo tiempo se ha introducido de manera sutil pero consistente, el uso que el modelo hace de las Nuevas Tecnologías, sin embargo, hasta ahora no se ha dado una clara explicación sobre el carácter educativo de estas ni tampoco se ha dado una clara definición de ellas, por lo que en el siguiente capítulo se hará un análisis más detallado al respecto.

CAPITULO II

Medios y Recursos Didácticos Basados en Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC)

Introducción

Las llamadas Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC) se desarrollan y se incorporan a la vida de los ciudadanos a una velocidad vertiginosa. Los efectos que éstas y sus múltiples aplicaciones tienen en la vida de los ciudadanos, de las empresas, de las instituciones y de las personas en general, se han manifestado en menos de una década.

Si miramos a nuestro alrededor se observan muchos cambios en la forma de comunicarse, organizarse, incluso de trabajar o de divertirse. Se ha conformado una nueva sociedad llamada, “Sociedad de la Información” (SI), también conocida como “Sociedad del Conocimiento” que se caracteriza por la posibilidad de acceder a volúmenes muy grandes de información y de conectarse con ciudadanos o grupos de ciudadanos fuera de los límites del *espacio* y del *tiempo*.

En la actualidad la educación debe ligarse necesariamente con la dinámica de cambio y adaptación constante a la llamada sociedad de la información. Al mismo tiempo, debe establecer una clara relación entre el conocimiento científico y cultural, el desarrollo tecnológico, las necesidades e intereses sociales e individuales y el mundo laboral. Debe, por tanto, dar respuesta a demandas y necesidades complejas y diversas, por lo que requiere de formas y planteamientos no tradicionales susceptibles de actuar con prontitud en esa amplia realidad.

Ante esta situación cabe preguntarse cuáles han sido las aportaciones que las NTIC han tenido en la educación, ya que en la actualidad su incorporación a las aulas no sólo es un desafío, sino que se convierte en una necesidad para que

los jóvenes del siglo XXI, puedan desenvolverse sin problemas dentro de ésta nueva sociedad de la información.

En este sentido las aportaciones de las NTIC toda vez que ofrecen disponibilidad, potencialidad, posibilidades de conseguir nuevos y más variados objetivos, versatilidad, etc., en los procesos de formación, se entienden como un "apoyo" importante en estos procesos.

Por otro lado, no podemos olvidar que al asociar las NTIC a la intervención educativa, estamos estableciendo la necesidad de apoyar instrumentalmente los programas y procesos de formación en recursos que, dadas sus características, suponemos sostendrán de un modo fehaciente los objetivos pretendidos en este tipo de formación.

Es por ello que a lo largo de las siguientes páginas, nos proponemos explicar cómo es que las NTIC apoyan el proceso enseñanza-aprendizaje cuando son utilizadas como medios o recursos didácticos.

Como punto de partida comenzaremos por describir qué son y a que llamamos las NTIC. Posteriormente llevaremos a cabo un análisis de los *medios y recursos didácticos* desde la perspectiva educativa, pues las NTIC lo son, y sin ello perderíamos la perspectiva didáctica. Al mismo tiempo se definirán algunas componentes estructurales y funciones de los medios y recursos didácticos con el fin de realizar una sencilla tipología y así poder definir sus ventajas y desventajas en el ámbito educativo.

Conjuntando la información anterior se describirán detalladamente qué son los medios y recursos didácticos basados en el uso de las NTIC para llegar a los llamados sistemas multimedia.

Por último se explicará cuales han sido los cambios que las NTIC han traído consigo al contexto educativo.

2.1. Definición de “Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación” (NTIC)

Algunos autores como Seymour Papert o David Cavallo, consideran que las NTIC son no sólo una oportunidad sino también la excusa perfecta para introducir en la educación nuevos elementos que realicen una transformación profunda de la práctica educativa, sin embargo, surge un gran número de interrogantes, por ejemplo si las NTIC se están incorporando en los centros escolares únicamente desde un punto de vista tecnológico o también desde una perspectiva pedagógica y en qué medida, o si existe algún tipo de valoración de la eficacia de las NTIC para mejorar la calidad de la enseñanza. Estas y muchas otras preguntas requieren de una reflexión profunda para conocer dónde nos encontramos y hacia dónde vamos.

Las NTIC crean nuevos entornos tanto humanos como artificiales de comunicación no conocidos hasta ahora, y establecen nuevas formas de interacción entre los usuarios y las máquinas donde uno y otro desempeñan roles diferentes a los clásicos de receptor y transmisor de información, por lo que el conocimiento contextualizado se construye en una nueva interacción que, sujeto y máquina establezcan.

En este contexto se hace necesario responder concretamente a un par de preguntas: ¿qué entendemos por NTIC? y ¿cuáles pueden ser sus características distintivas?

Respecto a la primera pregunta, es necesario tomar en cuenta, desde el principio, lo desafortunado e inapropiado del término “Nuevas Tecnologías”. En primer lugar, porque su misma novedad no se mantenga con el tiempo y ello no permita establecer taxonomías fijas dónde colocarlas y distribuirlas en categorías previamente establecidas, y en segundo lugar, por que con éste término tendemos a centrarnos demasiado en el vídeo y la informática, que si bien es cierto en su momento fueron nuevas tecnologías, en la actualidad son tecnologías tradicionales en nuestro contexto cultural, dejando fuera lo que verdaderamente

serían hoy las NTIC: telefonía celular y satelital, localizadores satelitales, tecnología MP3, televisión por cable y satélite, hipertextos, etc.

Esta situación se debe en cierta medida a la dificultad de distinguir formalmente entre "tecnologías" y "nuevas tecnologías" de la información y de la comunicación, cabe mencionar que algunos autores empiezan a utilizar otros términos como el de "tecnologías avanzadas" por lo que en el presente trabajo se usará el término Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC), englobando en él tanto las denominadas "nuevas tecnologías" como las "tecnologías avanzadas".

Las definiciones de NTIC que se han ofrecido son diversas, así para (Gisbert et al., 1992 p. 1), hace referencia al "conjunto de herramientas, soportes y canales para el tratamiento y acceso a la información". Por su parte (Bartolomé 1989, p. 11), desde una perspectiva abierta, señala que su expresión se refiere a los últimos desarrollos tecnológicos y sus aplicaciones.

(Castells et al. 1997) indica que "comprenden una serie de aplicaciones de descubrimiento científico cuyo núcleo central consiste en una capacidad cada vez mayor de tratamiento de la información".

Por último, en su libro "Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación" (Cabero et al., 2007, p. 18) escribe:

Desde una perspectiva general se puede decir que las nuevas tecnologías son aquellos medios y recursos electrónicos que crean, almacenan, recuperan, y transmiten la información de forma rápida y en gran cantidad, y lo hacen combinando diferentes tipos de códigos en una realidad hipermedia.

Por ser esta definición la que más se acerca a la descripción de lo que son las NTIC es a la que se hará referencia a lo largo del presente trabajo.

En la figura 2.1 se ofrece una representación de cuáles son las tecnologías que se pueden incluir dentro de las llamadas “nuevas tecnologías”, y que no se reducen al video o los equipos informáticos.

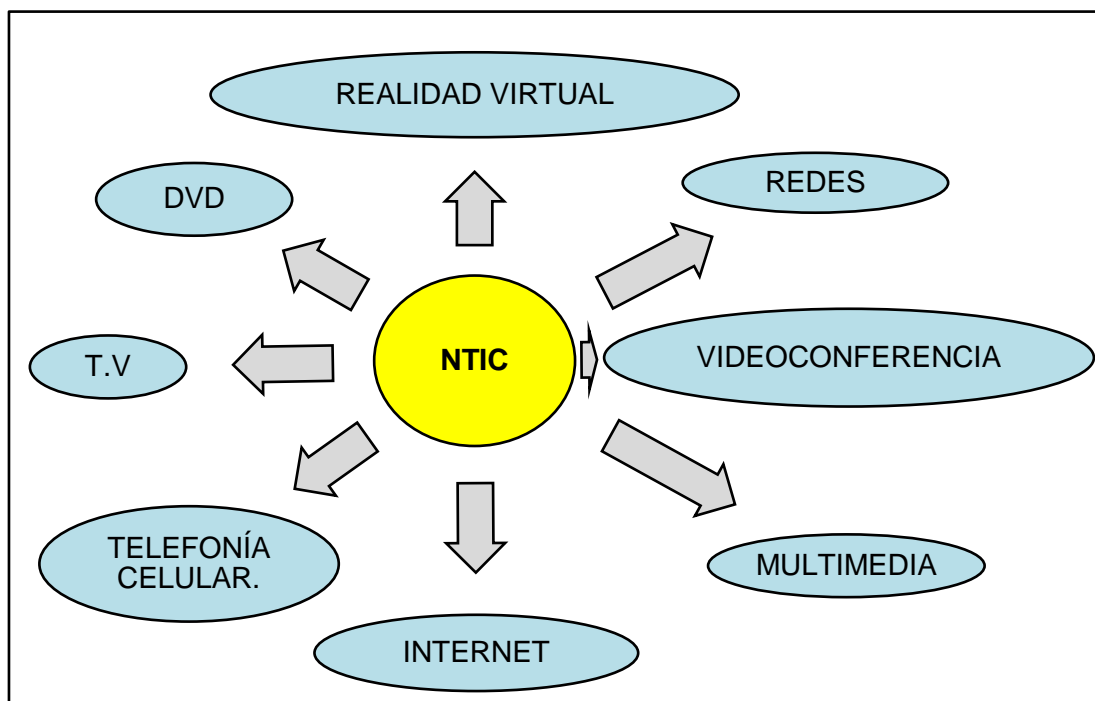


Figura 2.1 Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación

Por último no debemos olvidar que al asociar a las NTIC con la intervención educativa, estamos estableciendo la necesidad de apoyar instrumentalmente los programas y procesos educativos en *medios* y *recursos didácticos* que, dadas sus características, suponemos apoyaran indudablemente los objetivos educativos.

2.2. Los Medios y Recursos Didácticos en la Enseñanza

Al hablar de *medios* y *recursos didácticos*, queremos hacer referencia a las herramientas y materiales instrumentales que están al servicio de los programas educativos, fundamentalmente de las actividades, contenidos y objetivos.

Medio didáctico: Es cualquier material elaborado con la intención de facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Por ejemplo los libros de texto.

Recurso didáctico: Es cualquier material que, en un contexto educativo determinado, puede ser utilizado con una finalidad didáctica o para facilitar el desarrollo de las actividades formativas. Los recursos didácticos que se pueden utilizar en una situación de enseñanza-aprendizaje pueden ser o no medios didácticos. Por ejemplo, un vídeo para aprender qué son los volcanes y su dinámica será un material didáctico (pretende enseñar), en cambio un vídeo con un reportaje del National Geographic es un recurso didáctico (sólo pretende informar), pero dependiendo de su utilización este puede llegar a ser un medio didáctico.

En resumen, la diferencia entre "medios" y "recursos" es que los primeros han sido diseñados con el único fin de ser utilizados en procesos educativos, mientras que los segundos, han sido diseñados con otros propósitos más generales y pueden ser adaptados por los docentes para ser utilizados en dichos procesos educativos.

Para iniciar nuestro análisis de los *medios y recursos didácticos* partiremos del hecho de que el proceso de enseñanza-aprendizaje constituye, por naturaleza, un cúmulo de experiencias "conducidas" y "mediadas", es decir, reproduce de determinada manera la realidad a enseñar y a aprender. La relación entre el alumno y esa realidad a aprender se realiza a través de algún tipo de *medio o recurso didáctico* de enseñanza que, de este modo, pasa a ser el instrumento de representación, facilitación o aproximación a la realidad.

Los medios y recursos didácticos han sido entendidos como instrumentos de ayuda a la comunicación y a la información, o como la unión entre un instrumento (hardware) y un mensaje (software), por lo que dadas sus características, los consideraremos como:

- Elementos del proceso enseñanza-aprendizaje que median y configuran las relaciones que se establezcan entre el sujeto y el entorno.
- Modos de configurar la realidad.

Su importancia debe centrarse en la naturaleza constructiva del aprendizaje, ya que el individuo logra construir de forma activa y progresiva sus propias estructuras de adaptación e interpretación a través de *experiencias*, ya sean *directas* o *mediadas*, por lo que los *medios* y *recursos didácticos* actúan como instrumentos de ayuda para las experiencias mediadas, haciendo de soporte de ellas.

Lógicamente su importancia va a depender tanto del alumno, como del tipo de actividad, contenido u objetivo pretendidos. Es por ello que en su elección hay que considerar las actividades mentales que estimulen y faciliten la transmisión de información, la capacidad para satisfacer la exigencia de la actividad didáctica y la facilidad para conectarse con las características cognitivas del alumno, entre otras.

En este sentido los medios y recursos didácticos basados en NTIC resultan de gran utilidad para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad (TER), ya que permiten a los estudiantes visualizar fenómenos y situaciones que, de otra manera, serían imposibles de percibir, facilitando así la comprensión de conceptos que requieren de altos niveles de abstracción.

Por otro lado, el problema aquí no radica en incluir o no un determinado medio o recurso, sino en establecer su sentido en el contexto formativo, esto es, en establecer su papel en relación con las necesidades, objetivos, contenidos, actividades, tipo de alumno, estructura de relaciones profesor-alumno, etc., y es que los medios, por sí solos, no mejoran la enseñanza o el aprendizaje, lo harán en la medida en que se hayan seleccionado adecuadamente y con funcionalidad respecto a las necesidades del proceso de enseñanza-aprendizaje en el que se hayan de insertar.

Por otro lado, el mundo actual se caracteriza por la fuerte relación y el complemento que existe entre *Tecnología y Enseñanza* y por las características novedosas que está adquiriendo la tecnología, *por lo que no es extraño que se busquen modelos pedagógicos que ayuden a plantear la enseñanza bajo esta nueva perspectiva*. En este sentido los nuevos medios tecnológicos están logrando no sólo cambiar los sistemas de relación ser humano-medio, sino también, han logrado instalarse como componente cultural, por lo que se hace necesario empaparse de ellos desde la consideración de que su utilización en la enseñanza es, si no inevitable, al menos necesaria.

En general las funciones que pueden desempeñar los medios en una situación didáctica vienen dados por la propia potencialidad del medio de que se trate y por el papel que se le asigne o que pueda asumir en el propio proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta funcionalidad podría resumirse en los siguientes elementos:

1. **INNOVADORA:** La inclusión de un medio en el proceso de enseñanza-aprendizaje plantea un nuevo tipo de proceso. En este sentido un medio genera cambios en el modelo de enseñanza y en el tipo de aprendizaje. Pero también puede actuar como reforzador de un modelo previo o generar cambios superficiales. Por ello, el uso de un medio debe plantearse desde el análisis de sus repercusiones en el proceso en el que pretende inscribirse y debe obligar a actuar en consecuencia.
2. **MOTIVADORA:** Esta función proviene de su capacidad para diversificar la visión sobre la realidad y también del uso del propio medio en la medida en que refuerza una situación educativa y puede hacerlo de una forma, o más directa, o más atractiva. No olvidemos que los medios y recursos apoyan la presentación de mensajes con el objetivo de favorecer los aprendizajes.
3. **ESTRUCTURADORA DE LA REALIDAD:** Un medio no es la realidad, sino una aproximación o nexo con ella, como hemos dejado apuntado, es, si se prefiere, una representación o simbolización de esa realidad y, en este

sentido, la organiza y presenta de una determinada manera. Se puede pensar que el medio no es el que selecciona o sesga una realidad, sino que lo hace el mensaje elaborado por el profesor y efectivamente puede ser así, pero también hay que admitir que cada medio permite una visión de esa realidad y no otra, y que a veces, el medio es también mensaje. En cualquier caso el medio ayuda a guiar, metodológicamente, la actividad docente y discente estableciendo un tipo de relación con la enseñanza y el aprendizaje.

4. **FORMATIVA:** Los medios pueden condicionar el tipo de aprendizaje, esto es, provocan un tipo de actividad mental en los alumnos. Al mismo tiempo los medios ayudan a transmitir determinados tipos de valores en la medida en que apoyan la presentación de contenidos, guían, facilitan y organizan la acción didáctica y median entre docente y discente.
5. **SOLICITARDORA U OPERATIVA:** Ya hemos visto que la finalidad de un medio es la de facilitar la acción de enseñanza-aprendizaje, pues bien, es lógico admitir que los medios ayudan a organizar las experiencias de aprendizaje a la vez que establecen un tipo de contacto con la realidad que representan y exigen un tipo de contacto con ellos mismos.

Hasta aquí podemos observar que el análisis didáctico de los medios o recursos, con independencia de su aplicación en una situación concreta, es una tarea complicada. Sin embargo, y a manera de resumen, podemos concluir que *su valor va a depender, fundamentalmente, del contexto e intencionalidad metodológica en el que se encuentren*. En este sentido, el análisis de sus cualidades y posibilidades va a permitir solamente, establecer las capacidades funcionales del medio o recurso en la estrategia didáctica elegida y apoyar la elección de uno u otro dependiendo del contexto educativo de que se trate.

Lo que si debe quedar claro es que, el medio, nunca ha de ser la clave en la decisión de la estrategia metodológica a usar dentro del proceso enseñanza-aprendizaje.

2.2.1. Componentes Estructurales de los Medios y Recursos Didácticos.

Al analizar los medios y recursos didácticos, y sin profundizar en los aspectos pragmáticos y organizativos que configuran su utilización contextualizada en cada situación concreta, podemos identificar los siguientes elementos estructurales:

- **El sistema de símbolos** (textuales, icónicos, sonoros) que utiliza. En el caso de un vídeo aparecen casi siempre imágenes, voces, música y algunos textos.
- **El contenido material** (software), integrado por los elementos semánticos de los contenidos, su estructuración, los elementos didácticos que se utilizan (organizadores previos, subrayado, preguntas, ejercicios de aplicación, resúmenes, etc.), la forma de presentación, el estilo etc. En concreto: información y propuestas de actividad.
- **La plataforma tecnológica** (hardware) que sirve de soporte y actúa como instrumento de mediación para acceder al material. En el caso de un vídeo el soporte actual será por ejemplo un DVD (disco) y el instrumento para acceder al contenido será el DVD (reproductor).
- **El entorno de comunicación con el usuario**, que proporciona determinados sistemas de mediación en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Si un medio concreto está inmerso en un entorno de aprendizaje mayor, podrá aumentar su funcionalidad al poder aprovechar algunas de las funcionalidades de dicho entorno. Por ejemplo la INTERNET.

2.2.2. Funciones que Pueden Realizar los Medios y Recursos Didácticos.

Según como se utilicen en los procesos de enseñanza-aprendizaje, los medios y recursos didácticos, en general, pueden realizar diversas funciones; entre ellas destacamos como las más habituales las siguientes:

- ✓ **Proporcionar información.** Prácticamente todos los medios didácticos proporcionan explícitamente información: libros, vídeos, programas informáticos, etc.
- ✓ **Guiar los aprendizajes** de los estudiantes. Ayudan a organizar la información, a relacionar conocimientos previos con los nuevos, a crear nuevos conocimientos, aplicarlos, etc. Por ejemplo, este es el objetivo principal de los libros de texto.
- ✓ **Ejercitar habilidades,** (practicar). Por ejemplo, un programa informático (simulaciones) que exige de los usuarios una determinada respuesta.
- ✓ **Motivar,** despertar el interés del estudiante y mantener fija su atención. Un buen material didáctico siempre debe resultar motivador para los estudiantes.
- ✓ **Evaluar** los conocimientos y las habilidades que se poseen, como lo hacen las preguntas de los libros de texto o los programas informáticos. La corrección de los errores de los estudiantes a veces se realiza de manera explícita (como en el caso de los materiales multimedia que tutorizan las actuaciones de los usuarios) y en otros casos resulta implícita ya que es el propio estudiante quien se da cuenta de sus errores (como pasa por ejemplo cuando interactúa con una simulación).

- ✓ **Proporcionar simulaciones** que ofrecen entornos para la observación, exploración y la experimentación. Por ejemplo, un simulador de vuelo informático ayuda a entender cómo se pilotea un avión.
- ✓ **Proporcionar entornos para la expresión** y creación. Es el caso de los procesadores de textos o los editores gráficos informáticos como PowerPoint.

Como ya se ha dicho anteriormente, los medios no solamente transmiten información, también hacen de mediadores entre la realidad y los estudiantes, y mediante sus sistemas simbólicos, desarrollan habilidades cognitivas en los usuarios.

Hasta aquí contamos con suficiente material para realizar una pequeña clasificación de los medios y recursos didácticos como se verá a continuación.

2.2.3. Tipología de los Medios y Recursos Didácticos

Par iniciar nuestra clasificación, partiremos de la perspectiva tecnológica en la que se sustenten muchos de los medios, y por ende, los recursos educativos en general, por lo que los clasificaremos en tres grandes grupos, cada uno de los cuales incluye diversos subgrupos:

- ✓ **Materiales convencionales:**
 - Impresos (textos): libros, fotocopias, periódicos, documentos...
 - Tableros didácticos: pizarrón, franelógrafo...
 - Materiales manipulativos: recortables, cartulinas...
 - Juegos de mesa...
 - Materiales de laboratorio...
- ✓ **Materiales audiovisuales:**

- Imágenes fijas (fotos): diapositivas, fotografías...
- Materiales sonoros (audio): cassetes, discos, programas de radio...
- Materiales audiovisuales (vídeo): montajes audiovisuales, películas, vídeos, programas de televisión...

✓ **Nuevas tecnologías:**

- Programas informáticos (CD u on-line) educativos: videojuegos, lenguajes de programación, presentaciones multimedia, enciclopedias, animaciones y simulaciones interactivas...
- Servicios telemáticos: páginas web, web-blogs, tours virtuales, web-quest, correo electrónico, chats, foros, unidades didácticas y cursos on-line...
- TV y vídeo interactivos.

Con base en lo anterior, podemos describir algunas ventajas asociadas a la utilización de los medios y recursos.

2.2.4. Ventajas Asociadas a la Utilización de Medios y Recursos Didácticos

Cada medio o recurso didáctico ofrece determinadas prestaciones y posibilidades de utilización en el desarrollo de las actividades de aprendizaje que, en *función del contexto educativo*, le pueden permitir ofrecer ventajas significativas frente al uso de medios tradicionales. Para poder determinar las ventajas de un medio sobre otro, siempre debemos considerar el contexto de aplicación (un material multimedia no es "per se" mejor que un libro convencional), estas ventajas o diferencias entre los distintos medios vienen determinadas por sus elementos estructurales los cuales fueron descritos en el apartado 2.2.1.

Sin embargo, si ahora consideramos a las componentes estructurales de los medios desde el punto de vista pragmático, podremos ampliar su descripción de la siguiente manera:

- **El sistema simbólico** que utiliza para transmitir la información como textos, voces, imágenes estáticas, imágenes en movimiento etc. Estas diferencias, cuando pensamos en un contexto concreto de aplicación, tienen implicaciones pedagógicas, por ejemplo, hay información que se comprende mejor mediante imágenes ya que algunos estudiantes captan mejor la información icónica concreta que las verbales abstractas.
- **El contenido** que presenta y la forma en que lo hace. La información que gestiona, su estructura, los elementos didácticos que utiliza (introducción con los organizadores previos, subrayado, preguntas, ejercicios de aplicación, resúmenes, etc.), la manera en la que se presenta, etc. Así, aún tratándose del mismo tema, un material puede estar más estructurado o incluir muchos ejemplos y anécdotas, o proponer más ejercicios, en concordancia con el hacer habitual del profesor.
- **La plataforma tecnológica** (hardware) que sirve de soporte y actúa como instrumento de mediación para acceder al material. No siempre se tiene disponible la infraestructura que requieren determinados medios, ni los alumnos tienen las habilidades necesarias para utilizar la tecnología con algunos materiales.
- **El entorno de comunicación** con el usuario, que proporciona unos determinados sistemas de mediación en los procesos de enseñanza y aprendizaje (interacción que genera y pragmática que facilita). Por ejemplo, si un material didáctico está integrado en una "plataforma-entorno de aprendizaje" podrá aprovechar las funcionalidades que éste le proporcione. Otro ejemplo sería un simulador informático de electricidad que le permitiría al usuario realizar más prácticas en menor tiempo, pero resulta menos realista y formativo que hacerlo en un laboratorio convencional.

Con todo lo anterior, podríamos establecer las siguientes dimensiones de análisis para la valoración de los medios y recursos didácticos:

2.2.5. Valoración de los Medios y Recursos Didácticos

- **Funcionalidad intrínseca:** En concreto, se trata de valorar, en primer lugar, las características y prestaciones que por sí mismo puede ofrecer un determinado medio o recurso.
- **Funcionalidad curricular:** En este caso se trata de valorar el grado o nivel de adaptación de un medio que sea compatible e idóneo a las condiciones de alguna situación didáctica que corresponda a las condiciones de enseñanza y aprendizaje a las que debe de servir. Fundamentalmente debería de evaluarse el grado de adecuación a los sujetos de aprendizaje y a la secuencia didáctica.
- **Costo y rentabilidad:** El costo del medio, el de mantenimiento, las exigencias de equipamientos complementarios y, también, la eficacia y rentabilidad didáctica han de ser aspectos a considerar para determinar su uso.

Aún podríamos ahondar más en la valoración de los medios y recursos, pero si consideramos ahora las *funciones didácticas* señaladas en el apartado 2.2.2, podríamos establecer otros aspectos que completarían una valoración general, lo que al mismo tiempo, podría servir como criterio de aplicación.

En este sentido resulta importante que el profesor disponga de conocimientos y criterios para:

- Seleccionar el medio o recurso más apropiado a su acción didáctica y grupo de aprendizaje.
- Conocer las características y potencialidades de los medios más cercanos a su acción y posibilidades.

- Utilizar adecuadamente el medio seleccionado.

Todo lo anterior tiene como objetivo principal guiar al docente en la elección de medios para evitar el uso de uno en lugar de otro más adecuado por falta de conocimiento técnico, o el uso de éste por su novedad, sin valorar previamente su incidencia en el proceso educativo, e incluso, evitar el rechazo hacia otros medios o su utilización indiscriminada.

Una vez definido el concepto de NTIC y entendidos los conceptos de *medios y recursos didácticos*, desde la perspectiva educativa, se describirán de manera detallada lo que son los medios y recursos didácticos basados en las NTIC.

2.3. Medios y Recursos Didácticos Basados en las NTIC

Por NTIC se definió a *aquellos medios y recursos electrónicos que crean, almacenan, recuperan, y transmiten la información de forma rápida y en gran cantidad, y lo hacen combinando diferentes tipos de códigos en una realidad hipertexto*. Su característica más visible es su radical *carácter innovador*, y su influencia más notable se establece en el cambio tecnológico y cultural en el sentido de que están dando lugar a nuevos procesos culturales.

Las NTIC son *nuevas herramientas y nuevos modos de expresión, que suponen nuevas formas de acceso y nuevos modelos de participación y recreación cultural* y, por lo mismo, establecen un nuevo concepto de *alfabetización*.

Las características comunes de las NTIC son:

- *Inmaterialidad.*
- *Interactividad.*
- *Instantaneidad.*
- *Innovación.*

El punto de convergencia de todas estas manifestaciones es la computadora. La computadora, como *recurso*, tiene las mismas características que el resto de medios, aunque con funcionalidades intrínsecas distintas. Fundamentalmente su potencialidad para la enseñanza radica en su capacidad de:

- Secuenciar tareas de aprendizaje.
- Respetar el ritmo individual de cada alumno.
- Favorecer la participación y actividad del alumno.
- Favorecer las respuestas.
- Facilitar la retroalimentación, entre otras.

Estos nuevos planteamientos en el acceso y tratamiento de la información sin barreras espacio-temporales y sin condicionamientos hace surgir también, un nuevo concepto de mediación educativa que afecta al modelo de relación entre el individuo, la cultura y la enseñanza.

No podemos dejar de considerar, por otra parte, que las NTIC, dada la situación en que nos desenvolvemos, se plantean como un hecho trascendente y apremiante. En primer lugar, porque derivan de (y provocan) una aceleración en los cambios y avances científico-técnicos y, en segundo lugar, porque paradójicamente, provocan cambios de todo tipo en las estructuras sociales, económicas, laborales e individuales.

El caso es que presenciamos una nueva e irreversible revolución protagonizada por la microelectrónica y la informática, y de lo que se trata es de adaptarse cultural, social y laboralmente a esa revolución desde nuevas concepciones socio-culturales, económicas y educativas.

En el caso que nos ocupa, como el educativo, surgen algunos cuestionamientos como: ¿Qué ofrece o es capaz de ofrecer en este panorama un sistema educativo basado en el uso de las NTIC? Se creé, que al menos:

- Grandes posibilidades de estandarización y de adecuación a las necesidades individuales y de la enseñanza.
- Una clara alternativa a la descentralización de la formación.
- Reducir el tiempo y el costo de la formación.
- Atender a un mayor número de necesidades de formación.

Ahora intentaremos mostrar algunas de esas posibilidades de que hablábamos, apoyadas en las computadoras antes de la aparición de las redes de información, de un modo obligadamente sintético y general, para lo que seguiremos la siguiente categorización:

2.3.1. Medios Locales o Específicos de Formación

Entenderemos por "medios locales o específicos" a los medios cuya acción se circunscribe a aquello para lo que están diseñados. Como ejemplos de ellos podríamos citar:

a) El caso de la "Simulación" en la enseñanza.

Una simulación es la producción de la apariencia de algo real y/o de sus efectos, "cuando ese producto puede ser manipulado y se asemeja a la situación real que representa" (López Yáñez, 1990:35).

La computadora ha permitido que este hecho pueda generalizarse a múltiples situaciones y que todas ellas puedan llevarse al aula debido a algunas de sus características, como son: Su *carácter dinámico e interactivo* y su *versatilidad*.

La simulación mejora:

- ✓ La motivación.
- ✓ La comprensión de los mecanismos que rigen el proceso o realidad que se simula.
- ✓ La capacidad de transferencia y aplicación de los conocimientos.

- ✓ Las actitudes positivas hacia el proceso de aprendizaje.

La simulación permite:

- ✓ Aproximar la realidad a aprender con la posibilidad de "intervenir" en ella.
- ✓ La interacción con esa realidad "simulada" que, en otras condiciones, no podría asumirse de modo real.
- ✓ Operar con las variables que componen la realidad "simulada", de tal modo que se creen "realidades virtuales".

b) Enseñanza asistida por sistemas tutoriales.

Su acción se basa en el diseño de lo que se denomina "*entornos reactivos*" y que actúan en base a los siguientes componentes:

Currículum: El sistema "Incorpora un currículum bien articulado en un área determinada y una teoría explícita de la enseñanza, representada por sus estrategias de tutoría" (Yazdani y Lawler, 1986:199).

Modelo de alumno: "El sistema necesita un modelo de los conocimientos del alumno sobre el contenido, incluidas sus falsas concepciones, para orientarle convenientemente en el aprendizaje. Se trata de conocer qué errores se cometen y por qué, para promover estrategias de aprendizaje que se anticipen a ellos". (López Yáñez, 1990:62).

Modelo de Profesor: El sistema "simula" la conducta de un profesor experto.

En base a los componentes anteriores se suelen usar el siguiente tipo de estrategias:

- Proporcionar orientación al alumno sobre la forma de resolver un problema, modificando el entorno para que se puedan ensayar distintas alternativas de solución.

- Formular preguntas al alumno que le ayuden a razonar y a formular o modificar sus propios conceptos. Para ello se suelen incluir simulaciones y juegos a través de los que el alumno puede descubrir hechos y leyes.
- Proporcionar tareas para evaluar respuestas y detectar concepciones erróneas" (Jones, 1985:519).

c) El vídeo interactivo.

El Vídeo Interactivo es un sistema que se ha convertido en un medio clave para el tratamiento de la información y para su presentación a los usuarios, pues combina las posibilidades del vídeo convencional con las virtualidades de la informática, lo que permite el tratamiento conjunto de imágenes, sonido, texto y gráficos y la *Interacción* del usuario a través de una computadora que, en la práctica, se constituye como el elemento de control del sistema.

Su característica distintiva es la *interacción*, esto es, la relación que el usuario puede establecer con dicha información. Debido a ello, su potencialidad formativa es muy alta, dada su capacidad para hacer participar al alumno y dado su nivel de motivación, eficacia y "realismo".

Desde esta perspectiva, no es extraño que el video interactivo se esté convirtiendo en un instrumento de formación y entrenamiento, debido fundamentalmente a las prestaciones que ofrece o puede ofrecer en las secuencias de formación necesarias al mundo educativo en general y también a su capacidad para almacenar información de todo tipo, su flexibilidad de uso, su generalización, etc., aunque en estos momentos esté desplazado por los nuevos medios, como veremos mas adelante.

d) Hipertexto o Hipermedia

Las aplicaciones Hipertexto o Hipermedia permiten combinar información (texto, gráficos, tablas, imágenes, sonido, ...) de tal modo que el usuario puede pasar de un concepto a otro o de un documento a otro a través de una estructura

que, a modo de red, permite ir construyendo la información requerida por el usuario en un determinado entorno.

Destacaremos dos características específicas de estos sistemas:

1. Varían el sistema de relación profesor-alumno e información-alumno:
2. Varían la estructura de organización de la información. La estructura de organización es lo que se denomina una "red semántica", que representa los nexos de unión entre conceptos o documentos y que permite "navegar" a través de ellos de forma no secuencial.

Dentro de sus posibilidades tenemos:

- Permiten procesos de aprendizaje flexibles susceptibles de adaptarse a todo tipo de ritmos, necesidades o niveles formativos.
- Se adaptan con facilidad a todo tipo de cambio.
- Modulan y estructuran contenidos.
- Facilitan el acceso a todos los contenidos necesarios.
- Son capaces de "guiar" al alumno por distintos niveles de profundización.

2.3.2 Medios de Formación Abierta

Los medios de formación abierta se establecen como una modalidad de enseñanza a distancia pero desde una perspectiva distinta, usando a la vez estrategias de enseñanza a distancia y presencial, por lo que se entienden como estrategias para el aprendizaje abierto tal y como establecieron Lewis y Spencer (1986).

En este sentido, y siguiendo a Souto (1992) la aplicación de las NTIC deberían cubrir los siguientes requerimientos:

- Adaptarse y ayudar al usuario.
- Proporcionar posibilidades de comunicación con otras personas.
- Proporcionar acceso a los materiales de aprendizaje.

- Proporcionar ayuda en el currículum.
- Proporcionar las funciones de seguimiento y tutoría.

Se consideran medios de formación abierta: La video-conferencia, el correo electrónico, el chat, mensajería, hipertexto en red, el trabajo cooperativo, etc.

Los medios de formación abierta basados en las NTIC permiten:

- La autoformación.
- La formación en el puesto de trabajo.
- La disponibilidad de información diversa en todo tiempo y lugar.
- La interacción con grandes audiencias.
- La interactividad bajo el control del usuario.
- La apertura, sobre todo con el uso de las redes de información y formación.
- Flexibilidad o adaptación a gran número de necesidades de los alumnos como: estrategias de aprendizaje, estrategias de enseñanza, etc.
- Facilidad de acceso.
- Sistemas de apoyo a los usuarios.
- La organización de complejas actividades de enseñanza.
- Rentabilidad de tiempo, esfuerzo y costos.
- La incorporación de sistemas multimedia, esto es, sistemas que "implican la interacción entre una nueva concepción de la educación como un proceso no lineal y la integración de texto, imágenes y sonido bajo el control de la computadora con grandes niveles de interconectividad..." (Salinas, 1994:16).

En general nos situamos ante medios cuyo soporte tecnológico es INTERNET (aunque existen otros específicos). Esta NTIC puede servir, a la vez, como:

- a) Sistema de formación general, profesional y ocupacional.
- b) Información.

los cuales se describen a continuación.

a) Sistemas de Formación General, Profesional y Ocupacional

La formación de los individuos, requiere poner al alcance de todo tipo de usuarios la información necesaria para que todos ellos tengan acceso a datos relativos tanto a las ofertas o posibilidades de formación como a las vías de acceso a ella.

Además de los sistemas de "red", tipo INTERNET, el uso de *Bases de Datos* es otro de los recursos para el acceso a información relevante en el ámbito de la formación profesional y ocupacional.

b) Sistemas de Información

INTERNET es la red de redes, la conexión "total" entre computadoras a través de un protocolo o idioma común (TCP/IP: *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*), de un modo "transparente", de tal manera que el usuario no aprecia ni necesita los recursos necesarios para la comunicación.

Los servicios más frecuentes de INTERNET son:

E-Mail: Correo electrónico

Chat: Conversación entre usuarios

E-Conferences: Derivadas del E-Mail y que constituyen toda una red de servicios de información

FTP (*File Transfer Protocol*): Intercambio de ficheros a través de la red, entre otros.

INTERNET contiene herramientas que incorporan la posibilidad de trabajar hipertextos o hipermedia, como el WWW, y bases de datos, libros y revistas, etc. de dominio público o restringido. Entre ellos citaremos:

ERIC: (*Educational Resources Information Center*) que proporciona acceso a referencias bibliográficas, resúmenes de artículos, e información sobre temas y publicaciones de todo tipo.

SYLLABUS: Es una revista electrónica que recoge proyectos de trabajo e investigación educativa basados en la red Internet.

GUTENBERG: Es un proyecto que intenta poner en la red toda una biblioteca de textos.

Existen otros proyectos y protocolos cuyo objetivo es el intercambiar o proporcionar información sobre diferentes ámbitos del conocimiento y que intentan satisfacer los intereses o demandas de grupos específicos de población. Existe mucho más de lo que es posible describir en esta exposición, realmente es todo un mundo de información a disposición del usuario.

La inmensa mayoría de esta red de servicios de información, tanto por su configuración (transparente, interactiva, abierta y casi sin límites) como por sus contenidos, es o puede convertirse en una herramienta de formación tanto personal como institucional, pero el sistema formativo más genuino, completo y potente que puede darse o apoyarse en la red es el hipermedia.

La herramienta más importante de este sistema es el proyecto WWW (*World Wide Web*), que es un sistema hipermedia del proyecto CERN que tiene por objetivo permitir el acceso y la elaboración de información en la red INTERNET.

INTERNET hace posible o permite el uso de distintos protocolos desde una única y sencilla interface de usuario, por ejemplo: HTLM (*Hiper Text Markup Language*), HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), FTP (*File Transfer Protocol*), etc.

El protocolo más versátil, tanto como herramienta para la construcción de sistemas hipermedia como para la formación y, lógicamente, para el trabajo dentro de WWW es el protocolo HTLM, que actúa como un formato estandarizado en WWW para crear documentos hipermedia y dejarlos a disposición del usuario. En la práctica, este protocolo permite globalizar todos los sistemas aplicados a la

formación, tanto los descritos como "medios locales o específicos", como los "abiertos".

Las repercusiones generales de los medios "abiertos" en educación podríamos describirlas de la siguiente manera:

1. Globalizan el espacio cultural a la vez que todos y cada uno de sus elementos interactúan, de tal modo que los denominados contenidos culturales quedan a disposición real, en tiempo y espacio, de los usuarios.
2. Cambian los "medios" y "canales" de acceso y tratamiento de la información, y al hacerlo, varían el acercamiento a esa información en la medida en que favorecen la autonomía, interactividad, etc. En este sentido, favorecen la participación, el trabajo independiente, la adaptación, etc.
3. A la enseñanza apoyada en estos medios deviene una acción más "educativa" y menos "informativa", y el espacio y organización se convierten en elementos "virtuales" adaptables de acuerdo a las necesidades.

En cualquier caso lo dicho hasta aquí debe servir, al menos, para reflexionar sobre la gama de posibilidades que ofrecen la amplia panorámica de medios de los que hoy día dispone la formación y sobre sus virtualidades en su polifacético mundo.

Por ser los sistemas multimedia o hipermedia las herramientas que integran y controlan una información proveniente de diferentes medios, generando un nuevo sistema de comunicación e información; de tal modo que varían el tiempo y el espacio de la comunicación y que una de sus características más importantes es la interactividad, debe ser tratada con mayor profundidad en cuanto a sus funciones pedagógicas concierne.

2.4. Función Pedagógica de los Sistemas Multimedia

Autores como Fernández, B (1987), González, V (1986) y Klingberg, L (1978) han hecho aportaciones en cuanto a las funciones que los medios de enseñanza juegan en el proceso pedagógico, algunas de los cuales sirven de base para nuestra propuesta de modelo didáctico (EpC).

Partiendo de que las funciones de los medios se evidencian en el funcionamiento externo de un objeto, el sistema multimedia responde a las siguientes funciones: cognoscitiva, comunicativa, motivadora, informativa, integrativa, sistematizadora, y de control.

En la función cognoscitiva tomamos como punto de partida el criterio expresado por Klingberg, L (1978) cuando señala que estructurar el proceso de aprendizaje como un proceso del conocimiento requiere del empleo de medios de enseñanza, y por supuesto, el sistema multimedia es uno de ellos. Este sistema actúa cumpliendo con el principio del carácter audiovisual de la enseñanza, y de esta manera, permite establecer el camino entre las representaciones de la realidad objetiva, en forma de medios, y los conocimientos que asimilarán los estudiantes. El sistema multimedia dada la amplia capacidad integradora de los medios que lo forman, en calidad de componentes, ofrece un reflejo más acabado de la realidad objetiva, permitiendo una mejor apropiación de los conocimientos.

