

**PROPUESTA MUSEOGRÁFICA CONSTRUCTIVISTA DIRIGIDA A
ESTUDIANTES DE OCTAVO GRADO DE EDUCACIÓN BÁSICA QUE VISITEN
EL PARQUE INTERACTIVO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA «NEOMUNDO»**

JOSÉ VICENTE REYES SALAZAR

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN PEDAGOGÍA
BUCARAMANGA
2007**

**PROPUESTA MUSEOGRÁFICA CONSTRUCTIVISTA DIRIGIDA A
ESTUDIANTES DE OCTAVO GRADO DE EDUCACIÓN BÁSICA QUE VISITEN
EL PARQUE INTERACTIVO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA «NEOMUNDO»**

JOSÉ VICENTE REYES SALAZAR

TESIS DE MAESTRÍA

**ESPERANZA AGUILAR DE FLÓREZ
DIRECTORA DE TESIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN PEDAGOGÍA
BUCARAMANGA
2007**

DEDICATORIA

A mi esposa, buena compañera en todo sentido.

A mis hijos, que saben brillar con luz propia.

A mis queridos hermanas y hermanos.

A la memoria de Bertha y Joselín.

AGRADECIMIENTOS

A quienes fueron el germen intelectual de esta búsqueda, los investigadores Carlos Eduardo Vasco Uribe y Hernán Escobedo David...

A quienes me abrieron generosamente sus brazos y me brindaron su valioso apoyo en Neomundo y en la Maestría, especialmente a Aura Luz Castro de Pico.

A mi directora de proyecto, por sus sabios consejos, por creer en este trabajo y apostarle a su culminación...

A mi esposa y a mis hijos, quienes me acompañaron decididamente en las fatigosas y duras jornadas...

Sólo tengo corazón para todos ellos...

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA MUSEOGRÁFICA CONSTRUCTIVISTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE OCTAVO GRADO DE EDUCACIÓN BÁSICA QUE VISITEN EL PARQUE INTERACTIVO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA «NEOMUNDO»

AUTOR: JOSÉ VICENTE REYES SALAZAR

PALABRAS CLAVES: Propuesta museográfica, constructivismo, modelos mentales, concepciones personales, Neomundo.

DESCRIPCIÓN

Es posible aprovechar la visita a un museo interactivo de ciencia y tecnología sin ponerles tareas a los estudiantes. La preparación de la visita inicia con el conocimiento de los modelos mentales de los estudiantes y de las concepciones personales detrás de esos modelos, en torno a un concepto específico que ellos están estudiando en la clase de ciencias naturales. Esta investigación ha tomado el concepto de “ondas”, el cual se estudia en el grado octavo. Los estudiantes se hacen conscientes de sus modelos y, con ayuda de tópicos generadores, se cuestionan e inician procesos de transformación de sus concepciones personales. Así la visita es más divertida y provechosa y se respeta el carácter lúdico del museo. El maestro realiza un diagnóstico en el aula para identificar y categorizar los modelos que los estudiantes tienen acerca del concepto científico escogido. Con base en las categorías de modelos se infieren las concepciones personales de los estudiantes. Luego el maestro aplica tópicos generadores para cuestionar las anteriores concepciones y proponer modelos validados por el discurso científico. Los tópicos generadores retan el sentido común a la vez que fuerzan a utilizar operaciones mentales y a construir significados poco usuales en el mundo de la vida. Después el maestro y sus estudiantes visitan el museo interactivo para terminar el proceso de construcción del concepto que están estudiando. Las exhibiciones proporcionan un tipo de experiencias para ser interpretadas por cada estudiante con la colaboración de sus compañeros. Por último, el maestro aplica una evaluación a los estudiantes, en el aula, para contrastar los modelos iniciales con la elaboración final de los mismos.

*Proyecto de Grado

**Escuela de Educación. Maestría en Pedagogía. Directora: ESPERANZA AGUILAR DE FLOREZ.

ABSTRACT

TITLE: PROPUESTA MUSEOGRÁFICA CONSTRUCTIVISTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE OCTAVO GRADO DE EDUCACIÓN BÁSICA QUE VISITEN EL PARQUE INTERACTIVO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA «NEOMUNDO»

KEY WORDS

Museographic proposal, constructivism, mental models, personal conceptions, Neomundo.

DESCRIPTION

It is possible to take advantage of the visit to an interactive museum of science and technology without putting tasks to the students. The preparation of the visit begins with the knowledge of the students' "mental models" and their "personal conceptions" behind those models, around a specific concept that they are studying in the science's class. This investigation has taken the concept of "waves", which is studied in the grade eighth. The students become aware of their models and, with the help of "generating topics", they are controverted and they begin processes of transformation about their personal conceptions. This way, the visit is more amusing and more profitable, and the ludic character of the museum is respected. The teacher carries out a diagnosis in the classroom to identify and to categorize the students' "mental models" about "waves". Starting from the categories of models, the personal conceptions of the students are inferred. Then, the teacher applies "generating topics" to controvert the previous conceptions and to propose models validated by the scientific theories. A generating topic challenges the common sense of the students, and it forces them to use mental operations and to build not very usual meanings. Then, the teacher and his/her students visit the interactive museum to finish the construction of the concept that they are studying. The museum's exhibitions provide a type of experiences to be interpreted by each student with the collaboration of their partners. Lastly, the teacher applies an evaluation to the students, in the classroom, to contrast the initial models with the final elaboration of the same ones.

* Project of Degree

**School of Education. Maestría en Pedagogía Director: SAMUEL FERNANDO MUÑOZ NAVARRO.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 CONTEXTO	2
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.3 OBJETIVO GENERAL	5
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5 DISEÑO METODOLÓGICO	5
1.5.1 Método de investigación	6
1.5.2 Población	6
1.5.3 Muestra	6
1.5.4 Secuencia de la investigación	6
2. REFERENTES TEÓRICOS	9
2.1 LO REAL Y LA REALIDAD	11
2.2 LOS CAMPOS DE SABER	11
2.3 EL PROBLEMA PEDAGÓGICO	14

2.4 LAS CONCEPCIONES PERSONALES	16
3. DISEÑO DE INSTRUMENTOS	20
3.1 EXPLORADOR DE MODELOS – INSTRUMENTO 1	21
3.1.1 Representaciones sobre ondas en el agua	23
3.1.2 Tabulación del Explorador de modelos	27
3.2 TEST INICIAL –INSTRUMENTO 2	30
3.2.1 Fundamentación del Test inicial	31
3.2.2 Tabulación cualitativa del Test inicial	34
3.2.3 Tabulación cuantitativa del Test inicial	38
3.3 TÓPICOS GENERADORES – INSTRUMENTOS 3	39
3.3.1 Construcción de tópicos generadores	40
3.3.2 Diseño del instrumento de tópicos generadores	41
3.3.3 Orientaciones para la mediación de los tópicos generadores	42
3.4 TEST FINAL – INSTRUMENTO 4	43
3.4.1 Estructuración de las preguntas del Test final	45

3.4.2 Tabulación del Test final – Instrumento 4	46
3.5 CORRELACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS	47
3.5.1 Factores involucrados en la concepción de ondas en el agua	47
3.5.2 Factores involucrados en la concepción de ondas sonoras	48
3.5.3 Factores involucrados en la concepción de ondas lumínicas	49
3.5.4 Factores involucrados en la concepción de ondas de radio	51
4. APLICACIÓN	53
4.1 RESULTADOS DEL EXPLORADOR DE MODELOS	54
4.2 RESULTADOS DEL TEST INICIAL	56
4.2.1 Efectividad en el Test inicial	56
4.2.2 Identificación de modelos en el Test inicial	60
4.3 APLICACIÓN DE LOS TÓPICOS GENERADORES	63
4.4 VISITA A NEOMUNDO	64
4.5 RESULTADOS DEL TEST FINAL	64
4.5.1 Efectividad en el Test final	64

4.5.2. Identificación de modelos en el Test final	68
5. CONCLUSIONES	73
6. RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Secuencia de los instrumentos de la investigación	7
Tabla 2. Tabulación del Explorador de modelos – Situación 1	27
Tabla 3. Tabulación cualitativa del Test inicial	35
Tabla 4. Modelos identificados en el Test inicial – Ondas en el agua	35
Tabla 5. Modelos identificados en el Test inicial – Ondas sonoras	36
Tabla 6. Modelos identificados en el Test inicial – Ondas lumínicas	37
Tabla 7. Modelos identificados en el Test inicial – Ondas de radio	37
Tabla 8. Tabulación cuantitativa del Test inicial – Individual y situaciones	38
Tabla 9. Tabulación cuantitativa del Test inicial – Global	39
Tabla 10. Proceso de construcción de un tópico generador	40
Tabla 11. Correlación entre las preguntas de los Instrumentos 2 y 4	45
Tabla 12. Tabulación cuantitativa del Test final	46
Tabla 13. Tabulación cuantitativa del Test final – Global	47
Tabla 14. Correlación de los instrumentos sobre “ondas en el agua”	48
Tabla 15. Correlación de los instrumentos sobre “ondas sonoras”	49
Tabla 16. Correlación de los instrumentos sobre “ondas lumínicas”	51
Tabla 17. Correlación de los instrumentos sobre “ondas de radio”	52
Tabla 18. Ideas de sentido común sobre las ondas en el agua	55
Tabla 19. Ideas de sentido común sobre las ondas sonoras	55
Tabla 20. Ideas de sentido común sobre las ondas lumínicas	57

Tabla 21. Ideas de sentido común sobre las ondas de radio	57
Tabla 22. Efectividad total de las respuestas del Test inicial	57
Tabla 23. Efectividad en las respuestas individuales - Test inicial	58
Tabla 24. Efectividad parcial en el Test inicial – Ondas en el agua	59
Tabla 25. Efectividad parcial en el Test inicial – Ondas sonoras	59
Tabla 26. Efectividad parcial en el Test inicial – Ondas lumínicas	59
Tabla 27. Efectividad parcial en el Test inicial – Ondas de radio	59
Tabla 28. Frecuencia de modelos de ondas en el agua en el Test inicial	60
Tabla 29. Frecuencia de modelos de ondas sonoras en el Test inicial	61
Tabla 30. Frecuencia de modelos de ondas lumínicas en el Test inicial	62
Tabla 31. Frecuencia de modelos de ondas de radio en el Test inicial	63
Tabla 32. Efectividad total de las respuestas del Test final	65
Tabla 33. Efectividad por situaciones en el Test final – Ondas en el agua	65
Tabla 34. Efectividad por situaciones en el Test final – Ondas sonoras	66
Tabla 35. Argumentos erróneos sobre naturaleza de ondas en el agua	66
Tabla 36. Argumentos erróneos sobre propagación de ondas en el agua	67
Tabla 37. Efectividad por situaciones en el Test final – Ondas lumínicas	68
Tabla 38. Efectividad por situaciones en el Test final – Ondas de radio	68
Tabla 39. Modelos dominantes de ondas en el agua en el Test final	69
Tabla 40. Modelos dominantes de ondas sonoras en el Test final	69
Tabla 41. Modelos dominantes de ondas lumínicas en el Test final	70
Tabla 42. Modelos dominantes de ondas de radio en el Test final	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. El iceberg de las concepciones	17
Figura 2. Explorador de modelos - Situación 1: Ondas en el agua	22
Figura 3. Ondas en el agua según Karen.	24
Figura 4. Ondas en el agua según Jenny	24
Figura 5. Ondas en el agua según Jonathan	26
Figura 6. Ondas en el agua según Jorge	26
Figura 7. Situación 1 – Ondas en el agua	31
Figura 8. Situación 2 – Ondas sonoras	32
Figura 9. Situación 3 – Ondas lumínicas	33
Figura 10. Situación 4 – Ondas de radio	34
Figura 11. Tópico generador para ondas en el agua	41
Figura 12. Tópico generador para ondas sonoras	42
Figura 13. Tópico generador para ondas lumínicas	42
Figura 14. Tópico generador para ondas de radio	42
Figura 15. Test final – Situación 2 – Ondas en el agua	44
Figura 16. Test final – Situación 2 – Ondas sonoras	44
Figura 17. Test final – Situación 3 – Ondas lumínicas	44
Figura 18. Test final – Situación 4 – Ondas de radio	44
Figura 19. Ficha para recordar las respuestas	53

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Instrumento 1-1. Explorador de modelos – ondas en el agua	82
Anexo B. Instrumento 1-2. Explorador de modelos – ondas sonoras	83
Anexo C. Instrumento 1-3. Explorador de modelos – ondas lumínicas	84
Anexo D. Instrumento 1-4. Explorador de modelos – ondas de radio	85
Anexo E. Instrumento 2. Test inicial	86
Anexo F. Instrumento 3-1. Tópico generador – ondas en el agua	88
Anexo G. Instrumento 3-2. Tópico generador – ondas sonoras	89
Anexo H. Instrumento 3-3. Tópico generador – ondas lumínicas	90
Anexo I. Instrumento 3-4. Tópico generador – ondas de radio	91
Anexo J. Instrumento 4-1. Test final – ondas en el agua	92
Anexo K. Instrumento 4-2. Test final – ondas sonoras	93
Anexo L. Instrumento 4-3. Test final – ondas lumínicas	94
Anexo M. Instrumento 4-4. Test final – Ondas de radio	95

1. INTRODUCCIÓN

Se puede hablar de dos grandes paradigmas museísticos contradictorios, no complementarios, uno centrado en las exhibiciones y otro centrado en los visitantes. El primero gira en torno a los objetos, su consecución, estudio, conservación y montaje, con énfasis en los aspectos técnicos y estéticos de la colección. El otro gira en torno a los usuarios del museo, sus necesidades de comprensión y expectativas de recreación, con énfasis en los aspectos pedagógicos y lúdicos. Son como los sistemas geocéntricos y heliocéntricos, que pueden contener los mismos elementos, parecerse en muchas relaciones, pero sus estructuras son totalmente diferentes.

La propuesta que surge de la presente investigación se articula al trabajo original de diseño del «*Parque Interactivo de Ciencia y Tecnología de Bucaramanga Neomundo*», en el cual en sus inicios participaron desinteresadamente académicos de la región, particularmente de la Universidad Industrial de Santander y la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Se propone dar continuidad a ese diseño para hacer operativos los ideales de aprendizaje constructivista e interactividad museística, esto es, que la visita a Neomundo se pueda convertir en un espacio-tiempo, donde el propio visitante aprenda sobre ciencia y tecnología actuando sobre dispositivos que aplican y evidencian principios científicos y tecnológicos.

La “Propuesta museográfica constructivista dirigida a los estudiantes de octavo grado de educación básica que visiten el «*Parque interactivo de ciencia y tecnología Neomundo*»” ofrece una metodología de preparación de una visita orientada en el marco teórico de la “investigación acción”, generalizable a estudiantes de otros grados y a otros museos. En ella se parte del mapa conceptual sobre el cual se diseñó la *sala Señales*¹; de allí se retoma el mentefacto (análisis del concepto) de “Onda” y, entonces, se procede a construir una metodología que permite identificar y categorizar modelos e inferir las concepciones del grupo de estudiantes sobre dicho concepto. La metodología diseñada concluye con una evaluación que permite la contrastación entre las concepciones iniciales y las concepciones conseguidas al final del proceso.

De este modo se contribuye en el proceso educativo de Neomundo pues, además de exhibiciones, se ofrecen procesos pedagógicos que a su vez dan a los

¹ La sala Señales en el diseño original era llamada “Sala de Comunicaciones, Computación y Control” y está dedicada precisamente a los fundamentos y los medios de la comunicación, la computación y la automatización de procesos (robótica).

maestros elementos que permiten el conocimiento del pensamiento de sus estudiantes y a éstos una participación mayor en la gestión de su aprendizaje.

1.1 CONTEXTO

Desde diciembre de 1999 se viene gestando y construyendo el «*Parque Interactivo de Ciencia y Tecnología de Bucaramanga Neomundo*». El plan original previó tres etapas de construcción, cada una de ellas con su respectiva fase de biodiversidad: la primera etapa contiene el “*Centro Interactivo*” propiamente dicho, formado principalmente por cuatro salas interactivas; la segunda etapa contempla otras salas y espacios arquitectónicos como planetario, cine, observatorio, laserium, restaurante y cafetería, zoo-túnel de hormigas, plaza-escultura y pabellón del petróleo; la tercera etapa pretende integrar a Neomundo la zona boscosa bajo el puente La Flora (fuertemente afectada por la construcción de una vía vehicular) mediante un puente peatonal y sillas-cable.

El *Centro Interactivo*, inaugurado el 7 de diciembre de 2006, en un área construida de 13.000 m² comprende cuatro salas interactivas, un recinto de exposiciones itinerantes, aulas pedagógicas, aulas de ciencia y tecnología, centro de convenciones, restaurante-cafetería y parqueaderos.

Las cuatro salas interactivas de Neomundo son: Sala del ser humano y la salud, Sala infantil, Sala de energía y Sala de señales; por temporadas habrá exhibiciones en el recinto de exposiciones itinerantes. El propósito de las exhibiciones de estas salas es acercar a los visitantes de manera lúdica a los principios científicos y sus diferentes aplicaciones, relacionando los conceptos de ciencia y tecnología con sus vivencias cotidianas.

Las aulas pedagógicas buscan complementar la visita al área de exhibiciones, mediante actividades como conferencias, talleres de experimentación, talleres de expresión y creatividad y actividades de formación para guías y docentes.

Las aulas de ciencia y tecnología (dos salas Gali para básica primaria y una sala Galileo para básica secundaria) buscan favorecer las oportunidades de exploración en el saber tecnológico y desarrollar habilidades hacia la vida laboral de los niños y jóvenes de básica primaria y secundaria.

El centro de convenciones (concebido como auditorio multifuncional) tendrá capacidad para 400 personas.

Los objetivos del parque interactivo en su conjunto se presentan a modo de cuatro componentes , así:

- ❖ Un lugar mágico de ciencia, educación, cultura y diversión, que genera cambios positivos en la mentalidad, especialmente de los niños y jóvenes.
- ❖ Un complemento de la educación formal, a través de la integración de las ciencias básicas y aplicadas.
- ❖ Un sitio de encuentro y compenetración del hombre con la biodiversidad.
- ❖ Una herramienta para potenciar las capacidades intelectuales y humanas de la comunidad.

Estos buenos propósitos de Neomundo requieren de propuestas pedagógicas que ayuden a lograr la viabilidad de estos objetivos.

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué propuesta museográfica debe hacer el «*Parque Interactivo de Ciencia y Tecnología de Bucaramanga Neomundo*» a un grupo de visitantes, estudiantes de octavo grado de educación básica, que les permita identificar sus modelos mentales sobre el concepto de “onda” y así cuestionarse y mejorar sus concepciones personales sobre dicho concepto?

El «*Parque Interactivo de Ciencia y Tecnología de Bucaramanga Neomundo*», pertenece a un tipo de museos llamados “interactivos” porque presentan exhibiciones diseñadas intencionalmente para que los visitantes toquen, curioseen, jueguen, manipulen, huelan, etc. Por ejemplo, un lema de Maloka es “prohibido no tocar”. La labor de divulgación de la ciencia y la tecnología se realiza de modo lúdico y en contacto directo con los objetos exhibidos.

Los modelos pedagógicos de los museos interactivos pueden definirse como “constructivistas” cuando los visitantes *“construyen conocimiento mientras aprenden, lo reorganizan constantemente y crean tanto comprensión como habilidad de aprender mientras interactúan con el entorno”*². Los museos interactivos presentan sus contenidos en función de las necesidades educativas de los visitantes y diseñan sus programas educativos de manera flexible para permitirle al visitante optar entre diversos recorridos, modalidades y medios para conseguir la información. En Colombia son de este tipo Maloka y el Museo de la Ciencia y el Juego en Bogotá, el Museo Interactivo EPM en Medellín y desde el 7 de diciembre de 2006 Neomundo en Bucaramanga.

Un museo interactivo diseña y pone en escena diversos guiones museográficos para involucrar a sus visitantes en lo que Maloka llama “una fascinante aventura

² HEIN, George E. El museo constructivista. En, *The educational role of the museum*. Editado por Eileen Hooper Greenhill. Segunda edición. Routledge. Londres. 1999. Traducción y adaptación de Daniel Castro Benítez. Disponible en: http://www.banrep.gov.co/museo/ceca/ceca_art005.html

por el conocimiento”. Como ejemplo de esos guiones museográficos se podrían citar las “Temporadas de Maloka” como “Exploración Egipto”, “Biomaloka06”, “Maloka Cósmica 2007”, etc.

El problema reside en que las exhibiciones y los guiones museográficos por sí mismos no proporcionan la interactividad entre el visitante y el fenómeno que se exhibe, ni viabilizan la construcción de conceptos por parte de los visitantes.

Hay que darle la palabra al usuario del museo, estimularle a que lo convierta en su casa de estudio, enseñarle a aprender por sí mismo creando interrogantes, utilizando al máximo las exhibiciones y las infografías³ y estimularle en la búsqueda de información pertinente pero sin convertir su visita a “Neomundo” en una tarea escolar tradicional. Se ha visto en Neomundo cómo los guías universitarios “dictan cátedra”, haciendo prolijas explicaciones a los boquiabiertos visitantes, lo que en algunas oportunidades se asemeja a las clases tradicionales presenciales del colegio o se transforma en juego no educativo.

Se requiere de una propuesta pedagógica que ayude a combinar la aventura de la interactividad (experimentar activamente los fenómenos que se representan en una exhibición) y el aprendizaje de conceptos científicos (los cuales no se “imprimen” o “depositan” sino que se construyen en la conciencia). Esta propuesta, por su misma novedad y complejidad, es ajena a los estudiantes y aún a los guías del museo interactivo, puesto que la rigidez de los museos tradicionales con sus vitrinas intocables y el sermoneo de los guías, más el tímido silencio y la toma mecánica de apuntes de los estudiantes, son hábitos muy enraizados en la cultura museística y escolar.

Por ello se plantea la necesidad de que Neomundo construya una propuesta museográfica que les permita a los visitantes estudiantes de educación básica, identificar, cuestionarse y reconstruir sus concepciones sobre un concepto específico de ciencia y tecnología que estén estudiando. La experiencia se realiza con un grupo de octavo, quienes trabajan el concepto de onda en ese grado. Es pertinente porque los estudiantes deben ser tenidos en cuenta en la construcción de su conocimiento, los museos de la ciudad pueden participar más activamente en la formación de los niños y jóvenes, y a las instituciones educativas les gustaría beneficiarse de propuestas pedagógicas que favorezcan la socialización de la ciencia, como una forma de contribuir con la construcción de la sociedad del conocimiento.

³ La “infografía” es una forma de representación visual-verbal de un proceso (binomio imagen-texto); su lenguaje por tanto es icónico y conjuga el carácter analítico del lenguaje verbal y el carácter sintético de la imagen.

Esta experiencia en Neomundo, a su vez, puede constituirse en ejemplo para otros museos e incentivo para que las instituciones educativas aprovechen más los espacios culturales que ofrece la ciudad.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y aplicar una propuesta pedagógica para la visita al Parque Interactivo de Ciencia y Tecnología de Bucaramanga Neomundo, de un grupo de estudiantes de octavo grado con el fin de propiciar un cambio de sus concepciones personales sobre el concepto de onda.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Identificar y categorizar los modelos que los estudiantes de octavo grado tienen sobre el concepto de onda, mediante la elaboración y aplicación de un diagnóstico en el aula.
- ❖ Inferir las concepciones personales de los estudiantes sobre el concepto de onda y propiciar un proceso de cuestionamiento y mejoramiento mediante la creación y aplicación de tópicos generadores.
- ❖ Contribuir en la evolución de las concepciones personales de los estudiantes sobre el concepto de onda con una visita mediada a la sala “Señales” del museo interactivo Neomundo.
- ❖ Contrastar los modelos que inicialmente tenían los estudiantes con los nuevos modelos después de la preparación y la visita y así apreciar la evolución de sus concepciones personales.

1.5 DISEÑO METODOLÓGICO

El presente trabajo, enmarcado en la metodología de investigación acción, se caracteriza como una investigación de aula que involucra el conocimiento teórico del concepto de ondas y su relación con determinados contextos con la pretensión de resolver un problema de enseñanza-aprendizaje en un grupo de clase particular con la participación activa de los estudiantes y del maestro investigador.

1.5.1 Método de investigación. El método empleado ha sido deductivo-inductivo. Como forma de razonamiento, el método deductivo toma unas aseveraciones generales y las comprueba, deduce de ellas conclusiones que se confrontan con hechos o se aplican en situaciones particulares; en este trabajo los modelos teóricos propuestos por Carlos Eduardo Vasco y Hernán Escobedo por una parte^{*}, y André Giordan y Gérard de Vecchi por otra^{**}, se han aplicado en la exploración y comprensión de las concepciones de los estudiantes. Como forma de razonamiento, el método inductivo hace posible el paso de los hechos singulares a los principios generales; en este trabajo el diseño de los instrumentos ha sido el resultado de varias tentativas y la reflexión sobre los errores y aciertos que permite validarlos para decantar una experiencia generalizable.

1.5.2 Población. La experiencia se realiza con estudiantes del grado octavo de educación básica, de la jornada de la mañana del Instituto Rafael Pombo de Floridablanca en los años 2005, 2006 y 2007.

1.5.3 Muestra. Es intencional en tanto el investigador conoce los individuos de la muestra, la totalidad de los estudiantes del grado octavo dos (8-02).

1.5.4 Secuencia de la investigación. En la fase de diseño de las salas interactivas de Neomundo, un equipo de académicos había realizado un trabajo simultáneo de elaboración de mapas conceptuales y mentefactos conceptuales para generar los contenidos de cada sala y sus respectivos núcleos temáticos.

A partir de lluvias de ideas, el equipo de Neomundo hizo una primera gran división de las salas en temas como los niños (sala infantil), la salud y el hombre (sala del ser humano y la salud), las ciencias básicas (sala de la energía y el movimiento), las comunicaciones, los computadores y la robótica (sala de transmisión de señales) y la sala del petróleo y el gas. Las redes de conceptos que de allí salieron destacaron ciertos nodos que formarían las sub-áreas temáticas de cada sala.

Los conceptos involucrados dentro de cada sala se desarrollaron como mentefactos conceptuales y sirvieron de base para la definición y el diseño de las exhibiciones. Todos esos documentos son patrimonio intelectual de Neomundo.

* Carlos Eduardo Vasco Uribe y Hernán Escobedo David hacen parte de una comunidad académica que investiga sobre integración curricular en Bogotá; junto con Teresa León y Juan Carlos Negret participaron en la Misión Ciencia, Educación y Desarrollo en 1995.

** André Giordan y Gérard de Vecchi trabajan en el Laboratorio de Didáctica y Epistemología de las Ciencias de la Universidad de Ginebra, Suiza.

Con base en esa experiencia vivida se tejió el presente proyecto de investigación. Se escogió la *sala Señales* por ser la más cercana a la formación del investigador; se escogió el nodo de comunicación por ser el de más amplio manejo entre los maestros del colegio donde se haría la investigación, y se tomó el concepto de onda por ser básico, y de difícil comprensión para los estudiantes.

Una vez aprobado el anteproyecto, se realizó un diagnóstico con un grupo de estudiantes de octavo grado del año 2005, centrado en su conocimiento, dificultades y expectativas en torno a los museos. Con los maestros se intentó evaluar el potencial de aprendizaje que ofrecían las distintas exhibiciones de la *sala Señales*.