Concordamos con González, V. (1986) cuando expresa que el papel de los medios está en proporcionar verdaderamente el puente o vínculo entre las percepciones concretas y el proceso lógico del pensamiento. El multimedia, al actuar en su carácter sistémico, aprovecha al máximo las posibilidades de los canales sensoriales a través de los cuales se manifiestan los distintos medios que lo forman. De esta manera explota con gran fuerza la memoria visual y auditiva, logrando una mayor apropiación de los conocimientos. Por supuesto que la adquisición de estos conocimientos, requieren ante todo, de la relación objetivo-contenido-método.

La función comunicativa está apoyada en el papel que los medios de enseñanza cumplen en el proceso de la comunicación. En este proceso, los medios ocupan el lugar del canal que es a su vez soporte de la información, es vínculo portador del mensaje (González V. 1989) que se transmite a los estudiantes. Por tal razón el sistema multimedia actúa como soporte a partir del cual se desarrolla el proceso comunicativo entre los realizadores del mismo y los estudiantes que lo emplean. Es en este momento, donde el multimedia manifiesta la interactividad con el estudiante, donde el usuario puede seleccionar la información y el camino a seguir, mientras que el multimedia le puede sugerir otras vías y otras fuentes alternativas a las que pretende tomar.

La interacción es parte de la función comunicativa, pues con ella, se logra la verdadera comunicación con el sistema. Este proceso no debe verse solamente entre el sistema y los estudiantes sino que se extiende a las posibilidades de comunicación telemática con otros profesores, estudiantes, o centros remotos, situación que no es cumplida por otros medios.

Esto último es poco explotado aún, pero a medida que las comunicaciones informáticas incrementen su presencia física en los entornos educativos, ésta comunicación bilateral dejará de ser una novedad para ser una constante.

El sistema multimedia manifiesta su función motivadora a partir del criterio de González, V. (1986) cuando señala que los medios aumentan la motivación por la enseñanza al presentar estímulos que facilitan la auto-actividad del alumno, la seguridad en el proceso de aprendizaje y el cambio de actividad. Este sistema muestra, desde el primer momento, una manera novedosa de presentar los conocimientos apoyándose en su forma, en la integración de medios y en las estructuras de navegación. Cada uno de estos elementos contribuye de forma efectiva, a facilitar e incrementar el autoaprendizaje del estudiante en este sistema educativo.

Las estructuras de navegación elevan considerablemente la motivación del estudiante hacia la materia o el curso que estudia, pues lo pone cada vez en

contacto con un nuevo conocimiento, un nuevo medio o un camino distinto cada vez que avanza en el sistema. El propio sistema multimedia en su conjunto se constituye en un medio novedoso, en parte por su escasa utilización en los sistemas a distancia, y en parte por el hecho de integrar a otros medios.

En la función informativa partimos del punto de vista de Fernández, B (1987) al expresar que el empleo de los medios permite brindar una información más amplia, completa y exacta, ampliando los límites de la transmisión de conocimientos. La aplicación del sistema multimedia enriquece el proceso de transmisión de la información que es necesario en la educación debido a la integración de medios, a las posibilidades de búsqueda de información fuera del propio sistema, a las consultas con el profesor y otros alumnos, así como a la interactividad entre el sistema y el estudiante.

La integración de medios como el video, animaciones, sonidos, fotografías y textos, diversifican las fuentes de adquisición de información, donde cada una añade una nueva información a la otra para completar un conjunto superior de información sobre un mismo tema. De esta manera el estudiante encontrará una amplitud de información sobre el tema que estudia o las recomendaciones para buscarlas en otros sitios.

La función integradora es una de las más importantes de este medio, pues la misma se refleja en otras de las funciones que ya hemos explicado. La integración de medios no significa la sustitución de ellos, ni la sobrevaloración de este medio por encima de otros, pero en la enseñanza, es importante facilitar al estudiante el acceso a la información, el ahorro de tiempo y la disminución del esfuerzo en el aprendizaje. Estas necesidades las cumple el sistema multimedia al permitir la integración de numerosos medios, de esta manera el estudiante no tiene que buscar en el libro la tarea, en el casete de audio escuchar la grabación o ver la animación en el video, pues todos ellos estarán integrados en el propio sistema. Pero esta función, además se extiende a la integración de los contenidos.

La función sistematizadora obedece a la planificación del trabajo con el sistema multimedia, la que se cumple desde la etapa de elaboración del mismo. Aun cuando este medio se caracteriza por la navegación no lineal, ello no significa en modo alguno, que el aprendizaje sea improvisado. La sistematización garantiza que el estudiante pueda ir ampliando sus conocimientos a medida que avanza en el trabajo con el multimedia y a su vez va comprobando lo aprendido.

En esta función se manifiesta la articulación didáctica de los componentes del multimedia en particular y del proceso pedagógico en general. De igual manera la ejercitación y la aplicación de lo aprendido se manifiestan en el sistema multimedia con la repetición de tareas cuando estas no han sido solucionadas de manera satisfactoria por el estudiante o por la ejecución repetida de actividades necesarias durante todo el proceso, *Este medio permite además, el desarrollo integrado del pensamiento del estudiante al permitir la manifestación de las operaciones lógicas de análisis, síntesis, abstracción, inducción y deducción.*

El sistema multimedia manifiesta su función de control a partir de la posibilidad que tiene el estudiante de comprobar su aprendizaje y el profesor de conocer este. El sistema actúa en la medida que el estudiante avanza y puede responder preguntas, llevar a cabo una autoevaluación, realizar ejercicios con la finalidad de consolidar y ejercitar, etc. La retroalimentación que el usuario obtiene mediante su autoevaluación le permite además corregir los métodos que emplea, su eficiencia y trazarse nuevas formas de autoaprendizaje, así las posibilidades didácticas de los sistemas multimedia, pueden ser muchas y muy variadas como veremos en el siguiente apartado.

2.4.1. Posibilidades Didácticas de los Sistemas Multimedia

Los sistemas multimedia tienen la posibilidad de ofrecer la sensación de variar la estructura de la organización de la información al facilitar la búsqueda no secuencial o lineal. La búsqueda no lineal significa que el estudiante sigue un patrón que no corresponde con la lectura lineal aplicada a los medios tradicionales, por ejemplo, una película educativa.

Hasta hace unos años, los medios de enseñanza tradicionales no tenían la posibilidad de estructurar sus mensajes de manera no lineal, por ejemplo, para que un estudiante o grupo de estudiantes pudiera observar el fragmento de un video, o escuchar un sonido grabado en una cinta, debía rebobinar toda la cinta hasta el sitio deseado.

En la actualidad y en contraposición a lo dicho anteriormente, el hipertexto, en la que no se tiene que recurrir a una secuencia fija y previamente determinada para la búsqueda de la información, rompe con la linealidad y ayuda al estudiante a seleccionar el camino que seguirá y que guarda relación con sus características personales, gustos y aspiraciones.

La sensación de la no linealidad se manifiesta en el hecho de que existe un orden en la forma de presentar la información, esta no se expone de manera indiscriminada o desorganizada sino al contrario, ahora, esta información es seleccionada por el equipo realizador del sistema multimedia y debe disponerla de manera tal, que el estudiante seleccione, dentro de la organización, el camino que considere se adapta más a sus características personales, dando así la sensación de una ruta variable.

Lo anterior es importante para comprender que el sistema multimedia favorece el *aprendizaje individual de los estudiantes*, ya que se adapta a sus características, se vuelven protagonistas de su aprendizaje, favoreciendo su participación y actividad e incrementando su grado de responsabilidad. Los estudiantes se encuentran en situaciones que le exigen la toma de decisiones y la búsqueda de respuestas adecuadas. Un mismo multimedia ofrece la variante de ser tan útil para el estudiante aventajado como para el que no lo es. El primero podrá ir más rápido, indagar en otras fuentes de información y sentir la necesidad de aprender mas, mientras que el segundo no se sentirá inferior ni marginado, sino que buscará la vía mas fácil para seguir desarrollándose aunque más lentamente.

Tomando en cuenta lo anterior puede señalarse que los sistemas multimedia rompen con la pasividad en la apropiación de la información que caracterizan a los medios tradicionales, al mismo tiempo la observación mecánica que implican los medios audiovisuales desaparece con el empleo del sistema multimedia al adquirir un carácter heurístico en la búsqueda de información. Así, con los sistemas multimedia, se pierde lo rutinario y lo mecánico que implica la observación de los audiovisuales.

Otra posibilidad didáctica del medio que estudiamos es la interactividad del estudiante con el sistema multimedia, pero ahora bajo el control del usuario. El estudiante puede manejar la información como lo desee; puede imprimirla, copiarla a otro archivo, modificarla, realizar búsquedas en otros sitios, organizar el ritmo de lectura, detenerse en cualquier momento y comenzar en el mismo sitio que lo dejó. La interactividad es sinónimo de calidad del sistema multimedia, pero por sí sola no garantiza la función de reforzar el mensaje.

La interactividad debe analizarse también como la posibilidad de conexión entre otras personas, lo que nos permite alejarnos del criterio de la computadora como medio que tiende al trabajo individual, por ejemplo, la combinación de bases de datos y la conexión a redes garantizan esta posibilidad. Los nuevos avances en las NTIC apuntan directamente tanto al carácter interactivo como a la no linealidad, por lo que los sistemas futuros deberán combinar estas dos potentes características en busca de satisfacer los mas variados intereses de los usuarios, dejando atrás el criterio de aislamiento de los estudiantes a distancia.

Los sistemas multimedia estimulan la creatividad de los estudiantes, pues no sólo reaccionan ante el multimedia expuesto sino que están en posibilidades de crear otros, o incorporar nuevas situaciones.

Estos sistemas incrementan las facilidades para la retroalimentación al permitir a los estudiantes encontrar respuestas a sus preguntas, aunque es necesario aclarar que la selección de las mismas así como el grado de profundización y selección de las respuestas, dependen de las tareas de

programación que el equipo de realización determinó. Con este sistema es posible que el estudiante, que ha recibido una respuesta negativa, pueda volver al punto en que se equivocó y allí encontrar nueva información con carácter redundante, con el objetivo de rectificar la respuesta anterior y reenviarla al profesor.

Los multimedia también permiten eliminar el carácter unidireccional de la información que caracteriza a los medios audiovisuales al permitir la consulta con otras fuentes, con otros estudiantes o con algún profesor a distancia, cabe decir que no es necesario esperar a que se vea todo el sistema para hacer la consulta, en el momento que el estudiante lo desee puede hacerla empleando las redes telemáticas.

Otra posibilidad de este sistema viene dada por *la complementariedad de los mensajes, los contenidos o las informaciones* útiles al estudiante. Esto no quiere decir que en el diseño del sistema multimedia un mismo mensaje se deba, obligatoriamente, dar mediante diferentes medios, sino todo lo contrario, es decir, uno de los medios que componen el sistema esta encargado de transmitir la información mediante su lenguaje, otro complementa la misma, mientras que un tercero acaba de dar la idea completa. Las cualidades integradoras del sistema y la simultaneidad de acciones posibles entre cada componente, son las causas directas de la complementariedad de la información.

Por otro lado los sistemas multimedia *permiten el acceso a grandes volúmenes de información* gracias a la navegación no lineal y a la facilidad de disponer de información almacenada en otros sitios, esto incrementa la capacidad de acceso, no solo al propio sistema sino a otros remotos.

Uso ilimitado durante un curso. La capacidad del sistema multimedia es variable, por lo que pueden ser empleados para tratar más de un asunto en un curso o en varios. En este caso las enciclopedias y atlas multimedia son un ejemplo del uso de estos en varios cursos y por diferentes materias. A esto, se une también que los daños físicos que puede sufrir el sistema son mínimos si está soportado en un disco compacto y casi nulos si está grabado en el disco duro de

la computadora (comparado con los daños que sufren cintas de video y diapositivas, entre otros medios).

Gracias a lo sencillo de los medios utilizados que no requieren de locales especiales, condiciones específicas, horarios o habilidades muy específicas se ha logrado gran *facilidad en el empleo de los sistemas multimedia*. Un mismo sistema multimedia puede ser empleado por diferentes estudiantes y cada uno puede tener una clave de acceso al mismo material, lo que impide que sus ideas y respuestas sean borradas por otros estudiantes.

Integran a los restantes medios de enseñanza. Es justamente el sistema multimedia el encargado de integrar a la mayoría de los medios de enseñanza, tal y como lo hizo anteriormente el video. La integración no significa que los medios puedan ser sustituidos por el multimedia, sino todo lo contrario, pues cada medio tiene sus propias características. El cumplimiento del principio didáctico de la enseñanza audiovisual no implica en modo alguno que la cantidad de medios sea sinónimo de calidad en la enseñanza, pues esta se basa en la selección adecuada de los medios. Pero es indiscutible que los profesores y estudiantes deben utilizar una variedad de medios acorde con los métodos empleados en el proceso de adquisición del conocimiento y los que a su vez requieren algunos recursos para su visualización.

El sistema multimedia viene a integrar estos medios, de manera que tanto estudiantes como profesores pueden adentrarse en el texto escrito y reforzar la idea con una foto de lo que leen, con un video o una animación del fenómeno que estudian. La integración solo debe analizarse desde la posición de incluir en un multimedia todos los medios que el profesor debe manejar en la clase, sobre todo, aquellos audiovisuales a lo que se añade la capacidad de interconexión con sitios lejanos al aula docente.

El sistema multimedia tiene la capacidad de involucrar al estudiante en su propio aprendizaje y debemos ver el mismo, no desde la perspectiva en que hemos observado hasta el presente, los distintos medios de enseñanza, sino

desde un nuevo ángulo en el que priman tanto la selección del camino a seguir y la interacción con el estudiante, como con personas alejadas de nuestro entorno físico. Solo así podemos comprender las enormes posibilidades que tiene este medio y las que se incrementarán en un futuro próximo.

Por último, por cuestiones didácticas, estamos obligados a considerar las limitaciones didácticas que los sistemas multimedia pueden llegar a tener dentro del contexto educativo.

2.4.2. Limitaciones Didácticas de los Sistemas Multimedia

Entendemos por limitaciones didácticas aquellos aspectos que el multimedia no puede lograr o en los cuales se encuentra en desventaja con otros medios.

Este medio tiene muy pocas desventajas, lo que no significa que sea el medio ideal o el más importante. Sin embargo, cada medio tiene sus ventajas y desventajas, cada uno tiene su propio lenguaje y por ello empleará su propio canal para transmitir el mensaje.

Una limitante de este sistema es que está concebido para ser *empleado por pocos estudiantes a la vez*, pero en ningún momento puede pensarse en que el multimedia individualiza la enseñanza pues el estudiante tiene la posibilidad de estar en contacto directo o virtual con el profesor y otros estudiantes.

El vínculo de este medio con la computadora requiere de una educación informática tanto de profesores como de estudiantes. Las facilidades de manejo de estos sistemas no determinan tanto su expansión sino el hecho del conocimiento informático requerido para producir otros multimedia.

Las facilidades que brindan las computadoras para la producción de nuevos sistemas son indudablemente superiores a las que se requieren para producir un video, (por citar un medio de alta complejidad), por lo que, la producción de un multimedia está sujeta a la colaboración de personal altamente entrenado y

calificado. Pero el sistema multimedia puede estar al alcance tanto de profesores como de estudiantes, pero para ello, *es necesario contar con conocimientos mínimos de informática*, lo que viene a constituirse en una limitante al sistema.

Otra limitante didáctica de este medio es que los estudiantes *pueden perderse en la navegación* sin saber por donde seguir su itinerario de acceso a dicha información. Las enormes posibilidades de enlazar un sitio con otro, avanzar, retroceder o conectarse a lugares remotos pueden provocar una pérdida de la orientación. El problema puede reducirse al dotar al sistema de ayudas, generando estructuras de tipo asociativo para aumentar la orientación.

Consideramos que estas son algunas de las más importantes posibilidades y limitaciones de los sistemas multimedia como medios jóvenes y de poca difusión en el proceso pedagógico, sin embargo, ellos entraran más rápidamente a la escuela que como lo hicieron el cine y el video en su momento.

En conclusión podemos afirmar que los medios y recursos didácticos basados en el uso de las NTIC se convierten en sistemas multimedia al combinar las potencialidades de la tecnología con el tratamiento, búsqueda y transmisión de la información, lo cual nos lleva a la conformación de las llamadas sociedades de la información. Esto tiene serias implicaciones ya que demanda, por parte de los discentes, nuevas formas de aprender y por parte de los docentes nuevas formas de enseñar. Esto, ha traído consigo cambios radicales en el escenario educativo, como se explica en el siguiente apartado.

2.5. Cambios en el Escenario Educativo

La situación social en la que nos encontramos, caracterizada por nuevos modelos familiares, nuevos entornos profesionales y una mayor diversificación del alumnado, exige un nuevo sistema educativo que, regido por el principio de igualdad de oportunidades y la no discriminación, dé respuesta a la nueva Sociedad de la Información (SI), cuya implantación no ha hecho sino acentuar la necesidad de un cambio profundo en la educación, por lo que resulta cada vez

más necesaria una nueva forma de entender la educación que mejore los resultados escolares y se adapte a las nuevas exigencias de la SI.

Dentro de esta transformación, las NTIC juegan un papel indispensable, ya que se convierten en el instrumento de cambio que la SI requiere en el ámbito educativo, es por ello que iniciaremos nuestro análisis haciendo una breve reflexión sobre el uso que las NTIC han tenido en el aula.

2.5.1. Uso de las NTIC en el Aula

La mayoría de las instituciones educativas y de los docentes reconoce que la utilización de las NTIC en la enseñanza, mejoran la calidad de esta. Sin embargo, se trata, no solo de enseñar sobre NTIC, es decir de formar en las habilidades y destrezas que son necesarias para desenvolverse con soltura en la SI; sino de dar un paso más y entender que utilizar las NTIC en el aula significa seleccionar algunas de las ventajas que estas ofrecen y usarlas desde una perspectiva pedagógica, pero no como un complemento a la enseñanza tradicional sino como una vía innovadora que, integrando la tecnología en el currículo, consiga mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje y los progresos escolares de los alumnos. Se trata pues, de enseñar con NTIC, a través de las NTIC, además del uso de las NTIC.

Dentro de este contexto, el cambio en el escenario educativo no debe consistir únicamente en sustituir el papel y el lápiz por la computadora y la impresora, sino en la forma en que se utilizan las nuevas herramientas. Este cambio profundo en la metodología educativa, que no consiste en utilizar las nuevas herramientas con métodos tradicionales, debe afectar a la enseñanza en pro de las necesidades individuales del alumno a través de la interactividad. Del mismo modo, debe crear un nuevo marco de relaciones que fomente el trabajo colaborativo y, sobre todo, ofrecer una metodología creativa y flexible más cercana a la diversidad y a las necesidades educativas especiales.

En este sentido el modelo pedagógico Enseñar para la Comprensión (EpC) recupera estos elementos para lograr sus *Comunidades Reflexivas Cooperativas* permitiendo así el trabajo colaborativo de los estudiantes a través del uso de las NTIC sin la necesidad de contar con un espacio en específico.

Por otro lado, si el profesor decide incluir las NTIC en su proceso educativo resulta necesario establecer los parámetros necesarios para evaluar los “*desempeños de comprensión*” que justifiquen, de alguna manera, el uso de las NTIC en el aula. Para ello se tomó como parámetros el “*Modelo de madurez en el uso de TIC*”⁸. (Consultar anexo H).

En este nuevo enfoque de la educación, que defiende el uso de la tecnología no como un fin sino como un medio para mejorar el proceso de aprendizaje, es fundamental utilizar las nuevas herramientas de forma apropiada, es por ello, que la formación en NTIC por parte de los docentes es esencial, ya que son ellos los que deben dotar de contenidos educativos a estas herramientas tecnológicas e integrar la tecnología en todas las áreas del conocimiento.

El nuevo modelo de enseñanza que propician las nuevas herramientas tecnológicas y que poco a poco se va abriendo camino en los centros escolares, implica muchas transformaciones, entre ellas, avanzar de manera significativa en los currículos de ciencias, ya que por medio de las simulaciones y animaciones se permite al estudiante acceder a nuevas formas de aprender y al docente a nuevas formas de enseñar, como se verá mas adelante.

2.5.2. Cambio en el Proceso Educativo

En la sociedad en que vivimos, la información y el conocimiento tienen cada vez más influencia en el entorno laboral y personal de los ciudadanos. Sin embargo, los conocimientos tienen fecha de caducidad (Kuhn 1989). La velocidad a la que se producen las innovaciones y los cambios tecnológicos exige actualizar permanentemente los conocimientos. Un ejemplo muy claro de ello son los

⁸ El “*Modelo de madurez en el uso de TIC*” es un documento recuperado del curso “Hábitat desarrollado por DGSCA para profesores del bachillerato.

avances científicos que, a partir de los trabajos de Einstein de 1905 a la fecha se han logrado.

En este sentido el proceso educativo también ha cambiado, antes, una persona pasaba por las distintas etapas del sistema educativo (educación preescolar, primaria, secundaria, bachillerato y formación profesional o Universitaria), para formarse y poder iniciar su vida profesional. A partir de ahí, a excepción de algunos cursos de actualización ofrecidos en su ambiente profesional, se consideraba que ya estaba

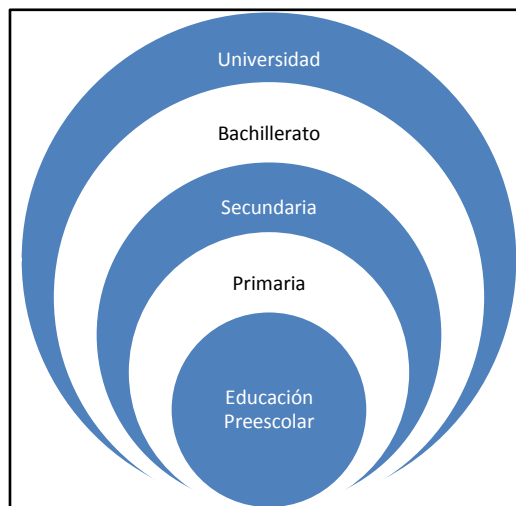


Fig. 2.2. Etapas del sistema educativo.

preparada, sin embargo en la actualidad, para no quedarse obsoleto, el individuo debe continuar su aprendizaje a lo largo de toda su vida.

Las NTIC favorecen la formación continua al ofrecer herramientas que permiten la aparición de entornos virtuales de aprendizaje, libres de las restricciones del espacio y tiempo que exige la enseñanza presencial. Las posibilidades para actualizarse se amplían al poder aprender de manera formal a través de cursos *on-line* organizados por centros educativos o, de forma informal participando en foros, redes telemáticas, *chats* o mensajes de correo electrónico entre colegas nacionales o del extranjero.

2.5.3. Cambio en el Objeto de la Enseñanza

En la actualidad saber leer y escribir ya no significa ser una persona alfabetizada, las citadas habilidades, aunque siguen constituyendo la base del conocimiento, no son suficientes para acceder a toda la información que hoy circula por INTERNET, por lo que se debe ampliar el aprendizaje de respuestas y contenidos en los modelos educativos tradicionales. No se trata ya de transmitir

sólo unos datos predeterminados para que el alumno los reproduzca, sino de enseñar a aprender a lo largo de toda la vida, es decir, desarrollar en los estudiantes capacidades o habilidades que les permitan adaptarse a una sociedad en constante evolución.

La llegada de las NTIC al mundo de la educación ha abierto muchas puertas, y por ello, el esquema tradicional del profesor que enseña y el alumno que aprende o reproduce lo que le ha enseñado el profesor ya no es suficiente. Se ha producido un gran cambio en el objeto de la educación.

2.5.4. Cambio en los Objetivos Educativos

Hoy en día los profesores deben preparar a sus alumnos para que se desarrollen de manera eficiente en la llamada Sociedad de la Información, para ello, deben potenciar desde muy temprano las habilidades necesarias para que los alumnos aprovechen al máximo las posibilidades que las NTIC ofrecen, por lo que el nuevo objetivo educativo debería consistir en: *dotar a los alumnos de las habilidades y conocimientos necesarios que les permitan desenvolverse de manera eficiente en el uso y aplicación de las NTIC.*

Marqués Graells, en el libro de la profesora de la Universidad de Alicante Rosabel Roig “Las Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación“, sintetiza tales habilidades y conocimientos en:

- Saber utilizar las principales herramientas de Internet.
- Conocer las características básicas de los equipos.
- Diagnosticar qué información se necesita en cada caso.
- Saber buscar información.
- Saber resistir la tentación de dispersarse al navegar por Internet.
- Evaluar la calidad y la idoneidad de la información obtenida.
- Saber utilizar la información.
- Saber aprovechar las posibilidades de comunicación de Internet.
- Evaluar la eficacia y la eficiencia de la metodología empleada.

Estas destrezas y conocimientos sirven para que los alumnos se familiaricen desde muy temprano con las NTIC y obtengan de ellas el mayor provecho.

Cabe aclarar que el uso de las NTIC resulta necesario para el aprendizaje a lo largo de toda la vida, tan necesario, que en una sociedad que está cambiando constantemente no podemos excluirlas del escenario educativo.

2.5.5. Cambio en los Centros Escolares

Por otro lado, al incorporar las NTIC al salón de clase, implica necesariamente, hablar de equipamiento e infraestructuras. Efectivamente los centros, ya sea para educar sobre NTIC (es decir, para alfabetizar digitalmente) o ya sea para educar con NTIC, necesitan estar dotados de elementos informáticos (computadoras, servidores, proyectores, conexión a Internet. etc.), además de contar con los espacios e instalaciones necesarios para el buen funcionamiento de estos elementos informáticos.

Otros aspectos como el mantenimiento, la renovación de los equipos, la presencia de un técnico responsable en informática, son también elementos muy importantes.

Sin embargo, debe quedar claro que las necesidades no son las mismas para un centro que sólo pretende formar a sus alumnos sobre NTIC, que para un centro que solo aspira a integrarlas de forma transversal en la enseñanza de todas las asignaturas. Efectivamente, no es lo mismo que todos los alumnos dispongan de una computadora en su aula habitual, que compartan una computadora entre varios alumnos o que exista un aula de informática en el centro escolar a la que los alumnos asisten de vez en cuando.

Es en este punto donde la dirección de los centros educativos cobra un papel de especial importancia al decidir en su política educativa, de qué manera se favorecerán los aprendizajes al incorporar las NTIC. Actualmente la mayoría de las escuelas ha optado por incorporar a las NTIC en las labores administrativas y

para formar a los alumnos en NTIC utilizando un aula de informática. Muchas veces esas aulas deben ponerse a disposición de los alumnos en horario extraescolar para compensar la desigualdad que afecta a los alumnos que no disponen de computadora en casa, ya que hoy en día, el aprendizaje de los alumnos fuera del colegio, lo que algunos llaman “enseñanza no formal”, se ha generalizado.

Otro tema que afecta a la incorporación de las NTIC en la enseñanza es la formación de los profesores. Los centros escolares son conscientes de que para una correcta utilización de las NTIC los profesores deben estar bien formados. Es preciso que los docentes conozcan las nuevas herramientas tecnológicas y sus posibilidades, sobre todo en un campo en el que a menudo los alumnos saben más que sus profesores.

Por último, muchos centros escolares, con la ayuda de las NTIC, han ampliado el entorno educativo al permitir que los padres y colaboradores participen en la dinámica de los centros.

En resumen se presentan algunos de los cambios más importantes que se han logrado en los centros escolares:

- ✓ Infraestructuras.
- ✓ Equipos.
- ✓ Gestión.
- ✓ Formación del profesorado.
- ✓ Ampliación del entorno educativo.

Con la reestructuración de los centros educativos y los cambios en las formas de enseñar y de aprender, surgen nuevas posturas que deben adoptar tanto alumnos como profesores, lo que se discutirá a continuación.

2.5.6. El Nuevo Rol del Profesor

En contra de lo que opinan algunos, la idea de que la tecnología desplaza a los docentes está superada y, al contrario, resulta cada vez más claro que la utilización de las NTIC depende en gran medida de la actitud que tenga el docente hacia las mismas, de su creatividad y sobre todo de su formación tecnológica y pedagógica, que debería hacerle sentirse bien enseñando a unos alumnos que casi siempre se manejan en el ciberespacio con más soltura que él. El papel del profesor no sólo no pierde importancia sino que se amplía y se hace imprescindible.

Según un estudio experimental⁹ que analiza las actitudes de los docentes de Educación preescolar y primaria hacia las NTIC, la mayoría de los docentes se muestra favorable a éstas y opina que su uso acabará generalizándose entre los profesores. Se supone que esta predisposición implica que comprenden la aportación de las NTIC a la mejora de la enseñanza. Sin embargo, un estudio de la OCDE indica que la mayoría de los profesores de los países de la OCDE¹⁰ tiene más de 40 años y por ello la integración de las NTIC en el aula va a suponer un proceso bastante largo, ya que los profesores deben adquirir la formación necesaria para adaptarse a las nuevas herramientas.

Esta idea está muy ligada a la necesidad que tiene el docente de formarse continuamente o de forma permanente, como única vía para poder enfrentarse a las repercusiones educativas de las innovaciones tecnológicas. En este sentido adquieren mucho valor, para el profesor, los nuevos canales de comunicación que le permiten relacionarse con colegas que pueden ser del mismo centro o incluso del extranjero, dando así oportunidad de compartir sus experiencias, sus problemas y sobre todo “de estar al día”.

La labor del profesor se hace más profesional, más creativa y exigente. Su trabajo le va a exigir más esfuerzo y dedicación, ya no es solo un orador o un

⁹ Francisco García González, *Estudio experimental sobre las actitudes de los docentes hacia las Tecnologías de la Información y la Comunicación*. C.P. San Pablo. Albacete.

¹⁰ OCDE 2001 *Les Nouvelles technologies a l'école: apprendre à changer*.

instructor que se sabe la lección, ahora es un asesor, un orientador, un facilitador o mediador que debe ser capaz de conocer las habilidades de sus alumnos, de evaluar los recursos y los materiales existentes o, en su caso, de crear los suyos propios.

El nuevo profesor debe crear un entorno favorable al aprendizaje basado en el diálogo y la confianza. En este nuevo ambiente, el docente debe actuar como un gestor del conocimiento y orientar el aprendizaje, tanto a nivel general de toda la clase, como a nivel individual de cada alumno.

2.5.7. El Nuevo Rol del Alumno

Las NTIC también cambian la posición del alumno, ya que ahora éste debe enfrentarse de la mano del profesor a una nueva forma de aprender, al uso de nuevos métodos y nuevas técnicas. De la misma forma que los profesores, los alumnos deben adaptarse a una nueva forma de entender la enseñanza y el aprendizaje. El alumno, desde una posición más crítica y autónoma, ya sea de forma individual o en grupo, debe aprender a buscar la información y procesarla, es decir, seleccionarla, evaluarla y convertirla, en última instancia, en conocimiento.

La capacidad del profesor va a ser determinante a la hora de enseñar a los alumnos a aprovechar las ventajas de las nuevas herramientas, sin embargo, y aunque las investigaciones sobre los efectos de las NTIC en el aprendizaje no son homogéneas, se han comprobado algunas ventajas que, aunque de forma desigual, pueden favorecer el aprendizaje:

- Aumento del interés por la materia estudiada.
- Mejora la capacidad para resolver problemas.
- Los alumnos aprenden a trabajar en grupo y a comunicar sus ideas.
- Los alumnos adquieren mayor confianza en sí mismos.
- Los alumnos incrementan su creatividad e imaginación.

Estas ventajas no tienen por qué afectar de la misma manera a todos los alumnos. Se ha demostrado que el aprendizaje con NTIC es muy benéfico para los estudiantes poco motivados o con habilidades bajas y medias. Con estos alumnos se han conseguido muchos logros, no sólo de resultados educativos sino también de integración escolar, ya que la flexibilidad de la nueva pedagogía permite adaptarse a la capacidad y al ritmo de aprendizaje de cada alumno.

2.5.8. Cambio en los Contenidos Didácticos

Frente a los tradicionales libros, vídeos y juegos, los nuevos contenidos educativos creados con recursos tecnológicos permiten presentar la información de otra forma. Los contenidos se hacen más dinámicos (interactividad) más atractivos (presentación simultánea de texto, sonidos e imágenes) y más variados. Estas nuevas formas de presentar la información, facilitan el aprendizaje y permiten mejoras cognitivas al aplicar metodologías más activas y menos expositivas.

Así, las NTIC han permitido que los contenidos educativos no sólo los creen los productores sino que también sean los propios profesores o incluso los alumnos, quienes solos o trabajando en grupo, desarrollen contenidos curriculares propios o adapten los de otros. En este sentido la teoría del aprender haciendo del filósofo norteamericano John Dewey se complementa con el uso y aplicación de las NTIC en el aula. Cabe decir que últimamente los materiales didácticos se han multiplicado, sobre todo al tomar en cuenta que la tendencia es: la convivencia de los materiales tradicionales con los nuevos.

Sin embargo, la creación de contenidos no es tan sencilla como transponer un libro a una pantalla, sino que la dificultad radica en ofrecer algún valor añadido como la posibilidad de interactuar o presentar simulaciones o realidad virtual o incluso, adaptaciones de los materiales a las características nacionales, regionales e incluso locales. Por último, los nuevos contenidos resultan más adaptables y se modifican con mayor facilidad.

Los profesores tienen la oportunidad de generar contenidos educativos de acuerdo con los intereses o las particularidades de sus alumnos y de su contexto educativo, estos contenidos, debido a su escaso costo, pueden crearse para grupos de alumnos reducidos o incluso para algún alumno en particular.

Esta facilidad en la creación de materiales educativos ha dado lugar, sobre todo en algunos países, a la existencia de un mayor volumen de contenidos, lo que ahora plantea el problema de la evaluación de los mismos. Así, países como EE.UU., Suecia, Francia o Reino Unido han instaurado sistemas de evaluación de los materiales didácticos, casi siempre desarrollados a través de grupos de expertos. Esta preocupación nos lleva de nuevo a reafirmar el papel crítico del docente que debería ser capaz de evaluar si los contenidos son aptos o no para la enseñanza.

Hasta aquí hemos realizado un breve recorrido en los cambios que las NTIC han traído consigo al escenario educativo con el fin de situar al lector en el contexto NTIC - educación, por lo que en el siguiente capítulo describiremos la manera en que fueron seleccionados, organizados y estructurados los diferentes materiales y recursos didácticos así como los diferentes recursos tecnológicos utilizados para enseñar la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en el bachillerato.

Conclusión

Ala vista de la información recogida es posible destacar, como síntesis, una serie de afirmaciones relevantes:

Como señalamos líneas atrás, la relación entre las NTIC y la mejora de las prácticas educativas dista de ser lineal o sencilla. Las NTIC abren, sin duda, por sus propias características, nuevas posibilidades de innovación y mejora de los procesos formales de enseñanza y aprendizaje, pero la mera incorporación de herramientas tecnológicas a las prácticas educativas no garantiza en modo alguno que esa mejora se produzca realmente. De hecho, existen indicios de que lo que ocurre, al menos en determinadas ocasiones, es exactamente lo contrario: que la introducción de las NTIC en las prácticas educativas sirve más para reforzar los modelos dominantes ya establecidos de enseñanza y aprendizaje que para modificarlos.

Por ello, quisiéramos cerrar nuestra exposición haciendo una apelación a la importancia de mantener y avivar la reflexión sobre los objetivos y criterios que deben guiar la incorporación de las NTIC a las prácticas educativas, así como también a la importancia de la investigación empírica sobre los resultados y aportaciones de dicha incorporación para la mejora de la calidad de la enseñanza.

En el primer caso, entendemos que es extremadamente importante que esa reflexión priorice las consideraciones específicamente educativas (por ejemplo, las de carácter científico, tecnológico o económico), e incluya un amplio debate teórico sobre los modelos y principios psicológicos y educativos que deban guiar la incorporación de las NTIC a los procesos de enseñanza y aprendizaje. Las nociones e ideas que se han propuesto tienen, sin duda, la pretensión de alimentar y contribuir a este debate en el ámbito específico de los procesos, entornos y objetos virtuales de enseñanza y aprendizaje; un ámbito en el que las posiciones constructivistas han ido reclamando cada vez más protagonismo en los últimos tiempos.

En cuanto a la investigación empírica sobre los resultados y aportaciones que las NTIC han logrado para la mejora de la calidad de la enseñanza, somos partidarios de una estrategia que combine de manera sistemática innovación docente, investigación educativa y evaluación de los efectos de la innovación. El diseño, desarrollo y evaluación de “experimentos formativos” de utilización educativa de las NTIC, dirigidos a la mejora de las prácticas docentes y los procesos de aprendizaje de los alumnos en contextos y situaciones concretos, puede ser, a nuestro juicio, una de las vías más prometedoras para la concreción de una estrategia con estas características.

Por último cabe señalar que el profesor ha de ser consciente de que su tarea respecto al uso y aplicación de las NTIC, como sustento de los diferentes medios y recursos didácticos, no es conocer las rutinas de su uso o aplicación, sino conocer como se logra su incorporación al proceso de enseñanza-aprendizaje, esto exige contemplar de otro modo este proceso, ya que afectará a todos los actores educativos que lo componen.

Por lo anterior debe quedar claro que: ni la fascinación o preferencia respecto a las NTIC, ni la huida de ellas o la inseguridad, son posturas docentes aceptables hoy día. Estudiar las NTIC supone inmiscuirse en la mejora de la enseñanza, pues ese es el objetivo de su utilización.

CAPITULO III

Instrumentación del modelo Enseñanza para la Comprensión (EpC) para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en el Bachillerato

Introducción

Antes de llevar a la práctica nuestro modelo didáctico Enseñar para la Comprensión (EpC) descrito en el capítulo II, fue necesario hacer una minuciosa planeación, selección y elección, de todos y cada uno de los elementos involucrados en el proceso enseñanza-aprendizaje de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en el bachillerato.

Es por ello que a lo largo de las siguientes páginas, se describirá la forma en que se organizaron dichos elementos para lograr una estructura epistemológicamente congruente, la cual se verá reflejada en la elección y selección de los diferentes temas, actividades y recursos necesarios, para lograr la enseñanza y comprensión de la TER en el bachillerato.

Todos y cada uno de dichos elementos quedaron plasmados, de manera operativa, en los planes de clase que se diseñaron, elaboraron y desarrollaron, a lo largo de las distintas sesiones de Práctica Docente II de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS).

Cabe mencionar que, por contar con las facilidades otorgadas por las autoridades del plantel # 8 Miguel E. Schulz, perteneciente a la Escuela Nacional Preparatoria, el modelo se aplicó al grupo 422 de cuarto año turno matutino.

Considerando que en la ENP las sesiones de clase son de 50 minutos y que el grupo debe cubrir cuatro horas a la semana de clase, la planeación del curso se proyectó para un total de ocho sesiones presenciales, más cuatro sesiones que el alumno debe ocupar para tareas y trabajos en casa.

3.1. Aspectos Generales de Planificación

3.1.1. Organización del Grupo

Generalmente en la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) los grupos de cuarto año están constituidos por alrededor de 50 o 70 estudiantes, por esta razón se hace necesario organizar a los grupos en pequeños equipos (que en lo sucesivo llamaremos *equipos de trabajo*), de manera tal, que todos los alumnos logren participar en todas las actividades asignadas.

En nuestro caso, el grupo 422 estuvo constituido por 51 estudiantes de los cuales: 32 eran mujeres y 19 eran hombres, todos con edades que rondaban entre los 15 y 17 años.

Por último es necesario decir que este grupo tiene un horario de clase distribuido de la siguiente manera:

Horas	Martes	Miércoles	Jueves
07:00 – 07:50		422/B210	
07:50 – 08: 40	422/B206	422/B210	
08:40 – 09:30			422/B211

Desde el punto de vista pedagógico, este horario es benéfico para los estudiantes, ya que al encontrarse en las primeras horas del día los estudiantes llegan al aula más dispuestos a tomar la clase.

Asignar el número de participantes en cada equipo de trabajo es un proceso meramente arbitrario que solo depende de la experiencia del profesor y del conocimiento que éste tenga del grupo. Como se puede observar éste resulta ser un grupo muy numeroso por lo que fue necesario formar 16 equipos de trabajo con tres integrantes cada uno.

Debido a que las mujeres del grupo, casi dobla en número al de hombres, se procuró que cada equipo de trabajo estuviera conformado por dos mujeres y un hombre.

Los equipos de trabajo fueron asignados por el profesor con el fin de ayudar a la integración del grupo.

Es importante decir que en listas aparecían 51 alumnos, pero tres de ellos, por razones diversas, no asistieron al curso, así que el total del grupo se redujo a 48 estudiantes.

3.1.2. Acceso al Uso de las NTIC

Como punto de partida y con el fin de que todos los equipos tuvieran la misma oportunidad de participar en actividades donde se requiere del uso de las NTIC, se diseñó y se aplicó, a todo el grupo, un cuestionario de ocho preguntas para indagar el grado de accesibilidad que los alumnos tienen a estas. (Ver anexo A)

Los resultados del cuestionario se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.1. Resultados del cuestionario aplicado al grupo 422, sobre acceso a NTIC								
Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8
SI	44	36	48	48	40	44	48	45

Los resultados aquí expuestos, muestran el número de estudiantes que contestaron afirmativamente a cada pregunta, como se puede observar en la siguiente gráfica en cada pregunta las respuestas afirmativas siempre rebasan el 50% de alumnos que tienen acceso a las NTIC, por lo que en nuestro caso, podemos afirmar que en cada equipo, por lo menos dos estudiantes tienen acceso a las NTIC.

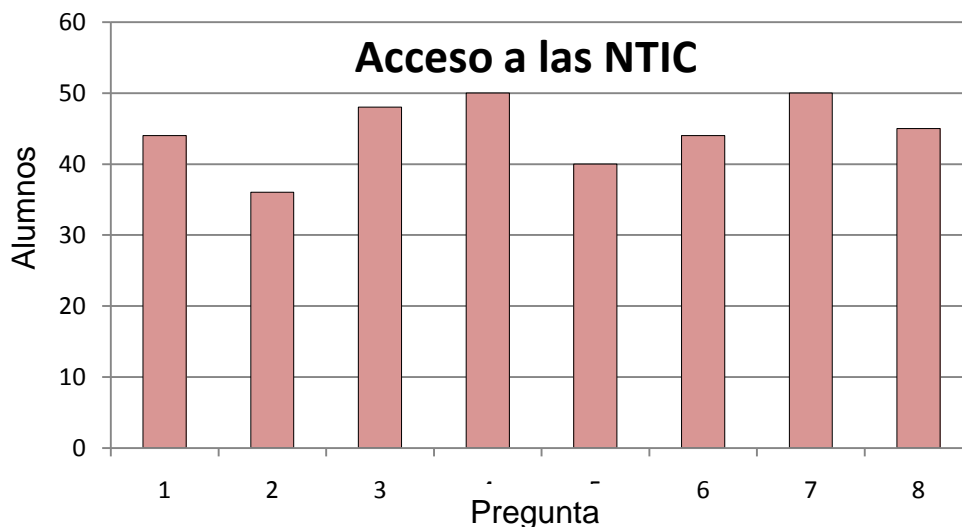


Gráfico 3.1. Resultados del cuestionario aplicado al grupo 422, sobre acceso a NTIC

3.1.3. Test de Estilos de Aprendizaje

Para orientar pedagógicamente nuestro proceso de planeación, se aplicó al grupo el test de “*estilos de aprendizaje*” Honey–Alonso (CHEA)¹¹. Este cuestionario fue diseñado por psicólogos para identificar el estilo de aprendizaje preferido de cada persona. (Ver anexo B).

Esta actividad se lleva a cabo con el objetivo principal de ofrecer al docente una lista de sugerencias prácticas que sirvan como guía orientadora para la planificación de diversos elementos educativos como son: redacción de objetivos; diseño de actividades y materiales; estrategias de enseñanza y aprendizaje etc., además de incluir las variables del sujeto, la materia que se estudia, el contexto, etc., es decir, sirve de sustento para la planeación didáctica.

Por otro lado y como se dijo en el capítulo II, la selección y elección de de la NTIC a utilizar en el aula no es un proceso aleatorio que dependa de las preferencias o gustos del profesor, sino al contrario, debe partir de criterios bien

¹¹ Catalina M Alonso, Domingo J. Gallego y Peter Hone. (1999) Estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora. Universidad de Duesto. Edit. Mensajero. Bilboa.

definidos que involucren, esencialmente, al público receptor de la información (en este caso los estudiantes).

Los estilos de aprendizaje que se identifican con este instrumento son: *activo, reflexivo, teórico y pragmático*.

Honey y Mumford describen así los diferentes estilos de aprendizaje:

- Activos. Las personas que tienen predominancia en el estilo activo se implican plenamente y sin prejuicios en nuevas experiencias. Son de mente abierta, nada escépticos y acometen con entusiasmo las tareas nuevas. Son agentes del aquí y ahora y les encanta vivir nuevas experiencias. Sus días están llenos de actividad. Piensan que por lo menos una vez hay que intentarlo todo. Tan pronto como desciende la excitación de una actividad, comienzan a buscar la próxima. Se crecen ante los desafíos que suponen nuevas experiencias y se aburren con los largos plazos. Son personas muy de grupo que se involucran en los asuntos de los demás y centran a su alrededor todas las actividades.
- Reflexivos. A los reflexivos les gusta considerar las experiencias y observarlas desde diferentes perspectivas. Reúnen datos, analizándolos con detenimiento antes de llegar a alguna conclusión. Su filosofía consiste en ser prudentes, no dejar piedra sin mover, mirar bien antes de pasar. Son personas que gustan considerar todas las alternativas posibles antes de realizar un movimiento. Disfrutan observando la actuación de los demás, escuchan a los demás y no intervienen hasta que se han adueñado de la situación. Crean a su alrededor un aire ligeramente distante y condescendiente.
- Teóricos. Los teóricos adaptan e integran las observaciones dentro de teorías lógicas y complejas. Enfocan los problemas de forma vertical escalonada, por etapas lógicas. Tienden a ser perfeccionistas. Integran los hechos en teorías coherentes. Les gusta analizar y sintetizar. Son

profundos en su sistema de pensamiento a la hora de establecer principios, teorías y modelos. Para ellos si es lógico es bueno. Buscan la racionalidad y la objetividad huyendo de lo subjetivo y de lo ambiguo.

- *Pragmáticos.* El punto fuerte de las personas con predominancia en el estilo pragmático es la aplicación práctica de las ideas. Descubren el aspecto positivo de las nuevas ideas y aprovechan la primera oportunidad para experimentarlas. Les gusta actuar rápidamente y con seguridad con aquellas ideas y proyectos que les atraen. Tienden a ser impacientes cuando hay personas que teorizan. Pisan la tierra cuando hay que tomar una decisión o resolver un problema. Su filosofía es: Siempre se puede hacer mejor; si funciona es bueno.

En conclusión, los resultados del cuestionario que se muestran a continuación, son un punto de partida que nos sirve como diagnóstico, el cual viene seguido de una serie de pasos para lograr una correcta planeación de las estrategias a implementar, con el fin de lograr los objetivos establecidos. Se trata pues, de facilitar una guía práctica que ayude y oriente al docente en la planificación de sus clases.

Es importante aclarar que en un solo estudiante pueden predominar más de un estilo de aprendizaje, incluso, llegan a estar presentes los cuatro estilos al mismo tiempo y en la misma proporción.

En este sentido se debe tener cuidado a la hora de identificar los diferentes estilos de aprendizaje, ya que a la hora de sumar los resultados, se puede obtener un número mayor al número total de encuestados como ocurrió en este caso y como se observa en los resultados.

Tabla 3.2. Resultados del Cuestionario CHEA Aplicado al Grupo 422																						
Estilos de aprendizaje	ALUMNOS																				Total	
	Activo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
Reflexivo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
Teórico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						16
Pragmático	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									13
	Número total de encuestados																				60	

Con el objetivo de tener una mejor visualización de los datos obtenidos se elaboró el siguiente gráfico de donde se obtiene la siguiente conclusión.

El estilo de aprendizaje que predomina en el grupo es el reflexivo.

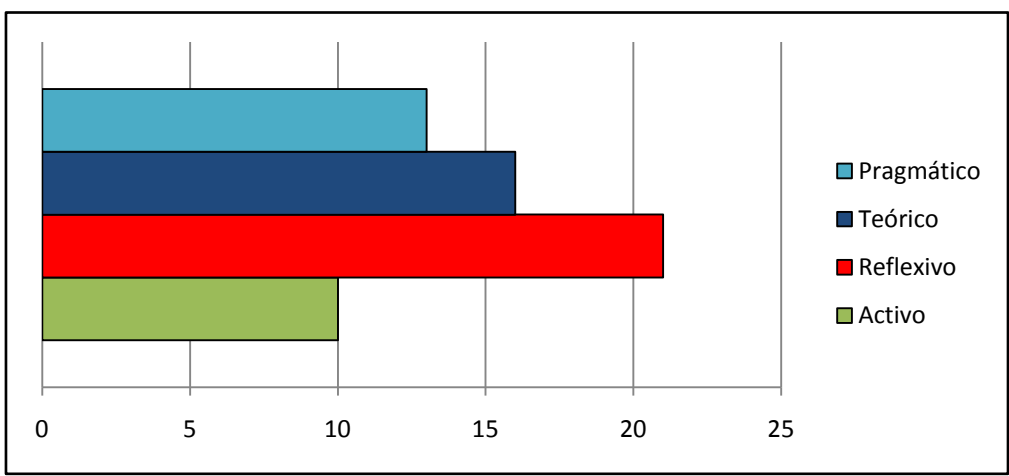


Gráfico 3.2. Resultados del test de estilos de aprendizaje aplicados al grupo 422

Resulta importante decir que, aunque el estilo que predomina en el grupo es el reflexivo, esto no quiere decir que no se tomarán en cuenta los otros estilos de aprendizaje, es decir, estos resultados nos sirven de referente a la hora de diseñar las estrategias de enseñanza y aprendizaje que serán utilizadas dentro del aula, al mismo tiempo que se podrá decidir que tecnologías usar y en que medida, permitiendo así balancear las estrategias educativas que atiendan a todos los estilos de aprendizaje.

3.1.4. Elaboración de una Base de Datos

Uno de los problemas que enfrentamos los docentes al trabajar con grupos tan numerosos, se presenta a la hora de identificar y reconocer a nuestros estudiantes, por lo que el uso de las NTIC resulta de gran valor ya que esta facilita en gran medida dicha actividad.

Para nuestro caso en particular, se elaboró una base de datos con el programa Microsoft Office Access, en la cual se registró información de cada uno de los estudiantes tal como: número de cuenta, nombre completo, e-mail y fotografía.

Esta información facilitó al profesor, de manera importante, la identificación de todos y cada uno de sus alumnos.

La razón de crear esta base de datos fue la de crear un vínculo más personalizado entre el alumno y profesor, es decir, cuando una persona identifica a otra por su nombre, se crea una relación mas estrecha entre ambas.

Normalmente cuando el profesor analiza el desempeño de sus alumnos no lo hace a la hora de clase, por lo que acceder a la base de datos, en cualquier momento, le permite reconocer y relacionar a sus alumnos con su desempeño, así, este sistema facilita al profesor el proceso de evaluación continua. Después de todo, es más fácil para el alumno aprenderse el nombre de un profesor que al profesor aprenderse el nombre de cuarenta y ocho alumnos.

De forma paralela, se elaboraron listas de clase en hojas de cálculo con el programa Microsoft Office Excel, lo que permitió al profesor un mejor control sobre: asistencias de los alumnos, registro de actividades, entrega de trabajos etc.

Normalmente este tipo de documento se elabora en papel, la ventaja de llevarlas ahora en un formato digital, es que el profesor puede obtener información



Fig. 3.1. Vista de los registros en la base de datos del grupo 422.

de los estudiantes (promedios, asistencias, participaciones, etc.), de manera inmediata, con el objeto de informar a estos sobre su desempeño hasta ese momento. Esto ayuda a los estudiantes, según sus evaluaciones, a guiar su desempeño, es decir, esforzarse para mejorar o continuar como hasta el momento.

En este sentido las NTIC son de gran ayuda para eficientar el proceso de evaluación continua.

3.1.5. Configuración de un *Grupo de Trabajo* en INTERNET

Otro elemento importante dentro de la planeación del curso fue la creación de un espacio virtual en el cual los estudiantes pudieran publicar o consultar diversos documentos del curso. En nuestro caso en particular a este espacio virtual se le conoce como *grupo de trabajo* para diferenciarlo del grupo de estudiantes que asiste a clase.

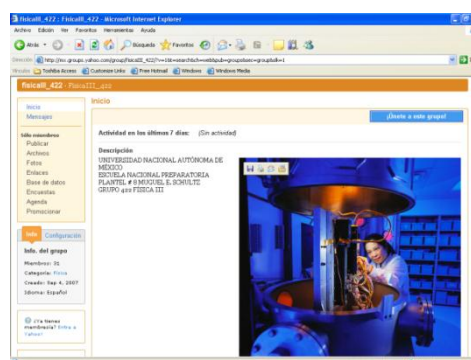


Fig. 3.2. Vista del *grupo de trabajo* 422 en INTERNET.

A este grupo de trabajo se le asignó el nombre de “*fisicall_422*”, el cual fue creado en Yahoo, un buscador comercial de INTERNET.

Para que el grupo de trabajo pueda funcionar, debe existir un administrador del grupo que en este caso es el profesor. Él, como su nombre lo indica, será el encargado de administrar y controlar los accesos y funciones del grupo, como son:

- ✓ Publicar. Con esta herramienta los alumnos podrán subir sus trabajos a la red al mismo tiempo que podrán revisar el trabajo de sus compañeros. Cabe mencionar que no podrán modificar nada en ellos, hasta que el administrador del grupo los devuelva vía correo electrónico con los comentarios pertinentes.

- ✓ Archivos. Esta herramienta tiene la función de almacenar los productos finales elaborados por los estudiantes.
- ✓ Fotos. Los alumnos podrán reunir fotografías relacionadas con los temas estudiados. Este material gráfico fue utilizado por los estudiantes, para ilustrar sus productos finales como son las presentaciones en PowerPoint.
- ✓ Enlaces. Esta herramienta sirve para dar de alta todos los enlaces o referencias electrónicas de INTERNET que puedan ser consultadas por los alumnos, aquí, tanto los alumnos como el profesor pueden subir información pero no borrarla.

Por último es importante señalar que el acceso de los estudiantes al grupo de trabajo fue mediante un correo electrónico que ellos mismos tuvieron que generar.

Las formas de ponerse en contacto con el grupo de trabajo “*fisicalll_422*” fueron:

Direcciones de correo-e en el grupo

Publicar mensaje: fisicalll_422@yahoogrupos.com.mx

Suscribir: fisicalll_422-subscribe@yahoogrupos.com.mx

Cancelar suscripción: fisicalll_422-unsubscribe@yahoogrupos.com.mx

Propietario: fisicalll_422-owner@yahoogrupos.com.mx

3.1.6. Examen Diagnóstico Sobre TER

Para continuar con nuestra planeación y retomando las ideas del aprendizaje significativo; Ausubel (2006), se elaboró y se aplicó un examen diagnóstico sobre la TER (ver anexo C), con dos objetivos primordiales:

El primero fue Indagar ideas previas sobre la TER del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los alumnos mostraron tener una idea intuitiva sobre la constancia de la velocidad de la luz.
- No todos son capaces de identificar marcos de referencia.
- Muchos alumnos relacionan a Albert Einstein con la bomba atómica, pero no saben en realidad cuales fueron sus aportaciones a la Física Moderna.
- No han escuchado hablar de los físicos que contribuyeron al desarrollo de la TER.
- No saben que Albert Einstein recibió el premio Nobel por su trabajo de *efecto fotoeléctrico*.
- Desconocen en su totalidad los postulados relativistas.

De la información obtenida en el examen diagnóstico, podemos concluir que las ideas previas que los alumnos poseen sobre la TER son mínimas y en la mayoría de los casos nula. Lo que saben sobre Einstein normalmente es lo que han escuchado o leído en diversos medios de comunicación y que hasta la fecha, no han tenido una instrucción formal sobre la TER en cursos anteriores de Física, por lo que suponemos que es un tema completamente nuevo para ellos y que tenemos campo fértil para lograr los objetivos planteados en el presente trabajo.

A partir de los resultados obtenidos en el examen diagnóstico se desprende nuestro segundo objetivo:

Seleccionar y secuenciar los temas necesarios para llegar a la comprensión de los fenómenos relativistas de dilatación del tiempo y contracción del espacio concernientes a la TER.

3.1.7. Examen Parcial Sobre TER

Tomando como referencia los resultados obtenidos en el examen diagnóstico y después de haber aplicado el modelo EpC, al término del curso se

aplicó un examen parcial con el objeto de comparar los resultados del antes y el después del curso.

Cabe mencionar que durante las sesiones de Práctica Docente se diseñó este examen. (Ver anexo D).

Nota: Los resultados de este examen se presentan al final de este capítulo en la sección resultados.

Resultados

Selección del Temario a Cubrir

A partir de los resultados obtenidos en el examen diagnóstico y considerando que los estudiantes poseen conocimientos sobre la mecánica newtoniana (especialmente de la primera ley de Newton), electricidad y magnetismo, nos dimos a la tarea de seleccionar y estructurar los temas mínimos necesarios que se requieren para la enseñanza de la TER en el bachillerato.

Para ser más precisos en la selección de dichos temas se consideró que los estudiantes aún no han cursado cálculo diferencial y mucho menos, mecánica analítica ni cálculo tensorial.

Tomando en cuenta que la explicación de la Teoría Especial de la Relatividad presentada por Albert Einstein en sus artículos de 1905 es de un alto nivel de abstracción y complejo desarrollo matemático, el temario aquí propuesto, se estructuró a partir de un enfoque histórico en el desarrollo de la Teoría.

Como última consideración y como se ha dicho anteriormente, el presente trabajo se ha desarrollado como un primer acercamiento de los estudiantes de bachillerato a la TER, por lo que varios aspectos son tratados de manera distinta al enfoque original, incluyendo discusiones conceptuales y deducciones propias.

Así, por razones didácticas y consideraciones históricas los distintos temas a tratar son:

1. La Relatividad de Galileo
 - 1.1. Sistema de referencia.
 - 1.2. Sistema de referencia inercial.
 - 1.3. Transformaciones galileanas de la posición.
2. El Experimento Michelson-Morley
 - 2.1. Concepto de éter.
 - 2.2. La luz como onda.
 - 2.3. Interferencia ondulatoria.
 - 2.4. El interferómetro.
3. Las Transformaciones de Lorentz
 - 3.1. Simultaneidad en la Teoría Especial de la Relatividad.
 - 3.2. Dilatación del tiempo
 - 3.3. La contracción de la longitud.

Creemos que este orden en la formulación de la TER puede resultar provechoso para los estudiantes en un intento por elaborar conceptos nuevos sobre el *espacio* y el *tiempo*, pues como veremos en el capítulo IV, evita elaborar argumentaciones complicadas como suele suceder en la bibliografía convencional.

Selección de medios y recursos basados en NTIC

Una vez estructurado el temario a desarrollar, partiendo de los resultados obtenidos en las secciones 3.1.2 y 3.1.3, considerando la naturaleza del tema a desarrollar y el nivel cognitivo de los estudiantes a quienes va dirigida la enseñanza, nos dimos a la tarea de hacer una cuidadosa selección de los medios y recursos didácticos, así como de las NTIC que serían utilizadas.

Como ya se explico en la sección 2.2 del presente trabajo, los medios didácticos son materiales elaborados con la intención de enseñar algún tema, por lo que en las clases de Didáctica de la Disciplina y Practica Docente en la MADEMS se diseñaron y elaboraron algunos materiales (multimedia) que ayudaron a los estudiantes a comprender algunos conceptos como son: marcos de referencia inerciales y dilatación del tiempo.

Por otro lado se llevó a cabo una selección de recursos didácticos que complementarían a los medios ya elaborados, algunos de estos recursos son: video-cintas de El Universo Mecánico, videos de INTERNET, simuladores, etc.

Como resultado de la elaboración y búsqueda de medios y recursos, se logró la recopilación de ciertos materiales que fueron utilizados como apoyo didáctico para la enseñanza de la TER en el bachillerato, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.3. Materiales Seleccionados Como Apoyo Didáctico		
Descripción del medio o recurso didáctico	Formato del medio o recurso didáctico	NTIC a usar con el medio o recurso didáctico
Relatividad Especial y General.	Video WAV	Para su proyección fue necesaria una P.C. y el cañón (video proyector) en el aula.
Física Conceptual	Libro de texto	
Relatividad Para Principiantes	Texto en la WEB (Hipertexto)	Este libro se encuentra en formato digital en la siguiente dirección electrónica: http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/menu.htm Los alumnos consultaron la página en horario extraclase.
Para atrapar un fotón	Texto en la WEB (Hipertexto)	Este libro se encuentra en formato digital en: http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/menu.htm Los estudiantes consultan la página desde su casa.
Video # 11 de la serie "El Universo Mecánico". Relatividad especial.	Video DVD	Para su utilización fue necesario un reproductor DVD y el aparato de T.V. en el aula.
<i>Grupo de trabajo "físicalll_422"</i>	INTERNET (recurso de la red www)	Computadora y conexión a INTERNET. Los estudiantes se conectan a la página del grupo desde sus casas.

Con base en lo anterior y siguiendo el modelo didáctico EpC, se han distribuido los distintos medio y recurso a lo largo del temario, al mismo tiempo se han podido diseñar las metas de comprensión, actividades de enseñanza,

actividades de aprendizaje y la forma de evaluación que se llevarán a cabo durante las siguientes sesiones.

Todos los elementos anteriormente mencionados, han sido plasmados en los respectivos *planes de clase*, los cuales fueron diseñados y elaborados a lo largo de las sesiones de Práctica Docente II en la MADEMS. (Consultar anexo E).

Resultado de los exámenes diagnóstico y parcial respectivamente

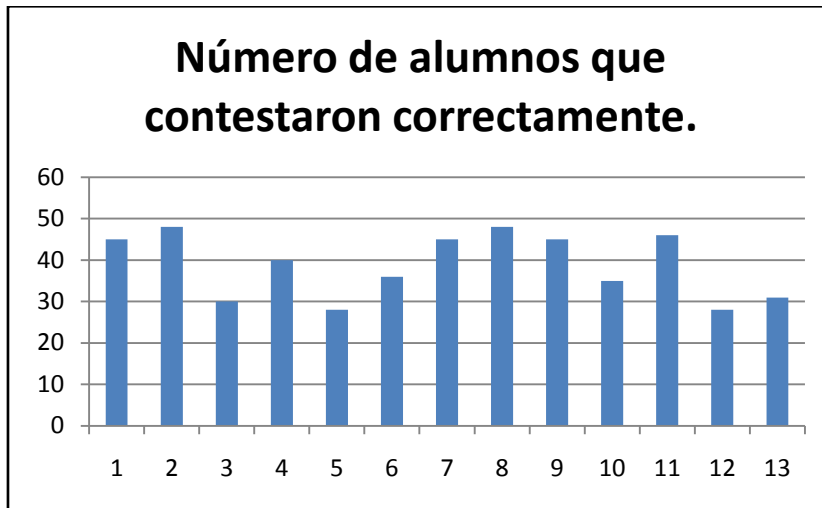
Al finalizar el curso, se aplicó un examen parcial sobre TER (ver anexo D) con el fin de obtener un comparativo del antes y el después.

Los resultados de este examen se muestran en las siguientes graficas:

Gráfica 3.3. Resultados del Examen Diagnóstico



Gráfica 3.4 Resultados del Examen Parcial



Como podemos observar en las gráficas, los estudiantes terminaron el curso con un conocimiento mucho mayor de la TER, pero lo más importante fue que los alumnos se mostraron muy interesados en estos nuevos conceptos y muy motivados para continuar con su estudio.

Conclusión

Planear y estructurar un curso puede resultar una tarea un tanto compleja para el profesor cuando se hace por primera vez, sin embargo, una vez terminada, ésta puede ser modificada y mejorada en cada nuevo curso, lo que le simplifica al profesor el trabajo futuro.

Lo más importante de contar con una planeación bien estructurada y epistemológicamente congruente, es que el docente puede llevar a cabo un trabajo de calidad a la hora de presentarse en un nuevo curso, evitando con ello recurrir a vicios y tendencias que en ocasiones resultan poco benéficas para los estudiantes.

A final de cuentas, si lo que se busca en la educación es un cambio radical y una mejora significativa, los docentes debemos detenernos a reflexionar sobre nuestra práctica docente, lo cual se debe ver reflejado en la planeación de nuestros cursos año con año.

CAPITULO IV

Implementación del modelo Enseñanza para la Comprensión (EpC) para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en el Bachillerato

Introducción

En presente capítulo se describe la forma en que se llevó acabo el desarrollo de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) con un grupo de estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria; Plantel 8, perteneciente al bachillerato de la UNAM, durante el ciclo escolar 2006 – 2007.

Cabe señalar que la TER se llevó a la práctica, aplicando el modelo didáctico Enseñar Para la Comprensión (EpC) descrito en al capítulo I. Este modelo se apoya en el uso de las llamadas Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC) las cuales se detallan en el capítulo II.

La TER, el modelo didáctico EpC y el uso de las NTIC en su conjunto, forman parte de la experiencia educativa que sustenta la hipótesis de trabajo aquí propuesta (ver págs. iii y iv), por lo que, partiendo de su instrumentación la cual se explicó en el capítulo III, hemos considerado conveniente exponer, de manera operativa, cada uno de sus elementos.

De manera general, la estructura que guarda el modelo didáctico EpC en su aplicación y tomando en cuenta cada uno de los elementos que lo constituyen, lo podemos resumir de la siguiente manera:

El **tópico generativo** elegido es la Teoría Especial de la Relatividad, ya que este cumple con todas las características necesarias para serlo.

Siguiendo la estructura del temario propuesto, cada tema se inicia con la redacción de las respectivas **metas de comprensión** que deben ser alcanzadas

por los estudiantes al término de cada sesión para continuar con la redacción de los antecedentes y el desarrollo de cada tema.

A lo largo de cada tema se insertan, de manera estratégica, las respectivas **actividades de enseñanza** seguidas de las respectivas **actividades de aprendizaje**, siendo en estas últimas donde se detallan los **desempeños de comprensión**, que debe realizar el estudiante para demostrar lo aprendido. Los *desempeños de comprensión* son el elemento esencial donde se lleva á cabo la **evaluación continua**.

Por su parte, la *evaluación continua* se realizará de manera grupal, generando con ello las llamadas **comunidades reflexivas cooperativas** para terminar con la sección llamada **elementos para el profesor**.

Es importante aclarar que, aunque el contenido de este capítulo está dirigido al profesor con el objetivo de brindarle herramientas teórico-metodológicas así como materiales didácticos que le apoyen en su quehacer docente, este material también puede ser utilizado por los estudiantes con el objeto de repasar, practicar o simplemente revisar conceptos para reforzar sus propios aprendizajes.

Tanto la estructura de los contenidos como las actividades a desarrollar se presentan de manera sintetizada, en los planes de clase elaborados durante las sesiones de Práctica Docente II de la MADEMS. (Ver anexo E).

Al mismo tiempo, se incluyeron actividades y ejemplos sencillos en los cuales, aunque se pierde un poco la generalidad matemática, se destaca el contenido conceptual de los dos elementos esenciales de la TER como son los conceptos de espacio y tiempo.

Con este planteamiento, se pretende llevar acabo un primer acercamiento del estudiante de bachillerato con los fenómenos relativistas de dilatación del tiempo y contracción de la longitud, dando mayor importancia a una descripción cualitativa sobre una descripción cuantitativa. Es por ello que en este capítulo solo

se consideró deducir y ejercitar las ecuaciones de: transformaciones galileanas de la posición, dilatación del tiempo y contracción de la longitud.

Con el fin de profundizar en el conocimiento de los temas, algunas consideraciones teóricas y la obtención de expresiones matemáticas que involucran el cálculo diferencial, son referencias que quedan únicamente a consideración del profesor al momento de consultar la presente propuesta.

Por último, cabe señalar que el sustento didáctico que aquí se presenta se refiere no únicamente a los materiales audiovisuales que se apoyan en el uso de las NTIC, sino también, en ejemplos y actividades experimentales diseñados para promover aprendizajes significativos en los estudiantes, basados en el “*aprender haciendo*”.

4.1. RELATIVIDAD DE GALILEO

❖ Metas de comprensión

A lo largo de la sesión se pretende que el alumno:

- Comprenda que nada en el Universo está quieto.
- Comprenda la necesidad de elegir un sistema de referencia.
- Diferenciará entre un sistema de referencia inercial y uno no inercial.
- Aprenderá a deducir las transformaciones galileanas de la posición.
- Aplicará las transformaciones galileanas de la posición.

4.1.1. Antecedentes

La primera Teoría de la Relatividad conocida fue desarrollada por Galileo Galilei (1564-1642), creador del método científico, como resultado de sus estudios sobre el movimiento de los cuerpos, el rozamiento y la caída libre.

En sus obras *“Diálogo sobre dos nuevas ciencias”* y *“Diálogos”* (sobre los principales sistemas del mundo) Galileo describió las características de los llamados sistemas de referencia inerciales o “galilenos”. En estas obras proporcionó una notable descripción de sus experimentos y su interpretación para dos observadores en movimiento relativo: uno de ellos sobre un barco que se desplaza suavemente (sin aceleración) y el otro en tierra firme como se muestra en las figuras A y B respectivamente.

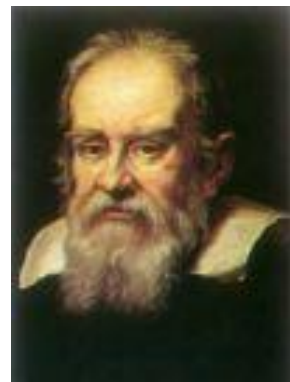


Fig.4.1.1 Galileo Galilei

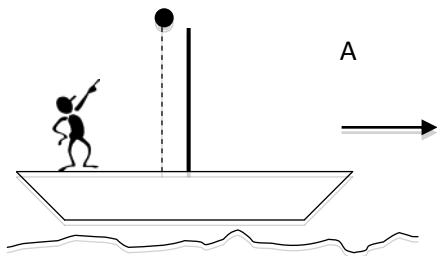
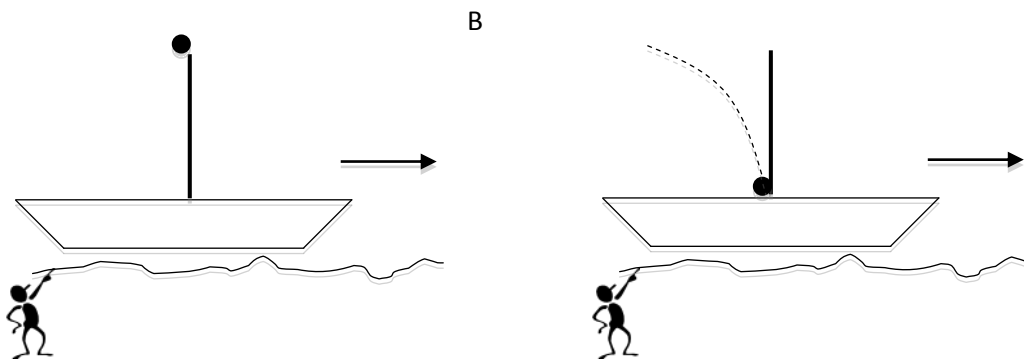


Fig.4.1.2 Como se muestra en la figura A, un observador que se mueve con el sistema de referencia (barco) observa que un objeto que cae desde el mástil, sigue una trayectoria recta, mientras que en la figura B otro observador, desde la playa, observa que el mismo objeto describe una trayectoria curva.



Sus conclusiones le permitieron postular, para sistemas de referencia inerciales, la equivalencia entre reposo y movimiento rectilíneo uniforme para dos observadores en movimiento relativo, sentando así las bases del principio de inercia.

Lo anterior constituye el principio de relatividad de Galileo, el cual podemos enunciar de la siguiente manera:

Si en un sistema de referencia que se mueve con velocidad constante son válidas las leyes de la mecánica, éstas serán igualmente válidas en cualquier otro sistema que se mueva uniformemente con respecto al primero.

Así el principio de relatividad de Galileo expresa el hecho de que no existe un sistema privilegiado en el cual debemos describir los movimientos, ya que es igualmente bueno cualquier sistema inercial.

Es importante decir que estos resultados fueron utilizados años más tarde por Isaac Newton, quien finalmente formuló una de las tres leyes que rigen la mecánica clásica, la llamada **ley de Inercia** o mejor conocida como **primera ley de Newton** que a la letra dice:

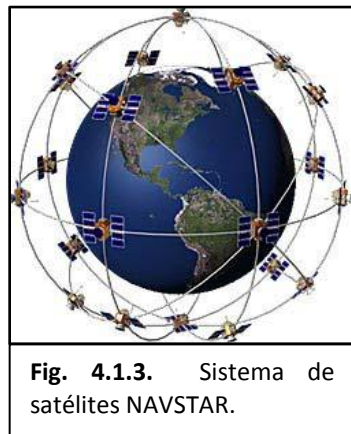
“Todo objeto permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme hasta que una fuerza externa no equilibrada actúe sobre él”.

Lo anterior nos conduce a deducir que si un sistema de referencia se mueve con velocidad constante, entonces en él, se cumplen todas las leyes de la mecánica, incluyendo la ley de inercia, por lo que a este sistema de referencia se le conoce como **Sistema de Referencia Inercial**.

❖ **Actividad de enseñanza**

Para introducir a los estudiantes en un contexto real, actual y de interés para ellos, se propone como actividad de enseñanza el siguiente problema:

Considera una persona que viaja en su automóvil por una carretera la cual se encuentra en movimiento de rotación con la Tierra, ésta a su vez, tiene un movimiento de traslación alrededor del Sol y en su conjunto el Sistema Solar se mueve por la expansión de la galaxia. ¿Cómo podemos localizar a esta persona, sobre la faz de la Tierra?



En este contexto se plantea a los estudiantes al uso y funcionamiento de un geoposicionador Satelital, mejor conocido como (GPS) por sus siglas en inglés Global Position System.

Con el objetivo de ilustrar el tema, durante la clase de Práctica Docente II en la MADEMS, se elaboró un material didáctico que consiste en una presentación en PowerPoint llamada “*Funcionamiento de un GPS*” como apoyo visual.¹²

¿Cómo funciona el sistema de geoposicionamiento satelital (GPS)?

Dentro de los grupos de Sistemas de Geodesia Espacial, destaca la Constelación¹³ **NAVSTAR** (Navegación por Satélite en Tiempo y Distancia). Esta constelación fue creada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, su principal objetivo es poder localizar un objeto en la superficie de la Tierra a través de señales emitidas, en forma de ondas de radio (*ondas electromagnéticas*) entre los satélites de dicha constelación y un receptor, determinando así su posición. Este posicionamiento se produce sobre un **sistema de referencia** cartesiano.¹⁴

❖ **Actividad de aprendizaje**

Actividad I

El grupo se divide en dos equipos y se le pide a un alumno que se coloque en medio de ambos equipos. Éste alumno tomará una pelota con la mano derecha y la moverá horizontalmente a la altura de su hombro de izquierda a derecha.

Ahora se le pide a ambos equipos (que se encuentran frente y detrás de él) que describan el sentido del movimiento de la pelota hecho por su compañero (Confrontar ideas).

¹² Consultar materiales anexos en el CD

¹³ Se entiende como constelación al conjunto de veinticuatro satélites que orbitan la Tierra a 20.000 Km de distancia.

¹⁴ Con el objeto de facilitar al profesor la explicación sobre el tema es necesario que consulte el anexo G antes de iniciar la sesión.

Actividad II

Se pide a un alumno que tome un “yoyo” y lo haga subir y bajar frente al grupo, enseguida se le pide al grupo (incluyendo a quien juega con el yoyo) que dibuje la trayectoria del yoyo en su cuaderno.

Posteriormente se le pide al alumno que suba a una patineta mientras otro de sus compañeros lo jala (mediante una cuerda), con movimiento rectilíneo uniforme. Enseguida se les pide a los alumnos que dibujen la trayectoria que describe el yoyo, ahora en movimiento horizontal (incluyendo a quien juega al yoyo) y se comparan los dibujos.

4.1.2. Sistema de Referencia

Con los elementos aprendidos en el apartado anterior, podemos definir un sistema de referencia como el lugar geométrico, o un punto en el espacio, a partir del cual se realizarán **mediciones** de diversas magnitudes físicas como la distancia, la velocidad, el desplazamiento, etc.

Generalmente, para facilitar la visualización, este punto o lugar geométrico se representa mediante la intersección de dos líneas rectas y perpendiculares entre sí, que reciben el nombre de plano cartesiano, el cual se coloca de manera estática sobre un punto arbitrario en el espacio como se muestra en la figura 4.1.4.

Cabe mencionar que este plano cartesiano puede también incluir una tercera dimensión que queda determinada por el eje z.

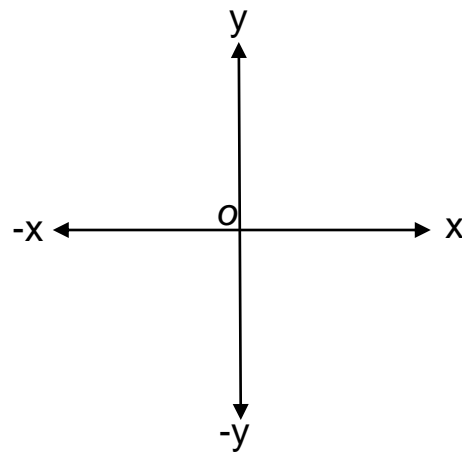


Fig. 4.1.4. Eje coordenado para representar un sistema de referencia.

4.1.3. Sistema de Referencia Inercial

Como se dijo anteriormente, un sistema de referencia inercial es aquel *en el que se cumple la primera ley de Newton*, es decir, si se tiene un objeto sobre el que no actúa ninguna fuerza, éste debe permanecer en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme. Una de las consecuencias de esta condición es que los sistemas inerciales se mueven con velocidad constante (aceleración cero) y en ellos se han de cumplir todas las leyes de la física tal y como lo harían en un sistema de referencia en reposo.

Cabe mencionar que aunque el sistema inercial solo puede moverse uniformemente, esto no limita el hecho que desde él se pueda describir el movimiento de objetos acelerados.

❖ **Actividad de aprendizaje**

Responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Habría alguna diferencia, si alguien sirve una taza de café en algún lugar sobre la Tierra que si lo hace en un avión que se encuentra en pleno vuelo a velocidad constante?
2. ¿Qué pasaría si alguien sirve una taza de café en un autobús que va haciendo paradas continuas?
3. ¿Conoces sistemas de referencia inerciales?
4. ¿Puedes dar ejemplos de sistemas de referencia no inerciales?
5. ¿Por qué si la Tierra se encuentra en movimiento acelerado (al encontrarse rotando) se suele considerar como un sistema inercial?



Fig. 4.1.5. Un avión que se desplaza en línea recta y con movimiento rectilíneo uniforme, puede considerarse un sistema de referencia inercial.

4.1.4. Transformaciones Galileanas de la Posición

Una condición esencial acerca de las cantidades que aparecen en la física es que sean medibles, por lo que ahora analizaremos la manera de relacionar algunas cantidades fundamentales cuando se miden en diferentes sistemas inerciales. Esto permitirá que se puedan comparar las observaciones realizadas desde diferentes sistemas inerciales.

Consideremos un sistema inercial S y otro sistema inercial S' que se desplaza a una velocidad constante v con respecto al primero, como se muestra en la figura 4.1.5.

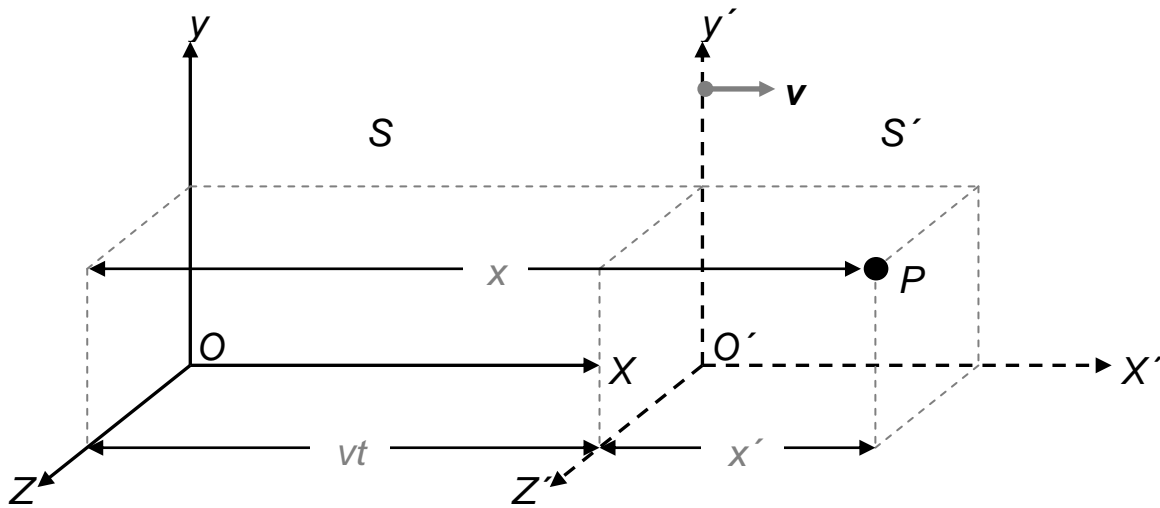


Fig. 4.1.6. Dos sistemas inerciales que tienen un eje común, $x = x'$, y sus ejes $y = y'$ y $z = z'$, son paralelos. Visto desde el sistema S , el sistema S' se desplaza en la dirección positiva del eje x a una velocidad v . De igual forma, visto desde el sistema S' , el sistema S se desplaza en la dirección negativa del eje x y a la misma rapidez v . El punto P indica un evento, cuyas coordenadas de espacio-tiempo se pueden medir desde cada uno de los sistemas. Los orígenes O y O' coinciden en el instante que t y t' son iguales a cero.

Por conveniencia se escogen dos sistemas tales que los ejes de uno de ellos sean paralelos a los correspondientes en el otro sistema y se establece que el movimiento relativo se realiza sólo a lo largo de los ejes comunes x, x' .