Durante el año de 2006 se trabaja con un grupo de estudiantes de octavo grado en la planeación, elaboración y puesta a prueba, de diversos instrumentos articulados entre sí, que permiten “desequilibrar cognitivamente” a los estudiantes y de manera simultánea conocer sus “concepciones personales” sobre el concepto de onda. Fue un proceso de permanente re-elaboración y correlación en el cual se fueron afinando los conceptos y la misma metodología.

Finalmente, se aplicó a un nuevo grupo de octavo grado, en el año 2007, primero el explorador de modelos y el test diagnóstico inicial, luego los tópicos generadores y por último el test de evaluación final, que constituyen la propuesta definitiva. Ver Tabla 1: Secuencia de los instrumentos de la investigación.

Tabla 1. Secuencia de los instrumentos de la investigación

Instrumentos ya existentes cuando se inicia la investigación:

INSTRUMENTOS	Función	Correlación
1. Mapa conceptual de la sala	Representa los nodos temáticos que dan origen a las sub-áreas temáticas de cada sala y los conceptos nucleares que han dado origen a las exhibiciones.	En la <i>sala “Señales”</i> se presentan tres grandes nodos: Comunicación, Computación y Control. Del nodo “Comunicación” se extrajo el concepto de “ondas”
2. Mentefactos de la sala	Representa en un esquema en cruz la perspectiva de un concepto: qué macro-concepto lo incluye y a cuáles sub-conceptos comprende, cuáles son sus notas esenciales y qué debe excluirse de esa perspectiva.	El concepto “onda” comprende los sub-conceptos de “medio de propagación” y “modo de perturbación”. Del primero surgen “onda mecánica y onda electromagnética” y del segundo “onda longitudinal y onda transversal”

Instrumentos desarrollados durante esta investigación:

INSTRUMENTOS	Función	Correlación
<p>3. Explorador de modelos</p>	<p>Registra las representaciones pictóricas y verbales de los estudiantes sobre fenómenos de la vida diaria (situaciones problema), relacionados con algún concepto desarrollado en la sala.</p>	<p>Se emplean cuatro situaciones problema: ondas en el agua, ondas sonoras, ondas de luz y ondas de un celular. Su tabulación ofrece conjuntos de ideas previas (modelos), a los cuales subyacen concepciones.</p>
<p>4. Test inicial</p>	<p>Las ideas previas más frecuentes sugieren modelos; éstos son convertidos en preguntas para delinear las concepciones que se tienen sobre las situaciones problema.</p>	<p>Se extraen tres categorías: tipo de energía, medio o modo de propagación, y causa de su desvanecimiento. Su tabulación ofrece unas posibles concepciones sobre esos fenómenos.</p>
<p>5. Tópicos generadores</p>	<p>Se plantean cuatro preguntas-problema (tópicos generadores) en sendas guías; cada uno se acompaña de una exhibición de Neomundo, unas preguntas orientadoras y unas actividades para la elaboración de conceptos.</p>	<p>El tópico cuestiona las concepciones sobre el fenómeno estudiado y las preguntas orientadoras contribuyen al análisis de los factores involucrados en las concepciones: Marco de referencia, Operaciones mentales, Relaciones semánticas, Significantes.</p>
<p>6. Test final</p>	<p>Se plantean las preguntas del Test diagnóstico inicial, pero con distinta redacción y en el formato de Falso-Verdadero con argumentación.</p>	<p>La precisión de las respuestas y la calidad de los argumentos (no-pertinente; pertinente anecdótico; pertinente fundamentado) indican cambios en las concepciones.</p>

2. REFERENTES TEÓRICOS

Un museo interactivo de ciencia y tecnología está diseñado para que los visitantes interactúen con las exhibiciones. Generalmente las exhibiciones son modelos de objetos tecnológicos y procesos naturales o sociales. El visitante interactúa con un modelo, no con el fenómeno mismo.

El modelo que aparece a la vista del visitante puede ser un aparato, una imagen icónica/textual, un dispositivo audiovisual o multimedia o un software de computador. Dicho modelo representa de forma simplificada y comprensible a otro fenómeno mucho más complejo, gracias a determinadas relaciones de modelación. *“Un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica”⁴.*

Entre el modelo y el fenómeno modelado se establece una relación de modelación que puede ser:

- ❖ Iconográfica: cuando se asemejan las propiedades morfológicas del objeto modelo y del objeto modelado; por ejemplo, un automóvil exhibido del que sólo importa que tenga esa apariencia y su masa, aunque no encienda ni ruede; también puede serlo una maqueta.
- ❖ Analógica: cuando se asemejan la estructura del objeto modelo y del objeto modelado, así no haya un parecido exterior; ello implica hacer convenciones explícitas, como en los mapas; otro ejemplo puede ser la representación de la corriente eléctrica mediante conductos de agua coloreada.
- ❖ Simbólica: cuando se abstraen atributos del objeto modelado mediante códigos matemáticos y se construye un nuevo objeto con esos atributos geométricos, estadísticos, algebraicos, etc.; por ejemplo, los planos arquitectónicos, las fórmulas químicas, las ecuaciones, etc.

La interacción con modelos tiene sentido pedagógico en la medida que se comprenda la relación de modelación y ello conduzca a comprender el discurso científico.

El discurso científico es una construcción racional que las comunidades académicas desarrollan en relación indirecta con el mundo físico; la geometría y la

⁴ FELICÍSIMO, Ángel Manuel. Curso de modelos digitales del terreno. Tema 1. Disponible en: www.etsimo.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_1.pdf

cuantificación del espacio-tiempo para construir “hechos” objetivos y luego el manejo de esos hechos mediante el álgebra y el cálculo, o mediante la inducción, la deducción y la abducción, han permitido objetivar la naturaleza y así crear un mundo simbólico relativamente autónomo. La validez de ese discurso científico se alcanza por dos vías: su verificación en el mundo físico y, lo que es más frecuente, su coherencia interna y sus correlaciones en el mundo simbólico de la teoría.

La ciencia se convierte así en un mundo aparentemente más verdadero que el mismo mundo físico. Se vuelve creíble lo que esté avalado por las academias. Los medios de comunicación y los sistemas educativos le rinden culto a la ciencia. Con el advenimiento de la modernidad, el ser humano deja de vivir inmerso en la naturaleza, se separa de ella y la domina sistemáticamente. Él mismo deja de ser naturaleza y se convierte en razón, construyendo conceptualmente la naturaleza en disciplinas como la biología, la química, la física, etc.

Aparecen así dos mundos humano-sociales que, debiendo estar interconectados, se hacen extraños el uno del otro: el mundo de la academia y el mundo de la vida.

El filósofo alemán Edmund Husserl propone que «*el mundo de la vida*» es el lugar donde se hace plena la existencia humana, donde surgen y adquieren sentido todas las idealizaciones dado que se caracteriza por su real experimentalismo⁵. Es el mundo de las evidencias originarias, puramente intuitivo, que incluye la totalidad de las cosas vividas, percibidas, pero también evocadas, soñadas, inventadas, etc. Para Husserl, el mundo de la vida es el soporte fundamental de la actividad de significación, imprescindible para la percepción misma.

En consecuencia la ciencia, el «*mundo de la academia*», se asentaría sobre el «*mundo de la vida*» definido por Husserl, por su carácter primigenio; allí encontraría su origen el discurso científico y sería el único a partir del cual la teoría obtiene su inteligibilidad.

Muchos problemas surgen por la separación existente entre el originario mundo de la vida y el mundo de la academia. Esos problemas vienen a constituir la razón de ser del «*mundo de la educación*», una especie de puente que debería garantizar el acceso entre la vida y la academia. No es solamente un problema de complejidad sino también de “encubrimiento”. La ciencia, al tiempo que “descubre” la naturaleza objetivándola, convirtiéndola en mundo simbólico, también “encubre” su carácter foráneo respecto del mundo de la vida y aparenta ser más real que lo real. Para situar esta separación es pertinente hacer una diferenciación epistemológica: lo real y la realidad.

⁵ GARCÍA VALENCIA, Alejandro David. Fenomenología y mundo de la vida. En, Revista de ciencias humanas No. 25, Universidad Tecnológica de Pereira, 2000. Disponible en: <http://www.utp.edu.co/~chumanas/revistas/revistas/rev25/garcia.htm>

2.1 LO REAL Y LA REALIDAD

En la vida cotidiana los conceptos de “real” y “realidad” son asumidos como si fueran sinónimos. En este escenario teórico no es así. Aquí lo real es todo lo existente, lo que es; en filosofía se le califica como “lo dado”. Y la realidad, siendo parte de lo real, no está dada, es una construcción humana histórico-social; el humano construye la realidad. Así como el rey Midas de la leyenda convertía en oro lo que tocaba, el humano actúa sobre lo real “humanando” lo que aborda, transformando y recreando lo que pasa por sus sentidos y su mente.

Lo real es totalidad, es decir, no está fragmentado en partes. Lo real es dinámico, se halla en permanente transformación con diferentes ritmos: por ello se dice que lo real está constituido, en esencia, por procesos, es decir, por cambios que ocurren a través del tiempo. Lo real es complejo, es un “tejido” denso, multinivel, de macroprocesos, procesos y subprocesos de diferentes naturalezas que se interrelacionan de múltiples maneras.

Por otro lado la realidad, esa construcción humana histórico-social, es parte inseparable de lo real y, como tal, también es totalidad, dinámica y compleja. El individuo construye su realidad individual y en esa construcción entran los demás; también los grupos construyen su realidad grupal y en esa construcción entran los miembros del grupo más el entorno social más amplio; y así sucesivamente, sin que esas realidades particulares, específicas, constituyan universos autónomos.

La humanidad, en tanto construye la realidad humano-social, está en posibilidad de conocerla. Como la realidad es parte inseparable de lo real, el conocimiento de la realidad le permite al humano acercarse al conocimiento de lo real. Pero cualquier realidad específica no es exactamente lo real.

La realidad es analizable, modelable y susceptible de ser ordenada. Se la aborda de manera unilateral, fragmentada, parcial, pero en sus divisiones se revela la totalidad. Está constituida por diversos mundos, cada uno con sus propias claves de acceso; pasar de un mundo a otro obliga a aprender sus reglas de juego. Aquí se explicitan sólo el mundo de la vida, el mundo de la educación y el mundo de la academia y cómo se pueden conciliar en una propuesta museográfica.

2.2 LOS CAMPOS DE SABER

La producción de conocimiento se da en tres niveles diferentes que son: el nivel asistemático en el “*mundo de la vida*”, el nivel de sistematización pedagógica en el

“mundo de la educación” y el nivel de los campos disciplinares en el *“mundo académico”*. Según Carlos Eduardo Vasco Uribe⁶:

- ❖ El nivel del *“mundo de la vida”* es el de las representaciones comunes y espontáneas de la vida cotidiana con sus necesidades y prácticas utilitarias inmediatas. Sus prácticas y concepciones son relativamente poco articuladas y poco coherentes (asistemáticas).
- ❖ El nivel del *“mundo de la educación”* involucra tres sub-niveles: las prácticas formativas (esfuerzos de pre-sistematización), la educación propiamente dicha (sistematización pedagógica) y la formación (auto-educación).
- ❖ El nivel del *“mundo académico”* relativo a la constitución de los campos disciplinares (prácticas y concepciones sistematizadas). Vasco distingue en este nivel dos tipos de concepciones: las concepciones pragmáticas (ligadas a las prácticas) y las concepciones teóricas (resultado de la reflexión explícita de las prácticas y sus concepciones pragmáticas). Las concepciones pragmáticas siguen siendo las dominantes en el momento de tomar decisiones didácticas, y tardan muchos años en ser modificadas masivamente por las concepciones teóricas y las teorías.

El mundo de la vida, queda dicho, es el soporte fundamental y originario de cualquier nivel de producción de conocimiento y de sentido. Por ejemplo, un científico utiliza simultáneamente representaciones comunes, cotidianas, espontáneas y utilitarias y, al mismo tiempo, representaciones formales, objetivas, de los mismos fenómenos. En su trabajo académico predominan las representaciones formales, pero aún en medio de su actividad el referente principal, el más auténtico seguirá siendo el mundo de la vida.

El químico que, por ejemplo, emplea en el laboratorio H₂O, una sustancia polar que actúa como solvente universal y en medio de su trabajo bebe agua para calmar la sed, pasa rápidamente de un contexto simbólico a uno de experiencia; la evidencia primigenia la impone el mundo de la vida: nuestro mundo es acuoso, sin agua no existirían seres vivos, el agua apaga la sed, el placer de beber con sed es indescriptible. El mismo científico, en clase con sus estudiantes, ahora como maestro se enfrenta al problema de la comprensión: sabe que ellos conocen las propiedades químicas y físicas del agua, son hábiles en el uso del solvente pero aún así no armonizan sus creencias personales, sus conocimientos teóricos y sus experiencias cotidianas y escolares.

⁶ VASCO URIBE, Carlos Eduardo. Visión de conjunto de la pedagogía de las matemáticas como disciplina en formación. En, Matemáticas Enseñanza Universitaria. Revista de la Escuela Regional de Matemáticas. Vol. VII, No 1, Cali, Mayo 1998. p.82-83.

*“Llegar a comprender cómo enseñar para la comprensión es un proceso complejo”*⁷, se afirma en el proyecto de «Enseñanza para la comprensión». Los estudiantes comprenden mucho menos de lo que espera el maestro, no sólo se confunden y no interpretan correctamente sino que no hallan la conexión entre lo aprendido en la escuela y las actividades fuera de ella. La comprensión podría definirse como capacidad y habilidad de pensar y actuar flexiblemente con lo que uno sabe. Los conocimientos son información inmediatamente disponible; las habilidades son desempeños también disponibles de inmediato; pero la comprensión es la capacidad de resolver problemas inéditos en contextos nuevos, utilizando los conocimientos y habilidades que se tienen.

*Es importante tener en cuenta que el desarrollo de la comprensión es un proceso continuo. Esta idea suele oponerse a las nociones intuitivas de comprensión. En una charla informal con un amigo, cabe decir “¡Ahora lo entiendo!”; o decirnos a nosotros mismos: “¡Finalmente lo entendí!”, cuando un estudiante ha respondido correctamente a una pregunta en un debate en clase. Aunque, por cierto, se producen rupturas y súbitas iluminaciones a medida que desarrollamos la comprensión, prácticamente nadie llega al punto de entender todo cuanto hay que entender sobre un tópico dado, pues se suman tareas complejas que es preciso completar y cada vez son más las aplicaciones y conexiones que deben explorarse.*⁸

El concepto de comprensión permite explicar por qué el extrañamiento entre el mundo de la vida y el mundo de la academia tiene efectos tan discordantes como el estudiante de física que no sabe cómo instalar una nueva bombilla, el de química que envenena las aguas servidas, el de sociología que reniega de sus raíces étnicas o el de filosofía que consulta horóscopos. El extrañamiento alcanza su clímax en la desintegración de las dimensiones humanas, cuando van por una parte los conocimientos científicos y tecnológicos, por otra los intereses económicos y políticos, por otra los sentimientos hacia las personas y por otra las creencias éticas y religiosas.

Los diversos mundos en que vivimos no se integran fácil ni espontáneamente. Por eso es importante plantearse proyectos pedagógicos integradores, que hagan posible la interacción entre los distintos mundos que habitamos, la articulación de las distintas dimensiones humanas, teniendo como referente fundamental el mundo de la vida. Ese horizonte constituye la comprensión, siempre creciente y en construcción.

⁷ STONE WISKE, Martha (Compiladora). La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica. Buenos Aires: Paidós, 1999. p. 27. Véase un resumen en la Internet: <http://learnweb.harvard.edu/andes/tfu/index.cfm>

⁸ BLYTHE, Tina y colaboradores. La enseñanza para la comprensión. Guía para el docente. Buenos Aires: Paidós, 1999. p.39

2.3 EL PROBLEMA PEDAGÓGICO

En un museo interactivo se ofrece a los visitantes una serie de exhibiciones para que jueguen y curioseen; las exhibiciones se acompañan de distintos medios (videos, infografías, hologramas, etc.) que ofrecen textos e imágenes con información novedosa, curiosa y llamativa; a veces se emplean guías que describen con detalle el funcionamiento de cada exhibición y los principios científicos y tecnológicos que las sustentan. La idea fundamental del museo interactivo es acercar al visitante común y corriente a la ciencia y la tecnología por medio de exhibiciones y actividades sencillas y cotidianas, lúdicas, retadoras y actualizadas.

Pero se ha dicho que el mundo de la vida y el mundo de la academia no se integran fácil ni espontáneamente. Las exhibiciones de un museo interactivo pueden actuar como poderosísimas ayudas didácticas, pero no resuelven por sí solas los obstáculos que surgen en la cotidianidad de la enseñanza-aprendizaje.

En el caso de los estudiantes de educación básica secundaria, el maestro entra en conflicto con situaciones como éstas:

- ❖ El facilismo con que responden a un problema, generalmente con base en una observación superficial, sin atender a aspectos relevantes de la situación planteada.
- ❖ La mezcla indiferenciada de opiniones y creencias comunes en el medio social y familiar con las enseñanzas escolares.
- ❖ La mayor persistencia de las ideas de sentido común, algunas de ellas ajenas a las ideas enseñadas en clase.
- ❖ La inconsistencia entre las respuestas teóricas que han aprendido y las soluciones que presentan a problemas prácticos. Es frecuente también que se conozca un enunciado teórico y no se relacione con otros enunciados o con soluciones prácticas.
- ❖ La indiferencia frente a las contradicciones entre las distintas respuestas de sus compañeros o la incapacidad de contrastarlas con sus propias respuestas.

Esa disonancia entre lo enseñado, lo aprendido y lo aplicado y la persistencia de ideas discordantes con las pretensiones del sistema educativo, profundizaron los cuestionamientos a la enseñanza basada en la repetición y la memoria, propia

tanto de las pedagogías de origen escolástico como del conductismo de mediados del siglo XX.

Una de las diversas líneas de investigación pedagógica que se han desarrollado desde los años de 1970 se centra en el estudio de los conjuntos de ideas de sentido común que son persistentes en los aprendices, conjuntos a los cuales se ha llamado con diversos nombres, algunos peyorativos (concepciones erróneas, preconcepciones, errores conceptuales) y otros menos agresivos (ciencia intuitiva, teorías espontáneas, ciencia de los alumnos, concepciones espontáneas, ideas alternativas). Son investigadores que en su conjunto han renunciado a considerar al aprendiz como recipiente de conocimientos y reconocen la necesidad de tener en cuenta lo que el aprendiz sabe antes de enseñarle algo.

Aunque parezcan similares, esas denominaciones tienen diferencias importantes, pues algunas de ellas parten de la presunción de que existirían teorías falsas (las del sentido común) y teorías verdaderas (las del discurso científico) y que el papel del maestro sería controvertir las ideas falsas y orientar al aprendiz hacia el conocimiento verdadero, desde la concepción de que en algún sitio se hallaría oculta la verdad, la única verdad.

Una idea de sentido común puede ser verdadera o falsa en relación con el discurso científico de un determinado momento histórico y posteriormente cambiar de valor de verdad; una idea considerada verdadera en un contexto socio-cultural puede ser considerada falsa en otro. La cultura de cualquier pueblo tiene mayor o menor dinamismo pero jamás se estanca; igual sucede con la cultura científica.

Para André Giordan y Gérard de Vecchi, el aprendiz:

construye en el transcurso de su historia social, en el contacto con la enseñanza, y sobre todo a través de las informaciones de los medios de comunicación y las experiencias de la vida cotidiana, una estructura conceptual en la que se insertan y organizan los conocimientos de los que se apropia y las operaciones mentales que domina.⁹

El aprendiz, más que un receptor es también un constructor de conocimientos y en general de cultura. Las representaciones que tiene acerca del mundo son más que un legado de sus maestros, de los medios de comunicación o de su entorno social. Él es, además, coproductor de sus representaciones y en alguna medida también coproductor de las representaciones de su comunidad.

⁹ GIORDAN, André y DE VECCHI, Gérard. Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos. 2 ed. Sevilla: Díada, 1995. p. 88

Las ideas de sentido común, aunque sean “científicamente falsas”, constituyen herramientas funcionales para resolver problemas en el mundo de la vida (algunos remedios caseros pueden producir excelentes resultados, por ejemplo). Algunas explicaciones de sentido común pueden constituirse en obstáculo para acceder a la explicación científica de un fenómeno (como creer que toda fuerza implica movimiento), pero otras son un escalón imprescindible para comprender el discurso de las ciencias (pues son un referente irremplazable del mundo de la vida). Por lo general, las ideas de sentido común son inconexas, se contradicen unas a otras y son implícitas, tácitas; sin embargo, el hacerlas explícitas las expone a la crítica y las convierten en fuente riquísima de reflexión y punto de partida de la reflexión científica.

Las ideas de sentido común tienen una génesis tanto individual como social; es decir, son construcciones individuales pero entran a formar parte del acervo común y tienen más semejanzas que diferencias entre ellas, lo que permite hallar patrones, esquemas comunes para conjuntos de esas ideas. A esos patrones se les llama “concepciones personales”.

2.4 LAS CONCEPCIONES PERSONALES

Las concepciones personales se corresponden con el mundo de la vida, así como las teorías científicas se corresponden con el mundo de la academia. Una “concepción personal” espontánea, constituida por ideas de sentido común, puede evolucionar hasta convertirse en una “concepción científica” y seguirá siendo parte del mundo de la vida. En cambio, una “teoría científica” sólo puede existir en el mundo de la academia, en el discurso científico, gracias a la crítica. Si una teoría se vuelve refractaria a la crítica se convierte en parte del sentido común, es decir, en vulgarización del discurso científico. El sentido común sólo necesita creyentes; la teoría científica no puede existir sin la crítica.

Según Giordan y de Vecchi, la concepción personal es *“un conjunto de ideas coordinadas e imágenes coherentes, explicativas, utilizadas por las personas que aprenden, para razonar frente a situaciones-problema (...conjunto que...) traduce una estructura mental subyacente”*¹⁰ responsable de dicha representación. La concepción como totalidad es el elemento motor en la construcción del saber, ya ingenuo, ya científico.

Según los mismos autores, la representación es un “texto” complejo que integra elementos cognitivos, procedimentales y actitudinales enraizados en las dimensiones de la cultura y del ser humano: lo cognitivo, lo práxico y lo axiológico. Dicha representación es lo que aflora de una concepción, su manifestación a

¹⁰ *Ibíd.*, p.103

través de algunos lenguajes (oral, escrito, pictórico, gestual, simbólico, etc.) en determinados contextos en que adquiere sentido.

Cualquier sistema está constituido por unos componentes relacionados entre sí con una organización específica. Los componentes son menos abstractos que las relaciones, y la red de relaciones (estructura) es lo más abstracto y menos evidente del sistema. Para Giordan y de Vecchi, la concepción está en función del problema, el marco de referencia, las operaciones mentales, la red semántica y los significantes. Esta red de relaciones que subyace a una representación la representan de manera mnemotécnica así:

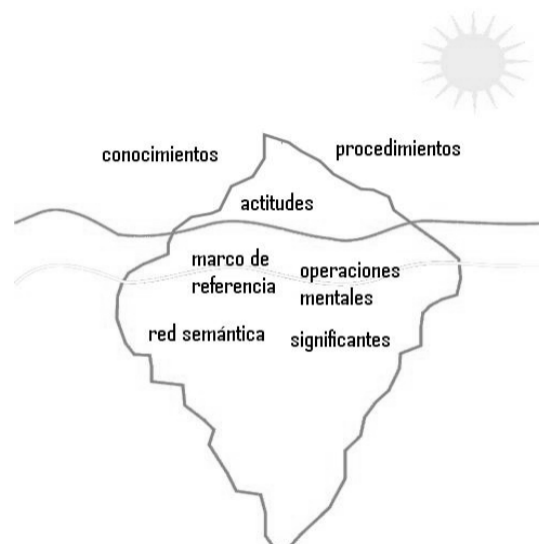
$$\text{CONCEPCIÓN} = f(\text{P, M, O, R, S})$$

(La concepción está en función del problema P, el marco de referencia M, las operaciones mentales O, la red semántica R y los significantes S)

Una concepción personal se activa frente a un problema, que hace de motor de la actividad intelectual; el individuo evoca un marco de referencia, es decir, conjuntos de información relacionados con el problema; realiza operaciones mentales con esa información; el marco de referencia y las operaciones mentales se dan en un proceso de producción de sentido, esto es, estableciendo diversas conexiones; y los lenguajes utilizados tienen diversos niveles de familiaridad, abstracción y complejidad, en consonancia con la totalidad de esa red de relaciones.

Giordan y de Vecchi han propuesto una metáfora para hacer más patentes las ideas anteriores: el iceberg de las concepciones, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. El iceberg de las concepciones



Las concepciones personales no son colecciones de información sino una especie de motor que, frente a un “problema”:

- ❖ Moviliza el “*marco de referencia*” individual, lo que Mauricio Pérez Abril llama enciclopedia¹¹ o puesta en escena de conocimientos de diversa procedencia para la realización de inferencias.
- ❖ Utiliza las “*operaciones mentales*” que haya adquirido el aprendiz, descritas por Reuven Feuerstein¹² como identificación, diferenciación, representación y transformación mental, comparación, clasificación, entre otras.
- ❖ Constituye “*redes semánticas*”, es decir, construye sentido.
- ❖ Actualiza “*significantes*” o lenguajes, esto es, actividades de codificación mediante las cuales una información de determinada naturaleza es puesta en relación con otras y expresada bajo una nueva forma.

Las concepciones personales, así, intervienen directamente en la interpretación de situaciones, la solución de problemas, la selección, interpretación y manejo de información, la integración de aprendizajes, en fin, la constitución de las realidades individuales.

La primera forma de imaginar las concepciones personales había sido considerarlas “cosas” estables (presaberes, ideas previas, concepciones erróneas) que existen en la mente de los aprendices y que debían ser conocidas al comienzo de la enseñanza para erradicarlas.

Una forma posterior de concebirlas fue considerarlas un todo estructurado, en proceso. Así, la representación no es ya un objeto intercambiable por otro que ofrezca el maestro, sino la manifestación de algo más profundo y dinámico que subyace y no puede suplantarse sino “hacerse evolucionar”. Puesto que una sola estrategia didáctica no es suficiente para transformar una concepción, la cual se moviliza en el contexto de una actividad elaboradora, el maestro tiene que dejar de ser un transmisor de conocimientos para convertirse en un animador del grupo de trabajo en el que debe incluirse él mismo.

Según Giordan y de Vecchi¹³ una representación es un modelo explicativo organizado, sencillo, lógico, utilizado a menudo por analogía. Los niños dominan cierto número de modelos de este tipo con los que interpretan su medio; mientras

¹¹ PÉREZ ABRIL, Mauricio. Leer y escribir en la escuela: algunos escenarios pedagógicos y didácticos para la reflexión. Bogotá: Icfes, 2003. p.42.

¹² MARTÍNEZ BELTRÁN, José María. La mediación en el proceso de aprendizaje. Madrid: Bruño, 1994. Véase un resumen en la Internet: http://www.uv.es/RELIEVE/v6n1/RELIEVEv6n1_1.htm

¹³ GIORDAN, André y DE VECCHI, Gérard. Op. Cit., p.106.

que, por otra parte, la estructura subyacente actualiza esa representación, se encarga de movilizar lo que se sabe y adaptarlo a la situación que se vive. Ello significa que las representaciones del aprendiz muestran apenas la superficie de una concepción y lo que dinamiza ese discurso se halla oculto, es más profundo. No habrá verdadera modificación de los conocimientos, los procedimientos y las actitudes de un aprendiz si se deja intacta la concepción en la cual se engarzan: recitará, procederá y actuará un discurso descreído, que pronto abandonará porque no satisface sus necesidades en el mundo de la vida.