Es posible considerar que el sistema S se desplaza a velocidad $-v$ con respecto al sistema S' de la misma manera que S' se desplaza a velocidad v con

respecto a S , siendo esta última consideración la que se tomara en cuenta para nuestra demostración.

Supongamos ahora que en el punto P ocurre un evento, como la explosión de una estrella, el decaimiento radiactivo de un núcleo o algo que es independiente de cualquier observador. Si en cada uno de los sistemas se tiene un observador, cada observador medirá, desde su sistema de referencia, las coordenadas espaciales que describen la localización del evento y el instante de tiempo en que ocurrió. Así pues el observador situado en el sistema S , usando sus reglas y relojes, especifica la localización de este evento en el tiempo y en el espacio; asignándole las coordenadas espaciales $(x, y, y z)$ y el tiempo t , mientras que el observador situado en el sistema S' , utilizando sus propios instrumentos de medición, describe el mismo evento, asignándole las coordenadas espacio-tiempo $(x', y', z' y t')$. Las coordenadas x, y, z darán la posición de P con respecto al origen O , medidos por el observador S y t será el tiempo en que ocurre *el evento*, según lo registra el observador S en sus relojes. De igual manera, las coordenadas $x', y', y z'$, se refieren a la posición P con respecto al origen O' y el tiempo *en que ocurre el evento* t' , será el que se obtuvo con los relojes del observador inercial S' .

Una teoría de la relatividad tiene como objetivo determinar la forma en que se relacionan las mediciones que hacen diferentes observadores situados en distintos sistemas de referencia inerciales en movimiento relativo entre sí. De aquí, lo que se quiere es conocer la relación existente entre las mediciones (x, y, z, t) y (x', y', z', t') .

Antes de relacionar las medidas de ambos observadores inerciales debemos decir que ambos usan relojes y reglas que han sido previamente sincronizados y calibrados entre sí. En el procedimiento clásico (que después se examinará más críticamente) se supone que los intervalos de longitud y de tiempo son absolutos, es decir, que son iguales para todos los observadores inerciales de los mismos eventos. Por ejemplo, si las reglas tienen la misma longitud cuando se comparan en reposo unas con respecto a otras, se supone implícitamente que

tendrán la misma longitud al compararlas cuando estén en movimiento relativo entre ellas. De la misma manera, si los relojes se calibran y sincronizan en reposo, se supone que, posteriormente, sus lecturas y velocidades de avance estarán en concordancia aún cuando se les ponga en movimiento relativo, uno con respecto al otro. Estos son ejemplos de lo que solemos considerar hechos de “sentido común” de la física clásica.

Supongamos ahora que los relojes de cada observador marcan cero en el instante que coinciden los orígenes O y O' de los sistemas S y S' , los cuales se encuentran en movimiento relativo. Por lo tanto, las ecuaciones conocidas como “Transformaciones Galileanas de la Posición” que relacionan las mediciones x, y, z, t dadas por el observador en S con x', y', z', t' dadas por el observador en S' son:

$$x = x' + vt'$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = t'$$

Aquí se puede observar que la última expresión implica un carácter absoluto del tiempo, pues hasta este momento se ha definido, independientemente del sistema de referencia.

Ahora bien, ¿cómo podemos escribir las coordenadas (x', y', z', t') , en términos de (x, y, z, t) ?

Esto es lo que se conoce como transformaciones inversas. En el caso de las transformaciones galileanas tenemos:

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

❖ **Actividad de aprendizaje**

Actividad I Resolver el siguiente ejercicio:

Una persona se encuentra sentada en el sistema S' en el punto descrito por la coordenada $x' = 11$ m. Si el sistema S' se mueve con respecto al sistema S con una velocidad $v = 9$ m/seg. ¿Cuál será la coordenada x que describa la posición de la persona, medida en el sistema S al tiempo: (a) $t = 8$ seg. (b) $t = 9$ seg.?

Respuesta: (a) 83m, (b) 139m.

Actividad II

Los estudiantes ingresarán a la página del “*grupo de trabajo*” y accederán a la carpeta “*enlaces*”, en ella encontrarán la “*liga*” que los enlazará con la serie de libros electrónicos “*La ciencia para todos*” y buscarán el libro: *Relatividad para Principiantes*, del autor Shahen Hacyan. De éste libro leerán el capítulo I.

❖ **Desempeños de comprensión**

Al término de la sesión, los estudiantes:

Elaborarán, por equipos, un ensayo de la lectura anterior, en el cual, todos los integrantes del equipo deben aportar comentarios de lo estudiado en clase para enriquecer la lectura. El ensayo se elaborará en un procesador de textos (Word) y lo subirán a la página del *grupo de trabajo*.

❖ **Medios y recursos didácticos apoyados en las NTIC**

Con el objetivo de guiar al alumno hacia la comprensión del tema, durante la clase de “Práctica Docente II de la MADEMS” se elaboró un material didáctico que, mediante una sencilla animación en PowerPoint, se muestra al estudiante como es el movimiento entre ambos sistemas de referencia inerciales así como la relación que existe entre las coordenadas espacio-tiempo. Consultar materiales anexos en CD.

Cabe mencionar que esta presentación se subirá a la página del “*grupo de trabajo*”, en la carpeta “*Archivos*”, con el objeto de que los estudiantes tengan acceso a dicho material como apoyo para su estudio.

❖ **Evaluación continua**

- Los estudiantes ingresarán a la página del “*grupo de trabajo*”, con el fin de revisar los ensayos elaborados por sus compañeros.
- El profesor también revisará los ensayos en la “*página de trabajo*” y dará recomendaciones para corregir y mejorar los productos finales.

❖ **Comunidades reflexivas cooperativas**

- En la siguiente sesión los estudiantes expondrán sus comentarios acerca de los ensayos realizados por sus compañeros, con el objetivo de aportar ideas y comentarios que ayuden a mejorar los productos finales.

I ELEMENTOS PARA EL PROFESOR

1. Las Trayectorias y la Relatividad Galileana

Supongamos que se deja caer, partiendo del reposo, un objeto cuyas coordenadas iniciales $(x_0, y_0, 0)$, en el sistema S . En dicho sistema su trayectoria es una línea recta, como muestra la figura 4.1.7. Ahora, se pretende determinar cómo sería la trayectoria, del mismo objeto, para un observador en S' el cual se mueve con una velocidad “ v ” con respecto a S' .

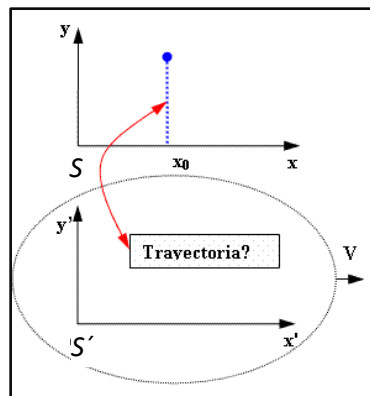


Fig. 4.1.7. Trayectorias en relatividad.

En el sistema S la posición del objeto esta determinada por las ecuaciones de movimiento:

$$x = x_0$$

$$y = y_0 - 1/2 g t^2$$

Para encontrar las coordenadas del objeto vistas desde el sistema S' , aplicaremos las transformaciones galileanas de la posición, de forma que se tiene:

$$x' = x - V t = x_0 - V t$$

$$y' = y = y_0 - 1/2 g t^2$$

Si de este sistema de dos ecuaciones, eliminamos el tiempo, se obtiene la forma explícita de la trayectoria:

$$y' = -\frac{1/2 g}{V^2} x'^2 + \frac{g x_0}{V^2} x' + \left(y_0 - \frac{1/2 g x_0^2}{V^2} \right)$$

Recordando que $Ax^2 + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$ es la ecuación de la parábola en su forma general, y cuando $A \neq 0$, $C = 0$ y $E \neq 0$ la ecuación representa una parábola cuyo eje es paralelo o coincide con el eje Y , concluimos que la ecuación

obtenida es la ecuación de una parábola invertida como la que se muestra en el siguiente gráfico.

Así pues, para el observador en S la trayectoria del objeto era una recta, sin embargo, para otro observador en S' ve que el mismo sistema describe una parábola.

En conclusión podemos decir que la trayectoria de un objeto, depende del sistema de referencia desde donde se le mire.

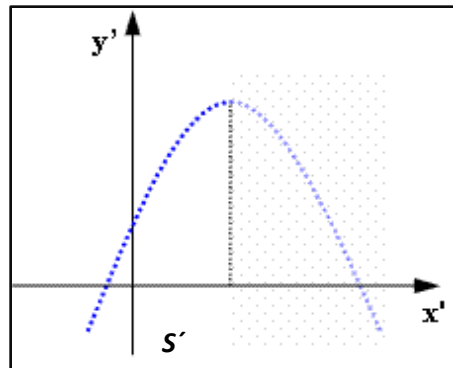


Fig. 4.1.8. Trayectoria Parabólica.

Un ejemplo cotidiano de esto último, lo ofrece la lluvia. Supongamos que llueve y no sopla el viento. Mientras que para un observador “en reposo” la lluvia cae verticalmente, para otro en movimiento con velocidad constante las trayectorias de las gotas de agua son rectas inclinadas como se observa en la figura 4.1.9.

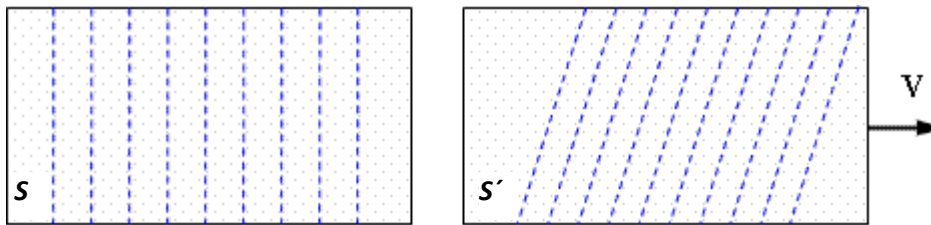


Fig. 4.1.9. Para un observador en el sistema S percibe que las gotas de lluvia caen verticalmente en línea recta, sin embargo para otro observador en movimiento, sistema S' , la percepción es diferente.

2. Teorema de Adición de Velocidades

Este famoso Teorema fue demostrado por Galileo Galilei en una época en que no se conocía el cálculo, (lo que hoy conocemos como derivadas). El problema consiste en determinar, para un mismo objeto, cómo se relacionan las velocidades medidas por dos observadores inerciales que se encuentran en movimiento relativo. Su demostración es muy simple y sus consecuencias eran

muy conocidas, pues se aplica cotidianamente. Por ejemplo, para subirse a un auto en movimiento lo mejor es correr hasta alcanzar la misma velocidad de éste, lo que equivaldría a tenerlo en reposo. La importancia de este Teorema radica en el hecho de que Galileo demostró matemáticamente su validez para todos los sistemas inerciales.

Ya que nosotros conocemos el cálculo diferencial, derivaremos las transformaciones galileanas de la posición con respecto al tiempo¹⁵ (t), lo que nos permitirá relacionar fácilmente las velocidades de un objeto medidas desde los sistemas S y S' , los cuales se encuentran en movimiento relativo entre si, resultando:

$$v'_x = \frac{dx'}{dt} = \frac{d(x - Vt)}{dt}$$

$$v'_y = \frac{dy'}{dt} = \frac{dy}{dt}$$

$$v'_z = \frac{dz'}{dt} = \frac{dz}{dt}$$

es decir:

$$v'_x = v_x - V$$

$$v'_y = v_y$$

$$v'_z = v_z$$

De aquí, podemos concluir que la velocidad de un objeto es diferente para dos observadores en movimiento relativo.

Ejemplo

Un pasajero camina hacia adelante a una velocidad de 3.52 Km/h en el pasillo de un tren, mientras que éste se desplaza en línea recta a la velocidad constante de 92Km/h con respecto a la Tierra. ¿Cuál es la velocidad del pasajero con respecto a la Tierra?

¹⁵ Cabe recordar que la primera derivada de la posición con respecto al tiempo (dx/dt) da como resultado la velocidad.

Supongamos que el tren es el sistema S' de modo que $v'_x = 3.52\text{Km/h}$. el sistema S' se mueve hacia adelante con respecto a la Tierra (sistema S) a la velocidad $v = 92\text{Km/h}$. luego, la velocidad del pasajero con respecto a la Tierra es:

$$v_x = v'_x + V = 3.52\text{Km/h} + 92\text{Km/h} = 95.52 \text{ Km/h.}$$

Ahora consideraremos el siguiente caso:

Dos electrones de átomos radiactivos de una muestra de material que se encuentra en reposo en un laboratorio, son lanzados en direcciones opuestas. Cada electrón tiene una velocidad de $0.67c^{16}$ (donde c es el valor de la velocidad de la luz en el vacío, cuyo valor aproximado es de $300,000\text{Km/s}$), medido por un observador ubicado en el laboratorio. ¿Cuál es la velocidad de un electrón, medida desde el otro electrón de acuerdo al teorema clásico de adición de velocidades?

En este caso, se puede considerar a uno de los electrones como el sistema S , al laboratorio como el sistema S' y al otro electrón como el objeto cuya velocidad se busca en el sistema S . en el sistema S' , la velocidad del otro electrón es de $0.67c$, desplazándose en la dirección positiva de x' , y la velocidad del sistema S (un electrón) es $0.67c$, desplazándose en la dirección negativa de x' . Luego, $v'_x = + 0.67c$ y $V = + 0.67c$ de modo que la velocidad del otro electrón con respecto al sistema S es:

$$v_x = v'_x + V = 0.67c + 0.67c = + 1.34c.$$

Es importante recalcar el hecho de que en mecánica clásica no existe un límite para el valor de la velocidad. Podemos trabajar con velocidades que van desde cero a infinito. Si queremos que un objeto alcance una velocidad muy grande, basta con aplicar una fuerza muy grande. Aunque en el mundo macroscópico las velocidades con las que se trabajan son pequeñas comparadas con la velocidad de la luz, es obvio pensar que en el mundo microscópico de las

¹⁶ c Es el valor de la velocidad de la luz en el vacío, cuyo valor aproximado es de $300,000\text{Km/s}$

partículas elementales, donde el valor de la masa es muy pequeño, es posible alcanzar velocidades extremadamente grandes.

Como podemos observar en el teorema de adición de velocidades es posible, desde un cierto sistema de referencia, observar que los objetos pueden moverse con una velocidad mayor que la velocidad de la luz. ¿Será esto posible?

❖ **Pregunta para iniciar siguiente sesión:**

¿Cómo se medía la velocidad de la luz en la antigüedad?

4.2. EXPERIMENTO DE MICHELSON Y MORLEY

❖ **Metas de comprensión**

A lo largo de la sesión se pretende que el alumno:

- Estudie el fenómeno luminoso como una onda.
- Argumente los resultados del experimento.
- Infiera las consecuencias del experimento Michelson-Morley.
- Aprecie el valor de la experimentación en el método científico.
- Comprenda el fenómeno de la interferencia.

4.2.1. Antecedentes

Ahora hablaremos de uno de los experimentos más famosos en la historia de la física, el experimento Michelson-Morley. Este experimento fue diseñado para detectar el movimiento de la Tierra a través de lo que los antiguos físicos llamaban éter. El éter realmente existió, por lo menos, en la mente de filósofos durante miles de años.

En la actualidad aceptamos la idea del espacio como un vacío, sin embargo, para los antiguos, el concepto de un vacío perfecto era imposible de comprender. Ellos pensaban que el espacio debía estar lleno con algo, así, la

solución que Aristóteles presentó para justificar esta idea fue el éter, esta fue la sustancia que llenó, lo que de otra manera, sería un espacio vacío.

Para el siglo XIX el éter era algo más que una necesidad filosófica que evitaba el vacío, era el elemento utilizado por los físicos de la época, para explicar cómo la luz podía ser transmitida a través del espacio entre el Sol y la Tierra.

Si consideramos que la luz se comporta como una onda y que las ondas son perturbaciones que hacen oscilar el medio a través del cual se propagan (por ejemplo, las ondas pueden propagarse a lo largo de la superficie del agua, a través de un cristal o a través del aire), es lógico preguntarse: Si aparentemente el espacio que existe entre el Sol y la Tierra está vacío, ¿qué es lo que oscila cuando la luz viaja del Sol a la Tierra?, en el siglo XIX la respuesta era muy clara, era el éter.

❖ **Actividad de aprendizaje**

Los alumnos buscaran en INTERNET cuales eran las propiedades que debería de tener el llamado éter

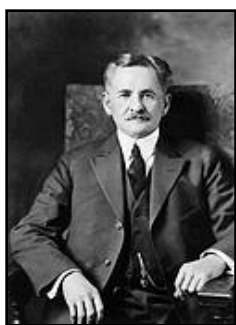
4.2.2. Concepto de Éter.

Para los físicos del siglo XIX el éter no solo era real, sino que tenía propiedades físicas que podían ser deducidas observando su comportamiento. Por ejemplo, ya que la velocidad de una onda depende de la rigidez del medio a través de la cual se mueve y como la velocidad de la luz es enorme ($c = 300,000$ km/s), entonces el éter debía ser muy rígido por lo que determinaron que era casi imposible comprimirlo. Basándose en los valores ya conocidos de la velocidad, la longitud de onda y la frecuencia de la luz, se determinó que el supuesto éter debería tener características muy especiales que lo hacían diferente a cualquier otro medio conocido, como el aire o el agua. Por ejemplo, como se pensaba en las ondas luminosas como un análogo a las ondas acústicas, el éter debería ser un medio análogo al aire, pero como la frecuencia de las ondas luminosas es miles de millones de veces superior a la de las ondas acústicas, el éter debería de ser

miles de veces más elástico que el aire, con propiedades parecidas al acero, para poder vibrar tan rápidamente. También debería de ser transparente para dejar pasar la luz e infinitamente tenue para permitir la circulación indefinida de los cuerpos celestes como la Tierra y los planetas que se movían fácilmente a través de él obedeciendo las leyes de Newton como si estos estuvieran pasando a través de ningún medio.

Por otro lado, si el éter se comportaba como un fluido viscoso, los planetas que giran en órbita alrededor del Sol gradualmente perderían energía y comenzarían a efectuar un movimiento en espiral hacia éste. Puesto que esto último aparentemente no estaba ocurriendo, los físicos pudieron alcanzar otra conclusión acerca del éter, el éter dijeron, era un fluido perfectamente móvil, sin viscosidad, incompresible, transparente y no viscoso que llenaba todo el espacio.

Conociendo tanto acerca de esta sustancia, la única tarea que quedaba era demostrar su existencia mediante un experimento claro e irrefutable, por lo que en 1887 Albert Abraham Michelson con la ayuda de su amigo Edgard W. Morley idearon un experimento que no podía fracasar. Para tal efecto, Michelson construyó el primer *Interferómetro*, un instrumento utilizado para el análisis espectral de gases incandescentes, el cual, también es utilizado para medir distancias, desplazamientos, etc., por medio del fenómeno ondulatorio llamado *interferencia*.



Albert Abraham Michelson



Edgard W. Morley

❖ **Actividad de enseñanza**

En este caso, el profesor proyectará a los estudiantes el video de “El experimento de Michelson-Morley”, que corresponde al episodio 41 Vol. II de la serie “El Universo Mecánico”.

4.2.3. La Luz como Onda

La óptica ondulatoria o teoría ondulatoria de la luz, nació de observar las analogías que existían entre los fenómenos ópticos y los bien conocidos fenómenos propios de movimientos ondulatorios como el de las ondas en líquidos, o el de las ondas acústicas que produce el sonido.



Fig. 4.2.1. Imagen tomada de: Física Universitaria Zears-Semansky vol. 1 pág. 551.

Un movimiento ondulatorio muy simple se puede observar al atar el extremo de una cuerda a un poste y moverla rítmicamente hacia arriba y hacia abajo por el otro extremo. Cada oscilación produce en la cuerda una onda que avanza hacia el extremo opuesto seguida por otras ondas similares a intervalos iguales de distancia y de tiempo, tal y como ocurre con

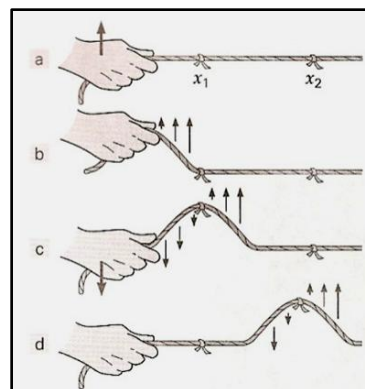


Fig. 4.2.2. Imagen tomada de: Física Wilson-Bufa. pág. 458.

las ondas circulares en la superficie del agua. Estas ondas reciben el nombre de *ondas elásticas*, ya que se propagan a través de un medio elástico como es el agua o la cuerda.

Retomando nuestro ejemplo, al tiempo que toma generar una onda completa, se le llama “*periodo*”, y este es igual al tiempo necesario para ejecutar una oscilación completa de la cuerda.

La distancia horizontal que ocupa una onda completa se llama “*longitud de onda*” y se representa por la letra “lambda” del alfabeto griego (λ). Como cada

onda avanza una longitud de onda en el transcurso de un periodo, la velocidad de la onda es igual a la longitud de onda dividida entre el periodo.

El número de ondas que se producen cada segundo es igual al número de oscilaciones que se den cada segundo, al extremo de la cuerda. A esta cantidad se le llama “*frecuencia*” y se puede obtener dividiendo la unidad entre el periodo. Se puede comprobar fácilmente que la velocidad de una onda se obtiene también multiplicando la longitud de onda por la frecuencia de ésta.

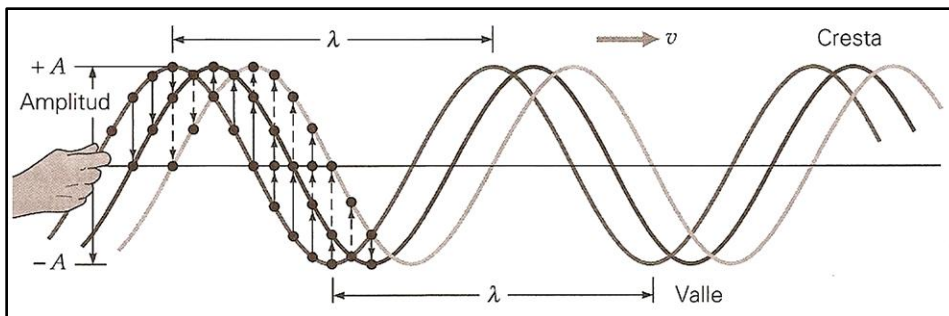


Fig. 4.2.3. Imagen tomada de: Física Wilson-Bufa. pág. 458.

Todos los fenómenos ondulatorios presentan comportamientos análogos. Por ejemplo, el sonido que se refleja en una pared, se comporta de manera análoga a la luz cuando ésta se refleja en un espejo; en acústica, a este fenómeno se le conoce como eco. En forma análoga a la difracción de la luz, el sonido también puede evitar obstáculos. Por último, el sonido también produce fenómenos de interferencia. Por ejemplo, cuando dos notas musicales suenan muy parecidas; fácilmente se escuchan modulaciones de su intensidad llamadas batimientos, que resultan de la interferencia entre las ondas producidas por dichas notas.

Estas analogías entre fenómenos ópticos y acústicos, fueron demostradas por Thomas Young en 1815, y dieron un gran sustento a la hipótesis de que la luz, como el sonido, es un fenómeno ondulatorio que resulta de ondas esféricas que se producen en cada punto de los cuerpos luminosos y se propagan en los medios transparentes como el aire, el agua, el vidrio o el vacío.

Aunque los experimentos de Thomas Young impulsaron la hipótesis ondulatoria de la luz, no fueron su origen. Las ideas ondulatorias de la luz surgieron simultáneamente con las ideas corpusculares de Newton, muy posiblemente inspiradas en las ideas cartesianas de la “especie de presión” propagadas en un medio. Su principal defensor fue el físico holandés, contemporáneo de Newton, Hans Christian Huygens, alrededor de 1670. Sin embargo, Huygens dedicó su teoría ondulatoria de la luz principalmente a explicar problemas de reflexión y de refracción.

La óptica ondulatoria perduró y se desarrolló por casi 200 años, durante los cuales, muchos problemas ópticos fueron resueltos y muchos instrumentos ópticos fueron desarrollados sin conocer la naturaleza de las ondas; solo se necesitaba saber que eran ondas. Tampoco fue necesario, en muchos casos, precisar la naturaleza del medio en que se propagan las ondas luminosas, bastaba con suponer que existía uno capaz de propagarlas, el llamado éter.

Sin embargo, para entender la naturaleza de la luz, se hacía necesario conocer las propiedades del medio en el que viajaba, para así determinar que propiedad era perturbada.

Como se explicará más adelante, todos los intentos realizados durante muchos años para demostrar la existencia del éter fueron inútiles. Después de todo, en la actualidad no resulta sorprendente que un medio tan extraordinario no haya sido jamás encontrado.

❖ **Actividad de aprendizaje**

Los estudiantes construirán un oscilador muy sencillo con un motor eléctrico de 1.5 V (como los que usan los carritos de pilas), un taquete de madera de $\frac{1}{4}$ de diámetro, un portapilas para una sola pila de 1.5 V, 1.5 m de hilo de cáñamo de color y un trozo de cinta de aislar.

Se conectan los dos alambres del motor al portapilas. En un extremo del taquete se inserta el eje del motor y éste se fija sobre el portapilas como se

muestra en la figura. Por último, se ata un extremo del hilo de cáñamo al portapilas.

Al conectar la pila el estudiante debe descolgar el motor para hacer oscilar el hilo y, dependiendo de la longitud que se dé a este, será el número de ondas que se observen.



Fig. 4.2.4. Dispositivo para generar ondas estacionarias.

4.2.4. Interferencia Ondulatoria

El fenómeno de la interferencia es cualquier proceso que altera, modifica o destruye una señal ondulatoria durante su trayecto entre el emisor y el receptor.

Cuando en mecánica ondulatoria se habla de “*interferencia constructiva*” se hace referencia a una superposición de dos o más ondas de frecuencia idéntica o similar que, al interferirse, crean un nuevo patrón de ondas de *mayor intensidad* (amplitud) que cualquiera de las componentes. Esto se debe a que las ondas que se han interferido estaban en *fases idénticas*.

De manera similar cuando se habla de “*interferencia destructiva*” se hace referencia a una superposición de dos o más ondas de frecuencia idéntica o similar que, al interferirse crean un nuevo patrón de ondas de *menor intensidad* (amplitud) que cualquiera de las componentes. Esto se debe a que las ondas que se han interferido estaban en *fases distintas*.

En el caso más extremo, dos ondas de igual frecuencia y amplitud en contrafase (desfasadas 180°) que se interfieren, se anulan.

❖ **Actividad de aprendizaje**

Actividad I

En el patio de la escuela se forman dos hileras de estudiantes con la idea de formar un pasillo. En medio del pasillo se coloca una cuerda, la cual es sujeta en sus extremos por dos estudiantes (uno de cada lado).

Los estudiantes tiran de la cuerda para tensarla, y en seguida, se pide a uno de los alumnos que de un pulso a la cuerda mientras que el otro la sostiene de manera que permanezca fija. Con el movimiento ondulatorio de la cuerda se formarán ondas, que todos podrán observar.

Posteriormente se pide a los alumnos que, a la cuenta de tres, den un pulso hacia arriba. Es en ese momento que, a la mitad de la cuerda, los estudiantes logran observar el fenómeno de *interferencia constructiva*.

Ahora, se pide a los alumnos que, a la cuenta de tres, uno de un pulso hacia arriba y otro de un pulso hacia abajo. Es en ese momento que, a la mitad de la cuerda, se logra observar el fenómeno de *interferencia destructiva*.

Nota. Es necesario indicar a los alumnos que pongan especial atención en la parte central de la cuerda.

Actividad II

Los estudiantes ingresarán a la dirección electrónica <http://www.angelfire.com/empire/seigfrid/Interferencia.html> para observar el fenómeno de la interferencia destructiva y constructiva mediante una animación.

4.2.5. El Interferómetro

El interferómetro es un aparato que funciona dividiendo un rayo de luz en dos con ayuda de un espejo parcialmente transparente y parcialmente reflector. Estos rayos viajan en trayectorias perpendiculares rebotando en otros espejos y

regresan hasta el punto donde fueron divididos en dos, ahí se vuelven a combinar formando un solo rayo.

Lo que sucede en el interferómetro puede ser visto como una carrera entre los dos rayos de luz, si la carrera termina en empate se produce *interferencia constructiva* y el resultado es un punto brillante en el centro de la pantalla, en caso contrario se produciría una *interferencia destructiva* y el resultado es un punto oscuro en el centro de la pantalla.

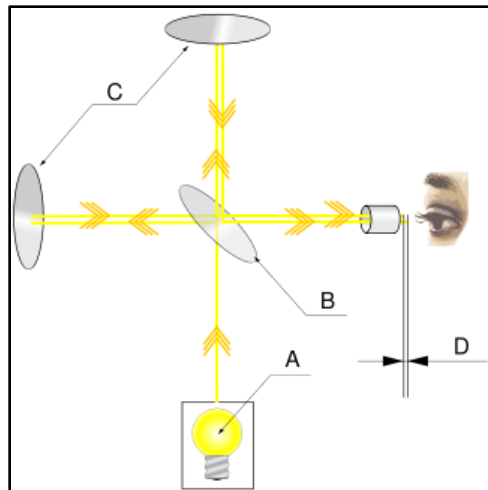


Fig. 4.2.5. Imagen recuperada de: http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Interferometre_Michelson.svg.

En los tiempos de Morley se creía que no podía haber un empate, ni siquiera debía ser una competencia entre ambos rayos, esto es porque los dos rayos de luz estaban corriendo en una pista movidiza. Todos sabían que la Tierra y por lo tanto el interferómetro se estaban moviendo a través del éter. Así pues los haces de luz debían trazar caminos totalmente diferentes con respecto a éste. El haz de luz que se mueve perpendicularmente al movimiento de la Tierra sigue una trayectoria que describe un triángulo, mientras que un haz de luz moviéndose paralelamente a la Tierra tiene más distancia que recorrer cuando viaja al espejo reflector que cuando regresa para realizar un viaje completo. El rayo que se mueve en el mismo sentido que la Tierra tiene que ir un poco más allá de manera que el rayo que viaja perpendicularmente al movimiento terrestre siempre debería ganar.

Michelson sabía que la diferencia esperada en la llegada de los dos rayos sería muy pequeña, después de todo la velocidad de la luz es $c = 3 \times 10^8$ m/s mientras que la velocidad de la Tierra a través del éter solo es 3×10^4 m/s. Dado que los rayos hicieron un recorrido de ida y vuelta antes de ser comparados, la diferencia de tiempo dependería del cuadrado de esa razón, lo que sería una diferencia de solo una parte en cien millones. Justamente, esa pequeña diferencia

en el tiempo de viaje de los dos rayos de luz, es lo que Michelson quería medir en 1880.

Podríamos pensar que esa pequeñísima diferencia en el tiempo de viaje de ambos rayos de luz sería la prueba exacta que Galileo necesitó tres siglos atrás para mostrar que Copérnico tenía razón, y que la Tierra, realmente se mueve alrededor del Sol. Quizá, Galileo podría haber ganado su caso si hubiera tenido una verdadera prueba científica de que la Tierra se mueve.

Así pues en 1887 Michelson le pidió a su amigo Morley trabajar en un nuevo y altamente sensible interferómetro que, era diez veces más sensible que su instrumento de 1880, Michelson había estado pensando en maneras de hacer que su interferómetro fuera estable y no susceptible a las vibraciones, para lograrlo, los espejos del interferómetro ahora

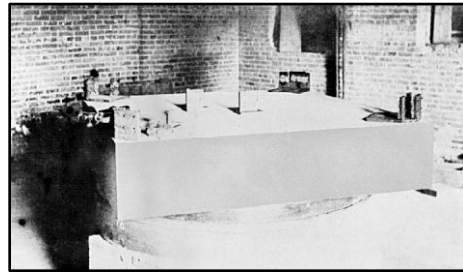


Fig. 4.2.6. Interferómetro de Michelson y Morley. Figura tomada de <http://images.google.com.mx>

descansaban sobre una enorme base de piedra que flotaba en una pileta de mercurio, con lo que se logró que el instrumento tuviera toda la estabilidad y sensibilidad que se necesitaba, de manera que debería detectar fácilmente la pequeña y anticipada diferencia de tiempo de viaje entre los dos rayos de luz debido al movimiento a través del éter.

Los resultados del experimento se observarían directamente en el patrón de interferencia. Primero se colocaría el interferómetro en una orientación con respecto al movimiento de la Tierra a través del éter y luego se rotaría. El efecto del movimiento a través del éter se vería en el cambio en los márgenes de interferencia al rotar el instrumento.

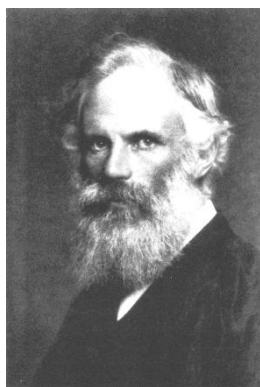
Para la completa sorpresa de Michelson y Morley no hubo ningún cambio en el patrón de interferencia lo cual significó que no había retraso, nada, ninguna diferencia no importó como se hiciera el experimento, en verano o en invierno, de día o de noche el resultado era siempre el mismo, la luz aparentemente viajaba a

la misma velocidad en todas las direcciones en un completo desacuerdo con la idea de que la Tierra se mueve a través del éter. Los hechos eran claros el experimento para detectar el éter había fracasado.

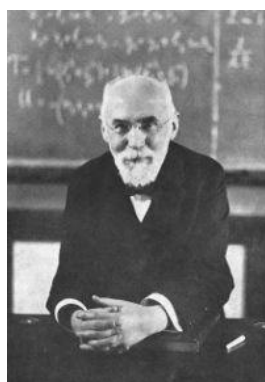
En ciencia, cuando un experimento así fracasa no solo crea un dilema teórico, sino que también puede conducir a respuestas aventuradas por parte de la comunidad científica.

En el año de 1892 el físico irlandés Georges Francis Fitzgerald sugirió que el tamaño de un brazo del interferómetro de Michelson y Morley podría, de alguna manera, haberse contraído. ¿Cuánto se contrajo? dijo, dependía de su velocidad a través del éter.

A la mayoría de los físicos la hipótesis de la contracción de Fitzgerald les pareció absurda, pero no así al físico más destacado de Europa en esa época, nos referimos al Físico Hendrik Antoon Lorentz.



Georges Francis Fitzgerald



Hendrik Antoon Lorentz



Henri Poincaré

En 1889 el gran matemático francés Henri Poincaré examinó los resultados obtenidos por Michelson y Morley y ofreció una explicación general aludiendo al principio de la relatividad. La idea era que el movimiento absoluto nunca iba a ser detectado en un laboratorio, sino que debe surgir una dinámica completamente nueva. Aunque Poincaré estaba en lo cierto, el principio de la relatividad que era su piedra fundamental, estaba lejos de ser nuevo, puesto que ya era conocido

desde la época de Galileo, “Las leyes de la física deben ser las mismas para todo sistema de referencia inercial”.

Si el experimento de Michelson-Morley hubiese sido un éxito, habría podido detectar el movimiento absoluto de la Tierra, con lo cual hubiese sido posible determinar la existencia de un sistema de referencia inercial privilegiado, el éter, que permanece en reposo, mientras que los demás sistemas de referencia se mueven con una velocidad uniforme con respecto a él.

❖ **Actividad de aprendizaje**

Los estudiantes ingresarán a la página del “*grupo de trabajo*” y accederán a la carpeta “*enlaces*”, en ella encontrarán la “*liga*” que los enlazará con la serie de libros electrónicos “*La ciencia para todos*” y buscarán el libro: *Relatividad para Principiantes*, del autor Shahen Hacyan. De éste libro leerán el capítulo II.

❖ **Desempeño de comprensión**

Al término de la sesión, por equipo:

Elaborarán un ensayo de la lectura anterior, en el cual, todos los integrantes del equipo deben aportar comentarios de lo estudiado en clase para enriquecer la lectura. El ensayo se elaborará en un procesador de textos (Word) y lo subirán a la página del *grupo de trabajo*.

❖ **Evaluación continua**

En esta ocasión, la evaluación consta de los siguientes elementos:

- ✓ El trabajo desarrollado por los alumnos dentro del salón de clase.
- ✓ La participación activa en las actividades de aprendizaje.
- ✓ El fondo y la forma de los ensayos entregados.
- ✓ Aportaciones y comentarios de la sesión anterior.

❖ **Comunidades reflexivas cooperativas**

En la página del “*grupo de trabajo*” los alumnos subirán, por equipo, sus ensayos, los cuales serán leídos por sus compañeros. Al mismo tiempo, el profesor revisará los trabajos los cuales devolverá vía correo electrónico para su corrección. En la siguiente sesión se dedicará algunos minutos para que los estudiantes realicen comentarios de los trabajos de sus compañeros y realicen aportaciones.

4.3. LAS TRANSFORMACIONES DE LORENTZ

❖ Metas de comprensión

A lo largo de la sesión se pretende que el alumno:

- Comprenda el concepto de “*simultaneidad*”.
- Comprenda el efecto relativista llamado “*dilatación del tiempo*”.
- Cuantifique la dilatación del tiempo.
- Comprenda el efecto relativista llamado “*contracción de la longitud*”.
- Cuantifique la contracción de la longitud.
- Sea capaz de obtener las Transformaciones de Lorentz.

4.3.1. Antecedentes

Sabiendo que la velocidad de la luz ($c = 300,000$ km/s, velocidad que puede calcularse a partir de las ecuaciones de Maxwell y que Michelson midió con una exactitud sorprendente), es una constante esencial en la física moderna para comprender al Universo tal y como realmente es, esta aparecerá en las llamadas “Transformaciones de Lorentz”.

A finales del siglo XIX cuando Lorentz dedujo sus ecuaciones de transformación para dar respuesta al experimento de Michelson-Morley, las velocidades más altas que objetos contruidos por el hombre podían lograr, eran las alcanzadas por trenes. El automóvil, que eventualmente superaría al tren, no estaba aún muy desarrollado y, los viajes aéreos, apenas despegaban del suelo.

El hecho es que en esa época, los trenes eran la misma imagen de la velocidad, y la única cosa sobre la Tierra que movía a las personas más rápido que los trenes, era la misma Tierra girando alrededor del Sol a 108 000 km/h. Aunque los habitantes del planeta no pueden percibir esta última velocidad, los físicos de la época la consideraban la velocidad que la Tierra tenía moviéndose a través del famoso éter.

En la sección anterior dijimos que desde los tiempos de Aristóteles se creía que el éter era la sustancia de la cual los cielos estaban hechos, y que ese concepto continuó siendo una mera especulación hasta que dos norteamericanos, Albert Michelson y Edgar Morley, decidieron probar, de una vez por todas, que lo que entonces se llamaba *éter luminífero* ciertamente existía.

Su objetivo fue detectar el movimiento de la Tierra a través del éter midiendo sus efectos sobre la velocidad de la luz con un interferómetro. Sin embargo, este experimento de interferometría mostró que a pesar del movimiento del observador la velocidad de la luz era la misma. Para Michelson y Morley esto fue una mala noticia que viajó rápido, tan rápido como un barco podía llevarla hasta Irlanda, donde el físico Fitzgerald, un defensor de la teoría electromagnética de la luz de Maxwell, examinó los contrariantes resultados para tratar de darles una explicación.

La explicación de Fitzgerald fue que en su movimiento a través del éter un brazo del interferómetro se contraía por una fracción de su largo, lo cual era la cantidad justa para permitir que los rayos de luz llegaran simultáneamente. Inmediatamente, la mayoría de los físicos que se enteraron, se mofaron de la idea.

Sin embargo, Lorentz quien era el experto mundial en la Teoría Electromagnética de Maxwell, llegó a la misma idea pero con una explicación tangible para el fenómeno de la contracción. Él pensaba que debía de ser una propiedad del electrón, cuya existencia recientemente había sido confirmada por J.J. Thomson y sus colegas en Inglaterra. Lorentz creía en la posibilidad de que el electrón se contrajera en la dirección de su movimiento, si esto fuera cierto y dado

que todo está compuesto de electrones, entonces el brazo del interferómetro se contraería en la dirección del movimiento, de igual manera que lo haría una regla, una locomotora o cualquier otro objeto.

Dado que Lorentz aún creía en la existencia del éter y en el hecho de que la Tierra se movía a través de él, consideró que de alguna manera el electrón debía ser responsable del hecho de que en el experimento de Michelson-Morley todos los observadores midieran la velocidad de la luz con los mismos resultados.

El matemático francés Henri Poincaré objetó la naturaleza limitada de la explicación ofrecida por Lorentz, se necesitaba dijo, una nueva ley fundamental de la física que cumpliera con el hecho de que todos los fenómenos físicos deben ocurrir de la misma manera, ya sea para un observador en un punto fijo que para uno en movimiento uniforme de traslación. En otras palabras, como Galileo había sugerido casi 300 años atrás, un estado de movimiento uniforme es tan bueno como cualquier otro, después de todo, esta idea fue la base de la ley de inercia.