Una concepción personal puede evolucionar al tiempo que se construyen conocimientos, procedimientos y actitudes. Evoluciona en un proceso formativo a través de las etapas del desarrollo mental hacia una conceptualización más avanzada, lo cual da origen, bien a una complejidad creciente de la argumentación, bien a un cambio de preocupación.

Las concepciones personales tienen una génesis tanto individual como social, doble carácter que explica su complejidad. El individuo construye su propia realidad, es decir, elabora física y mentalmente lo real haciéndolo suyo; la elaboración mental se efectúa...

*a partir de las informaciones que la persona recibe por medio de los sentidos, pero también por las relaciones que entabla con otros individuos o grupos, en el transcurso de su historia, y que permanecen grabadas en la memoria. Pero estas informaciones son codificadas, organizadas, categorizadas dentro de un sistema cognitivo global y coherente, de acuerdo con las preocupaciones y con los usos que de él hace cada persona.*¹⁴

Las concepciones, en tanto se hallan articuladas con las preocupaciones del mundo de la vida de los individuos, tienen cierto carácter global, integrado y no son exclusivas de determinados campos conceptuales; ellas forman un todo más o menos estructurado, con alguna lógica o coherencia interna. Ese carácter integrado hace posible que una misma concepción se active frente a problemas de diversos campos conceptuales y que los conocimientos asociados a determinada concepción se hallen disponibles en nuevos contextos. Sin embargo,

*la persona rara vez tiene conciencia de sus concepciones; es por ello muy difícil hacérselas expresar, sobre todo cuando se trata de "habilidades" habituales para él. Lo que comprende, lo que conoce, se presenta como una realidad familiar, que escapa de su control pues "es natural"; por tanto, no se lo cuestionará sino en contadas ocasiones, y no tratará de explicitar lo que no funciona*¹⁵

¹⁴ *Ibíd.*, p.110.

¹⁵ *Ibíd.*, p.115.

3. DISEÑO DE INSTRUMENTOS

Según los referentes teóricos de este trabajo, la producción de conocimiento puede oscilar entre el nivel asistemático del mundo de la vida (ideas de sentido común, integradas en concepciones) y el nivel sistemático del mundo de la academia (teorías científicas); en un nivel intermedio se ubican las pre-sistematizaciones y las sistematizaciones pedagógicas que realizan los maestros más la auto-educación, que se pueden dar en el mundo de la escuela. La diferencia específica de las teorías científicas es su temple en el crisol de la crítica, mientras las teorías cotidianas sólo necesitan que sus pensadores creen en ellas.

El papel del maestro y, por extensión, de la institución educativa y del museo interactivo en la formación de pensamiento científico y tecnológico, va más allá de la oferta de textos y disertaciones, infografías y dispositivos multimedia, laboratorios y objetos tecnológicos para que el aprendiz entre en contacto con esas expresiones y productos de la cultura occidental. Para romper el extrañamiento entre el mundo de la vida y el mundo de la ciencia y la tecnología, para activar las concepciones espontáneas y promover su desarrollo y complejidad, hay que realizar un amplio, laborioso y paulatino trabajo de sensibilización, auto-reconocimiento, adiestramiento y formación, como lo insinúa el presente trabajo, donde el espíritu de crítica debe ocupar un lugar primordial.

En esa perspectiva tiene sentido los siguientes cuatro instrumentos utilizados:

- ❖ **Explorador de modelos:** Las ideas de sentido común orientan las acciones de la vida cotidiana y, aunque la mayoría son científicamente falsas, proveen el sentido de realidad y le dan seguridad a la persona. Esas ideas no se cuestionan y ni siquiera se tiene conciencia de ellas, porque parecen evidentes y que no necesitan explicación. Hay que promover que se hagan explícitas las ideas de sentido común para convertirlas deliberadamente en objetos de crítica por parte de sus mismos pensadores. Con esta intención se ha elaborado el primer instrumento llamado “Explorador de modelos”.
- ❖ **Test inicial:** Las ideas de sentido común son ambiguas. Sirven para argumentar tesis opuestas e inclusive contradictorias y son parte inseparable de las concepciones personales, es decir, de esa manera individual de integrar, administrar y gestionar conocimiento. Una concepción no se identifica con sólo una representación, pues su estructura interna sólo se percibe intelectualmente al estudiar la red de relaciones entre el marco de referencia, las operaciones mentales, la red semántica y los significantes. Con la intención de hacer más explícitas y precisar esas relaciones se ha producido el segundo instrumento llamado “Test inicial”.

- ❖ **Tópicos generadores:** Una vez se han identificado las concepciones personales y se ha hecho consciencia de ellas, éstas se exponen a una revisión crítica, sin perder de vista que las concepciones evolucionan pero no son destruidas ni sustituidas. Una manera de exponer una concepción personal a la crítica es la «*Propuesta de integración curricular por tópicos generadores*». En ella se hace explícito un contexto sobre el cual se formula el tópico generador (pregunta-problema) acompañado de preguntas orientadoras y actividades integradas, en un proceso comunicativo de negociación cultural del saber. El tercer instrumento llamado “Tópicos generadores” requiere de un maestro con características de mediador.
- ❖ **Test final:** La visita al museo interactivo debe ser muy libre, con el acompañamiento del maestro en actitud de diálogo, sin imposición de tomar apuntes o recordar pasajes específicos. Al terminar la visita se aplica un cuarto instrumento, el “Test final”, un sencillo cuestionario de Falso-Verdadero para identificar modificaciones en las representaciones de las concepciones personales.

3.1 EXPLORADOR DE MODELOS – INSTRUMENTO 1

El primer instrumento está constituido por cuatro situaciones de la vida cotidiana, cada una de las cuales se presenta por medio de una breve instrucción y una imagen. Ver Figura 2: Explorador de modelos - Situación 1: Ondas en el agua. El instrumento completo se halla en los Anexos A a D.

Las tres primeras imágenes fueron tomadas de la obra de Virgilio Beltrán “Para atrapar un fotón”; dibujos realizados por Alberto García sobre diseños del autor.¹⁶ La cuarta imagen fue tomada de la página de Internet “Cómo funciona”¹⁷. Las cuatro instrucciones son las siguientes:

- ❖ En un estanque de aguas quietas donde flota un barquito de juguete, de pronto cae una bola de golf (pequeña y pesada) y se forman unas pequeñas ondas que se alejan del punto de caída. Dibuje y explique todo lo que ocurre.
- ❖ Una campana de bronce suena en el campanario de una iglesia. Dibuje y explique todo lo que ocurre.

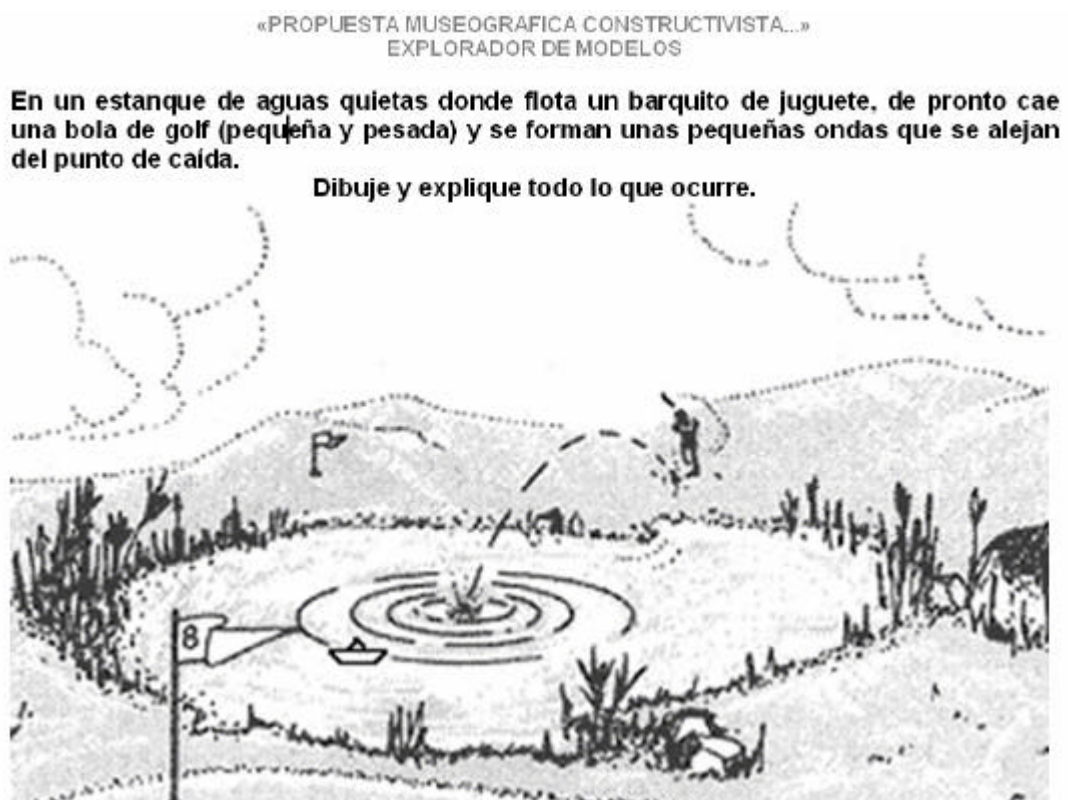
¹⁶ BELTRÁN V., Virgilio. Para atrapar un fotón. 1ª Reimpresión. México: FCE, 1995. Disponible en: <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/html/fisica.html>

¹⁷ Sala de Física. Cómo funciona. Disponible en: <http://br.geocities.com/saladefisica7/funciona/antena.htm>

- ❖ En una habitación cerrada hay una vela encendida. Dibuje y explique todo lo que ocurre.
- ❖ Dos personas se comunican por medio de teléfonos celulares. Dibuje y explique todo lo que ocurre.

Las instrucciones son amplias porque el objetivo del instrumento es permitir que los estudiantes expresen con sus propias palabras y dibujos cómo se representan la situación planteada en el enunciado. El humano percibe su entorno a través de modelos mentales; sólo percibe lo que ha modelado previamente. Con el instrumento se quiere identificar los elementos que concurren en la constitución de esos modelos mentales. En las hojas los estudiantes dejarán plasmados el vocabulario y algunas imágenes con que ellos operan y también las características que consideran relevantes, su valoración de los objetos, su modo de usarlos, sus actitudes frente a ellos, a veces su explicación del fenómeno.

Figura 2. Explorador de modelos - Situación 1: Ondas en el agua



El instrumento se interpreta como retícula de categorización de modelos (análisis cualitativo) para lo cual se transcriben los textos escritos por cada estudiante y se

utilizan las imágenes para interpretar con más fidelidad lo que haya querido decir. Esas frases expresan ideas de sentido común que se tienen sobre el fenómeno estudiado. Cuando es necesario, se recurre a la entrevista no estructurada para precisar qué quiso decir un estudiante.

Debajo de cada situación se han dibujado cuatro cuadros en blanco para que el estudiante dibuje y escriba. Después de responder las cuatro situaciones del primer instrumento, los estudiantes se reúnen en grupos para discutir las respuestas que dieron. Algunos estudiantes cambian de opinión pero en general se produce más definición en los modelos. A continuación se presenta el análisis de la primera situación.

3.1.1 Representaciones sobre ondas en el agua. Para la física, una onda es una perturbación que avanza en un medio físico (ondas mecánicas) o sin necesidad de un medio físico (ondas electromagnéticas).

Las ondas que se forman en un depósito de agua cuando se lanza un objeto se clasifican como ondas mecánicas, es decir, energía que avanza en forma de onda perturbando el medio acuoso. Según el tipo de movimiento, son ondas transversales porque la perturbación se produce en dirección perpendicular al avance de la onda (lo contrario de lo que sucede con el sonido, que son ondas longitudinales). La onda perturba las moléculas de agua, haciéndolas vibrar en dirección perpendicular al avance de la onda, pero la onda misma no transporta materia.

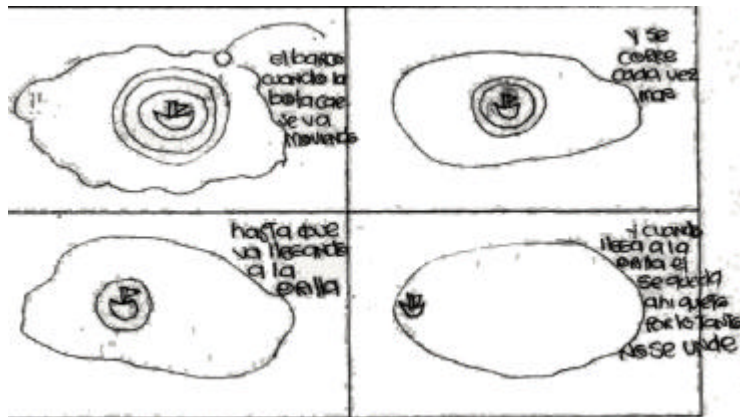
La energía de la onda es proporcionada por la energía cinética de la bola que cae; esa energía se transfiere, la mayor parte al agua, una parte al aire, dando origen a ondas mecánicas en ambos medios (agua y aire). Los movimientos del agua se pueden inferir de los movimientos del barquito.

Los siguientes son ejemplos de la información recogida con el Explorador de modelos (Ver Figura 2 : Explorador de modelos - Situación 1: Ondas en el agua).

Representación de Karen, de 15 años.

En el dibujo de Karen (Ver Figura 3: Ondas en el agua según Karen) se observa que las ondas mantienen al barco en su foco y disminuyen en número a medida que transcurre el tiempo; el foco de las ondas se mueve junto con el barco alejándose ambos del sitio donde cayó la bola. Se aprecia desplazamiento en función del tiempo, provocado por la onda; también hay debilitamiento de la onda en función del tiempo.

Figura 3. Ondas en el agua según Karen.



«El barco cuando la bola cae se va moviendo...

...y se corre cada vez más...

...hasta que va llegando a la orilla...

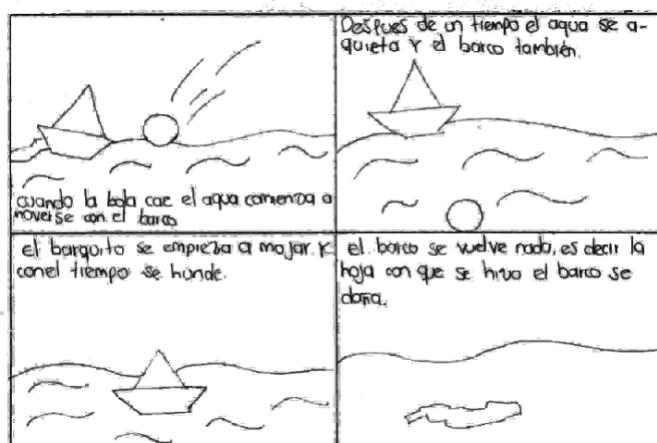
...y cuando llega a la orilla él se queda ahí quieto, por lo tanto no se hunde.»

El texto expresa su idea de sentido común: las ondas en el agua desplazan los objetos flotantes. Pero el dibujo no muestra las ondas concéntricas como las ilustran los demás, sino como una perturbación que rodea al barco y que se desplaza con él.

Representación de Jenny, de 12 años

En el dibujo de Jenny (Ver Figura 4: Ondas en el agua según Jenny) la bola mueve el agua y el barco se mueve, pero no se aprecia desplazamiento de éste. Tampoco se aprecian las ondas concéntricas que ilustran sus demás compañeros.

Figura 4. Ondas en el agua según Jenny



«Cuando la bola cae el agua comienza a moverse con el barco...

...Después de un tiempo el agua se a-quieta y el barco también...

...El barquito se empieza a mojar y con el tiempo se hunde...

...El barco se vuelve nada, es decir, la hoja con que se hizo el barco se hunde.»

Como el texto de Jenny no habla de desplazamiento sino de movimiento, se le entrevistó para precisar este punto. En la entrevista, Jenny precisa sus ideas sobre el problema:

Entrevistador: — Jenny, por aquí encuentro que me dices que la ola desplaza al barquito, o sea ¿el barquito se va hacia la orilla?

Jenny: — Yo opino que el barquito se va moviendo para arriba y para abajo, y que el agua lo va ayudando a que se vaya aquietando más, o sea que no se hunda.

Entrevistador: — ¿Pero él trata de irse hacia la orilla?

Jenny: — No.

Entrevistador: — ¿En ningún momento?

Jenny: — No.

Luego se le interroga sobre el origen de la energía de la ola:

Jenny: — Creo que es la energía cinética porque el movimiento de la ola es la que hace mover el barco.

Entrevistador: — ¿O sea que es debido únicamente a la bola?

Jenny: — A la bola.

Representación de Jonathan, de 15 años

En el dibujo de Jonathan (ver Figura 5: Ondas en el agua según Jonathan) la caída de la bola produce una onda concéntrica y ésta desplaza al barco. Las ondas se hacen más amplias a medida que pasa el tiempo. Sin embargo, lo que parece evidente podría esconder sorpresas, como se observa en esta entrevista a Jonathan:

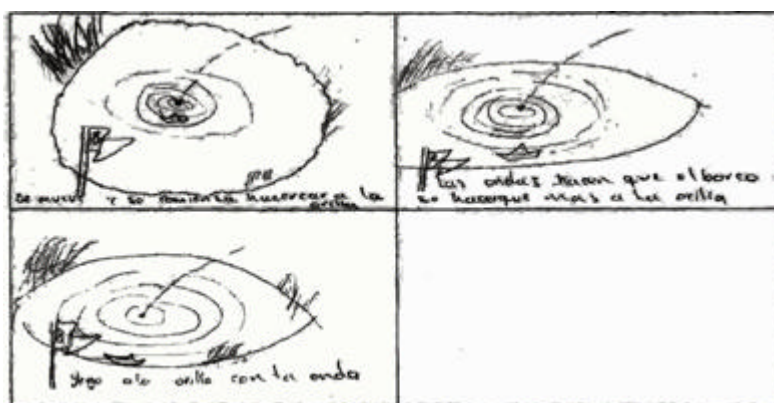
Entrevistador: — ¿Cuál es el origen de esas olas?

Jonathan: — Puede ser el viento porque cuando la piedra cae el viento puede ayudar a correr el agua.

Entrevistador: — O sea, ¿hay movimiento gracias al viento?

Jonathan: — Sí, puede ser, pero también al agua, está entre los dos, porque el viento puede ayudar a que el agua corra y se vaya expandiendo más.

Figura 5. Ondas en el agua según Jonathan



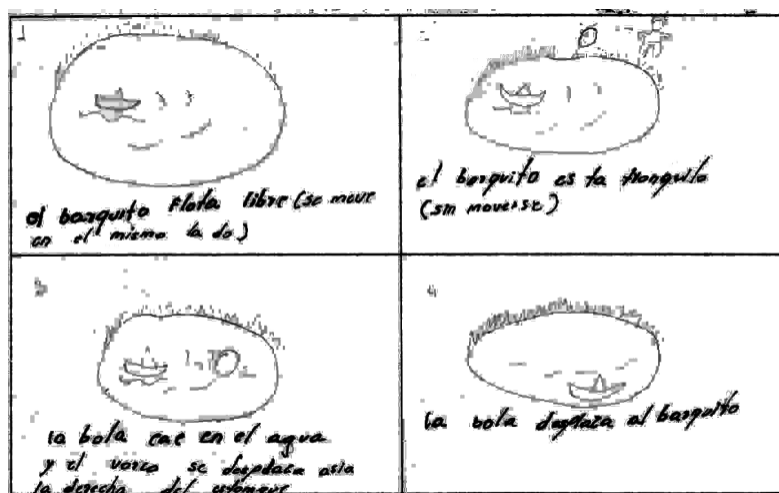
Se mueve y se comienza a acercar a la orilla...

...las ondas hacen que el barco se acerque más a la orilla...

...llegó a la orilla con la onda...

Representación de Jorge, de 14 años

Figura 6. Ondas en el agua según Jorge



El barquito flota libre (se mueve en el mismo lado)...

...el barquito está tranquilo (sin moverse)...

...la bola cae en el agua y el barco se desplaza a la derecha del estanque...

...la bola desplaza al barquito...

En el dibujo de Jorge (Ver Figura 6) no se aprecian las ondas concéntricas que dibujan los demás, sino unos surcos en el agua. El texto expresa la idea recurrente de que el barco es desplazado por la onda pero esta vez no se aleja del foco sino que parece desplazarse hacia el foco. Es decir, la onda atraería al barco en vez de alejarlo.

Para salir de dudas se entrevistó a Jorge.

Entrevistador: — ¿Qué es lo que genera las olas?

Jorge: — El viento viene con energía, con potencia y a lo que va con potencia va corriendo el barco o sea hace que las olas mismas lo corran. El aire levanta las olas y las olas corren al barco.

Entrevistador: — ¿Y la bola?

Cuando la bola cae al agua produce que las olas se abran, se desplacen y eso permite que el barco se transporte y se dirija hacia algún lugar.

3.1.2 Tabulación del Explorador de modelos - Instrumento 1. La información del instrumento es recogida en una tabla. Se transcribe íntegro el texto y se hace una breve síntesis del dibujo teniendo en cuenta la intención del estudiante. Véase la Tabla , como se aprecia en la Tabla 2: Tabulación del Explorador de modelos.

Los criterios más utilizados por los estudiantes son:

- ❖ Cómo se mueve el barco: se mueve sin desplazamiento / avanza en el sentido de la propagación / retrocede / se mueve y se desplaza .
- ❖ Qué le sucede al barco: se hunde / se voltea / no le pasa nada.
- ❖Cuál es la forma de la onda: concéntrica / surcos / frente lineal / elipsoide.
- ❖ Cómo se propaga la onda: el foco se desplaza con el barco / la onda se expande / se crea un frente lineal / se forman surcos.

Tabla 2. Tabulación del Explorador de modelos – Situación 1 – Ondas en el agua

ID	REPRESENTACIÓN EN TEXTOS	EN DIBUJOS
4	El barco intenta hundirse con las ondas de agua pero la fuerza no era lo suficientemente letal para hundirlo. El barco de juguete queda flotando. La bola se sumergió hasta el fondo. Por tanto las ondas fue lo único que provocó un impacto o roce leve entre el barquillo y la pelota.	Cinco grupos de ondas concéntricas en serie provocadas por rebote de la bola. Luego surcos en el agua. Finalmente mitad de ondas concéntricas.
5	Cuando golpea la bola el señor recoge una fuerza y al caer al estanque crea unas ondas que hacen que el barco se aleje. Se aleja gracias a las ondas que produce el impacto.	Ondas concéntricas con la bola en el foco. El barco se aleja y sale del lago.

ID	REPRESENTACIÓN EN TEXTOS	EN DIBUJOS
6	Se va alejando de donde él inicialmente estaba por el movimiento de las ondas. Luego a lo que se mueven las ondas le va entrando un poco de agua. El barco llega hasta la orilla del estanque del agua. Luego después de haber pasado el movimiento de las ondas el pozo sigue quedando quieto.	Ondas concéntricas y barco afuera de las ondas. Barco navega sobre un surco y tiene agua dentro. Barco llega a la orilla, luego desaparece y quedan dos surcos.
7	Las ondas cuando algo cae cuando todo está quieto, salen ondas. Las ondas son pequeños círculos en movimiento. Cada vez el círculo se hace más grande y al final desaparece. El barco se envuelve en las ondas hasta que la bola se hunde.	Ondas concéntricas, bola en el foco. El barco está afuera de las ondas.
10	Puede ser que el barco se aleje. El barco puede hundirse. Puede ser que las ondas se hagan chiquitas y el barco se va. Puede ser que las ondas se hagan grandes y el barco se voltee.	Ondas concéntricas, bola en el foco, barco en la periferia. La onda desplaza al barco.
12	Le sucede al barco es que se mueve por las ondas del agua. Por las ondas mueven el barquito hasta llegar a la orilla del estanque.	El barquito tiene su propia onda. La caída de la bola forma ondas concéntricas con bola en el foco y el barco aparece en la orilla.
13	Son unas ondas que hace que el barco se aleje de manera como si estuviera en el mar. Cuando la pelota sea más grande las olas son más fuertes y más grandes. El barco puede ser que se caiga o vaya corriéndose a medida que van desapareciendo las olas. Cada vez que el círculo se va haciendo más grande se va desapareciendo.	Ondas concéntricas, bola en el foco.
14	El barquito está alejándose cada vez más. El barquito se va hundiendo por los movimientos de las ondas. Ladea y ladea. Hasta que se hunde por causa del movimiento de las ondas.	Ondas concéntricas sin presencia de la bola. Barco en la periferia de las ondas. Barco afuera de las ondas y ladeado. Al final semihundido.
16	Yo creo que cuando cae la bola se forman unas ondas, la cual hace mover el agua tranquila del estanque. Las ondas llegan al barco de juguete que hay en el estanque. Se mueve y puede hundirse hasta que las ondas hacen flotar el barquito de juguete. Eso es lo que yo pienso, o también puede hundirse.	Ondas concéntricas, bola en el foco, barco en la periferia.
20	Cuando cae la pelota al agua se forman unas ondas. El barquito empieza a "correr" por las ondas. Cada vez se corre más del centro del agua. A lo último el barquito por las ondas llega hasta la orilla. O si no se voltea. Y se hunde.	Ondas concéntricas y bola en el foco, barco queda dentro de las ondas. El barco queda afuera de las ondas. El barco se aleja y llega a la orilla.
21	Por la tranquilidad del agua, al caer un objeto en ella provocará ondas alrededor. Las ondas producen en cualquier objeto dentro del agua, lo aleja de su ubicación original. Por tanto el barquito se irá a la costa y si choca muy fuerte se devolverá. Después de la expansión u onda el barco se quedará quieto.	Ondas concéntricas, bola en el foco y barco en la periferia. Barco se aleja hacia la orilla.
22	Cuando cae la bola abre varias ondas. Cuando se abren las ondas se expanden por el agua, ondas primero pequeñas y después más grandes. Cuando las ondas fluyen se hacen pequeñas olas y hacen que el barco se mueva. Cuando la bola cae al fondo y no mueven más el agua vuelve a la normalidad.	Ondas en forma de paréntesis. Barco en la periferia.

ID	REPRESENTACIÓN EN TEXTOS	EN DIBUJOS
23	A lo que cae la bola de golf se crecían unas ondas, esas ondas hacen que el barco se aleje poco a poco. La pelota flota y las ondas no la dejan ir al fondo. Luego que la serie de ondas pasa el barco vuelve a su lugar. La pelota sigue flotando y avanzando.	Ondas concéntricas, bola en el foco, luego barco en el foco y se aleja del foco y sigue alejándose.
24	A lo que cae la bola de golf en el estanque se hace un chispeado de agua. A lo que la bola cae se empieza a hacer una onda pequeña. Así comienza a hacerse una onda más grande que la otra sucesivamente. Y esas ondas hacen que el barco o se aleje o a veces se hunda, de donde estaba lo aleja cada vez por la onda.	Onda circular con bola en el foco. Surgen nuevas ondas que alejan el barco.
25	Las ondas se expanden moviendo el barco, tambaleándolo. Las ondas se expanden hasta cierto punto que pierden su fuerza y desaparecen. El barco lo tumba pero él vuelve a estabilizarse y el barco se corre de su primer lugar.	Ondas en forma de paréntesis. Barco dentro de la onda, luego no hay onda.
26	El barco estaba en el medio y por las ondas que produjo la pelota de golf el barco se iba alejando cada vez más por aquellas ondas...	Lago quieto y barco en el centro. Cuatro surcos en el agua. La bola forma ondas concéntricas y el barco queda afuera de las ondas, cerca de la orilla.
28	Se forman ondas al caer la bola de golf en el agua. Las ondas alejan al barco. El barco llega a la orilla del estanque. Si las ondas fueran más fuertes se hundiría el barco.	Ondas concéntricas, bola en el foco, barco desplazado hacia afuera de las ondas y finalmente se hunde.
30	A medida que las ondas se van volviendo más anchas y grandes se va corriendo el barco. El barco no se hunde porque es de papel. El barco se va moviendo a la medida de según la onda. Y finalmente el barco llega a la orilla porque es corrido por las ondas y las ondas se destruyen a la orilla del estanque.	Ondas concéntricas, bola en el foco, barco en la periferia. Barco se desplaza por la onda.
31	Se va corriendo. La pelota se va hundiendo y el barco se va corriendo por las ondas que se forman en el agua.	Ondas concéntricas, barco en la periferia alejándose.
32	La pelota de golf al caer produce unas ondas, las cuales salen de adentro hacia fuera con fuerza. El barco es impulsado o movido de su lugar por la fuerza de las ondas que salen del agua. Las ondas salen con la fuerza del objeto con que es golpeado. Una piedra haría muy pocas ondas porque es muy chica, una pelota de golf hace ondas suficientes para mover el barco porque es pesada. El barco no es golpeado una vez sino varias veces por cada onda y cada vez es más alejado.	Ondas concéntricas, bola en el foco, barco en la periferia, es desplazado en dirección de la propagación de la onda.
33	La onda se va acercando al barco. La onda está en el barco. La onda hundió el barco. Un señor colocó otro barco más grande.	Ondas concéntricas. Barco en la periferia. Onda alcanza al barco y lo hunde.
34	Cuando la pelota cae las ondas mueven el barco a otra trayectoria. Una onda lleva fuerza y cuando un objeto ligero está cerca o dentro de ella puede mover ese objeto fácilmente. Cuando una pelota cae la fuerza con la que sube forma una onda con la fuerza con la que cayó y eso hace mover al barco. Una onda en el agua se hace por la fuerza de un objeto que cae en ella.	Ondas concéntricas con bola en el foco. El barco es expulsado en la dirección de la trayectoria de la onda.

ID	REPRESENTACIÓN EN TEXTOS	EN DIBUJOS
35	Pues el señor de golf le pega a la pelota y cuando la bola de golf cae al agua, en el agua se producen ondas y el barquito se mueve más. Pues el barco se mueve más hasta que el barco llegue a la orilla. Las ondas hacen mover las cosas más rápido.	Ondas concéntricas, bola en el foco. Barco es empujado por la onda hacia afuera.
36	Cuando cae la bola de golf el barco se trata de hundir pero no se hunde porque el barco es de papel. Cuando deja salir las ondas el barco quedará mucho más lejos que de donde salió al principio.	Ondas concéntricas, bola en el foco, barco se desplaza hacia la orilla.
39	El estanque está quieto con el barco en la mitad. Al caer la piedra en el estanque se van formando ondas cada vez más grandes. Al caer la pelota o piedra en el estanque el barco se va alejando del lugar donde estaba. Cuando pasen las ondas el estanque se normaliza y vuelve a quedar quieto y el barco se normaliza.	Agua en calma y barco en el centro. Ondas concéntricas aunque la bola no cae en el foco. Barco afuera de las ondas. Finalmente las aguas se calman.
40	El barco se puede mover por la fuerza de las ondas. Se puede hundir por el peso de las ondas o la pelota. Lo puede llevar a la orilla. Las ondas lo pueden levantar y llevarlo más allá o sacarlo del agua.	Ondas concéntricas con bola en el foco y barco afuera de la onda.

ID: Número de identificación dado a cada estudiante el primer día de la aplicación. Se incluyen únicamente los estudiantes que participaron en el proceso completo.

Con base en los criterios recogidos se hizo la siguiente categorización, que proporciona pistas sobre las concepciones más recurrentes y constituyen la materia prima para la elaboración del Test inicial (Instrumento No. 2).

- ❖ **Qué es la onda:** en la mayoría de los casos se la entiende como una fuerza destructiva que arrastra y hunde los objetos que flotan.
- ❖ **Cómo se propaga la onda:** en unos casos se la concibe como círculos concéntricos que se amplían; en otros, como un frente de ondas que arrastra todo a su paso; finalmente, como círculos concéntricos cuyo centro se desplaza con el objeto flotante alejándose del foco inicial.
- ❖ **Cómo se desvanece la onda:** la onda se extingue luego de cumplir su finalidad, esto es, hundir el barco y/o llevarlo hasta la orilla.

3.2. TEST INICIAL – INSTRUMENTO 2

El segundo instrumento emplea las mismas imágenes del instrumento anterior, ahora acompañadas de doce preguntas de selección múltiple con única respuesta, tres preguntas para cada una de las cuatro situaciones trabajadas en el instrumento anterior. Su objetivo es precisar las respuestas del anterior instrumento para perfilar con mayor nitidez los modelos mentales que tienen los estudiantes para manejar el concepto de onda.

Las imágenes ya les son familiares a los estudiantes pero las preguntas y las opciones son novedad. En cada situación se averigua qué es la onda, cómo se propaga y cómo se extingue. El instrumento completo puede verse en el Anexo E.

3.2.1. Fundamentación del Test inicial - Instrumento 2.

Situación 1. Las ondas mecánicas se propagan gracias a un medio material que les sirve de soporte; por ejemplo: ondas sonoras, ondas en el agua, ondas en cuerdas. Las ondas mecánicas son compresiones, deformaciones y, en general, *perturbaciones* del medio en el cual se propagan. En el caso de las cuerdas, cada partícula de la cuerda vibra en el plano perpendicular a la cuerda mientras la perturbación avanza en el plano longitudinal de la cuerda; en el caso de las ondas en el agua, las partículas de agua se mueven arriba y abajo sin avanzar mientras que la onda progresa sobre la superficie. Ambas son ondas transversales.

La propiedad esencial del movimiento ondulatorio es que no implica transporte de materia. Las partículas del medio se desplazan relativamente poco (arriba-abajo, adelante-atrás) respecto de su posición de equilibrio. Lo que avanza y progresa no son las partículas sino la perturbación que ellas transmiten de unas a otras. El movimiento ondulatorio supone únicamente un transporte de energía y de cantidad de movimiento¹⁸.

Preguntas y sus respectivas claves: Las claves son 1-B, 2-B, 3-A.

Figura 7. Situación 1 – Ondas en el agua



En un estanque de aguas quietas donde flota un barquito de juguete, de pronto cae una bola de golf (pequeña y pesada) y se forman unas pequeñas ondas que se alejan del punto de caída.

1. Lo que se desplaza en forma de ondas en el estanque es:

- A. agua
- B. energía
- C. aire
- D. sonido

2. Cuando se forman las ondas, el barquito:

- A. avanza en el mismo sentido de las ondas
- B. se mueve arriba y abajo pero no avanza ni retrocede
- C. no avanza pero el agua sí avanza con la onda
- D. retrocede aunque el agua avanza con la onda

3. Las ondas en el agua se desvanecen cuando:

- A. son absorbidas por el agua y la tierra circundante
- B. se precipitan y caen en el fondo del estanque
- C. se evaporan en el aire sobre el estanque
- D. se apagan solas y desaparecen en la nada

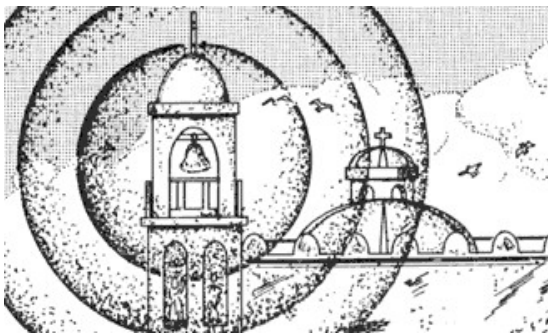
¹⁸ Véase: <http://www.ddominguez.net/tecnicas/conceptosbas/vibraciones.htm>.
También: <http://www.angelfire.com/empire/seigfrid/Portada.html>

Situación 2. Las ondas sonoras son ondas mecánicas (ondas de compresión), pues precisan de un medio (aire, agua, cuerpo sólido) que transmita la perturbación. El propio medio produce y propicia la propagación de estas ondas con su compresión y expansión. Para que pueda comprimirse y expandirse es imprescindible que éste sea un medio elástico, ya que un cuerpo rígido no permite que las vibraciones se transmitan. Así pues, sin medio elástico no habría sonido (las ondas sonoras no se propagan en el vacío).

En las ondas en cuerdas y en el agua las partículas se mueven en el plano perpendicular al medio perturbado; en cambio, la presión de las partículas que transportan la onda sonora se produce en la misma dirección de propagación de la onda; por lo tanto, son un tipo de ondas longitudinales (similar a la compresión-expansión en los resortes). Las ondas sonoras se desplazan en tres dimensiones y sus frentes de onda son esferas concéntricas que salen desde el foco de la perturbación en todas las direcciones (esféricas o tridimensionales)¹⁹.

Preguntas y sus respectivas claves: Las claves son 4-B, 5-D, 6-C.

Figura 8. Situación 2 – Ondas sonoras



Una campana de bronce suena en el campanario de una iglesia.

4. Las ondas de sonido de la campana, físicamente son:

- A. electricidad que se desprende de la campana
- B. energía que se propaga en forma de vibraciones
- C. partículas de bronce que se desprenden de la campana
- D. radiaciones electromagnéticas emitidas por la campana

5. Las ondas de sonido de la campana se propagan así:

- A. agitan el aire y forman vientos
- B. llenan de partículas de bronce el espacio vacío
- C. llenan el aire de electricidad
- D. Hacen vibrar todo a su alrededor

6. El sonido de la campana se desvanece debido a que:

- A. se vuelve denso y se transforma en silencio
- B. cae lenta y pesadamente al suelo
- C. se transmite a los objetos haciéndolos vibrar
- D. viaja sin fin hasta perderse en el espacio

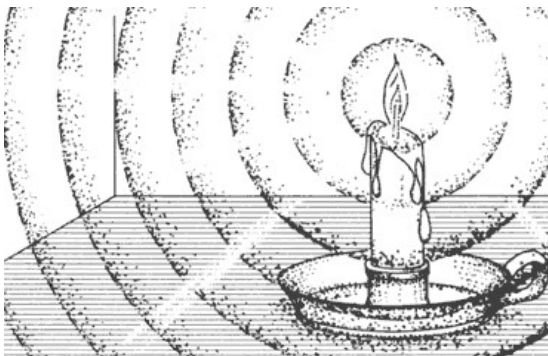
¹⁹ Véase: <http://www.ddominguez.net/tecnicas/conceptosbas/vibraciones.htm>
También: <http://www.angelfire.com/empire/seigfrid/Portada.html>

Situación 3. Las ondas de radio (AM, onda corta y FM), las microondas, la luz (infrarroja, visible y ultravioleta), y los rayos X y rayos Gamma, son tipos de ondas electromagnéticas. A diferencia de las ondas mecánicas, que se constituyen como la perturbación de un medio material, las ondas electromagnéticas resultan de la combinación de campos eléctricos y magnéticos, oscilantes y perpendiculares entre sí, que pueden propagarse en el vacío, sin un soporte material.

La luz se propaga en el vacío en línea recta. Cuando un rayo de luz incide sobre un medio material sufre un doble proceso de refracción (cambio de dirección) y reflexión (rebote), que varían según el ángulo de incidencia y según los medios materiales de que se trate. Una parte del rayo incidente se refleja y otra se refracta. Cuando un rayo se refleja sin penetrar en el otro medio, parte de él es absorbido por la interacción con los átomos. Siempre que la radiación atraviesa un medio parte de ella es absorbida por el medio²⁰.

Preguntas y sus respectivas claves: Las claves son 7-D, 8-D, 9-C.

Figura 9. Situación 3– Ondas lumínicas



En una habitación cerrada hay una vela encendida.

7. La luz de la vela está constituida por:

- A. moléculas de aire en movimiento
- B. partículas de parafina muy finas
- C. átomos de carbono encendidos
- D. radiación emitida por la combustión

8. Una vela sobre una mesa alcanza a iluminar un objeto que se halla debajo de la mesa, porque la luz:

- A. absorbe la oscuridad que alcanza a tocar
- B. se curva y se mete bajo la mesa
- C. es capaz de atravesar la superficie de la mesa
- D. se refleja en las superficies cercanas a la mesa

9. Las ondas de luz de la vela se debilitan cuando:

- A. la habitación recibe luz del sol
- B. la habitación está muy oscura
- C. los objetos iluminados están lejos
- D. el aire de la habitación está muy húmedo

Situación 4. La telefonía celular divide la ciudad en pequeñas células o celdas, lo que permite la re-utilización de frecuencias a través de la ciudad, con lo que miles de personas pueden usar los teléfonos al mismo tiempo. La compañía divide la

²⁰ Más información en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Onda_electromagnética
<http://es.wikipedia.org/wiki/Luz>
<http://www.difo.uah.es/curso/c03/cap03.html>

ciudad en celdas. Cada celda es diseñada como un hexágono de 26 km² y tiene una estación equipada con una antena local y un equipo de radio. Los teléfonos celulares son radiotransmisores de bajo poder, entre 0,6 watts y 3,0 watts y la antena local también transmite a bajo poder, lo que permite que las llamadas no salgan de la célula y las frecuencias se puedan reutilizar, además del bajo consumo de energía. Se requiere un gran número de bases o antenas locales en una ciudad de cualquier tamaño. Cada ciudad necesita tener una estación central la cual maneja todas las conexiones telefónicas a teléfonos convencionales, y controla todas las estaciones de la región²¹.

Preguntas y sus respectivas claves: Las claves son 10-A, 11-B, 12-B.

Figura 10. Situación 4 – Ondas de radio



Dos personas se comunican por medio de teléfonos celulares.

10. La señal del celular está constituida por:

- A. ondas de radio
- B. ondas sonoras
- C. ondas lumínicas
- D. ondas mecánicas

11. Las ondas que recibe un teléfono celular provienen de:

- A. un satélite en el espacio
- B. una antena local en el barrio
- C. una antena central en la ciudad
- D. la antena de otro celular

12. La señal del celular se desvanece sin haber colgado, cuando uno de los usuarios:

- A. se acerca demasiado al otro
- B. se aleja del alcance de una antena
- C. cierra la ventanilla de su auto
- D. se aleja demasiado del otro

3.2.2 Tabulación cualitativa del Test inicial – Instrumento 2 El test inicial se puede interpretar de dos maneras: como rejilla de categorización de modelos (análisis cualitativo) y como test de aprovechamiento (análisis cuantitativo). Para recoger la información tanto cualitativa como cuantitativa, las respuestas de los estudiantes se transcriben en doce columnas de respuestas. Con ellas se forman cuatro grupos que corresponden a: ondas en el agua, sonoras, de luz y de radio para así perfilar los modelos más recurrentes. Se toma cada grupo y se ordena sin perder su correlación, es decir, se ordenan por la primera columna, luego por la

²¹ Más información en:

http://chipssystems.com/como_funcionan.htm

<http://www.redeya.com/electronica/tutoriales/tc/tc.htm>

www.docencia.unt.edu.ar/fisicaexperimental2/download/11Maxwell.ppt

segunda y luego por la tercera, de modo que se puedan contabilizar los grupos correlacionados. Véase la Tabla 3: Tabulación del Test inicial.

Tabla 3. Tabulación cualitativa del Test inicial

ONDAS AGUA				S	ONDAS SONORAS				S	ONDAS LUMINICAS				S	ONDAS RADIO				S
1	2	3			4	5	6			7	8	9			10	11	12		
A	A	C	1		B	A	A			A	B	B	1		A	A	A	1	
A	A	D			B	A	A	4		A	C	B	1		A	A	B		
A	A	D			B	A	A			A	D	A			A	A	B		
A	A	D			B	A	A			A	D	A	4		A	A	B		
A	A	D	8		B	C	A	1		A	D	A			A	A	B	7	
A	A	D			B	C	D	1		A	D	A			A	A	B		
A	A	D			B	D	A			B	B	A	1		A	A	B		
A	A	D			B	D	A			B	D	A	1		A	A	B		
A	A	D			B	D	A			B	D	D	2		A	C	B	1	
A	B	D	1		B	D	A			B	D	D			B	A	B		
A	D	D			B	D	A	11		C	A	A	3		B	A	B	6	
A	D	D	3		B	D	A			C	A	A			B	A	B		
A	D	D			B	D	A			C	A	A			B	A	B		
B	A	B	1		B	D	A			C	B	A	1		B	A	B		
B	A	D			B	D	A			C	D	A			B	A	B		
B	A	D	3		B	D	A			C	D	A	4		B	A	D	1	
B	A	D			B	D	A			C	D	A			B	C	A	1	
B	B	D			B	D	B	1		C	D	A			B	D	A	1	
B	B	D	2		B	D	C			C	D	D	1		B	D	B		
B	C	D			B	D	C	2		D	A	A	1		B	D	B		
B	C	D	2		B	D	D			D	D	A			B	D	B	5	
B	D	B	1		B	D	D	2		D	D	A			B	D	B		
C	A	D	1		D	A	D			D	D	A	6		B	D	B		
C	B	B	1		D	A	D	2		D	D	A			D	A	B		
D	A	D			D	D	A	1		D	D	A			D	A	B	3	
D	A	D	2		D	D	D	1		D	D	A			D	A	B		

Finalmente se perfilan los modelos con base en los grupos correlacionados, como se indica en las Tablas 4, 5, 6 y 7: Modelos identificados en el Test inicial.

Tabla 4. Modelos identificados en el Test inicial – Ondas en el agua

1	2	3	Modelos de ondas en el agua	Frecuencia
A	A	C	Las ondas son agua, el barquito avanza en el sentido de las ondas y éstas se evaporan sobre el estanque.	1
A	A	D	Las ondas son agua, el barquito avanza en el sentido de las ondas y éstas se apagan solas.	8
A	B	D	Las ondas son agua, el barquito se mueve arriba y abajo pero no avanza ni retrocede y las ondas se apagan solas.	1

1	2	3	Modelos de ondas en el agua	Frecuencia
A	D	D	Las ondas son agua, el barquito retrocede aunque el agua avanza con las ondas y éstas se apagan solas.	3
B	A	B	Las ondas son energía, el barquito avanza en el sentido de las ondas y éstas se precipitan y caen en el fondo.	1
B	A	D	Las ondas son energía, el barquito avanza en el sentido de las ondas y éstas se apagan solas.	3
B	B	D	Las ondas son energía, el barquito se mueve arriba y abajo pero no avanza ni retrocede y las ondas se apagan solas.	2
B	C	D	Las ondas son energía, el barquito no avanza pero el agua sí avanza con las ondas y éstas se apagan solas.	2
B	D	B	Las ondas son energía, el barquito retrocede aunque el agua avanza con las ondas y éstas se precipitan y caen en el fondo del estanque.	1
C	A	D	Las ondas son aire, el barquito avanza en el sentido de la onda y la onda se apaga sola.	1
C	B	B	Las ondas son aire, el barquito se mueve arriba y abajo pero no avanza ni retrocede y las ondas se precipitan y cae en el fondo.	1
D	A	D	Las ondas son sonido, el barquito avanza en el sentido de la onda y la onda se apaga sola.	2

1 2 3: Números de las preguntas en el Test inicial

Tabla 5. Modelos identificados en el Test inicial – Ondas sonoras

4	5	6	Modelos de ondas sonoras	Frecuencia
B	A	A	La onda es energía, se propaga formando vientos y se desvanece volviéndose densa.	5
B	B	B	La onda es energía, se propaga lanzando bronce al vacío y se desvanece cayendo pesadamente al suelo.	1
B	C	A	La onda es energía, se propaga electrizando el aire y se desvanece volviéndose densa.	1
B	C	D	La onda es energía, se propaga electrizando el aire y se desvanece viajando sin fin en el espacio.	1
B	D	A	La onda es energía, se propaga haciendo vibrar todo alrededor y se desvanece volviéndose densa.	14
B	D	B	La onda es energía, se propaga haciendo vibrar todo alrededor y se desvanece cayendo pesadamente al suelo.	1
B	D	C	La onda es energía, se propaga haciendo vibrar todo alrededor y se desvanece haciendo vibrar los objetos.	2
B	D	D	La onda es energía, se propaga haciendo vibrar todo alrededor y se desvanece viajando sin fin en el espacio.	5
D	A	D	La onda es radiación electromagnética, se propaga formando vientos y se desvanece viajando sin fin en el espacio.	3
D	D	A	La onda es radiación electromagnética, se propaga haciendo vibrar todo alrededor y se desvanece volviéndose densa.	1
D	D	D	La onda es radiación electromagnética, se propaga haciendo vibrar todo alrededor y se desvanece viajando sin fin en el espacio.	1

4 5 6: Números de las preguntas en el Test inicial

Tabla 6. Modelos identificados en el Test inicial – Ondas lumínicas

7	8	9	Modelos de ondas lumínicas	Frecuencia
A	B	B	La luz de la vela es moléculas de aire, la vela ilumina bajo la mesa porque se curva y la luz de la vela se debilita cuando está oscuro.	1
A	C	B	La luz de la vela es moléculas de aire, la vela ilumina bajo la mesa porque atraviesa la mesa y la luz de la vela se debilita cuando está oscuro.	1
A	D	A	La luz de la vela es moléculas de aire, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	4
B	B	A	La luz de la vela es partículas de parafina, la vela ilumina bajo la mesa porque se curva y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	1
B	D	A	La luz de la vela es partículas de parafina, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	1
B	D	B	La luz de la vela es partículas de parafina, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando está oscuro.	1
B	D	D	La luz de la vela es partículas de parafina, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando el aire está húmedo.	4
C	A	A	La luz de la vela es átomos de carbono, la vela ilumina bajo la mesa porque absorbe la oscuridad y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	7
C	B	A	La luz de la vela es átomos de carbono, la vela ilumina bajo la mesa porque se curva y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	1
C	D	A	La luz de la vela es átomos de carbono, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	4
C	D	D	La luz de la vela es átomos de carbono, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando el aire está húmedo.	1
D	A	A	La luz de la vela es radiación, la vela ilumina bajo la mesa porque absorbe la oscuridad y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	1
D	D	A	La luz de la vela es radiación, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	7
D	D	D	La luz de la vela es radiación, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando el aire está húmedo.	1

7 8 9: Números de las preguntas en el Test inicial

Tabla 7. Modelos identificados en el Test inicial – Ondas de radio

10	11	12	Modelos de ondas de radio	Frecuencia
A	A	A	Las ondas del celular son de radio, provienen de un satélite y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	1
A	A	B	Las ondas del celular son de radio, provienen de un satélite y se desvanece si el usuario se aleja del alcance de una antena.	9
A	C	B	Las ondas del celular son de radio, provienen de una antena central y se desvanece si el usuario se aleja del alcance de una antena.	2
B	A	B	Las ondas del celular son sonoras, provienen de un satélite y se desvanece si el usuario se aleja del alcance de una antena.	8
B	A	D	Las ondas del celular son sonoras, provienen de un satélite y se desvanece si el usuario se aleja demasiado del otro.	3

10	11	12	Modelos de ondas de radio	Frecuencia
B	C	A	Las ondas del celular son sonoras, provienen de una antena central y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	1
B	C	B	Las ondas del celular son sonoras, provienen de una antena central y se desvanece si el usuario se aleja del alcance de una antena.	2
B	D	A	Las ondas del celular son sonoras, provienen de otro celular y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	1
B	D	B	Las ondas del celular son sonoras, provienen de otro celular y se desvanece si el usuario se aleja del alcance de una antena.	5
D	A	B	Las ondas del celular son mecánicas, provienen de un satélite y se desvanece si el usuario se aleja del alcance de una antena.	3

10 11 12: Números de las preguntas en el Test inicial

Estos resultados sirvieron para el diseño del Instrumento de Tópicos generadores.

3.2.3 Tabulación cuantitativa en el Test inicial – Instrumento 2. Se realiza contando las respuestas correctas para determinar su grado de correspondencia con el discurso de la física, tanto para cada pregunta individual, para cada situación por estudiante y global para las cuatro situaciones. Ver las Tablas 8 y 9.

Tabla 8. Tabulación cuantitativa del Test inicial – Individual y situaciones

ID	ONDAS AGUA				ONDAS SONORAS				ONDAS LUMÍNICAS				ONDAS RADIO				ACIERTOS
4	B	C	D	1	B	A	A	1	D	D	A	2	A	A	B	2	6
5	B	C	D	1	B	C	A	1	D	D	A	2	D	A	B	1	5
6	A	A	D	0	B	D	D	2	C	D	D	1	B	A	B	1	4
7	A	A	D	0	D	A	D	0	C	A	A	0	A	A	B	2	2
10	B	B	D	2	B	D	A	2	A	C	B	0	B	A	B	1	5
12	B	A	D	1	B	D	A	2	D	D	A	2	D	A	B	1	6
13	A	A	D	0	D	A	D	0	C	A	A	0	A	A	B	2	2
14	C	A	D	0	B	D	A	2	D	D	A	2	B	D	B	1	5
16	B	B	D	2	B	D	A	2	A	D	A	1	B	A	B	1	6
20	B	A	D	1	B	D	A	2	C	D	A	1	B	A	B	1	5
21	A	A	D	0	B	D	A	2	C	D	A	1	A	A	B	2	5
22	D	A	D	0	B	D	C	3	A	D	A	1	B	D	B	1	5
23	A	D	D	0	B	D	A	2	A	D	A	1	B	D	A	0	3
24	A	D	D	0	B	A	A	1	C	B	A	0	B	C	A	0	1
25	D	A	D	0	D	D	D	1	D	D	A	2	B	D	B	1	4
26	C	B	B	1	B	D	A	2	B	B	A	0	A	A	B	2	5
28	A	D	D	0	B	A	A	1	B	D	D	1	D	A	B	1	3
30	B	A	B	1	B	C	D	1	C	D	A	1	A	A	B	2	5
31	A	A	D	0	B	D	A	2	A	D	A	1	B	A	D	0	3
32	B	D	B	1	B	A	A	1	D	D	A	2	B	A	B	1	5
33	A	A	D	0	B	D	C	3	C	A	A	0	A	A	B	2	5
34	A	A	D	0	D	D	A	1	D	A	A	1	B	D	B	1	3
35	A	B	D	1	B	D	A	2	B	D	D	1	A	A	A	1	5
36	A	A	C	0	B	D	B	2	A	B	B	0	A	C	B	2	4

39	A	A	D	0		B	D	D	2		B	D	A	1		B	D	B	1		4
40	B	A	D	1		B	D	A	2		C	D	A	1		B	A	B	1		5
	9	4	0			22	18	2			7	18	0			9	0	22			4,27

ID: Número de identificación dado a cada estudiante el primer día de la aplicación. Se incluyen únicamente los estudiantes que participaron en el proceso completo.
En negrilla, las respuestas correctas

Tabla 9. Tabulación cuantitativa del Test inicial – Global

ACIERTOS EN EL TEST INICIAL			
ACIERTOS	%	ESTUDIANTES	%
1	8%	1	4%
2	17%	2	8%
3	25%	4	15%
4	33%	4	15%
5	42%	12	46%
6	50%	3	12%
7-12	0%	0	0%

3.3. TÓPICOS GENERADORES – INSTRUMENTO 3

Un tópico generador es una pregunta paradójica basada en un problema teórico fuerte; se caracteriza por ser común a varias disciplinas y poder ser abordado desde cualquiera de ellas; por lo cual se le utiliza en proyectos de integración curricular. El tópico generador se acompaña de un contexto específico en el cual se pueda situar la discusión y se examina ampliamente hasta cuando todos hayan comprendido la pregunta. También se acompaña de preguntas orientadoras (más particulares que el tópico) y actividades de elaboración.