Con esto Poincaré estaba sugiriendo que la idea de relatividad de Galileo debería ser generalizada para incluir todo fenómeno físico incluyendo la luz. Por ejemplo, un observador no puede determinar si está en movimiento midiendo la velocidad de la luz dado que ésta es la misma para todos los observadores, esto significó que ideas antiguas acerca del *espacio* y *el tiempo* debían cambiar.

Ahora bien, otras velocidades, digamos la velocidad de un tren en movimiento, no es la misma para todos los observadores, por ejemplo para un observador que se encuentra en un andén el tren pasa a una cierta velocidad, pero para alguien viajando en el tren, la velocidad de éste parece ser cero, y en cambio, al pasajero le parece que el andén es el que se está moviendo.

Ahora bien ¿qué pasa con la luz? ¿su velocidad dependerá de la velocidad del sistema de referencia del observador?

Así como Galileo percibió durante el Renacimiento que la velocidad de un objeto depende de la velocidad del observador, Albert Einstein dijo que la

percepción de las ondas de luz sería radicalmente diferente, él sugirió que, para alguien viajando a 300,000 km/s observaría un rayo de luz moviéndose exactamente a esa misma velocidad. ¿Cómo puede ser cierto esto?

Einstein propuso lo que llamaremos el segundo postulado de la Relatividad:

La velocidad de la luz es la misma, $c = 300,000$ Km/seg, para todos los sistemas de referencia inerciales.

Así pues, en este momento podemos recapitular y escribir lo que se conoce como los dos postulados de la Teoría Especial de la Relatividad:

- ✓ Todas las leyes de la física se cumplen para cualquier sistema de referencia inercial.
- ✓ La velocidad de la luz es la misma para todos los sistemas de referencia inerciales.

Observemos que este último postulado contrasta con el Teorema de Adición de Velocidades, ya que no resulta cierto que, si nos movemos con respecto a un sistema en el cual se emite un rayo de luz veremos que éste se mueve con una velocidad mayor a c .

❖ **Actividad de aprendizaje**

Se dice que cuando Einstein era joven se preguntó ¿qué miraría en un espejo si lo llevo en mis manos y corro a la velocidad de la luz? ¿Qué le contestarías tú?

4.3.2. Simultaneidad en la Teoría Especial de la Relatividad

Normalmente cuando medimos el tiempo, lo que realmente hacemos es emitir un juicio acerca de la simultaneidad de dos eventos. Por ejemplo, cuando decimos que un avión arribó a las 08:00 hrs., lo que queremos decir es que en el instante en que las manecillas del reloj marcaron las 08:00, el avión tocó tierra, es

decir, son eventos simultáneos. Pero, ¿cómo podemos estar seguros que dos eventos son simultáneos?

Aquí en la Tierra, podríamos pensar que el hecho de que dos eventos sean o no simultáneos debe ser independiente de que el observador pueda verificarlo. Sin embargo, debemos recordar que para la ciencia, solo tienen sentido aquellos juicios que están sujetos a comprobación. Por lo tanto si hablamos de simultaneidad, necesitamos de un criterio para determinar cuando dos eventos son simultáneos.

Para ello, consideremos a dos observadores A y B en movimiento relativo uno con respecto al otro como se muestra en la figura 4.3.1. En cierto lugar y momento pasa uno frente al otro, en ese instante de coincidencia ambos observadores perciben un destello de luz, es decir, un frente de onda esférico de luz que se expande hacia afuera desde ese punto dado.

Cada uno mide la velocidad de la luz y cada uno cree, correctamente, que él siempre está en el centro de esa esfera de luz que se expande, aún cuando ellos mismos se mueven alejándose uno con respecto al otro.

¿Cómo pueden dos personas en lugares diferentes estar en el centro de la misma esfera de luz?

Para confirmar su observación, cada uno pone sus propios detectores de luz separados a igual distancia con respecto a su posición. El observador A registra la luz llegando simultáneamente a sus dos detectores. Sin embargo, cree que la luz llega a los detectores de B en tiempos diferentes. Así mismo, B (observa lo mismo pero al revés) registra que la luz llega a sus dos detectores al mismo tiempo, pero cree que no lo hace para los detectores de A .

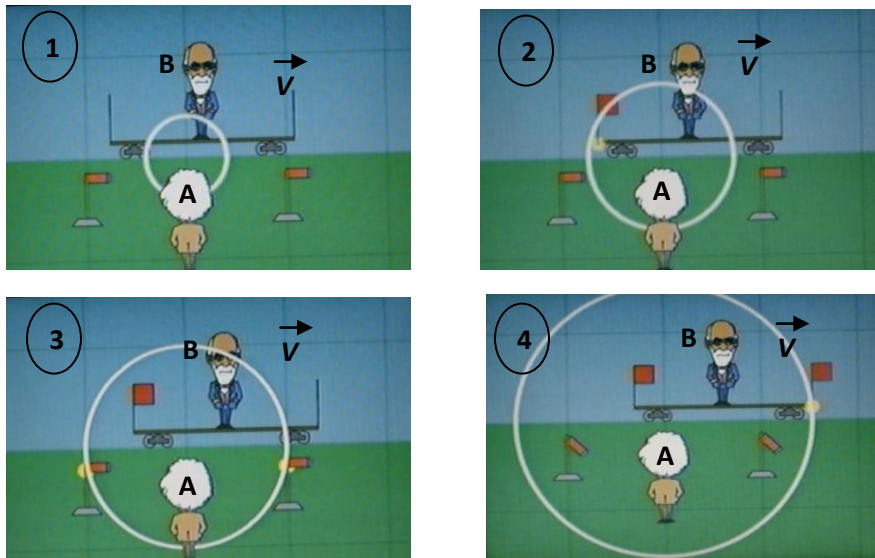


Fig. 4.3.1. En el esquema 1 se muestra como el observador A se encuentra en el centro de un destello de luz que se expande. Al mismo tiempo que el observador B se mueve en MRU con respecto al observador A. En el diagrama 2, el observador A percibe que el destello de luz toca primero el detector del observador B, luego en el diagrama 3 y, de manera simultánea, toca sus propios detectores. Por último en el diagrama 4 el destello de luz toca el otro detector del observador B.

Ambos observadores están de acuerdo con el valor de la velocidad de la luz, pero están en desacuerdo en que los eventos suceden simultáneamente. Esto significa que la medición de intervalos de tiempo así como la distancia, deben estar afectados por el movimiento.

Con lo anterior podemos concluir que: *dos eventos que suceden en lugares diferentes y son simultáneos en un sistema de referencia, no son simultáneos cuando se observan en un sistema que se mueve con respecto al anterior.*

❖ **Actividad de enseñanza**

Esta explicación se apoyará con la proyección del video “*La transformación de Lorentz*”, correspondiente al episodio 42 Vol. II de la serie “*El Universo Mecánico*”.

❖ **Actividad de aprendizaje**

Redactar brevemente en su cuaderno de trabajo y con sus propias palabras las siguientes preguntas:

1. ¿A qué nos referimos cuando decimos que dos eventos son simultáneos?
2. Explique, por medio de un ejemplo, por qué la simultaneidad es relativa.
3. En el ejemplo anterior se analizó la simultaneidad de dos eventos utilizando ondas luminosas. ¿Por qué no se pueden usar ondas sonoras?
4. Si dos eventos ocurren en el mismo punto para un observador A pero en tiempos distintos. ¿Podrían ser simultáneos para un observador B en movimiento uniforme con respecto a A ?
5. ¿Existe alguna medición en la cual dos observadores en movimiento relativo siempre estén de acuerdo?

4.3.3. Dilatación del Tiempo

En las ecuaciones de Maxwell se encuentra contenido el comportamiento del campo electromagnético generado por cargas y corrientes. Cuando estas ecuaciones fueron analizadas a la luz de las transformaciones de Galileo se presentó un grave problema: No eran invariantes, es decir, su estructura cambiaba dependiendo del observador. ¿Qué indicaba esto? ¿Estaba mal la teoría electromagnética?

Lorentz, desarrolló un conjunto de transformaciones, conocidas como las “*Transformaciones de Lorentz*”, cuyo logro fue mantener la estructura de las ecuaciones de Maxwell para todo sistema de referencia inercial. Estas ecuaciones servirían, junto con los principios enunciados por Einstein, para sentar las bases en la construcción de la Teoría Especial de la Relatividad. Cabe mencionar que Lorentz desarrolló una teoría puramente matemática, sería Einstein quien

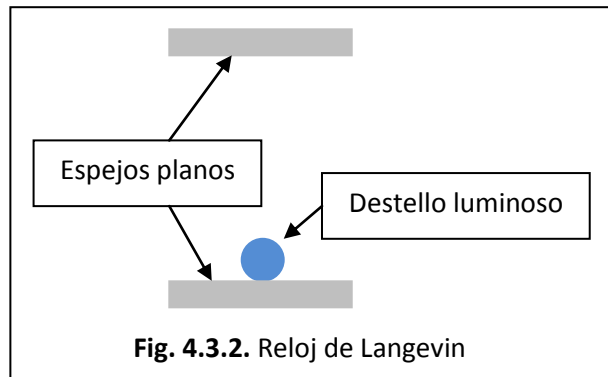
discutiría los principios físicos de la teoría relativista trascendiendo más allá del electromagnetismo.

En las “*Transformaciones de Lorentz*” se tienen las ecuaciones necesarias para mostrar con precisión cuánto deben retrasarse los relojes y cuánto deben contraerse los objetos cuando están en movimiento, los cuales son dos de los resultados más asombrosos de la TER.

La esencia del fenómeno de dilatación del tiempo, puede comprenderse fácilmente con ayuda del conocido “*reloj de Langevin*”.

Langevin fue un físico francés de comienzos del siglo XX, que se distinguió, entre otras cosas, por su esfuerzo en popularizar la Teoría Especial de la Relatividad en Francia. Entre sus contribuciones a la enseñanza de la física se encuentra la historia de “los viajeros de Langevin” (conocida actualmente como la paradoja de los gemelos).

El reloj de Langevin es un reloj ideal (imaginario), que consta de dos espejos planos y paralelos entre sí separados una cierta distancia L , como se muestra en la figura 4.3.2.



Si entre los dos espejos se produce un destello de luz, este destello quedará rebotando entre ambos espejos indefinidamente.

La calidad del reloj de Langevin es muy alta, ya que hasta donde sabemos, su funcionamiento no se altera si cambiamos su orientación, es decir, lo podemos colocar de manera horizontal, inclinado a cualquier ángulo o incluso moverlo con velocidad constante en cualquier dirección y esto no alterará su funcionamiento.

El uso de este reloj con fines didácticos tiene básicamente 3 objetivos que son:

- Comprender el fenómeno relativista llamado “*dilatación del tiempo*”.
- Deducir la ecuación matemática que describe éste fenómeno.
- Cuantificar la dilatación del tiempo.

Imaginemos ahora dos observadores A y B . El observador A se encuentra parado sobre la Tierra, mientras que B se encuentra viajando en una nave espacial. Imaginemos también que B lleva consigo un reloj de Langevin.

El observador B , desde su sistema de referencia (la nave), observa que el destello de luz se refleja en línea recta de arriba a bajo entre ambos espejos, igual que si estuviera en reposo. Este observador no percibe efectos extraños. Cabe destacar que como el observador B está en la nave y se mueve con ella, no existe movimiento relativo entre él y el reloj de luz; se dice entonces que el observador y el reloj de luz comparten el mismo sistema de referencia en el espacio-tiempo.

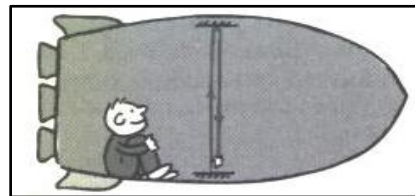


Fig. 4.3.3. Imagen tomada de Tippens. Décima edición pág. 693.

Ahora, veamos como percibe las cosas el observador A que se encuentra en Tierra, cuando la nave pasa frente a él a gran rapidez.

Para el observador A , las cosas son muy distintas desde este otro sistema de referencia, A ya no observa que el destello de luz describa un movimiento sencillo de subida y bajada. Como la nave se mueve en sentido horizontal, mientras el destello de luz lo hace en sentido vertical entre ambos espejos, el observador A percibe una trayectoria en diagonal.

Como se observa en la figura 4.3.4., desde el sistema de referencia de la Tierra, el destello de luz recorre dos trayectorias diagonales para completar su viaje de ida y vuelta, lo que implica una distancia mucho mayor que la que recorre vista desde el sistema de referencia del observador B .

Como la rapidez de la luz es la misma en todos los sistemas de referencia¹⁷, el destello de luz debe tardar un tiempo mucho mayor en realizar un viaje de ida y vuelta en el sistema de referencia de *A* que en el sistema de referencia de *B*. Esto se desprende de la definición de la rapidez: la distancia

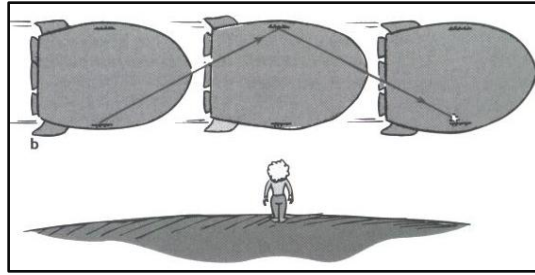


Fig. 4.3.4. Imagen tomada de Tippens. Décima edición pág. 693.

dividida entre el tiempo. Como la longitud de las diagonales es mayor debe dividirse entre un intervalo de tiempo correspondientemente mayor, para dar como resultado un valor constante para la velocidad de la luz. A este aumento en el valor del intervalo de tiempo se le conoce como “**dilatación del tiempo**”.

La expresión matemática que cuantifica la *dilatación del tiempo* para distintos sistemas de referencia, se puede deducir de las dos figuras anteriores. Esto es:

Llamaremos *tiempo propio* (t_0) al tiempo que tarda en completar su viaje de ida y vuelta el destello de luz en el sistema de referencia de *B*, y llamaremos *tiempo relativo* (t) al tiempo que tarda en completar su viaje el destello de luz en el sistema de referencia de *A*. Observemos que el tiempo propio es medido por *B* con solo un reloj colocado en un punto que es origen y punto receptor del destello de luz, mientras que el tiempo relativo t , o tiempo impropio, debe de ser medido por *B* utilizando dos relojes, uno colocado en el punto en el que él ve que es emitido el destello y otro colocado en el punto que el observa se recupera el destello.

¹⁷ Eso es lo que establece al segundo postulado de la Teoría especial de la Relatividad.

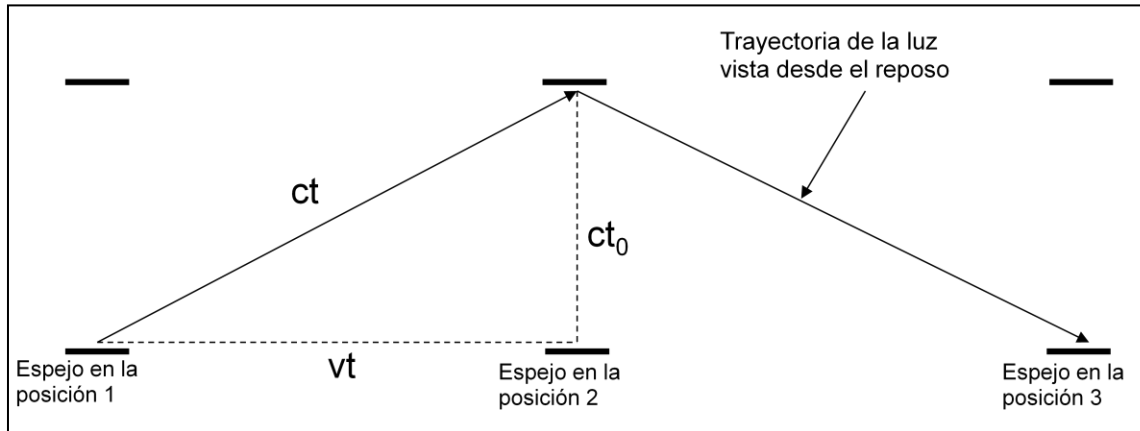


Fig. 4.3.5. Trayectoria que describe un rayo de luz en el reloj de Langevin.

En la figura 4.3.5., se muestra el destello de luz en tres posiciones sucesivas. Las líneas diagonales representan la trayectoria del destello de luz al ser emitido en la posición 1 en el espejo inferior, luego incide sobre el segundo espejo en la posición 2 y por último regresa al espejo inferior en la posición 3.

En la figura se muestra el valor de las distancias recorridas, según cada uno de los sistemas de referencia, por el destello de luz en función de la velocidad de la luz.

Considerando que:

c = Velocidad de la luz (300,000 km/s).

v = Velocidad de la nave (sistema de referencia que se mueve).

t = Tiempo relativo.

t_0 = Tiempo propio.

claramente de la figura se ve que si aplicamos el Teorema de Pitágoras tendremos:

$$(ct)^2 = (ct_0)^2 + (vt)^2$$

Al resolver y despejar el tiempo relativo (t) encontramos que:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

que es la famosa ecuación que nos permite cuantificar la llamada: *dilatación del tiempo*.

Ya que el factor $\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$ aparece de manera repetida en la Teoría Especial de la Relatividad, se le asigna un símbolo propio (la letra griega gama γ), la cual se conoce como: “*factor de Lorentz*”.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

Así pues, la ecuación de *dilatación del tiempo* puede describirse como:

$$t = \gamma t_0$$

Así las cosas, observemos que siempre tendremos que γ toma valores mayores que uno por lo que para un observador en reposo, un reloj de luz en movimiento parecería estar atrasado por un factor γ con respecto a lo que diría un observador en movimiento.

❖ **Medios y recursos didácticos apoyados en las NTIC**

Con el objetivo de guiar al alumno hacia la comprensión del tema, durante la clase de “Práctica Docente II de la MADEMS” se elaboró un material didáctico que, mediante una sencilla animación en PowerPoint, se muestra al estudiante como es el movimiento del destello de luz entre ambos sistemas espejos. Consultar materiales anexos en CD.

❖ **Actividad de aprendizaje**

Actividad I

Resolver en clase el siguiente problema:

Las partículas subatómicas de alta energía que llegan del espacio interactúan con los átomos de las capas altas de la atmósfera terrestre y producen partículas inestables llamadas *muones*. Un muón se desintegra con una vida media de 2.20×10^{-6} s medido en un marco de referencia en el que se halla en reposo. Si un muón se desplaza a $0.990c$ (aproximadamente 2.97×10^8 m/s) respecto a la tierra, ¿Cuál será su vida media medida por un observador desde la tierra?¹⁸

Respuesta $t = 15.6 \times 10^{-6}$ s.

Actividad II

Los estudiantes deben responder, de la sección “*Examínate*” pág. 696 del libro “*Física Conceptual*” de Paul G. Hewitt; décima edición, las preguntas 1, 2 y 3. Las respuestas se entregarán por escrito en una hoja de Word la subirán a la página del “*grupo de trabajo*”

II ELEMENTOS PARA EL PROFESOR

Una vez explicado el fenómeno de *dilatación del tiempo*, estamos en condiciones de responder a la siguiente pregunta:

¿Existe algún experimento donde se haya observado la dilatación del tiempo?

La respuesta es sí. Sin embargo, para llevar a cabo dicho experimento, se requiere de un reloj (real) que se mueva con velocidad cercana a la de la luz; afortunadamente las partículas elementales son tan pequeñas que pueden

¹⁸ Problema extraído de “*Física Universitaria*”, Sears-Zemansky, volumen 2, undécima edición, pág., 1412.

alcanzar dichas velocidades y tienen propiedades que nos permiten usarlas como relojes.

Algunas partículas elementales se desintegran, es decir viven un cierto tiempo después del cual dan lugar a otro tipo de partículas. El muón es una de estas partículas que cuando se desintegra da lugar a un electrón, un neutrino y un antineutrino.

Se ha observado (experimentalmente) que si inicialmente se tienen 568 muones, después de $1\mu\text{s}^{19}$ (microsegundo) quedarán 373 y después de $2\mu\text{s}$, sólo habrá 229 muones y así sucesivamente. En la tabla 4.1.1. se muestra el número de muones que quedan conforme pasa el tiempo:

Tabla. 4.3.1. Número de muones restantes al paso del tiempo.			
Tiempo (μs)	Numero de muones que quedan.	Tiempo (μs)	Numero de muones que quedan.
0	568	5	62
1	373	6	36
2	229	7	17
3	145	8	6
4	99	5	62

Esta propiedad de los muones permite medir periodos muy cortos de tiempo, simplemente contando el número de muones que vayan quedando.

Ahora bien, los rayos cósmicos son una fuente natural de partículas elementales, pues en ellos viajan una gran cantidad de partículas elementales, en su gran mayoría protones, que se mueven con velocidades cercanas a la velocidad de la luz. Cuando estos protones inciden sobre la atmosfera terrestre (chocando con los átomos de ésta), se da lugar a la producción de muones, los cuales viajan a una velocidad aproximada de 298, 000 km/seg., es decir, se mueven con una velocidad $v = 0.994 c$ hacia la superficie terrestre.

¹⁹ $\mu\text{s} = 10^{-6}$ segundos.

Cuando se llevó a cabo el experimento para detectar el número de muones que llegaban a la superficie terrestre, se encontró que, el número de muones que llegaban a la cima de una montaña de 2,000 m de altura, era de 568 muones por hora. Los muones que eran atrapados por el detector, disminuían notablemente su velocidad y se desintegraban de acuerdo con los datos de la tabla anterior.

Posteriormente se realizó el mismo experimento, pero ahora, al nivel del mar; el tiempo que tardaron los muones en viajar los 2,000 m. de la montaña (con respecto al sistema Tierra) es:

$$\frac{\text{distancia}}{\text{velocidad}} = \frac{2 \text{ km}}{298,200 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = 6.5 \times 10^{-6} \text{ seg} = 6.5 \mu\text{s}$$

En ese tiempo, algunos de los muones se habían desintegrado y, de acuerdo con los datos de la tabla, solamente deberían llegar unos 30 muones por hora. Sin embargo, al realizar el experimento se encontró que llegaban 400 en lugar de 30 muones por hora.

¿Por qué llegan 400 muones en lugar de 30? A continuación trataremos de dar respuesta a esta pregunta.

La esencia de este problema radica en la dilatación del tiempo. Los muones constituyen un reloj que se mueve a gran velocidad con respecto a la Tierra. De acuerdo a lo que estudiamos, el tiempo que transcurre para los muones, en su sistema de referencia propio, es menor que el tiempo que mediría un observador en la Tierra. Y si ha pasado menos tiempo para los muones, entonces debe quedar un mayor número de ellos.

De acuerdo con el experimento, el tiempo de vida de los muones corresponde al tiempo del reloj en movimiento, es decir el tiempo propio t_0 , mientras que el tiempo que se mide en la Tierra es el tiempo relativo $t = 6.5 \mu\text{s}$. Por su parte, la velocidad de los muones en movimiento corresponde a $v = 0.994 c$. Despejando t_0 de la ecuación de dilatación del tiempo y sustituyendo valores, encontramos que $t_0 = 0.7 \mu\text{s}$.

Este resultado indica que para los muones en movimiento solo han transcurrido $0.7 \mu s$, lo que de acuerdo con la tabla anterior, vemos que deben quedar aproximadamente 400 muones, cifra que coincide con el resultado del experimento.

Este experimento constituye una clara demostración del fenómeno de la *dilatación del tiempo* lo que pone en evidencia que no depende del tipo particular de reloj que se elija.

4.3.3. Contracción de la Longitud

Extrapolando lo anterior a la longitud, podemos decir que una regla o cualquier otro objeto, parece contraerse por ese mismo factor γ cuando se le observa desde un sistema que se encuentra en movimiento relativo. A este fenómeno se le conoce como la contracción "*Fitzgerald*" o "*contracción de Lorentz*".

Veamos ahora como se expresa matemáticamente la contracción "*Fitzgerald*".

Llamaremos L_0 a la longitud de un objeto en reposo; es decir, la longitud medida en un sistema de referencia en el cual el objeto se encuentra en reposo, y L a la longitud de este mismo objeto medida desde un sistema inercial en movimiento.

Consideremos una nave espacial que viaja entre dos estrellas y dos observadores, A que se encuentra en Tierra y B que se encuentra en la nave. El observador en Tierra mide una distancia L_0 entre las estrellas, la cual es una distancia propia en el sentido de que las estrellas se encuentran en reposo para él. Para este observador el tiempo que tarda la nave en viajar entre ambas estrellas es $t = \frac{L_0}{v}$, donde v es la velocidad de la nave. Observemos que t es un intervalo de tiempo impropio ya que para medirlo el observador A debe utilizar dos relojes, uno

colocado en una estrella y el otro en la otra estrella. Así pues, con respecto a la Tierra dicho tiempo es t , por lo que:

$$L_0 = vt$$

Ahora bien, para el observador B el tiempo de viaje entre una y otra estrella es igual a t_0 , un tiempo propio para cuya medición se ha utilizado un solo reloj. Para este observador las estrellas se mueven hacia él con una velocidad v mientras que él se encuentra en reposo. Así pues, para el observador B la distancia entre las estrellas será:

$$L = vt_0$$

Dividiendo esta última ecuación entre la anterior podemos eliminar a v con lo que se obtiene:

$$\frac{L}{L_0} = \frac{t_0}{t}$$

Puesto que el tiempo propio y el impropio están relacionados a través de la expresión

$$\frac{t_0}{t} = \sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}$$

tenemos que la ecuación anterior puede reescribirse como

$$L = L_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}$$

Donde L_0 es la longitud propia, es decir, la longitud del objeto medida en el sistema de referencia que se mueve, mientras que L es la longitud relativa, es decir, la longitud del mismo objeto medida desde el sistema de referencia en reposo.

Como se puede ver, el factor $\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}$ siempre es menor que 1, por lo cual, L siempre será menor que L_0 .

Este resultado puede interpretarse de la siguiente manera:

Si un objeto tiene una longitud propia L_0 cuando es medido por un observador que se encuentra en reposo con respecto a él, cuando el objeto se mueve con una velocidad v en una dirección paralela a su longitud, su longitud medida por un observador en reposo será menor por un factor igual al factor de Lorentz.

Es importante mencionar que la contracción de la longitud solo se presenta a lo largo de la dirección del movimiento.

❖ **Actividad de aprendizaje**

Actividad I

Se proporciona a los estudiantes una hoja de Excel, donde graficarán diferentes valores de L contra v con el objetivo de apreciar diferencias en la longitud de un objeto cuando v se acerca cada vez más a c la velocidad de la luz.

Con este ejercicio, los estudiantes explicarán por qué ningún objeto puede viajar más rápido que la luz.

Actividad II

Los estudiantes deben responder, de la sección “*Exáminate*” pág. 707 del libro “*Física Conceptual*” de Paul G. Hewitt; décima edición, la pregunta 1. Las respuestas se entregarán por escrito en una hoja de Word la subirán a la página del “*grupo de trabajo*”.

Si las cosas que se mueven a velocidades cercanas a las de la luz parecen ser más cortas, y los relojes en movimiento van con atraso, entonces, ¿cómo pueden dos personas moviéndose una en relación a la otra, estar de acuerdo en una descripción coherente de donde y cuando algún evento sucedió?

Par responder a esta pregunta, lo que se necesita es un conjunto de ecuaciones que remplacen las Transformaciones de Galileo y nos permitan describir lo que se observa desde un sistema de referencia inercial en términos de las mediciones hechas en otro sistema de referencia que se encuentra en movimiento con respecto al primero.

Estas nuevas transformaciones, son conocidas como “*Transformaciones de Lorentz*”, las cuales se presentan en la tabla 4.1.2. La primera ecuación corresponde a la transformación de Galileo para la componente x multiplicada por el factor de Lorentz. Observemos que las componentes perpendiculares a la dirección del movimiento no cambian.

Tabla 4.3.2. Ecuaciones de transformación de Lorentz.			
$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$x' = \gamma(x - vt)$	$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$x = \gamma(x' + vt')$
$y' = y$ $z' = z$		$y = y'$ $z = z'$	
$t' = \frac{t - \left(\frac{v}{c^2}\right)x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$t' = \gamma \left[t - \left(\frac{v}{c^2}\right)x \right]$	$t = \frac{t' + \left(\frac{v}{c^2}\right)x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$t = \gamma \left[t' + \left(\frac{v}{c^2}\right)x' \right]$

La transformación para el tiempo implica que la medición de intervalos de tiempo ha perdido el carácter absoluto que tenía en la relatividad galileana. Ahora, a pesar de que los relojes pueden estar sincronizados en un sistema de referencia, sus lecturas en otro sistema de referencia pueden depender de donde están éstos.

Las “*Transformaciones de Lorentz*” expresan la esencia matemática de la Teoría Especial de la Relatividad, atrasan el tiempo y contraen las distancias en un sistema de referencia que se mueve con respecto a otro.

Pero estas ecuaciones hacen más que esto, en realidad, unen el *tiempo* y el *espacio*, después de todo, cuando un evento ocurre, éste no tiene sentido si no se dice dónde y a que hora ocurre.

III ELEMENTOS PARA EL PROFESOR

1. *Deducción de las Transformaciones de Lorentz*

De lo anterior, hemos visto que las transformaciones galileanas deben reemplazarse por otras que nos permitan, no solo que la mecánica clásica sea invariante ante cambios de sistema de referencia, sino que también el electromagnetismo lo sea. Ahora veremos como se deducen estas nuevas ecuaciones en base a los postulados de la Teoría Especial de la Relatividad.

Para demostrar la compatibilidad de la teoría, con lo que se ha tratado en la sección anterior, volveremos a deducir otra vez todas las características especiales de las nuevas ecuaciones de transformación, con el enfoque de los procesos de medición examinados.

Observamos un evento en un sistema inercial de referencia S , y determinamos su posición y tiempo especificando las coordenadas (x, y, z, t) del evento. En un segundo sistema inercial S' , que se mueve con una velocidad v con respecto a S , este mismo evento se registra con las coordenadas de espacio y tiempo (x', y', z', t') . Ahora buscaremos las relaciones funcionales: $x' = x'(x, y, z, t)$, $y' = y'(x, y, z, t)$, $z' = z'(x, y, z, t)$ y $t' = t'(x, y, z, t)$; es decir, se buscan las ecuaciones de transformación que relacionan las coordenadas *espacio* y *tiempo* medidas por el observador del evento en S , con las coordenadas medidas por otro observador del mismo evento en S' .

Para ello aplicaremos los postulados fundamentales de la Teoría Especial de la Relatividad, además, supondremos que el espacio y el tiempo son homogéneos. Esta suposición de homogeneidad debe entenderse como: que todos los puntos en el espacio y el tiempo son equivalentes, lo que significa que, por ejemplo, los resultados de la medición de una longitud o un intervalo de tiempo entre dos eventos específicos, no puede depender de cuándo o dónde esté el intervalo en nuestro sistema de referencia. Más adelante se ilustrará la aplicación de esto.

Todo el procedimiento algebraico se simplifica si suponemos que los sistemas S y S' se mueven entre sí a lo largo de un eje común, en este caso, $x - x'$, con una velocidad relativa v (véase la figura 4.1.5.). Esto no impone restricciones fundamentales en nuestros resultados, pues el espacio es isotrópico, es decir, tiene las mismas propiedades en todas direcciones, (consideración que está implícita en la suposición de la homogeneidad). Además, en el instante en que los orígenes O y O' coinciden, hacemos que los relojes marquen tiempos $t = 0$ y $t' = 0$ respectivamente.

Ahora bien, la suposición de la homogeneidad requiere que las ecuaciones de transformación sean lineales, de modo que la forma más general que pueden tomar es:

$$\left. \begin{aligned} x' &= a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z + a_{14}t \\ y' &= a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z + a_{24}t \\ z' &= a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z + a_{34}t \\ t' &= a_{41}x + a_{42}y + a_{43}z + a_{44}t \end{aligned} \right\} \text{Ec. 3.1}$$

donde debemos determinar cada uno de los coeficientes que acompañan a cada variable, para así poder obtener las ecuaciones de transformación buscadas. Observe que no se excluye la posibilidad de que haya alguna dependencia entre las coordenadas de espacio y tiempo.

Cabe mencionar que, si las ecuaciones no fueran lineales, estaríamos contradiciendo la suposición de la homogeneidad. Por ejemplo, si x' dependiese del cuadrado de x ; es decir $x' = a_{11}x^2$, entonces, la distancia entre dos puntos en el sistema S' estaría relacionada con la posición de estos puntos en el sistema S a través de la expresión: $x'_2 - x'_1 = a_{11}(x_2^2 - x_1^2)$. Así pues, si una varilla de longitud unitaria en S tuviera sus extremos en $x_2 = 2$ y $x_1 = 1$ tendríamos que en S' su longitud sería: $x'_2 - x'_1 = 3a_{11}$. En cambio si la misma varilla tuviera sus extremos en $x_2 = 5$ y $x_1 = 4$, obtendríamos su longitud en S' dada por $x'_2 - x'_1 = 9a_{11}$. Es decir, la medición de la longitud de la varilla dependería de su posición en el espacio. De la misma manera, podemos rechazar cualquier dependencia de t que no sea lineal, pues el intervalo de tiempo existente entre dos eventos no debe depender del número que indiquen las manecillas del reloj del observador. Por lo tanto, las relaciones deben ser lineales, para no dar preferencia física a la elección del origen de nuestras coordenadas de espacio y tiempo sobre los demás puntos en el plano.

Ahora bien, con relación a estos dieciséis coeficientes se supone que sus valores dependerán de la velocidad relativa v , entre los sistemas inerciales S y S' . Por ejemplo, si $v = 0$, entonces los dos sistemas coinciden en todo momento y obtenemos que $a_{11} = a_{22} = a_{33} = a_{44} = 1$, siendo cero todos los demás. En general, si v es pequeña comparada con c , los coeficientes deben conducir a las Transformaciones Galileanas. Se busca entonces, encontrar los coeficientes para cualquier valor de v , es decir, como funciones de v .

¿Cómo determinar entonces los valores de estos dieciséis coeficientes? Para ello, aplicaremos los postulados de la Teoría Especial de la Relatividad, a saber:

- ✓ No existe ningún sistema inercial preferente, siendo las leyes de la física iguales en todos los sistemas inerciales.
- ✓ La velocidad de la luz en el espacio vacío tiene el mismo valor en todos los sistemas inerciales.

Ahora, supondremos que el eje x siempre coincide con el eje x' . Esto sucederá sólo si se cumple que, a todos los puntos en los que $y = 0$, $z = 0$ (condición característica de los puntos del eje x) les corresponden $y' = 0$, y $z' = 0$ (condición característica de los puntos del eje x'). Por lo tanto, las ecuaciones de transformación para y' y z' deben ser de la forma:

$$y' = a_{22}y + a_{23}z \quad y \quad z' = a_{32}y + a_{33}z$$

Es decir, los coeficientes a_{21} , a_{24} , a_{31} , y a_{34} deben ser iguales a cero. Además debe de existir la posibilidad de transformar el plano x - y (caracterizado por $z = 0$) sobre el plano x' - y' (caracterizado por $z' = 0$); en igual forma, en la transformación del plano x - z al plano x' - z' , $y = 0$. De ahí se infiere que a_{23} y a_{32} son iguales a cero, de modo que:

$$y' = a_{22}y \quad y \quad z' = a_{33}z \quad \left. \vphantom{y' = a_{22}y} \right\} \text{ Ec. 3.2}$$

Estos coeficientes constantes, a_{22} y a_{33} pueden determinarse por medio del primer postulado de la relatividad. Por ejemplo, veamos el caso de a_{22} .

Supongamos que sobre el eje y hay una varilla que mide una unidad, es decir, según el observador S , $y = 1$. Sin embargo, para un observador en S' , la varilla tiene una longitud de a_{22} , es decir $y' = a_{22} \times 1$. Ahora supongamos que se traslada la varilla hasta quedar sobre el eje y' del sistema de referencia S' . Como ahora la varilla está en reposo con respecto al observador en S' , este debe encontrar que la longitud de la varilla es $y' = 1$ si esto no fuera así habría alguna clase de asimetría entre los sistemas de referencia. Ahora bien, para el observador en S la varilla medirá $y = (1/a_{22})$

Debido a la reciprocidad que hay entre ambas mediciones, el primer postulado de la TER requiere que los dos resultados obtenidos sean idénticos, ya que si no fuera así, los sistemas de referencia no serían equivalentes físicamente. En consecuencia se debe cumplir que: $a_{22} = (1/a_{22})$, es decir, que $a_{22} = 1$. Siguiendo este mismo razonamiento se puede determinar que $a_{33} = 1$. Por lo tanto, las ecuaciones de transformación 3.2, se convierten en:

$$y' = y \quad y \quad z' = z$$

Por otro lado, las ecuaciones de transformación para x' y t' serán:

$$x' = a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z + a_{14}t$$

$$t' = a_{41}x + a_{42}y + a_{43}z + a_{44}t$$

Resolvamos primero la ecuación para t' . Por razones de simetría, se supone que t' no depende de y ni de z , de lo contrario, los relojes colocados simétricamente en el plano y - z (por ejemplo, en $+y$, $-y$ o $+z$, $-z$) junto al eje x , parecerían no concordar, vistos desde S' , lo que estaría en contra de la isotropía del espacio. Por lo tanto $a_{42} = a_{43} = 0$.

En cuanto a la ecuación para x' sabemos que un punto con $x' = 0$, parece moverse en la dirección del eje x positivo, con velocidad v , de manera que la posición $x' = 0$ debe ser idéntica a la posición $x = vt$. Por lo tanto, supondremos que $x' = a_{11}(x - vt)$. Esta es la ecuación de transformación correcta, es decir, $x = vt$ siempre corresponderá a $x' = 0$ en esta ecuación. Por lo tanto:

$$\left. \begin{aligned} x' &= a_{11}(x - vt) \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= a_{41}x + a_{44}t \end{aligned} \right\} \text{Ec. 3.3}$$

Todavía falta determinar los tres coeficientes a_{11} , a_{41} , y a_{44} . Para lograrlo, consideremos el segundo postulado de la relatividad que consiste, en el principio de la constancia de la velocidad de la luz.

Supongamos que en un tiempo $t = 0$ una onda esférica sale del origen de S , el cual coincide con el origen de S' , en ese momento, la onda se propaga a una velocidad c en todas direcciones en cada uno de los sistemas inerciales. Entonces, su marcha se describe mediante la ecuación de una esfera cuyo radio

aumenta con el tiempo a la misma velocidad c , en función de cualquiera de los dos conjuntos de coordenadas, el del sistema S' o el del sistema S . Esto es:

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2 \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2 \quad \text{Ec. 3.5}$$

Si ahora sustituimos las ecuaciones de transformación 3.3 en la 3.5, tenemos:

$$a_{11}^2 (x - vt)^2 + y^2 + z^2 = c^2 (a_{41}x + a_{44}t)^2$$

Ordenando los términos, tenemos:

$$(a_{11}^2 - c^2 a_{41}^2)x^2 + y^2 + z^2 - 2(va_{11}^2 + c^2 a_{41}a_{44})xt = (c^2 a_{44}^2 - v^2 a_{11}^2)t^2$$

Para que esta ecuación concuerde con la ecuación 3.4, la cual representa lo mismo, debemos tener:

$$c^2 a_{44}^2 - v^2 a_{11}^2 = c^2$$

$$a_{11}^2 - c^2 a_{41}^2 = 1$$

$$va_{11}^2 + c^2 a_{41}a_{44} = 0$$

Aquí, aparecen las tres ecuaciones con tres incógnitas, cuya solución (como se puede verificar al sustituirlas en las tres ecuaciones anteriores) es:

$$\left. \begin{aligned}
 a_{44} &= \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\
 a_{11} &= \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\
 a_{41} &= -\frac{v}{c^2 \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}
 \end{aligned} \right\} \text{Ec. 3.6}$$

Sustituyendo estos valores en las ecuaciones 3.3 tenemos formalmente las nuevas ecuaciones de transformación buscadas.

$$\left. \begin{aligned}
 x' &= \frac{x-vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\
 y' &= y \\
 z' &= z \\
 t' &= \frac{t - \left(\frac{v}{c^2}\right)x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}
 \end{aligned} \right\} \text{Ec. 3.7}$$

que son las llamadas “Ecuaciones de transformación de Lorentz”²⁰.

Antes de analizar el significado de estas ecuaciones, debemos someterlas a dos pruebas necesarias. Primero, si fuéramos a intercambiar nuestros sistemas de referencia o – lo que es lo mismo – a considerar que las coordenadas dadas para el espacio y el tiempo del evento son las observadas en S' , en lugar de S ; el único cambio permitido por el principio de la relatividad sería el cambio físico en velocidad relativa de v a $-v$. Es decir, desde S' , el sistema S se mueve hacia la izquierda, mientras que desde S , el sistema S' se mueve hacia la derecha.

²⁰ Originalmente fue Poincaré quien dio este nombre a las ecuaciones. En su teoría clásica de los electrones, Lorentz las había propuesto antes que Einstein lo hiciera. Sin embargo, Lorentz consideró v como la velocidad con respecto a un sistema de éter absoluto y dio una interpretación diferente a las ecuaciones.

Cuando se resuelven las ecuaciones anteriores para x , y , z , t , en función de las coordenadas del sistema S' , se obtiene:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = \frac{t' + \left(\frac{v}{c^2}\right)x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

cuya forma es idéntica a las ecuaciones anteriores, excepto que v cambia a $-v$ según se requiera.

Otro requisito es que para velocidades pequeñas, en comparación con c , es decir, para $v/c \ll 1$, las ecuaciones de Lorentz deben reducirse a las ecuaciones (aproximadamente) correctas de la transformación galileana. Este es el caso, ya que cuando $v/c \ll 1$, las ecuaciones anteriores son:

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

que son las ecuaciones clásicas (galileanas) de transformación.

En la tabla 4.1.3., se resumen las ecuaciones de transformación de Lorentz.

Tabla 4.3.3. Ecuaciones de transformación de Lorentz			
$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$x' = \gamma(x - vt)$	$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$x = \gamma(x' + vt')$
$y' = y$ $z' = z$		$y = y'$ $z = z'$	
$t' = \frac{t - \left(\frac{v}{c^2}\right)x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$t' = \gamma\left[t - \left(\frac{v}{c^2}\right)x\right]$	$t = \frac{t' + \left(\frac{v}{c^2}\right)x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$t = \gamma\left[t' + \left(\frac{v}{c^2}\right)x'\right]$

Conclusión

Después de todo lo estudiado podemos decir que existen dos teorías completamente independientes de la Teoría Especial de la Relatividad, la teoría de Poincaré y Lorentz quienes con gran dificultad construyeron las ecuaciones que eran necesarias para explicar los resultados del experimento de Michelson y Morley, y por otro lado de forma completamente independiente, la de Albert Einstein quien estaba preocupado por un problema profundo que tenía que ver con la naturaleza de la luz y la electricidad.

Mientras que para Lorentz la constancia de la velocidad de la luz para todos los observadores fue un mero aspecto, pero para Einstein esta velocidad constante fue un principio del cual todo lo demás debía deducirse, así fue como Einstein arribó exactamente a la misma teoría que Lorentz pero con una comprensión mucho pero mucho más profunda de lo que significaba.

Einstein se encontraba perturbado por aparentes contradicciones en el mismo corazón de la física. ¿Pueden la inercia y las leyes de la mecánica hacerse compatibles con la teoría de Maxwell sobre óptica y electromagnetismo? Einstein decide que si, aun cuando esto signifique renunciar, no solo al éter, sino al significado tradicional de *tiempo* y *espacio*. Para ello Einstein, estableció dos postulados fundamentales:

El primero es el principio de Poincaré sobre relatividad:

Las leyes de la física deben cumplirse en cualquier marco de referencia inercial.

Su segundo postulado establece:

La velocidad de la luz es la misma para todos los observadores sin importar el marco de referencia desde donde se le mire.

A partir de estos dos postulados, Einstein dedujo las mismas ecuaciones que Lorentz descubrió antes, pero ahora, tienen un significado muy distinto, los conceptos fundamentales de *espacio* y *tiempo* han sido entretreídos.

Así pues, si dijésemos que Einstein sólo hizo contribuciones menores a la Teoría Especial de la Relatividad es como decir que Galileo sólo hizo una trivial transformación matemática de coordenadas, y esto, sería ignorar de la manera más profunda la verdadera historia de ambos temas.

Capítulo V

Resultados, Conclusiones y Perspectivas

5.1. Resultados

A continuación revisaremos los resultados obtenidos después de aplicar el modelo Enseñar para la Comprensión (EpC), en la planeación de una estrategia educativa que permite enseñar la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en el bachillerato, mediante el uso y aplicación de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC).

Este modelo demostró ser una herramienta útil en la integración de las tres líneas de formación que constituyen los ejes de la MADEMS, a saber: disciplinaria, psicopedagógico-didáctica y socio-ético-educativa.

Desde el punto de vista **disciplinario**, el modelo ayudó a los estudiantes a memorizar, aprender y comprender de manera significativa algunos conceptos básicos de la TER, como son sistemas de referencia inerciales, transformaciones, simultaneidad, así como los efectos relativistas de contracción de la longitud y dilatación del tiempo.

Por otro lado, considerando que los alumnos llegan a la clase de ciencias con un conjunto diverso de ideas propias o esquemas de conocimiento sobre distintos objetos y fenómenos, y que estas ideas a menudo no están de acuerdo con las consideraciones científicamente aceptadas, las cuales conllevan a errores o concepciones alternativas muy arraigadas en su estructura cognitiva, el modelo demostró ser útil en la corrección de estas ideas alternativas.

Al comparar los resultados del examen diagnóstico contra los resultados del examen parcial, se observó una gran diferencia entre lo que los alumnos sabían antes de estudiar el tema y lo que aprendieron después de estudiarlo aplicando el modelo propuesto. Con esto, los alumnos fueron capaces de diferenciar entre la física de Newton y la física relativista de Einstein.

Desde la perspectiva **psicopedagógico-didáctica** y retomando nuestra

hipótesis de trabajo que dice:

“Contar con un modelo didáctico que integre de manera flexible el uso y aplicación de NTIC, permite a los estudiantes alcanzar aprendizajes significativos al mismo tiempo que facilita al docente la enseñanza de conceptos científicos con alto grado de comprensión”

podemos afirmar que el modelo demostró ser una importante guía que ayudó al docente a planificar adecuadamente el currículo y la instrucción, alcanzando la motivación necesaria en los estudiantes para que logran una actitud favorable hacia el aprendizaje de las ciencias y en particular de la TER.

Al mismo tiempo el modelo sirvió como guía, tanto al docente como a los estudiantes, para la elaboración e integración de materiales y recursos didácticos, los cuales se probaron y perfeccionaron a lo largo de las sesiones de práctica docente.

En este sentido, integrar el uso de las NTIC propició un mejor ambiente de trabajo en el aula, permitiendo a los estudiantes alcanzar, de manera eficiente, las metas de comprensión planteadas al inicio de cada sesión. Así, la participación e interés de los alumnos en el estudio de la TER demostró ser mayor que si el tema fuese expuesto de la manera tradicional (gis y pizarrón).

Por otro lado, para dar seguimiento al aprovechamiento de los estudiantes se llevó a cabo una evaluación continua, la cual se apoyó en los llamados “desempeños de comprensión”. Así pues, fueron los mismos estudiantes quienes, al elaborar y exponer sus productos finales mediante el uso de las NTIC, evidenciaron la comprensión de los temas revisados en clase. Esta forma de evaluación fue mejor recibida por los estudiantes ya que sirvió como elemento motivador contrastando con la respuesta que se obtiene cuando se aplica un examen tradicional. Con esto queda demostrado que sí es posible enseñar temas concernientes a la Física Moderna a estudiantes del bachillerato sin perder la formalidad que le otorga el método científico y, aunque se deja un poco de lado el tratamiento matemático, se logra el desarrollo de conceptos en los estudiantes.

Todo lo anterior sirvió para dar respuesta a nuestra hipótesis planteada al inicio de este trabajo.

Por último desde la perspectiva de **socio-ético-educativa**, los alumnos de hoy deben aprender a contribuir al conocimiento y a su construcción, y estas capacidades deben ser cultivadas desde el principio mismo de la vida.

En lugar de memorizar grandes cantidades de datos y fórmulas aisladas, necesitan comprender las relaciones que existen entre conceptos, los modos disciplinados de razonamiento y los hábitos reflexivos que les permitan reconocer configuraciones repetidas, dar sentido a lo aprendido, razonar analógicamente, obtener conclusiones generales y aplicar las lecciones aprendidas en una situación a otros contextos.

Al incluir las NTIC en la enseñanza no solo se propician los aprendizajes de las materias curriculares, sino también el uso de éstas en labores cotidianas del estudiante.

La participación de todos los estudiantes, en la evaluación de los productos generados por sus compañeros, propició en ellos el desarrollo de una actitud crítica, el sentido de responsabilidad y de pertenencia a una comunidad.

5.2. Conclusiones

En conclusión podemos afirmar que el problema de la enseñanza de las ciencias en el bachillerato no radica tanto en los contenidos, ni en su extensión ni en la manera en que estos son estructurados, el problema real radica en la manera como se enseñan estos contenidos. Dicho de otra manera, el problema no es tanto de fondo sino de forma.

Así pues, podemos afirmar que cuando el profesor cuenta con una metodología probada y epistemológicamente congruente es posible mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje dentro del salón de clase.

Por otro lado, el modelo “Enseñar para la Comprensión” aquí utilizado no es un modelo acabado que se utilice de una vez y para siempre, al contrario es

un modelo susceptible de irse enriqueciendo, perfeccionando y en su caso, modificando según las necesidades y características de la didáctica de cada profesor, al tiempo que es aplicado en cada una de las sesiones de clase.

Por último y para dar respuesta a la hipótesis de trabajo planteada, el modelo combinado con el uso de las NTIC resultó ser una herramienta eficaz para desarrollar la comprensión en los estudiantes y lograr aprendizajes significativos en el momento de enseñar conceptos de alto grado de abstracción.

5.3. Perspectivas

Como ya se dijo al principio de este documento, el fin del curso de Física III no es formar expertos en física ni de profundizar exhaustivamente en los temas que aquí se estudian. Es por ello que, como perspectivas futuras, se propone que el alumno que curse Física IV recupere los conceptos aquí estudiados con el objetivo de continuar con la Dinámica Relativista, en concreto con los conceptos de masa relativista y momento relativista para así llegar a la famosa ecuación $E = mc^2$.

Por otra parte, todos estos elementos en su conjunto, servirán de apoyo tanto a profesores como a los alumnos que cursan la materia optativa de “*Cosmología*” en el sexto año del bachillerato, ya que podrán continuar con el estudio de la Relatividad General con mejores bases.

A modo de reflexión

Como se ha dicho con anterioridad, el uso de las NTIC en el aula, no mejora, per se, la práctica docente. Para ello, es necesario contar con modelos didácticos que permitan combinar, de manera flexible, el uso de estos nuevos recursos tecnológicos con teorías del aprendizaje que den como resultado una mejora sustancial en los procesos educativos.

Para que un modelo didáctico tenga tal efecto, es esencial emprender un proceso continuo de mejora que considere las nuevas ideas y los nuevos principios educativos, los traduzca en términos que tengan sentido en las circunstancias particulares de cada centro educativo, desarrolle un plan basado

en estas nuevas ideas, pruebe el nuevo enfoque y reflexione acerca de los resultados. Cada uno de estos pasos será mucho más productivo si se agregan la colaboración y el diálogo con aquellos docentes que compartan objetivos y un lenguaje común que les permita debatir sobre los problemas que enfrenta la práctica docente.

Integrar con seriedad las nuevas tecnologías en el aula, promoviendo una comprensión flexible y creativa por parte del alumno, requiere una indagación constante y la colaboración entre colegas y la comunidad educativa toda. Pero resulta un desafío insoslayable, si queremos una escuela capaz de formar jóvenes con aptitud crítica y conectados con su entorno.

Contamos así con que el presente trabajo de tesis estimule y aliente a las comunidades reflexivas y cooperativas de profesores comprometidos con la investigación educativa a la mejora del proceso enseñanza aprendizaje.

Continuación

La voluntad de la escuela y la formación específica de los docentes resultan factores imprescindibles para incorporar las NTIC al proceso de enseñanza aprendizaje, aunque hay que seguir avanzando en la mejora de los equipamientos e infraestructuras de los centros educativos.

Conviene, por tanto, impulsar la formación específica de los profesores en prácticas innovadoras que utilicen las NTIC desde un punto de vista pedagógico. También conviene desarrollar cursos que contengan contenidos sobre la educación con NTIC, estos cursos deberían incluir los criterios de accesibilidad y de “Diseño para Todos”.

Acumular y compartir experiencias y buenas prácticas de la enseñanza con NTIC en aula parece ser la vía más adecuada para evitar errores y actuar acertadamente en el objetivo de la mejora de la calidad de la enseñanza.

Es prioritaria la creación de un portal educativo nacional dirigido a toda la comunidad educativa (profesores, alumnos, padres, centros escolares, instituciones educativas, editoriales, etc.) que reúna toda la información existente

(a nivel internacional, nacional, regional y local) sobre la incorporación de las NTIC en el aula.

La realización de nuevos estudios o investigaciones para analizar en profundidad las cuestiones que está planteando la incorporación de las NTIC en el proceso de cambio educativo, sería muy útil para la comunidad educativa en su conjunto. La eficacia de la educación con NTIC en el aula, las necesidades de formación de los profesores o un estudio crítico de nuevas experiencias educativas podrían ser temas de investigación.

Conseguir una mayor colaboración entre los grupos de profesionales implicados en la educación (funcionarios de las administraciones, directores de centros, profesores, pedagogos, productores de software educativo, etc.) ayudaría a coordinar esfuerzos y a trabajar en una misma dirección.

Se hace necesaria una reflexión sobre el tema de la evaluación de la calidad e idoneidad de los nuevos contenidos educativos.

Se debe seguir impulsando la creación de nuevos materiales y contenidos dirigidos a la educación con NTIC en el aula.

La realización de trabajos colaborativos o la participación en proyectos conjuntos parecen las vías clave para avanzar en el camino de la educación con NTIC. Se deben de promover este tipo de proyectos en los que participan grupos de profesores, de alumnos o, incluso, de centros a través de la Red.

La educación con NTIC se presenta especialmente favorable para las personas con Necesidades Educativas Especiales y específicas tanto para la mejora de sus habilidades cognitivas como para su normalización e integración.

Convendría continuar en la línea de la investigación de prácticas, materiales y ayudas técnicas que permitan acercar las NTIC a la formación de estos grupos sociales.

La mayoría de estas conclusiones, no vienen sino a reforzar afirmaciones ya destacadas por la comunidad educativa en general.

Por su enorme relevancia, hay que hacer hincapié en la importancia que tienen los profesores en el reto de incorporar las NTIC en la educación. Mientras los profesores no hagan uso de la tecnología para preparar sus clases y para trabajar en el aula y compaginen o sustituyan los métodos y los recursos tradicionales por los tecnológicos, no se podrá decir que las NTIC se han incorporado a la enseñanza o que están facilitando el cambio educativo.

Ahora más que nunca, el papel de los docentes es imprescindible y de ellos y de su actitud dependerá que las NTIC sean un factor que influya de forma decisiva en la calidad de la enseñanza.

Por otra parte, integrar las NTIC en la educación forma parte de los objetivos fijados por los centros educativos para mejorar la calidad y la eficacia de los sistemas de educación. Estrategias de intercambio de buenas prácticas docentes, de validación de métodos, de formación etc., están ayudando a la puesta en práctica de este objetivo. Sin embargo, en ningún momento se puede olvidar que la educación del siglo XXI exige un sistema adecuado a las demandas de una nueva realidad que evoluciona constantemente y que defiende la diversidad y las características personales del alumnado por encima de todo.

Anexo A: Encuesta para determinar el acceso a las NTIC.

Nombre completo del alumno

Grupo

Fecha

--	--	--

- Por favor contesta las siguientes preguntas con la mayor honestidad posible.
- Solo marca con una X en el recuadro de *sí* o *no* a la respuesta correcta.

No	Pregunta	Sí	No
1	¿Cuentas con computadora propia en casa?		
2	¿Tienes conexión a Internet desde tu casa?		
3	¿Puedes acceder a Internet desde un cibercafé?		
4	¿Puedes acceder a Internet desde la escuela?		
5	¿Cuentas con una dirección de correo electrónico?		
6	¿Sabes usar el correo electrónico, messenger u otro tipo de conexión?		
7	¿Sabes usar el procesador de textos Word?		
8	¿Sabes usar el programa de gráficos Power Point?		

CHAEA

Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de
Aprendizaje

Universidad de Deusto

Instituto de Ciencias de la Comunicación

Autores: Catalina M. Alonso, Domingo J. Gallego
y Peter Honey

Anexo B: Cuestionario de Estilos de Aprendizaje

Instrucciones para responder al cuestionario:

- Este cuestionario ha sido diseñado para identificar su Estilo preferido de Aprendizaje. No es un test de inteligencia, ni de personalidad.
- No hay límite de tiempo para contestar el Cuestionario. No le ocupará más de 15 minutos.
- No hay respuestas correctas o erróneas. Será útil en la medida en que sea sincero(a) en sus respuestas.
- Si está más de acuerdo que en desacuerdo con el reactivo, ponga un signo de más (+).
- Si, por el contrario, está más en desacuerdo que de acuerdo, ponga un signo menos (-).
- Por favor conteste a todos los reactivos.
- El Cuestionario es anónimo.

Anexo B: Cuestionario de Estilos de Aprendizaje

CUESTIONARIO HONEY-ALONSO DE ESTILOS DE APRENDIZAJE: CHAEA

Reactivo	(+) (-)
1. Tengo fama de decir lo que pienso claramente y sin rodeos.	
2. Estoy seguro(a) de lo que es bueno y lo que es malo, lo que está bien y lo que está mal.	
3. Muchas veces actúo sin mirar las consecuencias.	
4. Normalmente trato de resolver los problemas metódicamente y paso a paso.	
5. Creo que los formalismos coartan y limitan la actuación libre de las personas.	
6. Me interesa saber cuáles son los sistemas de valores de los demás y con qué criterios actúan.	
7. Pienso que el actuar intuitivamente puede ser siempre tan válido como actuar reflexivamente.	
8. Creo que lo más importante es que las cosas funcionen.	
9. Procuro estar al tanto de lo que ocurre aquí y ahora.	
10. Disfruto cuando tengo tiempo para preparar mi trabajo y realizarlo a conciencia.	
11. Estoy a gusto siguiendo un orden, en las comidas, en el estudio, haciendo ejercicio regularmente.	
12. Cuando escucho una nueva idea enseguida comienzo a pensar cómo ponerla en práctica.	
13. Prefiero las ideas originales y novedosas, aunque no sean prácticas.	
14. Admito y me ajusto a las normas sólo si me sirven para lograr mis objetivos.	
15. Normalmente encajo bien con personas reflexivas y me cuesta sintonizar con personas demasiado espontáneas, imprevisibles.	
16. Escucho con más frecuencia que hablo.	
17. Prefiero las cosas estructuradas a las desordenadas.	
18. Cuando poseo cualquier información, trato de interpretarla bien antes de manifestar alguna conclusión.	
19. Antes de hacer algo, estudio con cuidado sus ventajas e inconvenientes.	
20. Me crezco con el reto de hacer algo nuevo y diferente.	
21. Casi siempre procuro ser coherente con mis criterios y sistemas de valores. Tengo principios y los sigo.	

Anexo B: Cuestionario de Estilos de Aprendizaje

Reactivo	(+) (-)
22. Cuando hay una discusión, no me gusta ir con rodeos.	
23. Me disgusta implicarme afectivamente en mi ambiente de trabajo. Prefiero mantener relaciones distantes.	
24. Me gustan más las personas realistas y concretas que las teóricas.	
25. Me cuesta ser creativo(a), romper estructuras.	
26. Me siento a gusto con personas espontáneas y divertidas.	
27. La mayoría de las veces expreso abiertamente cómo me siento.	
28. Me gusta analizar y dar vueltas a las cosas.	
29. Me molesta que la gente no se tome en serio las cosas.	
30. Me atrae experimentar y practicar las últimas técnicas y novedades.	
31. Soy cauteloso(a) a la hora de sacar conclusiones.	
32. Prefiero contar con el mayor número de fuentes de información. Cuanto más datos reúna para reflexionar, mejor.	
33. Tiendo a ser perfeccionista.	
34. Prefiero oír las opiniones de los demás antes de exponer la mía.	
35. Me gusta afrontar la vida espontáneamente y no tener que planificar todo previamente.	
36. En las discusiones, me gusta observar cómo actúan los demás participantes.	
37. Me siento incómodo(a) con las personas calladas y demasiado analíticas.	
38. Juzgo con frecuencia las ideas de los demás por su valor práctico.	
39. Me agobia si me obligan a acelerar mucho el trabajo para cumplir un plazo.	
40. En las reuniones, apoyo las ideas prácticas y realistas.	
41. Es mejor gozar del momento presente, que deleitarse pensando en el pasado o en el futuro.	
42. Me molestan las personas que siempre desean apresurar las cosas.	
43. Aporto ideas nuevas y espontáneas en los grupos de discusión.	

Anexo B: Cuestionario de Estilos de Aprendizaje

Reactivo	(+) (-)
44. Pienso que son más consistentes las decisiones fundamentadas en un minucioso análisis que las basadas en la intuición.	
45. Detecto frecuentemente la inconsistencia y los puntos débiles en las argumentaciones de los demás.	
46. Creo que es preciso saltarse las normas muchas más veces que cumplirlas.	
47. A menudo caigo en la cuenta de otras formas mejores y más prácticas de hacer las cosas.	
48. En conjunto hablo más que escucho.	
49. Prefiero distanciarme de los hechos y observarlos desde otras perspectivas.	
50. Estoy convencido(a) que debe imponerse la lógica y el razonamiento.	
51. Me gusta buscar nuevas experiencias.	
52. Me gusta experimentar y aplicar las cosas.	
53. Pienso que debemos llegar pronto al grano, al meollo de los temas.	
54. Siempre trato de conseguir conclusiones e ideas claras.	
55. Prefiero discutir cuestiones concretas y no perder el tiempo con charlas vacías.	
56. Me impaciento cuando me dan explicaciones irrelevantes e incoherentes.	
57. Compruebo antes si las cosas funcionan realmente.	
58. Hago varios borradores antes de la redacción definitiva de un trabajo.	
59. Soy consciente de que en las discusiones ayudo a mantener a los demás centrados en el tema, evitando divagaciones.	
60. Observo que, con frecuencia, soy uno(a) de los(as) más objetivos(as) y desapasionados en las discusiones.	
61. Cuando algo va mal, le quito importancia y trato de hacerlo mejor.	
62. Rechazo ideas originales y espontáneas si no las veo prácticas.	
63. Me gusta sopesar diversas alternativas antes de tomar una decisión.	
64. Con frecuencia miro hacia adelante para prever el futuro.	
65. En los debates y discusiones prefiero desempeñar un papel secundario antes que ser el(la) líder o el(la) que más participa.	

Anexo B: Cuestionario de Estilos de Aprendizaje

Reactivo	(+) (-)
66.Me molestan las personas que no actúan con lógica.	
67.Me resulta incómodo tener que planificar y prever las cosas.	
68.Creo que el fin justifica los medios en muchos casos.	
69.Suelo reflexionar sobre los asuntos y y problemas.	
70.El trabajar a conciencia me llena de satisfacción y orgullo.	
71.Ante los acontecimientos trato de descubrir los principios y teorías en que se basan.	
72.Con tal de conseguir el objetivo que pretendo, soy capaz de herir sentimientos ajenos.	
73.No me importa hacer todo lo necesario para que sea efectivo mi trabajo.	
74.Con frecuencia soy una de las personas que más anima las fiestas.	
75.Me aburro enseguida con el trabajo metódico y minucioso.	
76.La gente con frecuencia cree que soy poco sensible a sus sentimientos.	
77.Suelo dejarme llevar por mis intuiciones.	
78.Si trabajo en grupo procuro que se siga un método y un orden.	
79.Con frecuencia me interesa averiguar lo que piensa la gente.	
80.Esquivo los temas subjetivos, ambiguos y poco claros.	

Anexo B: Cuestionario de Estilos de Aprendizaje

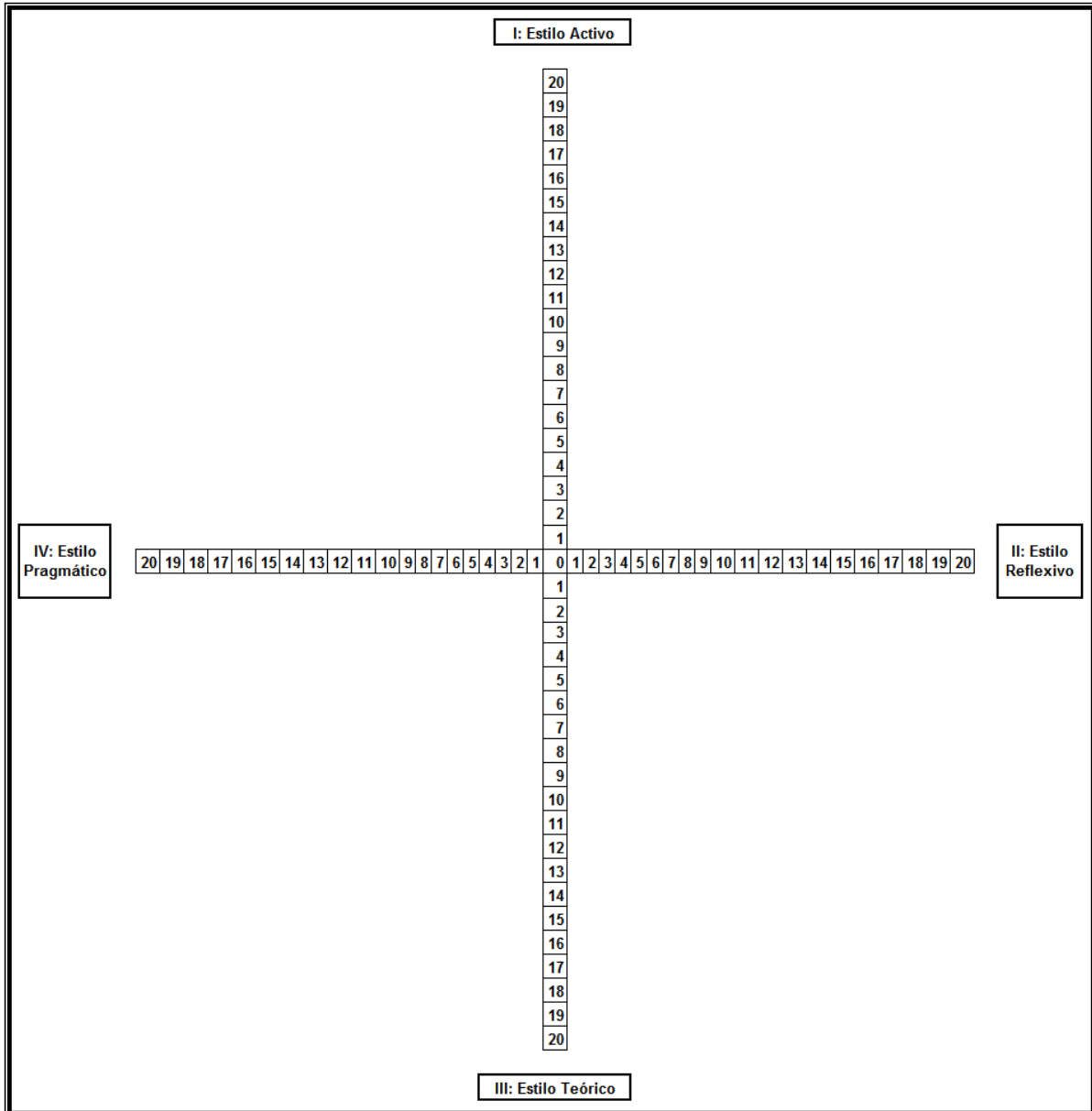
PERFIL DE APRENDIZAJE

1. Rodee con una línea cada uno de los números que ha señalado con un signo más (+).
2. Sume el número de círculos que hay en cada columna.
3. Coloque estos totales en la gráfica de la página siguiente. Así comprobará cuál es su Estilo o Estilos de Aprendizaje preferentes.

	I	II	III	IV
<i>Progresivo</i>	ACTIVO	REFLEXIVO	TEÓRICO	PRAGMÁTICO
1	3	10	2	1
2	5	16	4	8
3	7	18	6	12
4	9	19	11	14
5	13	28	15	22
6	20	31	17	24
7	26	32	21	30
8	27	34	23	38
9	35	36	25	40
10	37	39	29	47
11	41	42	33	52
12	43	44	45	53
13	46	49	50	56
14	48	55	54	57
15	51	58	60	59
16	61	63	64	62
17	67	65	66	68
18	74	69	71	72
19	75	70	78	73
20	77	79	80	76
Total por columna				
	I	II	III	IV
	ACTIVO	REFLEXIVO	TEÓRICO	PRAGMÁTICO

Anexo B: Cuestionario de Estilos de Aprendizaje

Gráfica Personal de Estilos de Aprendizaje



Anexo C: Examen diagnóstico para indagar ideas previas sobre la Teoría Especial de la Relatividad (TER)

1. Marca con una **x** si has escuchado hablar de alguno de los siguientes científicos (puedes marcar mas de uno):
 - Galileo Galilei
 - Hendrik Lorentz
 - Henry Poincaré
 - Albert Abraham Michelson
 - Albert Einstein
 - Edward W Morley
2. ¿Sabes cual fue el trabajo desarrollado por Albert Einstein por el cual se le otorgó el premio Nobel en 1921?
3. ¿Conoces o has escuchado hablar de la Teoría Especial de la Relatividad?
4. ¿Sabes en qué consiste el famoso experimento Michelson-Morley?
5. Escribe el valor que tiene la velocidad de la luz en el vacío.
6. ¿Conoces o has escuchado hablar de los fenómenos relativistas conocidos como dilatación del tiempo y la contracción de la longitud?
7. ¿Conoces los dos postulados que sostiene la Teoría de la Relatividad Especial?
8. ¿Conoces o has escuchado hablar de la llamada “teoría del éter”?
9. ¿Sabes en que consiste la diferencia entre la Física de Newton y la Física de Einstein?
10. ¿Conoces o has escuchado hablar del llamado *factor de Lorentz*?

Anexo D: Examen Parcial "Relatividad Especial"

Nombre:

Instrucciones: Lee cuidadosamente cada uno de los reactivos antes de contestar, el examen se contesta con lápiz.

Valor total del examen.

15 puntos.

I Encierra en un círculo la respuesta correcta.

Valor total 1 punto.

- F V 1. El primer postulado de la teoría de la relatividad especial dice que, las leyes de la naturaleza dependen del marco de referencia del que se observan.
- F V 2. La velocidad de la luz tiene un valor constante en el vacío.
- F V 3. La Tierra gira alrededor del Sol a una velocidad de 30km/s.
- F V 4. El segundo postulado de la teoría de la relatividad especial dice que la velocidad de la luz en el vacío depende del movimiento de la fuente de ésta o el del observador.
- F V 5. La tierra gira sobre su propio eje a una velocidad de 150 km/s

II Relaciona las siguientes columnas.

Valor total 1 punto.

A	Albert Einstein		Realizó sus trabajos acerca de fenómenos ópticos y acústicos
B	Galileo Galilei		En base al fenómeno de la interferometría, construyó un interferómetro para llevar a cabo sus experimentos.
C	Hedrik Lorentz		Propuso que el espacio podía contraerse.
D	Isaac Newton		En 1905 publicó sus trabajos acerca de la Teoría Especial de la Relatividad.
E	Thomas Young		Expresó las leyes de Coulomb, Faraday y Ampere en un conjunto de fórmulas.
F	James C. Maxwell		
G	Henri Poincaré		
H	Albert Michelson		

III Encierra en un círculo la letra que corresponda a tu respuesta.

Valor total 5 puntos.

- 7) Un marco de referencia inercial se define como aquel que:
- Se mueve en línea recta.
 - Cumple con la primera ley de Newton.
 - Se mueve con velocidad constante.
 - Todas las anteriores.
- 8) Para determinar la ocurrencia de un evento, en la física relativista, es necesario contar con cuatro coordenadas, ¿Qué mide la cuarta coordenada?
- La distancia.
 - El espacio.
 - El tiempo.
 - La velocidad.

- 9) El experimento de Michelson Morley buscaba demostrar:
- a) El fenómeno de interferencia luminosa.
 - b) La existencia del éter.
 - c) El movimiento de la Tierra.
 - d) La constancia de la velocidad de la luz.
- 10) Lo que motivó a Einstein a desarrollar su Teoría Especial de la Relatividad (TER) fue:
- a) El experimento de Michelson Morley.
 - b) La existencia del éter.
 - c) La inconsistencia entre la TER y las ecuaciones de Maxwell.
 - d) La necesidad de determinar la velocidad de la luz.
- 11) El tiempo medido en un marco de referencia que se mueve con respecto a otro que se encuentra fijo se le llama tiempo:
- a) Propio.
 - b) Real.
 - c) Relativo
 - d) Fijo.

IV Resuelve cada uno de los siguientes ejercicios:

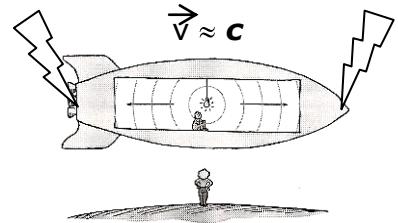
Valor 1 punto c/u

- 12) El pasajero de un crucero interestelar, que viaja a $0.99c$, toma una siesta de 5 minutos según su reloj. ¿Cuánto tiempo duró su siesta, medida desde la Tierra?
- 13) Si el crucero del problema anterior tiene una longitud de 22m de largo, según el capitán de la nave, ¿Cuál es la longitud del crucero medida desde la Tierra?

V Contesta brevemente las siguientes preguntas.

Valor 2 puntos c/u

14) Un observador ubicado en el planeta Tierra, como se muestra en la figura, ve que un par de rayos caen en forma simultánea en los extremos delantero y trasero de la nave que viaja a una velocidad muy cercana a c . ¿Esos rayos serán simultáneos de acuerdo con un observador situado a la mitad de la nave? Explica.



15) Imagina que Nelly Newton puede viajar en su nave a una velocidad igual a c . Si lleva una lámpara de mano, como se muestra en la figura, y la enciende ¿vería el rayo de luz saliendo de su lámpara? Explica.



16) Lee con cuidado el siguiente texto y contesta:

Asigna un título al texto

Había una vez una joven llamada Brillo que viajaba mucho más rápido que la luz. Un día salió en forma relativista y regresó la noche anterior.

Explica brevemente con tus propias palabras qué entiendes del texto anterior.

Anexo E: Planes de Clase

Asignatura	Física III	Unidad	II Interacciones Mecánicas, Fuerza Y Movimiento.	Subtema	Relatividad Especial
Profesor	J. Antonio Mota Tapia	Tema a desarrollar	Introducción al tema de "Teoría Especial de la relatividad"	Tiempo asignado	100 min.
Grupo	422	Fecha	06/11/2007	Sesión	1/4

OBJETIVOS GENERALES

- Que el alumno sea capaz de explicar la diferencia entre la física newtoniana y la física relativista.
- Que el alumno explique con sus propias palabras los postulados de la Teoría Especial de la Relatividad.
- Que el alumno explique y comprenda el fenómeno de la dilatación del tiempo y la contracción del espacio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Declarativo Conceptual	Procedimental	Actitudinal
<p>El alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Identifique algunos conceptos relativistas. ➤ Describa situaciones que involucren conceptos relacionados con el tema. ➤ Relacione conceptos para inferir resultados. ➤ Organice ideas e información para su posterior publicación. ➤ Explique la causa de algunos fenómenos debidos a la relatividad especial. 	<p>El alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reconozca situaciones físicas de la vida cotidiana donde se presenta la necesidad de una explicación relativista. ➤ Manipule herramientas electrónicas para la publicación de trabajos escritos. ➤ Manipule hojas electrónicas para realizar cálculos y construir gráficas. ➤ Buscará información en diversas fuentes electrónicas para recabar información. 	<p>El alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Participará en debates y comentarios acertados dentro del salón de clase. ➤ Reconocerá el valor de la experimentación y de la observación como una herramienta usada en el método científico. ➤ Participará en equipos de trabajo. ➤ Respetará la opinión y puntos de vista de sus compañeros.

MATERIAL DIDÁCTICO Y EQUIPO

➤ Video de Relatividad Especial	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cañón. ➤ Computadora.
---------------------------------	--

CONCEPTOS

<p>PREVIOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1ª Ley de Newton. ▪ Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) ▪ Velocidad de la Luz. 	<p>A DESARROLLAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Teoría Especial de la Relatividad.
--	---

Anexo E: Planes de Clase

HABILIDADES A DESARROLLAR	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de información. ▪ Toma de apuntes. ▪ Observación. ▪ Experimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resumen de información ▪ Publicación de comentarios. ▪ Emisión de juicios, preguntas y ejemplos.

CONTENIDO	ESTRATEGIA DIDÁCTICA SUGERIDA	
<p>Concepto de relatividad especial. Consecuencias del moverse a velocidades próximas a las de la luz. Fenómenos relativistas, dilatación del tiempo y contracción del espacio. Constancia de la velocidad de la luz. Consecuencias del movimiento, según el marco de referencia.</p>	MODALIDAD DIDÁCTICA. Seminario, investigación documental, debate y prácticas.	
	ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA	ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE
	<p>El profesor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sesión inicia con la aplicación de un examen diagnóstico. • Se propicia una lluvia de ideas con el tema del GPS. • Se explica la relación de ondas electromagnéticas y la luz. • Se presenta el video y se hacen comentarios a lo largo de la presentación. 	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leer el capítulo I del libro "Relatividad para principiantes". • Buscarán información sobre TER en INTERNET. • Se toman apuntes en el cuaderno de la película. • Entregarán un resumen por escrito, en una hoja electrónica, de las lecturas el cual publicaran en el grupo de trabajo.

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN SUGERIDA
<p>DIAGNÓSTICA Se aplica un examen escrito para indagar sobre las ideas previas o preconceptos que los alumnos poseen sobre el tema.</p>
<p>FORMATIVA</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Participación activa en el aula. ➤ Emisión de comentarios acertados. ➤ Trabajo en equipo. ➤ Entrega en tiempo y forma de tareas y resúmenes.

Anexo E: Planes de Clase

Asignatura	Física III	Unidad	II Interacciones Mecánicas, Fuerza Y Movimiento.		Subtema	Relatividad Especial	
Profesor	J. Antonio Mota Tapia	Tema a desarrollar	SISTEMAS DE REFERENCIA		Asignación de tiempo	100 min.	
Grupo	422		Fecha	07/11/2007		Sesión	2/4

PROPÓSITOS ESPECÍFICOS

El alumno:

- Identificará la necesidad de establecer un sistema de referencia.
- Definirá lo que es un sistema de referencia inercial y no inercial.
- Podrá inferir el resultado de un movimiento a partir de su sistema de referencia inercial.
- Propondrá ejemplos y actividades para ilustrar el uso de sistemas de referencia inerciales.

MATERIAL DIDÁCTICO Y EQUIPO

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Presentación en PowerPoint (PP) donde se explica el funcionamiento de un GPS elaborado por el profesor. ➤ Presentación en PP cómo obtener las transformaciones galileanas. ➤ Un eje coordenado | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Una patineta. ➤ Una cuerda. ➤ Un resorte. ➤ Una masa. |
|--|--|

CONCEPTOS

PREVIOS:

- Movimiento Rectilíneo Uniforme.
- 1ª Ley de Newton.

A DESARROLLAR:

- Sistema de referencia.
- Sistema de referencia Inercial.
- Relatividad del movimiento.

HABILIDADES A DESARROLLAR

- Análisis de información.
- Toma de apuntes.
- Observación.
- Experimentación.

Anexo E: Planes de Clase

CONTENIDO	ESTRATEGIA DIDÁCTICA SUGERIDA	
Sistema de referencia, Sistema de referencia inercial. Relatividad del movimiento.	MODALIDAD DIDÁCTICA. Seminario, investigación documental, debate y prácticas.	
	ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA	ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE
	El profesor: <ul style="list-style-type: none"> • La sesión inicia planteando el problema de las telecomunicaciones con la pregunta <i>¿Cómo se puede localizar un objeto en movimiento desde el espacio?</i> • Se genera una lluvia de ideas para permitir el encuadre de la clase. • Se hace la presentación de algunas diapositivas donde se explica el uso y funcionamiento de un GPS. • Propicia el debate con los alumnos. • Se plantea la necesidad de definir un sistema de referencia. • Se introduce la relatividad del movimiento. • Se define "sistema inercial de referencia" • Se hace la presentación en PP para obtener las transformaciones galileanas. • Se comenta el ensayo del capítulo I del libro "Relatividad para principiantes" para su corrección. 	Los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> • Leer el capítulo II del libro "Relatividad para principiantes". • Se toman apuntes de la presentación sobre el uso y aplicación de un GPS. • Actividad experimental I • Actividad experimental II • Entregarán un reporte escrito (en un medio electrónico) de las actividades experimentales. • Entregarán un ensayo escrito sobre las lecturas, en una hoja electrónica la cual subirán a la página del <i>grupo de trabajo</i>. • Subirán fotografías del tema a la página del grupo.

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN SUGERIDA
DIAGNÓSTICA ➤ Al inicio del tema se aplica un examen diagnóstico con el fin de indagar ideas previas acerca del tema.
FORMATIVA ➤ Participación activa en el aula. ➤ Emisión de comentarios acertados. ➤ Participación en actividades experimentales y demostrativas. ➤ Trabajo en equipo. ➤ Entrega en tiempo y forma de tareas y resúmenes.

Anexo E: Planes de Clase

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL EXPERIMENTO A REALIZAR (DEMOSTRATIVO)

Actividad I

Un alumno se colocará frente al grupo, tomará una pelota con la mano derecha y la moverá horizontalmente a la altura de su cara de izquierda a derecha. Al mismo tiempo se les pedirá a los alumnos que se encuentran frente a él que describan el sentido del movimiento de la pelota hecho por su compañero (Confrontar ideas).

Actividad II

Se pide a un alumno que se tome una pesa unida a un resorte y lo haga oscilar frente al grupo y, enseguida se le pide al grupo (incluyendo a quien oscila la pesa) que dibuje la trayectoria de la pesa en su cuaderno.

Posteriormente se le pide al alumno que suba a una patineta mientras otro de sus compañeros lo jala con una cuerda en un MRU, enseguida se les pide a los alumnos que dibujen la trayectoria de la pesa en movimiento (incluyendo a quien juega al yoyo) y se comparan los dibujos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Tippens, Paul E. (2002). *Física Conceptos y Aplicaciones*. México: Mc Graw Hill.
- Sears-Semansky. (2004). *Física Universitaria*. México: Pearson.
- Resnick-Halliday. (1995). *Física*. México: CECSA.
- Robert Katz. (1968). *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad*. México: Reverte.
- L. Landu, Y. Rumer. (1985). *¿Qué es la Teoría de la Relatividad?*. México: Quinto sol.
- Shahen Hacyan. (2003). *Relatividad Para Principiantes*. México: La ciencia para todos.
- Banesh Hoffmann. (1983). *Relativity and Its Roots*. N.Y. E.U: Dover Science Books
- Robert Resnick. (1977). *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad*. México: Limusa.
- Stephen Hawking. (2005). *El universo en una cáscara de nuez*. Barcelona España: Planeta.
- Stephen Hawking. (2002). *Historia del tiempo*. Barcelona España. Crítica.
- John Stachel. (2004). *Einstein 1905: un año milagroso*. Barcelona España. Crítica.
- Flores Esthela. (2004). *Física Moderna*. México: Pearson.
- Einstein A. (1992). *Notas Autobiográficas*. Madrid España: Alianza Editorial.
- Sagan C. (1992). *Cosmos*. México: Planeta.

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

- Hewitt, Paul. (2004). *Física Conceptual*, México: Pearson.
- Shahen Hacyan. (2003). *Relatividad Para Principiantes*. México: La ciencia para todos.

REFERENCIAS DE INTERNET

Anexo E: Planes de Clase

OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS

- Como se trabajo en paralelo con la materia de Didáctica de la Disciplina y en esta materia se trabajó el tema de evaluación se construyo un primer examen diagnóstico el cual se aplico al inicio del tema.
- Al llevar acabo los experimentos surgieron algunos imponderables como son: al pedirle a los alumnos que dibujaran la trayectoria de la pesa en movimiento (oscilación arriba-abajo), interfirieron otra clase de movimientos lo cual confundió, de cierta manera, a los estudiantes, por lo que es necesario construir un dispositivo en el que se muestre claramente el movimiento de oscilación (arriba-abajo).
- Para la entrega de trabajos escritos se creó un grupo de trabajo en Internet, específicamente en el portal de Yahoo, con el nombre de fisicaIII_422.

Anexo E: Planes de Clase

Asignatura	Física III	Unidad	II Interacciones Mecánicas, Fuerza Y Movimiento.		Subtema	Relatividad Especial	
Profesor	J. Antonio Mota Tapia	Tema a desarrollar	EXPERIMENTO DE MICHAELSON MORLEY		Asignación de tiempo	100 min.	
Grupo	422		Fecha	08/11/2007		Sesión	3/4

PROPÓSITOS ESPECÍFICOS

El alumno:

- Analizará los resultados obtenidos en el experimento de Michelson Morley.
- Argumentará los resultados del experimento.
- Apreciará el valor de la experimentación en el método científico.
- Inferirá que un fracaso en la ciencia no siempre implica una pérdida.
- Establecer una analogía entre una onda mecánica y la luz como onda.

MATERIAL DIDÁCTICO Y EQUIPO

- Película "Experimento de Michelson Morley" de la serie *El Universo Mecánico*.

- T.V.
- DVD.
- Una cuerda.
- Cañón.
- Computadora.

CONCEPTOS

PREVIOS:

- 1ª Ley de Newton.
- Velocidad de la Luz.

A DESARROLLAR:

- La luz como onda.
- Fenómeno de interferencia.
- Interferencia destructiva.
- Interferencia constructiva.
- Éter.

HABILIDADES A DESARROLLAR

- Análisis de información.
- Toma de apuntes.
- Observación.
- Experimentación.

- Resumen de información
- Publicación de comentarios.
- Emisión de juicios, preguntas y ejemplos.

Anexo E: Planes de Clase

CONTENIDO	ESTRATEGIA DIDÁCTICA SUGERIDA	
Experimento de Michelson Morley. Búsqueda de la existencia del éter. Fracaso del experimento, constancia de la velocidad de la luz.	MODALIDAD DIDÁCTICA. Seminario, investigación documental, debate y prácticas.	
	ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA	ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE
	El profesor: <ul style="list-style-type: none"> • La sesión inicia retomando el tema anterior de marcos de referencia inerciales. • Se presenta el video y se hacen comentarios a lo largo de la película. • Se comentan los resultados de los ensayos entregados del capítulo II de "Relatividad para principiantes". 	Los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> • Leer el capítulo III del libro "Relatividad para principiantes". • Leer el capítulo VI del libro "Para atrapar un fotón". • Buscarán información en Internet. • Se toman apuntes en el cuaderno de la presentación y la película. • Entregarán un ensayo escrito en una hoja electrónica, de las lecturas el cual publicaran en el <i>grupo de trabajo</i>. • Actividad experimental III

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN SUGERIDA
DIAGNÓSTICA
FORMATIVA <ul style="list-style-type: none"> ➤ Participación activa en el aula. ➤ Emisión de comentarios acertados. ➤ Trabajo en equipo. ➤ Entrega en tiempo y forma de tareas y resúmenes.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL EXPERIMENTO A REALIZAR
Actividad experimental III Observar el fenómeno de la interferencia constructiva y destructiva con el fin de explicar y comprender de manera clara este fenómeno. En el patio de la escuela se forman dos hileras con la idea de formar un pasillo. En cada extremo se coloca a un alumno y se extiende la cuerda a lo largo del pasillo. A continuación se pide a uno de los alumnos que de un pulso a la cuerda mientras que el otro alumno solo la sostiene de manera que permanezca fija. Con el movimiento ondulatorio de la cuerda se formarán ondas, que todos podrán observar. Posteriormente se pide a los alumnos que, al mismo tiempo, den un pulso hacia arriba para observar el fenómeno de la interferencia constructiva.

Anexo E: Planes de Clase

Por último se pide a los alumnos que, al mismo tiempo, uno de un pulso hacia arriba y otro de un pulso hacia abajo, con el fin de observar el fenómeno de la interferencia destructiva.

Nota. Es necesario indicar a los alumnos que pongan especial atención en la mitad de la cuerda.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Hewitt, Paul. (2004). *Física Conceptual*, México: Pearson.
Sears-Semansky. (2004). *Física Universitaria*. México: Pearson.
Resnick-Halliday. (1995). *Física*. México: CECSA.
Robert Katz. (1968). *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad*. México: Reverte.
L. Landu, Y. Rumer. (1985). *¿Qué es la Teoría de la Relatividad?*. México: Quinto sol.
Shahen Hacyan. (2003). *Relatividad Para Principiantes*. México: La ciencia para todos.
Banesh Hoffmann. (1983). *Relativity and Its Roots*. N.Y. E.U: Dover Science Books
Robert Resnick. (1977). *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad*. México: Limusa.
Stephen Hawking. (2005). *El universo en una cáscara de nuez*. Barcelona España: Planeta.
Stephen Hawking. (2002). *Historia del tiempo*. Barcelona España. Crítica.
John Stachel. (2004). *Einstein 1905: un año milagroso*. Barcelona España. Crítica.
Flores Esthela. (2004). *Física Moderna*. México: Pearson.
Einstein A. (1992). *Notas Autobiográficas*. Madrid España: Alianza Editorial.
Sagan C. (1992). *Cosmos*. México: Planeta.

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

Tippens, Paul E. (2002). *Física Conceptos y Aplicaciones*. México: Mc Graw Hill.
Shahen Hacyan. (2003). *Relatividad Para Principiantes*. México: La ciencia para todos.
Beltran Virgilio. (2003). *Para atrapar un foton*. México: La ciencia para todos.

REFERENCIAS DE INTERNET

Recuperada el día 08 de octubre de 2007
http://es.geocities.com/rfclaver/relatividad/m_m.htm

OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS

La actividad experimental se propone con el fin de aclarar el fenómeno de interferencia destructiva y constructiva observado en las ondas, lo que permite explicar el fundamento del experimento de Michelson Morley con la luz.

Anexo E: Planes de Clase

Asignatura	Física III	Unidad	II Interacciones Mecánicas, Fuerza Y Movimiento.	Subtema	Relatividad Especial	
Profesor	J. Antonio Mota Tapia	Tema a desarrollar	TRANSFORMACIONES DE LORENTZ		Asignación de tiempo	100 min.
Grupo	422	Fecha	13/11/2007		Sesión	4/4

PROPÓSITOS ESPECÍFICOS

El alumno:

- Diferenciará la física newtoniana de la física relativista.
- Que el alumno diferencie el concepto de simultaneidad visto desde dos marcos de referencia distintos.
- Inferirá los modelos matemáticos que expliquen los fenómenos de la dilatación del tiempo.
- Identificará los cambios en el tiempo, el espacio y la simultaneidad al moverse a velocidades muy cercanas a c .
- Argumentará la posibilidad de los viajes en el tiempo.
- Resolverá problemas referidos a la dilatación del tiempo y la contracción del espacio.

MATERIAL DIDÁCTICO Y EQUIPO

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Presentación en PowerPoint donde se muestra como obtener el modelo matemático que explica la ecuación de "dilatación del tiempo". ➤ Película "Transformaciones de Lorentz" de la serie <i>El Universo Mecánico</i>. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ T.V. ➤ DVD. ➤ Cañón. ➤ Computadora. ➤ Pizarrón. ➤ Gises de colores. |
|--|--|

CONCEPTOS

PREVIOS:

- Idea del éter
- 1ª Ley de Newton.
- La Luz como onda.
- Constancia de la velocidad de la luz

A DESARROLLAR:

- Simultaneidad.
- Dilatación del tiempo.
- Contracción del espacio.

HABILIDADES A DESARROLLAR

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de información. ▪ Toma de apuntes. ▪ Observación. ▪ Experimentación. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Resumen de información ▪ Publicación de comentarios. ▪ Emisión de juicios, preguntas y ejemplos. ▪ Resolución de problemas. |
|--|--|

Anexo E: Planes de Clase

CONTENIDO	ESTRATEGIA DIDÁCTICA SUGERIDA	
Concepto de simultaneidad en la relatividad. Dilatación del tiempo. Contracción del espacio.	MODALIDAD DIDÁCTICA. Seminario, investigación documental, debate y prácticas.	
	ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA	ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE
	El profesor: <ul style="list-style-type: none"> • La sesión inicia retomando el tema anterior del experimento de Michelson Morley. • Se pasa el video de "Transformaciones de Lorentz" de la serie <i>El Universo Mecánico</i>. • Se hacen aclaraciones y explicaciones a lo largo del video. • Se pasa la presentación en PowerPoint donde se muestra la deducción del modelo de dilatación del tiempo. • Se hacen comentarios sobre los trabajos entregados. 	Los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> • Leer del capítulo III las páginas (34 – 41) del libro "Relatividad para principiantes". • Leer el capítulo VII del libro "Para atrapar un fotón". • Buscarán información en Internet. • Se toman apuntes en el cuaderno de la presentación y la película. • Entregarán un ensayo escrito, en una hoja electrónica, de las lecturas el cual publicaran en el <i>grupo de trabajo</i>.

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN SUGERIDA
DIAGNÓSTICA
FORMATIVA <ul style="list-style-type: none"> ➤ Participación activa en el aula. ➤ Emisión de comentarios acertados. ➤ Trabajo en equipo. ➤ Entrega en tiempo y forma de tareas y resúmenes. ➤ Todos los comentarios de las lecturas se revisan en la página electrónica del grupo de trabajo y es ahí mismo donde se envían - todas las correcciones y recomendaciones.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL EXPERIMENTO A REALIZAR
This area is currently blank in the provided image

Anexo E: Planes de Clase

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Hewitt, Paul. (2004). *Física Conceptual*, México: Pearson.
Sears-Semansky. (2004). *Física Universitaria*. México: Pearson.
Resnick-Halliday. (1995). *Física*. México: CECSA.
Robert Katz. (1968). *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad*. México: Reverte.
L. Landu, Y. Rumer. (1985). *¿Qué es la Teoría de la Relatividad?*. México: Quinto sol.
Shahen Hacyan. (2003). *Relatividad Para Principiantes*. México: La ciencia para todos.
Banesh Hoffmann. (1983). *Relativity and Its Roots*. N.Y. E.U: Dover Science Books
Robert Resnick. (1977). *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad*. México: Limusa.
Stephen Hawking. (2005). *El universo en una cáscara de nuez*. Barcelona España: Planeta.
Stephen Hawking. (2002). *Historia del tiempo*. Barcelona España. Crítica.
John Stachel. (2004). *Einstein 1905: un año milagroso*. Barcelona España. Crítica.
Flores Esthela. (2004). *Física Moderna*. México: Pearson.
Einstein A. (1992). *Notas Autobiográficas*. Madrid España: Alianza Editorial.
Sagan C. (1992). *Cosmos*. México: Planeta.

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

Tippens, Paul E. (2002). *Física Conceptos y Aplicaciones*. México: Mc Graw Hill.
Shahen Hacyan. (2003). *Relatividad Para Principiantes*. México: La ciencia para todos.
Beltran Virgilio. (2003). *Para atrapar un foton*. México: La ciencia para todos.

REFERENCIAS DE INTERNET

Recuperada el día 08 de octubre de 2007
http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_la_Relatividad_Especial
http://home.earthlink.net/~umuri/_/Main/T_spacetime.html
<http://www.iac.es/cosmoeduca/relatividad/especial/index.html>

OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS

- Por ser este un tema demasiado extenso el tiempo no fue suficiente y solo se explicó el concepto de simultaneidad relativista y se obtuvo el modelo para calcular la dilatación del tiempo, por lo que se continuará la siguiente sesión.
- En la esta sesión programada para el día **13/11/2007 con un tiempo de 50min.** no se tuvo acceso a los medios como son la Videocasetera y el cañón por lo que no fue posible terminar con el tema anterior, en su lugar se trabajó con la ecuación de dilatación del tiempo y se resolvieron algunos ejercicios. Esta sesión dio lugar a una serie de preguntas por parte de los alumnos que fueron muy interesantes como por ejemplo: ¿Entonces cual de los dos tiempos, el relativo o el propio, es el tiempo real? Para la

Anexo E: Planes de Clase

cual se dejó otra lectura y se quedó en responderla después de dicha lectura.

- Para terminar la sesión del día 08/11/07 **se retoma el tema el día 14/11/07** y se termina con los temas de simultaneidad, dilatación del tiempo y contracción del espacio. Esta sesión fue muy interesante ya que al presentar la ecuación de la contracción del espacio, los alumnos fueron capaces de identificar las variables que en ella se presentan sin necesidad de una deducción matemática, lo que permitió la aplicación de ésta mediante la resolución de ejercicios.

Anexo F: Rubrica Para Evaluar Exposiciones Orales de los Alumnos.

	Excepcional 4	Admirable 3	Aceptable 2	Amateur 1
Contenido.	Abundancia de material claramente relacionado con el tema que se expone; los puntos principales se desarrollan con claridad y toda la evidencia da sustento al tema expuesto; empleo variado de materiales, fuentes.	Información suficiente que se relaciona con el tema expuesto; muchos puntos están bien desarrollados pero existe un desequilibrio y poca relación entre ellos.	Existe una gran cantidad de información escrita que no se conecta claramente con el tema que se expone.	La argumentación del tema que se expone no esta clara. Se incluye información que no sustenta de ninguna manera el teme expuesto.
Coherencia y organización.	El tema se desarrolla y especifica claramente; los ejemplos son apropiados y ayudan a la comprensión del tema; las conclusiones son claras, muestra control del contenido; la presentación es fluida; se hacen transiciones apropiadas; es concisa pero no fragmentada; esta bien organizada.	La mayor parte de la información se presenta en una secuencia lógica; generalmente bien organizada, pero necesita mejorar las transiciones entre las ideas expuestas y entre los medios empleados.	Los conceptos y las ideas se encuentran estrechamente conectados; carece de transiciones claras; el flujo de información y la organización aparecen fragmentados.	La presentación es fragmentada e incoherente; no es fluida; el desarrollo del tema central es vago; no aparece un orden lógico en la presentación.
Creatividad	Presentación del material muy original, aprovecha lo inesperado para lograr un superior; captura la atención de la audiencia.	Existe algo de original en la presentación, variedad y combinación apropiadas de materiales y medios.	Poca o ninguna variedad; el material se presenta con poca originalidad o interpretación propia.	La presentación es repetitiva con poca o ninguna variación; empleo insuficiente de medios y materiales.
Material.	Empleo balanceado de texto e imágenes; se usan coherentemente para desarrollar el tema expuesto; el empleo de medios es variado y apropiado.	El empleo de materiales no es muy variado; y no se conecta del todo con el tema expuesto.	Empleo de demasiado texto; carece de una transición suave de una diapositiva a otra; el empleo de imágenes no se vincula claramente con el tema expuesto.	Empleo pobre o ausente de imágenes; uso no efectivo del texto; desequilibrio claro en el empleo de materiales.
Habilidades expositivas.	Articulación pausada; clara; volumen apropiado; ritmo constante; buena	Articulación clara pero no pulida.	Se habla entre dientes; balbuceando; poco contacto	Voz inaudible; o muy alta; no existe contacto visual con el

Anexo F: Rubrica Para Evaluar Exposiciones Orales de los Alumnos.

	postura; contacto visual; entusiasmo; seguridad.		visual con el grupo; ritmo irregular; poca o ninguna expresividad.	grupo; el ritmo de la presentación es muy lento o rápido; lectura de diapositivas; el expositor parece poco interesado y resulta aburrido.
Respuesta de la audiencia.	Involucra a la audiencia de manera positiva en la presentación; se exponen los puntos principales de manera creativa; mantiene la atención de la audiencia.	Presenta los hechos con algunos giros interesantes; mantiene la atención de la audiencia la mayor parte del tiempo.	Algunos hechos están relacionados, pero se salen del tema y la audiencia se pierde; en su mayoría, se presentan hechos con poca o ninguna imaginación.	Presentación incoherente; la audiencia pierde el interés; la audiencia no logra entender el tema central de la presentación.
Duración de la presentación.	± dos minutos del tiempo asignado	± cuatro minutos del tiempo asignado	± cinco minutos del tiempo asignado	Demasiado extensa o demasiado breve; más o menos de diez minutos del tiempo asignado.

*Documento recuperado de "Enseñanza situada" de Frida Díaz Barriga, Mc Graw Hill, págs., 138 – 139.

HOJA DE EVALUACIÓN PARA PRESENTACIONES ORALES										
Grupo:	422	Tema a exponer:								
Equipo No.		Inicio		Termino		Fecha				
Nombre del alumno:										
No.	RASGOS A EVALUAR						4	3	2	1
1	Contenido.									
2	Coherencia y organización.									
3	Creatividad.									
4	Material.									
5	Habilidades expositivas.									
6	Respuesta de la audiencia.									
7	Duración de la presentación.									

Los Sistemas de Posicionamiento por Satélite y Sus Aplicaciones

José Francisco Saldaña Hernández
Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco

El nuevo servicio público

Con la tecnología de circuito integrado, los receptores GPS se han vuelto lo suficientemente pequeños y baratos como para ser portados por cualquier persona. Así, cada uno tendrá la posibilidad de saber exactamente donde está en el momento que lo necesite. Pronto se convertirán en el nuevo servicio público, tan básico como el teléfono. Finalmente, la **orientación**, una de las necesidades básicas del hombre estará resuelta.



Anexo G

1.- El Sistema Satelital.

Dentro de los grupos de Sistemas de Geodesia Espacial, destacan la Constelación **NAVSTAR** (Navegación por Satélite en Tiempo y Distancia) y la Constelación **GLONASS** (Sistema Global de Navegación por Satélite). Ambas constelaciones fueron creadas por los Departamentos de Defensa de los Estados Unidos y Rusia, respectivamente, y su principal objetivo era poder posicionar un objeto en la superficie de la Tierra a través de las señales emitidas en forma de ondas de radio por los satélites de dichas constelaciones, determinando así su posición con una precisión en función del tipo de información recibida, tiempo de recepción y condiciones de la emisión.

Este posicionamiento se produce sobre un sistema de referencia inercial cartesiano, que en el caso de usar la constelación americana NAVSTAR corresponde al sistema WGS-84, y en el caso de usar la constelación rusa GLONASS corresponde al sistema PZ-90.

A principios de los años 80s, se empezaron a utilizar estos sistemas para aplicaciones de índole civil, tales como actividades de navegación aérea, marítima y terrestre, lo que dio como resultado un importante avance en la organización y el estado de los transportes y comunicaciones mundiales.

En el área de la investigación han sido utilizados para fines científicos, pero quizá, las aplicaciones en las cuales estos sistemas han tenido mayor demanda es en la Geodesia y la Topografía, a partir del descubrimiento de que dichos sistemas de posicionamiento podían aportar las precisiones requeridas para el avance de estas ciencias y su aplicación.

El objetivo de este taller no es otro que orientar a los usuarios de estos sistemas e invitar a los futuros usuarios a incursionar en su funcionamiento y posibilidades de desarrollo, abriendo el campo de la medida por satélite como una poderosa herramienta de trabajo, y que actualmente, se está convirtiendo en el método más usado por su precisión y rapidez en las ciencias antes mencionadas.

2.- Introducción al sistema GPS.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) fue creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD) para constituir un sistema de navegación preciso con fines militares.

Este proyecto se hizo realidad entre los meses de febrero y diciembre de 1978, cuando se lanzaron los cuatro primeros satélites de la constelación NAVSTAR, que hacían posible el sistema que resolvería la incógnita de nuestra posición en la Tierra.

2.1.- Generalidades del sistema GPS y sus características más importantes.

Se divide el sistema en tres sectores fundamentales y dependientes entre sí, el **sector espacial**, el **sector de control** y el **sector de usuarios**.

Anexo G

2.1.1.- El sector espacial.

Lo integran los satélites de la constelación NAVSTAR, y está formada por seis planos orbitales, en cada uno de ellos existe una órbita elíptica casi circular donde se encuentran los satélites regularmente distribuidos. Los planos tienen una inclinación de 55° respecto al plano del ecuador, y se nombran como A, B, C, D, E y F. Cada órbita contiene al menos cuatro satélites. Los satélites se sitúan a una distancia de 20,200 Km respecto del geocentro, y completan una órbita en doce horas sidéreas.

Con estos fundamentos, se garantiza la presencia de al menos cuatro satélites sobre el horizonte en todos los lugares de la superficie de la Tierra, utilizando tecnología bastante precisa para situar posiciones con exactitud en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día.

Características de los satélites.

Se podría decir que los 24 satélites son «estrellas artificiales» que reemplazan a las naturales usadas tradicionalmente para la navegación.

- Los satélites de la constelación NAVSTAR son identificados de diversos modos: o Por su número NAVSTAR (SVN).
- Por su código de ruido pseudoaleatorio (PRN). En los códigos de transmisión existen características de ruido pseudoaleatorio traducidas en bits que identifican a cada satélite de la constelación.
- Por su número orbital. Un ejemplo sería el satélite 3D, que corresponde al satélite número tres del plano orbital D.

En la actualidad, existe un número de veintisiete satélites operativos, pertenecientes a los bloques IIA y IIR:

- Cinco en los planos A, E y F.
- Cuatro en los planos B, C y D.

Así mismo, debemos añadir que los satélites disponen además de:

- Antenas emisoras de ondas de radio (banda L). Con ellas transmiten la información al usuario.
- Antenas emisoras-receptoras de ondas de radio (banda S). Sirven para actualizar su situación a través del sector de control.
- Paneles solares para disponer de la energía necesaria para su funcionamiento.
- Reflectores láser para el seguimiento desde el sector de control.

La vida de los satélites oscila entre los seis y diez años.

Anexo G

Señal de los Satélites.

Los satélites GPS envían frecuencias de señales a la tierra, que captan los dispositivos de recepción desde unidades manuales hasta equipos modernos montados en vehículos o estáticos. Estas señales se utilizan para determinar la posición del receptor sobre el terreno en un determinado momento, a veces con una precisión de varios milímetros.

Los satélites de la constelación NAVSTAR constan de un oscilador que genera una frecuencia fundamental de 10,23 MHz. A partir de esta frecuencia fundamental se generan dos portadoras en la banda L de radiofrecuencia, denominadas L1 y L2.

Frecuencia fundamental 10,23 MHz.

Frecuencia (L1) 1575 Mhz

(L2) 1228 Mhz

Además, existen dos formas de código pseudoaleatorio que se modulan sobre estas portadoras, son los códigos C/A y P, además de un mensaje, que da la información de los parámetros orbitales del satélite y del estado del reloj.

El sistema de referencia. Datum WGS-84.

Las coordenadas, tanto de los satélites como de los usuarios que se posicionan con el sistema GPS, están referidas al sistema de referencia WGS84 (Sistema Geodésico Mundial de 1984). Estas coordenadas pueden ser cartesianas en el espacio respecto al centro de masas de la Tierra (X, Y, Z) o geodésicas (φ, λ, h)

2.1.2.- El sector control.

Este tiene como misión el seguimiento continuo de todos los satélites de la constelación NAVSTAR para los siguientes fines:

- Establecer la órbita de cada satélite, así como determinar el estado de sus osciladores.
- Hallados los parámetros anteriores, emitirlos a los satélites para que éstos puedan difundirlos a los usuarios.

De este modo, el usuario recibe la información de las efemérides de posición de los satélites y el error que se está produciendo en su reloj, todo ello incluido en el mensaje de navegación.

Las Estaciones de Control forman parte de un sistema de rastreo localizadas al rededor del mundo:

- Colorado Springs (U.S.A.). Central de cálculo y operaciones.
- Ascensión (Atlántico Sur).
- Hawai (Pacífico Oriental).
- Kwajalein (Pacífico Occidental).
- Diego García (Indico).

Anexo G

Existen además otras estaciones de seguimiento (láser, radar y ópticas), cuyo fin es la obtención de efemérides que no estén afectadas por la disponibilidad selectiva, denominadas precisas, y que están al alcance del usuario a través de organismos científicos como el IGS (International Geodynamic Service) o el NGS (National Geodetic Survey).

2.1.3.- El sector usuario.

Este sector lo componen los equipos que deben utilizar los usuarios para la recepción, lectura, tratamiento y configuración de las señales, con el fin de alcanzar los objetivos de su trabajo. Los componentes son; el equipo de observación y el software de cálculo, que puede ser objeto de uso tras la recolección de observaciones, o bien realizable en tiempo real, donde se obtienen los resultados al instante.

2.2.- Equipo de observación.

Lo componen la antena, el receptor y la unidad de control o controlador.

La antena de recepción. Es donde se reciben las radiaciones electromagnéticas que emiten los satélites y son transformadas en impulsos eléctricos, los cuales conservan la información modulada en las portadoras. Se denomina centro radioeléctrico de la antena al punto que se posiciona en nuestra observación.

El receptor recibe los impulsos de la antena receptora, y reconstruye e interpreta los componentes de la señal, es decir, las portadoras, los códigos y el mensaje de navegación. En definitiva, lo que hace es demodular la señal original.

El proceso es el siguiente, el receptor correlaciona los códigos, es decir, lo compara con una réplica que él mismo genera, y de este modo halla el tiempo que ha tardado en llegar la señal al receptor, para obtener la distancia al satélite multiplica esa diferencia de tiempos por el valor de la velocidad de propagación de las ondas en el vacío (aproximadamente unos 300.000 Km/s). Como estas distancias están afectadas de errores, se les denomina pseudodistancias.

El receptor tiene unos canales de recepción, de doble señal si es un receptor bifrecuencia (doble banda L1, L2) y de señal única si es monofrecuencia (una banda L1). Cada canal recibe las señales de un satélite diferente, y dependiendo del número de canales obtendremos mayor o menor información en un momento dado. Los receptores disponen de un reloj u oscilador que sincroniza los tiempos de recepción.

El controlador realiza las siguientes tareas:

- Controlar el receptor.
- Gestionar la observación.
- Almacenar los datos.

Anexo G

En el se controlan los modos de trabajo que se consideren oportunos para cada proyecto. Destacándose los siguientes:

- Tipo de observación (estática, stop & go, cinemática, etc.);
- Parámetros de la observación (máscara de elevación, modo de grabación, determinación de las épocas, datos meteorológicos, etc.);
- Estado y salud de los satélites;
- Seguimiento de los mismos y calidad de la señal que transmiten;
- Filtrado de observaciones y datos;
- Definición y atributos de los puntos de observación;
- Estados de aviso en conceptos de geometría y pérdidas de ciclo;
- Definición del sistema de referencia;
- Tiempos de observación y actualización de tiempos;
- Control del nivel energético;
- Posición inicial y secuencial; Etc.

En los procesos de observación, es fundamental el buen manejo del controlador, así como el conocimiento y aplicación de los parámetros adecuados para cada proyecto o necesidad.

Los datos pueden ser respaldados en unidades independientes de memoria o tarjetas RAM PCMCIA, que varían desde los 512 Kbytes a los 4 Mbytes de capacidad, así como también pueden ser almacenados directamente en una PC portátil conectado al receptor.

Es muy importante controlar la capacidad de grabación de datos y el tiempo de observación marcado.

Tras la observación se obtienen los siguientes datos:

- Mensaje de navegación;
- Efemérides radiodifundidas por los satélites;
- Datos meteorológicos;
- Almanaque de estado de los satélites;
- Archivos de observación.

Estos datos pueden ser almacenados en una computadora para ser tratados con un software de post-proceso, o bien tratados “en el sitio” por el mismo controlador si éste dispone de un software de proceso y así obtener los resultados en tiempo real.

Los datos citados anteriormente pueden ser transformados a un formato estándar independiente en modo ASCII para ser tratados por cualquier software de proceso de datos GPS. Este formato es el denominado RINEX.

Anexo G

2.3.- Tipos de receptores. Fundamentalmente existen:

Navegación. Reciben únicamente observables de código (tiempos). Son los instrumentos menos precisos, aunque su evolución está siendo espectacular. Sus aplicaciones más comunes son la navegación, catastro, SIG y levantamientos de escalas menores de 1: 5, 000 (**Ver Estándares de exactitud posicional INEGI**)

De una frecuencia (Monofrecuencia). Reciben las observables de código y fase de la portadora L1. La precisión de estos instrumentos ya es significativa, y son de aplicación topográfica y geodésica en pequeñas distancias (hasta 20 km).

De doble frecuencia) Bifrecuencia. Reciben las observables de código y fase de las portadoras L1 y L2. La precisión y el rendimiento son mucho mayores debido a la posibilidad de combinar los datos y formar en post-proceso combinaciones de observables que agilizan el cálculo y eliminan los errores de retardo atmosférico. Están indicados para trabajos de precisión y donde el rendimiento y los buenos resultados requeridos sean máximos.

3.- Como funciona el sistema GPS, en cinco pasos.

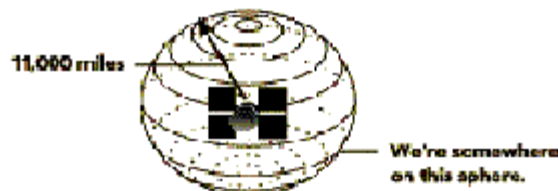
(Trimble Navigation Limited)

Paso 1: La Triangulación desde los satélites

Aunque pueda parecer imposible, la idea general detrás del GPS es utilizar los satélites en el espacio como puntos de referencia para ubicaciones aquí en la tierra, esto se logra mediante una medición de nuestra distancia hacia al menos tres satélites, lo que nos permite "triangular" nuestra posición en cualquier parte de la tierra.

La idea, Geométricamente, es:

Supongamos que medimos nuestra distancia al primer satélite y resulta que estamos a 20,000 Km. de un satélite determinado, no podemos por lo tanto estar en cualquier punto del universo sino que esto limita nuestra posición a la superficie de una esfera que tiene como centro dicho satélite y cuyo radio es de 20.000 Km.

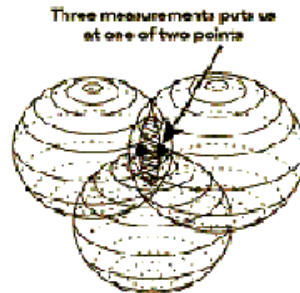


A continuación medimos nuestra distancia a un segundo satélite y resulta que estamos a 21,800 Km. del mismo, esto nos indica que no estamos solamente en la primera esfera, correspondiente al primer satélite, sino también sobre otra esfera que se encuentra a 21,800 Km. del segundo satélite, en otras palabras, estamos en algún lugar de la circunferencia que resulta de la intersección de las dos esferas.

Anexo G



Si ahora medimos nuestra distancia a un tercer satélite y descubrimos que estamos a 23,600 Km. del mismo, esto limita nuestra posición aún más, a los dos puntos en los cuales la esfera de 23,600 Km. corta la circunferencia que resulta de la intersección de las dos primeras esferas.



o sea, que midiendo nuestra distancia a tres satélites limitamos nuestro posicionamiento a solo dos puntos posibles. Para decidir cual de ellos es nuestra posición verdadera, podríamos efectuar una nueva medición a un cuarto satélite, pero normalmente uno de los dos puntos posibles resulta ser muy improbable por su ubicación demasiado lejana de la superficie terrestre y puede ser descartado sin necesidad de mediciones posteriores.

En Conclusión: **Triangulación**

1. Nuestra posición se calcula en base a la medición de las distancias a los satélites.
2. Matemáticamente se necesitan cuatro mediciones de distancia a los satélites para determinar la posición exacta.
3. En la práctica se resuelve nuestra posición con solo tres mediciones.
4. Se requiere de todos modos una cuarta medición por razones técnicas.

Paso 2: Midiendo las distancias a los satélites

Sabemos ahora que nuestra posición se calcula a partir de la medición de la distancia hasta por lo menos tres satélites, pero, ¿cómo podemos medir la distancia hacia algo que está flotando en algún lugar en el espacio?. Esto se determina midiendo el tiempo que tarda una señal emitida por el satélite en llegar hasta el receptor de GPS.

La gran idea, Matemáticamente, es:

En el caso del GPS estamos midiendo una señal de radio, que sabemos que viaja a la velocidad de la luz, alrededor de 300.000 km por segundo, nos queda el problema de medir el tiempo de viaje de la señal.

Anexo G

Sincronicemos nuestros relojes

El problema de la medición de ese tiempo es complicado, los tiempos son extremadamente cortos. Si el satélite estuviera justo sobre nuestras cabezas, a unos 20.000 km de altura, el tiempo total de viaje de la señal hacia nosotros sería de algo más de 0.06 segundos, por lo que es necesario relojes muy precisos.

¿Cómo medimos el tiempo de viaje de la señal?. Supongamos que nuestro GPS, por un lado, y el satélite, por otro, generan una señal auditiva en el mismo instante exacto, supongamos también que nosotros, parados al lado de nuestro receptor de GPS, podamos oír ambas señales (Obviamente es imposible "oír" esas señales porque el sonido no se propaga en el vacío), oíríamos dos versiones de la señal, una de ellas inmediatamente, la generada por nuestro receptor GPS y la otra con cierto atraso, la proveniente del satélite, porque tuvo que recorrer alrededor de 20.000 km para llegar hasta nosotros, podemos decir que ambas señales no están sincronizadas.

Si quisiéramos saber cual es la magnitud de la demora de la señal proveniente del satélite podemos retardar la emisión de la señal de nuestro GPS hasta lograr la perfecta sincronización con la señal que viene del satélite, el tiempo de retardo necesario para sincronizar ambas señales es igual al tiempo de viaje de la señal proveniente del satélite (Supongamos que sea de 0.06 segundos) conociendo este tiempo, lo multiplicamos por la velocidad de la luz y ya obtenemos la distancia hasta el satélite. **Tiempo de retardo (0.06 seg) x Vel. de la luz (300.000 km/seg) = Dist. (18.000 km)**

Así es, básicamente, como funciona el GPS. La señal emitida por nuestro GPS y por el satélite es algo llamado "Código Pseudo Aleatorio" (Pseudo Random Code). La palabra "Aleatorio" significa algo generado por el azar.

¿Un Código Aleatorio?

Este Código Pseudo Aleatorio es una parte fundamental del GPS, físicamente solo se trata de una secuencia o código digital, o sea una señal que contiene una sucesión muy complicada de pulsos "on" y "off", como se pueden ver:



La señal es tan complicada que casi parece un ruido eléctrico generado por el azar, de allí su denominación de "Pseudo-Aleatorio". La complejidad del código ayuda a asegurar que el receptor de GPS no se sintonice accidentalmente con alguna otra señal, siendo el modelo tan complejo es altamente improbable que una señal cualquiera pueda tener exactamente la misma secuencia. Dado que cada uno de los satélites tiene su propio y único Código Pseudo Aleatorio, esta complejidad garantiza que el receptor no se confunda accidentalmente de satélite, así como el que todos los satélites transmitan en la misma frecuencia sin interferirse mutuamente.

El Código Pseudo Aleatorio le da la posibilidad al Departamento de Defensa de EEUU de controlar el acceso al sistema GPS. Pero hay otra razón para la complejidad del Código Pseudo Aleatorio, una razón que es crucial para conseguir

Anexo G

un sistema GPS económico, el código permite el uso de la "teoría de la información" para amplificar las señales de GPS, por esa razón las débiles señales emitidas por los satélites pueden ser captadas por los receptores de GPS sin el uso de grandes antenas.

En Conclusión: **Midiendo la distancia**

1. La distancia al satélite se determina midiendo el tiempo que tarda una señal de radio, emitida por el mismo, en alcanzar nuestro receptor de GPS.
2. Para efectuar dicha medición asumimos que ambos, nuestro receptor GPS y el satélite, están generando el mismo Código Pseudo Aleatorio en exactamente el mismo momento.
3. Comparando cuanto retardo existe entre la llegada del Código Pseudo Aleatorio proveniente del satélite y la generación del código de nuestro receptor de GPS, podemos determinar cuanto tiempo le llevó a dicha señal llegar hasta nosotros.
4. Multiplicamos dicho tiempo de viaje por la velocidad de la luz y obtenemos la distancia al satélite.

Paso 3: Control perfecto del tiempo

Si la medición del tiempo de viaje de una señal de radio es clave para el GPS, los relojes que empleamos deben ser exactos, dado que si miden con un desvío de una milésima de segundo, a la velocidad de la luz, ello se traduce en un error de 300 Km. Por el lado de los satélites, la medición del tiempo es casi perfecto porque llevan a bordo relojes atómicos de increíble precisión. ¿Pero que pasa con los receptores GPS, aquí en la tierra? recordemos que ambos, el satélite y el receptor GPS, deben ser capaces de sincronizar sus Códigos Pseudo Aleatorios para que el sistema funcione. Si nuestros receptores GPS tuvieran relojes atómicos (Cuyo costo está por encima de los 50 a 100.000 U.S. \$) la tecnología resultaría demasiado costosa. Por suerte los diseñadores del sistema GPS encontraron una brillante solución que nos permite resolver el problema con relojes mucho menos precisos en nuestros GPS. Esta solución es uno de los elementos clave del sistema GPS y, como beneficio adicional, significa que cada receptor de GPS es en esencia un reloj atómico por su precisión.

El secreto para obtener la medición del tiempo, tan perfecto es efectuar una medición satelital **adicional**, resulta que si **tres mediciones perfectas** pueden posicionar un punto en un espacio tridimensional, **cuatro mediciones imperfectas** pueden lograr lo mismo, esta idea es fundamental para el funcionamiento del sistema GPS, pero su explicación detallada excede los alcances de la presente exposición.

A continuación se describe un resumen somero: Una medición adicional remedia el desfase de la medición del tiempo. Si todo fuera perfecto (es decir que los relojes de nuestros receptores GPS lo fueran), entonces todos los rangos (distancias) a los satélites se intersectarían en un único punto (que indica nuestra posición). Pero con relojes imperfectos, una cuarta medición, efectuada como

Anexo G

control cruzado, NO intersectará con los tres primeros, de esa manera la computadora de nuestro GPS detectará la discrepancia y atribuirá la diferencia a una sincronización imperfecta con la hora universal, dado que cualquier discrepancia con la hora universal afectará a las cuatro mediciones, el receptor buscará un factor de corrección único que siendo aplicado a sus mediciones de tiempo hará que los rangos coincidan en un solo punto, dicha corrección permitirá al reloj del receptor ajustarse nuevamente a la hora universal y de esa manera tenemos un reloj atómico en la palma de nuestra mano.

Una vez que el receptor de GPS aplica dicha corrección al resto de sus mediciones, obtenemos un posicionamiento preciso. Una consecuencia de este principio es que cualquier GPS (económico) debe ser capaz de sintonizar al menos cuatro satélites de manera simultánea, en la práctica, casi todos los GPS actualmente, acceden a más de 6, y hasta a 20, satélites simultáneamente.

Ahora bien, con el Código Pseudo Aleatorio como un pulso confiable para asegurar la medición correcta del tiempo de la señal y la medición adicional como elemento de sincronización con la hora universal, tenemos todo lo necesario para medir nuestra distancia a un satélite en el espacio.

En Conclusión: Obtener una medición del tiempo Perfecto

1. Una medición del tiempo muy preciso es clave para medir la distancia a los satélites
2. Los satélites son exactos porque llevan un reloj atómico a bordo.
3. Los relojes de los receptores GPS no necesitan ser tan exactos porque la medición de un rango a un satélite adicional permite corregir los errores de medición.

Paso 4: Conocer dónde están los satélites en el espacio

A lo largo de este trabajo se ha asumido que se conoce dónde están los satélites en sus órbitas y de esa manera podemos utilizarlos como puntos de referencia. ¿Pero, cómo podemos saber donde están exactamente? sí todos ellos están a unos 20.000 km de altura en el espacio.

Un satélite a gran altura se mantiene estable

La altura de 20.000 km es en realidad un gran beneficio para este caso, porque algo que está a esa altura está bien despejado de la atmósfera, eso significa que orbitará de manera regular y predecible mediante ecuaciones matemáticas sencillas. La Fuerza Aérea de los EEUU colocó cada satélite en una órbita muy precisa, de acuerdo al Plan Maestro de GPS. En tierra, todos los receptores de GPS tienen un almanaque programado en sus computadoras que les informan donde está cada satélite en el espacio, en cada momento.

Anexo G

El control constante agrega precisión

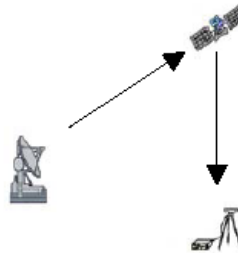
Las órbitas básicas son muy exactas pero con el fin de mantenerlas así, los satélites de GPS son monitoreados de manera constante por el Departamento de Defensa.



Los cuales utilizan radares muy precisos para controlar constantemente la exacta altura, posición y velocidad de cada satélite. Los errores que ellos controlan son los llamados errores de efemérides, estos se generan por influencias gravitacionales del sol y de la luna y por la presión de la radiación solar sobre los satélites.

Corrigiendo el mensaje

Una vez que el Departamento de Defensa ha medido la posición exacta de un satélite, vuelven a enviar dicha información al propio satélite, de esa manera el satélite incluye su nueva posición corregida en la información que transmite a través de sus señales a los GPS.



Esto significa que la señal que recibe un receptor de GPS no es solamente un Código Pseudo Aleatorio con fines de medición del tiempo, también contiene un mensaje de navegación con información sobre la órbita exacta del satélite. Con un tiempo perfecto y la posición exacta del satélite podríamos pensar que estamos en condiciones de efectuar cálculos perfectos de posicionamiento.

En Conclusión: Posicionamiento de los Satélites

1. Para utilizar los satélites como puntos de referencia debemos conocer exactamente donde están en cada momento.
2. Los satélites de GPS se ubican a tal altura que sus órbitas son muy predecibles.
3. El Departamento de Defensa controla y mide variaciones menores en sus órbitas.
4. La información sobre errores es enviada a los satélites para que estos a su vez retransmitan su posición corregida junto con sus señales de medición del tiempo.

Anexo G

Paso 5: Corrigiendo errores.

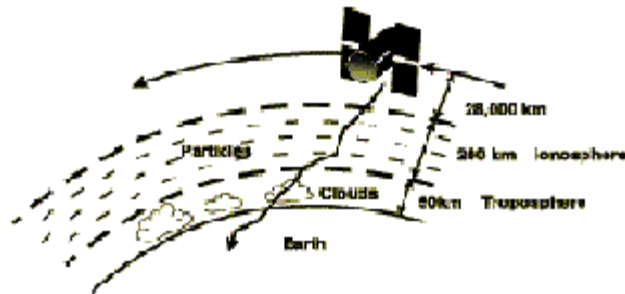
Hasta ahora se han estado tratando los cálculos del sistema GPS de manera muy abstracta, como si todo el proceso ocurriera en el vacío, pero en el mundo real hay muchas cosas que le pueden suceder a una señal de GPS para transformarla en algo menos que matemáticamente perfecta.

Para aprovechar al máximo las ventajas del sistema un buen receptor de GPS debe tener en cuenta una amplia variedad de errores posibles.

Un rudo viaje a través de la atmósfera

En primer lugar, una de las presunciones básicas que se ha estado usando a lo largo de este trabajo no es exactamente cierta. Se ha estado afirmando que podemos calcular la distancia a un satélite multiplicando el tiempo de viaje de su señal por la velocidad de la luz, pero la velocidad de la luz sólo es constante en el vacío.

Una señal de GPS pasa a través de partículas cargadas en su paso por la ionosfera y a través de vapor de agua en la troposfera lo cual pierde algo de velocidad, creando el mismo efecto que un error de precisión en los relojes.



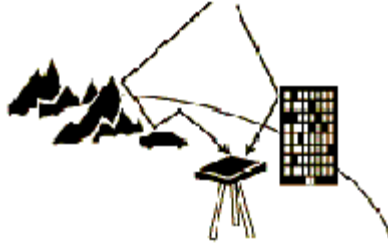
Hay un par de maneras de minimizar este tipo de error. Por un lado, se puede predecir cual sería el error tipo de un día promedio, a esto se le llama modelación y nos puede ayudar pero, por supuesto, las condiciones atmosféricas raramente se ajustan exactamente el promedio previsto.

Otra manera de manejar los errores inducidos por la atmósfera es comparar la velocidad relativa de dos señales diferentes, esta medición de doble frecuencia es muy sofisticada y solo es posible en receptores GPS muy avanzados.

Un rudo viaje sobre la tierra

Los problemas para la señal de GPS no terminan cuando llega a la tierra, la señal puede rebotar varias veces debido a obstrucciones locales antes de ser captada por nuestro receptor GPS.

Anexo G



Este error es similar al de las señales fantasma que podemos ver en la recepción de televisión. Los receptores GPS más sofisticados utilizan sistemas de rechazo para minimizar este problema (multipath).

Problemas en el satélite

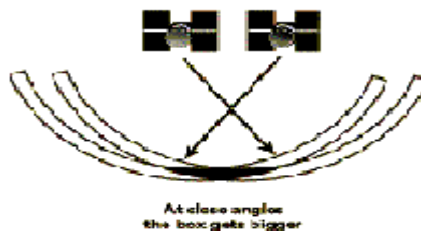
Aún siendo los satélites muy sofisticados no tienen en cuenta minúsculos errores en el sistema. Los relojes atómicos que utilizan son muy, precisos, pero no son perfectos, pueden ocurrir minúsculas discrepancias que se transforman en errores de medición del tiempo de viaje de las señales, y, aunque la posición de los satélites es controlada permanentemente, tampoco pueden ser controlados a cada segundo, de esa manera pequeñas variaciones de posición o de efemérides pueden ocurrir entre los tiempos de monitoreo.

Algunos ángulos son mejores que otros

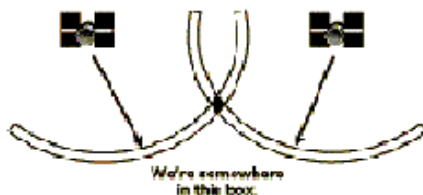
La geometría básica por si misma puede magnificar estos errores mediante un principio denominado "Dilación Geométrica de la Precisión", o DGDP.

Suena complicado pero el principio es simple.

En la realidad suele haber más satélites disponibles que los que el receptor GPS necesita para fijar una posición, de manera que el receptor toma algunos e ignora al resto. Si el receptor toma satélites que están muy juntos en el cielo, las circunferencias de intersección que definen la posición se cruzarán a ángulos con muy escasa diferencia entre sí. Esto incrementa el área gris o margen de error acerca de una posición.



Si el receptor toma satélites que están ampliamente separados, las circunferencias interceptan a ángulos prácticamente rectos y ello minimiza el margen de error.



Anexo G

Los buenos receptores (Geodésicos) son capaces de determinar cuales son los satélites que dan el menor error por Dilución Geométrica de la Precisión.

¡Errores Intencionales!

Aunque resulte difícil de creer, el mismo Gobierno que invirtió millones de dólares para desarrollar el sistema de navegación más exacto del mundo, está degradando intencionalmente su exactitud, dicha política se denomina "Disponibilidad Selectiva" y pretende asegurar que ninguna fuerza hostil o grupo terrorista pueda utilizar el GPS para fabricar armas certeras.

Básicamente, el Departamento de Defensa introduce cierto "ruido" en los datos del reloj satelital, lo que a su vez se traduce en errores en los cálculos de posición. El Departamento de Defensa también puede enviar datos orbitales ligeramente erróneos a los satélites que estos reenvían a los receptores GPS como parte de la señal que emiten, estos errores en su conjunto son la mayor fuente unitaria de error del sistema GPS. Los receptores de uso militar utilizan una clave encriptada para eliminar la Disponibilidad Selectiva y son, por ello, mucho más exactos.

La línea final

Afortunadamente todos esos errores no suman demasiado error total, existe una forma de GPS, denominada GPS Diferencial, que reduce significativamente estos problemas.

En Conclusión: Corrección de Errores

1. La Ionosfera y la Troposfera causan demoras en la señal de GPS que se traducen en errores de posicionamiento.
2. Algunos errores se pueden corregir mediante modelación y correcciones matemáticas.
3. La configuración de los satélites en el cielo puede magnificar otros errores
4. El GPS Diferencial puede eliminar casi todos los errores

4.- Métodos de posicionamiento.

Podemos diferenciar dos modos de posicionamiento, y dentro de ellos las variantes que se pueden considerar.

Fundamentalmente son el absoluto y el diferencial.

Posicionamiento absoluto.

Se realiza con un único receptor GPS, y consiste en la solución de una intersección directa de todas las distancias receptor-satélite sobre el lugar de posicionamiento en un período de observación dado, la medida y la solución son por lo tanto directas.

Para llevar a cabo el posicionamiento, el receptor recibe las señales de los satélites y determina su posición en coordenadas absolutas y en el sistema de referencia al que están referidos los satélites, las observables utilizadas para el

Anexo G

posicionamiento absoluto suelen ser los códigos, pero también se podrían utilizar las diferencias de fase o ambas.

Para realizar un posicionamiento absoluto es necesario recibir la información de al menos cuatro satélites, ya que cada uno de ellos proporciona una ecuación al sistema y nuestras incógnitas son cuatro (X, Y, Z y estado del reloj del receptor). Esto está garantizado gracias a las configuraciones de las constelaciones NAVSTAR y GLONASS, según las cuales siempre tendremos en cualquier lugar del planeta al menos cuatro satélites sobre el horizonte.

El posicionamiento absoluto tiene la ventaja de que con un sólo instrumento de observación podemos obtener nuestra posición, pero posee una serie de inconvenientes que repercuten seriamente en la precisión del posicionamiento, y por ello no hace del método una aplicación apropiada en trabajos de precisión.

Entre los inconvenientes más relevantes destacan:

- Influencia importante de los errores producidos por la atmósfera;
- Imposibilidad de eliminar errores por compensación, como son el efecto multipath, osciladores, excentricidad de la antena, retardo atmosférico, etc.

Esto, hace que sea una forma expedita de posicionamiento, resultando útil para usuarios de barcos, aviones, vehículos, deporte, y todas aquellas aplicaciones donde la tolerancia de error al determinar una posición esté por encima de algunos metros, que viene ser la precisión que ofrece generalmente el método, en función del tipo de receptor, estado de la constelación y condiciones de observación.

Posicionamiento diferencial.

Es el que se realiza cuando las precisiones requeridas son mayores, será mejor o peor en función del equipo utilizado y la técnica de posicionamiento diferencial a la que se recurra.

El posicionamiento diferencial consiste en hallar la posición absoluta de un punto (Base, objetivo, etc.) mediante las observaciones realizadas desde ese punto a unos determinados satélites, sumadas a las realizadas en ese mismo instante desde otro punto (Móvil, referencia) a esos mismos satélites, por lo tanto, aquí aparece el concepto de **línea base**, que es la línea recta que une el punto de (Base –referencia) y el punto (Móvil – objetivo).

Esta línea base, no es medida de forma directa, ya que nuestras observaciones son sobre los satélites y no entre los puntos, por lo tanto, la obtención de la línea base se produce de forma indirecta. Es por esto que las incógnitas no son los incrementos de coordenadas entre los dos puntos, sino que son los diferenciales (dx, dy, dz) que hay que añadir a las coordenadas aproximadas absolutas (Xo, Yo, Zo) de cada punto. Si conocemos de partida las coordenadas del punto de referencia, las incógnitas se reducen a las del punto objetivo, que una vez halladas, unidas a las del punto de referencia, nos darán las componentes y valores de la línea base que los une.

Anexo G

Estático. Este modo de posicionamiento consiste en el estacionamiento del receptor que no varían su posición durante la etapa de observación. La referencia puede establecerse en cualquiera de ellos y la precisión será en función del tiempo de observación, de la geometría y del equipo GPS utilizado.

Una variante del método estático es el denominado **estático rápido**, el cual se puso en funcionamiento gracias a la inclusión de algoritmos de tratamiento de las señales y espacios de búsqueda de ambigüedades más sólidos y rápidos, de este modo, el tiempo de observación y de cálculo se reducen considerablemente.

Cuando la distancia entre puntos supera los cien kilómetros o la diferencia de altitud entre ellos supera los 500 m, se deben prolongar los tiempos de observación para contrarrestar los errores producidos por la Ionosfera y la Troposfera.

El método estático es el que mayor precisión proporciona, pero también es el que más tiempo de observación requiere.

Trabajo en tiempo real.

En primer lugar, debe quedar claro que el trabajo en tiempo real no es un método de posicionamiento por satélite, sino que es una forma de obtener los resultados una vez procesadas las observaciones.

El procesamiento de estas observaciones puede ser realizado con un software post-proceso, previa inserción de los datos de observación necesarios, ya sea en campo o en gabinete. Ahora bien, este cálculo puede ser realizado de forma inmediata a la recepción de las observaciones y ser efectuado por la unidad de control, obteniendo las coordenadas en el instante, es decir, en tiempo real, para ello, se incorporan los algoritmos de cálculo de los software post-proceso, o parte de ellos, a los controladores para este tipo de aplicaciones.

Esto, supone una gran ventaja, ya que todo el tiempo que se invierte en descargar, evaluar, revisar y procesar los datos se suprime al obtener los resultados al instante, pero también tiene una serie de inconvenientes, que lo serán mayores o menores en función del tipo de trabajo y las condiciones de la observación. Entre ellos destacan:

- *La limitación de los radiomodem de emisión y transmisión de datos.*
- *Imposibilidad de revisar los archivos de observación.*
- *Limitación en las correcciones de tipo atmosférico.*
- *Limitación en los procesos de transformación de coordenadas.*
- *Pobre tratamiento e información estadística.*
- *Escasa manipulación de los parámetros de cálculo.*

En el argot actual de la Topografía aplicada al posicionamiento por satélite, se denomina *equipo de trabajo con módulo RTK* (Real Time Kinematic) a aquel que incorpora un software completo en la unidad de control y un sistema de

Anexo G

transmisión de información que permite la obtención de resultados en tiempo real. Los módulos RTK pueden procesar observables de código y de diferencia de fase, y son aplicables a cualquier trabajo donde el posicionamiento por satélite sea necesario.

Otro sistema de trabajos diferenciales en los cuales se pueden obtener resultados en tiempo real es con métodos DGPS. En este caso, se trabajan con observables de código en modo diferencial, donde se pueden obtener precisiones por debajo del metro, muy indicadas para otras aplicaciones, Estos trabajos pueden ser solucionados si disponemos de un módulo RTK, pero también a través de correcciones RTCM o RTCA recibidas de una estación de referencia que calcula y determina nuestra posición en modo diferencial (al contrario que con RTK, que es el móvil el que incorpora el proceso de cálculo) y nos las envía a través de ondas de radio. De este modo, con un equipo de observación, un radiotransmisor/receptor y un contrato de uso, podemos posicionarnos en modo diferencial. Estas emisiones suelen ser realizadas a través de satélites destinados para ello o por repetidores de superficie, este método de trabajo es, hoy por hoy, uno de los más usados en navegación, apoyos para cartografías de pequeña escala, generación y actualización de SIG, control de volúmenes y superficies, deporte etc.

De acuerdo a la exactitud que se desee obtener de un levantamiento GPS, se debe reglamentar su metodología, pero también se debe uniformar la selección de los equipos GPS. Para ello es necesario definir los criterios para la utilización de los diferentes aparatos GPS y sus procedimientos de uso.

5.- Aplicaciones.

En la **navegación**: marítima, terrestre y aérea.

Marítima.- Su implementación ha sido muy rápida (antes las embarcaciones empleaban el sistema TRANSIT). Se piensa que en poco tiempo toda esa actividad se basará en GPS, el costo del sistema es bajo (además, los barcos no requieren receptores de gran calidad) y lo puede usar cualquier embarcación.

Terrestre.- En este caso hay dos mercados principales: automóviles y receptores personales. Para el primer caso, se integran el GPS y sistemas gráficos avanzados para proporcionar un sistema de guiado desde un origen a un destino, las empresas pueden controlar el envío de vehículos y vigilar el lugar donde se encuentran. También se usa para enviar contingentes de policías, ambulancias, bomberos y defensa civil en situaciones de emergencia, en la actualidad algunos vehículos ya cuentan con mapas electrónicos que muestran instantáneamente cómo llegar a cualquier destino.

Anexo G

En el caso de los receptores personales, son utilizados cada vez mas para excursiones, alpinismo, rutas 4x4 etc. Además, se observa su aplicación en pruebas deportivas como el ciclismo, donde permite conocer a cada instante el tiempo que saca un corredor a otro, entre otros.

Aérea.- Debido a su mayor complejidad técnica su proceso de instalación ha sido más lento. Aunque muchos piensan que el GPS es la mejor manera (y más barata) de diseñar un sistema anticolidión aérea a prueba de errores, en la actualidad todavía está en desarrollo un trabajo en sistemas de aterrizaje de visibilidad nula de alta precisión.

En el campo militar; como el GPS es un sistema desarrollado por el ejército, su expansión en ese campo ha sido más rápida que en las actividades civiles, se emplea para el guiado de misiles y la navegación militar (aeronaves, vehículos terrestres, barcos, entre otros).

A continuación se enumeran algunos campos en los que el Sistema de Posicionamiento por Satélite está presente:

Geodesia	Hidrografía
Geofísica	Sistemas de Información Geográfica
Topografía y Fotogrametría	Navegación
Ingeniería	Deporte

6.- Etapas y parámetros fundamentales.

A continuación se describen las etapas y parámetros fundamentales que se deben seguir en todo posicionamiento por satélite donde se requiera precisión y rendimiento en el trabajo.

Planificación, observación y cálculo.

Planificación.

Es recomendable, para evitar pérdidas de tiempo en repeticiones de observaciones y variaciones de planes, realizar una buena planificación de las observaciones y determinar cuál es la hora del día donde hay un mayor número de satélites, así como cuándo la geometría de la observación es más idónea, además de determinar el estado de salud de los satélites.

Para llevar a cabo esta etapa, los software para el post-proceso incorporan módulos de planificación, los cuales, a través de los almanaques radiodifundidos de las constelaciones, que podemos ir almacenando periódicamente o los almanaques ya existentes, y de las posiciones de los lugares de observación, podemos conocer el número de satélites, salud, bondad de la geometría de la observación, periodo óptimo de observación, etc. Podemos, además marcar las obstrucciones que puedan existir en el lugar de la observación, esto se puede realizar para cualquier lugar del planeta durante las 24 horas del día.

Anexo G

Observación.

Una vez definido el lugar, el día y la hora de la observación, debemos elegir el método de posicionamiento adecuado en función al tipo de trabajo a realizar y de sus precisiones.

Una vez en el campo, debemos introducir en la unidad de control del receptor los parámetros de la observación, entre los que destacan como los más importantes:

- Método de posicionamiento para que el software del receptor almacene correctamente los datos;
- Máscara de elevación. Se recomienda no usar máscaras inferiores a 10° sexagesimales sobre el horizonte;
- Establecimiento del intervalo de grabación en segundos (épocas). Cada época va a ser un tiempo de grabación de datos. Se pueden elegir y establecer en múltiplos de 60, es decir, épocas de 1, 2, 3, 5, 10, 15, 30, etc, segundos.

Calculo.

En primer lugar se deben transferir los datos de las observaciones en el software de la computadora. En el caso de trabajar en tiempo real, esto lo realiza la propia unidad de control, así mismo, se deben comprobar todos los datos y atributos referentes a cada punto, tales como nombres, alturas de antena, etc.

7.- Consideraciones finales.

El Sistema de Posicionamiento por Satélite, ya sea con GPS, GLONASS o GPS/GLONASS, es una herramienta imprescindible en la sociedad de nuestros días, y que los técnicos en todas las materias involucradas deben saber tratar, manipular y ejecutar correctamente, ya que es un adelanto en la calidad y rendimiento de los trabajos respecto a los métodos tradicionales, que nunca se deben abandonar, pero que la evolución de otras técnicas obliga a ir dejando a un lado y recurrir a técnicas, no sólo más modernas, sino más fructíferas.

Se mencionan a continuación las **ventajas** que ofrece el posicionamiento por satélite:

- No es necesaria la intervisibilidad entre estaciones, ya que el sistema de medida es indirecto entre ellas y directo a los satélites. En definitiva, se reduce el tiempo de observación y los errores que se producen en ella, debemos añadir además que la observación nocturna es totalmente operativa.
- Al trabajar con ondas de radio, estas no sufren efectos significativos a causa de la niebla, lluvia, fríos y calores extremos, y otros tipos de incidencias.
- El rango de distancias que se pueden alcanzar es mucho mayor, al no ser medidas directas, con el posicionamiento por satélite podemos medir bases desde unos pocos metros hasta centenas y miles de Km.

Anexo G

- Dado que no se dispone de sistemas ópticos, su fragilidad es menor y su mantenimiento y calibración no es requerido con la frecuencia que lo requieren los instrumentos ópticos. Los costos de mantenimiento por ello son menores.
- El servicio de las señales que ofrecen los sectores espaciales y de control es totalmente gratuito, lo que supone sólo inversión en equipos de observación y cálculo.
- La obtención de los resultados es rápida, sobretodo si sumamos la obtención de los mismos en tiempo real (RTK), además, las observaciones y los resultados son interpretables y tienen comprobación.
- La variedad de métodos de posicionamiento hace que sean sistemas apropiados y aptos para cualquier tipo de trabajo.

Por otro lado, los ***inconvenientes*** más relevantes son :

- No puede ser utilizado en obras subterráneas.
- Tiene dificultades de uso en zonas urbanas cerradas con altos edificios y zonas arboladas y boscosas, debido a las continuas pérdidas de la señal de los satélites.
- El desconocimiento del sistema. El sistema de posicionamiento por satélite es una gran herramienta, y de fácil uso, pero ello no lleva consigo eximirse de su conocimiento y del tratamiento de sus observables correctamente, ya que de lo contrario, se pueden obtener resultados poco satisfactorios en precisión y rendimiento.

Anexo G

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- GPS & GLONASS, Madrid 1998 Ma. Paz Holanda Blass y Juan Carlos Bermejo Ortega
- 2.- Gibbons, G., Punting on L5, in GPS World of April 1997.
- 3.- Hofmann-Wenllenhof, B., 1994, GPS Theory and Practice, Springer-Verlag, New York.
- 4.- Holanda Blas, M.P., Bermejo Ortega, J.C., Hernanz Villalba, P., Gómez Sánchez, F., Madrid 1997, Estudio de la precisión que el sistema GPS proporciona en cada una de sus cinco observables y comportamiento de las mismas en función de diversos condicionantes para la medida de líneas base en un amplio rango de distancias.
- 5.- Langley, R., The GPS Error Budget, in GPS World of March 1997.
- 6.- Langley, R., GPS Receiver System Noise, in GPS World of June 1997.
- 7.- Langley, R., Review and Update of GPS and GLONASS, in GPS World of July 1997.
- 8.- Leick, A., 1996, GPS Satellite Surveying, Wiley-Interscience, New York.
- 9.- Mikhail, E. M., 1981, Analysis and Adjustment of Survey Measurement, Van Nostrand Reinhold, New York.
- 10.- Núñez-García, A., Valbuena Durán, J.L., Velasco Gómez, J., 1992, GPS La Nueva Era de la Topografía, Ediciones de las Ciencias Sociales, Madrid.
- 11.- Documentos de Internet publicados por el Laboratorio Lincoln de Massachusetts, el Coordinational Scientific Information Center ruso y por el DLRDFD Neustrelitz Remote Sensing Ground Station en Alemania, Noviembre 1997.
- 12.- (Copyright © 1996, 1997, 1998, 1999 by Trimble Navigation Limited. All Rights reserved. Traducido al español por Pedro Gutovnik .(Internet)



Anexo H

Modelo de madurez en el uso de TIC

Habilidad	Nivel 1 (Básico)	Nivel 2 (Avanzado)	Nivel 3 (Experto)
A. Uso de Internet a. Como fuente de información y recursos	<p>Aa1.1. Localización de información específica en un sitio de Internet.</p> <p>Aa1.2. Búsqueda de información en Internet como complemento a una investigación en medios impresos.</p> <p>Aa1.3. Localización de un simulador en un sitio de Internet dado.</p> <p>Aa1.4. Instalación de plugins específicos para el uso de interactivos disponibles en Internet.</p> <p>Aa1.5. Búsqueda y selección de videos sobre información específica en Internet.</p>	<p>Aa2.1 Búsqueda eficiente de información en Internet. Definición de palabras clave para la búsqueda. Análisis de los resultados, selección de sitios, exploración, selección y valoración de la información obtenida.</p> <p>Aa2.2. Construcción de criterios para definir la credibilidad de la información obtenida.</p> <p>Aa2.3. Consulta de bibliotecas digitales.</p>	
b. Como medio de comunicación.	<p>Ab1.1. Uso de correo electrónico. Distinción de contextos comunicativos. Uso adecuado del lenguaje.</p> <p>Ab1.2. Uso de chat para discutir en tiempo real. Distinción de contextos comunicativos. Uso adecuado del lenguaje.</p> <p>Ab1.3. Uso seguro de redes sociales (Hi5, Facebook).</p>	<p>Ab2.1. Manejo de un LMS para utilizar foros. Uso de un foro para discutir un tema. Desarrollo de habilidades de argumentación y discusión colectiva a través de un entorno virtual.</p> <p>Ab2.2. Uso de grupos (Google groups, Yahoo group) con fines de estudio.</p>	





Anexo H

c. Como medio de creación de contenidos.	Ac1.1. Uso del blog para producir contenidos en el ámbito académico. Ac1.2. Inclusión de ligas a videos o videos y textos dentro del blog.	Ac2.1. Uso de wikis para producir información de manera colaborativa. Ac2.2. Manejo de un LMS para localizar y utilizar materiales. Ac2.3. Creación de páginas Web. Ac2.4. Creación y publicación de videos.	
B. Uso seguro de las TIC	<p style="text-align: center;">Uso seguro del equipo</p> B1.1. Antivirus: Instalación, desinstalación, descarga, actualización. B1.2. Descarga de archivos de sitios no confiables. B1.3. Firewall: Instalación, desinstalación, descarga, actualización. <p style="text-align: center;">Uso seguro personal</p> B1.4. Uso seguro del correo electrónico. B1.5. Uso seguro de fotologs y blogs personales.	<p style="text-align: center;">Uso seguro del equipo</p> B2.1. Desfragmentar el disco duro. B2.2. Liberar espacio en el disco duro. <p style="text-align: center;">Uso seguro personal</p> B2.3. Eliminación de información de la memoria temporal después de hacer uso de Internet para transacciones. B2.4. Creación de filtros para bloquear mensajes no deseados en el correo electrónico.	





Anexo H

	<p>B1.6. Manejo de información personal que se publica en la red.</p> <p>B1.7. Evitar el envío de archivos (fotos y documentos importantes) a través del chat.</p> <p>B1.8. Recomendaciones en el uso del chat.</p> <p>B1.9. Configuración segura de redes sociales.</p>		
<p>C. Presentación de información y procesamiento de datos:</p> <p>a. Procesador de textos</p>	<p>Ca1.1. Manejo básico del procesador de textos, cuidando la calidad de la información, la presentación, el formato, la redacción y ortografía.</p>	<p>Ca2.1. Manejo avanzado del procesador de textos (opciones de formato, columna, tabla, cuadro de texto, inserción de imágenes desde el disco duro, celular o cámara digital, impresión en ambas caras).</p>	<p>Ca3.1. Creación de macros y plantillas.</p> <p>Ca3.2. Generación de estilos.</p> <p>Ca3.3. Generación de índices y documentos combinados.</p>
<p>b. Presentador.</p>	<p>Cb1.1. Uso del presentador para comunicar resultados obtenidos en una investigación utilizando herramientas de formato que faciliten la comunicación con el público (tipo y tamaño de fuente, inserción de gráficos, diseño en general). Inclusión de información relevante que apoya la exposición oral.</p>	<p>Cb2.1. Uso del presentador integrando diversos medios (sonido, música, imágenes, video), ligas a diferentes diapositivas de la misma presentación, a otras presentaciones, archivos o sitios en la red.</p> <p>Cb2.2. Empaquetar presentación para CD.</p>	<p>Cb3.1. Generación de plantillas.</p> <p>Cb3.2. Convertir presentación a página web.</p>





Anexo H

c. Hoja de cálculo.	Cc1.1. Uso de la hoja de cálculo para registrar datos y representarlos gráficamente.	Cc2.1. Uso de la hoja de cálculo para registrar datos, elaborar tablas, crear fórmulas para relacionar los datos y representar resultados mediante una gráfica utilizando las opciones que ofrece las herramientas (tipos de gráficas).	
D. Manejo de medios (audio, imagen y video)	D1.1. Manejo de distintos formatos y edición. D1.2. Grabación de sonido y música (grabadora, edición con software libre).	D2.1. Elaboración de collages de fotografías. D2.2. Uso de herramientas como Movie Maker, Audacity, PhotoShop o Adobe Premier (en sus versiones libres).	
E. Uso de bases de datos.	E1.1. Consulta, manipulación de los datos (eliminar, agregar, modificar).	E2.1. Creación de bases de datos con software preprogramado.	E3.1. Creación de bases de datos con lenguaje de programación.
F. Recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza.	F1.1. Exploración de un simulador para comprender su funcionamiento y utilizarlo en la resolución de un problema, para complementar una experimentación y el análisis de datos correspondiente; y para resolver nuevos problemas relacionados con una experimentación hecha en clase.	F2.1. Utilización de sensores para registrar datos.	
G. Organización y administración de la	G1.1. Nombramiento de archivos de manera específica.	G2.1. Eliminación de archivos innecesarios (temporales, rastros de virus).	





Anexo H

información.	<p>G1.2. Impresión de archivos.</p> <p>G1.3. Organización de la información de forma lógica en el disco duro.</p> <p>G1.4. Identificación de las unidades de disco.</p> <p>G1.5. Uso de, al menos, Un sistema operativo.</p> <p>G1.6. Descarga e instalación de programas.</p> <p>G1.7. Guardado de información en archivos en un CD.</p>	<p>G2.2. Uso de dos o más Sistemas Operativos.</p> <p>G2.3. Administración de carpetas y archivos (nombres., búsquedas, tamaño, etc.), que permitan compartir la información.</p> <p>G2.4. Descarga y subida de archivos a una plataforma.</p> <p>G2.5. Compresión y descompresión de archivos.</p> <p>G2.6. Identificación de las características de hardware y de software del equipo de cómputo.</p>	
H. Uso de periféricos.	<p>H1.1. Manejo del ratón.</p> <p>H1.2. Manejo eficiente del teclado.</p> <p>H1.3. Uso de dispositivos (impresora, escáner, sensores, cámara, celular, Ipod).</p> <p>H1.4. Instalación y configuración de dispositivos y sus drivers.</p>	<p>H2.1. Establecer comunicación de los diferentes dispositivos con la computadora a través del software correspondiente.</p> <p>H2.2. Actualización de drivers para nuevas versiones de sistema operativo.</p> <p>H2.3. Configuración de impresoras en red.</p> <p>H2.4. Configuración de impresoras inalámbricas.</p>	<p>H3.1. Configuración de una red local.</p>
I. Telecomunicaciones.	<p>I1.1. Detección, configuración y uso de una red inalámbrica como RIU para poder conectarse.</p> <p>I1.2. Detección, configuración y uso de</p>	<p>I2.1. Conceptos y administración (manejo de parámetros) para conectarse a Internet desde cualquier dispositivo.</p>	





Anexo H

	una conexión a Internet vía MODEM. 11.3. Detección, configuración y uso de una conexión por cable.		
--	---	--	--



BIBIOGRAFÍA

Aguilar R. Miguel. (2005) *PISA para docentes: la evaluación como oportunidad de aprendizaje*. INEE. SEP. México.

Apel, H. J. (1979). *Teoría de la escuela en una sociedad industrial democrática*. Madrid: sociedad de Educación Atenas.

Ausubel D. (2006). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas. México D.F.

Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas. México D.F.

Banesh Hoffmann. (1983) *Relativity and Its Roots*. Dover Science Books. N.Y. E.U.

Bartolomé, A. (1989): *Nuevas tecnologías y Enseñanza*. Graó-ICE UB. Barcelona.

Bernardini C. (1995) *Thinking Physics for Teaching*. Plenum Press. New York.

Bosco. H. M. D. (2007). *Selección de lecturas. Seminario: Psicopedagogía de la enseñanza y el aprendizaje*. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM.

Bravo Silvia. (1990) *¿Usted también es aristotélico?*. Instituto de Geofísica UNAM. México. D.F.

Brubacher, J.S. (2000). "John Dewey". en: J. Château (dir). *Los grandes pedagogos*. México: Fondo de Cultura Económica, cap 13, pp 277–294.

Cabero J. (1999) *Tecnología educativa*. Síntesis. Madrid. España.

Cabero J. (2007) *Nuevas Tecnologías Aplicadas a la educación*. Síntesis. Madrid. España.

Camps Victoria. (2000) *Los valores de la educación*. Grupo Anaya S.A. Madrid España.

Camps Victoria. (2001) *Manual de Civismo*. Editorial Ariel S.A. Barcelona España.

- Castells, M. (1997). *La era de la información. Vol. I, II y III*. Alianza. Madrid.
- Cernuschi F. (1981) *Experimento, razonamiento y creación en física*. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. Programa regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington. D.C.
- Dewey J. (1993) *Cómo pensamos*. Paidós, Barcelona. España.
- Díaz Barriga F. (2006) *Enseñanza situada*. Mc Graw Hill. México. D.F.
- Díaz Barriga F. (2006) *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. Mc Graw Hill. México. D.F.
- Einstein A. (1992) *Notas Autobiográficas*. Alianza Editorial. Madrid. España.
- Fernández, B. (198) "*Utilización del sistema de medios de enseñanza en la asignatura: Anatomía, Fisiología e higiene del hombre, de la educación General y Politécnica*". Tesis doctoral. Cuba
- Flores Esthela. (2004) *Física Moderna*. Pearson. México. D.F.
- Flores F. (2003) *Educación en Física: Incursiones en su investigación*. IISUE UNAM. México. D.F.
- González, F.M. y Novak, J. D. (1996) *Aprendizaje significativo. Técnicas y aplicaciones*. 2ª edición. Ediciones Pedagógicas. Madrid, España.
- González, F. M., Morón, C. y Novak, J. D. (2001) *Errores conceptuales. Diagnóstico, tratamiento y reflexiones*. Pamplona: Eunate.
- Gronlund Norma E. (2001) *Elaboración de test de aprovechamiento*. Trillas. México. D.F.
- Gros Begoña. (1997) *Pautas pedagógicas para la elaboración de software*. Editorial Ariel. S.A. Barcelona. España.

Giry Marcel. (2002) *Aprender a razonar Aprender a pensar*. Siglo Veintiuno Editores. México. D.F.

Gisbert, M., GONZÁLEZ, A.P., JIMÉNEZ, B. y RALLO, R. (1992): *Technology Based Training*. De los autores. Tarragona.

Gutiérrez G. R. (1990) *Enseñanza de las ciencias en la educación intermedia*. Ediciones Rialp. Madrid España.

Guillen Michael. (1999) *Cinco ecuaciones que cambiaron al mundo*. Temas de debate. Barcelona. España.

Hernández Poveda R. M. (2002) *Aprendamos a elaborar exámenes escritos*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José. Costa Rica.

Hierrezuelo M.J. (1988) *La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y la Química*. Editorial Laia/Ministerio de Educación y Ciencia. Barcelona España.

Hickman Bond J. (1997) *Problem-Solving. Exercises in Physics*. Addison-Wesley. U.S.A.

Hernández Chávez Olga. (2005) *La revolución Einsteiniana de 1905: Después ya nada fue igual*. IPN. México. D.F.

Hewitt Paul. (2004) *Física Conceptual*. Pearson. México. D.F.

Hewitt Paul. (1997) *Conceptual Physics. Test*. Addison-Wesley. U.S.A.

Hewitt Paul. (1997) *Conceptual Physics. Teaching. Guide*. Addison-Wesley. U.S.A.

Hewitt Paul. (1997) *Conceptual Physics. Teaching. Next-Time Question*. Addison-Wesley. U.S.A.

Hewitt Paul. (1997) *Conceptual Physics. Concept-Development Practice Book*. Addison-Wesley. U.S.A.

Jeans, James. (1968) *Historia de la Física*. Fondo de Cultura Económica. México. D.F.

Jesus M. Nieto Gil. (2001) *La autoevaluación del profesor, Cómo evaluar y mejorar su práctica docente*. Monografías Escuela Española. Barcelona. España.

John Stachel. (2004) *Einstein 1905: un año milagroso*. Crítica. Barcelona. España.

Klingberg, L. (1978) *Introducción a la Didáctica General*. Editorial Pueblo y Educación. Cuba.

Kuhn Thomas. (1989) *¿Qué son las revoluciones científicas?* Paidós. España.

Landu L. y Rumer. (1985) *¿Qué es la Teoría de la Relatividad?* Quinto sol. México. D.F.

Lewis, R. y Spencer, D. (1986) *What is open learning?* Open Learning. Guide 4. London, CET.

López, Yañez, J. (1990): *Formación de líderes escolares mediante el ordenador*. Grupo de Investigación Didáctica. Universidad de Sevilla.

Lupiáñez Moreno M. (2001) *De King Kong a Einstein la Física en la Ciencia Ficción*. Alfaomega. México D.F.

Moreira, M.A. (1977) *An Ausubellian approach to physics introduction: An experiment in an introduction college course in electromagnetism*. Disertación doctoral inédita, Cornell University.

Nieda Juana. *Actividades para evaluar ciencias en secundaria*. Antonio Machado Libros. España.

Novak, . y Gowin, D. (1988) *Aprender a aprender*. Editorial Martínez Roca. Barcelona. España.

Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el bachillerato de la UNAM. Documento de trabajo. México D.F.

Palloff R. M. (1999) *Building learning communities in cyberspace*. Jossey-Bass. San Francisco.

Pérez de Landazábal M.C. (1998) *Evaluación y detección de dificultades en el aprendizaje de la Física y la Química en el segundo ciclo de la ESO*. Madrid España.

Posner, G. (2004). *Analyzing the Curriculum*. 3a. edición. Nueva York: Mc Graw Hill.

Pozo J. I. (2004). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata, Madrid. España.

Reichert J. F. (1991) *A modern introduction to mechanics*. Prentice Hall. New Jersey.

Resnick-Halliday. (1995) *Física*. CECSA. México. D.F.

Resnick Robert (1977) *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad*. Limusa. México. D.F.

Robinson Paul. (1997) *Conceptual Physics. Laboratory Manual*. Addison-Wesley. U.S.A.

Robert Katz. (1968) *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad*. Reverte. México. D.F.

Salinas, J. (1994) *Hipertexto e hipermedia en la enseñanza universitaria. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*. Enero. Pp. 15 a 29

Sarramona Jaume. (2004) *Las competencias básicas en la educación obligatoria*. Barcelona. España.

Sears-Semansky. (2004) *Física Universitaria*. Pearson. México. D.F.

Shahen Hacyan. (2003) *Relatividad Para Principiantes*. La ciencia para todos. Fondo de Cultura Económica. México. D.F.

Solomon, C. (1987). *Entornos de aprendizaje con ordenadores*. Paidós. Barcelona. Esp.

Stephen Hawking. (2005) *El universo en una cáscara de nuez*. Planeta. Barcelona España.

Stephen Hawking. (2002). *Historia del tiempo*. Crítica. Barcelona. España.

Sagan C. (1992). *Cosmos*. Planeta. México. D.F.

Stone W. M. (2006) *Enseñar para la comprensión con nuevas tecnologías*. Paidós. Argentina.

Varela Paloma. (1997) *Electricidad y magnetismo*. Síntesis Educación. Barcelona. España.

Yazdani, M. y Lawler, R. W. (1987) *Artificial intelligence and education, Learning environments and tutoring systems*. Intellect Books. New Jwrsey.

Referencias de INTERNET

http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_la_Relatividad_Especial

http://home.earthlink.net/~umuri/_/Main/T_spacetime.html

<http://www.iac.es/cosmoeduca/relatividad/especial/index.html>

http://es.geocities.com/rfclaver/relatividad/m_m.htm

<http://www.angelfire.com/empire/seigfrid/Interferencia.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Interferometre_Michelson.svg

http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Hendrik_Antoon_Lorentz.jpg

<http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Poincare.jpg>

<http://ufap.dgdp.uaa.mx/descargas/EIMapaConceptual.pdf>

<http://www.iac.es/divulgacion.php?op1=19&op2=58>

<http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/menu.htm>