El concepto de “tópico generador” ha sido retomado del trabajo “El saber tiene sentido”²² donde se recogen diversas experiencias de integración curricular del equipo de investigación liderado por Carlos Eduardo Vasco Uribe con maestros del Distrito Capital de Bogotá. Vasco Uribe ha hecho parte del “Proyecto Zero” de la Universidad de Harvard, donde se ha gestado la teoría de la Enseñanza para la Comprensión, que en Colombia es impulsada por la Universidad de los Andes.²³ El mismo Vasco Uribe y uno de los investigadores de “El saber tiene sentido”, Hernán Escobedo David, fueron asesor y director del Texto Didáctico Integrado

²² VASCO URIBE, Carlos Eduardo y otros. *El saber tiene sentido. Una propuesta de integración curricular*. Bogotá: CINEP, 1999. 123p.

²³ UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Enseñanza para la comprensión. Disponible en Internet: <http://learnweb.harvard.edu/andes/tfu/index.cfm>. En la EpC no se le llama “tópico generador” sino “tópico generativo” y no se redacta en forma de pregunta.

“Leer y soñar el mundo”, cuya fundamentación teórica inspira en gran medida este proyecto.

3.3.1 Construcción de tópicos generadores. Los tópicos generadores se basan en problemas teóricos fuertes. Para Juan Carlos Negret²⁴, un problema teórico fuerte:

(...) es aquél que plantea un desequilibrio cognitivo, bien sea por insuficiencia de modelos mentales para entender o explicar la situación planteada, o porque los modelos mentales que se activan entran en incongruencia o contradicción ante tal situación. (...) El problema es “fuerte” cuando plantea una paradoja, cuando genera una tensión entre dos polaridades, cuando apunta a una zona de incertidumbre que obliga a acudir a diversas fuentes y a realizar varios pasos para abordarlo, y, si es el caso, resolverlo.

Tabla 10. Proceso de construcción de un tópico generador

Preocupación de los maestros	Cómo formularon esa preocupación	Cómo re-formularon su preocupación	Tópico generador que resultó
<i>La violencia observada en los partidos de fútbol del colegio.</i>	<i>El fútbol La violencia La violencia en el fútbol</i> Los enunciados en forma de temas no hacen explícito ningún problema.	<i>¿Cuáles son las causas de la violencia?</i> Los enunciados en forma de preguntas temáticas delimitan un aspecto del tema global, pero todavía no enuncian un problema teórico fuerte.	<i>Si el fútbol es diversión, ¿por qué genera tanta violencia?</i> Los enunciados en forma de tópico generador permiten observar claramente la tensión entre dos fenómenos en un contexto específico.

(Adaptada de: NEGRET, Juan Carlos).

Explica Juan Carlos Negret que la comprensión de los tópicos generadores se dificulta por nuestra tendencia a reducir los problemas a temas o a preguntas temáticas. En la tabla 10 se sintetiza el siguiente ejemplo que Negret desarrolló con un grupo de maestros.

Unos maestros deseaban abordar el problema de la violencia que se generaba en los partidos de fútbol. Cuando enunciaron los temas “Fútbol – Violencia” no aparecía el problema, entre otras cosas porque no estaban adecuada y explícitamente relacionados los dos fenómenos contradictorios que se dan en un mismo contexto: *el fútbol*. Se preguntaron entonces dónde residía la contradicción: *“El fútbol es diversión”* vs. *“El fútbol genera agresión”*. El contraste entre las dos

²⁴ VASCO URIBE, Carlos Eduardo y Otros. *Conversatorios sobre integración curricular*. Documento de trabajo establecido por Juan Carlos Negret para el proyecto “La integración: una metodología fundamental para la construcción comprensiva de los conocimientos”. Bogotá: CINEP, 2000. p.48-55.

relaciones permitía que surja la paradoja, es decir, un territorio de incógnitas y contradicciones que, aunque era sospechado, no había sido explícitamente planteado. Apareció así el tópico generador: *Si el fútbol es diversión, ¿por qué genera tanta violencia?* (El sujeto de las proposiciones se convirtió en un contexto problemático, en el cual se dan dos fenómenos contradictorios: diversión y violencia).

3.3.2 Diseño del instrumento de Tópicos generadores. El instrumento sirve para cuestionar las ideas de sentido común que han expresado los estudiantes, a la vez que proporciona explicaciones breves, directas y en un lenguaje accesible, desde el discurso académico, sobre las cuatro situaciones planteadas en los instrumentos anteriores. Cada situación contiene los siguientes elementos:

- ❖ **Tópico generador:** es una pregunta paradójica, que busca movilizar concepciones y establecer nexos entre la experiencia del estudiante y el discurso académico.
- ❖ **Explicación:** son breves notas acompañadas de ilustraciones con la intención de hacer una negociación cultural en torno a las creencias firmemente arraigadas de los estudiantes.
- ❖ **Preguntas orientadoras:** tratan sobre aspectos particulares que se desprenden del tópico generador y cuyas respuestas pueden ayudar a responder el tópico.

Los tópicos planteados se muestran en las figuras 11, 12, 13 y 14. Los instrumentos completos pueden verse en los Anexos F, G, H, I.

Figura 11. Tópico generador para ondas en el agua

ONDAS EN EL AGUA:

Cuando un barquito flota en el centro de un estanque tratamos sin éxito de acercarlo a la orilla. Le tiramos objetos y palmoteamos el agua en vano. **¿Por qué el barquito no se acerca ni se aleja por más ondas que hagamos?**



Figura 12. Tópico generador para ondas sonoras

ONDAS SONORAS

Las ondas sonoras no se propagan en el vacío pero sí a través de un medio material. Entonces, **¿cómo podrían conversar dos astronautas en el espacio exterior, sin utilizar la radio?**



Figura 13. Tópico generador para ondas lumínicas

ONDAS LUMÍNICAS

La luz viaja en línea recta y cuando cambia de un medio a otro se refleja y se refracta. **Puesto que la fibra óptica es flexible, ¿cómo puede la luz “doblarse” y viajar a través de esa fibra?**

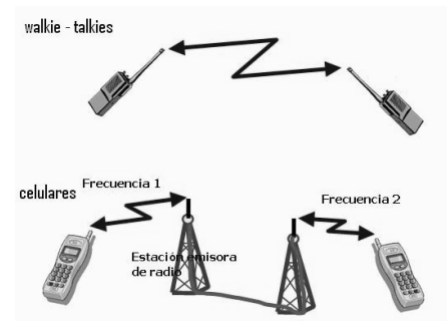


Figura 14. Tópico generador para ondas de radio

ONDAS DE RADIO

Un walkie-talkie utiliza un transmisor de 25 vatios y puede comunicar a 1,5 kilómetros de distancia; en cambio, un teléfono celular utiliza un transmisor de entre 0,6 y 3 vatios.

Si un teléfono celular transmite con tan baja potencia, ¿cómo puede tener un alcance tan grande, dentro y fuera de la ciudad?



3.3.3 Orientaciones para la mediación de los tópicos generadores. Los tópicos generadores no requieren de hoja de respuestas (es opción del maestro elaborar una) pero es imprescindible una buena mediación.

Sobre ondas en el agua

- ❖ ¿Qué se necesita para identificar la “energía” en las ondas en el agua?
- ❖ ¿Qué se requiere para comprender que en las ondas en el agua hay vibración transversal y desplazamiento sólo de la onda?

- ❖ ¿Qué se necesita para reconocer que la onda mecánica se transfiere como energía al medio material en que se propaga?

Sobre ondas sonoras

- ❖ ¿Qué se necesita para identificar la “energía” en las ondas sonoras?
- ❖ ¿Qué se requiere para comprender que las ondas sonoras se propagan por diversos medios físicos y no en el vacío?
- ❖ ¿Qué se necesita para reconocer que el sonido se transfiere como energía al medio material en que se propaga?

Sobre ondas lumínicas

- ❖ ¿Qué se necesita para comprender que la luz es radiación?
- ❖ ¿Qué hace falta para relacionar la luz indirecta con la reflexión de la luz?
- ❖ ¿Qué se debe hacer para identificar la existencia de obstáculos opacos?

Sobre ondas de radio

¿Qué hace falta para identificar que la señal del celular son ondas hertzianas?

¿Qué se necesita para comprender que la señal del celular debe ser “enrutada” por la antena de una base?

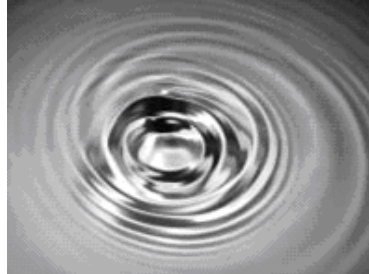
¿Qué se debe hacer para identificar como causa de la pérdida de señal del celular, el no alcance con la antena base?

3.4 TEST FINAL – INSTRUMENTO 4

El último instrumento es un test de Falso – Verdadero cuyo objetivo es identificar cambios en los modelos de los estudiantes e indirectamente en sus concepciones. Se plantean las mismas cuatro situaciones de los instrumentos anteriores, ahora acompañadas de algún modelo esquemático aceptado en la literatura académica para enriquecer los modelos mentales de los estudiantes. Véanse las Figuras 15, 16, 17 y 18. Los instrumentos completos pueden verse en los Anexos J, K, L, M.

Figura 15. Test final – Situación 2 – Ondas en el agua

En un estanque de aguas quietas donde flota un barquito de juguete, de pronto cae una bola de golf (pequeña y pesada) y se forman unas pequeñas ondas que se alejan del punto de caída (foco).



Corte de las ondas en el agua

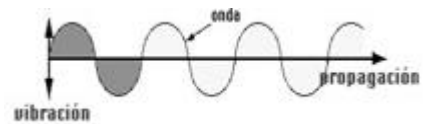
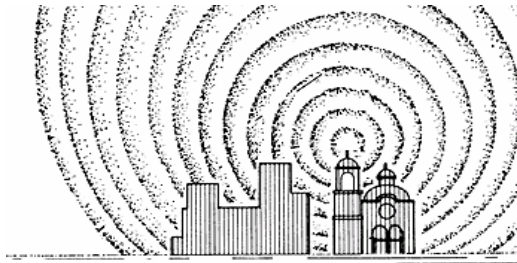


Figura 16. Test final – Situación 2 – Ondas sonoras

Una campana de bronce suena en el campanario de una iglesia.



Corte de las ondas sonoras

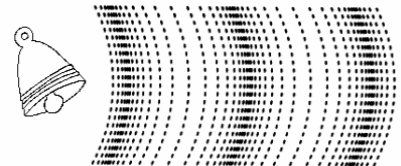
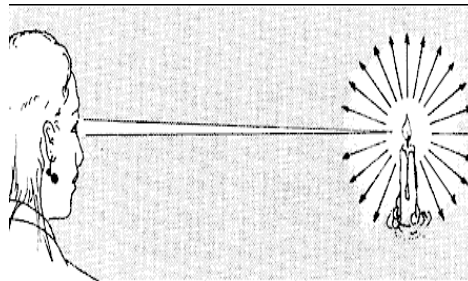


Figura 17. Test final – Situación 3 – Ondas lumínicas

En una habitación cerrada hay una vela encendida.



Corte de las ondas luminosas

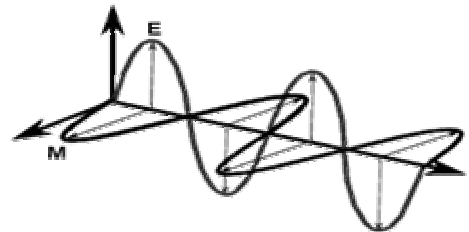
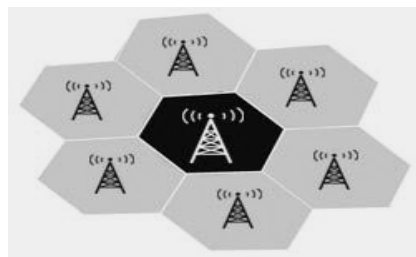
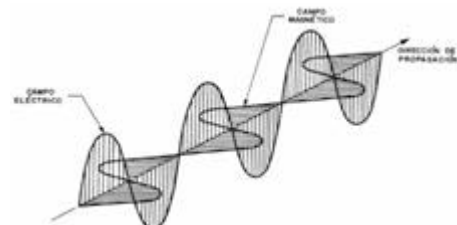


Figura 18. Test final – Situación 4 – Ondas de radio

Dos personas se comunican por medio de teléfonos celulares.



Corte de las ondas de radio



3.4.1 Estructuración de las preguntas del Test final. Las preguntas se refieren a los mismos problemas del Test inicial (Instrumento 2) pero organizadas para responder Falso o Verdadero y de modo que para cada criterio (naturaleza de la onda, forma de propagación y condiciones de extinción de la onda) siempre haya una opción verdadera y una falsa, como se aprecia en la Tabla 11: Correlación entre las preguntas de los instrumentos 2 y 4.

Tabla 11. Correlación entre las preguntas de los Instrumentos 2 y 4

PREGUNTAS TEST INICIAL		PREGUNTAS TEST FINAL	
No.	Para completar	No.	Para marcar V o F
1	Lo que se desplaza en forma de ondas en el estanque es:	1	El movimiento de las ondas en el agua es causado por el viento sobre el estanque.
		4	La energía del movimiento de la bola se convierte en energía de las ondas en el agua.
2	Cuando se forman las ondas, el barquito:	2	Las ondas desplazan agua y pequeños objetos flotantes (los alejan del foco).
		5	El barquito y el agua suben y bajan en las ondas, pero no se alejan ni acercan al foco.
3	Las ondas en el agua se desvanecen cuando:	3	El agua y la tierra reciben las vibraciones y así absorben la energía de las ondas.
		6	La energía de las ondas desaparece por sí sola (se auto-destruye).
4	Las ondas de sonido de la campana, físicamente son:	1	Las ondas sonoras son moléculas que se desprenden de la fuente sonora (campana).
		4	Las moléculas del aire y las paredes vibran debido a la energía de las ondas sonoras.
5	Las ondas de sonido de la campana se propagan así:	2	Las moléculas del aire y las paredes, toda la materia vibra al paso de las ondas sonoras.
		5	Las ondas sonoras se propagan gracias al aire en movimiento (viento).
6	El sonido de la campana se desvanece debido a que:	3	Paredes, aire, agua, personas, toda la materia puede absorber la energía del sonido.
		6	Las ondas sonoras viajan al espacio exterior fuera de la atmósfera y escapan del planeta.
7	La luz de la vela está constituida por:	1	La luz es un tipo de radiación que puede propagarse en el vacío o en medios no opacos.
		4	La luz necesita que haya oscuridad para poder propagarse.
8	Una vela sobre una mesa alcanza a iluminar un objeto que se halla debajo de la mesa, porque la luz:	2	La luz se refleja en ciertas superficies y así llega indirectamente a algunos sitios ocultos.
		5	La luz se dobla si hay suficiente oscuridad y se propaga en trayectorias curvas.
9	Las ondas de luz de la vela se debilitan cuando:	3	La luz se desintegra o se desvanece cuando viaja por un lugar iluminado.
		6	La luz que no se refleja es absorbida por los cuerpos materiales que ella ilumina.
10	La señal del celular está constituida por:	1	El teléfono celular transmite y recibe ondas sonoras por medio de su antena.
		4	El teléfono celular se basa en la tecnología de las ondas electromagnéticas.
11	Las ondas que recibe un teléfono celular provienen de:	2	Los celulares son emisores -receptores de radio en una gran red de antenas repetidoras.
		5	Los celulares ofrecen "cobrimiento total" gracias a su enorme potencia de transmisión.
12	La señal del celular se desvanece sin haber colgado, cuando uno de los usuarios:	3	Un teléfono celular sólo recibe y transmite señales con la antena de la célula donde esté.
		6	Para conectarse con un celular en otra ciudad, el celular se comunica con un satélite.

3.4.2 Tabulación del Test final – Instrumento 4. Las respuestas de los estudiantes se ordenan en columnas, separando las que corresponden a cada situación y se suman los aciertos tanto por pregunta individual como por estudiante en cada situación analizada. Después se construyen segmentos con los porcentajes de aciertos para facilitar el análisis de los datos. Véanse las Tablas 12y 13: Tabulación cuantitativa del Test final (individual y global).

Tabla 12. Tabulación cuantitativa del Test final

ID	AGUA						SONORAS						LUMÍNICAS						RADIO									
#	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6				
4	F	F	V	V	V	F	6	V	V	V	V	F	F	5	V	V	F	F	F	V	6	F	V	V	V	V	V	4
5	F	F	V	V	V	V	5	V	V	V	F	V	F	3	V	V	V	V	F	F	3	V	V	F	V	V	V	2
6	F	F	V	V	V	F	6	F	F	V	V	F	V	4	V	V	V	V	F	V	4	V	V	V	F	F	F	4
7	F	F	V	V	V	V	5	F	V	V	V	V	F	5	V	V	V	F	F	F	4	V	V	V	V	F	V	4
10	F	F	V	V	V	V	5	V	F	V	F	V	F	2	F	V	F	V	V	F	2	V	F	V	V	F	V	3
12	F	F	V	V	F	V	4	V	V	F	F	V	F	2	F	V	V	F	V	F	2	V	V	F	V	F	F	4
13	F	F	V	V	V	V	5	F	V	V	V	V	F	5	V	V	V	F	F	F	4	V	V	V	V	F	V	4
14	F	F	V	0	V	V	4	F	V	V	V	V	F	5	V	V	V	F	F	F	4	V	V	V	V	F	V	4
16	F	F	F	V	V	V	4	F	V	V	F	V	F	4	V	V	V	V	F	F	3	V	F	F	0	0	0	0
20	F	F	F	V	V	V	4	F	F	V	F	V	0	2	V	F	V	V	F	0	2	V	V	V	V	V	F	4
21	F	F	V	V	V	F	6	F	V	V	V	V	F	5	F	V	V	V	F	V	3	F	V	F	V	F	V	4
22	F	F	V	V	0	F	5	F	F	V	F	V	F	3	F	V	V	V	V	V	2	V	V	V	V	V	F	4
23	F	F	V	0	V	F	5	V	V	V	F	0	0	2	V	V	V	F	V	F	3	V	V	F	V	F	V	3
24	F	F	V	V	F	V	4	F	V	F	V	V	F	4	F	V	V	V	F	V	3	F	V	F	V	F	V	4
25	F	F	V	V	V	F	6	F	V	V	V	V	V	4	F	V	V	V	V	V	2	F	V	F	V	F	V	4
26	F	F	F	F	V	V	3	V	F	V	F	F	V	2	F	V	V	V	V	F	1	V	F	F	F	V	F	1
28	V	F	V	F	F	V	2	V	V	F	F	F	F	3	V	F	F	V	V	F	2	V	F	V	F	V	V	1
30	F	F	F	V	F	V	3	V	F	V	F	V	F	2	F	V	V	V	F	V	3	V	F	V	V	F	F	4
31	F	F	V	V	V	V	5	V	F	F	0	F	F	2	V	V	V	F	V	F	3	F	V	F	V	V	F	4
32	F	F	V	V	V	F	6	F	F	V	V	V	F	4	F	V	V	V	F	V	3	V	V	F	V	F	V	3
33	F	F	F	V	V	V	4	V	V	F	V	V	F	3	V	V	V	V	F	F	3	V	V	F	V	V	V	2
34	F	F	V	F	V	V	4	F	F	F	V	V	V	2	F	V	V	V	V	V	2	V	V	F	V	V	V	2
35	F	F	V	F	F	V	3	V	V	F	V	V	F	3	V	V	V	V	F	V	4	V	F	V	V	F	F	4
36	F	F	V	V	V	V	5	V	V	V	V	F	F	5	V	V	F	V	V	F	3	V	F	V	V	V	V	2
39	F	F	V	V	F	V	4	V	V	V	F	F	F	4	V	V	V	V	V	F	2	V	V	F	V	V	F	3
40	F	F	F	V	F	V	3	F	V	V	V	V	F	5	V	V	V	V	V	V	3	V	V	V	V	V	F	4
	25	26	20	20	18	7	13	17	19	14	7	20	16	24	4	7	14	11	5	19	13	22	13	10				

ID: Número de identificación dado a cada estudiante el primer día de la aplicación. Se incluyen únicamente los estudiantes que participaron en el proceso completo.

Tabla 13. Tabulación cuantitativa del Test final - Global

26 ESTUDIANTES	% DE LOS 26	ACIERTOS/24	% DE LOS 24
1	4%	7	29
1	4%	8	33
1	4%	10	42
1	4%	11	46
5	19%	12	50
3	12%	13	54
3	12%	14	58
3	12%	15	63
2	8%	16	67
1	4%	17	71
4	15%	18	75
1	4%	21	88

3.5 CORRELACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

Los cuatro instrumentos se hallan íntimamente interrelacionados. El Explorador de modelos (Instrumento 1) tiene el mismo enunciado y las mismas imágenes del Test inicial (Instrumento 2). Los Tópicos generadores apuntan a cuestionar los modelos identificados en los dos instrumentos anteriores y aportan nuevos elementos de juicio y nuevos modelos que se ponen a consideración de los estudiantes. El Test final se refiere a las mismas preguntas del Test inicial pero en forma de afirmaciones falsas o verdaderas.

3.5.1 Factores involucrados en la concepción de ondas en el agua. Compárense con la Tabla 14.

- ❖ Marco de referencia: un medio capaz de ser perturbado (agua en este caso), una clase de perturbación o vibración (transversal), un movimiento o desplazamiento de esa perturbación (onda superficial).
- ❖ Operaciones mentales: representarse en un modelo el medio acuático y diferenciar dos movimientos, uno transversal de las moléculas y otro longitudinal de ondas.
- ❖ Red semántica: el movimiento de la bola se transforma en vibración del agua; las vibraciones del agua le agregan calor al estanque (principio de conservación de la energía).
- ❖ Significantes: foco, perturbación, propagación, onda mecánica, vibración, movimientos longitudinal y transversal, calor, energía.

Tabla 14. Correlación de los instrumentos sobre “ondas en el agua”

TEST INICIAL	TÓPICO GENERADOR	TEST FINAL
<i>En un estanque de aguas quietas donde flota un barquito de juguete, de pronto cae una bola de golf (pequeña y pesada) y se forman unas pequeñas ondas que se alejan del punto de caída.</i>	<i>Cuando un barquito flota en el centro de un estanque tratamos sin éxito de acercarlo a la orilla. Le tiramos objetos y palmoteamos el agua en vano. ¿Por qué el barquito no se acerca ni se aleja por más ondas que hagamos?</i>	<i>En un estanque de aguas quietas donde flota un barquito de juguete, de pronto cae una bola de golf (pequeña y pesada) y se forman unas pequeñas ondas que se alejan del punto de caída (foco).</i>
1. Lo que se desplaza en forma de ondas en el estanque es: energía .	PREGUNTAS ORIENTADORAS El agua en movimiento contiene más energía que en reposo. ¿Se agrega o se quita energía al agua del estanque cuando cae un objeto en ella? ¿Por qué?	1. El movimiento de las ondas en el agua es causado por el viento sobre el estanque. F 4. La energía del movimiento de la bola se convierte en energía de las ondas en el agua. V
2. Cuando se forman las ondas, el barquito: se mueve arriba y abajo pero no avanza ni retrocede	El movimiento de la onda se asocia con energía. ¿De dónde provino esa energía? En una onda transversal hay dos movimientos, uno vertical y otro horizontal. ¿El barco en el agua se mueve adelante-atrás, arriba-abajo, en el sentido de la onda, en sentido contrario a la onda, en círculos? Dibújelo.	2. Las ondas desplazan agua y pequeños objetos flotantes (los alejan del foco). F 5. El barquito y el agua suben y bajan en las ondas, pero no se alejan ni acercan al foco. V
3. Las ondas en el agua se desvanecen cuando: son absorbidas por el agua y la tierra circundante .	La energía no se crea ni destruye, sólo cambia de una forma a otra. ¿En qué se convierte la energía de las ondas en el agua?	3. El agua y la tierra reciben las vibraciones y así absorben la energía de las ondas. V 6. La energía de las ondas desaparece por sí sola (se auto-destruye) F

3.5.2 Factores involucrados en la concepción de ondas sonoras. Compárense con la Tabla 15.

- ❖ **Marco de referencia:** Un medio capaz de ser perturbado (aire y otros), un tipo de perturbación (longitudinal), un movimiento o desplazamiento de esa perturbación (onda esférica).
- ❖ **Operaciones mentales:** representarse en un modelo tridimensional la atmósfera y otros elementos del paisaje, y diferenciar dos movimientos, uno longitudinal de las moléculas, que regresan cerca del punto inicial luego de un breve desplazamiento y compresión, y otro también longitudinal (esférico progresivo) de propagación de la onda.

- ❖ **Red semántica:** las ondas se propagan en todas las direcciones alejándose del foco; el aire y los objetos atravesados por la onda sonora vibran y esa vibración se transmite a las moléculas vecinas; las vibraciones le agregan calor a los materiales (principio de conservación de la energía).
- ❖ **Significantes:** foco, perturbación, propagación, onda mecánica, vibración, movimientos longitudinal y transversal, calor, energía.

Tabla 15. Correlación de los instrumentos sobre “ondas sonoras”

TEST INICIAL	TÓPICO GENERADOR	TEST FINAL
<i>Una campana de bronce suena en el campanario de una iglesia.</i>	<i>Las ondas sonoras no se propagan en el vacío pero sí a través de un medio material. Entonces, ¿cómo podrían conversar dos astronautas en el espacio exterior, sin utilizar la radio?</i>	<i>Una campana de bronce suena en el campanario de una iglesia.</i>
4. Las ondas de sonido de la campana, físicamente son: energía que se propaga en forma de vibraciones	PREGUNTAS ORIENTADORAS ¿Las ondas sonoras viajan únicamente a través del aire? Si los hay, cite ejemplos de propagación a través de sólidos y de líquidos.	1. Las ondas sonoras son moléculas que se desprenden de la fuente sonora (campana). F 4. Las moléculas del aire y las paredes vibran debido a la energía de las ondas sonoras. V
5. Las ondas de sonido de la campana se propagan así: hacen vibrar todo a su alrededor	Golpee dos lápices creando un sonido de percusión. Ahora apriete un lápiz con sus dientes y tóquelo de nuevo. ¿Por qué en la boca se escucha más fuerte?	2. Las moléculas del aire y las paredes, toda la materia vibra al paso de las ondas sonoras. V 5. Las ondas sonoras se propagan gracias al aire en movimiento (viento). F
6. El sonido de la campana se desvanece debido a que: se transmite a los objetos haciéndolos vibrar	¿Si uno pega el oído a una puerta, ¿puede percibir lo que hablan adentro? ¿Por qué? La energía no se crea ni destruye, sólo cambia de una forma a otra. ¿En qué se convierte la energía de las ondas sonoras?	3. Paredes, aire, agua, personas, toda la materia puede absorber la energía del sonido. V 6. Las ondas sonoras viajan al espacio exterior fuera de la atmósfera y escapan del planeta. F

3.5.3 Factores involucrados en la concepción de ondas lumínicas. Compárense con la Tabla 16.

- ❖ **Marco de referencia:** No se requiere medio de propagación; pero sí espacio libre de obstáculos opacos (que reflejan totalmente la luz o de una densidad tal

que en su refracción la consuman enteramente); el tipo de onda es transversal y su propagación es esférica (rayos en línea "recta"), excepto en el cable coaxial ("reflexión total").

- ❖ **Operaciones mentales:** representarse en un modelo tridimensional el foco de luz y elementos del paisaje, la propagación rectilínea, la reflexión y la refracción de la luz, inferir su presencia en espacios sombreados e iluminados, y diferenciar "dispersión" de "extinción".
- ❖ **Red semántica:** las ondas lumínicas se propagan en línea recta en todas las direcciones alejándose del foco; la luz se propaga en el vacío a 300.000 k/s; cuando ingresa a cualquier medio físico sufre reflexión y refracción; la reflexión es el rebote de los rayos en la superficie del medio sobre el cual incide la luz; la refracción es el cambio de dirección de los rayos que penetran en el nuevo medio; su absorción implica conversión en calor. El carácter electro-magnético de la luz comporta un significado "fuerte": inducción y variación simultánea de dos campos, uno eléctrico y otro magnético, perpendiculares y en la misma dirección. La luz, como onda esférica, se dispersa a medida que crece la distancia.
- ❖ **Significantes:** foco, perturbación transversal, onda electromagnética, propagación rectilínea, reflexión, refracción, absorción, calor, energía, dispersión.

Tabla 16. Correlación de los instrumentos sobre “ondas lumínicas”

TEST INICIAL	TÓPICO GENERADOR	TEST FINAL
<i>En una habitación cerrada hay una vela encendida.</i>	<i>La luz viaja en línea recta y cuando cambia de un medio a otro se refleja y se refracta. Puesto que la fibra óptica es flexible, ¿cómo puede la luz “doblar” y viajar a través de esa fibra?</i>	<i>En una habitación cerrada hay una vela encendida.</i>
7. La luz de la vela está constituida por: radiación emitida por la combustión	PREGUNTAS ORIENTADORAS Casi toda la energía de la Tierra procede del Sol. ¿En qué formas de energía se transforma la energía solar? ¿La luz necesitan aire para propagarse? ¿Cómo llega la luz solar a la Tierra? Cuando una linterna ilumina la pared de una habitación oscura, ilumina más que la sola pared. ¿Cómo se produce la luz indirecta, que ilumina los demás espacios?	1. La luz es un tipo de radiación que puede propagarse en el vacío o en medios no opacos. V 4. La luz necesita que haya oscuridad para poder propagarse. F 2. La luz se refleja en ciertas superficies y así llega indirectamente a algunos sitios ocultos. V 5. La luz se dobla si hay suficiente oscuridad y se propaga en trayectorias curvas. F
8. Una vela sobre una mesa alcanza a iluminar un objeto que se halla debajo de la mesa, porque la luz: se refleja en las superficies cercanas a la mesa	Si se ilumina un tubo recto con una linterna la luz sale al otro lado. Si el tubo se dobla en ángulo recto, se puede poner un espejo en la esquina doblada para que salga la luz. ¿Cómo se puede “doblar” la luz en un cable de fibra óptica?	3. La luz se desintegra o se desvanece cuando viaja por un lugar iluminado. F 6. La luz que no se refleja es absorbida por los cuerpos materiales que ella ilumina. V
9. Las ondas de luz de la vela se debilitan cuando: los objetos iluminados están lejos		

3.5.4 Factores involucrados en la concepción de ondas de radio. Compárense con la Tabla 17.

- ❖ **Marco de referencia:** No requieren medio de propagación; en el vacío se desplazan a la velocidad de la luz; cuando atraviesan medios físicos sufren distorsión, reflexión y absorción; el tipo de onda es transversal y su propagación puede ser omni-direccional (en todas direcciones) o dirigida, según la antena; hay tres formas de transmisión: entre una antena y otra (directamente); rebotando entre la tierra y la baja atmósfera (troposfera); y enlazando dos antenas por medio de un satélite o rebotando en la alta atmósfera (ionosfera); en la telefonía celular se emplean transmisores-

receptores de baja potencia enlazados mediante antenas estacionarias que forman una red de celdas (células) hexagonales.

- ❖ **Operaciones mentales:** representarse en un modelo tridimensional la antena y elementos del paisaje y los modos de propagación en la atmósfera; representarse en un modelo tridimensional las células de una red celular y distinguir la conmutación de las antenas cuando el usuario se desplaza.
- ❖ **Red semántica:** las ondas hertzianas son electromagnéticas, producidas por la inducción a lo largo de una antena de un campo eléctrico y uno magnético; se propagan en el vacío y a través de algunos medios físicos, como la atmósfera; la potencia de la onda decrece con la distancia.
- ❖ **Significantes:** antena base, onda electromagnética, campo eléctrico, campo magnético, longitud de onda, troposfera, ionosfera, célula, hexágono.

Tabla 17. Correlación de los instrumentos sobre “ondas de radio”

TEST INICIAL	TÓPICO GENERADOR	TEST FINAL
<i>Dos personas se comunican por medio de teléfonos celulares.</i>	<i>Un walkie-talkie utiliza un transmisor de 25 vatios y puede comunicar a 1,5 kilómetros de distancia; en cambio, un teléfono celular utiliza un transmisor de entre 0,6 y 3 vatios. Si un teléfono celular transmite con tan baja potencia, ¿cómo puede tener un alcance tan grande, dentro y fuera de la ciudad?</i>	<i>Dos personas se comunican por medio de teléfonos celulares.</i>
10. La señal del celular está constituida por: ondas de radio		1. El teléfono celular transmite y recibe ondas sonoras por medio de su antena. F 4. El teléfono celular se basa en la tecnología de las ondas electromagnéticas. V
11. Las ondas que recibe un teléfono celular provienen de: una antena local en el barrio	¿Por qué las ondas del celular pueden traspasar las paredes? ¿Por qué se puede transmitir y recibir al mismo tiempo?	2. Los celulares son emisores-receptores de radio en una gran red de antenas repetidoras. V 5. Los celulares ofrecen en “cobertura total” gracias a su enorme potencia de transmisión. F
12. La señal del celular se puede desvanecer sin haber colgado, cuando uno de los usuarios: se aleja del alcance de una antena	¿Por qué a veces al salir de la ciudad se pierde la señal?	3. Un teléfono celular sólo recibe y transmite señales con la antena de la célula donde esté. V 6. Para conectarse con un celular en otra ciudad, el celular se comunica con un satélite. F

4. APLICACIÓN

Una vez afinados los instrumentos, se hizo una aplicación para ponerlos a prueba con veintiséis (26) estudiantes del grado Ocho-Dos (8-2) del ciclo de educación básica secundaria del año 2007, de la jornada de la mañana del Instituto Rafael Pombo de Floridablanca. Su edad promedio es 13,2 años cumplidos.

Los instrumentos 1, 2 y 3 (Explorador de modelos, Test inicial y Tópicos generadores) se aplicaron a lo largo de una jornada de seis horas, así:

- ❖ Introducción al proceso: se explicó a los estudiantes durante la primera hora de clase acerca de qué es un museo interactivo, qué exhibiciones se encuentran allí, cuáles son los objetivos educativos de una visita y qué tipo de preparación se realizaría con ellos (1 hora aproximadamente).
- ❖ El explorador de modelos: se entregaron las cuatro situaciones por separado, de manera que la segunda hoja fue entregada después de recogerse la primera y así sucesivamente las demás. Las respondieron individualmente, sin límite de tiempo hasta completar las cuatro hojas con textos y dibujos. (1 hora aproximadamente).
- ❖ Después del descanso según horario del colegio, se pidió a los estudiantes que se reunieran en grupos de tres y recordaran y discutieran los modelos que representaron. Se emplearon veinte minutos. Luego se aplicó el Test inicial para el cual se dio un tiempo de cuarenta minutos. Para que fueran conscientes de los modelos que tenían en mente cuando respondieron el Test inicial, se les pidió que anotaran las letras de sus respuestas en un pequeño formato, como se ilustra en la Figura 19 (1 hora aproximadamente).

Figura 19. Ficha para recordar las respuestas

Mis modelos mentales		
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

- ❖ El paso siguiente fue la explicación sobre qué es un modelo^{*}. Se pidió a varios estudiantes que leyeran sus respuestas y, situación por situación, se mostró cómo los diversos miembros del grupo habían utilizado modelos diferentes. Se aclaró que no se pretendía decir quién estaba bien y quién estaba mal sino observar que cada uno constituía modelos en su mente (1 hora aproximadamente).
- ❖ Después del segundo descanso se explicó a los estudiantes qué se esperaba que ellos hicieran para mejorar su comprensión sobre las ondas^{**}. Se les entregó la primera hoja del Instrumento 3 y se les explicó en qué consiste un tópico generador, cómo se podía manejar la explicación que contiene esa hoja y de qué manera las preguntas orientadoras les podían ayudar a responder finalmente el tópico. Se organizaron grupos de tres estudiantes y se les dio a cada grupo un solo tópico generador para que lo estudiaran y resolvieran y se les pidió que prepararan para el día siguiente una exposición con ese trabajo (dos horas aproximadamente).

El siguiente encuentro también ocupó una jornada de seis horas. Las actividades de ese día fueron como sigue:

- ❖ Las exposiciones de los estudiantes. (1,5 horas aproximadamente).
- ❖ La visita a Neomundo. Se realizó en el horario acordado (tres horas).
- ❖ La aplicación del Test final. Los estudiantes respondieron individualmente las veinticuatro preguntas de Falso o Verdadero con justificación de sus respuestas, dentro de Neomundo, en la sala infantil (una hora adicional).

4.1. RESULTADOS DEL EXPLORADOR DE MODELOS

El Explorador se tabula transcribiendo los textos de los estudiantes y teniendo en cuenta sus dibujos. No se tiene en cuenta si son científicamente verdaderas o falsas. Las ideas de sentido común se hallan tan arraigadas que una misma persona puede creer en dos ideas contradictorias entre sí. Por ejemplo: *«Las ondas llegan al barco de juguete que hay en el estanque. Se mueve y puede*

^{*} Un modelo o representación es la imagen y/o el texto que empleamos a manera de analogía para hacer explícita una idea o concepto y hacerlo así más directamente asimilable. Es la expresión esquemática y simplificada de la comprensión que se tiene de algo.

^{**} En síntesis: comprender la pregunta del tópico y elaborar una respuesta provisional; después comparar las explicaciones del instrumento 3 con los modelos que ellos elaboraron en el instrumento 1; por último responder las preguntas orientadoras y evaluar si esas respuestas son coherentes con la respuesta provisional que dieron al tópico generador.

hundirse. Hasta que las ondas pueden hacer flotar el barquito de juguete. Bueno, eso es lo que yo pienso o como también puede hundirse.»

Con las respuestas dadas por los estudiantes se identifican las ideas de sentido común y se categorizan como se muestra en las Tablas 18, 19, 20 y 21. A partir del análisis de las categorías se construyen las preguntas y las opciones del Test inicial (Instrumento 2).

Tabla 18. Ideas de sentido común sobre las ondas en el agua

EST	CATEGORIZACION DE LAS IDEAS DE SENTIDO COMÚN SOBRE LAS ONDAS EN EL AGUA
22	Al caer la bola al agua se crean ondas y éstas alejan al barco.
8	El barco se hunde debido a los movimientos de las ondas.
7	El barco se voltea debido a los movimientos de las ondas.
7	Al terminar las ondas, el barco queda quieto a la orilla del estanque.
5	El barco no se hunde, flota.
3	La bola de golf se sumerge.
2	La bola de golf flota.
1	El barco no se desplaza pero sí se mueve en su sitio.

EST: ESTUDIANTES

Tabla 19. Ideas de sentido común sobre las ondas sonoras

EST	CATEGORIZACION DE LAS IDEAS DE SENTIDO COMÚN SOBRE LAS ONDAS SONORAS
26	Las ondas se producen con el golpe de la campana.
26	Las ondas se expanden a medida que pasa el tiempo.
7	Las ondas sonoras empiezan pequeñas y cada vez son más grandes.
6	Cuando termina la onda disminuye el sonido hasta terminar.
6	Las ondas sonoras se escuchan más de cerca y a medida que se está lejos el sonido va desapareciendo.
6	Si se pega con fuerza a la campana la onda es más fuerte y se expande más.
1	Si las ondas sonoras chocan con un objeto el sonido se devuelve.

EST: ESTUDIANTES

Tabla 20. Ideas de sentido común sobre las ondas lumínicas

EST	CATEGORIZACIÓN DE LAS IDEAS DE SENTIDO COMÚN SOBRE LAS ONDAS LUMÍNICAS
12	Cuando se prende la vela se producen ondas lumínicas, al comienzo no alumbran tanto, después se va extendiendo la luz.
9	Para que se produzcan ondas lumínicas es necesario el calor.
7	La luz que produce la vela ilumina más cuando el cuarto está oscuro.
6	La luz que produce la vela no llega a todas las partes del cuarto.
3	Cuando la vela empieza a derretirse produce menos luz.
3	La luz de la vela produce reflejos de luz.
1	Cuando la vela empieza a derretirse sus ondas de luz son más grandes.

EST: ESTUDIANTES

Tabla 21. Ideas de sentido común sobre las ondas de radio

EST	CATEGORIZACIÓN DE LAS IDEAS DE SENTIDO COMÚN SOBRE LAS ONDAS DE RADIO
11	El celular transmite unas ondas que van dirigidas a una antena y de ésta al otro celular.
9	Las ondas sonoras se transmiten de celular a celular.
4	La antena produce ondas que viajan hasta localizar el celular receptor.
2	El celular envía unas radiaciones que recibe el otro celular y así se pueden comunicar.

EST: ESTUDIANTES

Las ideas de sentido común se tuvieron en cuenta para elaborar las preguntas del Test inicial.

4.2. RESULTADOS DEL TEST INICIAL

Los resultados del test inicial se agrupan según dos criterios: efectividad e identificación de modelos. El concepto de “efectividad” surge de la lectura del instrumento como prueba de aprovechamiento y se refiere a los aciertos que tuvo el estudiante en la prueba. El concepto de “identificación de modelos” surge de la lectura del instrumento como rejilla de categorización de ideas.

4.2.1 Aciertos en el Test inicial. El promedio de aciertos en esta prueba, sobre 12 preguntas es de 4,27, es decir, el 35,6%. La mayoría de estudiantes se

concentran alrededor de 5 respuestas (mediana). Véase la Tabla 22: Efectividad total de las respuestas del Test inicial.

Tabla 22. Aciertos totales en las respuestas del Test inicial

ACIERTOS TOTALES EN EL TEST INICIAL			
ESTUDIANTES		EFFECTIVIDAD	
No.	%	Aciertos	%
1	4	1	8
2	8	2	17
4	15	3	25
4	15	4	33
12	46	5	42
3	12	6	50
26	100%		

El estudio de las respuestas individuales refleja la inclinación hacia las opciones científicamente erróneas, como las siguientes: las ondas en el estanque son agua, que el barco avanza en la dirección de propagación de las ondas, y que las ondas en el agua se apagan solas; también que las ondas sonoras se propagan formando vientos y se desvanecen volviéndose densas; que la luz de la vela es parafina o carbono y se debilita con la luz solar; que las ondas del celular son sonoras y provienen de un satélite o de otro celular.

Por otra parte, hay ideas de la física que, aunque básicas, no hacen parte del bagaje teórico de los estudiantes, como que las ondas mecánicas son absorbidas por el medio de propagación, que la intensidad de la luz se debilita con la distancia o que las ondas de radio provienen de una antena local.

También hay ideas de sentido común afines con el discurso científico, como que las ondas sonoras son energía y se propagan haciendo vibrar todo alrededor; que la luz ilumina bajo la mesa porque se refleja y que la señal del celular se desvanece cuando el usuario se aleja del alcance de una antena. Sin embargo, de una pregunta a otra se salta de opinión como sucede al considerar que la onda en el agua es materia y la onda sonora es energía, que las ondas del celular son sonoras y pueden provenir de un satélite, etc. Véase la Tabla 23: Efectividad en las respuestas individuales.

Tabla 23. Aciertos en las respuestas individuales - Test inicial

PREGUNTAS		ACIERTOS EN CADA RESPUESTA	ESTUDIANTES	
No.	Opción	Descripción de las opciones	No.	%
1	A	la onda es agua	13	50,0
	B	la onda es energía	9	34,6
	C	la onda es aire	2	7,7
	D	la onda es sonido	2	7,7
2	A	el barco avanza en el sentido de propagación de la onda	16	61,5
	B	el barco se mueve arriba y abajo pero no avanza ni retrocede	4	15,4
	C	el barco no avanza pero el agua sí avanza con la onda	2	7,7
	D	el barco retrocede aunque al agua avanza con la onda	4	15,4
3	A	la onda es absorbida por el agua y la tierra circundante	0	0,0
	B	la onda se precipita y cae en el fondo del estanque	3	11,5
	C	la onda se evapora en el aire sobre el estanque	1	3,8
	D	la onda se apaga sola y desaparece en la nada	23	88,5
4	A	La onda es electricidad	0	0,0
	B	La onda es energía	22	84,6
	C	La onda es partículas de bronce	0	0,0
	D	La onda es radiación electromagnética	4	15,4
5	A	se propaga formando vientos	6	23,1
	B	se propaga lanzando bronce al vacío	0	0,0
	C	se propaga electrizando el aire	2	7,7
	D	se propaga haciendo vibrar todo alrededor	18	69,2
6	A	se desvanece volviéndose densa	17	65,4
	B	se desvanece cayendo pesadamente al suelo	1	3,8
	C	se desvanece haciendo vibrar los objetos	2	7,7
	D	se desvanece viajando sin fin en el espacio	6	23,1
7	A	La luz de la vela es moléculas de aire	6	23,1
	B	La luz de la vela es partículas de parafina	4	15,4
	C	La luz de la vela es átomos de carbono	9	34,6
	D	La luz de la vela es radiación	7	26,9
8	A	la vela ilumina bajo la mesa porque absorbe la oscuridad	4	15,4
	B	la vela ilumina bajo la mesa porque se curva	3	11,5
	C	la vela ilumina bajo la mesa porque atraviesa la mesa	1	3,8
	D	la vela ilumina bajo la mesa porque la luz se refleja	18	69,2
9	A	la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar	21	80,8
	B	la luz de la vela se debilita cuando está oscuro	2	7,7
	C	la luz se debilita cuando los objetos están lejos	0	0,0
	D	la luz de la vela se debilita cuando el aire está húmedo	3	11,5
10	A	Las ondas del celular son de radio	9	34,6
	B	Las ondas del celular son sonoras	14	53,8
	C	Las ondas del celular son lumínicas	0	0,0
	D	Las ondas del celular son mecánicas	3	11,5
11	A	provienen de un satélite	18	69,2
	B	provienen de una antena local	0	0,0
	C	provienen de una antena central	2	7,7
	D	provienen de otro celular	6	23,1
12	A	se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro	3	11,5
	B	se desvanece si el usuario se aleja del alcance de una antena	22	84,6
	C	se desvanece si el usuario cierra la ventanilla del auto	0	0,0
	D	se desvanece si el usuario se aleja demasiado del otro	1	3,8

Los desempeños son desiguales en la comprensión de las ondas mecánicas: bajo desempeño en las ondas en el agua y desempeño casi aceptable en ondas

sonoras. Los desempeños en ondas electromagnéticas son también bajos. Véanse las Tablas 24 a 27.

Tabla 24. Efectividad parcial en el Test inicial – Ondas en el agua

ACIERTOS TEST INICIAL - ONDAS EN EL AGUA		
Estudiantes		Efectividad
No	Porcentaje	Porcentaje
15	58%	0%
9	34%	33%
2	8%	67%
0	0%	100%

Tabla 25. Efectividad parcial en el Test inicial – Ondas sonoras

EFFECTIVIDAD PARCIAL EN EL TEST INICIAL - ONDAS SONORAS		
Estudiantes		Efectividad
No	%	%
2	8	0
8	31	33
14	54	67
2	8	100

Tabla 26. Efectividad parcial en el Test inicial – Ondas lumínicas

EFFECTIVIDAD PARCIAL EN EL TEST INICIAL - ONDAS LUMÍNICAS		
Estudiantes		Efectividad
No	%	%
7	27	0
13	50	33
6	23	67
0	0	100

Tabla 27. Efectividad parcial en el Test inicial – Ondas de radio

EFFECTIVIDAD PARCIAL EN EL TEST INICIAL - ONDAS DE RADIO		
Estudiantes		Efectividad
No	%	%
3	12	0
15	58	33
8	31	67
0	0	100

4.2.2 Identificación de modelos en el Test inicial. Los modelos que resultan de la aplicación de este instrumento se muestran en las Tablas 28 a 31.

Tabla 28. Frecuencia de modelos de ondas en el agua en el Test inicial

PREGUNTAS			MODELOS DE ONDAS EN EL AGUA TEST INICIAL	FRECUENCIA	
1	2	3		#	%
A	A	C	Las ondas son agua, el barquito avanza en el sentido de las ondas y éstas se evaporan sobre el estanque.	1	4%
A	A	D	Las ondas son agua, el barquito avanza en el sentido de las ondas y éstas se apagan solas.	8	30%
A	B	D	Las ondas son agua, el barquito se mueve arriba y abajo pero no avanza ni retrocede y las ondas se apagan solas.	1	4%
A	D	D	Las ondas son agua, el barquito retrocede aunque el agua avanza con las ondas y éstas se apagan solas.	3	11%
B	A	B	Las ondas son energía, el barquito avanza en el sentido de las ondas y éstas se precipitan y caen en el fondo.	1	4%
B	A	D	Las ondas son energía, el barquito avanza en el sentido de las ondas y éstas se apagan solas.	3	11%
B	B	D	Las ondas son energía, el barquito se mueve arriba y abajo pero no avanza ni retrocede y las ondas se apagan solas.	2	8%
B	C	D	Las ondas son energía, el barquito no avanza pero el agua sí avanza con las ondas y éstas se apagan solas.	2	8%
B	D	B	Las ondas son energía, el barquito retrocede aunque el agua avanza con las ondas y éstas se precipitan y caen en el fondo del estanque.	1	4%
C	A	D	Las ondas son aire, el barquito avanza en el sentido de la onda y la onda se apaga sola.	1	4%
C	B	B	Las ondas son aire, el barquito se mueve arriba y abajo pero no avanza ni retrocede y las ondas se precipitan y cae en el fondo.	1	4%
D	A	D	Las ondas son sonido, el barquito avanza en el sentido de la onda y la onda se apaga sola.	2	8%
TOTALES				26	100%

Hay una gran dispersión de modelos, con predominancia del modelo “ondas de agua que empujan barcos y se apagan solas”, que tiene un 30%. El modelo canónico, aceptado por los físicos, de “ondas de energía que mueven un barco arriba y abajo pero sin hacerlo avanzar ni retroceder y son absorbidas por el agua y la tierra circundante” no tuvo quien lo suscribiera (0%).

Tabla 29. Frecuencia de modelos de ondas sonoras en el Test inicial

PREGUNTAS			MODELOS DE ONDAS SONORAS TEST INICIAL	FRECUENCIA	
4	5	6		#	%
B	A	A	Las ondas son energía, se propagan formando vientos y se desvanecen volviéndose densas.	4	15%
B	C	A	Las ondas son energía, se propagan electrizando el aire y se desvanecen volviéndose densas.	1	4%
B	C	D	Las ondas son energía, se propagan electrizando el aire y se desvanecen viajando sin fin en el espacio.	1	4%
B	D	A	Las ondas son energía, se propagan haciendo vibrar todo alrededor y se desvanecen volviéndose densas.	11	42%
B	D	B	Las ondas son energía, se propagan haciendo vibrar todo alrededor y se desvanecen cayendo pesadamente al suelo.	1	4%
B	D	C	Las ondas son energía, se propagan haciendo vibrar todo alrededor y se desvanecen haciendo vibrar los objetos.	2	8%
B	D	D	Las ondas son energía, se propagan haciendo vibrar todo alrededor y se desvanecen viajando sin fin en el espacio.	2	8%
D	A	D	Las ondas son radiación electromagnética, se propagan formando vientos y se desvanecen viajando sin fin en el espacio.	2	8%
D	D	A	Las ondas son radiación electromagnética, se propagan haciendo vibrar todo alrededor y se desvanecen volviéndose densas.	1	4%
D	D	D	Las ondas son radiación electromagnética, se propagan haciendo vibrar todo alrededor y se desvanecen viajando sin fin en el espacio.	1	4%
			TOTALES	26	101%

Hay menos dispersión de modelos y el que predomina es el de “ondas de energía que se propagan haciendo vibrar todo alrededor y se desvanecen volviéndose densas”, suscrito por un 42%. El modelo canónico, de “ondas de energía que se propagan haciendo vibrar todo alrededor y se desvanecen haciendo vibrar los objetos” fue suscrito por el 8%.

Tabla 30. Frecuencia de modelos de ondas lumínicas en el Test inicial

PREGUNTAS			MODELOS DE ONDAS LUMÍNICAS	FRECUENCIA	
7	8	9		#	%
A	B	B	La luz de la vela es moléculas de aire, la vela ilumina bajo la mesa porque se curva y la luz de la vela se debilita cuando está oscuro.	1	4%
A	C	B	La luz de la vela es moléculas de aire, la vela ilumina bajo la mesa porque atraviesa la mesa y la luz de la vela se debilita cuando está oscuro.	1	4%
A	D	A	La luz de la vela es moléculas de aire, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	4	15%
B	B	A	La luz de la vela es partículas de parafina, la vela ilumina bajo la mesa porque se curva y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	1	4%
B	D	A	La luz de la vela es partículas de parafina, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	1	4%
B	D	D	La luz de la vela es partículas de parafina, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando el aire está húmedo.	2	8%
C	A	A	La luz de la vela es átomos de carbono, la vela ilumina bajo la mesa porque absorbe la oscuridad y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	3	11%
C	B	A	La luz de la vela es átomos de carbono, la vela ilumina bajo la mesa porque se curva y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	1	4%
C	D	A	La luz de la vela es átomos de carbono, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	4	15%
C	D	D	La luz de la vela es átomos de carbono, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando el aire está húmedo.	1	4%
D	A	A	La luz de la vela es radiación, la vela ilumina bajo la mesa porque absorbe la oscuridad y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	1	4%
D	D	A	La luz de la vela es radiación, la vela ilumina bajo la mesa porque se refleja y la luz de la vela se debilita cuando hay luz solar.	6	23%
			TOTALES	26	100%

Los modelos son también muy dispersos, con una ligera predominancia del modelo de “ondas de radiación que iluminan bajo una mesa porque se reflejan y se debilitan cuando hay luz solar”, que tuvo un 23% de aceptación. El modelo canónico, es decir, de “ondas de radiación que iluminan bajo una mesa porque se reflejan y se debilitan cuando los objetos están lejos”, no tuvo quién le suscribiera (0%).

Tabla 31. Frecuencia de modelos de ondas de radio en el Test inicial

PREGUNTAS			MODELOS DE ONDAS DE RADIO	FRECUENCIA	
10	11	12		#	%
A	A	A	Las ondas del celular son de radio, provienen de un satélite y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	1	4%
A	A	B	Las ondas del celular son de radio, provienen de un satélite y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	7	27%
A	C	B	Las ondas del celular son de radio, provienen de una antena central y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	1	4%
B	A	B	Las ondas del celular son sonoras, provienen de un satélite y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	6	23%
B	A	D	Las ondas del celular son sonoras, provienen de un satélite y se desvanece si el usuario se aleja demasiado del otro.	1	4%
B	C	A	Las ondas del celular son sonoras, provienen de una antena central y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	1	4%
B	D	A	Las ondas del celular son sonoras, provienen de otro celular y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	1	4%
B	D	B	Las ondas del celular son sonoras, provienen de otro celular y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	5	19%
D	A	B	Las ondas del celular son mecánicas, provienen de un satélite y se desvanece si el usuario se acerca demasiado al otro.	3	11%
			TOTALES	26	100%

Los modelos de ondas del teléfono celular son los menos dispersos, con predominancia del modelo de “ondas de radio que provienen de un satélite y se desvanecen si el usuario se acerca demasiado al otro” con un 27%, y el modelo de “ondas sonoras que provienen de un satélite y se desvanecen si el usuario se acerca demasiado al otro”, con un 23%. El modelo canónico, de “ondas de radio que provienen de una antena central y se desvanecen si el usuario se aleja del alcance de una antena” no tuvo quién le suscribiera (0%).

4.3 APLICACIÓN DE LOS TÓPICOS GENERADORES

La constitución de grupos de tres se hizo de manera aleatoria por parte del maestro. Los estudiantes se dispusieron algunos en el salón de clase y otros en los pasillos aledaños y trabajaron en la lectura de las hojas y la preparación de sus exposiciones. Hubo dificultades con el vocabulario del instrumento.

Las exposiciones de los estudiantes estuvieron muy ceñidas a las explicaciones contenidas en el instrumento, por lo cual hubo que hacer un trabajo intenso de mediación.

4.4 VISITA A NEOMUNDO

Luego de las exposiciones de los tópicos generadores se hizo la visita a Neomundo. El tiempo de la visita fue de tres horas más una hora para responder el Test final.

La expectativa era muy grande y las emociones exacerbadas. Inmersos en el ánimo curioso y emocionado de los estudiantes se comprendía cuán inútiles y frustrantes pueden ser las tareas escolares asignadas como obligación en una visita a un museo.

Los estudiantes fueron conducidos por un guía diferente en cada sala, quienes les explicaban cada una de las exhibiciones que allí se encontraban. En su orden, conocieron las salas de Señales, Energía e Infantil.

En la retroalimentación de la jornada, los estudiantes manifestaron que las exhibiciones que más les había gustado fueron las de píxeles, conmutación telefónica, los robots hormiga y Haibo en la sala de Señales; casi todo en la sala de Energía y que les habría gustado que los dejaran jugar en el rincón destinado a los preescolares en la sala Infantil.

Sin excepción, todos recordaban las infografías dedicadas a las distintas clases de ondas, lo cual muestra que la preparación los había sensibilizado suficientemente hacia el tema.

4.5 RESULTADOS DEL TEST FINAL

La información recogida en el Test final, como se hizo en el test inicial, puede leerse de dos formas: como prueba de aprovechamiento y como rejilla de categorización de ideas. En el primer caso permite saber cuán efectivamente transformaron los estudiantes sus modelos de interpretación de los fenómenos estudiados. En el segundo caso permite volver a precisar los modelos que ellos están manejando. El propósito del Test final se cumple en la medida que se pueda comparar con el Test inicial.

4.5.1. Efectividad en el Test final. El promedio de aciertos en esta prueba, sobre 24 preguntas fue de 14,0. La mayoría de estudiantes se concentró alrededor de 14 respuestas correctas (mediana). Comparados los logros con los del Test inicial la mejoría fue notable, pues mientras en el primero la efectividad llegó a 35,6% ahora se remontó a 58,3% (22,7% por encima). Los desempeños fueron como se aprecia en la Tabla 32: Efectividad total de las respuestas del Test final.

Tabla 32. Efectividad total de las respuestas del Test final

EFECTIVIDAD TOTAL – TEST FINAL		
Estudiantes		Efectividad
No.	Porcentaje	Porcentaje
4	15%	38%
11	42%	53%
5	19%	64%
5	19%	74%
1	4%	88%

Para comparar el Test final con el Test inicial es necesario retomar los datos por separado para cada situación analizada y también para cada componente de la situación: naturaleza de la onda, propagación y extinción de la onda.

En la situación de ondas en el agua se percibe mejoría en los tres desempeños relacionados con ella, como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33. Efectividad por situaciones en el Test final – Ondas en el agua

EFECTIVIDAD INICIAL Y FINAL – ONDAS EN EL AGUA		
	Porcentaje Test inicial	Porcentaje Test final
Naturaleza de las ondas	35%	87%
Cómo se propagan	15%	85%
Cómo se extinguen	0%	52%

Sobre la naturaleza de las ondas, la afirmación falsa (el movimiento de las ondas en el agua es causado por el viento sobre el estanque) tuvo cero (0) fallos mientras la afirmación verdadera (la energía del movimiento de la bola se convierte en energía de las ondas en el agua) tuvo cuatro (4) fallos. Esta debilidad se verá magnificada en el tercer desempeño.

Sobre la propagación de las ondas, la afirmación falsa (las ondas desplazan agua y pequeños objetos flotantes) tuvo cero (0) fallos y la afirmación verdadera (el barquito y el agua suben y bajan en las ondas, pero no se alejan ni acercan al foco) tuvo siete (7) fallos. Se logró diferenciar el transporte de energía del transporte de materia, pero es débil el concepto de onda transversal.

Sobre la extinción de las ondas, la afirmación verdadera (el agua y la tierra reciben las vibraciones y así absorben la energía de las ondas) tuvo cuatro (4) fallos mientras la afirmación falsa (la energía de las ondas desaparece por sí sola, se auto-destruye) tuvo diecinueve (19) fallos. Eso muestra que es problemático el

concepto de transducción de energía. No se ha comprendido la idea de que la energía no se destruye sino que sufre transformaciones.

En la situación de ondas sonoras los desempeños fueron atípicos y por ello merecen la mayor atención. Véase la Tabla 34.

Tabla 34. Efectividad por situaciones en el Test final – Ondas sonoras

EFFECTIVIDAD INICIAL Y FINAL – ONDAS SONORAS		
	Porcentaje Test inicial	Porcentaje Test final
Naturaleza de las ondas	85%	52%
Cómo se propagan	69%	46%
Cómo se extinguen	8%	75%

Se esperaba mejoría en el tercer desempeño, lo cual se logró, pero ha sido inesperado el retroceso en los dos primeros desempeños.

Con respecto a la naturaleza de las ondas, la afirmación falsa (las ondas sonoras son moléculas que se desprenden de la fuente sonora –campana-) tuvo trece (13) fallos mientras que la afirmación verdadera (las moléculas del aire y las paredes vibran debido a la energía de las ondas sonoras) tuvo once (11) fallos. Nueve estudiantes fallaron tanto en la afirmación falsa como en la verdadera. Sus argumentos se registran en la Tabla 35.

Tabla 35. Argumentos erróneos sobre naturaleza de ondas en el agua

ARGUMENTOS ERRÓNEOS SOBRE NATURALEZA DE LAS ONDAS SONORAS – TEST FINAL	
Argumentan como VERDADERO que las ondas sonoras son moléculas que se desprenden de la fuente sonora – campana- porque:	Argumentan como FALSO que las moléculas del aire y las paredes vibran debido a la energía de las ondas sonoras, porque:
...por eso causan ondas sonoras.	...puede que no vibren.
...las ondas se van esparciendo.	...no vibran, sólo se escuchan.
...entran más.	...no es vibración.
...el sonido se desprende de la campana.	...el aire es el que transporta la energía.
...al chocar se producen vibraciones que dan el sonido.	...no sé
...poco a poco se acaban.	...es el sonido el que hace vibrar.
...chocan acero con acero.	...sólo vibran las moléculas.
...se desprenden de la campana.	...no sé
...al mover la campana se desprende el sonido.	...es el aire el que transporta la energía.

Se razona que si el badajo es metálico y golpea la campana, también metálica, necesariamente se desprende algo metálico. No se ha comprendido la energía como la relación entre el movimiento del badajo, la vibración de la campana y la vibración del entorno de la campana. Por otro lado, se razona más fácilmente que el aire vibra (lo cual no se ve y difícilmente se palpa) y menos que los sólidos y líquidos vibran (siendo más perceptibles a la vista y al tacto).

Y sobre la propagación de las ondas, la afirmación verdadera (las moléculas del aire y las paredes, toda la materia vibra al paso de las ondas sonoras) tuvo nueve (9) fallos mientras que la afirmación falsa (las ondas sonoras se propagan gracias al aire en movimiento –viento-) tuvo dieciocho (18) fallos. Seis estudiantes fallaron tanto en la afirmación verdadera como en la falsa y sus argumentos confirman que en efecto tienen una concepción científicamente errónea, como se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36. Argumentos erróneos sobre propagación de ondas en el aire

ARGUMENTOS ERRÓNEOS SOBRE PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS SONORAS EN EL AIRE – TEST FINAL	
Argumentan como FALSO que las moléculas del aire, las paredes y toda la materia vibra al paso de las ondas sonoras, porque:	Argumentan como VERDADERO que las ondas sonoras se propaguen gracias al aire en movimiento (viento), porque:
...disminuyen su sonido.	...con aire se pueden esparcir.
...las ondas sonoras no hacen vibrar nada, solo el ruido.	...sin aire no se pueden mover y sonar.
...ellas no tienen la suficiente fuerza para hacer vibrar las cosas.	...si no las ondas sonoras pierden la fuerza.
...ellas hacen vibrar no más el aire.	...sí, por ser ondas sonoras.
...en la mayoría de veces son sonidos débiles y no hacen vibrar.	...el viento hace que el sonido sea cada vez más fuerte.
...la energía de las ondas se desvanece	...ellas se esparcen gracias al viento.

Se aprecia que no asocian los conceptos de sonido y vibración; más bien creen que las ondas sonoras son sonido (se las piensa débiles) y los ruidos son vibración (se les piensa fuertes). Por otro lado, conciben que las ondas sonoras necesitan de un vehículo que la transporte y éste es el viento.

En la situación de las ondas lumínicas hubo mejoras modestas en los tres desempeños, como se aprecia en la Tabla 37.

Tabla 37. Efectividad por situaciones en el Test final – Ondas lumínicas

EFFECTIVIDAD INICIAL Y FINAL – ONDAS LUMÍNICAS		
	Porcentaje Test inicial	Porcentaje Test final
Naturaleza de las ondas	27%	44%
Cómo se propagan	69%	73%
Cómo se extinguen	0%	29%

En el primer desempeño hay nueve (9) estudiantes que fallan su juicio sobre la afirmación verdadera (la luz es un tipo de radiación que puede propagarse en el vacío o en medios no opacos) y simultáneamente la segunda afirmación (la luz necesita que haya oscuridad para poder propagarse). El concepto de onda electromagnética es complejo y poco familiar para los estudiantes.

En el segundo desempeño un solo estudiante falla en ambas afirmaciones, pero hay doce estudiantes que creen que la luz se dobla. Y en el tercer desempeño fallan ambas afirmaciones doce (12) estudiantes. Contradecir la falsa (la luz se desintegra o se desvanece cuando viaja por un lugar iluminado) y la verdadera (la luz que no se refleja es absorbida por los cuerpos materiales que ella ilumina.) sería “irsensato” si se las mira desde el sentido común.

En la situación de las ondas de radio fue modesta la mejora en el primer desempeño, significativa en el segundo desempeño y negativa en el tercero, como se aprecia en la Tabla 38.

Tabla 38. Efectividad por situaciones en el Test final – Ondas de radio

EFFECTIVIDAD INICIAL Y FINAL – ONDAS DE RADIO		
	Porcentaje Test inicial	Porcentaje Test final
Naturaleza de las ondas	35%	52%
Cómo se propagan	0%	62%
Cómo se extinguen	85%	44%

4.5.2 Identificación de modelos en el Test final. En general se han identificado únicamente los modelos dominantes, tomando por separado cada situación analizada y también cada componente de la situación: naturaleza de la onda, propagación y extinción de la onda. Las cantidades mostradas no se suman pues son datos parciales de los modelos dominantes en cada componente.

Los modelos que resultan de la aplicación de este instrumento se muestran en las Tablas 39, 40, 41 y 42.

En la situación de ondas en el agua, hay predominancia de los modelos canónicos en torno a la naturaleza y la propagación de las ondas, lo cual no aplica para la extinción de las ondas, como se observa en la Tabla 39: Modelos dominantes de ondas en el agua en el Test final.

Tabla 39. Modelos dominantes de ondas en el agua en el Test final

PREGUNTAS	MODELOS DOMINANTES ONDAS EN EL AGUA TEST FINAL	FRECUENCIA	
		#	%
Naturaleza de la onda	ES FALSO QUE el movimiento de las ondas es causado por el viento sobre el estanque, y ES VERDADERO QUE la energía del movimiento de la bola se convierte en energía de las ondas en el agua.	20	77%
Propagación de la onda	ES FALSO QUE las ondas desplazan agua y pequeños objetos flotantes (los alejan del foco), y ES VERDADERO QUE el barquito y el agua suben y bajan en las ondas, pero no se alejan ni acercan al foco.	18	69%
Extinción de la onda	ES VERDADERO QUE el agua y la tierra reciben las vibraciones y así absorben la energía de las ondas, y ES FALSO QUE la energía de las ondas desaparece por sí sola (se auto-destruye).	7	27%
Extinción de la onda	ES VERDADERO QUE el agua y la tierra reciben las vibraciones y así absorben la energía de las ondas, y ES VERDADERO QUE la energía de las ondas desaparece por sí sola (se auto-destruye). «Científicamente erróneo»	13	50%

En la situación de ondas sonoras hay predominancia de modelos erróneos sobre los modelos canónicos en los dos primeros componentes, y en el tercer componente hay equilibrio entre el modelo canónico y otros modelos. En naturaleza de la onda, hay un 38% del modelo canónico. En propagación de la onda, el modelo canónico tiene un 15%. En extinción de la onda el modelo canónico llega al 54%, como se observa en la Tabla 40: Modelos dominantes de ondas sonoras en el Test final.

Tabla 40. Modelos dominantes de ondas sonoras en el Test final

PREGUNTAS	MODELOS DOMINANTES ONDAS SONORAS TEST FINAL	FRECUENCIA	
		#	%
Naturaleza de la onda	ES FALSO QUE las ondas sonoras son moléculas que se desprenden de la fuente sonora (campana), y ES VERDADERO QUE las moléculas del aire y las paredes vibran debido a la energía de las ondas.	10	38%
Naturaleza de la onda	ES FALSO QUE las ondas sonoras son moléculas que se desprenden de la fuente sonora (campana), «Científicamente erróneo» y ES VERDADERO QUE las moléculas del aire y las paredes vibran debido a la energía de las ondas «Científicamente erróneo».	9	35%

Propagación de la onda	ES VERDADERO QUE las moléculas del aire y las paredes, toda la materia vibra al paso de las ondas sonoras, y ES FALSO QUE las ondas sonoras se propagan gracias al aire en movimiento (viento).	4	15%
Propagación de la onda	ES VERDADERO QUE las moléculas del aire y las paredes, toda la materia vibra al paso de las ondas sonoras, y ES VERDADERO QUE las ondas sonoras se propagan gracias al aire en movimiento (viento). «Científicamente erróneo».	12	46%
Propagación de la onda	ES FALSO QUE las moléculas del aire y las paredes, toda la materia vibra al paso de las ondas sonoras, «Científicamente falso» y ES VERDADERO QUE las ondas sonoras se propagan gracias al aire en movimiento (viento). «Científicamente erróneo».	6	23%
Extinción de la onda	ES VERDADERO QUE paredes, aire, agua, personas, toda la materia puede absorber la energía del sonido, y ES FALSO QUE las ondas sonoras viajan al espacio exterior fuera de la atmósfera y escapan del planeta.	14	54%
Extinción de la onda	ES FALSO QUE paredes, aire, agua, personas, toda la materia puede absorber la energía del sonido, «Científicamente erróneo» y ES FALSO QUE las ondas sonoras viajan al espacio exterior fuera de la atmósfera y escapan del planeta.	6	23%

En la situación de ondas lumínicas, predominan los modelos erróneos sobre los modelos canónicos en el primero y tercer componente y hay equilibrio en el segundo componente. En naturaleza de la onda el modelo canónico es una cuarta parte (23%), en propagación de la onda, el modelo canónico es la mitad (50%) y en extinción de la onda es un mínimo 4%.

Tabla 41. Modelos dominantes de ondas lumínicas en el Test final

PREGUNTAS	MODELOS DOMINANTES ONDAS LUMÍNICAS TEST FINAL	FRECUENCIA	
		#	%
Naturaleza de la onda	ES VERDADERO QUE la luz es un tipo de radiación que puede propagarse en el vacío o en medios no opacos, y ES FALSO QUE la luz necesita que haya oscuridad para propagarse	6	23%
Naturaleza de la onda	ES VERDADERO QUE la luz es un tipo de radiación que puede propagarse en el vacío o en medios no opacos, y ES VERDADERO QUE la luz necesita que haya oscuridad para propagarse «Científicamente erróneo»	10	38%
Naturaleza de la onda	ES FALSO QUE la luz es un tipo de radiación que puede propagarse en el vacío o en medios no opacos, «Científicamente erróneo» y ES VERDADERO QUE la luz necesita que haya oscuridad para propagarse «Científicamente erróneo».	9	35%
Propagación de la onda	ES VERDADERO QUE la luz se refleja en ciertas superficies y así llega indirectamente a algunos sitios ocultos, y ES FALSO QUE la luz se dobla si hay suficiente oscuridad y se propaga en trayectorias curvas.	13	50%

Propagación de la onda	ES VERDADERO QUE la luz se refleja en ciertas superficies y así llega indirectamente a algunos sitios ocultos, y ES VERDADERO QUE la luz se dobla si hay suficiente oscuridad y se propaga en trayectorias curvas «Científicamente erróneo».	11	42%
Extinción de la onda	ES FALSO QUE la luz se desintegra o se desvanece cuando viaja por un lugar iluminado, y ES VERDADERO QUE la luz que no se refleja es absorbida por los cuerpos materiales que ella ilumina.	1	4%
Extinción de la onda	ES VERDADERO QUE la luz se desintegra o se desvanece cuando viaja por un lugar iluminado, «Científicamente erróneo» y ES VERDADERO QUE la luz que no se refleja es absorbida por los cuerpos materiales que ella ilumina.	10	38%
Extinción de la onda	ES VERDADERO QUE la luz se desintegra o se desvanece cuando viaja por un lugar iluminado, «Científicamente erróneo» y ES FALSO QUE la luz que no se refleja es absorbida por los cuerpos materiales que ella ilumina «Científicamente erróneo».	11	42%

En la situación de ondas de radio, continúan predominando los modelos erróneos sobre los modelos canónicos, aunque con sustanciales mejorías. En naturaleza de la onda el modelo canónico es una quinta parte (19%), en propagación de la onda es dos quintas partes (38%) y en extinción de la onda es una cuarta parte (23%), como se observa en la Tabla 42. Modelos dominantes de ondas de radio en el Test final

Tabla 42. Modelos dominantes de ondas de radio en el Test final

PREGUNTAS		MODELOS DOMINANTES ONDAS DE RADIO TEST FINAL	FRECUENCIA	
			#	%
1F	4V	ES FALSO QUE el teléfono celular transmite y recibe ondas sonoras por medio de su antena, y ES VERDADERO QUE el teléfono celular se basa en la tecnología de las ondas electromagnéticas.	5	19%
1V	4V	ES VERDADERO QUE el teléfono celular transmite y recibe ondas sonoras por medio de su antena, «Científicamente erróneo» y ES VERDADERO QUE el teléfono celular se basa en la tecnología de las ondas electromagnéticas.	17	65%
2V	5F	ES VERDADERO QUE los celulares son emisores-receptores de radio en una gran red de antenas repetidoras, y ES FALSO QUE los celulares ofrecen “cobrimiento total” gracias a su enorme potencial de transmisión.	10	38%
2V	5V	ES VERDADERO QUE los celulares son emisores-receptores de radio en una gran red de antenas repetidoras, y ES VERDADERO QUE los celulares ofrecen “cobrimiento total” gracias a su enorme potencial de transmisión «Científicamente erróneo».	9	35%

3V	6F	ES VERDADERO QUE un teléfono celular sólo recibe y transmite señales con la antena de la célula donde esté, y ES FALSO QUE para conectarse con un celular en otra ciudad el celular se comunica con un satélite.	6	23%
3V	6V	ES VERDADERO QUE un teléfono celular sólo recibe y transmite señales con la antena de la célula donde esté, y ES VERDADERO QUE para conectarse con un celular en otra ciudad el celular se comunica con un satélite «Científicamente erróneo».	7	27%
3F	6V	ES VERDADERO QUE un teléfono celular sólo recibe y transmite señales con la antena de la célula donde esté, «Científicamente erróneo» y ES FALSO QUE para conectarse con un celular en otra ciudad el celular se comunica con un satélite «Científicamente erróneo».	8	31%

5. CONCLUSIONES

La visita a Neomundo es una experiencia muy agradable para los estudiantes de octavo grado y sus desempeños en el Test final muestran una apreciable mejoría en la efectividad de sus respuestas y la escogencia de modelos.

La propuesta museográfica constructivista tiene dos niveles. Uno es la aplicación que han de realizar los maestros en sus instituciones educativas con miras a preparar adecuadamente una visita al museo interactivo. Y otro es la identificación y categorización de modelos de los estudiantes acerca de un concepto científico presente en las exhibiciones del museo y la inferencia, cuestionamiento y mejoramiento de las concepciones de los estudiantes sobre dicho concepto.

La propuesta en su primer nivel consta de los siguientes pasos:

Primero, se aplica el “Explorador de modelos” en forma individual. Cuando algunos estudiantes no den respuestas claras, se les re-pregunta. Cuando terminan se les pide revisar su trabajo y ser muy conscientes de su respuesta.

Segundo, se explica en qué consiste un modelo mental y se propone como tarea a los estudiantes que identifiquen sus propios modelos sobre el concepto de onda con el “Test inicial”; se aplica éste individualmente junto con un formato para que guardencopia de sus propias respuestas.

Tercero, se hace una puesta en común con las respuestas (se aclara que no hay respuestas correctas o incorrectas sino diferentes modelos) y se discuten los modelos resultantes, con el encargo de que cada uno identifique y precise su propio modelo mental.

Cuarto, se aplica el instrumento de “Tópicos generadores” en grupos de tres estudiantes, dándoles uno sobre ondas mecánicas (en el agua o sonoras) y otro sobre ondas electromagnéticas (luz o radio); este trabajo finaliza con una puesta en común donde se exponen conclusiones de los grupos sobre las cuatro situaciones y sobre los dos tipos de ondas.

Quinto, se realiza la visita al museo interactivo.

Sexto, se aplica el “Test final” de manera individual. Con los estudiantes se identifican los modelos dominantes.

Séptimo, se exponen al grupo los avances y retrocesos en la escogencia de modelos y se explican las implicaciones de esa escogencia.

El segundo nivel de la propuesta museográfica constructivista, con carácter investigativo, es más complejo y especializado que el primero. Previo al primer paso se realiza el diseño del Explorador de modelos.

En el primer paso, tras la aplicación del “Explorador de modelos” se re-pregunta y se graban las entrevistas.

En el segundo paso, se tabula el instrumento para recoger tanto los textos como la descripción de los dibujos para inferir los componentes de los modelos mentales y con base en estas inferencias se diseñan las preguntas del “Test inicial”.

En el tercer paso, se tabula el instrumento y se precisan los modelos escogidos por los estudiantes, con datos porcentuales. Con base en esta información se deciden los énfasis de las explicaciones en los tópicos generadores y se elaboran las preguntas orientadoras del siguiente instrumento.

En el cuarto paso, se observa con atención cuáles son las dificultades de los estudiantes con los nuevos modelos y qué diferencias encuentran ellos entre los modelos canónicos y sus propios modelos. Esas anotaciones servirán para mejorar las explicaciones del instrumento de “Tópicos generadores”.

En el quinto paso, se pide a los estudiantes que identifiquen las exhibiciones que contienen fenómenos ondulatorios. Esto servirá para medir el impacto que tuvo la preparación en la visita propiamente dicha.

En el sexto paso, se tabula el Test final para determinar los modelos dominantes, que se espera sean los canónicos, y más importante aún, los modelos remanentes que se requiere profundizar en una negociación cultural.

En el séptimo paso, se tabulan los argumentos que sustentan los anteriores modelos remanentes para ser considerados en la reelaboración de los tópicos generadores y ser tenidos en cuenta en la mediación de éstos.

La propuesta museográfica constructivista permite inferir, a partir de las representaciones elaboradas por los estudiantes en el Explorador de modelos, cuáles son sus modelos mentales en torno al concepto de onda.

A partir de los modelos inferidos, que son precisados en el Test inicial, se pueden inferir concepciones personales sobre el concepto de onda.

Los modelos mentales sobre ondas se pueden desequilibrar con tópicos generadores, es decir, con problemas teóricos fuertes, mediados con modelos canónicos y preguntas orientadoras.

La desestructuración de los modelos mentales mediante tópicos generadores y su confrontación y reestructuración mediante modelos canónicos, son una forma de “negociación cultural” que incide en la transformación de las concepciones.

6. RECOMENDACIONES

La preparación de la visita al museo interactivo influye positivamente en la calidad y complejidad de la percepción de las exhibiciones por parte de los estudiantes. En otras palabras, se justifica que, por un aparte, Neomundo realice la investigación de concepciones personales en torno a nuevos conceptos como fuerza, masa, energía, aceleración, etc., y, por otra parte, las instituciones educativas hagan el esfuerzo de preparar la visita y de paso conocer las concepciones personales de sus estudiantes.

También es importante que Neomundo tenga en cuenta las necesidades de las instituciones educativas en cuanto a exhibiciones. Esto se puede hacer entrevistando a los maestros que acuden al parque pero también, y es lo más recomendable, observando qué necesidades se desprenden de la aplicación de los tópicos generadores.

BIBLIOGRAFÍA

ARBELÁEZ, Ruby. El proceso de la investigación. I. Planeación. Bucaramanga: Cededuis, 1992. 127p..

ARES, Félix. *EL VALOR DE LOS MUSEOS INTERACTIVOS DE CIENCIA*. Disponible en Internet: <http://suse00.su.ehu.es/euskonews/0030zbk/gaia3004es.html> [citado Marzo 2005] Tamaño No disponible.

BARRAGÁN O., Johanna. LOS MUSEOS, AMBIENTES PARA COCINAR IDEAS. Disponible en Internet: http://www.banrep.gov.co/museo/ceca/ceca_art002.html [citado Marzo 2005]. 23863 bytes.

BELTRÁN V., Virgilio. *Para atrapar un fotón*. México: FCE, 1995. Disponible en Internet: <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/html/fisica.html> [Citado Mayo 2007] Tamaño No disponible.

BLYTHE, Tina y STONE W., Martha. La enseñanza para la comprensión. Guía para el docente. Buenos Aires: Paidós, 1999. 163 p.

CECA BOGOTÁ —COMITÉ DE ACCIÓN EDUCATIVA Y CULTURAL DE MUSEOS DE BOGOTÁ. Disponible en Internet: www.museonacional.gov.co/ceca.htm [Citado diciembre 2005]. 20941 bytes.

COLOMBIA. ALCALDÍA DE BUCARAMANGA. SECRETARIA DE EDUCACIÓN MUNICIPAL. *LEER Y SOÑAR EL MUNDO. Aprendizaje Integrado. Libros para los grados 1º a 3º* Bucaramanga: ASED, 2002. 118, 116 y 116 p. *LEER Y SOÑAR EL MUNDO. Aprendizaje Integrado. Libros para los grados 4º a 9º* Bucaramanga: ASED, 2003. 154, 154, 204, 204, 204 y 204 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. COMITÉ DEPARTAMENTAL SECRETARIA DE EDUCACIÓN DEPARTAMENTAL PLAN DECENAL DE EDUCACIÓN DE SANTANDER. *La educación un asunto de todos*

para todos. *Plan decenal de educación para Santander 1997-2006*. Bucaramanga: MEN, 1998. 207 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. ESTÁNDARES BÁSICOS. DE COMPETENCIAS EN CIENCIAS NATURALES. *Formar en ciencias: el desafío*. Y CIENCIAS SOCIALES. *Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Bogotá: MEN, 2004. 100 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. LINEAMIENTOS CURRICULARES. *Ciencias naturales y educación ambiental*. Bogotá: MEN, 1998. 181 p.

DE ZUBIRÍA S., Miguel. *Mentefactos I Pedagogías del siglo XXI*. Bogotá: Fundación internacional de pedagogía conceptual, 1998. 24 p.

ESCOBEDO D. Hernán. *Desarrollo de competencias básicas para pensar científicamente. Una propuesta didáctica para Ciencias Naturales*. Bucaramanga, Colciencias. sf. 123p.

FELICÍSIMO, Ángel Manuel. *Curso de modelos digitales del terreno. Tema 1*. Disponible en Internet: www.etsimo.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_1.pdf [Citado Mayo 2007] Tamaño no disponible.

GARCÍA V., Alejandro David. *Fenomenología y mundo de la vida*. En, Revista de ciencias humanas No. 25, Universidad Tecnológica de Pereira, 2000. Disponible en: <http://www.utp.edu.co/~chumanas/revistas/revistas/rev25/garcia.htm> [Citado Mayo 2007] 72.718 bytes.

GIORDAN, André y DE VECCHI, Gérard. *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. 2 ed. Sevilla: Díada, 1995.

HEIN, George E. *Constructivist learning theory. The museum and the needs of people*. CECA (International Committee Of Museum Educators) Conference. Jerusalem, Israel, 15-22 de Octubre de 1991. Disponible en Internet: <http://www.exploratorium.edu/IFI/resources/research/constructivistlearning.html> [Citado Marzo 2005] 35814 bytes.

HEIN, George E. *El museo constructivista*. En, The educational role of the museum. Editado por Eilean Hooper Greenhill. Segunda edición. Routledge. Londres. 1999. Traducción y adaptación de Daniel Castro Benítez. Disponible en Internet:

http://www.banrep.gov.co/museo/ceca/ceca_art005.html [Citado mayo de 2007] 22.496 bytes.

MARTÍNEZ M, Miguel. La investigación acción en el aula. Agenda Académica Volumen 7, N° 1, Año 2000. 36p. Disponible en Internet:

<http://prof.usb.ve/miguelm/investigacionaula.html> [Citado julio de 2005]. 63362 bytes.

MARTÍNEZ B., José María. *La mediación en el proceso de aprendizaje*. Madrid: Bruño, 1994.

NAVARRO, Luis Eduardo. ENTREVISTA con Carlos Eduardo Vasco. Periódico Cátedra libre. Bucaramanga, Agosto de 2003. p. 4, 5 y 6. Entrevista.

PADILLA, Jorge. *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERATIVIDAD DE EXHIBICIONES INTERACTIVAS*. Disponible en Internet:

<http://www.redpop.org/publicaciones/maindisenoyconstruccion.html>. [Citado Mayo de 2007]. 22.232 bytes.

PARQUE INTERACTIVO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE BUCARAMANGA NEOMUNDO. "Brochure" promocional. Bucaramanga, 2005.

PARQUE INTERACTIVO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA NEOMUNDO. *Mentefactos* elaborados por los docentes Orlando Bermúdez y Julián Valdivieso (Instituto Caldas -UNAB) y revisados con el Comité Científico.

PASTOR H., Maria Inmaculada. *Pedagogía museística. Nuevas perspectivas y tendencias actuales*. Barcelona: Ariel, 2004. 187 p.

PÉREZ A., Mauricio. *Leer y escribir en la escuela: algunos escenarios pedagógicos y didácticos para la reflexión*. Bogotá: Icfes, 2003.

SAÑUDO G, Lya. Los programas de intervención, una modalidad para investigar en la educación. En, Educar, Revista Secretaría de Educación de Jalisco, México. Número 03 octubre – diciembre 1997. Disponible en:
[Citado 26 Junio 2005] 40450 bytes.

STONE W., Martha (Compiladora). La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica. Buenos Aires: Paidós, 1999. 446 p.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. *ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN*. Disponible en Internet: <http://learnweb.harvard.edu/andes/tfu/index.cfm> [Citado Mayo de 2007] 9828 bytes.

VASCO U. Carlos Eduardo y Otros. *Conversatorios sobre integración curricular*. Bogotá: CINEP, 2000. 57p.

_____. *El saber tiene sentido. Una propuesta de integración curricular*. Bogotá: CINEP, 1999. 123p.

_____. *Visión de conjunto de la pedagogía de las matemáticas como disciplina en formación*. En, Matemáticas Enseñanza Universitaria. Revista de la Escuela Regional de Matemáticas. Vol. VII, No 1, Cali, Mayo 1998. p.82-83.

ANEXO A

INSTRUMENTO 1-1. EXPLORADOR DE MODELOS – ONDAS EN EL AGUA

«PROPUESTA MUSEOGRÁFICA CONSTRUCTIVISTA...»
EXPLORADOR DE MODELOS

En un estanque de aguas quietas donde flota un barquito de juguete, de pronto cae una bola de golf (pequeña y pesada) y se forman unas pequeñas ondas que se alejan del punto de caída.

Dibuje y explique todo lo que ocurre.



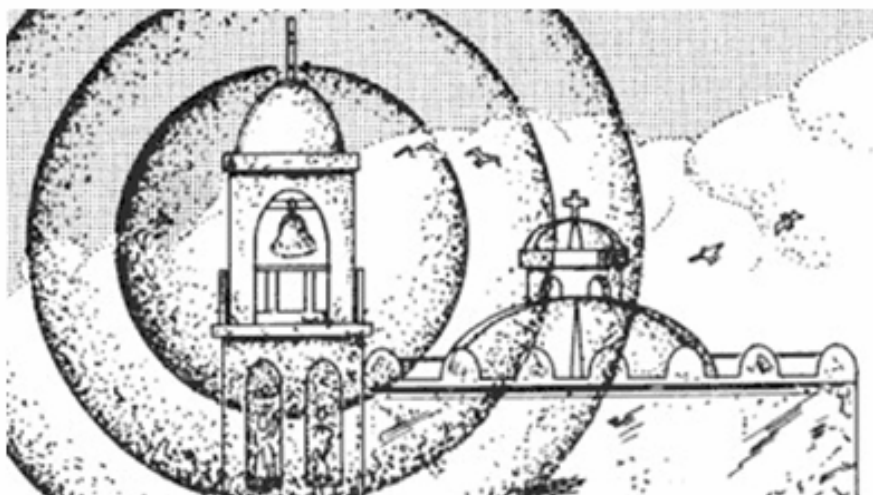
ANEXO B

INSTRUMENTO 1-2. EXPLORADOR DE MODELOS – ONDAS SONORAS

«PROPUESTA MUSEOGRÁFICA CONSTRUCTIVISTA...»
EXPLORADOR DE MODELOS

Una campana de bronce suena en el campanario de una iglesia.

Dibuje y explique todo lo que ocurre.



ANEXO C

INSTRUMENTO 1-3. EXPLORADOR DE MODELOS – ONDAS LUMÍNICAS

«PROPUESTA MUSEOGRÁFICA CONSTRUCTIVISTA...»
EXPLORADOR DE MODELOS

En una habitación cerrada hay una vela encendida.

Dibuje y explique todo lo que ocurre.



ANEXO D

INSTRUMENTO 1-4. EXPLORADOR DE MODELOS – ONDAS DE RADIO

«PROPUESTA MUSEOGRÁFICA CONSTRUCTIVISTA...»
EXPLORADOR DE MODELOS

Dos personas se comunican por medio de teléfonos celulares.

Dibuje y explique todo lo que ocurre.



ANEXO E

INSTRUMENTO 2. TEST INICIAL


«PROPUESTA MUSEOGRÁFICA CONSTRUCTIVISTA...»
TEST No. 1

A continuación le planteamos algunas preguntas relacionadas con situaciones que ocurren en la vida diaria. Usted **NO** necesita de conocimientos especiales para resolverlas ni ellas le comprometen con asignatura alguna. El reto consiste en identificar la respuesta más verdadera para cada pregunta. Encierre con un círculo la letra correspondiente a la respuesta correcta.

NOMBRE ESTUDIANTE: _____ GRADO _____

INSTITUCIÓN EDUCATIVA: _____


SITUACIÓN No. 1

 <p>En un estanque de aguas quietas donde flota un barquito de juguete, de pronto cae una bola de golf (pequeña y pesada) y se forman unas pequeñas ondas que se alejan del punto de caída.</p>	<p>1. Lo que se desplaza en forma de ondas en el estanque es:</p> <p>A. agua B. energía C. aire D. sonido</p> <p>2. Cuando se forman las ondas, el barquito:</p> <p>A. avanza en el mismo sentido de las ondas B. se mueve arriba y abajo pero no avanza ni retrocede C. no avanza pero el agua sí avanza con la onda D. retrocede aunque el agua avanza con la onda</p> <p>3. Las ondas en el agua se desvanecen cuando:</p> <p>A. son absorbidas por el agua y la tierra circundante B. se precipitan y caen en el fondo del estanque C. se evaporan en el aire sobre el estanque D. se oxidan solar y desaparecen en la nada</p>
---	---

SITUACIÓN No. 2

 <p>Una campana de bronce suena en el campanario de una iglesia.</p>	<p>4. Las ondas de sonido de la campana, finalmente son:</p> <p>A. electricidad que se desprende de la campana B. energía que se propaga en forma de vibraciones C. partículas de bronce que se desprenden de la campana D. radiaciones electromagnéticas emitidas por la campana</p> <p>5. Las ondas de sonido de la campana se propagan a:</p> <p>A. agitar el aire y formar vientos B. llenar de partículas de bronce el espacio vacío C. llenar el aire de electricidad D. hacer vibrar todo a su alrededor</p> <p>6. El sonido de la campana se desvanece debido a que:</p> <p>A. se vuelve denso y se transforma en silencio B. cae lento y pesadamente al suelo C. se transmite alos alrededores haciendo vibrar D. al estar tan altas la energía en el estado</p>
---	---

SITUACIÓN No. 3

	<p>7. La luz de la vela está constituida por:</p> <p>A. moléculas de aire en movimiento</p> <p>B. partículas de parafina muy finas</p> <p>C. átomos de carbono encendidos</p> <p>D. radiación emitida por la combustión</p>
<p>En una habitación cerrada hay una vela encendida.</p>	<p>8. Una vela sobre una mesa alcanza a iluminar un objeto que se halla debajo de la mesa porque la luz:</p> <p>A. absorbe la oscuridad que alcanza a tocar</p> <p>B. se curva y se mete bajo la mesa</p> <p>C. es capaz de atravesar la superficie de la mesa</p> <p>D. se refleja en las superficies cercanas a la mesa</p>
	<p>9. La onda de luz de la vela se debilita cuando:</p> <p>A. la habitación recibe luz del sol</p> <p>B. la habitación es la muy oscura</p> <p>C. los objetos iluminados es blancos</p> <p>D. el aire de la habitación es la muy húmedo</p>

SITUACIÓN No. 4

	<p>10. La señal del celular está constituida por:</p> <p>A. ondas de radio</p> <p>B. ondas sonoras</p> <p>C. ondas luminicas</p> <p>D. ondas mecánicas</p>
<p>Das personas se comunican por medio de teléfonos celulares.</p>	<p>11. La onda que recibe un teléfono celular provienen de:</p> <p>A. un satélite en el espacio</p> <p>B. una antena local en el barrio</p> <p>C. una antena central en la ciudad</p> <p>D. la antena de otro celular</p>
	<p>12. La señal del celular se debilita al haber colgado, cuando uno de los usuarios:</p> <p>A. se acerca demasiado al otro</p> <p>B. se aleja del alcance de una antena</p> <p>C. cierra la ventanilla de su auto</p> <p>D. se aleja demasiado del otro</p>

Gracias por su colaboración.

ANEXO F

INSTRUMENTO 3-1. TÓPICO GENERADOR – ONDAS EN EL AGUA

«PROPUESTA MUSICOGRÁFICA CON STRUCTIVISTA...»
TÓPICO GENERADOR

ONDAS EN EL AGUA:

Cuando un barquito flota en el centro de un estanque tratamos sin éxito de acercarlo a la orilla. Le tiramos objetos, palmoteamos el agua y nada. ¿Por qué el barquito no se acerca ni se aleja por más ondas que hagamos?



Fomen grupos de tres estudiantes, discutan el tópico generador y las preguntas orientadoras, propongan respuestas coherentes y planeen cómo podrían comprobar sus respuestas con ayuda de una exhibición del parque Interactivo Mecánico. Un tópico generador es una pregunta completa y como tal requiere una respuesta personal desde diversos puntos de vista. Responda con calma, sin apresuramientos. Tenga en cuenta todos los conceptos que plantea la pregunta.

EXPLICACIÓN

Las ondas cuya energía se propaga únicamente en un medio físico, sea sólido, líquido o gaseoso, se llaman ondas mecánicas. Las ondas mecánicas se propagan alejándose del foco.

La energía de las ondas mecánicas se transmite haciendo vibrar las moléculas del medio en que se propaga.

Se llaman ondas longitudinales si la vibración del medio físico se produce a lo largo de la dirección de propagación de la onda, como es el caso de las ondas sonoras.

Se llaman ondas transversales, como las ondas en el agua, cuando el medio vibra perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda. Aquí un ejemplo:



PREGUNTAS ORIENTADORAS

El agua en movimiento contiene más energía que en reposo. ¿Se agrega o se quita energía al agua del estanque cuando cae un objeto en ella? ¿Por qué?

El movimiento de la onda se asocia con energía. ¿De dónde provino esa energía?

En una onda transversal hay dos movimientos, uno vertical y otro horizontal. ¿El barco en el agua se mueve adelante-atrás, arriba-abajo, en el sentido de la onda, en sentido contrario a la onda, en círculos? Dibújelo.

La energía no se crea ni destruye, sólo cambia de una forma a otra. ¿En qué se convierte la energía de las ondas en el agua?

Palabras clave para buscar con Google: ondas en el agua, orbe de ondas, ondas mecánicas, ondas transversales, vibración, propagación. Haga combinaciones con estas palabras clave.
Página de recurso: http://mika-quimica.blogspot.com/2006/05/01_archive.html
Información para el maestro: http://didactica.usach.cl/taller_beta.pdf

ANEXO G

INSTRUMENTO 3-2. TÓPICO GENERADOR – ONDAS SONORAS

«PROPUESTA MUSICOGRÁFICA CON STRUCTIVISTA...»
TÓPICO GENERADOR

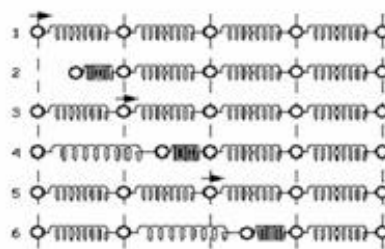
ONDAS SONORAS

Las ondas sonoras no se propagan en el vacío pero sí a través de un medio material. Entonces, ¿cómo podrían conversar dos astronautas en el espacio exterior, sin utilizar la radio?



Fomen grupos de tres estudiantes, discutan el tópico generador y las preguntas orientadoras, propongan respuestas coherentes y planeen cómo podrían compartir sus respuestas con ayuda de una exhibición del paquete Interactivo Mediano. Un tópico generador es una pregunta completa y como tal requiere una respuesta pensada desde diversos puntos de vista. Responda con calma, sin apuramientos. Tenga en cuenta todos los conceptos que plantea la pregunta.

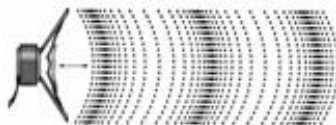
EXPLICACIÓN



Cuando un objeto vibra, esa vibración se transmite a las moléculas del aire y otros materiales que están en contacto con el objeto vibrante.

En el vacío no hay moléculas a las que se pueda transmitir esa vibración, por lo cual el objeto vibrante consumirá él solo la energía de esas vibraciones.

Cuando uno habla, los órganos de la fonación vibran (la laringe, cuerdas vocales) y esas vibraciones se transmiten al aire y a los objetos cercanos al hablante.



El sonido deforma las moléculas en forma longitudinal, es decir, a lo largo de la dirección de propagación de la onda.

PREGUNTAS ORIENTADORAS

¿Las ondas sonoras viajan únicamente a través del aire? Si los hay, cite ejemplos de propagación a través de sólidos y de líquidos.

Golpee dos lápices creando un sonido de percusión. Ahora apriete un lápiz con sus dientes y tóquelo de nuevo. ¿Por qué en la boca se escucha más fuerte?

¿Si uno pega el oído a una puerta, ¿puede percibir lo que hablan adentro? ¿Por qué?

La energía no se crea ni destruye, sólo cambia de una forma a otra. ¿En qué se convierte la energía de las ondas sonoras?

Palabras clave para buscar con Google: ondas sonoras, ondas mecánicas, ondas longitudinales, vibración del aire, propagación acústica. Haga combinaciones con estas palabras clave.

Página de recurso: http://fisica-y-quimica.blogspot.com/2006/05/01_archive.html

Información para el maestro: <http://www.scribd.com/doc/100000000/ondas-sonoras-pdf-100000000.pdf>

ANEXO H

INSTRUMENTO 3-3. TÓPICO GENERADOR – ONDAS LUMÍNICAS

«PROPUESTA MUSICOGRÁFICA CON STRUCTIVISTA...»
TÓPICO GENERADOR

ONDAS LUMÍNICAS

La luz viaja en línea recta y cuando cambia de un medio a otro se refleja y se refracta.

Puesto que la fibra óptica es flexible, ¿cómo puede la luz "doblarse" y viajar a través de esa fibra?



Formen grupos de tres estudiantes, discutan el tópico generador y las preguntas orientadoras, propongan respuestas coherentes y planeen cómo podrían comprobar sus respuestas con ayuda de una exhibición del paquete Interactivo Medunio. Un tópico generador es una pregunta completa y como tal requiere una respuesta pensada desde diversos puntos de vista. Responda con calma, sin apresuramientos. Tenga en cuenta todos los conceptos que plantea la pregunta.

EXPLICACIÓN



La luz es radiación electromagnética que se mueve a la velocidad de 300.000 kilómetros por segundo en el vacío. Sin embargo, cuando se propaga en otros medios su velocidad disminuye. La luz se refleja (rebota) cuando choca con un objeto y se refracta (cambia de dirección) cuando pasa de un medio a otro.



La fibra óptica está compuesta por un núcleo de vidrio y un revestimiento, cada uno con distinto índice de refracción. El índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento.

La luz introducida en el interior de la fibra se mantiene y propaga a través del núcleo.

PREGUNTAS ORIENTADORAS

Casi toda la energía de la Tierra procede del Sol. ¿En qué formas de energía se transforma la energía solar?

¿La luz necesitan aire para propagarse? ¿Cómo llega la luz solar a la Tierra?

Cuando una linterna ilumina la pared de una habitación oscura, ilumina más que la sola pared. ¿Cómo se produce la luz indirecta, que ilumina los demás espacios?

Si se ilumina un tubo recto con una linterna la luz sale al otro lado. Si el tubo se dobla en ángulo recto, se puede poner un espejo en la esquina doblada para que salga la luz. ¿Cómo se puede "doblar" la luz en un cable de fibra óptica?

Palabras clave para buscar con Google: cómo funciona, ondas en el agua, onbeta de ondas, ondas mecánicas, ondas transversales, vibración, propagación. Haga combinaciones con estas palabras clave.

Página de recurso: <http://fisica-ultima.blogspot.com/2006/05/01/arc/arc.html>

Información para el maestro: <http://soko.com.ar/Fisica/12.htm>

ANEXO J

INSTRUMENTO 4-1. TEST FINAL – ONDAS EN EL AGUA

«PROPUESTA MUSICOGRÁFICA CON STRUCTIVISTA...»
TEST FINAL

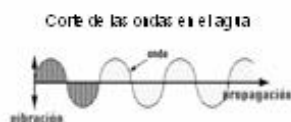
NOMBRE ESTUDIANTE: _____ GRADO _____

INSTITUCIÓN EDUCATIVA: _____

A continuación se plantean afirmaciones relacionadas con situaciones que le son familiares. Marque **V** si la afirmación es verdadera o **F** si la afirmación es falsa. Luego **ESCRIBA** un argumento que justifique su respuesta.

SITUACIÓN No. 1

En un estanque de aguas quietas donde flota un barquito de juguete, de pronto cae una bola de golf (pequeña y pesada) y se forman unas pequeñas ondas que se alejan del punto de caída (foco).



ESCRIBA SI LA AFIRMACIÓN ES VERDADERA O FALSA Y JUSTIFIQUE SU RESPUESTA:

1. El movimiento de las ondas en el agua es causado por el viento sobre el estanque.
Porque: _____
2. Las ondas desplazan agua y pequeños objetos flotantes (los alejan del foco).
Porque: _____
3. El agua y la tierra reciben las vibraciones y así absorben la energía de las ondas.
Porque: _____
4. La energía del movimiento de la bola se convierte en energía de las ondas en el agua.
Porque: _____
5. El barquito y el agua suben y bajan en las ondas, pero no se alejan ni acercan al foco.
Porque: _____
6. La energía de las ondas desaparece por sí sola (se auto-destruye).
Porque: _____

ESCRIBA V o F
F
F
V
V
V
F

CONTINÚA EN LA PÁGINA SIGUIENTE...

ANEXO K

INSTRUMENTO 4-2. TEST FINAL – ONDAS SONORAS

«PROPUESTA MUSICOGRÁFICA CON STRUCTIVISTA...»
TEST FINAL

SITUACIÓN No. 2



ESCRIBA SI LA AFIRMACIÓN ES VERDADERA O FALSA Y JUSTIFIQUE SU RESPUESTA:

1. Las ondas sonoras son moléculas que se desprenden de la fuente sonora (campana).

Porque: _____

2. Las moléculas del aire y las paredes, toda la materia vibra al paso de las ondas sonoras.

Porque: _____

3. Paredes, aire, agua, personas, toda la materia puede absorber la energía del sonido.

Porque: _____

4. Las moléculas del aire y las paredes vibran debido a la energía de las ondas sonoras.

Porque: _____

5. Las ondas sonoras se propagan gracias al aire en movimiento (fluido).

Porque: _____

6. Las ondas sonoras viajan al espacio exterior fuera de la atmósfera y escapan del planeta.

Porque: _____

ESCRIBA V o F
F
V
V
V
F
F

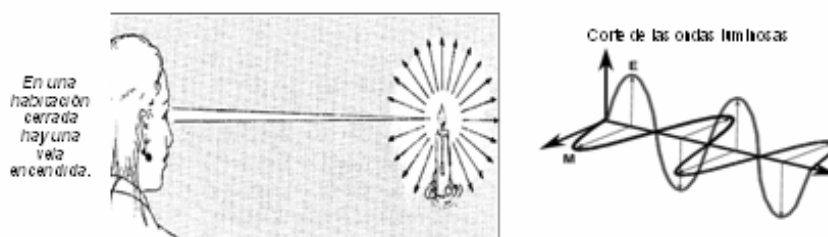
CONTINÚA EN LA PÁGINA SIGUIENTE...

ANEXO L

INSTRUMENTO 4-3. TEST FINAL – ONDAS LUMÍNICAS

«PROPUESTA MUS EOGRAFICA CON STRUCTIVISTA...»
TEST FINAL

SITUACIÓN No. 3



En una habitación cerrada hay una vela encendida.

Corte de las ondas luminosas

ESCRIBA SI LA AFIRMACIÓN ES VERDADERA O FALSA Y JUSTIFIQUE SU RESPUESTA:

1. La luz es un tipo de radiación que puede propagarse en el vacío o en medios no opacos.

Porque: _____

2. La luz se refleja en ciertas superficies y así llega indirectamente a algunos sitios ocultos.

Porque: _____

3. La luz se desintegra o se desvanece cuando viaja por un lugar iluminado.

Porque: _____

4. La luz necesita que haya oscuridad para poder propagarse.

Porque: _____

5. La luz se dobla si hay suficiente oscuridad y se propaga en trayectorias curvas.

Porque: _____

6. La luz que no se refleja es absorbida por los cuerpos materiales que ella ilumina.

Porque: _____

ESCRIBA
V o F

V

V

F

F

F

V

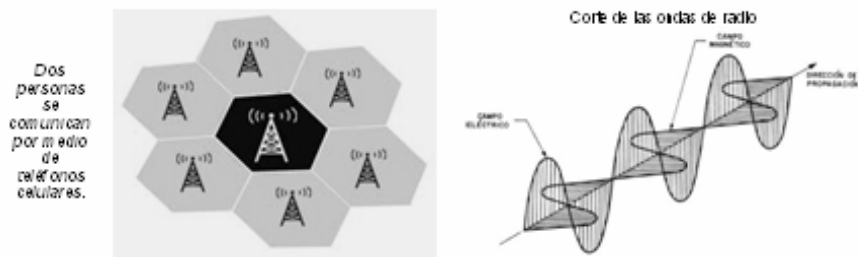
CONTINÚA EN LA PÁGINA SIGUIENTE..

ANEXO M

INSTRUMENTO 4-4. TEST FINAL – ONDAS DE RADIO

«PROPUESTA MUSICOGRÁFICA CONSTRUCTIVISTA...»
TEST FINAL

SITUACIÓN No. 4



ESCRIBA SI LA AFIRMACIÓN ES VERDADERA O FALSA Y JUSTIFIQUE SU RESPUESTA:

1. El teléfono celular transmite y recibe ondas sonoras por medio de su antena.
Porque: _____
2. Los celulares son emisores-receptores de radio e inalámbrica gracias a una gran red de antenas repetidoras.
Porque: _____
3. Un teléfono celular sólo recibe y transmite señales con la antena de la célula donde está.
Porque: _____
4. El teléfono celular se basa en la tecnología de las ondas electromagnéticas.
Porque: _____
5. Los celulares ofrecen "cobrimiento total" gracias a su enorme potencia de transmisión.
Porque: _____
6. Para conectarse con un celular en otra ciudad, el celular se comunica con un satélite.
Porque: _____

ESCRIBA V o F
F
V
V
V
F
F

FIN DEL TEST

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN