

**CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES DE
LAS PROPIEDADES DE LOS GASES**

ANA CECILIA AVENDAÑO CHAVES	2012184103
OTTO LEONARDO GÓMEZ HUERTAS	2012184118

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS COMO ACTIVIDAD DE
CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES

Bogotá, D.C. 2013

**CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES DE
LAS PROPIEDADES DE LOS GASES**

ANA CECILIA AVENDAÑO CHAVES

OTTO LEONARDO GÓMEZ HUERTAS

Tesis de Grado presentada como requisito parcial
para optar el título de Máster en Docencia de las
Ciencias Naturales

Director de Tesis:

Jimmy W. Ramírez Cano

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS COMO ACTIVIDAD DE
CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES

Bogotá, D.C. 7 de Diciembre 2013

RESUMEN ANALÍTICO

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Construcción de explicaciones de las propiedades de los gases
Autor(es)	Avendaño Chaves, Ana Cecilia; Gómez Huertas, Otto Leonardo
Director	Ramírez Cano, Jimmy William
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2013
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional, 155 p.
Palabras Claves	Experiencia, experimento, fenómeno, gas, epistemología, construcción de explicaciones, enseñanza aprendizaje de la ciencia, propiedades de los gases.

2. Descripción
Esta es una tesis de Maestría, del programa de docencia de las Ciencias Naturales, inscrita en la línea de investigación de la Enseñanza de las Ciencias como actividad de construcción de explicaciones, se indaga por la forma como hacer que la experimentación favorece la construcción de explicaciones de las propiedades de los gases. Se elaboran dos módulos de enseñanza teniendo en cuenta aspectos epistemológicos, fenomenológicos y de planteamiento de preguntas. El módulo del aire atmosférico, se organizó en 5 guías, se implementó en el aula, se sistematizó para explorar las dinámicas del aprendizaje en cuanto a la ruta de construcción de explicaciones. El módulo de propiedades que definen un gas, se organizó en 4 guías, cada guía presentó actividades preliminares, preguntas orientadoras, actividades experimentales y actividades de cierre.

3. Fuentes
Bachelard, Gaston (2010). <i>La formación del espíritu científico</i> . Siglo XXI Editores, Buenos Aires. Clericuzio, Antonio (sf). <i>Robert Boyle y la experimentación</i> , tomado el 15 de septiembre de 2013 de http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/fundoro/archivos/%20adjuntos/publicaciones/actas/13_14/conferencias/antonio_clericuzio.pdf . Galilei, Galileo (1638) <i>Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuoue fcienze</i> , tomado de internet el 20 de septiembre de 2013 de http://galileoandstein.physics.virginia.edu/tns_draft/tns_001to061.html . Guba, E. Lincoln, Y.(2002) <i>Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa</i> . En Denman, C. Haro J. Por los rincones. Antología de métodos cualitativos en la investigación social. El Colegio de Sonora. Hermosillo, Sonora pp 113-145. Khun, Thomas (1994). <i>¿Qué son las revoluciones científicas?</i> Barcelona, Atalaya. 1994. Latorre, A.; Rincón, D.; & Arnal, J. (1996). <i>Bases metodológicas de la investigación educativa</i> . Barcelona: GR92. Pascal, Blaise (1988). <i>Tratados de Pneumática</i> , Alianza Editorial. Madrid. Pozo, José. Gómez, Miguel.(1998). <i>Aprender y enseñar Ciencia</i> . Ediciones Morata, Madrid. West, J. B. (1999). <i>The original presentation of Boyle's law</i> . Journal of Applied Physiology, 1543–1545. Retrieved from http://www.jappp.org/content/87/4/1543.short Wisniak, J. (2005). <i>Guillaume Amontons</i> . Revista CENIC. Ciencias químicas, 36(3), 187–195. Septiembre de 2012. Yin, Robert (2003). <i>Case study research: Design and methods</i> , Sage Publications, Newbury Park, California.

4. Contenidos

Planteamiento, identificación, formulación, justificación, antecedentes y delimitación del problema. Aspectos teóricos, históricos y epistemológicos. Metodología, Desarrollo del proyecto que muestra actividades preliminares y resultados como: Los experimentos diseñados, los módulos educativos propuestos y el desarrollo y sistematización de uno de ellos. Termina con conclusiones y recomendaciones. Se anexan los módulos : “el aire atmosférico” y “propiedades que definen un gas.

5. Metodología

Se indagó sobre la forma en que el experimento influye en la construcción de explicaciones, esta investigación de tipo educativo se desarrolló dentro del paradigma constructivista, que a partir del método cualitativo permitió hacer análisis interpretativo de la información obtenida. La investigación se desarrolló en seis fases a saber: exploratoria, de planificación, de propuesta de aula, de recolección de la información, de sistematización de la propuesta de aula y de elaboración de resultados. La actividad de aula se desarrolló en las instituciones I.E.D. Colegio Villa Rica con estudiantes de grado décimo e I.E.D. Manuel del Socorro Rodríguez, con estudiantes de grado noveno. Para recolectar la información se utilizaron guías, registros fílmicos, fotográficos y se recolectaron documentos escritos como carteleras, informes de laboratorio y bitácoras. Para sistematizar la actividad de aula se utilizó el estudio de caso. Para el diseño de los dos módulos se tuvieron en cuenta tres aspectos: el epistemológico, el experimental y el de las preguntas orientadoras.

6. Conclusiones

Para que el experimento permita descubrir aspectos del fenómeno en estudio por parte de los estudiantes debe estar inmerso en una entramado de actividades, que han sido planeadas y preparadas por el docente, que tienen cinco características: Primero, el experimento es antecedido por actividades de contextualización que despierten inquietudes, las cuales están formadas por preguntas orientadoras, lecturas preliminares y actividades de sensibilización (salidas pedagógicas, actividades de memorización, reflexión sobre situaciones paradójicas). Segundo, se delimita el fenómeno a estudiar para enfocar la actividad reflexiva y de investigación cualitativa preliminar (lecturas preparadas con preguntas de control de lectura, preguntas de carácter epistémico, preguntas orientadoras), lo que permite el diseño y construcción de experimentos, que se pueden realizar con materiales de bajo costo. Tercero, se ejecuta el experimento con un guión que señale los datos a extraer, las observaciones y preguntas a responder para la elaboración del primer informe. Cuarto, se socializan y discuten de los resultados del experimento y de las explicaciones planteadas así como los argumentos que las defienden con los compañeros, lo que permite la consolidación y construcción del conocimiento como parte de la cultura del grupo. Quinto, se presenta el informe final de la experiencia concreta, haciendo tangible lo intangible como es un escrito impreso. La elaboración del conocimiento mediado por la pregunta y el experimento es lento, en comparación con la velocidad que propone el currículo, puesto que los procesos de reflexión y profundización se dan al ritmo impuesto por los estudiantes.

Elaborado por:

Avendaño Chaves, Ana Cecilia; Gómez Huertas, Otto Leonardo

Revisado por:

Ramírez Cano, Jimmy William

Fecha de elaboración del Resumen:

06

12

2013

Nota de Aceptación

Jurado

Jurado

AGRADECIMIENTOS

Agradecer el apoyo incondicional por parte de nuestras familias y amigos así como al grupo docente de la Maestría de la docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica.

A mis hijos María Paula y Juan Diego por su paciencia y comprensión por los momentos que tuvieron necesidad de mí y no pude acompañarlos, a mi mamá y a mis hermanos quienes siempre han depositado su confianza en mí, a mis compañeros de trabajo por sus aportes, Ana Avendaño.

A Felipe y Ana María por su apoyo moral, a Magdalena quien con su paciencia y comprensión me alentó y animó en los momentos difíciles hasta lograr la culminación de este extraordinario esfuerzo, Otto Gómez.

Un agradecimiento conjunto al grupo docente del programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional, por su apoyo pedagógico, disciplinar, emocional y afectivo, sin cuyo soporte no se hubiera consolidado este esfuerzo.

El equipo docente con su paciencia y dedicación, sin duda, apuntalaron este esfuerzo intelectual de construir las propiedades de los gases desde el punto de vista cualitativo. Las profesoras Rosita Pedreros, Margarita Vargas y Erika Ariza nos ayudaron a descubrir las relaciones ideológicas, políticas, valorativas y sociales que producen cambios y dan significado a procesos de comprensión de acontecimientos y a ver el aula como un espacio social en que se elabora conocimiento a través de la construcción de explicaciones.

El profesor Steiner Valencia nos condujo por los caminos de la historia y de filosofía de las ciencias, cuya comprensión nos permitió construir el contexto cultural y los procesos científicos de los problemas propios de las propiedades de los gases.

Los seminarios que nos ayudaron a descubrir que podemos construir conocimiento en las diferentes ramas de las ciencias como en Biología, de la que tomamos muchos aspectos metodológicos para hacer nuestros módulos, con las profesoras Olga Méndez, Gladys Jiménez y el profesor Steiner Valencia, en las ciencias Físicas como Juan Carlos Castillo y Jimmy Ramírez que nos llevaron por el camino de la construcción de explicaciones de los fenómenos térmicos y nos mostraron la forma de estudiar un fenómeno como las propiedades de los gases, Isabel Garzón y Jimmy Ramírez que nos indujeron a organizar los fenómenos electrostático y megnetostático, mostrando el camino de las preguntas orientadoras. Néstor Méndez y Mauricio Rozo que nos llevaron por los caminos axiológicos de la mecánica cuántica, volviendo ese campo en algo tangible y posible de explicar. Pudimos construir sobre el fenómeno de la transformación de las sustancias bajo la orientación de Margarita Vargas y Erika Ariza, tema que nos orientó en la comprensión del contexto de la construcción de las propiedades de los gases.

Los seminarios opcionales ampliaron nuestra visión de la construcción de explicaciones como en el de Actividad Experimental, con los profesores Sandra Sandoval y Francisco Malagón en el que tuvimos la oportunidad de organizar fenómenos como lo ácido y lo básico, y la expansión térmica, de donde pudimos reorganizar la presión de los gases a partir del fenómeno de la elasticidad. La perspectiva de integración de las tecnologías de la educación en ciencia y matemáticas, con el Profesor Carlos Pérez, nos permitió entender el proceso mediante el cual los estudiantes exploran los dispositivos para llegar a utilizarlos como instrumentos, en el seminario de Fundamentación Experimental de la construcción de conceptos, con la profesora Isabel Garzón, tuvimos la oportunidad de

aclarar la aproximación cualitativa en la construcción de explicaciones de las propiedades de los gases.

En la metodología para la construcción de la tesis nos orientaron las profesoras Rosita Pedreros y Margarita Vargas, y en el diseño de investigación donde logramos concretar nuestra pregunta y los antecedentes tuvimos la asesoría de Margarita Vargas y Sandra Sandoval.

Nuestro asesor de Tesis el Profesor Jimmy Ramírez que acompañó el proceso con una visión clara, reorientándonos cada vez que nos desenfocábamos, dándonos apoyo moral e intelectual, desde la sistematización de la actividad de aula en la que discutimos al detalle los aspectos disciplinares, la construcción de preguntas, el diseño y construcción de los experimentos y los artefactos utilizados, en la construcción de las unidades de análisis que permitieron profundizar la sistematización de la actividad de aula y la asesoría de Tesis en sus diversos aspectos de reflexión, discusión y escritura.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4. DELIMITACIÓN.....	6
1.5 OBJETIVOS.....	7
1.5.1 Objetivo general.	7
1.5.2 Objetivos específicos.	7
1.6 ANTECEDENTES.....	7
2. ASPECTOS TEÓRICOS, HISTÓRICOS Y EPISTEMOLÓGICOS.....	11
3. METODOLOGÍA.....	23
Tablas de metodología.	25
4. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	28
4.1. INSUMOS.....	29
4.1.1. La actividad experimental, motivación y aprendizaje.....	29
4.1.2. Un ejemplo de profundización.....	33
Imágenes del ejemplo de profundización.....	35
4.1.3. La investigación dirigida.....	37
4.2. RESULTADOS.....	41
4.2.1. Genesis de los conceptos de las propiedades de los gases.....	41
Tablas formación de conceptos.....	44
4.2.2 Los experimentos.....	45
4.2.2.1. El Generador eólico	45
4.2.2.2 Barco de vela.	46

4.2.2.3 La canal.	46
4.2.2.4 Manguera en U.	46
4.2.2.5 El barómetro de agua.	47
4.2.2.6 Dispositivo de estudio de las propiedades del aire.	47
Imágenes de los artefactos	49
Tablas de los experimentos.....	55
4.2.3. Reseña de los módulos.....	56
4.2.3.1 Módulo 1.....	57
4.2.3.2 Módulo 2.....	58
4.2.3 La sistematización del primer módulo.....	59
Hallazgos.....	61
Guía 01: Exploración del viento.	61
Guía 02: El empuje del viento	62
Guía 03: La masa del aire.....	64
Guía 04 : Peso del aire	66
Tablas de la sistematización.....	69
Imágenes de la sistematización.....	69
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
6. REFERENCIAS.....	80
ANEXOS.....	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Organización de las propiedades de los gases.....	27
Tabla 2: Organización de los módulos.....	27
Tabla 3: Actividad experimental, motivación y aprendizaje.....	32
Tabla 4: Primera propuesta de organización de los Módulos.....	44
Tabla 5: Segunda propuesta de organización de los Módulos.....	45
Tabla 6: Costos generador eólico.....	55
Tabla 7: Costos modelo barco de vela.....	55
Tabla 8: Costos canal de ensayos de empuje del aire.	55
Tabla 9: Costos de tubo en U ensayos de soplado y succionado.....	55
Tabla 10: Costos del barómetro de agua.....	56
Tabla 11: Costos de la jeringa caracterización elasticidad del aire.....	56
Tabla 12: Costos del dispositivo de estudio de las propiedades del aire.....	56
Tabla 13: Descripción guías Módulo 1.....	58
Tabla 14: Descripción guías Módulo 2.....	59
Tabla 15: Análisis de la explicaciones de los niños.....	60
Tabla 16: Avance del bote versus niños soplando.....	69
Tabla 17: Relación entre niños soplando y la diferencia de altura de los niveles de agua. .	69

TABLA DE IMAGENES

Imagen 1: Instrumentos que relacionan P/V, V/T, T/P.....	22
Imagen 2: El movimiento de los músculos de la caja torácica varían su volumen.....	35
Imagen 3: La pleura actúa como barrera de vapor.....	36
Imagen 4: Árbol alveolar de sólo cuatro niveles, tiene $1 \times 2 \times 3 \times 3 = 54$ alveolos.....	36
Imagen 5: Botella plástica perforada.....	49
Imagen 6: Resina garantiza fijación de las mangueras y estanqueidad.....	49
Imagen 7: Mangueras adosadas a la botella.....	49
Imagen 8: Modelo barco de vela.....	50
Imagen 9: Arreglo generador eólico -- Canal --barco de vela.....	51
Imagen 10: Tira de plástico para formar tubo de 2" de diámetro.....	51
Imagen 11: Tubo en U, se sopla a través del generador eólico y se observan las variaciones del nivel de agua.....	52
Imagen 12: Tubo en U, en succión, se inserta un tubo rígido para evitar el colapso de las paredes.....	52
Imagen 13: Barómetro de agua suspendido a una altura de 10 metros.....	53
Imagen 14: Jeringa sellada se comprime y expande de diversas formas.....	53
Imagen 15: Jeringa (J), varía temperatura (A), Comprime (C), Expande (B).....	54
Imagen 16: Comparación de los dibujos y las palabras en la actividad de cometas.....	69
Imagen 17: Experiencia de organización del impulso en barcos de vela: Generador eólico, bote de vela, estudiantes soplando y canal para medición del avance del bote.....	70
Imagen 18: Descripción de la expansión de las paredes del tubo antes de empujar el agua.....	70
Imagen 19: El movimiento de la columna de agua.....	71
Imagen 20: Variables de actividad con barcos de vela.....	71
Imagen 21: Capacidad pulmonar como parte de la explicación.....	72
Imagen 22: Se establece una relación de proporcionalidad.....	72
Imagen 23: Comparación empuje objeto con empuje viento.....	72

Imagen 24: Masa del aire.....	73
Imagen 25: Aproximación a la presión.....	74
Imagen 26: Peso del aire empuja la columna de agua.....	75

INTRODUCCIÓN

El énfasis de la Maestría en la Docencia de las Ciencias Naturales es la construcción de explicaciones. Lo cual exige a los docentes estudiantes hacer el tránsito de el enfoque educativo tradicional al enfoque educativo de investigación dirigida. Mientras que para los estudiantes la investigación es un proceso abierto, para los profesores es un proceso cerrado en el cual se tiene pleno conocimiento de lo que debe suceder, por tal razón el docente estudiante debe profundizar en la historia en razón a la evolución de los conceptos, la epistemología por causa del desarrollo de las ideas y los contenidos disciplinares por cuenta del avance de la ciencia en los fenómenos a estudiar. Si la profundización de los aspectos mencionados se hace con suficiente rigurosidad, la elaboración de explicaciones por los estudiantes podrán ser orientadas adecuadamente, lo cual producirá en ellos una imagen de ciencia dinámica y contextualizada, muy al contrario de la ciencia aburrida ocasionada por el enfoque tradicional. Una tendencia en la construcción de explicaciones es el estudio de los fenómenos desde la experiencia sensible para limitarlos, caracterizarlos y organizarlos, que permitirá establecer las cualidades que posibilitarán hablar del fenómeno y comenzar la construcción de conocimiento acerca de él. En este trabajo se estudian dos fenómenos relacionados con los gases, el primero es *el aire atmosférico* del cual se elabora un módulo que es aplicado en dos grupos de estudiantes para su sistematización; y el segundo fenómeno es *la elasticidad del aire*, para lo cual se confina en un recipiente que permite observar sus cambios con la variación de volumen, presión y temperatura.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el plan de estudios del grado décimo, de acuerdo con los lineamientos curriculares establecidos por el estado se propone que los estudiantes se acerquen al conocimiento de las ciencias en forma semejante a como lo abordan los científicos, en general se espera desarrollar la capacidad de formular hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos; identificar variables, proponer modelos para predecir los resultados de experimentos y simulaciones; registrar observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas en forma organizada como propia del tema en particular, así mismo se propone para el estudio de los gases verificar “el efecto de presión y temperatura en los cambios químicos” (MEN, 2004, p. 22).

En la educación tradicional el tema de los gases se presenta como ciencia acabada, es decir, como un saber absoluto elaborado por mentes privilegiadas que se transmite del docente al estudiante (Pozo, Gómez, 1998, p. 268).

Para su estudio, en la mayoría de los casos, los docentes utilizan como referentes teóricos los libros de texto, en los que se definen las leyes, se muestran esquemas de las propiedades a estudiar y diagramas de relación entre variables, posteriormente se presentan *ejemplos* y se procede a aplicar lo visto en clase a través de la ejecución de ejercicios. En la práctica experimental, cuando se realiza, se hace en un laboratorio básico con guías predeterminadas para comprobar la veracidad de las leyes expuestas.

Los libros de texto transmiten una imagen de ciencia verdadera y terminada, privilegiando el aprendizaje memorístico de datos sobre la comprensión de los fenómenos, por tanto, el estudio de los gases se centra en conocer el nombre del científico, la fórmula de la ley que lleva su nombre y resolver problemas típicos en los que se varían algunas condiciones de las situaciones teóricas propuestas. Las evaluaciones, en consecuencia, están centradas en la resolución de problemas matemáticos dejando de lado lo más importante que es la *construcción del conocimiento por parte del estudiante a través de sus propias explicaciones*.

1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la enseñanza tradicional se encuentra que el docente es el proveedor del conocimiento mientras los estudiantes se limitan a ser consumidores, también que los alumnos se preparan para resolver problemas de interacción de variables capacitándose para responder pruebas estandarizadas administradas por el estado, dejando de lado la comprensión de los fenómenos en particular los asociados a los gases. Además, el uso demostrativo del experimento no suscita curiosidad en los estudiantes, ni permite que construyan explicaciones de las situaciones presentadas porque con anterioridad se ha dado a conocer la ley que da cuenta del fenómeno, en otras palabras el laboratorio se presenta como el lugar para *comprobar* una ley de la ciencia.

Las consecuencias de estas dinámicas escolares son: primero, la presencia de aburrimiento¹, falta de interés o desmotivación de los estudiantes; segundo, las metas que se propone el docente no llenan las expectativas propias, ni de los estudiantes; tercero, en

1

La educación es anacrónica <http://www.youtube.com/watch?v=RiwR4u6nxt8> , Robinson (2011)

la vida cotidiana de los educandos los conceptos adquiridos en el aula no se aplican, por ejemplo aunque se estudie el perjuicio de los aerosoles a base de clorofluorocarbonados, se siguen utilizando pasando por alto los daños que producen en la atmósfera.

Una alternativa para solucionar este *desolador* panorama, es hacer que los estudiantes construyan las relaciones entre las propiedades de los gases –experimentando, investigando y reflexionando sobre su importancia en la vida cotidiana–, puesto que al decir de Von Glasersfeld (citado por Pakman, 1996) “...el conocimiento no se recibe pasivamente, ni a través de los sentidos, ni por medio de la comunicación, sino que es construido activamente por el sujeto...”, permitiendo soslayar la problemática descrita.

Para proponer actividades de aula que impliquen diseño de experimentos, construcción de artefactos y resolución de cuestionarios que propicien la construcción de explicaciones, los docentes se deben preparar para orientar procesos de construcción de conocimiento, es decir, deben estudiar los fenómenos de los gases a profundidad.

La enseñanza de la ciencia como construcción de explicaciones de fenómenos proporciona elementos conceptuales, valorativos y afectivos que permiten promover una imagen de ciencia dinámica y comprometida con el contexto.

Si para iniciar la comprensión de las propiedades de los gases es necesario conocer el proceso de explicaciones que surge a partir de la experimentación y la construcción de artefactos, se puede preguntar: ***¿De qué forma hacer que la experimentación favorezca la construcción de explicaciones de las propiedades de los gases?***

1.3. JUSTIFICACIÓN

En este trabajo de investigación se aportan elementos pedagógicos, metodológicos y didácticos centrados en las propiedades de los gases, como parte de la línea de investigación de la enseñanza de las ciencias como actividad de construcción de explicaciones de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, cuyos resultados pueden ser utilizados como insumos en el planteamiento y desarrollo de actividades de aula que se enfoquen en la caracterización de fenómenos asociados. Se configuran los objetos de la experiencia sensible relacionados con las propiedades de los gases a partir de actividades experimentales originales, construcción de dispositivos con materiales económicos de fácil adquisición, elaboración de preguntas que relacionan la historia de la conformación de los conceptos y las ideas con las observaciones y explicaciones hechas por los estudiantes, las cuales se socializan para construir colectivamente el conocimiento.

Los beneficios que se obtienen de esta investigación son: una visión histórica del contexto en el cual se plantearon los fenómenos, la aprehensión de la complejidad de las dinámicas del aula a partir de la reflexión y discusión sobre el proceso y sus resultados, se forma una visión amplia y profunda del fenómeno en estudio por la consulta de información de diversas fuentes lo cual disminuye la dependencia de los textos escolares por cuanto sus descripciones no dejan de ser reduccionistas y simplificadas.

Uno de los siete retos que enfrenta la educación colombiana es hacer que los niños quieran estudiar ciencias y matemáticas, el doctor Carlos Vasco invita a hacer una reflexión sobre el reto de cambiar su imagen negativa de materias difíciles de aprender y sólo por mentes privilegiadas ², una manera de contribuir a esta reflexión es tener en cuenta que

² Conferencia del Dr. Carlos Eduardo Vasco en la Universidad EAFIT (Medellín) que invitó a hacer una reflexión profunda respecto a siete grandes retos que enfrenta la educación colombiana, muy similares a los que encaran el resto de países Hispanoamericanos. Tomada de <http://www.eduteka.org/RetosEducativos.php> el 20 de octubre de 2013. “El desprecio por la pedagogía y la didáctica de las matemáticas y las ciencias que se da en los profesionales de esas áreas aun desde sus pregrados, y más aún en los que tienen posgrados, es simplemente un suicidio colectivo desde el punto de vista demográfico: al aburrir, humillar y desterrar del paraíso matemático y de los paraísos científicos a los

cuando los estudiantes descubren su capacidad para construir explicaciones, se promueve en ellos un cambio de actitud radical a favor del estudio, cambiando de consumidores a productores de conocimiento, lo que además de favorecer su desarrollo personal, los convierte en factores importantes para el desarrollo del país.

1.4. DELIMITACIÓN

Con este trabajo de investigación se pretende mostrar que los estudiantes pueden construir explicaciones sobre de las propiedades de los gases, a partir de la experimentación – para lo cual se diseñan y ejecutan experimentos y dispositivos *novedosos* – y el análisis cualitativo de los diferentes fenómenos abordados en el aula. Se busca indagar los aspectos históricos, epistemológicos y disciplinares de las propiedades de los gases, para ello se proponen dos módulos de enseñanza, *el módulo del aire atmosférico y el módulo propiedades que definen un gas*. El primero se desarrolla como actividad de aula y se sistematiza para poner a prueba las intenciones y supuestos de la propuesta de investigación, (Pedreros, Vargas. 2012). Se hace énfasis en la fenomenología de situaciones específicas que se aíslan y controlan para estudiarlas en forma cualitativa³, utilizando la investigación dirigida como enfoque de enseñanza-aprendizaje, construyendo socialmente el conocimiento.

jóvenes que no logran buenos rendimientos en sus áreas, están reduciendo el número de aspirantes a estudios avanzados en esas mismas áreas y están impidiendo que se amplíe el apoyo ciudadano a ellas y a los y las jóvenes que quieran estudiarlas

³ No se profundizan aspectos termodinámicos por cuanto no se estudia la circulación de la energía ni su transformación en movimiento, por ser un estudio macroscópico tampoco se contempla el modelo cinético molecular de los gases para explicar su comportamiento. Además, como se considera que el conocimiento científico es diferente del conocimiento escolar no se utiliza el enfoque de aprendizaje por descubrimiento.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general.

Orientar el proceso de construcción de explicaciones de propiedades de los gases.

1.5.2 Objetivos específicos.

Diseñar y construir experimentos que permitan estudiar las propiedades de los gases.

Desarrollar módulos de enseñanza que permitan construir explicaciones sobre las propiedades de los gases.

Diseñar, ejecutar y sistematizar una experiencia de aula, en la cual los estudiantes construyan algunas propiedades de los gases a partir de actividades experimentales.

1.6 ANTECEDENTES

Los experimentos se pueden utilizar para verificar teorías y definir conceptos, emular en el aula las experiencias realizadas por grandes científicos, promover el ejercicio mental mediante situaciones paradójicas o para la construcción de explicaciones.

El experimento como herramienta de construcción de explicaciones es parte del método hipotético deductivo utilizado por la ciencia, que combina dos actividades: la primera es la reflexión racional en el planteamiento de las hipótesis y la deducción de conclusiones, y la segunda es la actividad experiencial dada por la observación y la comprobación de la verdad de las hipótesis. Los pasos de este método son: observación del fenómeno, creación de hipótesis que expliquen el fenómeno, la deducción de consecuencias y la comprobación mediante la experiencia. Con el experimento se reproduce el fenómeno bajo condiciones controladas por el experimentador para comprobar las proposiciones construidas sobre la base de suposiciones extraídas de la realidad (Hewitt, 2004)

El experimento mental utiliza métodos racionales independientes de consideraciones empíricas en el sentido que no proviene de la observación ni de la experimentación. Mach (1896) señala que es importante para el desarrollo cognitivo y que la presentación de paradojas es excepcionalmente apropiado para promover la reflexión, puesto que propone escenarios que ayudan a comprender algún razonamiento o algún aspecto de la realidad.

Kunh (1994) advierte que la historia se puede utilizar para contextualizar los problemas de investigación, estudiar los procedimientos y las explicaciones propuestas por los hombres de ciencia de la época y hacer una aproximación al lenguaje empleado por los especialistas, aunque se debe tener en cuenta que muchas veces la evolución de las teorías no permite su comparación. Marini (2007), propone que la historia permite al docente vislumbrar a través de las explicaciones planteadas por los alumnos los potenciales errores conceptuales, que se pueden asociar a la evolución histórica de las explicaciones evitando que lleguen a convertirse en obstáculos para el posterior desarrollo del conocimiento de los estudiantes.

Pinzón (1996) menciona que se debe procurar la realización de experimentos o que se hagan experiencias sencillas, bien sea en casa o en el laboratorio, utilizando elementos de la vida diaria, para después de escuchar las opiniones de los alumnos inducirlos a introducir los conceptos llanamente saltando a la resolución de problemas y la exigencia de aplicaciones a la vida cotidiana. Considera que las prácticas de laboratorio son parte esencial para que los alumnos indaguen, se pregunten y extrapolen lo aprendido a la vida cotidiana, favoreciendo el aprendizaje significativo.

La construcción de artefactos impacta de manera positiva la relación de los estudiantes con los fenómenos a estudiar, aunque las referencias históricas son meramente anecdóticas, permite construir alrededor de ellas la comprensión del fenómeno y la búsqueda de explicaciones, por ejemplo, la bomba de vacío (Calvet, 2004) permite hacer

una retrospectiva de la “*air pump*” de Robert Boyle, y explorar los experimentos que realizó en la búsqueda de explicaciones del comportamiento del aire; de igual manera la utilización de montajes experimentales permite, mediante el análisis de la información obtenida, encontrar relaciones matemáticas (Alvarado, 2011); de otra parte, el barómetro de agua y el dispositivo para la recolección de gases (De Grys, 2003; Kvittingen, 2005), permiten la apropiación del concepto de presión y hacer el almacenamiento de gases para posteriores experimentos. Estas actividades constructivas llaman la atención de los estudiantes a la vez que los enfoca en el comportamiento de los fenómenos a estudiar, permitiéndoles tener un proceso de construcción de explicaciones, que enriquecerán no sólo sus conocimientos científicos, sino que les proveerán de herramientas para ser personas autónomas y responsables.

De otra parte, Moreno (2008), Karolija (2005), Pinzón (1996) y Alvarado (2011), piensan que después de contrastar las experiencias diarias y las primeras explicaciones dadas por los estudiantes se hace un experimento por clase lo cual no da tiempo a la construcción, ni a la reflexión de los conceptos. por tanto los estudiantes no llegan a hacer comprensiones profundas, aunque muestran gran entusiasmo por aprender más de los fenómenos.

Rache (2009), Camacho y Quintanilla (2008) y Furió (2005), proponen el aprendizaje por investigación que mediante la utilización de guías y, actividades de tipo lógico y matemático, aborde el aprendizaje ligado a la resolución lógica de problemas cualitativos y contextualizados, allí los estudiantes formulan preguntas y sugieren soluciones sobre una observación o sobre la aplicación de teorías, luego, se les solicita que las proyecten a la experiencia cotidiana. Sin embargo, este tipo de actividades tienen el peligro de no potenciar la construcción y comprensión de los conceptos, sino que se pueden convertir en ejercicios de tipo memorístico de corto plazo.

Chamizo (2009), anota que los docentes acompañan la realización del experimento que dieron origen a los conceptos en el laboratorio, utilizando los instrumentos modernos, pero recurriendo a la historia de la ciencia para reconstruirlos. Fino (1996), sostiene en otra variación, que se realiza el experimento para construir los conceptos con los estudiantes, quienes establecen los objetivos e interpretan los resultados, y que sirve para hacer las observaciones y comprobar las hipótesis según consultas previas. Dentro de la propuesta de construcción de explicaciones Malagón, Ayala, y Sandoval (2011), proponen el uso del experimento para la construir magnitudes.

Estas tendencias se acercan más a la construcción de explicaciones, pero el común denominador es la falta de tiempo, la necesidad de llenar los contenidos hace que se realice un experimento después del otro sin dar tiempo a la decantación de los hechos y la reflexión de las explicaciones.

2. ASPECTOS TEÓRICOS, HISTÓRICOS Y EPISTEMOLÓGICOS

En este capítulo se presentan los aspectos históricos y epistemológicos que permiten avanzar en la construcción de explicaciones de las propiedades de los gases, se muestran los problemas técnicos de la época que originaron el estudio de los fenómenos, se exponen las explicaciones propuestas por los estudiosos, y se exhiben las formas como se construyeron los conceptos que apoyan el trabajo de esta investigación.

El concepto de ciencia considerado se contrasta con su visión tradicional de la siguientes formas: primero, es una construcción humana condicionada y comprometida a diferencia de la visión propuesta por los textos escolares de un conocimiento único, verdadero y universal; segundo, el método científico es apenas una de las diferentes estrategias metodológicas para acceder al conocimiento; tercero, la ciencia se elabora mediante la construcción de explicaciones y no es un cúmulo de "productos" y hechos acabados y por último, la ciencia se desarrolla dentro de comunidades científicas.

Para iniciar el estudio de las propiedades físicas de los gases es necesario remitirse hasta Aristóteles, quien en el siglo III antes de Cristo sistematizó y reconfiguró muchos

conocimientos de su mundo, en sus tratados estudió los fenómenos del viento, el aire y el horror al vacío, aunque no los relacionó entre sí. Sin embargo, las ideas que recogió se pueden considerar como la representación del sentido común⁴. Hasta el siglo V bajo el imperio romano la ciencia permaneció estancada. En Europa, en la edad media, por diversas causas culturales, el conocimiento se transmitió por medio de la Escolástica que utilizaba dogmas⁵, cuyo valor de verdad dependía de la validez lógica de sus proposiciones, la tradición y la autoridad de la Iglesia. Luego, en el Renacimiento, estudiosos de la naturaleza como Galileo, Ticho Brahe y Copérnico, utilizaron además de la potente lógica heredada de Aristóteles, la observación y la experimentación para determinar la validez de las hipótesis propuestas.

El estudio de las propiedades de los gases comienza con el viento que se ha utilizado para impulsar botes de vela *desde la antigüedad*⁶, Aristóteles escribió un tratado sobre los meteoros como huracanes, terremotos y vientos, los cuales vinculó al agua que al estar fría formaba ríos y lluvias y cuando se calentaba formaba dos clases de exhalaciones una húmeda y una seca que correspondían a lluvias y vientos respectivamente⁷. La esfera

⁴ El sentido común tiene varias acepciones. Para Aristóteles era un órgano especial diferente de los órganos particulares (o sentidos particulares); como conciencia de los diversos sentidos. Para los filósofos de la escuela escocesa del s.XVIII es la fuente máxima de certeza y nos pone directamente en las cosas anclándonos nuevamente en su realidad. Para Nagel el conocimiento científico es la continuación del conocimiento del sentido común, mientras que para Bachelard los dos tipos de conocimiento son totalmente diferentes.

⁵ *Escolástica*: Doctrina filosófica, enseñada en las escuelas y universidades de la Edad Media, que intentaba explicar los dogmas de la religión católica mediante las ideas de filósofos griegos como Aristóteles. *Dogmas*: Conjunto de puntos principales de una religión, doctrina o un sistema de pensamiento que se tienen por ciertos y seguros y no pueden ponerse en duda (<http://es.thefreedictionary.com/dogma>)

⁶ El primer indicio de una nave de vela ha sido reportado en Egipto hacia el año 1300 a.C.: se describe una embarcación dotada de una vela cuadra..... Sólo podía navegar a favor del viento, pero como en el valle del Nilo el viento sopla casi siempre del norte, ello permitía navegar contra la corriente, y para navegar río abajo no se necesitaba vela (Cifuentes, Torres, García, Frías. 2005).

⁷ El sol...con su calor hace ascender lo húmedo, mientras que al alejarse condensa de nuevo en agua...el agua cae... se distribuye toda por la tierra, pero en la tierra hay mucho fuego y calor, y el sol no sólo atrae la humedad interpuesta a la tierra, sino que también seca la tierra al calentarla; y al ser la exhalación de dos tipos...una vaporosa y la otra humeante, ..., la exhalación que contiene más cantidad de humedad es el principio del agua de lluvia, mientras que la exhalación seca es el principio y naturaleza constitutiva de todos los vientos (Aristóteles, 1997).

del mundo⁸, estaba conformada por cuatro elementos, uno de los cuales era el aire que por estar bajo la influencia del movimiento de la esfera lunar se mezclaba con los otros para formar todos los seres que se encontraban sobre la tierra. Además se consideraba que el aire por ser más liviano que el agua y la tierra, tendería a moverse buscando su lugar natural hacia arriba⁹.

Por ese motivo, en la escuela se caracterizan el viento y el aire, a partir del sentido común utilizando un dispositivo que genera viento artificialmente con el cual se puede determinar el empuje del viento de dos formas: primero sobre barcos de vela a escala y luego, asociándolo con la variación del nivel de agua contenida en una manguera en U.

El estudio continúa con la revolución que dio origen a la neumática como ciencia del estudio de los gases. En Florencia, en 1638 Galileo en su libro *Discorsi*¹⁰ expuso el

⁸ En la región sublunar los elementos son cuatro: fuego, aire, agua y tierra; los cuales, si no fuesen perturbados, se dispondrían naturalmente en cuatro esferas concéntricas, del más ligero (el fuego) al más pesado (la tierra) (Aristóteles, 1997).

⁹ Así, pues, si lo que mueve hacia arriba y los que mueve hacia abajo son lo que hacen grave y lo que aligera... trasladarse hacia el lugar propio es trasladarse hacia lo semejante: pues las cosas contiguas son semejantes entre sí, v.g.: el agua al aire y el aire al fuego, para los cuerpos medios es posible expresarlo al revés, para los extremos no, diciendo, por ejemplo, que el aire es semejante al agua y el agua y la tierra: pues el cuerpo superior se relaciona recíprocamente con el situado debajo de la forma específica con la materia...Cada uno de estos cambia de manera semejante: ...los cuerpos leves van hacia arriba , los graves hacia abajo (Aristóteles, 1997).

¹⁰ *Sagredo*... Una vez vi a una cisterna que se había provisto de una bomba. La acción de la bomba succiona... de modo que el agua se levanta por...atracción . Esta bomba funcionaba perfectamente siempre que el agua en la cisterna estaba por debajo de un cierto nivel, pero por encima de este nivel de la bomba fallaba. La primera vez que observé este fenómeno pensé que la máquina estaba fuera de servicio, pero el obrero a quien llamé para repararlo me dijo que el defecto no estaba en la bomba, sino que el agua había caído demasiado bajo para ser succionada mas alla de esa altura, y agregó que no era posible, ya sea por una bomba o cualquier otro equipo de trabajo en el principio de atracción, elevar el agua por encima de dieciocho codos, así la bomba sea grande o pequeña este es el límite extremo de levante. Yo pensaba que, aunque sabía que una cuerda o varilla de madera o de hierro, si es lo suficientemente larga, se rompería por su propio peso cuando se mantiene por el extremo superior, nunca se me ocurrió que lo mismo sucedería, sólo que mucho más fácilmente, a una columna de agua. ¿En la bomba se atrae una columna de agua y se estira más y más hasta que finalmente se llega a un punto en el que se rompe, como una cuerda, a causa de su exceso de peso ?
Salvati . Esa es precisamente la forma en que funciona, esta elevación fija de dieciocho codos es cierta para cualquier cantidad de cualquier agua , sea la bomba grande o pequeña , o incluso tan fina como una paja. Por tanto, podemos decir que, en un peso del agua contenida en un tubo de dieciocho codos de largo, sin importar el diámetro, obtendremos el valor de **la resistencia del vacío (forza del vuoto)** en un cilindro

problema conocido por fontaneros y poceros: sólo se podía extraer agua hasta una altura de 18 brazas, ya que en esta época las necesidades de extracción de agua subterráneas comprendía actividades desde la minería hasta el suministro para el consumo humano. La explicación que él propuso estaba relacionada con la tensión que sufre una columna que al ser erguida desde su extremo superior se rompe cuando su peso supera la resistencia interna a la ruptura del material y que él llamó la *forza del vuoto*.

Berti, quien era constructor de acueductos en Roma, y Maggiotti, discípulos de Galileo quisieron explorar lo expuesto por su maestro, “Berti...reprodujo el fenómeno en su propia casa con objeto de poder estudiarlo convenientemente en condiciones cuasi ideales. El resultado del experimento fue el previsto: los asistentes a la demostración pública pudieron constatar cómo el agua se mantenía a una altura de 18 brazas sin llenar la esfera de cristal ajustada sobre el largo tubo de plomo [que estaba sellado en la parte superior con la esfera de cristal y sumergido en una pequeña tinaja en la parte inferior]. Todos se preguntaron, qué era lo que había en el interior de dicho globo, ya que estaba herméticamente cerrado y el aire no parecía poder haber penetrado en él. Berti sostuvo que se trataba de un espacio vacío, pero los Jesuitas Nicollo Zucchi y Athanasius Kircher, como buenos peripatéticos [seguidores de la escuela Aristotélica], lo negaron rotundamente y sostuvieron la posibilidad de que hubiera entrado aire por entre el líquido y las paredes del tubo, [puesto que] Aristóteles¹¹ había negado el vacío como algo lógicamente imposible”, (Pascal, 1988).

de cualquier material sólido que tiene un diámetro de este mismo diámetro. Y habiendo llegado, vamos a ver lo fácil que es encontrar en qué longitud cilindros de metal, piedra, madera, vidrio, de cualquier diámetro pueden ser alargados sin romperse por su propio peso. (Galileo, 1638)

¹¹ Aristóteles había negado el vacío como algo lógicamente imposible, ya que al ser la velocidad de todo cuerpo inversamente proporcional a la resistencia del medio, un movimiento en el vacío exigiría una velocidad infinita, esto es, debería tratarse de un movimiento instantáneo, cosa absurda puesto que se supondría que un cuerpo estuviese en dos lugares a la vez (Pascal, 1988. p.11).

En la escuela se realiza la experiencia mediante la construcción de un barómetro de agua que, hoy en día, se puede realizar a un costo muy bajo utilizando manguera de plástico, tapones de caucho y un recipiente pequeño, sin embargo, se debe tener mucho cuidado que al llenar el tubo de agua se evite la formación de burbujas, de lo contrario no se puede conformar el fenómeno, ni observarlo. (De Grys, 2003).

Sigue el estudio con el uso de mercurio, después de la muerte de Berti, Magiotti buscó a Torricelli, también discípulo de Galileo, para repetir la experiencia, "...pero utilizando esta vez agua de mar a fin de poder utilizar tubos más cortos y simplificar su ejecución. Torricelli decidió encararse finalmente con el problema y expuso todas las dificultades de carácter práctico a Viviani, que fue posiblemente quien sugiriera el empleo del mercurio, con lo que bastaba con disponer de un tubo de un metro. Por fin el 11 de junio de 1644, comunicaba éste los resultados a su amigo Michel Angelo Ricci: no sólo la naturaleza no experimenta ningún tipo de horror al vacío -pues realmente vacío, quedaba en la parte superior del tubo-, sino que ni siquiera existía la *forza del vuoto*, toda vez que la suspensión del líquido era debido a la presión del aire exterior". (Elena, Alberto, en Tratados de Neumatica, Pascal, 1988).

Si bien el mercurio se utilizó debido a su gran densidad, (trece y media veces la densidad del agua), hoy día se restringe su uso debido a su altísima toxicidad, razón por la cual los experimentos propuestos no utilizan mercurio, por el contrario, se utiliza agua como fluido que muestra las variaciones de presión mediante instrumentos fabricados con materiales de fácil adquisición.

La explicación de Galileo supone que la columna de agua se comporta como una columna de cualquier sólido, es decir, asimila el comportamiento del líquido al comportamiento de un sólido, cosa que no es cierta especialmente cuando hay tensión o tracción. La explicación de Aristóteles supone que la naturaleza tiene alma y le tiene *horror al vacío*, por tanto reacciona por miedo a su presencia. Las dos explicaciones se

construyeron sobre el supuesto que dentro del tubo había algo que ejercía fuerza de atracción sobre el líquido, las llamaron *forza del vuoto* y *succión* respectivamente.

Torricelli, supuso que la columna de líquido se mantiene erguida y estática por la presencia de un contrapeso debido a la masa del aire que ejerce presión contra la superficie del recipiente en el que se encuentra inmersa la parte inferior de la columna, manteniendo el equilibrio tal como sucede en la balanza con masas equivalentes. Dándole al aire la característica de ser pesado y ejercer fuerza hacia abajo, contradiciendo la afirmación de los peripatéticos “que el movimiento natural del aire era hacia arriba por pertenecer a los elementos livianos¹²”.

La explicación de Torricelli rompió varios obstáculos epistemológicos, planteados por Bachelard en *La formación del espíritu científico*¹³: el animista por cuanto la naturaleza no le teme a nada pues no tiene sentimientos; el de la primera observación por cuanto la causa del fenómeno no está dentro del tubo sino que se encuentra fuera de este y es el peso del aire que ejerce presión sobre la superficie externa del líquido; y por último el sustancialismo¹⁴, por cuanto al aire se le había atribuido la propiedad de ser liviano y tender hacia arriba buscando su lugar natural.

¹² Ahora bien, lo grave y lo leve parecen tener en sí mismos, mas que estos, el principio del cambio debido a que su materia está más cerca de la entidad; un indicio de ello es que la traslación es propia de cuerpos independizados y que en el orden de la generación, es el último de los movimientos, de modo que con arreglo de la entidad, es seguramente este el primer movimiento. Así pues, siempre que se genera aire a partir de agua y algo leve a partir de algo grave, lo resultante va hacia arriba. A un mismo tiempo es ligero y ya no se genera sino que existe aquí o allí. Es evidente entonces, que hallándose en potencia, al ir hacia la consumación, llega a tal lugar y a tanto y a tal donde, cuando y cual le permite su estado actual. (Aristóteles, 1997)

¹³ La experiencia básica, la observación básica es siempre el primer obstáculo para la cultura científica,... se generalizan las primeras consideraciones, en cuanto no se tiene nada más que considerar...la explicación de unidad de la naturaleza, por la utilidad de los fenómenos naturales. El obstáculo verbal, vale decir la falsa explicación lograda mediante una palabra explicativa,...el sustancialismo,...la monótona explicación de las propiedades de la sustancia,... el obstáculo animista de las ciencias físicas, las valoraciones como las ideas de sustancia y de vida,...las dificultades de la información geométrica y matemática y el falso rigor. (Bachelard, 2010; pp. 22 a 26)

¹⁴ El obstáculo sustancialista consiste en la unión que se hace de la sustancia y sus cualidades. (Bachelard, 2010)

En París, Blaise Pascal hace su propio proceso de ruptura de obstáculos epistemológicos ¹⁵ , y muestra “... el equilibrio del aire con el mercurio; que son respectivamente, el más ligero y el más pesado de todos los líquidos conocidos en la naturaleza”, para concluir que la medición de la altura de la columna de mercurio, “..practicada en las montañas ha puesto fin a la creencia universal en el horror de la naturaleza al vacío, abriendo camino a la idea -ya incuestionable- de que la naturaleza no experimenta horror al vacío, que no hace nada por evitarlo y que el peso de la masa del aire es la verdadera causa de todos los efectos que hasta ahora venían atribuyéndose a esta causa imaginaria”.

Pascal (1988, p.133) en su libro *El tratado del peso de la masa del aire* , afirma que “..ya nadie discute en nuestros días que el aire es pesado, pues es sabido que un globo pesa más inflado que desinflado..” y establece los límites del fenómeno a estudiar “en todo este discurso yo no hablaré sino del aire en el estado que lo respiramos, sin preocuparme si está compuesto o no; es a este cuerpo, sea simple o compuesto, al que yo llamo aire y al que atribuyo peso cosa que me parece innegable”. Las explicaciones permiten ver al aire como un mar que rodea la tierra, los seres humanos permanecen en su profundidad y al igual que en el fondo del mar se siente su presión y su peso, pero acostumbrados a vivir en él no lo percibimos.¹⁶ Es cuando surge la palabra atmósfera, en francés en 1665, en italiano

¹⁵ “...pero, a la postre la fuerza de los experimentos me han obligado a abandonar aquellas ideas a las que por respeto a la antigüedad había sido fiel. Y aún así las he ido abandonando muy poco a poco y sólo me he separado de ellas en forma gradual: del primero de estos tres principios, que la naturaleza siente un horror insuperable al vacío, he pasado al segundo, que aquel horror se daba pero no era insuperable, y de ahí he acabado por llegar finalmente al tercero, que la naturaleza no siente ningún tipo de horror al vacío” (Pascal 1988; p. 121)

¹⁶ Una vez establecido este principio [del peso del aire], tan solo me detendré a extraer algunas consecuencias: (1) Como quiera que cada parte del aire es pesada, también habrá de serlo toda la masa del aire, es decir toda la esfera del aire; y puesto que no es infinita, sino que tiene límites, tampoco el peso de la masa del aire es infinito. (2) De la misma manera que la masa de agua del mar ejerce cierta presión sobre la parte de la tierra que le sirve de fondo y que si, en vez de cubrir sólo una parte, rodease toda la tierra, ejercería por efecto de su peso una cierta presión sobre toda la superficie terrestre, así la masa del aire que recubre esta ejerce por efecto de su peso una cierta presión en todas partes...(4) De la misma manera que todos los cuerpos sumergidos en el agua están sometidos por todas partes a la presión ejercida por el peso del agua que tienen encima, tal como lo hemos demostrado en el el Tratado del equilibrio de los líquidos, así los cuerpos que están rodeados por el aire están sometidos por todos lados a la presión ejercida por el peso de la masa de aire que tienen encima. (5) de la misma manera que los animales acuáticos no sienten el peso del agua, así tampoco sentimos el peso del aire: al igual que no cabe concluir

en 1667 y en Castellano en 1690 (Dechile, 2013), que significa esfera de niebla, el tubo de Torricelli se convirtió en aeroscopio o barómetro, aparato que sirve para medir la presión atmosférica.

En el ámbito escolar se puede recrear la experiencia de las variaciones de la presión atmosférica mediante la construcción de un barómetro¹⁷ pequeño, se usa un frasco de vidrio cuya boca se sella con una membrana de caucho que permite determinar visualmente los cambios de presión a diferentes alturas dentro de un edificio.

Hasta la época de Pascal el vacío se había obtenido mediante el tubo de Torricelli. La aparición de una técnica para obtener vacío, consistente en extraer el aire de un recipiente en forma mecánica, convirtió el vacío en un fenómeno de estudio debidamente limitado. En Alemania, Von Guericke, diseñó y fabricó una bomba extractora de aire a partir del principio de las bombas extractoras de agua y en 1654 demostró la fuerza que ejerce la atmósfera¹⁸. En su informe *Experimenta Nova, ut vocatur, Magdeburgica, de Vacuo Espatio*, da cuenta de su intención como experimentador de controlar un espacio en el que se pudieran tener condiciones de ausencia de aire.

De hecho otro instrumento creado por él, denominado baroscopio¹⁹, permite establecer condiciones para construir explicaciones relacionadas con el empuje del aire en los sólidos, utilizando una campana de vacío y una balanza.

que el agua no tiene peso por el hecho de que este no se sienta al estar sumergidos, así tampoco podemos concluir que el aire no pese por el hecho de no sentirlo. (Pascal, 1988, pp. 136-237)

¹⁷ Construcción de un barómetro <http://www.youtube.com/watch?v=JmyEnoxOno8>

¹⁸ “... preparó dos hemisferios de metal que encajaban mediante un reborde engrasado. Después de unir los dos hemisferios y extraer el aire que contenían mediante una bomba, la presión del aire exterior mantenía las semiesferas unidas. Yuntas de caballos unidas a cada uno de las dos semiesferas y fustigadas para que tirasen lo más posible en direcciones opuestas, no lograron separar las semiesferas. Sin embargo, en cuanto se permitió que el aire volviese a penetrar en las semiesferas pudieron separarlas” (Asimov, 2007; p.46).

¹⁹ Instrumento que sirve para verificar experimentalmente la validez del principio de arquímedes en los gases, dos esferas de diferente tamaño y peso se equilibran en el aire atmosférico, al colocarlas en una campana de vacío deja de actuar el empuje que produce la flotación y se desequilibra. Tomado de internet el 10 de octubre de 2013. <http://www.liceoariosto.it/strumentaria/index.php/catalogo/c/6/Meccanica-dei-gas>

Robert Boyle, en Londres, perfecciona la bomba de extracción de aire junto a Robert Hook, facilitando su maniobrabilidad y capacidad de obtención de vacío. Clericuzio (sf) señala que “la intención de Boyle no consistió en establecer experimentalmente la existencia del vacío, sino en estudiar las propiedades mecánicas del aire. En 1660 publica los resultados de sus investigaciones, *New Experiments Physico-mechanical touching the spring of air*, reproduce el experimento de Torricelli y describe las variaciones del nivel del mercurio cuando se extrae el aire del recipiente, intentó demostrar experimentalmente que el aire es un fluido elástico que ejerce presión en todas las direcciones. Una de las mayores contribuciones de Boyle a la ciencia experimental es su empeño en proporcionar descripciones minuciosas de los experimentos, mostrándole al lector las condiciones para poderlas repetir”

Para mostrar este fenómeno en la escuela, después de leer algunos apartes del libro *Física, química y filosofía mecánica* de Boyle (1985) se construye un dispositivo que permite la expansión del aire y hacer algunas de las observaciones hechas por Boyle, utilizando una jeringa plástica cuya boca ha sido sellada.

Dentro de las variaciones de los experimentos con aire, tubos de vidrio y mercurio, Boyle descubrió que si lograba aprisionar una burbuja de aire dentro de un tubo en forma de J sellado por un extremo y una columna de mercurio en el otro, variaba el volumen de la burbuja cuando cambiaba la altura de la columna de mercurio, se preguntó ¿de qué forma se afecta el volumen de aire cuando se varía la altura de la columna de mercurio?, construyó una explicación que mostró en su obra *A defence of a doctrine de 1662* en la que propuso que la presión y la expansión de los gases se relacionan en forma recíproca, sin embargo no la presentó “en forma de ley física sino como una generalización plausible, en cuanto se contempla un número de datos experimentales” (Clericuzio, sf).²⁰

²⁰ La presentación original de la relación entre presión y volumen hecha por Boyle muestra características interesantes. Primero, las considerables dificultades técnicas, utilizó tubos de vidrio 2,5 m llenos de mercurio, que debido a su gran peso se rompían fácilmente. La tabla de resultados que obtuvo Boyle contiene fracciones raras, para nuestra forma de ver, como 10/13, 2/17, 13/19, y 18/23. Esto fue porque él

En la escuela, la misma manguera utilizada para construir el barómetro de agua permitirá observar la variación del volumen de una burbuja de aire respecto al cambio de altura de la columna de agua.

Guillaume Amontons²¹, En París en 1703, mejoró el termómetro de aire inventado por Galileo²², el cual relacionaba el incremento del volumen de un gas con el incremento de la temperatura, sin embargo, como resultado de la observación y la experimentación cambió su punto de vista y desarrolló un método que le permitió vincular en forma cualitativa los cambios de temperatura con respecto a los cambios de presión, como se observa en el termómetro del gas de la imagen 1..

El siguiente avance en el estudio de los gases se produjo comenzando el siglo XIX en Francia. Los globos de aire caliente eran populares y los científicos estaban motivados para mejorar su desempeño. Jacques Charles y Joseph Gay-Lussac, midieron la forma como el volumen de un gas era afectado por su temperatura. Tal como Robert Boyle se esforzó en mantener constantes todas sus propiedades a excepción de la presión y el volumen, Jacques Charles mantuvo constantes todas las propiedades del gas excepto la temperatura y el volumen. El equipo utilizado por Charles fue similar al empleado por Boyle. Una cantidad de gas fue atrapada en un tubo con forma de J que estaba sellado en uno de sus extremos, lo sumergió en un baño de agua, como resultado del cambio en la temperatura del agua se modificó la temperatura del gas. La presión se mantuvo constante

calculó la presión para un determinado volumen utilizando multiplicación y división manteniendo las fracciones que obtenía. Boyle no utilizó decimales, porque su uso aún no se había generalizado. Finalmente su demostración que la presión y el volumen eran inversamente proporcionales depende de la lectura que haga el lector comparando dos grupos de números adyacentes. Las graficas cartesianas no se habían generalizado en 1662, sin embargo la grafica demuestra la certeza de la hipótesis de Boyle. (West,1999)

²¹ Amontons realizó “mejoras al termoscopio inventado por Galileo en 1593 cuyo diseño utiliza la expansión y contracción del aire en un tubo que cambia el nivel de agua, minimizó los efectos de la presión atmosférica reemplazando el agua por mercurio, además cambió la geometría del tubo que lo contenía de tal forma que el aire una vez se hubiera expandido, volviera a su volumen inicial, una vez se mantiene el volumen sin variación, los cambios de altura en la columna de mercurio se asocian con el equilibrio de masas, lo cual se explica con el aumento de presión en el aire confinado”(Wisniak, 2005).

²² Imagenes del termoscopio <http://catalogo.museogalileo.it/oggetto/Termoscopio.html>

por el ajuste de la altura de las columnas del mercurio que se encuentran niveladas, así la presión se mantuvo constante e igual a la presión atmosférica, como se observa en la imagen 1.

En la escuela, el dispositivo para el estudio de la variación del volumen a causa de la presión, manteniendo constante la temperatura, se puede reutilizar para estudiar la variación del volumen a causa de la temperatura, manteniendo constante la presión.

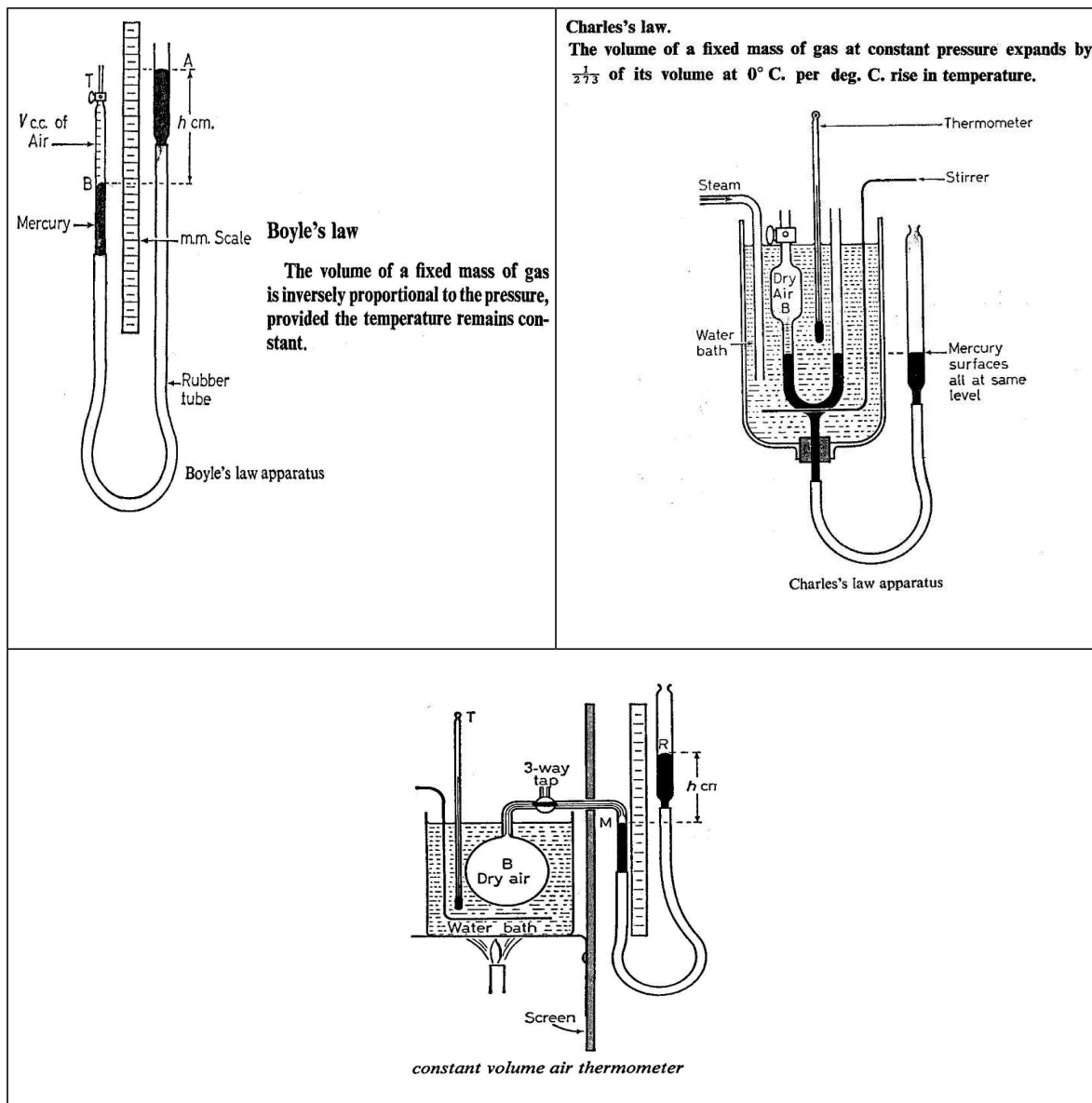


Imagen 1: Instrumentos que relacionan P/V , V/T , T/P ²³

²³ Dibujos tomados el 10 de octubre de la página http://www.arthurs-clipart.org/physics/physics/page_01.htm

3. METODOLOGÍA

Esta investigación de tipo educativo²⁴ se desarrollará dentro del paradigma constructivista²⁵ que, a partir del método cualitativo²⁶, permitirá hacer análisis interpretativo de la información obtenida.

Latorre, Rincón y Arnal (1996) en el libro *Las Bases metodológicas de la Investigación Educativa* señalan que en general el desarrollo de la investigación cualitativa se puede ejecutar en seis fases, que orientaron este trabajo, a saber: *exploratoria, de planificación, de propuesta de aula, de recolección de la información, de sistematización de la propuesta de aula y de elaboración de resultados*

En la fase exploratoria se planteó la pregunta que orienta el trabajo de investigación: *¿De qué forma hacer que la experimentación favorezca la construcción de explicaciones de las propiedades de los gases?* Se construyeron los marcos histórico, epistemológico y conceptual, a partir de la revisión de tesis de especialización, maestría y doctorado, textos escolares, libros especializados, fuentes electrónicas y documentos originales, módulos y aportes de los docentes de los seminarios de la maestría, así como la actividad de reflexión y discusión.

²⁴ La concepción del profesor como investigador obedece al surgimiento de nuevos paradigmas al colocarlo como propietario de su propia indagación a través de la cual construye con base en sus propias experiencias. (Flores, 2004)

²⁵ "El paradigma constructivista corresponde a una ontología relativista en cuanto las realidades son comprensibles en la forma de construcciones mentales basadas en la experiencia de naturaleza local y específica y su forma de contenido depende de los individuos o grupos que sostienen estas construcciones, las cuales no son más o menos verdaderas si no más o menos informadas. El objetivo final es destilar una construcción condensada que sea más informada y sofisticada que cualquiera de las construcciones anteriores" (Guba, Lincoln, 2002).

²⁶ La indagación cualitativa explora las experiencias de la gente en su vida cotidiana. Es conocida como indagación naturalística, en tanto que se usa para comprender con naturalidad los fenómenos que ocurren. (Mayan, 2001)

En la fase de planeación, se estableció la estrategia de la investigación, para ser desarrollada en las instituciones I.E.D. Colegio Villa Rica con estudiantes de décimo grado e I.E.D. Manuel del Socorro Rodríguez con estudiantes del grado noveno. Se elaboraron dos tablas temáticas, una de la organización de las propiedades de los gases y otra de la organización de los módulos.

En la tabla 1 que muestra la *Organización de las propiedades de los gases* se tienen en cuenta tres componentes: el *epistemológico* que permite ubicar el fenómeno en los diferentes momentos que dieron origen a los conceptos que lo configuraron, así como los problemas técnicos que se resolvieron, el *experimental* describe el fenómeno, no se aleja de la experiencia sensible, permite relacionar el mundo real con los conceptos construidos, donde la pregunta y la búsqueda de respuestas juegan un papel importante en la construcción de explicaciones, y el componente de las *preguntas orientadoras* que cumplen varias funciones entre las cuales están: servir de guía en la construcción del conocimiento en torno al fenómeno que se quiere explicar, reorientar los procesos en el aula, motivar al estudiante a pensar profundamente, establecer conexiones entre lo estudiado y la vida cotidiana haciendo que el aprendizaje sea significativo.

En la tabla 2 que muestra la *Organización de los módulos* se describen los aspectos a tener en cuenta en las intervenciones en el aula, se definen los procedimientos experimentales, la construcción de dispositivos de bajo costo con materiales de fácil adquisición, las preguntas orientadoras y las lecturas complementarias que incluyeron tres tipos de preguntas: control de lectura, propiciatorias de la construcción de explicaciones y de enlace entre temas.

Se elaboraron dos módulos: el primero que se refiere a la masa y el peso del aire y la presión, y el segundo que se refiere a las propiedades que definen los gases.

En la *fase de propuesta de aula* se ejecutó con los estudiantes el módulo sobre la masa y el peso del aire.

En la *fase de recolección de la información* se utilizaron guías, registros fílmicos, fotográficos y se recolectaron documentos escritos como carteleras, informes de laboratorio y bitácoras.

Para sistematizar la actividad de aula se utilizó el estudio de caso²⁷, la información recolectada se analizó desde las categorías de la experiencia, el tipo de explicación y las representaciones²⁸. Se triangularon los análisis obtenidos en los dos grupos de estudiantes. Por último se hizo el informe de resultados de las actividades y acciones que se llevaron a cabo.

Tablas de metodología.

Aspecto	Aspectos Históricos, epistemológicos y conceptuales
Epistemológico	Para los Griegos, el aire atmosférico no fue un problema de conocimiento, de hecho pensaban que el el lugar natural del aire era hacia arriba, el viento era una forma del agua y la naturaleza presentaba horror al vacío. Con la extracción del agua en minas, un grupo de científicos inicia su estudio: Berti asila el fenómeno y encuentra que se forma un vacío, posteriormente Torricelli lo repite utilizando mercurio y concluye que el

²⁷ Los estudios de caso como diseño de investigación cualitativa proveen las herramientas para realizar una investigación a profundidad en la educación. En tal sentido puede ser utilizada en el proceso de intervención en el aula. (Puig, 2010). Además "los estudios de caso interpretativos: contienen descripciones ricas y densas. Sin embargo los datos descritos los utilizan [los investigadores] para desarrollar categorías conceptuales o para ilustrar, defender o desafiar presupuestos teóricos difundidos antes del estudio. El investigador debe reunir tanta información sobre el objeto de estudio cuanto le sea posible, con la pretensión de interpretar o teorizar sobre el fenómeno". (Serrano, en Moreira 2002).

²⁸ Nuestra propuesta es hacer el seguimiento de tres aspectos: el primero es la forma como los estudiantes elaboran la experiencia, mediante la coincidencia de patrones de palabras, ideas o imágenes utilizadas para describir el fenómeno estudiado, lo cual está relacionado con el seguimiento de la Experiencia como manera de acceder a la realidad y las descripciones del fenómeno; el segundo es la forma como se explican situaciones generando conocimientos, para lo cual se buscan relaciones de causa efecto, proporcionalidad, semejanza, inferencias, conjeturas, deducciones e identificación de relaciones; y la tercera es la manera de representar situaciones, como dibujos, esquemas, sensaciones y la forma como se asocian a palabras (Yin, 2003)

Aspecto	Aspectos Históricos, epistemológicos y conceptuales
	<p>peso del aire sostiene la columna de líquido, luego Pascal, con conocimientos de hidráulica coloca el experimento de Torricelli a diferentes alturas y concluye que estamos rodeados de una capa de gas que ejerce mayor presión al nivel del mar que en la cima de una montaña. Razón por la cual no existe el horror al vacío porque el aire como todos los fluidos se desplaza de las zonas de alta presión a las de baja presión. Esa capa de aire posteriormente tomo el nombre de Atmósfera.</p> <p>Luego, para adentrarse en el estudio de los gases, se define la elasticidad como la capacidad de un cuerpo para cambiar de forma cuando se somete a un esfuerzo, Boyle estudió las propiedades elásticas del aire con lo que pudo relacionar cambios de volumen en relación con cambios de presión. Posteriormente con el auge de los globos aerostáticos, Charles estudia la relación entre el cambio de volumen y el cambio de temperatura y ya entrado el siglo XIX Amontons (quien no se menciona en los textos escolares) y Gay Lussac, interesados en medir temperaturas utilizando termómetros de gas, estudian las variaciones de la presión con las variaciones de temperatura.</p>
Experimental	<p>Para sensibilizar sobre el tema del viento y el aire se trabaja con cometas, ringletes y películas de fenómenos climáticos como vendavales. Para variar el caudal de aire que se utilizó para organizar el empuje del aire con modelos de barcos de vela, se construyó un generador eólico. Posteriormente se construyó un tubo flexible en U de 4" de diámetro, para organizar la masa del aire en comparación con la masa del agua, luego se determina su peso. Por último se elaboró un barómetro de agua.</p> <p>En el estudio profundo de los gases se desarrolló un sistema cerrado en el cual no hay variación de masa. Se selló la boca de una jeringa, dejando el émbolo a la mitad del volumen indicado. Se hizo variar el volumen con diversos factores como cambio de temperatura de la jeringa, ejercer fuerza sobre el émbolo para extraerlo expandiendo el aire o introducirlo para contraer el aire.</p> <p>Se hizo un arreglo de tal forma que se pudo determinar la fuerza ejercida sobre el émbolo por la variación de la masa de agua en un recipiente</p>
Preguntas orientadoras	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Se pueden comparar el viento, los vendavales, el aire que soplamos? 2. ¿Se puede organizar el fenómeno del empuje del viento? 3. ¿Se puede decir que así como el aire empuja también tiene masa? 4. ¿Se puede decir que el aire empuja o que tenemos algo que atrae el aire? ¿El aire tiene peso? 5. ¿Se puede decir que el aire empuja o que el vacío en la parte alta del barómetros de agua atrae el aire? ¿El aire ejerce presión en todas las direcciones? 6. ¿Es posible determinar las causas por las cuales se puede hacer variar el volumen de en una jeringa? 7. ¿Si se mantiene la temperatura constante, es posible determinar si hay

Aspecto	Aspectos Históricos, epistemológicos y conceptuales
	alguna relación entre la variación de la presión y la variación del volumen? 8. ¿Si se mantiene la presión constante, es posible determinar si hay alguna relación entre la variación de la temperatura y la variación del volumen? 9. ¿Si se mantiene el volumen constante, es posible determinar si hay alguna relación entre la variación de la temperatura y la variación de la presión?

Tabla 1: Organización de las propiedades de los gases.

Aspecto	Descripción
Actividades preliminares	Despertar y delimitar el interés en el tema, definición de materiales, proporcionar elementos de discusión a través de lecturas, que contienen preguntas de control, observación de videos y películas.
Preguntas orientadoras	Permiten indicar la ruta del fenómeno en estudio
Actividades Experimentales	Construcción de artefactos Por interacción con el artefacto proveer de una experiencia sensible, para dar inicio a las primeras explicaciones, de acuerdo a las preguntas de orientación. El experimento permite a los estudiantes ampliar su experiencia a través de lo que se interroga acerca del fenómeno. Manipulación del artefacto para identificar variables y jugar con ellas
Actividades de cierre	Construcción de explicaciones apoyada por actividades preliminares, preguntas orientadoras y el experimento. Socialización y discusión de las explicaciones en grupo Documento final que da cuenta del fenómeno y las explicaciones propuestas después de ser construidas en conjunto con el grupo. Se termina con preguntas de enlace para la siguiente actividad

Tabla 2: Organización de los módulos

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

En el desarrollo del proyecto se hace una elaboración inicial de conceptos necesarios para consolidar los productos de este trabajo, denominados insumos, que son la actividad experimental, un ejemplo de profundización y una aproximación a la investigación dirigida.

El estudio de los aspectos mencionados sirvió de base para desarrollar los resultados: la construcción de los experimentos, los módulos de enseñanza y la sistematización de una experiencia de aula.

Los conceptos se elaboraron así: primero, “*la actividad experimental, motivación y aprendizaje*” es consecuencia de la exploración de los antecedentes, allí se encontró que los experimentos se utilizan según cuatro vertientes²⁹ además, emergieron dos aspectos importantes para la construcción del conocimiento en la interacción de los estudiantes con la actividad experimental: la motivación y el aprendizaje; segundo, “*un ejemplo de profundización*” muestra un ejemplo del método utilizado para hacer construcción de explicaciones en el que los autores participaron en su calidad de estudiantes de la Maestría, realizando el proceso de investigación, construcción de artefactos y socialización de los argumentos propuestos, para elaborar un informe final que recogiera el consolidado del conocimiento desarrollado, en forma individual y colectiva y el tercero fue la aproximación

²⁹ Uso de los experimentos: el experimento como herramienta para la construcción de explicaciones, los experimentos mentales, los experimentos de verificación y conceptualización de teorías y por último la repetición en el aula del experimento realizado por el “gran científico”.

a “*la investigación dirigida*” como enfoque educativo de las ciencias naturales, que da una muy buena aproximación de la metodología a utilizar en el aula.

Los resultados son: primero la descripción detallada de “*los experimentos*” diseño, construcción, y estimación de costos de fabricación que además incluye la “*génesis de los conceptos y propiedades de las gases*”, que surgió del seguimiento histórico. Los conceptos se organizaron inicialmente por afinidad de actividades, posteriormente se reordenaron teniendo en cuenta que el aire estuviera confinado en un sistema cerrado o libre en la atmósfera.

El segundo resultado corresponde a “*los módulos*” elaborados, los cuales se describen someramente en atención a que son de gran extensión, tienen un elevado nivel de detalle, incluyen lecturas y cuestionarios que cumplen diferentes fines, en los anexos se incluyen los módulos terminados.

Y el último resultado es “*la sistematización*” de la actividad de aula denominada “*el aire atmosférico*”, que permite poner a prueba las intenciones y supuestos de la propuesta de investigación, como son la construcción de explicaciones, y permite observar la forma en que los niños elaboraron nuevo conocimiento desde el lenguaje, la experiencia y las representaciones. sistematiza para

4.1. INSUMOS

4.1.1. La actividad experimental, motivación y aprendizaje

Se relacionaron dos aspectos de la interacción de los estudiantes con la actividad experimental, la motivación y el aprendizaje, se ubicaron cuatro zonas que muestran la interacción entre el estudiante, el experimento y el docente.

La Tabla 3 titulada actividad experimental, motivación y aprendizaje, muestra esas relaciones en cuadrantes que ubican la actividad experimental según las interacciones descritas:

El Cuadrante I es la zona de mayor aprendizaje y mayor motivación, se puede considerar la zona ideal, que corresponde al diseño de experimentos y elaboración de artefactos que hacen posible el estudio del fenómeno. Los experimentos son orientados por preguntas que motivan el deseo de conocer el comportamiento de la naturaleza, logrando hacer el tránsito del pensamiento concreto al pensamiento abstracto³⁰. En esta zona el uso de las guías promueve la observación minuciosa y detallada del fenómeno, lo cual se convierte en el cúmulo de hechos que permiten a los estudiantes construir explicaciones sobre el mismo.

En el *Cuadrante II*, es zona de menos aprendizaje y mayor motivación, se presenta el experimento como una actividad de simple observación, no hay preguntas orientadoras. Esta forma de experimentación, sin abstracción ni acompañamiento, provoca el obstáculo epistemológico de la primera experiencia³¹, cuando los estudiantes están muy motivados, pero si no hay una guía suficiente se aprende, con errores, debido a que los estudiantes se explican intuitivamente, cayendo en diversos obstáculos epistemológicos.

El Cuadrante III, la zona de menor aprendizaje y menor motivación, cuando el experimento se realiza en un ambiente poco motivante y no genera mucho conocimiento, se debe a que la enseñanza está descontextualizada sin tener en cuenta la vida cotidiana del

³⁰ “En la enseñanza elemental las experiencias demasiado vivas, con exceso de imágenes, son centros de falso interés. No aconsejamos bastante al profesor de ***pasar de inmediato de la mesa de experiencias al pizarrón, para extraer lo más pronto posible lo abstracto de lo concreto***. Volverá a la experiencia mejor munido para discernir los caracteres orgánicos del fenómeno” (Bachelard 2004)

³¹ “La experiencia básica o, para hablar con mayor exactitud, la observación básica es siempre un primer obstáculo para la cultura científica. En efecto esta observación básica se muestra como un derroche de imágenes; es pintoresca, concreta, natural, fácil. No hay más que describirla y maravillarse. Se cree entonces comprenderla” (Bachelard,2010, p.22)

estudiante³². El experimento se extrae de libros u otras fuentes, pero a los estudiantes se les deja experimentar a su antojo, sin actividades previas, ni guías que les promueva inquietudes³³, la situación se limita a ser parte del bagaje anecdótico del estudiante y no genera ningún significado en la elaboración de conceptos.

En el *Cuadrante IV*, la zona de más aprendizaje, menos motivación: El experimento se hace de forma demostrativa, se presenta el informe dando paso a un aprendizaje memorístico donde el estudiante codifica, retiene y el profesor recupera en la evaluación de lo aprendido³⁴, este aprendizaje permanece muy poco tiempo, no tiene significado para el estudiante ni le permite crear soluciones al enfrentarse a nuevas situaciones.

³² En el enfoque de educación tradicional “*el problema de la motivación*, del moverse hacia la ciencia con el profesor, no es sólo un problema de falta de disposición previa por parte de los alumnos, sino también de compartir metas y destinos, de aprendizaje e interacción en el aula. (Pozo, 2006).

³³ “Ante todo es necesario saber plantear problemas. Y digase lo que se quiera, en la vida científica los problemas no se plantean por sí mismos. Para un espíritu científico todo conocimiento es respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada está dado. Todo se construye” (Bachelard, 2010, p.16)

³⁴ La enseñanza tradicional de la ciencia, ha tenido rasgos característicos, derivados tanto de la formación recibida por los profesores como de la propia cultura educativa de esta etapa. La formación casi exclusivamente disciplinar del profesorado de ciencias, con muy escaso bagaje didáctico previo a la propia experiencia docente, han marcado un enfoque dirigido sobre todo a la transmisión de conocimientos verbales, en el que la lógica de las disciplinas científicas se ha impuesto a cualquier otro criterio educativo y en que a los alumnos se les ha relegado a un papel meramente reproductivo. (Gimeno Sacristán, en Pozo 1996).

Motivación	Más (+)	<p>(Cuadrante II)</p> <p>Experimento actividad de simple observación, no hay preguntas orientadoras. No hay abstracción ni acompañamiento. Obstáculo epistemológico de la primera experiencia.</p>	<p>(Cuadrante I)</p> <p>Diseño de experimentos y elaboración de artefactos que hacen posible el estudio del fenómeno. Experimentos orientados por preguntas. Transito del pensamiento concreto al pensamiento abstracto.</p>
	Menos (-)	<p>(Cuadrante III)</p> <p>Ambiente poco motivante, enseñanza descontextualizada</p> <p>La situación es parte del bagaje anecdótico del estudiante y no genera ningún significado en la elaboración de conceptos.</p>	<p>(Cuadrante IV)</p> <p>El experimento es demostrativo, Aprendizaje memorístico el estudiante codifica, retiene y el profesor recupera en la evaluación de lo aprendido.</p>
		Menos (-)	Más (+)
Aprendizaje			

Tabla 3: Actividad experimental, motivación y aprendizaje

4.1.2. Un ejemplo de profundización.

Un ejemplo ilustrativo del proceso de profundización, se tomó del Seminario de la comprensión de lo vivo³⁵, en el cual se retoman las palabras de Giordan (1988) “la respiración es un verdadero concepto encrucijada, pues está, de igual manera, íntimamente ligada a la palabra, a las sensaciones afectivas, a las emociones o a la relajación en el hombre” así, al “constituír la respiración como un espacio problemático” en cual se pueden construir explicaciones, se promovió la creación de artilugios que dieran cuenta de algún aspecto de la misma, porque de esta forma “cuando el sujeto artificializa el mundo natural...se ve en la necesidad de proponer modelos, diseñar experimentos, simular situaciones, acuñar conceptos, anticipar eventos, elaborar generalizaciones y definir criterios metodológicos que enriquecen las explicaciones al fenómeno conocido.” (Valencia, Méndez, Jiménez, 2012).

El primer paso para la comprensión de la respiración fue la delimitación del problema, de tal forma que el estudio se limitó a la mecánica de la respiración, luego restringiendo aún mas las condiciones del problema se llegó al estudio de la aspiración, en ese momento se pudo plantear un modelo que permitiera dar cuenta de la expansión del parénquima pulmonar. En la primera aproximación se encontró que la caja torácica tiene dos posiciones extremas, la primera cuando el esternón se encuentra caído a causa que los

³⁵ “ El estudio de las funciones en los seres vivos desde sus complejidades estructurales da origen a los denominados aparatos y sistemas; para su comprensión se acude a ideas cotidianas: “duele el estómago por algo que le cayó pesado”, “molestan los huesos porque entro un frío” “se resfrió porque le entro un mal aire”. Este conocimiento se sustenta sobre una imagen del mundo que privilegia las estructuras por encima de las interacciones. Este sucinto panorama de las prácticas de enseñanza de la respiración y de las imágenes que las agencian, nos lleva a formularnos preguntas como: ¿Qué marcas históricas, persisten en el concepto de respiración (por ejemplo que la analogan con el soplo vital) y de qué manera nos relacionamos con ellas? ¿En qué medida dar cuenta de la respiración aporta a la comprensión de los seres vivos? ¿Qué experiencias y condiciones pedagógicas constituyen la respiración como un campo conceptual que aporta a la comprensión de los organismos? ¿Qué condiciones epistemológicas hacen posible artificializar la experiencia en torno a la respiración y constituirla como un problema de conocimiento? Estas y otras preguntas, abren la posibilidad de constituir la respiración como un espacio problemático del que podemos elaborar diferentes rutas y formas explicativas para su comprensión”n. (Valencia, Méndez, Jiménez, 2012)

músculos que los sostienen se encuentran relajados, los músculos que lo sostienen tienen unos puntos de fijación sobre las clavículas y los otros en la parte baja del esternón, cuando se contraen los músculos el esternón sube aumentando el volumen de la caja torácica hasta en un quinto de su volumen inicial (Tortora, 2006, 2008), de otra parte la composición de la pleura, estilo emparedado, muestra un tejido adosado a los músculos de la caja torácica, en medio una fina capa de líquido que no supera las dos o tres moléculas de espesor, y otro tejido que está adosado al parénquima pulmonar, como se llama el tejido que compone los pulmones (Guyton, 2006). Cuando se aspira se recogen los músculos que sostienen el esternón y la pleura es arrastrada por el movimiento de la caja torácica, la cual a su vez produce el arrastre del parénquima pulmonar que se expande, haciendo que fluya el aire a raudales por la nariz del exterior al interior. El dispositivo construido para estudiar este fenómeno consistió de un esqueleto movable de alambre con dos soportes, uno fijo correspondiente a la columna y otro móvil correspondiente al esternón, se colocó el mecanismo dentro de una funda elástica de látex, la cual se conecta a un tubo de plástico U con agua que muestra variaciones de nivel, la Imagen 2 muestra dos posiciones del mecanismo, la primera correspondiente a los músculos relajados el esternón se encuentra caído, cuando se acciona el esternón el volumen del dispositivo aumenta una quinta parte su tamaño haciendo que el espacio adicional se llene de aire. Cuando el dispositivo vuelve a su posición original exhala el aire que había recibido.

La segunda aproximación surgió a raíz de la pregunta ¿qué permite al pulmón mantener dentro de sí los gases de la respiración?, la explicación que se construyó fue que la pleura que obliga a la expansión del pulmón, también hace de barrera de vapor, gracias al líquido intrapleural. Para entender el fenómeno se construyó un artefacto, mostrado en la Imagen 3, que modeló los pulmones, mostrando que no están suspendidos en la caja torácica, como suele hacerse, sino están encapsulados dentro de la pleura, la cual está rodeada de líquido y está adosada a la caja torácica.

En la tercera aproximación se hizo la pregunta por la velocidad del aire en la tráquea y en los alvéolos, dado que la literatura señala que el aire dentro de los alvéolos está

en reposo (Villem, 1987) . Se elaboró un modelo matemático para explicar el movimiento del aire dentro del árbol alveolar, el cual demostró que la velocidad del aire en los alvéolos es tan baja que su movimiento es imperceptible. En la imagen 4 se observa un árbol alveolar de cuatro niveles que cuenta con 54 alvéolos, el modelo propuesto tenía 23 niveles con lo que se lograron contar 294 millones de alvéolos (Guyton, 2006) con esa disposición el aire en la tráquea tiene una velocidad de 200 cm/s, mientras que el desplazamiento del aire es de apenas 0,5 cm/s en el alvéolo, es decir que la velocidad del aire en el alvéolo es 400 veces menor que en la nariz.

Imágenes del ejemplo de profundización.

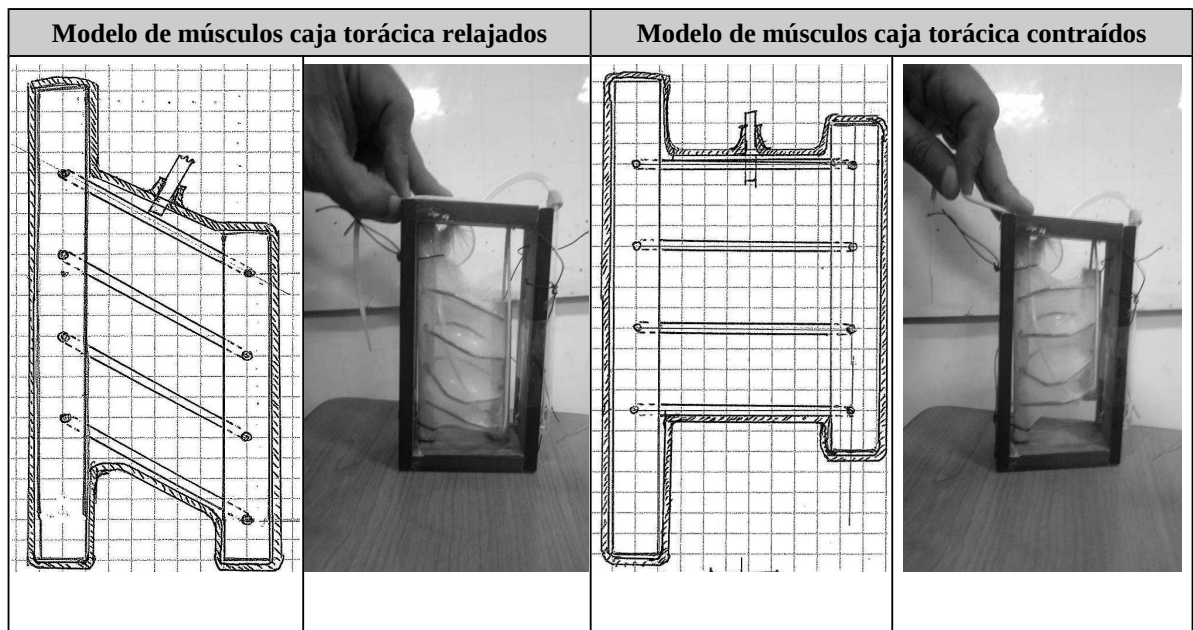


Imagen 2: El movimiento de los músculos de la caja torácica varían su volumen

La pleura actúa como barrera de vapor

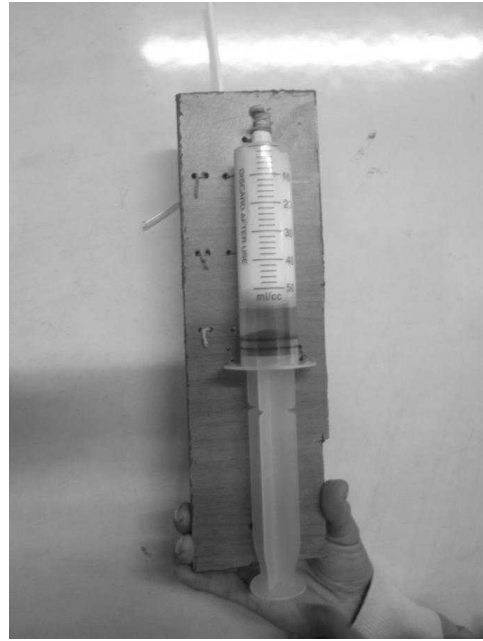
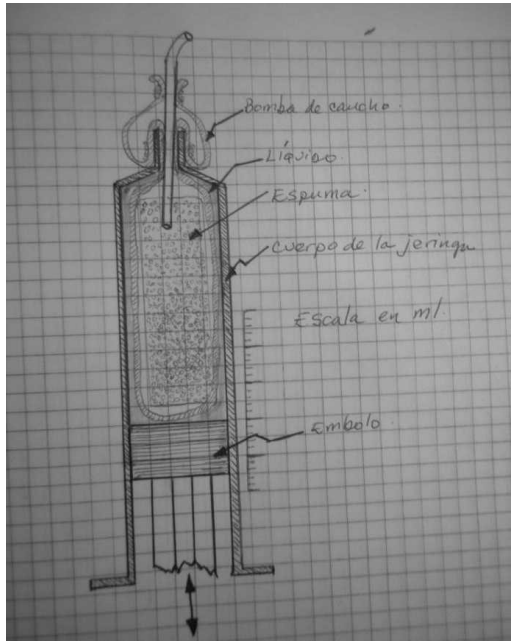


Imagen 3: La pleura actúa como barrera de vapor

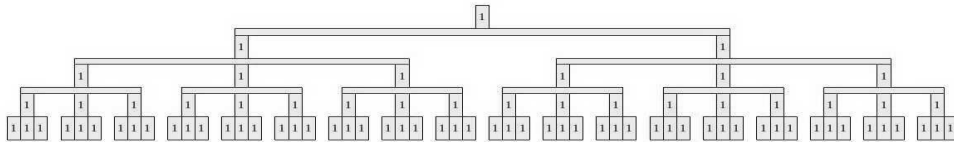


Imagen 4: Árbol alveolar de sólo cuatro niveles, tiene $1 \times 2 \times 3 \times 3 \times 3 = 54$ alveolos.

4.1.3. La investigación dirigida

Para Pozo y Gómez (1998) en el proceso de aprendizaje de las ciencias el estudiante se halla en un contexto de conceptos cotidianos y mediante la guía de un adulto o mediante el trabajo conjunto con compañeros más adelantados logra construir actividades, procedimientos y conceptos científicos que pueden ser transferidos a nuevos contextos y situaciones, a la manera de la zona de desarrollo próximo³⁶ descrita por Vigotsky (1988). Esta idea sirve para *comparar los enfoques de la enseñanza de las ciencias que hacen más probable su aprendizaje*, utilizando varios criterios, entre otros: los supuestos epistemológicos sobre los cuales fueron concebidos, el rol del alumno y el rol del docente. Los enfoques de enseñanza estudiados son: el tradicional, por descubrimiento, el expositivo, por conflicto cognitivo, por contrastación de modelos e investigación dirigida.

Los supuestos epistemológicos van desde la afinidad entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico, hasta su total incompatibilidad. Como ejemplo de la semejanza entre los dos conocimientos, Nagel (2006) establece que el conocimiento “precientífico” o de “sentido común” que le precede siendo el uno consecuencia del otro, así mientras que por medio de la experiencia corriente se puede adquirir información, esta no es acompañada de una explicación, se generan creencias que son aceptadas sin ser puestas en duda y no se someten a la crítica cuando surgen datos que contradigan su validez, de otra parte el conocimiento del sentido común se interesa principalmente “por la influencia de los sucesos sobre cuestiones que son objeto de especial valoración por los hombres” y sus contradicciones surgen como consecuencia de “una preocupación casi exclusiva por las consecuencias y las características inmediatas de los sucesos observados”.

³⁶ La zona de desarrollo próximo que es diferente para cada estudiante, se define como “la distancia entre el nivel de desarrollo actual que se determina mediante la capacidad individual de resolución de problemas independientemente y el nivel de desarrollo potencial determinado por la capacidad de resolución de problemas bajo la guía de un adulto o en colaboración un compañero más capaz”, en esta misma zona.

Como un avance del conocimiento cotidiano el conocimiento científico busca proveer de explicaciones sistemáticas y sustentadas adecuadamente, por lo que se somete constantemente a la crítica, independiente de las valoraciones humanas y centrandose en las relaciones de dependencia entre las cosas.

De otra parte Bachelard (1976), nos ofrece la demostración de la incompatibilidad entre los dos conocimientos, mientras que el cotidiano es general, sin profundidad y se convierte en verdades tautológicas³⁷ que no cambian con el tiempo, el científico es especializado, profundo y su valor de verdad depende de nuevos hechos e informaciones por lo cual evoluciona constantemente, además el conocimiento vulgar tiene siempre mas respuestas que preguntas, mientras que el conocimiento científico “ impide tener opiniones sobre asuntos que no comprendemos, que no sabemos formular con claridad. Antes que todo es necesario saber plantear los problemas”, las explicaciones son respuestas a las preguntas bien planteadas (Bachelard, 2010).

Retomando a Pozo (1998), *los enfoques de enseñanza que presentan afinidad entre conocimientos científico y cotidiano son:* el enfoque tradicional, que se da mediante la transmisión de conocimientos verbales por parte del profesor quien hace de proveedor de conocimientos elaborados, los cuales son consumidos por el alumno quien los reproduce como hechos dados y aceptados, lo cual no asegura que los pueda transferir a nuevas situaciones, ni que las metas del docente sean las mismas del alumno por tanto la motivación suele ser mínima; el enfoque expositivo que se deriva de la teoría “del aprendizaje verbal significativo en contraposición con el aprendizaje verbal memorista” (Ausubel, 2002), en el que se busca acercar el significado psicológico al significado lógico, requiriendo que las estructuras conceptuales del alumno y las estructuras de conocimiento

³⁷ Tautología es un término que proviene de un vocablo griego y que hace referencia a la repetición de un mismo pensamiento a través de distintas expresiones. Una tautología, para la retórica, es una afirmación redundante. En el ámbito de la lógica, una tautología es una fórmula de un sistema valores de verdad de sus componentes atómicos. Para saber si una fórmula dada es una tautología, se debe construir una tabla de verdad. Tomado de Definición de tautología - Qué es, Significado y Concepto <http://definicion.de/tautologia/#ixzz2j9Iox9oh>

científico sean afines, este enfoque “se asemeja a lo que muchos profesores expertos intentan llevar a cabo en sus aulas: establecer conexiones explícitas entre distintas partes del currículo, para ayudar al alumno a activar los conocimientos pertinentes en cada caso, tener en cuenta el punto de vista del alumno y conectar con él los nuevos aprendizajes”, es eficaz para lograr ajuste progresivo de las concepciones de los alumnos al conocimiento científico, pero insuficiente para lograr la reestructuración de esas concepciones de los alumnos, dado el papel pasivo concedido a los conocimientos previos de los alumnos; y el enfoque por descubrimiento en el que se asume que la mejor manera de aprender ciencia es haciendo ciencia, por tanto su enseñanza se basa en experiencias que permitan investigar y reconstruir los principales descubrimientos científicos. El profesor no provee al alumno de respuestas sino que plantea problemas y preguntas para que el alumno busque sus respuestas, sin embargo, nuestro pensamiento se basa en sesgos y reglas heurísticas que se desvían de la aplicación del método científico, además los problemas que trabajan los científicos y los niños no son necesariamente los mismos por cuanto los estudios de la ciencia se encauzan según los paradigmas o los programas de investigación de cada época.

Pozo (1998) muestra que *los enfoques de enseñanza de las ciencias que exhiben la incompatibilidad entre los conocimientos científico y cotidiano son: la enseñanza mediante el conflicto cognitivo, que busca el cambio conceptual partiendo de las concepciones alternativas de los alumnos confrontándolas con situaciones conflictivas, para sustituirlas por otras teorías más potentes, más próximas al conocimiento científico, así el alumno elabora y construye su propio conocimiento y toma conciencia de sus limitaciones al resolverlas, sin embargo, muchas veces las concepciones alternativas persisten después de haber sido sometidas de modo sistemático a conflictos cognitivos; otro enfoque es el contraste de modelos, en el que se asume que el alumno no tiene porque seguir los pasos que siguieron los científicos, ni llegar al conocimiento por la misma vía en que se elaboró sino que debe reconstruir e integrar los valores, los métodos y los sistemas conceptuales producidos por la ciencia que, con la ayuda pedagógica de su profesor, debe mediante sus explicaciones, hacer comprensibles y contrastables, un inconveniente es que parece*

restringir la instrucción científica al ámbito del conocimiento conceptual, relegando a un segundo plano los contenidos procedimentales y actitudinales; por último el enfoque de investigación dirigida, asume que, “para lograr cambios en la mente de los alumnos, no sólo conceptuales sino también metodológicos y actitudinales, es preciso situarlos en un contexto de actividad similar al que vive un científico, pero bajo la atenta dirección del profesor” que actúa como director de investigaciones, se asume que la investigación que los alumnos emulan consiste en un laborioso proceso de construcción social de teorías y modelos, así que mientras debido al uso didáctico de la investigación los problemas para los alumnos deben ser abiertos, para los profesores deben ser cerrados para poder conducir el ejercicio a los objetivos propuestos.

Los dos enfoques en los cuales los alumnos participan activamente mientras *los docentes son mas exigidos* son: el enfoque por descubrimiento y el enfoque de investigación dirigida, que por tener supuestos epistemológicos divergentes muestran diferentes sentidos, en el primero dada la proximidad entre el pensamiento cotidiano y el pensamiento científico, los estudiantes encontrarán la información y los experimentos previamente realizados por los científicos, en el segundo, dado que las dos formas de pensamiento son diferentes, los alumnos deben aprender a pensar científicamente, lo cual es una actividad cultural que tiene muchos factores sociales en su discusión, aprobación, adopción y generalización.

En el enfoque de investigación dirigida se puede desarrollar de acuerdo a los siguientes pasos: primero, despertar el interés de los alumnos por un problema seleccionado por el profesor, después, hacer un estudio cualitativo de la situación, circunscribiendo el problema e identificando las variables relevantes, posteriormente plantear hipótesis acerca de los factores que determinan el resultado del problema, en seguida proponer estrategias de solución del problema, planeando su puesta en marcha en lugar de actuar por ensayo y error. Entonces, poner en marcha las estrategias seleccionadas, fundamentando lo que se va haciendo, luego, analizar los resultados obtenidos a la luz de las hipótesis planteadas,

después reflexionar sobre las perspectivas abiertas por la solución elaborada, replanteando o redefiniendo el problema en un nuevo nivel de análisis, y por último elaborar una memoria en la que se analizan no sólo los resultados obtenidos en relación al problema planteado sino también el propio proceso de resolución llevado a cabo. “Como puede verse, esta secuencia didáctica se apoya en los pasos habituales en los modelos de resolución de problemas o de pensamiento científico. ...en esta concepción se resalta el carácter social del proceso de resolución, fomentando la comunicación y el diálogo no sólo entre los alumnos sino también entre éstos y el profesor, lo cual ayudará sin duda a la explicitación de procedimientos, actitudes y conceptos tan relevante en este modelo” (Pozo, 1998).

4.2. RESULTADOS

4.2.1. Genesis de los conceptos de las propiedades de los gases

Las propiedades de los gases aparecen en los libros de texto en forma escueta y simplificada, por tanto fue necesario rastrear históricamente la conformación de las ideas acerca de los mismos, lo que permitió posteriormente establecer el énfasis que deberían tener los módulos. El seguimiento de las ideas comienza en el antiguo Egipto³⁸ donde se

³⁸ El primer indicio de una nave de vela ha sido reportado en Egipto hacia el año 1300 a.C.: se describe una embarcación dotada de una vela cuadra sostenida por dos palos de madera, mástil largo vertical en la parte superior y una botavara o palo transversal en la inferior, y que presentaba remos para su dirección. Sólo podía navegar a favor del viento, pero como en el valle del Nilo el viento sopla casi siempre del norte, ello permitía navegar contra la corriente, y para navegar río abajo no se necesitaba vela

utilizaron en forma práctica los botes de vela, los griegos consideraron que aunque el aire era uno de elementos que conformaban el mundo³⁹ el viento estaba formado de agua⁴⁰.

A comienzos del renacimiento el descubrimiento del vacío permitió conceptualizar la existencia del peso del aire⁴¹, que puede sostener una columna de líquido⁴² y que forma una fina capa sobre la tierra que se denominó atmósfera⁴³. El estudio de los gases confinados permitió establecer otras propiedades como que: tienden a ocupar el volumen de cualquier recipiente, pueden ser comprimidos⁴⁴, se expanden a causa del calor⁴⁵ lo cual llevó posteriormente a descubrir la relación del crecimiento del volumen proporcional al

³⁹ Los griegos atribuían el comportamiento de la naturaleza al proceder de los dioses, pero a partir de Tales de Mileto comenzaron a dar explicaciones físicas al Universo, sobre el presupuesto que el mundo, pese a su aparente desorden, era un espacio racional, razón por la cual era posible organizarlo, para hacerlo se planteó la existencia de una sustancia primigenia que pudiera transformarse de tal manera que las otras sustancias fueran aspectos diferentes de la misma, se decidió que este elemento era el agua, puesto que todo nacía del agua. De otra parte Anaxímedes de Mileto, que creía que en el espacio entre la Tierra y el cielo estaba lleno de aire, llegó a la conclusión de que el aire era el elemento constituyente del Universo, postuló que el aire se comprimía al acercarse hacia el centro, formando así las sustancias más densas, como el agua y la tierra. Posteriormente Empedocles cuestionó la existencia de un sólo elemento, y propuso cuatro, el fuego de Heráclito, el aire de Anaxímedes, el agua de Tales y la tierra que el mismo añadió.

⁴⁰ En la parte 13, del libro segundo de la Meteorología, explica su naturaleza “este mismo cuando se condensa de nuevo se convierte en nube y agua, lo que implica que la naturaleza del viento y el agua es la misma” Aristóteles(2000).

⁴¹ Comenta Pascal (1984), que en la época de Galileo, “...es sabido que un globo pesa más inflado que desinflado...si el aire fuera ligero, cuanto más metiéramos en un globo, más liviano sería este”, sin embargo no se tenía conciencia de otros efectos a causa del peso.

⁴² un espacio vacío en el interior del barómetro de agua era explicado por los peripatéticos como algo que dentro del tubo atraía el agua, Torricelli, pensó que el vacío no hacía nada y que la columna era sostenida por el peso del aire, utilizó mercurio para comprobar su teoría. También observó que la altura de la columna variaba ligeramente al lo largo del día.

⁴³ Pascal supuso que el aire era un fluido como el agua y que por lo tanto debería estar sometida a las mismas leyes que los líquidos, de tal forma que a grandes alturas el aire debe ejercer menor presión que si esta cerca del nivel del mar, para probarlo experimento con dos barómetros, uno ubicado al nivel del mar y el otro por encima de los 1500 metros y observó que las alturas de los barómetros fueron 762 mm y 685 mm respectivamente, concluyendo que el aire es una fina capa que rodea la tierra, al contrario de lo supuesto por Aristóteles quien pensaba que el aire llenaba el mundo uniformemente.

⁴⁴ Boyle, en 1662, descubrió la compresión del aire utilizando un tubo de vidrio sellado en forma de Jota de 5 metros de longitud, introdujo mercurio sin haber sacado el aire, quedando una burbuja del mismo. Si añadía mercurio disminuía el espacio ocupado por el aire, observo que el volumen del aire disminuía a medida que aumentaba el peso del mercurio, el cual podía ser verificado comparando las alturas tanto de la columna de mercurio con la altura de la burbuja de aire

⁴⁵ En 1597 Galileo desarrolló el termoscopio, para lo cual calentó con las manos una ampolla provista de un largo tubo, cuyo extremo abierto introdujo en un depósito de agua, a medida que el aire caliente se enfriaba se contraía disminuyendo su volumen, por lo que el agua era aspirada por el tubo. (Museo Galileo, 2013)

aumento de temperatura⁴⁶, el aumento temperatura incrementa la presión de los gases⁴⁷, en ausencia de aire no hay propagación del sonido, las bujías no pueden arder y los animales no pueden respirar como se determinó experimentalmente⁴⁸.

Posteriormente con el estudio de la termodinámica se establecieron características cuantitativas como el calor específico a presión constante del aire: $c_{p,a}$ [kJ / kg·K], el calor específico a volumen constante del aire: $c_{v,a}$ [kJ / kg·K], la densidad [Kg / m³], el peso específico [N / m³], la viscosidad dinámica [N s/m²], la viscosidad cinemática [m² /s] y la conductividad térmica [W/m°K] (Coronel, 2005).

En la primera aproximación a la configuración de los módulos de construcción de explicaciones se propusieron cuatro temas: el primero, masa, peso y presión del aire porque se consideró que era necesario sensibilizar los niños respecto de la presencia del aire que es invisible y no se percibe fácilmente; el segundo tema, la relación entre presión y volumen manteniendo la temperatura constante, como una aproximación a los trabajos realizados por Boyle sobre el resorte del aire; el tercero, volumen y temperatura, manteniendo la presión constante observando el interés de Charles y Gay Lussac en los globos de aire caliente, y por último la relación presión temperatura manteniendo el volumen constante como un acercamiento al termómetro de gas perfeccionado por Amontons. En la tabla 4 se encuentra detallada la primera propuesta de organización de los módulos.

⁴⁶ En 1699 Amontons ideó un termómetro de aire que mide la temperatura por el cambio de presión del gas, diferente al de galileo que medía el cambio de volumen a presión constante. Le permitió demostrar que el volumen se incrementaba conforme ascendía la temperatura y decrecía en la misma proporción a medida que la temperatura bajaba.

⁴⁷ Denis Papin inventó la olla a presión en 1679, recipiente con tapadera en el que el agua hierve y el vapor acumulado crea presión de tal forma que se alcanza el punto de ebullición a alta temperatura

⁴⁸ Von Guericke pudo extraer la mayor cantidad de aire posible de un volumen encerrado entre dos semiesferas de cobre, al construir la primera bomba de aire que funcionaba como una de agua pero con piezas más ajustadas, e hizo un vacío suficientemente grande para demostrar que la ausencia de aire produce: que una campanilla agitada en el vacío no pueda oírse, tal como lo aseveró Aristóteles, las bujías dejaran de arder y los animales no pudieran sobrevivir en él.

En una segunda aproximación, se pudieron determinar dos tipos de fenómenos diferentes, el primero, el aire atmosférico no confinado, en el cual muchos factores no se pueden controlar, razón por la cual se utilizan maquetas y modelos. El otro tipo de fenómeno es el de un gas contenido en un recipiente que se somete a diferentes condiciones como variaciones de temperatura, presión o fuerzas externas. Por tanto la organización de las actividades cambió así: mientras un grupo de actividades se dedicó a la descripción del aire como se encuentra en la naturaleza, el otro grupo se dedicó al estudio de un sistema que contiene un gas cuya masa se mantiene constante.

Así, el énfasis del primer módulo se conservó, pero el segundo módulo reunió las relaciones de presión volumen y temperatura, en razón a que el fenómeno a estudiar es la elasticidad del aire que se define como la capacidad de volver a su volumen original cuando se retira las causas que lo han modificado, la tabla 5 muestra la segunda aproximación de organización de los módulos.

Tablas formación de conceptos.

Masa, peso del aire y presión	Relación presión volumen	Relación Volumen temperatura	Relación Presión temperatura
Galileo, Torricelli, Pascal. Peso del aire. La presión del aire que nos rodea puede sostener una columna de líquido, vacío, atmósfera	Boyle, Mariotte. Los gases llenan cualquier recipiente, compresión	Jacques Charles. Expansión a causa del calor, los gases llenan cualquier recipiente, compresión	Gay Lussac, expansión a causa del calor, el vapor de agua a presión hace subir la temperatura de ebullición. Amontons.

Tabla 4: Primera propuesta de organización de los Módulos

Masa, peso del aire y presión	Propiedades que definen un gas
Galileo, Torricelli, Pascal. Galileo, Torricelli, Pascal. Peso del aire, La presión puede sostener	Factores que afectan la elasticidad de un gas. Boyle, Mariotte. los gases llenan cualquier

Masa, peso del aire y presión	Propiedades que definen un gas
una columna de líquido, vacío, atmósfera	recipiente, compresión, Gay Lussac, Charles. Expansión a causa del calor, compresión, Amontons. Expansión a causa del calor, el vapor de agua a presión hace subir la temperatura de ebullición.

Tabla 5: Segunda propuesta de organización de los Módulos

4.2.2 Los experimentos

Los experimentos son actividades que tienen la intención de explorar un fenómeno, su observación permite recabar la información que se utiliza en la construcción de explicaciones. Los fenómenos a estudiar son el empuje del viento, la masa y el peso del aire y la expansión y contracción de un sistema cerrado que contiene aire.

4.2.2.1. El Generador eólico

En el experimento del empuje del viento se prevee una situación en la que se mueven barcos mediante una corriente de aire que se debe dosificar para determinar las longitudes de avance. Las variables que afectan el desplazamiento de los barcos son: el tamaño de la vela, el perfil del barco y la cantidad de viento⁴⁹. Una forma de hacer discreta una cantidad de viento generada es utilizar el “generador eólico” o “generador de viento”, que consiste en una botella de plástico de 250 ml de capacidad, a la cual se le hacen 6 perforaciones en la base y de cada una de ellas se desprenden una manguera de ¼ de pulgada de diámetro con longitudes de 70 cm., para garantizar que el aire que entra por las

⁴⁹ De experiencias anteriores se puede pensar que la capacidad pulmonar de los seres humanos es relativamente uniforme, por lo cual se puede plantear el diseño y construcción de un por medio del cual se pueda dosificar la cantidad de aire soplado. Así la corriente de aire generada por una persona podrá ser doblada cuando soplen dos personas, triplicada cuando soplen 3 y así sucesivamente. “La capacidad vital se mide aspirando tan profundamente como se pueda para espirar en un dispositivo que mida el volumen y ese valor es en promedio 4500 ml para hombres y 3200 ml para mujeres” . (Guyton, 2006)

mangueras salga por la boca de la botella se utiliza una resina que sellará herméticamente la unión entre mangueras y botellas, como se muestra en las imágenes 5, 6 y 7, el costo estimado de materiales del dispositivo es de \$9.500, como se observa en la tabla 6.

4.2.2.2 Barco de vela.

Las instrucciones de fabricación de los barcos se entregan a los alumnos, en lo posible se puede llevar un modelo. La imagen 8 muestra las dimensiones del bote y la vela, el cuerpo del barco se puede hacer en madera de balsa de 1 cm de espesor, la vela se hace en tela o papel y se sostiene con palitos de pincho. Las velas tienen 3 cm de alto por 5 cm de largo, se coloca una quilla metálica, que puede ser una cuchilla de cortador, que le da estabilidad a la nave, el costo estimado del dispositivo como se puede ver en la tabla 7 es de \$400.

4.2.2.3 La canal.

La canal se puede comprar hecha, o se puede hacer provisionalmente utilizando polietileno de baja densidad, el material viene de un metro de ancho y se compran 3 m, se coloca debidamente soportado para mantener el agua dentro, se pueden utilizar ladrillo o palos de 2 m de largo, en los colegios siempre hay materiales que se pueden utilizar como soporte para la canal.

En el arreglo la canal tiene adosada una cinta métrica que permitirá determinar el avance del barco dentro de la canal. En arreglo se puede observar en la imagen 9. En la tabla 7 se observa el costo estimado del dispositivo es de \$2.400.

4.2.2.4 Manguera en U.

Puesto que la cantidad de aire que exhalan los estudiantes es grande, cuando se va a medir la altura de la columna de agua, es necesario utilizar tubería de diámetro grande que al mismo tiempo sea transparente, al no haber disponibilidad en el mercado se debió inventar un tubo que tuviera las características: económico, transparente y de fácil uso.

Después de mucha reflexión y ensayo se llegó a la manguera de polietileno de baja densidad pero de alto calibre, siendo un poco más costoso que el plástico anterior.

Se compra un metro de polietileno de baja densidad para invernaderos (viene de tres metros de ancho). Se recorta una tira de 25 centímetros por 3 metros. Se dobla por el lado más largo. Para sellarlo se utiliza una plancha doméstica aplicando calor a una pestaña de 4 centímetros. (Utilizar papel entre la plancha y el plástico para evitar que se adhiera). De esa forma se obtiene una manguera de 2” de diámetro por tres metros como se muestra en la imagen 10. El costo del tubo es de \$6.000 como se muestra en la tabla 8.

La manguera se utiliza de dos maneras soplando y succionando, cuando se sopla aire dentro de ella cambiando el nivel del agua que contiene permitiendo ver que el aire tiene masa, ver la imagen 11. Para aspiración se coloca el tubo rígido por dentro, como muestra la imagen 12, para evitar el colapso de las paredes elásticas.

4.2.2.5 El barómetro de agua.

Se necesita una manguera de 11 metros de longitud, dos tapones de caucho o corcho y una balde pequeño. Se llena la manguera con agua, de tal forma que no queden burbujas de aire, se sellan los extremos con los tapones, se yergue la manguera hasta un quinto piso, de tal forma que quede toda suspendida. Se coloca agua en el balde que se ubica en el extremo inferior de la manguera. Se retira el tapón del fondo y el agua trata de salirse de la manguera, pero sólo baja hasta cierta altura y ahí se sostiene, ver imagen 13. El costo estimado del dispositivo, según la tabla 9 es de \$25.000.

4.2.2.6 Dispositivo de estudio de las propiedades del aire.

La elasticidad de un material se define como la capacidad de volver a su forma inicial cuando se retira el esfuerzo que lo había deformado. La elasticidad del aire fue estudiada por Boyle quien descubrió que el aire podía ser comprimido o expandido. En la

caracterización de la elasticidad del aire se utiliza una jeringa plástica, cuya boca ha sido previamente sellada con una resina o plastilina.

Se hacen variar dos situaciones: la primera aplicación de fuerza para comprimir la jeringa y la segunda aplicación de fuerza para expandirla, luego se enfría la jeringa con hielo y se repite el procedimiento, posteriormente se calienta con agua tibia, y con agua caliente repitiendo el procedimiento en cada ocasión. Ver imagen 14: jeringa sellada se comprime y expande de diversas formas. El costo estimado del dispositivo es de \$8.500 como se observa en la tabla 6.

Teniendo un sistema cerrado, como es la jeringa, en el que no entra ni sale materia, varían pocas cosas como: el volumen de la jeringa cuando hay desplazamiento del émbolo, la temperatura de la jeringa que se puede variar con baños de agua, y la presión del aire dentro de la jeringa que siempre se iguala con la presión exterior una vez alcanza temperatura estable o fuerza estable. El dispositivo diseñado para observar estas propiedades permite la fijación de la jeringa, la aplicación de fuerza en compresión colocándole sobre el émbolo un peso consistente en un recipiente plástico al cual se le puede aplicar o extraer agua, que mostrará el aumento o la disminución de la presión según el agua que contenga. También se contempla la aplicación de una fuerza en tensión que mostrará cómo se expande el gas, para lo cual se debe extraer el émbolo, en ese caso se hace un arreglo mediante el cual por medio de dos poleas pequeñas se puedan conectar mediante una cuerda el embolo que se extraerá con el recipiente que recibe agua que bajará por su propio peso, para encontrar el punto de equilibrio se adiciona o extrae agua, la imagen 15 muestra la jeringa, el lado en el cual se hará la variación de temperatura, el lado mecanismo de compresión y el mecanismo de expansión. El Costo estimado del dispositivo es de \$22.600 según la tabla 11.

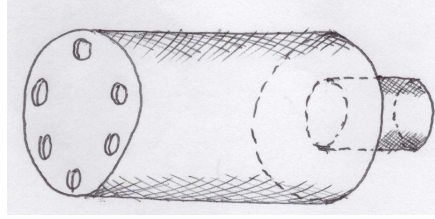
Imágenes de los artefactos

Imagen 5: Botella plástica perforada

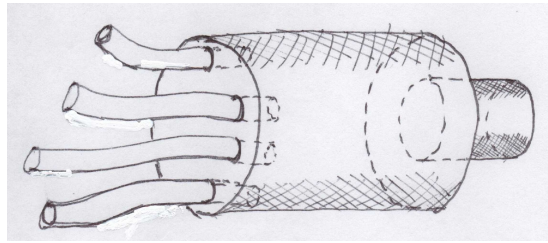


Imagen 7: Mangueras adosadas a la botella

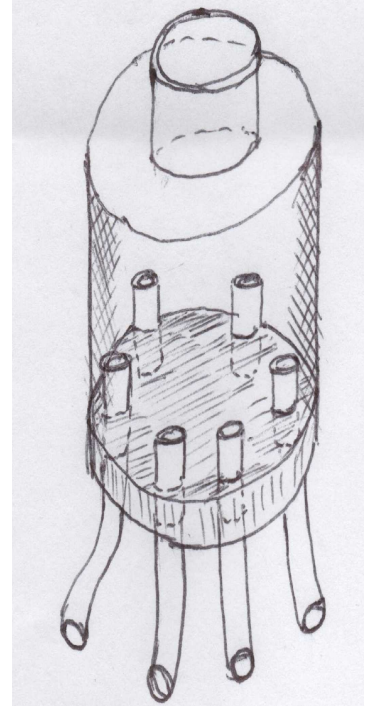


Imagen 6: Resina garantiza fijación de las mangueras y estanqueidad

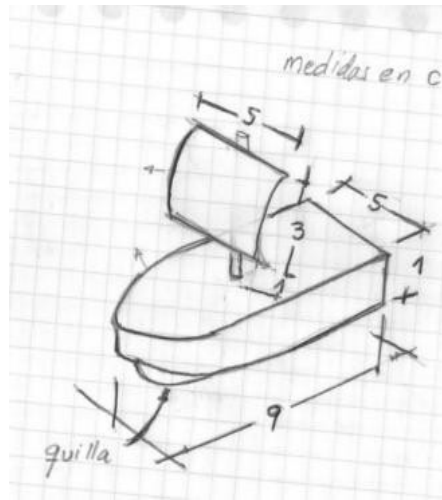


Imagen 8: Modelo barco de vela

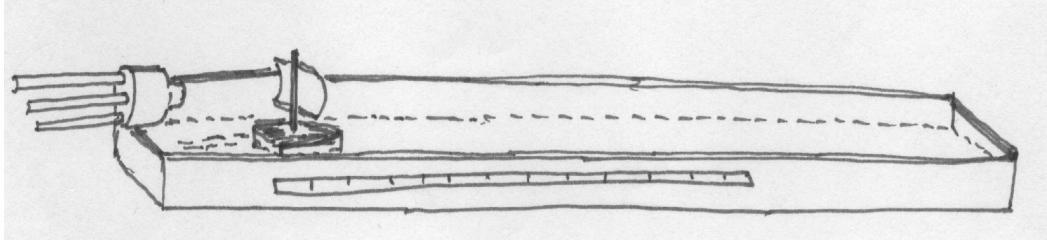


Imagen 9: Arreglo generador eólico -- Canal --barco de vela

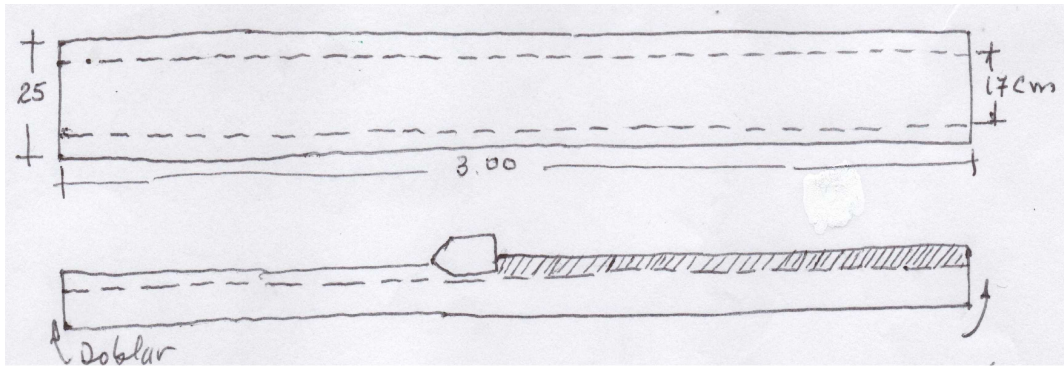


Imagen 10: Tira de plástico para formar tubo de 2" de diámetro

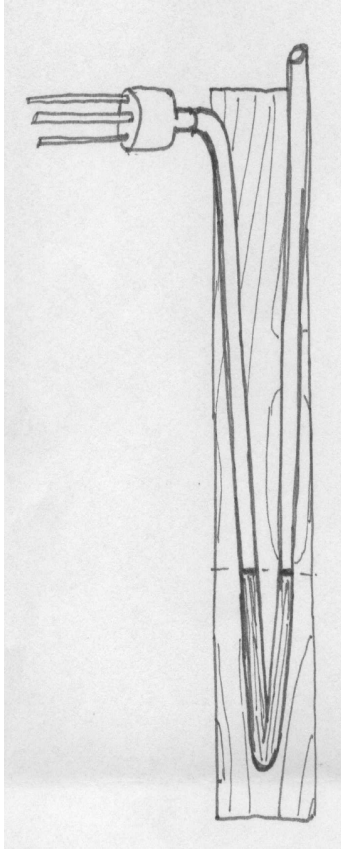


Imagen 11: Tubo en U, se sopla a través del generador eólico y se observan las variaciones del nivel de agua

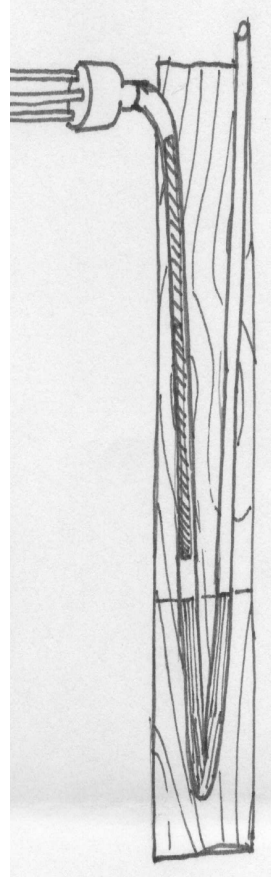


Imagen 12: Tubo en U, en succión, se inserta un tubo rígido para evitar el colapso de las paredes

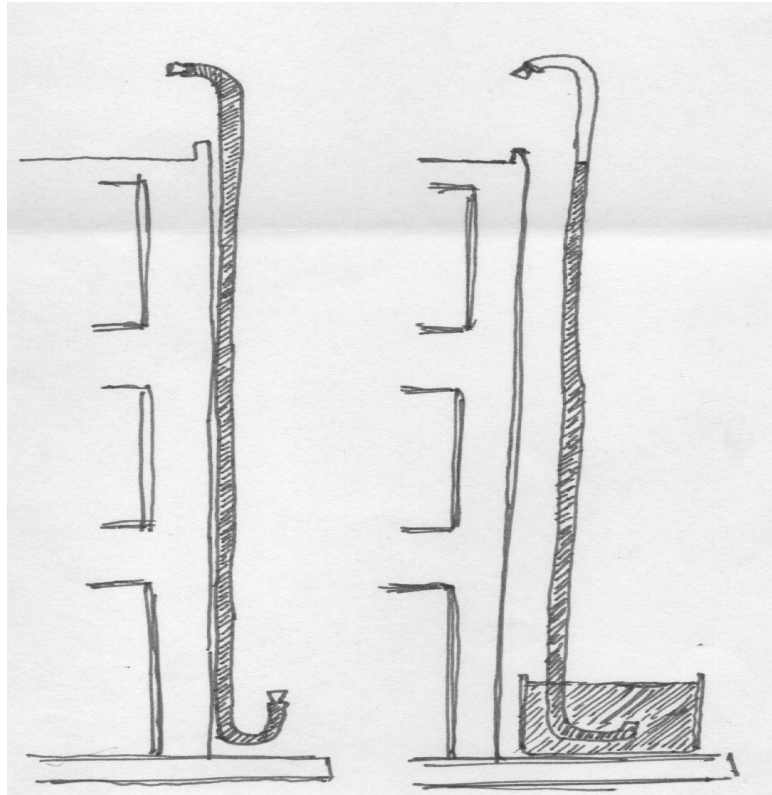


Imagen 13: Barometro de agua suspendido a una altura de 10 metros

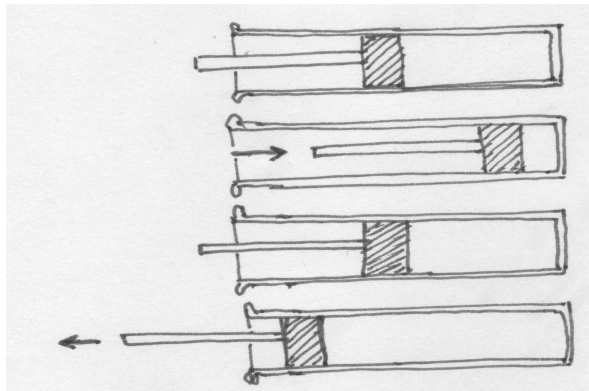


Imagen 14: Jeringa sellada se comprime y expande de diversas formas

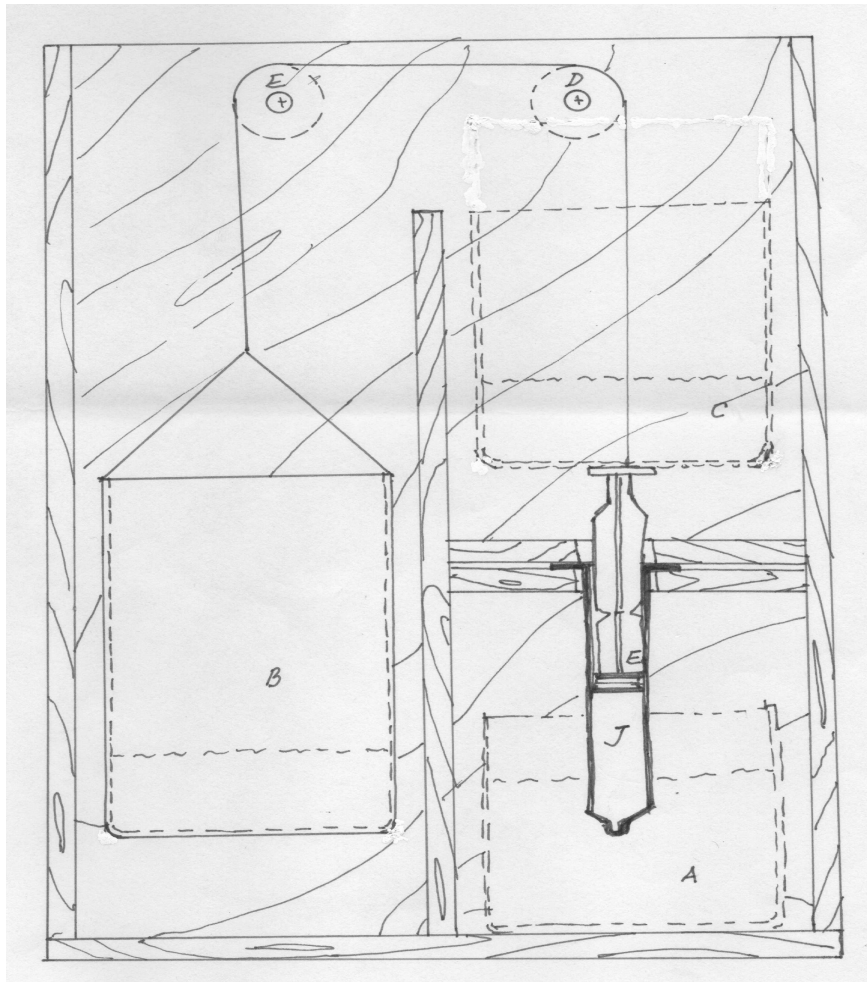


Imagen 15: Jeringa (J), varia temperatura (A), Comprime (C), Expande(B)

Tablas de los experimentos.

Item	Descripción	Unidad	Cant.	Costo Und.	Total
1	Botella 250 mm Reciclada	Und.	1	0	\$ 0
2	Mangueras 1/4" por 0, 7 m	m	5	\$300	\$1.500
3	Resina epóxica 20	Frasco	1	\$8.000	\$8.000
				Costo Total	\$9.500

Tabla 6: Costos generador eólico

Item	Descripción	Unidad	Cant.	Costo Und.	Total
1	Madera de balso de 9 cm por 5 cm	Und.	1	\$300	\$300
2	Vela de papel reciclado 5 cm por 5 cm	Und	1	\$0	\$0
3	Palito de pincho	Und	1	\$100	\$100
4	Quilla metálica reciclada	Und	1	\$0	\$0
				Costo Total	\$400

Tabla 7: Costos modelo barco de vela

Item	Descripcion	Unidad	Cant.	Costo Und.	Total
1	Plástico	m.	3	\$1000	\$3.000
2	Cinta métrica	m	1	\$3.000	\$3.000
3	Soportes laterales o ladrillos	Und	Varios	\$0	\$0
				Costo Total	\$6.000

Tabla 8: Costos canal de ensayos de empuje del aire.

Item	Descripcion	Unidad	Cant.	Costo Und.	Total
1	Plástico	m.	1/4	\$12.000	\$3.000
2	Tubo PVC 2"	m	1	\$3.000	\$3.000
				Costo Total	\$6.000

Tabla 9: Costos de tubo en U ensayos de soplado y succionado

Item	Descripción	Unidad	Cant.	Costo Und.	Total
1	Manguera plástico transparente 1/2"	m.	11	\$2.000	\$22.000
2	Tapones de caucho ocorcho	Und	2	\$500	\$1.000
3	Balde pequeño	Und	1	\$3.000	\$3.000
				Costo Total	\$25.000

Tabla 10: Costos del barómetro de agua.

Item	Descripción	Unidad	Cant.	Costo Und.	Total
1	Jeringa de 20 ml	Und.	1	\$500	\$500
2	Superbonder	Und	2	\$8.000	\$8.000
				Costo Total	\$8.500

Tabla 11: Costos de la jeringa caracterización elasticidad del aire.

Item	Descripción			Costo Und.	Total
1	Jeringa de 20 ml	.		\$500	\$500
2	Recipiente contenedor de agua 2L reciclado	Und	1	\$0	\$0
3	Tabla de fondo de 20 cm por 40 cm por 2mm	Und	2	\$7.000	\$14.000
4	Poleas de 2 cm de diámetro	Und	2	\$400	\$800
5	Madera de soporte 10 cm por 1 cm por 1m	Und	2	\$2.000	\$2.000
6	Cuerda de pita	Und	1	\$800	\$800
				Costo Total	\$22.600

Tabla 12: Costos del dispositivo de estudio de las propiedades del aire

4.2.3. Reseña de los módulos

Los módulos se resumen para facilitar la lectura dado que tienen gran extensión, además tienen un elevado nivel de detalle, incluyen lecturas y cuestionarios que cumplen diferentes fines, por ese motivo se incluyen en los anexos.

En el primer módulo se estudiaron características que no son evidentes en el aire, como el peso y la masa que requieren de su manipulación para ser reconocidas y comprendidas. El segundo módulo, dedicado al estudio de aire confinado, indagó por las relaciones entre presión, volumen y temperatura para caracterizar la elasticidad del aire.

4.2.3.1 Módulo 1

El módulo del aire atmosférico⁵⁰, se organizó en 5 guías que orientan la construcción de explicaciones de las propiedades de los gases. Cada guía está organizada de acuerdo al esquema de (1) actividades preliminares, (2) preguntas orientadoras, (3) actividades experimentales y (4) actividades de cierre. La tabla 13 muestra la descripción de las guías del Módulo 1.

Descripción de la guía	Objetivo	Preguntas orientadoras
Guía No. 01 Exploración sobre el Viento.	Con esta actividad se pretende sensibilizar a los estudiantes acerca del viento como fenómeno relacionado con el aire.	¿Se pueden comparar el viento, los vendavales, el aire que soplamos? ¿Qué es el viento? ¿De qué está compuesto el viento? ¿Por qué motivo puede ocasionar puede empujar? ¿Las diferentes clases de viento son de la misma naturaleza? ¿Se pueden describir los efectos de las cometas nuestras manos, cuando sostenemos su cuerda? ¿Si no hay viento el aire conserva sus características?
Guía No. 02 Empuje del viento.	Organizar el empuje del viento sobre barcos de vela.	¿Se puede organizar el fenómeno del empuje del viento? ¿Siendo el aire invisible, por qué razón empuja? ¿Qué hace que el aire empuje? ¿Cómo podríamos determinar el empuje del aire? ¿Se puede establecer alguna relación entre el tamaño de la vela y el empuje que recibe el barco?

⁵⁰ Se propone el aire como sustancia gaseosa ya que comparte las mismas propiedades físicas que cualquier gas. Aunque “ el aire es el resultado de la mezcla de gases que componen la atmósfera terrestre y que gracias a la fuerza de gravedad se encuentran sujetos al planeta tierra. El aire así como sucede con el agua, es un elemento fundamental y esencial para asegurar la continuidad de la vida en el planeta. Su composición es sumamente delicada y las proporciones de las sustancias que lo integran resultan ser: nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (varía entre 0 a 7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles como pueden ser el criptón o el argón (1%)” (Definición ABC). Tomado de internet el 20 de octubre de 2013 de <http://www.definicionabc.com/general/aire.php#ixzz2jVY16qD0>

Descripción de la guía	Objetivo	Preguntas orientadoras
Guía No. 03 La masa del aire:	Reconocer que el empuje del aire se puede comparar con el peso de una masa de agua.	¿Se puede decir que así como el aire empuja también tiene masa? ¿Qué causa que el nivel del agua suba? ¿Se puede comparar el empuje del viento con el peso de la porción de la columna de agua que se eleva? ¿Cómo se podría asociar este hecho con el avance del barco de vela?
Guía No. 04 Peso del aire:	Reconocer que el aire pesa y empuja el agua hacia abajo, cuando se aspira por un tubo	¿Se puede decir que el aire empuja o que tenemos algo que atrae el aire? ¿El aire tiene peso? ¿Qué se observa con respecto al nivel del agua por el lado del soplador? ¿Qué se observa por el lado del aire? ¿Cuándo succionan dos niños qué sucede con las alturas a lado y lado de la manguera? ¿Qué causó que el nivel del agua bajara por el lado del aire? ¿Cómo se podría asociar este hecho con los tornados que levantan tejas y personas? ¿Si el aire pesa porque razón no nos comprimimos?
Guía No. 05 El peso del aire sostiene la columna de agua	Reconocer que la presión del aire mantiene erguida la columna de líquido del barómetro de agua.	¿Se puede decir que el aire empuja o que el vacío en la parte alta del barómetros de agua atrae el aire? ¿El aire ejerce presión en todas las direcciones?

Tabla 13: Descripción guías Módulo 1

4.2.3.2 Módulo 2

El módulo está organizado en 4 guías que permitirán construir explicaciones de las propiedades que definen un gas. Las guías están organizada de acuerdo al esquema anterior como se muestra en la *tabla 14*.

Descripción de la guía	Objetivo	Preguntas orientadoras
Guía No. 01 La Elasticidad del aire:	Mostrar las propiedades elásticas del aire	¿Es posible determinar las causas por las cuales se puede hacer variar el volumen de la jeringa? ¿Si se pueden determinar las causas, cuáles serían? ¿Se pueden controlar esas causas?

Descripción de la guía	Objetivo	Preguntas orientadoras
Guía No. 02 Relación Volumen Presión.	Establecer la relación entre las variaciones de presión y las variaciones de volumen	¿Si se mantiene la temperatura constante, es posible determinar si hay alguna relación entre la variación de la presión y la variación del volumen? ¿Es posible encontrar el tipo de relación que existe entre la variación del volumen y la variación de la presión? ¿Se puede hacer una tabla y una gráfica que muestre esas relaciones? ¿Qué condición mantendremos constante? ¿Cómo se hace para mantenerla constante? ¿Qué otras variables podríamos variar? ¿Cómo se hace en comprensión?, ¿Cómo se hace en tensión?
Guía No. 03 Relación Volumen Temperatura	Establecer la relación entre las variaciones de temperatura y las variaciones de volumen.	¿Si se mantiene la presión constante, es posible determinar si hay alguna relación entre la variación de la temperatura y la variación del volumen? ¿Es posible encontrar el tipo de relación que existe entre la variación del volumen y la variación de la temperatura? ¿Se puede hacer una tabla y una gráfica que muestre esas relaciones? ¿Qué condición mantendremos constante? ¿Cómo se hace para mantenerla constante? ¿Que podríamos variar? ¿Cómo se hace en comprensión?, ¿Cómo se hace en expansión?
Guía No. 04 Relación Presión Temperatura	Establecer la relación entre las variaciones de temperatura y las variaciones de presión.	¿Si se mantiene el volumen constante, es posible determinar si hay alguna relación entre la variación de la temperatura y la variación de la presión? ¿Es posible encontrar el tipo de relación que existe entre la variación de la presión y la variación de la temperatura? ¿Se puede hacer una tabla y una gráfica que muestre esas relaciones? ¿Qué condición mantendremos constante? ¿Cómo se hace para mantenerla constante? ¿Que podríamos variar? ¿Cómo se hace en comprensión?, ¿Cómo se hace en expansión?

Tabla 14: Descripción guías Módulo 2

4.2.3 La sistematización del primer módulo

La actividad del aula se centró en la aplicación del módulo masa y peso del aire en la que los estudiantes elaboraron explicaciones a partir de lecturas, experimentos y preguntas orientadoras, se realizó durante 7 sesiones de 110 minutos cada una, desde la

última semana de marzo hasta mediados de mayo. En los colegios IED Villa Rica, con estudiantes de grado décimo en clase de química, que se encuentran en edades de 15 y 16 años, e IED Manuel del Socorro Rodríguez, con estudiantes de grado noveno, en clase de física, en edades entre 14 y 15 años.

Se rastrearon tres aspectos *la elaboración de la experiencia y las descripciones del fenómeno* teniendo en cuenta la coincidencia de patrones de palabras, ideas o imágenes para describirlo, *la forma como se explicaron las situaciones* para lo cual se buscaron relaciones de causa efecto, proporcionalidad, semejanza, inferencias, conjeturas, deducciones e identificación de relaciones y *la manera de representar situaciones*, como dibujos, esquemas, descripción de sensaciones y la forma como se asocian a las palabras.

Las guías contemplaron la exploración del viento, determinaron el empuje del viento, la masa y el peso del aire, así como la presión.

Actividades	Causa efecto	Analogía	Proporcionalidad	Explicación
Empuje del viento	Las naves se mueven a causa del viento	Viento → Naves Grupo → vehículo	Más niños soplando → más viento → mayor desplazamiento naves	El viento es aire en movimiento, y tiene empuje.
Soplar en la manguera flexible	Varia el nivel del agua, hacia abajo, a causa de la espiración	Soplo → agua que baja por el lado del soplo Pesado → baja	Más niños soplando → más aire dentro del tubo (presión) → más baja el nivel del agua	El aire empuja el agua
Aspirar en la manguera flexible	Varia el nivel del agua, hacia arriba, a causa de la aspiración	Aspirar → agua que baja por el lado del aire Pesado → baja (empuja) Liviano → sube (atrae)	Más niños aspirando → menos aire dentro del tubo (menos presión) → mas alto el nivel del agua	En palabras: el aire atrae el agua. (Aristóteles, Galileo) Pero en dibujos: el aire empuja el agua (Torricelli, Pascal)

Tabla 15: Análisis de la explicaciones de los niños

Hallazgos.

De la *tabla 15* se puede decir que, aunque el aire es invisible, los niños llegaron a determinar efectos del aire que, como en los sólidos y líquidos, se deben a su masa y su peso, tal como el empuje. Sus efectos se distribuyen sobre superficies como las velas de los barcos o el interior del tubo flexible, produciendo un acercamiento al concepto de presión.

En el caso de la aspiración pudieron expresar gráficamente que sus efectos se deben al empuje del aire atmosférico, pero el discurso no logró encontrar las palabras que explicaran en el fenómeno, la mayoría mostró ideas como las de Aristóteles y Galileo aunque muy pocos se acercaron tangencialmente a la explicación de Torricelli y Pascal.

Guía 01: Exploración del viento.

Descripción de actividades. El propósito de esta actividad fue sensibilizar a los estudiantes acerca del viento como fenómeno atmosférico relacionado con el aire, evidenciar algunas de sus consecuencias, orientar una ruta problemática hacia la construcción de explicaciones relacionada con las propiedades de los gases como es la masa y el peso. Se preguntó por los efectos del viento sobre las cometas y su percepción sensorial, se construyó un ringlete y observó un vídeo de vendavales en Bogotá.

Resultados. En la actividad de las cometas, los estudiantes realizaron carteleras donde evocaron experiencias pasadas expresando lo que sentían cuando elevaban una cometa, en forma de asociaciones sensoriales, algunos mencionaron emociones como alegría y satisfacción. En la construcción de ringletes, se utilizaron diferentes materiales y tamaños, lo que posibilitó tener variedad de observaciones respecto a su funcionamiento, surgieron inquietudes como la potencia que se puede obtener del viento, además se exploraron diferentes maneras de moverlos como soplarlos de frente, de lado o inclinados.

Ante la pregunta por la medición del daño producido por condiciones climáticas extremas, un grupo acudió a información de las oficinas de prevención de desastres y el otro hizo énfasis en que el grado de daño que producen los vientos está relacionado con su velocidad que no puede ser controlada al contrario de la cometa y el ringlete. *Al contrastar la experiencia de la cometa con el movimiento de un ringlete y el vídeo de vendaval en Bogotá*, se llegó a determinar que el viento está presente en fenómenos atmosféricos, y que se puede organizar de acuerdo a su velocidad, la pregunta por el viento ayudó a diferenciar conceptualmente entre viento y aire, puesto que en un principio se utilizó la palabra aire como sinónimo de viento⁵¹.

Análisis. El lenguaje utilizado provino de la vida cotidiana – cosquilleo, felicidad, satisfacción – y del contexto escolar – fuerza, fuerza potencial – , mediante dibujos y palabras se describen emociones y efectos sensoriales, ver *imagen 16*. Las explicaciones fueron producto de las observaciones en clase, la experiencia ya vivida, y consultas en fuentes de información como libros, revistas e internet. *Se concluye que el viento es aire en movimiento*, además se perciben dos relaciones de *causa-efecto*, la primera, es que hay corrientes de aire que pueden ser controladas como la cometa y el ringlete, la segunda es que el viento no puede ser controlado porque es producido por la naturaleza.

Guia 02: El empuje del viento

Descripción de actividades. Objetivo organizar el empuje del viento sobre los barcos de vela, hicieron observaciones minuciosas, establecieron relaciones de orden cualitativo, iniciaron la construcción de explicaciones en torno a la conceptualización de la masa como propiedad general de los gases. Se utilizó el generador eólico, para cualificar el empuje del aire a partir de corrientes que desplazan maquetas de barcos de vela construidos por los estudiantes, dentro de una canal como se observa en la *imagen 17*.

⁵¹ Es de observar que se asocia aire con viento sin ninguna diferenciación, lo cual es un factor cultural actual que contrasta con el sentido común de los griegos, “concepción prototípica sobre los gases, basadas en su experiencia cotidiana en lo perceptivo y en influencias culturales (el lenguaje)” (Pozo y otros, 1991)

Resultados. Los estudiantes construyeron maquetas de barcos de vela, las colocaron en la canal soplaron por el generador eólico, observaron el desplazamiento de los botes, tomaron datos de distancias de desplazamiento contra número de personas soplando como se observa en la *tabla 16* en la que se comparan los avances de los botes de diferentes equipos variando la cantidad de niños soplando y explicaron las razones el avance o la falta del mismo. En el consolidado de las respuestas se encontró *¿Qué observamos al comparar las distancias recorridas por los barcos con el número de mangueras? ¿Por el número de mangueras?* A mayor numero de tubos mayor distancia recorrida, unos con más tubos avanzan menos, otros con más tubos avanzan más. No depende del número de tubos sino de la fuerza con que soplamos *¿Por barcos?* Peso de los barcos afecta la distancia. Si están bien hecho o mal hechos. Posición correcta para avanzar. Tamaño de las velas. *Explique lo observado:* La estructura como quilla torcida, vela torcida, el barco se va de lado. Si está bien posicionado el barco avanza más. Las cualidades y defectos de los barcos afectan su comportamiento. *¿De qué forma se pueden relacionar las distancias alcanzadas y el número de mangueras?* Entre más personas soplan más lejos llega el barco. Utilización del tabla “..algunos alcanzan distancias de 28 cm y 43 cm..” *¿De qué forma influye la forma del barco en las distancias alcanzadas?* La forma del barco si influye, vela y mástil derechos. La vela grande para concentrar el aire *¿La capacidad pulmonar influye en los resultados alcanzados?* A mayor capacidad se produce mayor empuje. No influye sino la buena posición del barco *¿De qué manera se puede relacionar el empuje con el número de mangueras utilizadas?* A más tubos se expulsa mas aire y el barco se mueve más. El empuje del aire y el número de mangueras son lo mismo. El aire es el responsable del movimiento del barco las mangueras generan el movimiento de nuestras maquetas. *¿ De qué forma se puede comparar el empuje del aire con el empuje de un sólido contra otro sólido o un niño grande empuja a un niño pequeño o un niño pequeño empuja a un niño grande?* Es casi igual el sólido es fuerte y el aire es fuerte como el huracán

Análisis: La construcción de artefactos impactó de manera positiva su relación con los fenómenos porque obligó a construir de acuerdo a planos, definir materiales, e imaginar el modo de fabricación estimulando su creatividad. Explican la experiencia teniendo en cuenta aspectos como: forma, construcción del bote – características propias del arte de construir botes como la definición de la quilla y la perpendicularidad de la vela –, el material utilizado, el terminado del bote, la ubicación del soplador respecto a la vela, como se observa en la *imagen 20*, y la capacidad pulmonar mostrada en la *imagen 21*. Entendieron que debe haber algo material que empuja el barco, utilizaron explicaciones animistas "el aire le da más fuerza al barco y se mueve", surgió la *palabra presión*, del lenguaje escolar, como sinónimo de empuje o fuerza. Al comparar gráficamente el empuje del aire con personas empujando un carro, mostraron que la persona que empuja es más grande que el objeto empujado, indicando que la fuerza se ejerce según el tamaño, a mayor tamaño mayor fuerza como en la *imagen 23*, de la misma forma establecieron una *relación de proporcionalidad directa* entre el número de niños soplando y el avance de los botes, como se muestra en la *imagen 22*.

Guía 03: La masa del aire

Descripción de actividades. El tubo elástico en U que se conecta al generador eólico o "soplador", como se observa en la *imagen 11*, permite observar variaciones de nivel de agua cuando los estudiantes soplan. El propósito de este experimento fue que los estudiantes reconocieron que una masa de aire puede desplazar una masa de agua, y a partir de la observación minuciosa puedan evidenciar aspectos como lo que sucede: si el aire se confina en un espacio cerrado, si las paredes del espacio cerrado son flexibles se expanden hasta comenzar a empujar el agua.

Resultados. Los niños observan los cambios de nivel en el agua, por el lado que soplan el agua disminuye su nivel, mientras que por el lado que está al aire sube su nivel y en general las respuestas a las preguntas fueron: *¿Qué sucede con las paredes de la*

manguera? se nublan, se inflan, se expanden. *¿En qué momento comienza el agua a cambiar su nivel?* se sopla, el aire presiona hasta una sola parte, el soplo toca el agua, las paredes se expanden a su límite. *¿Qué se observa con el nivel del agua por el lado del soplador?* Baja el nivel del agua, un lado baja y el otro sube, se infla la bolsa sube el agua, ver las diferencias de nivel en la *tabla 17*. *¿Qué se observa por el lado destapado?* Trata de salirse, sube poco apoco, se ven burbujitas en movimiento y se escucha ruido del agua, el nivel sube por el vapor que entra en la manguera. Organice una tabla *¿De qué forma se relacionan el numero de niños que soplan con la variación de la altura del agua?* Más estudiantes, más sube. Más estudiantes, más aire, más sube. *Explique, ¿por qué varía el nivel del agua?* Por acción del aire. Más se sopla y el aire tiene más fuerza. La presión dentro de la manguera hace que se mueva el agua. *Si la manguera en U se asocia con un balancín en el que juegan niños, ¿qué características tienen los fenómenos a cada lado del balancín?* El más fuerte baja, el más liviano sube. Soplar baja, el otro lado sube; balancín un lado sube, el otro baja. Sopla y deja de respirar el agua se balancea. Los niños ejercen fuerza lo mismo que el aire. *El peso de la masa hace que el balancín baje; son fenómenos que actúan a cada lado del balancín. ¿Cómo se puede asociar este hecho con avance del barco de vela?* Los dos se mueven por efecto del viento, la vela y el agua necesitan viento para moverse, el aire actúa como motor. La vela y las paredes de la manguera se expanden. *El aire hace que varias masas se muevan, Explique ¿Qué hace mueva el agua y por qué razón el nivel alcanzado se puede mantener por un tiempo?* Mientras sopla baja, deja de soplar y vuelve a su posición. El aire está en un pequeño lugar que permite al aire hacer fuerza grande. Al soplar sube la presión. *El aire mueve el agua porque al no haber mas salida empuja el obstáculo.*

Análisis. Por experiencia afirman que *el aire ejerce fuerza sobre los objetos*. Observaron aspectos *no evidentes*, desarrollando el sentido de observación del detalle, por ejemplo cuando se sopla se expanden las paredes flexibles del tubo, y hasta que están totalmente tensas comienza a suceder el desplazamiento del agua cambiando el nivel del líquido, tal como muestran las líneas cerca de la manguera en la *imagen 18*.

El nivel del líquido no se representa paralelo al suelo sino perpendicular a las paredes del tubo, parece ser una trasposición, porque siempre que se observa una manguera vertical, el nivel del líquido se encuentra perpendicular a las paredes como se observa en la *imagen 18*, que muestra la expansión de las paredes del tubo antes de empujar el agua. Utilizan más palabras del lenguaje escolar que del lenguaje cotidiano [presión, expansión, movimiento, masa], posiblemente debido a las lecturas preparatorias.

Muestran una *relación de causa efecto en la variación del nivel del agua*, “una vez se ha llenado de aire la mangueras comienza a empujar el agua hacia abajo haciendo que suba el nivel por otro el lado”, razón por la que se puede comparar con niños en un balancín, *si un lado baja el otro tiene que subir*.

Establecen *proporcionalidad de desplazamiento del agua con respecto a la cantidad de niños soplando*. Dependiendo la cantidad de niños soplando en el balancín hay variaciones de altura que en unos casos se midieron y en otros se representan gráficamente. *A más cantidad de niños soplando más se empuja el agua*, aunque hay explicaciones de corte animista, “*el peso mayor domina y hace que el peso menor suba*”.

Guía 04 : Peso del aire

Descripción de actividades. Reconocer que el aire pesa y empuja el agua cuando se aspira, para lo cual utilizando el mismo dispositivo los estudiantes aspiran a través del generador eólico “soplador” y observan las variaciones de nivel del agua, arreglo que se ve en la *imagen 12*. La *imagen 19* muestra los cambios de nivel del agua, a la vez que muestra la variación de la manguera que se colapsa al aspirar. Mostrar que el vacío hace que las paredes del tubo en U se colapsen impidiendo el desplazamiento del líquido.

Resultados. *¿Qué sucede con las paredes de la manguera?* Se comprimen, se recogen, se chupan, se nublan, se contraen, se encogen hasta sellar el paso del agua, se

desinflan. *¿En que momento comienza el agua a cambiar su nivel?* Cuando se aspira comienza a subir el aire, el agua se devuelve, aspiramos con gran fuerza, sube por el lado que se aspira después de agregar el tubo rígido. *¿Qué se observa con el nivel del agua por el lado del soplador?* El agua asciende como si se la tomaran. El aire necesita salir por algún lado y explota. El agua va subiendo, retrocede. Se chupa. Pierde toda su presión, contracción del aire. Sube porque se absorbe aire dentro de la manguera. Cuando se aspira el vaho del soplador pierde toda su presión. *¿Si la manguera en U se asocia con un balancín en el que juegan niños, qué características tienen los fenómenos a cada lado del balancín?* Peso y fuerza, peso mayor aire exterior. Sube y baja al revés. La fuerza de una masa hace que baje la otra. Si succiona sube persona liviana. Fuerza de los pulmones varía el nivel de agua. *¿Cómo se puede asociar este hecho con los tornados que levantan objetos?* En el tornado el aire aspira con potencia.

Análisis. La experiencia permitió demostrar como al succionar el líquido sube por el tubo, no a causa del vacío, si no por el peso del aire fuera de la manguera. En esta apreciación los estudiantes se aproximaron al concepto de presión, como se ve en la *imagen 25*. La experiencia se obtiene del experimento, aunque algunas reflexiones sean tomadas de la experiencia diaria y del conocimiento escolar. Las paredes flexibles de polietileno se recogen cuando se hace succión, razón por la cual se adiciona un tubo rígido, para evitar el colapso y poder detectar la forma en que el agua asciende hacia el soplador, que ha cambiado a succionador. Por ese motivo se señalan “sube del lado que se aspira después de agregar un tubo rígido”.

La subida del agua con el tubo se toma como el fenómeno contrario al anterior como si existiera alguna simetría entre las dos experiencias, por eso dice que pierde presión porque antes la había ganado, o el agua retrocede. Sube porque se absorbe aire es una *apreciación del sentido común cercana a Aristóteles* (Horror al vacío). De otra parte se asocia la succión con la fuerza de los pulmones, algo *parecido a lo propuesto por Galileo*, *es como un hilo que tira del líquido para que suba por el pitillo*. Lenguaje cotidiano más

algún lenguaje escolar y de lecturas como *el aire del tornado que aspirado con potencia*. Aunque en ambos casos se “nubla” parece que se considera esta actividad como la negación de la anterior porque se describe con antónimos, la primera son: inflan, expanden en la segunda son comprimen, recogen, chupan, contraen, encogen desinflan.

En un balancín, se busca equilibrar dos pesos, pero si uno es más grande ese tendera a estar cerca al piso, de ninguna forma el liviano hace fuerza para que baje el grande. El dibujo muestra cuando se sopla: Aire soplando → niño grande, es decir que tiene más peso de lado que se está soplando. La *imagen 26* muestra el peso del aire empuja la columna de agua. Cuando se aspira: el aire atmosférico es equivalente al niño grande, es decir que tiene más peso y empuja la columna de agua que se está succionando. El dibujo es claro, cuando se succiona el aire atmosférico empuja el líquido como explicaron Torricelli y Pascal. El texto escrito se observa en la *figura 25*, se trascribe y se sigue el rastro de la evolución de las ideas del peso y la masa del aire a través de los tiempos, notas que se colocan en paréntesis cuadrado: *“cuando soplamos el agua está haciendo fuerza, entonces lo que realmente hace que el nivel del agua varíe es por el peso del aire, pues lo que pasa es que el aire intenta escapar [es un gas confinado] y para escapar necesita [desplaza el agua] sacar el agua y así el aire ganar pero el peso del aire no va a ser siempre igual [porque se esta soplando]. Como en el caso del balancín, el peso mayor domina y hace que el peso menor suba, lo que quiere decir es que el peso mayor del balancín es el aire que nosotros [soplamos] mantenemos y el peso menor es el aire exterior. Y es el mismo caso cuando aspiramos, pues el peso mayor ya sería el aire exterior [explicación de Torricelli] y el peso menor sería el aire que nosotros atraemos [vuelve a Galileo] , entonces al aspirar buscamos inhalar el aire de la atmósfera, lo que necesitamos es despejar el agua [vuelve a Aristóteles]”*

Tablas de la sistematización.

Número de niños soplando	Melo Avance [cm]	Bayona Avance [cm]	Calle Avance [cm]	Palacios Avance [cm]	Zuluaga Avance [cm]
1	50	15	36	20	30
2	50	20	45	40	48
3	50	28	70	30	50
4	50	30	80	47	60

Tabla 16: Avance del bote versus niños soplando

Niños soplando	Barragán Altura (cm)	Bohórquez Altura (cm)	Jaramillo Altura (cm)	Martínez Altura (cm)
1	49	51	69	79
2	50	60	76	86
3	54	65	118	97
4	59	68	66	73

Tabla 17: Relación entre niños soplando y la diferencia de altura de los niveles de agua

Imágenes de la sistematización.


	<p>Utilizan dibujos y palabras para comunicar emociones. Cuando utilizaron la palabra aire o viento fue en forma indiscriminada. Utilizaron dibujos para explicar situaciones, como las nominadas en la pregunta .</p> <p>Sensaciones:</p> <p>Tacto: Se siente tensión, una fuerza, vibración en la mano, cosquilleo por la pita.</p> <p>Vista: como se eleva la cometa en la altura, el movimiento de la cometa por acción del viento.</p> <p>Oído: Ruido cuando el viento choca contra la cometa esta transmite un sonido, el sonido del viento.</p> <p>Olfato: El viento trae diferentes olores.</p> <p>Gusto: No se percibe ningún sabor.</p> <p>Felicidad: alegría al haber logrado elevarla.</p> <p>Satisfacción: Por haber logrado el objetivo.</p>
---	--

Imagen 16: Comparación de los dibujos y las palabras en la actividad de cometas

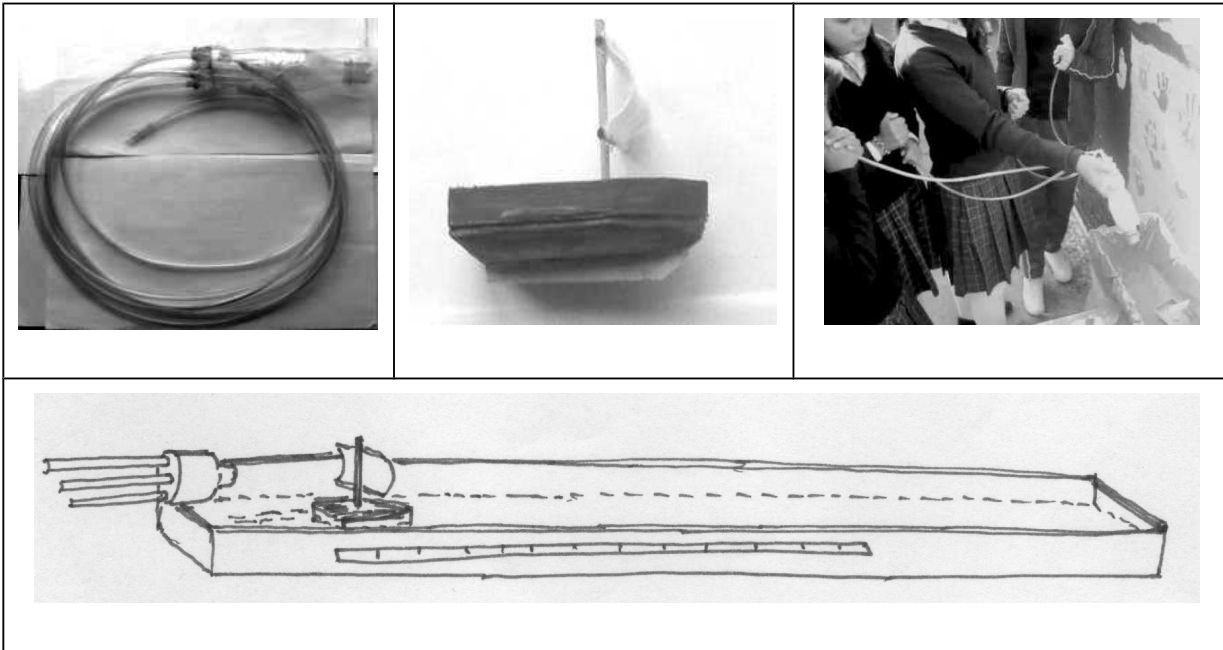


Imagen 17: Experiencia de organización del impulso en barcos de vela: Generador eólico, bote de vela, estudiantes soplando y canal para medición del avance del bote.

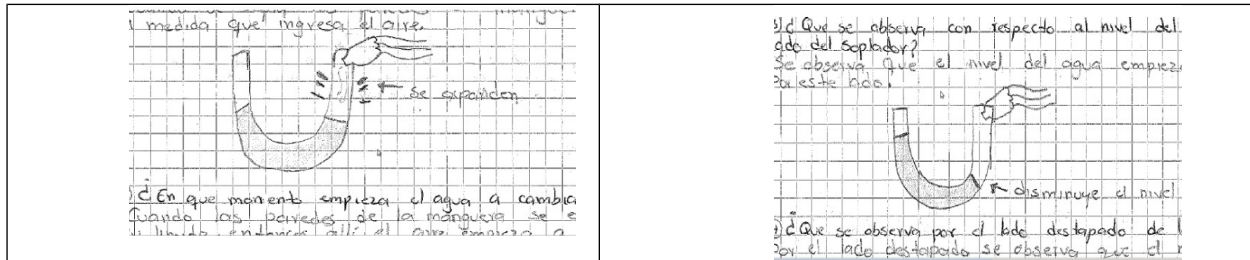


Imagen 18: Descripción de la expansión de las paredes del tubo antes de empujar el agua

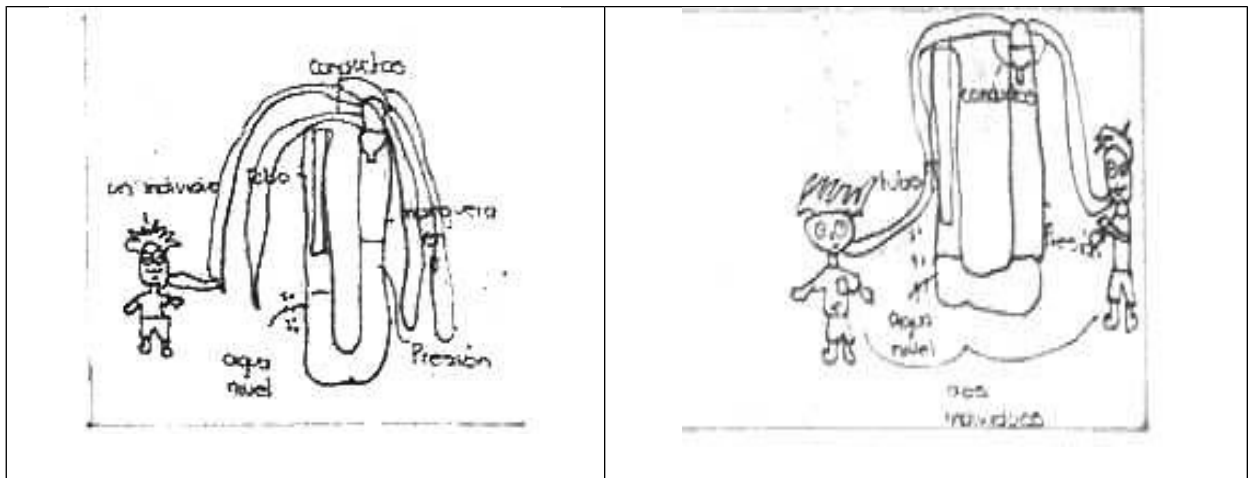
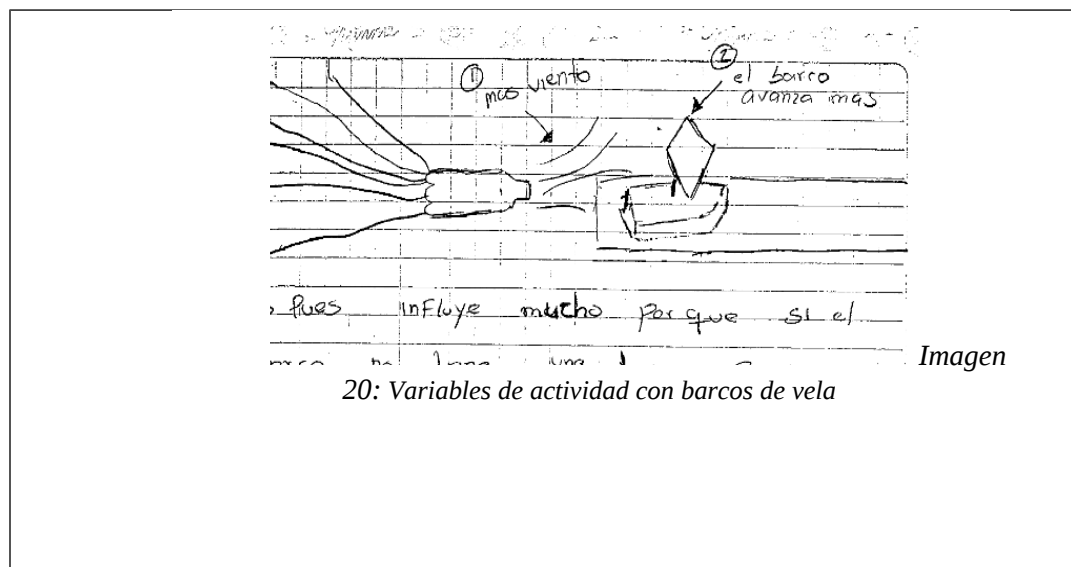


Imagen 19: El movimiento de la columna de agua



20: Variables de actividad con barcos de vela

Imagen

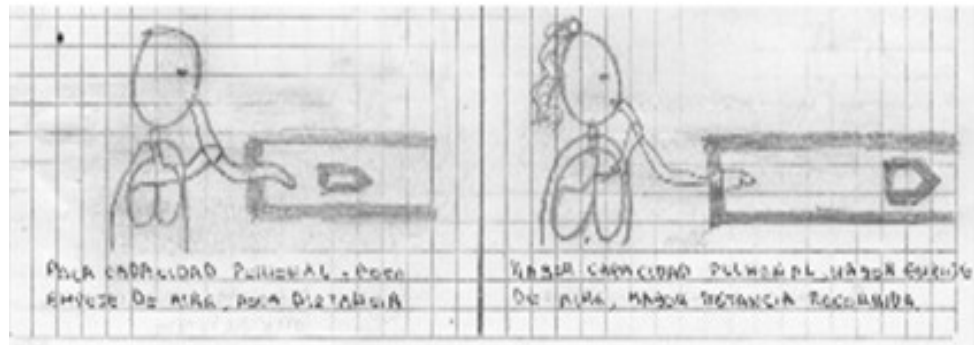


Imagen 21: Capacidad pulmonar como parte de la explicación

a. Se puede decir que entre mas
 mangueras habian mas aire recibia
 la vela del barco y esto lo hacia
 avanzar cada vez mas.

Imagen 22: Se establece una relación de proporcionalidad

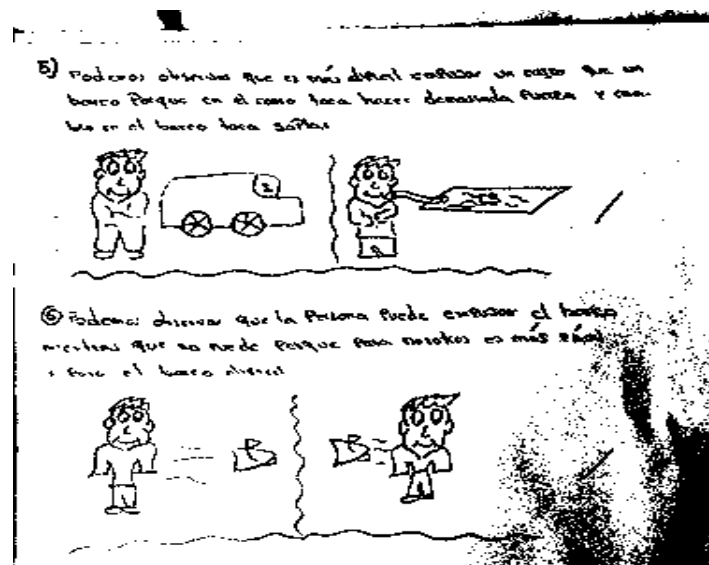
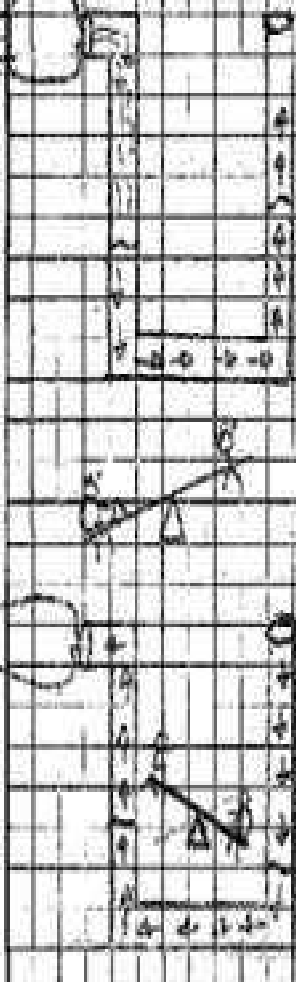


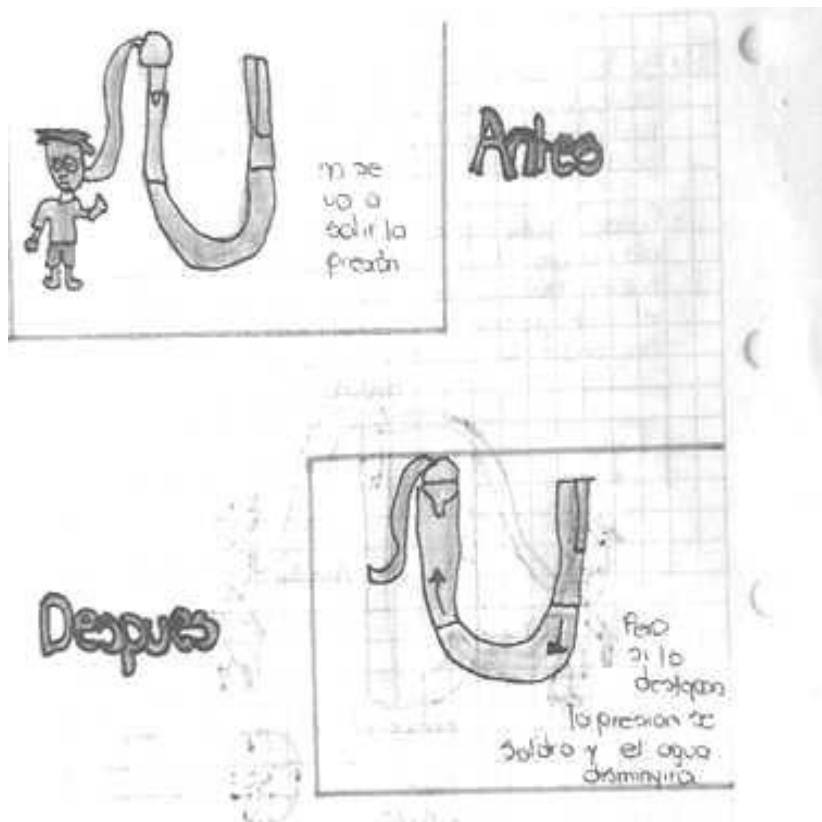
Imagen 23: Comparación empuje objeto con empuje viento



En conclusión cuando solemos el agua esta haciendo fuerza entonces lo que en realidad hace que el nivel del agua varie es por el peso del aire. Pero lo que pasa es que el aire intenta escapar y para escapar necesita sacar el agua y así el peso del aire gana peso el peso del aire no siempre va a ser igual, como en el caso del volumen el peso mayor domina, hace que el peso menor suba lo que quiere decir es que el peso mayor del volumen es el aire que nosotros manipulamos y el peso menor es el aire exterior y en el mismo caso cuando aspiramos el peso mayor va ser el aire exterior y el peso menor sería el aire que nosotros aspiramos entonces al aspirar buscamos hacer el aire de la atmósfera, lo que necesitamos es desplazar el agua.

Imagen

24: Masa del aire

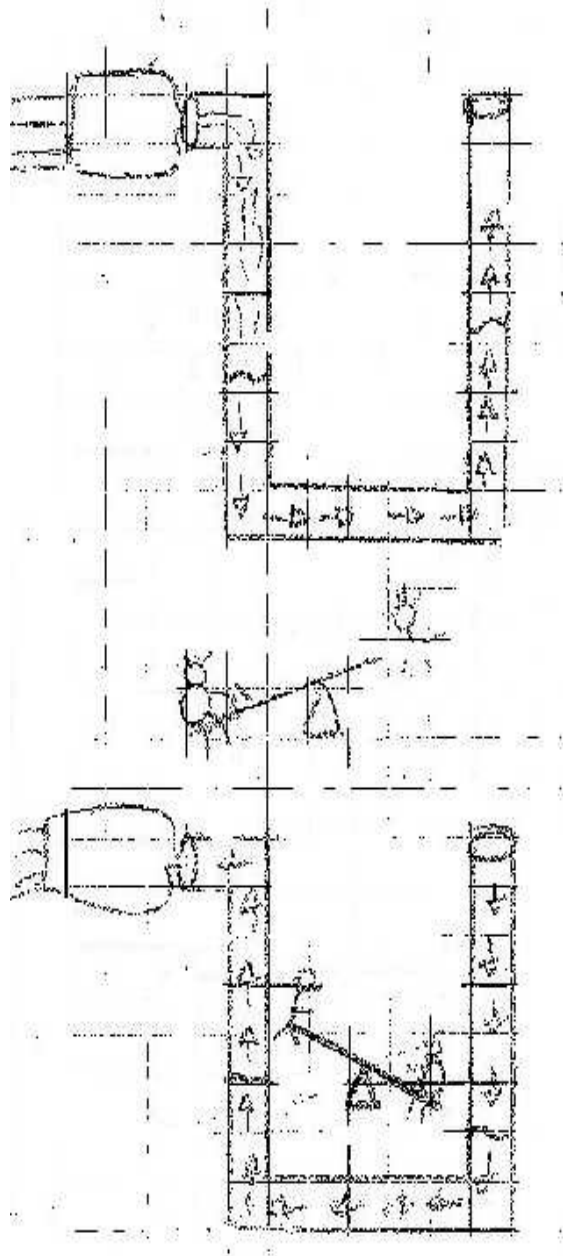


¿Cómo se podría asociar este hecho con los tornados que levantan objetos?

- Bueno esto se asocia, el trabajo que hemos venido experimentando se trata que por la presión que hacemos el agua sube de nivel y cuando con un tornado es lo mismo como presión pero en vez de agua es aire comprimido que explota.

Imag

en 25: Aproximación a la presión



Im

agen 26: Peso del aire empuja la columna de agua

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En respuesta a la pregunta de investigación *¿De qué forma hacer que la experimentación favorezca la construcción de explicaciones de las propiedades de los gases?* Se deben tener en cuenta varios aspectos: los estudiantes construyen las explicaciones, los docentes preparan el ambiente que propenda por la construcción, el experimento debe estar rodeado por un entramado social, histórico y afectivo que permita su estudio a profundidad, el proceso desarrolla la reflexión y la argumentación en los estudiantes y la sistematización de la práctica permite evaluar la formación de una cultura científica en el grupo.

La construcción de explicaciones corre por cuenta de los estudiantes quienes, bajo la orientación del docente, hacen los experimentos, preparan informes y argumentan en defensa de sus ideas ante compañeros y docente.

Sin embargo, la orientación de la actividad requiere de una intervención activa del docente quien construye el andamiaje para lograr el resultado de los estudiantes, la orientación muestra dos aspectos importantes: Primero, el docente debe cambiar del enfoque tradicional en ciencias a un enfoque en que dirija investigación de los estudiantes. Y segundo, debe preparar a profundidad el fenómeno de estudio para convertirlo en actividad de aula teniendo en cuenta tres aspectos metodológicos: el epistémico que permite ubicar el origen de los conceptos que configuraron el fenómeno, el fenomenológico por el cual se hace acercamiento al fenómeno desde la experiencia

sensible para relacionar el mundo real con la construcción de conceptos, y el componente de preguntas orientadoras que sirven de guía en la construcción del conocimiento, de orientación de los procesos en el aula, de motivación al pensar profundo de los estudiantes y de formación de conexiones entre lo estudiado y la vida cotidiana.

Para que el experimento permita descubrir aspectos del fenómeno en estudio por parte de los estudiantes debe estar inmerso en un entramado de actividades, que han sido planeadas y preparadas por el docente, que tienen cinco características: Primero, el experimento es antecedido por actividades de contextualización que despierten inquietudes, las cuales están formadas por preguntas orientadoras, lecturas preliminares y actividades de sensibilización (salidas pedagógicas, actividades de rememoración, reflexión sobre situaciones paradójicas). Segundo, se delimita el fenómeno a estudiar para enfocar la actividad reflexiva y de investigación cualitativa preliminar (lecturas preparadas con preguntas de control de lectura, preguntas de carácter epistémico, preguntas orientadoras), lo que permite el diseño y construcción de experimentos, que se pueden realizar con materiales de bajo costo. Tercero, se ejecuta el experimento con un guión que señale los datos a extraer, las observaciones y preguntas a responder para la elaboración del primer informe. Cuarto, se socializan y discuten de los resultados del experimento y de las explicaciones planteadas así como los argumentos que las defienden con los compañeros, lo que permite la consolidación y construcción del conocimiento como parte de la cultura del grupo. Quinto, se presenta el informe final de la experiencia concreta, haciendo tangible lo intangible como es un escrito impreso.

La elaboración del conocimiento mediado por la pregunta y el experimento es lento, en comparación con la velocidad que propone el curriculum, puesto que los procesos de reflexión y profundización se dan al ritmo impuesto por los estudiantes.

En los estudiantes el uso del experimento para responder preguntas alimenta la curiosidad, activa la creatividad y genera espacios de discusión que favorecen la

construcción colectiva del conocimiento mostrando que el aula es un sistema de relaciones muy complejo. El experimento amplía su experiencia, los estudiantes dan cuenta de su proceso de aprendizaje cuando se enfrentan a nuevas situaciones y pueden manifestar lo construido mediante diferentes expresiones como las descripciones orales, escritas y las representaciones gráficas, que enriquecen su lenguaje. De otra parte un mismo experimento genera en los estudiantes la construcción de diversas explicaciones a un mismo fenómeno, constituyéndose en un insumo valioso para generar nuevos experimentos que validen los argumentos propuestos den respuesta a las preguntas que surgen por la diversidad explicativa, esta dinámica se repite en los ciclos de enseñanza-aprendizaje.

La Sistematización de la práctica escolar en el aula es un proceso de construcción de conocimiento, es una reflexión que muestra varios aspectos: Primero, permite una mirada sobre la práctica docente. Segundo, impulsa la búsqueda de alternativas que puedan orientar la comprensión de las Ciencias Naturales. Tercero, propician un camino para que docente rompa con la transmisión del conocimiento tradicional. Cuarto privilegia la comprensión del fenómeno por parte del docente permitiéndole orientar la construcción de explicaciones y el desarrollo de la capacidad de argumentación de los estudiantes.

En la escuela es muy importante la relación dialógica entre enseñanza-aprendizaje, en este sentido es de vital importancia que los estudiantes se conviertan en agentes activos dentro del proceso de aprendizaje, la labor del profesor será brindar alternativas para que ellos construyan su propio conocimiento.

Se debe flexibilizar los planes de estudio para atender más las necesidades del contexto, dado que una de las motivaciones por parte del estudiante es poder aplicar, lo que se ve en la escuela a la vida práctica, el cumplir con una serie de temas no garantiza que el estudiante aprendió, pensar que saben sobre un tema porque aparentemente es obvio es un error que se comete frecuentemente en la enseñanza, el explicar la presión de un gas, no implica necesariamente que el estudiante comprendió el fenómeno.

Los espacios de socialización siempre deben estar presentes en las dinámicas del aula, ya que a la vez que se construye conocimiento colectivo, se colocan en juego valores, aptitudes, se comparten las experiencias.

6. REFERENCIAS

- Alvarado, Emilce. Flórez, Giovanni (2011). *Trabajo experimental diseñado para la enseñanza de las leyes de los gases en termodinámica orientado a la educación media*. Tesis, Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional.
- Aristóteles, *Meteorología*, traducido del griego al inglés por E.W. Webster tomado de internet el 8 de marzo de 2013 de <http://classics.mit.edu//Aristotle/meteorology.html>, 2000.
- Aristóteles (1997), *Acerca del cielo, Meteorológicos*, Traducción M Candel, Editorial Gredos, Madrid.
- Ausubel, David (2002). *Adquisición y retención del conocimiento*. Editorial Paidos, Barcelona.
- Aristóteles, [De respiratione, en Ferro Gay, Federico. De la sabiduría de los Griegos. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México 1995.](#)
- Asimov, Isaac. *Historia y Cronología de la Ciencia y los descubrimientos*, Editorial Ariel, Barcelona, 2009.
- Asimov, Isaac (2007). *Breve Historia de la Química*, Alianza Editorial, Madrid.
- Bachelard, Gaston (1976). *El materialismo Racional*. Editorial Paidos, Barcelona.
- Bachelard, Gaston (2010). *La formación del espíritu científico*. Editorial Siglo XXI, México.
- Boyle, Robert (1985) *Física, química y filosofía mecánica*, Alianza Editorial, Madrid.
- Coronel , Juan. (2005) *Colección de Tablas, Gráficas y Ecuaciones de Transmisión de Calor*, Universidad de Sevilla , tomado de internet el 2 de abril de 2013 de [www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion tablas graficas TC.pdf](http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion_tablas_graficas_TC.pdf).
- Calvet, Miguel (2004). *La física de los gases: Experiencia con una bomba de vacío*. Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales No. 39, Enero 2004. Trabajos prácticos de Física y Química, Pag. 69-78, IES de Castellar.

- Cartes, M. Jorquera, N. O'Brien J. (2001) *Termometría*, tomado de <http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts%20Docencia/Seminario%20de%20Aut/trabajos/2001/Automatizaci%C3%B3n/Historia.htm>
- Camacho, Johanna; Quintanilla, Mario (2008). *Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: Retos y desafíos para promover competencias cognitivas lingüísticas en la química escolar*. *Ciência & Educação*, v. 14, n. 2, p. 197-212, 2008.
- Chamizo, José Antonio (2009). *Historia Experimental de la Química*, Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. jchamizo@servidor.unam.mx *Tecné, Episteme y Didaxis: TED No. Extraordinario*, 2009 , 4º Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, Conferencias Centrales. Páginas 7 a 16. Tomado de : www.pedagogica.edu.co/revistas/ojs/index.php/171-259,1-PB.pdf.
- Cifuentes, Juan. Torres-García, Pilar. Frias, Marcela (2005) *El Océano y sus recursos*. Tomado el 1 de septiembre de 2013 de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/067/htm/sec_7.htm
- Clericuzio, Antonio (sf). *Robert Boyle y la experimentación*, tomado el 15 de septiembre de 2013 de http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/fundoro/archivos%20adjuntos/publicaciones/actas/13_14/conferencias/antonio_clericuzio.pdf.
- Dechile.net (2013), *Atmósfera*, Tomado de internet el 12 de mayo de 2013 <http://etimologias.dechile.net/?atmo.sfera>.
- De Grys, Hans(2003) . *Thirty Feet and Rising: Constructing and Using a Water Barometer To Explore Chemical Principles*, *Journal of Chemical Education* , Vol 80, October 2003. pp. 1156-1157.
- Flores, Manuel (2004). *Implicaciones de los paradigmas de investigación en la práctica educativa*. *Revista Digital Universitaria*, 31 de enero de 2004, Volumen 5 Número 1.UNAM, México. Tomado de <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art1/portada.htm> , octubre 7 de 2013.

- Fino, Francisco (1996). *Modulo teórico práctico sobre algunos conceptos de termodinámica para desarrollarlos en el décimo grado de educación media*, Tesis, Departamento de física, Universidad Pedagógica Nacional, 1996.
- Furió-Mas, Carles y Domínguez-Sales, Consuelo (2007). *Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico*, Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València, Enseñanza de las ciencias, 2007, 25(2), 241–258.
- Galilei, Galileo (1638) *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuoue scienze*, tomado de internet el 20 de septiembre de 2013 de http://galileoandstein.physics.virginia.edu/tns_draft/tns_001to061.html.
- García, José (2000). *La solución de situaciones problemáticas: Una estrategia didáctica para la enseñanza de la química*. Enseñanza de las ciencias, 2000, 18 (1), 113-129 en <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/21645/21479>
- Giordan, André y otros (1988). *Conceptos de Biología. Tomo I. Evolución del significado de un conocimiento. Historia del campo conceptual de la respiración*. Editorial Labor S. A. 1988. Madrid.
- Guba, E. Lincoln, Y.(2002) *Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa*. En Denman, C. Haro J. Por los rincones. Antología de métodos cualitativos en la investigación social. El Colegio de Sonora. Hermosillo, Sonora pp 113-145.
- Guyton, C and Hall, J (2006) *Tratado de Fisiología Médica*. 11ª Edición. Elsevier, 2006. Madrid.
- Henao, B., Rodríguez, J., & Cardona, G. (2009). *Los textos de química: un análisis crítico desde una perspectiva epistemológica, científica y didáctica*. Revista educación y pedagogía, XI(25), 22.
- Hewitt, Paul (2004). *Física Conceptual*, Pearson educación, Mexico.
- Karolija, Jaminska, and others (2005). *Presentation and consolidation of physical and chemical changes of substances through pupil's active work*. Revista de educación en ciencia Vol. 6, No 1, 2005. Pp 76-79

- Kvittingen, Lise (2004). *Construction of a small-scale and low-cost Gas Apparatus*. Journal of Chemical Education, Vol 81, No 9 Septiembre 2004, pp1339-1340
- Khun, Thomas (1994). *¿Qué son las revoluciones científicas?* Barcelona, Atalaya. 1994.
- Latorre, A.; Rincón, D.; & Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: GR92.
- Nagel, Ernest (2006). *La estructura de la ciencia*, Ediciones Paidós. Barcelona.
- Malagón, F. , Ayala, M., y Sandoval, S. (2011). *El experimento en el aula, comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Centro de investigaciones Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Mayan, María (2001). *Una introducción a los métodos cualitativos*, International Institute for Qualitative Methodology. Alberta, Tomado de internet el 5 de octubre de <http://www.ualberta.ca/~iiqm//pdfs/introduccion.pdf>
- Moreira, Antonio (2002). *Investigación en educación en Ciencias, métodos cualitativos*, Texto de Apoyo 14, Universidad de Burgos, Burgos. Tomado de internet el 5 de octubre de 2013 de <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/metodoscualitativos.pdf>.
- Mach, Ernst (1896). *On thought experiments*, 1896. translated by O.W. Prince, tomado de <http://www.tufts.edu/~skrimsky/PDF/On%20Thought%20Experiments.PDF> ,
- Marini, Isabella (2007). *Two hydrolytic enzymes and an epistemological-historical approach*. University of Pisa, Science in School Issue 4 : Spring 2007, tomado de www.scienceinschool.org, en septiembre 25 de 2012.
- Martín,D. (2012), *Denis Papin, el inventor de la olla a presión*, tomado de internet el 9 de octubre de 2013 de <http://laaventuradelaciencia.blogspot.com/2012/02/denis-papin-el-inventor-de-la-olla.html>
- Medeiros,A. López, C.(2003) *Amontons y la construcción de la idea de la existencia de un cero absoluto*. Educación Química 14 , julio de 2003. Tomado en octubre 10 de 2013 de <http://educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf737.pdf>.
- MEN (2004), Ministerio de Educación Nacional, 2004, *Serie Guías No 7 , V Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*, tomado de

Internet el 26 de noviembre de 2012 de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf

Moreno, Luz (2008). *Proyecto de aula para la enseñanza aprendizaje de los conceptos básicos de termodinámica para adultos en condición de vulnerabilidad*, Tesis, Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional. 2008.

Museo Galileo, <http://catalogue.museogalileo.it/multimedia/Thermoscope.html>, tomado de internet el 2 de abril de 2013

Pakman Marcelo (1996), *Construcciones de la experiencia humana*. Aspectos del constructivismo radical, Vol. I. Gedisa. 1996. Barcelona. Traducido por José Ángel Álvarez.

Pascal, Blaise (1988). *Tratados de Pneumática*, Alianza Editorial. Madrid.

Papavero, Nelson. Pujol, José. Llorente, Jorge. *Historia de la biología comparada*, Volumen 6. UNAM, Mexico 2005.

Pedrerros, Rosa. Vargas, Margarita. (2012) *La ciencia como actividad cultural, Módulo de Pedagogía I*, Maestría docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.

Pozo, José. Gómez, Miguel.(1998). *Aprender y enseñar Ciencia*. Ediciones Morata, Madrid.

Pozo, J. Gómez, M. Limón, M. Saenz, A.(1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. C.I.D.E, Madrid.

Puig, Rosita (2008). *El Estudio de Casos en la Investigación Cualitativa y su Utilidad en la Educación*. Tomado de internet el 15 de mayo de 2013 de http://bibliotecavirtualut.suagm.edu/Publicaciones_profesores/Rosita%20Puig/El%20Estudio%20de%20Casos%20en%20la%20Investigaci%C3%B3n%20Cualitativa.pdf

Pinzón, María (1996). *Propuesta didáctica fundamentada en el aprendizaje por investigación con énfasis en prácticas de laboratorio para la formulación de las Leyes específicas de los Gases*. Tesis, Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional.

- Rache, Javier. Álvarez, Miguel y Sanabria, Quira (2009). *Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la Ley de Boyle desde la perspectiva molar y molecular propuesta por Jensen utilizando la resolución de problemas*. Tecné, Episteme y Didaxis: TED No. Extraordinario, 2009 , 4° Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, Poster. Páginas 1107 a 1110. Universidad Pedagógica Nacional. Tomado de : www.pedagogica.edu.co/revistas/ojs/index.php/202-672-1-PB.pdf.
- Polya, George, *Mathematical Methods in science*, Cambridge University Press, 1977, Tomado de internet el 19 de marzo de 2013 de: <http://books.google.com.co/books?id=j5RnI92SsLIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Rincón Melero, Carlos. *Primeras teorías meteorológicas en occidente*. Tomado de internet el 7 de marzo de 2013 de: <http://www.tiempo.com/ram/377/primeras-teorias-meteorologicas-en-occidente-siglos-vi-y-v-a-de-c/>, 2008.
- Rojas, Sandra(2012). *Aprendiendo a leer en clase de ciencias desde su historia. Propuesta para el diseño de unidades didácticas*. Congreso Iberoamericano de las Lenguas en la Educación y en la Cultura / IV Congreso Leer.es ; Salamanca, España, 5 al 7 de septiembre de 2012.
- Robinson, Ken. (2011) Conferencia “La educación es anacrónica”, Tomado de internet el 28 de octubre de 2013 de <http://www.redesparalaciencia.com/4593/redes/redes-87-el-sistema-educativo-es-anacronico#sthash.X1O7Wad2.dpuf>.
- Tortora,G. Derrickson, B. (2006) *Principios de anatomía y fisiología*. 11ª ed. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.
- Tortora, G.J. (2008) *Introducción al cuerpo humano: fundamentos de anatomía y fisiología*. 7ª ed. Editorial Médica Panamericana, México.
- Valencia, Steiner; Méndez, Olga; Jiménez, Gladys. *La respiración: del soplo vital a problema del conocimiento*. Maestría en docencia de las Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, 2012.

- Vasco, Carlos (2006). *Los retos que enfrenta la educación Colombiana*. Conferencia tomada de internet el 20 de octubre de 2013 de <http://www.eduteka.org/RetosEducativos.php> .
- Vigué, J. *Atlas del cuerpo humano*. Proyecto editorial. Medillust. Madrid
- Villee, C. y Otros. (1987). *Biología*. Nueva Editorial Interamericana. México.
- Vigotsky, L (1988). *El desarrollo de los procesos lógicos superiores*. Editorial Crítica, Grupo editorial Grijalbo, México.
- Von Guericke, Otto (1654) *Otonis de Guericke experimenta, Nova (tu vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio*, traslation by Margaret Glover Ames. Springer Science+bussines Media, B.V. Dortdrecht.
- West, J. B. (1999). *The original presentation of Boyle's law*. Journal of Applied Physiology, 1543–1545. Retrieved from <http://www.jappl.org/content/87/4/1543.short>
- Wisniak, J. (2005). *Guillaume Amontons*. Revista CENIC. Ciencias químicas, 36(3), 187–195. Septiembre de 2012.
- Yin, Robert (2003). *Case study research: Design and methods*, Sage Publications, Newbury Park, California.

ANEXOS.

Módulo1: El aire atmosférico

Presentación.

El presente módulo está organizado en 5 guías que permitirán construir explicaciones de las propiedades de los gases, en este caso la masa y el peso del aire⁵².

Guía No. 01 Exploración sobre el Viento

Guía No. 02 Empuje del viento

Guía No. 03 La masa del aire

Guía No. 04 Peso del aire

Guía No. 05 El peso del aire sostiene la columna de agua (El vacío no hace fuerza)

Cada guía esta organizada por actividades preliminares, preguntas orientadoras, actividades experimentales y actividades de cierre.

Aspecto	Descripción
Actividades preliminares	Despertar y delimitar el interés en el tema, definir los de materiales, proporcionar elementos de discusión a través de lecturas, que contienen preguntas de control, observación de videos y películas.
Preguntas orientadoras	Permiten indicar la ruta del fenómeno en estudio
Actividades Experimentales	Construcción de artefactos. Por interacción con el artefacto proveer de una experiencia sensible, para dar inicio a las primeras explicaciones, de acuerdo a las preguntas de orientación. El experimento permite a los estudiantes ampliar su experiencia a través de las preguntas sobre fenómeno. Manipulación del artefacto para identificar variables y jugar con ellas
Actividades de cierre	Construcción de explicaciones apoyada por actividades preliminares, preguntas orientadoras y el experimento. Socialización y discusión de las explicaciones en grupo Documento final que da cuenta del fenómeno y las explicaciones propuestas después de ser construidas en conjunto con el grupo. Se termina con preguntas de enlace para la siguiente actividad

Tabla 1: Organización de las guías

Introducción

Tomamos el aire como sustancia gaseosa ya que comparte las mismas propiedades físicas que cualquier gas.

Es evidente que la tierra está rodeada por una delgada capa de aire denominada atmósfera, que tiene un espesor de 480 km después de los cuales se presenta el vacío del espacio, en los primeros 15 km de la atmósfera se forman las nubes, los vientos y la mayoría de los fenómenos meteorológicos, esta capa se llama troposfera. El espesor de troposfera apenas alcanza a ser dos milésimas del diámetro promedio de la tierra que es de 6370 km, si la tierra fuera una naranja, la troposfera equivaldría a una piel muy delgada y fina que apenas tendría el espesor de dos o tres células. Sin embargo en las civilizaciones antiguas, los griegos creían que el universo estaba conformado por esferas concéntricas, íntimamente ligadas entre sí.

El contraste entre las dos visiones del mundo es grande, mientras que actualmente se sabe que en el espacio exterior existe el vacío, los griegos no podían aceptar su existencia, porque la condición necesaria para que el movimiento de las esferas se transmitiera entre ellas, era que estuvieran en estrecho contacto, es decir que no podría existir el vacío, esta propiedad del Universo se denominó Horror Vacui.

El sentido común, muestran que el aire efectivamente empuja cuando se presentan vientos o corrientes de aire, de otra parte podemos succionar con nuestros pulmones, como cuando se aspira gaseosa con un pitillo. Este aparente horror al vacío logró ser explicado, cuando dos discípulos de Galileo: Valían y Torricelli, explicaron la razones por las que una columna de agua y de mercurio, respectivamente, se mantenían a cierta altura dentro de tuberías selladas sin la presencia aparente de fuerza alguna. Posteriormente Pascal, hizo repetir el mismo experimento a diferentes alturas en una montaña, llegando a conclusiones que describió detalladamente en su *Tratado de los líquidos* en el cual comparó el aire y el agua.

Guía No. 01: Exploración sobre el Viento.

Objetivo: Sensibilizar a los estudiantes acerca del viento

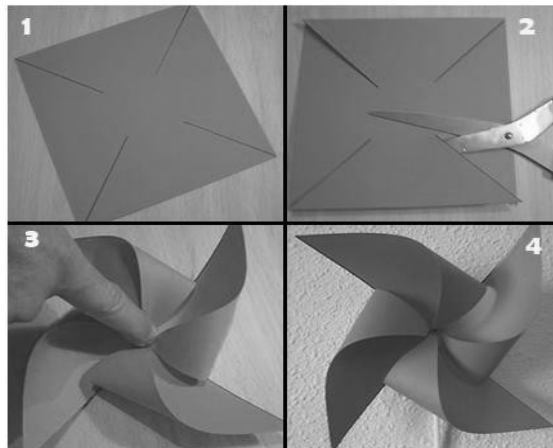
Preguntas orientadoras: ¿Se pueden comparar el viento, los vendavales, el aire que soplamos?

Actividad preliminar

1. Hacer una cartelera que incluya texto y dibujos en la que describa lo que perciben sus sentidos (tacto, vista, oído, olfato, gusto y otros) cuando eleva una cometa
2. Observar vídeo sobre vendavales en Bogotá, y responder las preguntas
¿Cuáles son las características del clima? ¿Cómo se podría determinar la capacidad de destrucción de los diferentes fenómenos atmosféricos?

Actividad experimental

3. Construir un ringlete, según los pasos mostrados en la figura



4. Soplar el ringlete: ¿Cuántas vueltas da en 10 segundos?, hacer una tabla en la que indique el nombre del compañero y la cantidad de vueltas que produce en 10 segundos. ¿Qué produce el movimiento del ringlete? ¿Se pueden relacionar lo sucedido a la cometa, las condiciones climáticas cambiantes y lo sucedido con el ringlete? Explique con textos y dibujos. ¿Describa con palabras y con dibujos un experimento mediante el cual se pueda determinar el empuje del aire?

Actividad de Cierre

Presente al grupo la cartelera, y la reflexión en torno a las preguntas propuestas en la guía.

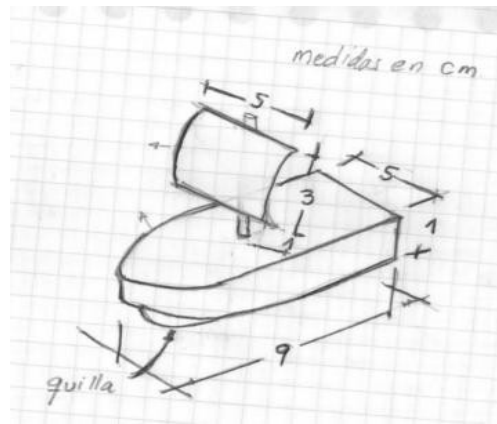
Guía No. 02: Empuje del viento

Objetivo: Organizar el empuje del viento sobre barcos de vela

Preguntas orientadoras: ¿Se puede organizar el fenómeno del empuje del viento?

Actividades preliminares

1. Construya una maqueta de un barco de vela, como indica el diagrama, tenga presente que las dimensiones indicadas.



2. Escriba un informe de dos páginas a mano, buscando en internet o en libros, e indique la referencia bibliográfica que utilizó en la consulta sobre:

- Los grados y nombres de los diferentes tipos de vientos, organizarlos del más fuerte al más suave.
- Describa con palabras y con dibujos la forma en que los barcos de vela, las hélices de los aviones y los generadores eólicos aprovechan el viento.
- Realice la lectura y conteste las preguntas:

Lectura: La Vela como sistema de propulsión.

Añadir velas a las embarcaciones para aprovechar el empuje del viento fue utilizado por antiguas civilizaciones, para recorrer mayores distancias y establecer contacto con pueblos vecinos y expandir redes comerciales.

Los barcos de vela*

* Cifuentes, Juan. Torres-García, Pilar. Frias, Marcela (2005) El Océano y sus recursos. Tomado el 1 de septiembre de 2013 de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/067/htm/sec_7.htm

Lectura: La Vela como sistema de propulsión.

Añadir velas a las embarcaciones para aprovechar el empuje del viento fue utilizado por antiguas civilizaciones, para recorrer mayores distancias y establecer contacto con pueblos vecinos y expandir redes comerciales.

No está reportado en la historia cuándo ni dónde el hombre inventó la vela, pero este hallazgo fue probablemente uno de los primeros intentos de dominar una fuerza natural y hacerla aprovechable; al comprobar que la fuerza del viento no sólo era peligrosa, sino que podía ser utilizable, surgieron las primeras velas, tal vez confeccionadas con hojas de palmera o simples tejidos de junco llamados "esteras". Quizá el primer barco a vela se construyó cuando se expuso intencionadamente al viento una balsa estable con una de estas esteras y en ese momento, hace miles de años, el hombre aprendió a gobernar la balsa y dio origen a la navegación a vela; entonces el remo y la vela se combinaron para obtener navíos más eficientes y así poder navegar a lugares cada vez más distantes. El primer indicio de una nave de vela ha sido reportado en Egipto hacia el año 1300 a.C.: se describe una embarcación dotada de una vela cuadra sostenida por dos palos de madera, mástil largo vertical en la parte superior y una botavara o palo transversal en la inferior, y que presentaba remos para su dirección. Sólo podía navegar a favor del viento, pero como en el valle del Nilo el viento sopla casi siempre del norte, ello permitía navegar contra la corriente, y para navegar río abajo no se necesitaba vela.

¿De qué forma la dirección del viento, en el río Nilo, contribuyó en el uso de velas cuadradas en embarcaciones?

¿Qué conocimientos necesitó descubrir el hombre para construir los primeros barcos de vela?

Posteriormente el hombre se dio cuenta de que podía hacer velas que permitirían a un barco avanzar contra el viento con un ángulo inferior a los 90°; si bien no entendía el sistema de fuerzas que actúa sobre tales velas, descubrió que la posibilidad de navegar contra el viento se debe a que éste crea sobre la vela una fuerza de resistencia y una de empuje. Otro progreso que se presentó en la construcción de embarcaciones fue la invención de la quilla, larga viga que colocaron de proa a popa y sobre la cual se construía el casco. Sin embargo, estos barcos con velas o aparejos cuadrados, propios de la Edad Media, no podían navegar en direcciones que formasen ángulos menores de 90° respecto a la dirección del viento, e incluso los últimos barcos que llevaron velas cuadradas ni siquiera podían navegar con ángulos menores de 70°.

¿Será necesario dar explicación a los fenómenos naturales para aprovecharlos en forma artesanal?

Esto hizo que posteriormente naciera la *vela triangular*, en la que el borde delantero está unido a un mástil alrededor del cual puede girar, y así aparecieron la vela latina del Mediterráneo y la vela de las Bermudas, que permiten navegar con un ángulo de hasta 45° en contra del viento. La idea de la vela triangular apareció hacia el siglo III, en el Océano Índico, como perfeccionamiento de la vela cuadra de los egipcios, y dio lugar a la vela latina de los árabes y a la vela de los juncos chinos. No obstante, la vela cuadra sobrevivió hasta la desaparición de los barcos de vela comerciales, porque era más eficaz que la triangular en los viajes largos y con vientos que soplaban por popa. En el siglo II los romanos mejoraron la vela egipcia añadiendo una vela anterior, llamada cebadera, otra más pequeña, triangular, sobre la vela mayor, la gabia; pero igual que en los barcos egipcios primero y en los vikingos después, la nave era dirigida por un timón lateral colocado en el costado de popa.

¿Qué explica que la vela triangular permita la navegación en contra del viento?

¿Qué sucede cuando se explican los fenómenos naturales para aprovecharlos en forma artesanal?

Lectura: La Vela como sistema de propulsión.

Añadir velas a las embarcaciones para aprovechar el empuje del viento fue utilizado por antiguas civilizaciones, para recorrer mayores distancias y establecer contacto con pueblos vecinos y expandir redes comerciales.

Los "Drakkars" vikingos no tenían cubierta, aunque estaban forrados con tablas ligeras y tenían los extremos puntiagudos y simétricos, disposición que daba como resultado la facilidad de maniobrar en los fiordos estrechos, pues así no era necesario virar en redondo; la propulsión se hacía a remo y por una sola vela cuadra, izada en un mástil colocado en el centro del barco. Sin embargo, los chinos ya conocían el timón central y la brújula desde el siglo I, los cuales les proporcionaban grandes ventajas; el timón central permitía un mejor gobierno de la nave y era más resistente que el lateral; la brújula hacía posible la navegación lejos de la costa, sin temor a que el cielo cubierto impidiera orientarse por medio de las estrellas. La llegada a Europa de estos descubrimientos, a finales del siglo XI, tuvo una gran repercusión en la navegación europea.

¿De qué forma el timón central y la brújula favorecieron la navegación a vela?

El barco provisto de varios mástiles fue una creación de los chinos y los modelos de estas embarcaciones, así como la idea de construirlas, llegaron a Occidente en el siglo XIII, en tiempos de Marco Polo. Hasta entonces, el comercio por el norte de Europa y en el Mediterráneo había utilizado naves de un solo mástil, como el "Queche", barco que tenía igual diseño en popa que en proa. Se ha reportado que en 1418, el rey de Inglaterra, Enrique V, hizo construir en Bayona un navío de dos mástiles, y se tienen noticias de que, en 1436, contó con otro de tres mástiles. Durante el siglo XV los barcos evolucionan en el sentido de abandonar el mástil único para pasar a las naves con tres. Al principio, estos mástiles iban colocados muy cerca de la proa y de la popa del navío y sólo llevaban pequeñas velas cuadradas, que servían más para la maniobra que para la propulsión del barco, y su misión consistía en cerrar o abrir el ángulo con el viento. Posteriormente, en las nuevas embarcaciones estas dos velas se agrandaron y se convirtieron en velas de propulsión; a fines del siglo XV ya eran habituales en aguas europeas los barcos con tres mástiles. La Santa María, uno de los veleros que utilizó Cristóbal Colón en el descubrimiento de América, ha sido considerada por los especialistas como la remota antepasada de los veleros de tres mástiles, aunque se habla de ella como de una carabela. Colón, al referirse a ella en sus descripciones la llamaba la nao, mientras que a La Pinta y a La Niña las llamaba carabelas. Este modelo de barco, en contra de la creencia popular, es de origen portugués y no español. El comandante Quirino Fonseca ha descubierto los nombres de 183 carabelas portuguesas construidas a partir de 1453, la primera de las cuales llevaba el nombre de Santa María de Nazaret. La carabela era una nave sencilla y ligera, distinguiéndose dos tipos de ellas: las carabelas latinas que tenían en su aparejo únicamente velas latinas; y las carabelas redondas, que presentaban en el mástil de proa una vela cuadrada; algunas carabelas llevaban 2, 3 y hasta 4 mástiles, siendo La Pinta y La Niña carabelas latinas.

¿De qué forma influye en la navegación el uso de uno, dos o tres mástiles?

¿En esa época existían otras formas de impulsar los barcos, por qué?

A partir del siglo XVI se presentó el auge de los barcos de vela en continua transformación. Fue un siglo de experiencias, en cuyo transcurso el hombre aprendió que las embarcaciones en el mar obedecen a reglas precisas que no admiten errores de cálculo. Los galeones que aparecen a mediados del siglo XVI fueron una mezcla de la carraca, embarcación pesada con la proa y la popa terminadas en punta, y de la esbelta galera veneciana. Los galeones tenían una línea más elegante que las carracas y la proa cuadrada, y la

Lectura: La Vela como sistema de propulsión.

Añadir velas a las embarcaciones para aprovechar el empuje del viento fue utilizado por antiguas civilizaciones, para recorrer mayores distancias y establecer contacto con pueblos vecinos y expandir redes comerciales.

transición de la carraca al galeón fue el último gran "salto tecnológico" en los barcos de vela. La diferencia entre un galeón del siglo XVI y un paquebote del siglo XIX, como el famoso Cutty Sark y el France II es pequeña, aunque el rendimiento de este último era muy superior. La evolución gradual a partir de los primitivos galeones dio lugar a un aumento del tamaño y del número de las velas, así como a la introducción de las velas triangulares entre los mástiles. A partir de mediados del siglo XVIII, los barcos de vela occidentales adoptaron muchos y diversos aparejos, de 2 a 6 mástiles, o incluso 7, como en la goleta Thomas W. Lawson, con todas las velas de cuchillo. A principios del siglo XIX, la marina de guerra impulsada a vela se compone de navíos de diferentes categorías, clasificados según su importancia y su armamento, así como de fragatas, encargadas de la descubierta en los convoyes cuando se dirigían a puertos lejanos. Estas fragatas llevan 60 cañones como máximo y una sola batería en el casco, mientras las corbetas y los bergantines sólo los llevan en la cubierta.

¿Qué adelanto técnico permitió aumentar el tamaño de las embarcaciones?

El *clípper*, buque mercante que apareció a mediados del siglo XIX, fue un velero muy eficiente, el más rápido y el más hermoso, pero también el más efímero. Apareció en Estados Unidos hacia 1820, y ya a finales del siglo se le consideraba un buque anticuado. Los *clípper* fueron construidos esbeltos y ligeros para alcanzar grandes velocidades; tenían espacio para la carga, pero la superficie de su velamen era enorme. Su existencia respondía a varias necesidades: la fiebre del oro en Australia y en California, de 1849 a 1851; el comercio del té con China y, a partir de 1870, el comercio de la lana y de cereales con Australia.

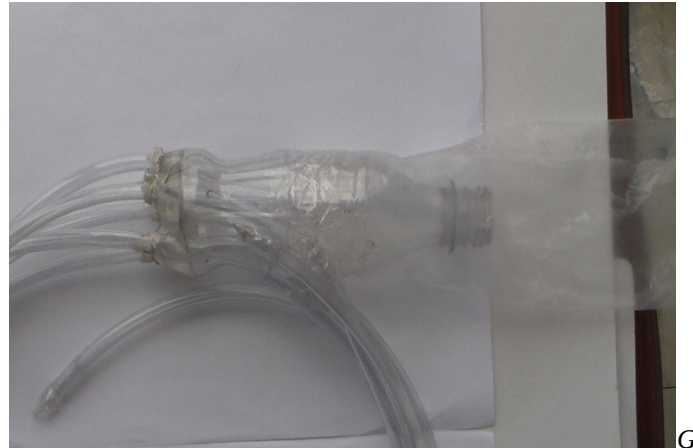
¿Qué características tenían los barcos veleros en el auge de su utilización?

La aparición de los buques con propulsión a vapor, la apertura del Canal de Suez y los ferrocarriles transcontinentales fueron las causas de que los *clippers* se consideraran anticuados; entonces, fueron remplazados por veleros de mayor calado, con el casco de acero y que podían transportar más carga. A pesar de que su tonelaje, de hasta 5 800 toneladas métricas, era mucho mayor que el de los *clípper*, no exigía más tripulantes. Pero también estos veleros acabaron por desaparecer ante la competencia de los vapores. Al estallar la primera Guerra Mundial, el precio de la lona, de los cabos y de los cables alcanzó grandes aumentos, mientras que la propulsión mecánica se hacía cada vez más económica, por lo que las buenas dotaciones para los veleros iban escaseando y la lucha fue imposible. Los astilleros de demolición los absorbieron y se puede decir que "el barco de vela había muerto".

¿Cuáles fueron las causas de la declinación del uso de los barcos veleros?

Actividad experimental

Para esta actividad se requiere construir un generador eólico o generador de viento, para dosificar el caudal de aire según el número de personas soplando, el dispositivo consiste de una botella de plástico (PET) de 250 ml, a la cual se le hacen 6 orificios por los cuales se introducen sendas mangueras de 1/4" de diámetro 70 cm., para evitar fugas de aire, se utilizar una resina epóxica que fija las mangueras y sella las salidas de aire.



generador Eólico

También se debe disponer de una canal de agua de 10 cm del alto por 10 cm de ancho por 200 cm de longitud.

De otra parte los estudiantes construyen los botes según instrucciones.

Procedimiento.

Se llena de agua la canal, se ubica el generador eólico un extremo de la canal, la altura de la boca del generador de viento debe coincidir con el centro de la vela del barco a probar. Se ubica el barco a tres centímetros de la boca del generador de viento.

En la primera experiencia una persona sopla a través de una manguera mientras que se sellan las otras cinco mangueras, el barco se desplazara cierta distancia, se mide el desplazamiento del barco y se toma nota del dato obtenido.

En la segunda experiencia dos personas soplan a través de sendas mangueras y se toma nota de la distancia que se desplaza el barco, se repite el procedimiento hasta completar seis personas soplando.

1. Hacer una tabla en la que se describan las distancias alcanzadas por su barco de acuerdo a las diferentes cantidades de mangueras utilizadas.

2. Hacer una tabla en la que se comparen las distancias alcanzadas por los barcos de sus compañeros, con las distancias alcanzadas por su barco.

3. Sacar el promedio de las distancias alcanzadas por todos los barcos, para cada una de las diferentes cantidades de mangueras utilizadas.

4. Para las responder las siguientes preguntas argumentar, hacer dibujos y diagramas explicativos:

- ¿De qué forma se pueden relacionar las distancias alcanzadas por los barcos con la cantidad de mangueras utilizadas?
- ¿De qué manera la forma del barco influyó en los resultados alcanzados?
- ¿La capacidad pulmonar influyó en los resultados alcanzados?
- ¿De qué forma se puede relacionar el empuje del aire con el número de mangueras utilizadas?
- ¿Cómo se puede comparar el empuje del aire sobre el barco con el empuje de un sólido contra otro sólido, por ejemplo, un grupo de personas que empuja un carro varado?
- ¿Cómo se puede comparar el empuje del aire sobre el barco con el empuje de un sólido contra otro sólido, por ejemplo, un niño grande que empuja a un niño pequeño, o un niño pequeño que empuja a un niño grande?

Actividad de Cierre

Presentar por grupos, la discusión y reflexiones respecto a las preguntas orientadoras y los aspectos relevantes del texto leído.

Guía No. 03: La masa del aire

Objetivo: Reconocer que el empuje del aire se puede comparar con el peso de una masa de agua.

Preguntas orientadoras: ¿Se puede decir que así como el aire empuja también tiene masa?

Actividad preliminar

Realice la lectura y conteste las preguntas

Lectura: Las Balanzas

Las balanzas ⁵³

La balanza es un instrumento que mide la masa de una sustancia o cuerpo⁵⁴, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre dicha masa. La balanza tiene también otros nombres, entre los que destacan báscula y peso. Se debe tener en cuenta que el peso es la fuerza que el campo gravitacional terrestre ejerce sobre la masa de un cuerpo, siendo tal fuerza el producto de la masa por la aceleración de la gravedad [$F = m \times g$], que depende de factores como la latitud geográfica, la altura sobre el nivel del mar y la densidad de la tierra en el lugar donde se efectúa la medición. Dicha fuerza se mide en Newton.

¿Cuál es la diferencia entre masa y peso? ¿En un bulto de algodón, cómo se diferencia la masa de su peso?
¿En un cubo de hierro del mismo tamaño, cómo se diferencia la masa de su peso?

La balanza se utiliza para medir tanto la masa de una sustancia como el peso de la misma, ya que entre masa y peso existe una relación bien definida. En el laboratorio se utiliza la balanza para varios cometidos como: preparar mezclas de componentes en proporciones definidas; determinar densidades o pesos específicos y efectuar actividades de control de calidad con dispositivos como por ejemplo las pipetas.

¿Se puede utilizar la balanza para comparar las mismas masas en la luna?

Principios de funcionamiento

Las balanzas se diferencian entre sí por el diseño, los principios utilizados en su funcionamiento y la sensibilidad que poseen. En la actualidad podríamos considerar que existen dos grandes grupos: las balanzas mecánicas y las balanzas electrónicas.

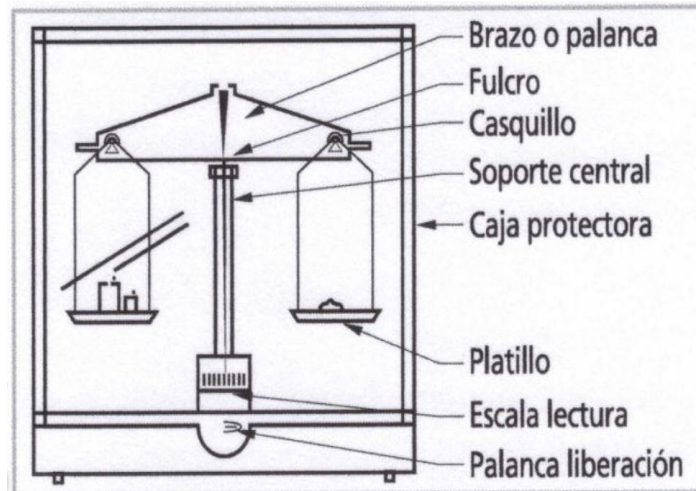
Balanza analítica. Funciona mediante la comparación de masas de peso conocido con la masa de una sustancia de peso desconocido. Está construida con base en una barra o palanca simétrica que se apoya

⁵³ Open Course Ware de la Universidad de Valencia, tomado de internet el 13 de octubre de 2013 <http://ocw.uv.es/ocw-formacio-permanent/9.BALANZAS.pdf>.

⁵⁴ Imagen de las Balanzas Antiguas fue tomadas de internet el 20 de octubre de 2013 de <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/22/Balance.jpg/298px-Balance.jpg>

Lectura: Las Balanzas

mediante un soporte tipo cuchilla en un punto central denominado fulcro.



Balanza Analítica

En sus 2 extremos existen unos estribos o casquillos que soportan cada uno un platillo mediante unas cuchillas que les permiten oscilar suavemente. En un platillo se colocan las pesas certificadas (que actúan como contrapesos) y en el otro la sustancia que es necesario analizar, de forma que obtendremos su peso exacto cuando el brazo se quede en perfecta posición horizontal.

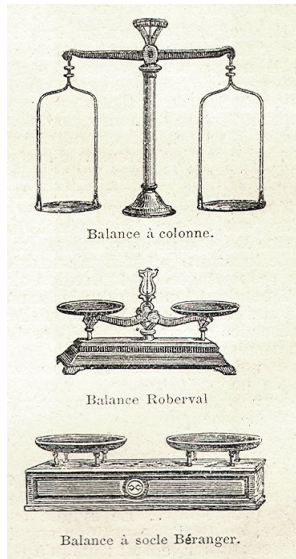
¿De qué forma la balanza permite determinar el valor de un peso desconocido?

Todo el conjunto dispone de un sistema de bloqueo que permite a la palanca principal reposar de forma estable cuando no se emplea o cuando se requieren modificar los contrapesos. Dispone de una caja externa que protege la balanza de las corrientes de aire que pudieran presentarse en el lugar donde se encuentra instalada. En la actualidad, se considera que una balanza analítica es aquella que puede pesar diezmilésimas de gramo (0,0001 g) o cienmilésimas de gramo (0,00001 g) pero como contrapartida tienen una capacidad de pesada (tara) que no suele superar los 200 gramos. Para utilizarlas se requiere disponer de un juego de pesas certificadas, el cual dispone de piezas con masas de diversa magnitud.

¿De qué forma las pesas certificadas permiten determinar el peso de una masa desconocida?

Lectura: Las Balanzas

¿Si se desea pesar aire, cómo se utilizaría este tipo de balanza?



Balanzas antiguas

Para esta actividad se requiere el generador eólico o generador de viento, para dosificar el caudal de aire según el número de personas soplando y un tubo de plástico transparente, polietileno de 4" de diámetro, que se construye recortando una tira de 3 metros de largo por 25 cm de ancho y se pega utilizando plancha eléctrica para dejar un ancho libre de 8 cm, que al expandirse será de 16 cm, valor aproximado para el perímetro de un tubo de 4".



Manguera de polietileno de 4" de diámetro, doblada en U

Actividad Experimental

Procedimiento:

El generador eólico viento se conecta a un extremo de un tubo en U que se ha llenado parcialmente de agua, de forma que, cuando se sopla, permite determinar la altura que sube una columna de agua por el lado destapado.

Verificar la altura que sube la columna de agua en cuando sopla uno, dos niños o tres niños.

Medir las alturas que varía el agua en cada caso y registrarlas en una tabla

Observar las variaciones que presenta el tubo plástico y describa lo sucedido

Preguntas de reflexión:

Contestar las siguientes preguntas argumentando las respuestas y haciendo gráficas que demuestren sus ideas:

- ¿Qué sucede con las paredes de la manguera? ¿En qué momento empieza el agua a cambiar su nivel?
- ¿Qué se observa con respecto al nivel del agua por el lado del soplador?
- ¿Qué se observa por el lado destapado de la manguera? Explique este hecho.
- ¿Cuándo soplan dos niños qué sucede con las alturas a lado y lado de la manguera?
- Organice en una tabla los cambios de altura con relación a número de estudiantes que soplan.
- ¿De qué forma se relaciona el número de estudiantes que soplan con la variación de la altura del agua?
- ¿De qué forma se puede determinar el peso del agua de las diferentes variaciones de altura?
- Explique la razón por la cual el nivel del agua varía en la manguera.
- ¿Si la manguera en U se asocia con un balancín en el que juegan niños, que características tienen los fenómenos que actúan en cada lado del balancín?
- ¿Cómo se podría asociar este hecho con el avance del barco de vela?

- Explique qué hace que el aire mueva el agua y el nivel alcanzado se pueda mantenga por un tiempo

Actividad de Cierre

Socializar las preguntas de la guía y presentar un informe final

Guía No. 04: Peso de Aire

Objetivo: Reconocer que el aire pesa y empuja el agua hacia abajo.

Preguntas orientadoras: ¿Se puede decir que el aire empuja o que tenemos algo que atrae el aire? ¿El aire tiene peso?

La visión de Aristotélica manifestaba que a causa del Horror Vacui obligaba al aire a llenar el vacío es decir que había una succión que atraía los líquidos a los lugares donde se pudiera presentar vacío, por lo cual era imposible su existencia. Sin embargo se presentaba una excepción y era que las bombas de succión de agua utilizadas en las minas sólo podían subirla hasta un máximo de diez metros, “la bomba usual producía un vacío. A Torricelli se le ocurrió que el agua no subía atraída por el vacío, sino que era empujada por la presión normal del aire. Después de todo el “vacío” de la bomba lo producía una baja de presión del aire, y el aire normal fuera de la bomba empujaba con más fuerza. El vacío no atrae nada.

Actividad preliminar

Reflexiona acerca de las preguntas orientadoras, hacer la lectura y contestar las preguntas de control.

Lectura: Invención del Barómetro
<p style="text-align: center;">Evangelista Torricelli. De la bomba de agua a la invención del barómetro*</p> <p>Si nos sentamos a ver las noticias, podremos escuchar al hombre del tiempo decir que hay una región de bajas presiones al norte de Baleares, y que se mantienen las altas presiones alrededor de las Azores o algo por el estilo. Sabemos que se está refiriendo a la presión atmosférica y que la presión atmosférica se mide con un barómetro. Cualquier escolar un poquito avisado nos dirá que el barómetro lo inventó Torricelli, y nos describirá su famoso experimento que, como es bien sabido, consiste en tomar un tubo de más o menos un metro de longitud, llenarlo de mercurio, taponarlo con el dedo e invertirlo sobre una cubeta de mercurio, observando que la columna se mantiene en el tubo hasta aproximadamente los tres cuartos del mismo.</p> <p>Sin embargo, lo que no resulta tan conocido es el hecho de que el famoso experimento de Torricelli tuvo</p>

* Pérez, Justo (2005). Evangelista Torricelli De la bomba de agua a la invención del barómetro, El Dia.es, Abril 16 de 2005, Editorial Alonso Rodríguez, Tenerife, tomado de <http://www.eldia.es/2005-04-16/vivir/vivir10.htm> el 1 de septiembre de 2013.

Lectura: Invención del Barómetro

que ver en su inicio no con un afán de medir la presión atmosférica, sino con un problema aparentemente mucho más cotidiano, como es el intento de elevación de agua de un pozo con la ayuda de una bomba.

Evangelista Torricelli nació en 1608 en Faenza ciudad del norte de Italia, cerca de Rávena, hoy famosa por sus cerámicas de loza fina. Educado en un colegio jesuita, continuó su formación de la mano de su tío Benedetto Castelli, enseñante de la Universidad de Roma. Torricelli fue desde muy joven admirador de Galileo Galilei (1564-1642), cuyos trabajos acerca de la teoría heliocéntrica había leído con detenimiento. Sin embargo su atención estuvo de inicio centrada en las matemáticas, cuyos trabajos reuniría posteriormente en 1644 en la obra Opera Geométrica, en cuya segunda parte, titulada "De motu gravium", aborda el problema, ya tratado por Galileo, del movimiento parabólico de los proyectiles. Impresionado por los primeros escritos de su discípulo y sobrino, Castelli le escribe a Galileo con el objeto de que éste tome a Torricelli como su asistente, lo cual tiene lugar finalmente en Octubre de 1641, si bien por un corto periodo de tiempo, ya que Galileo fallece en Enero de 1642. Torricelli, sin embargo, permanece en Florencia al servicio de Ferdinando II, Gran Duque de Tuscany, mostrando su habilidad como constructor de instrumentos y abordando numerosos problemas, como el referido inicialmente, hasta que la muerte lo sorprende en 1647 a la temprana edad de 39 años.

¿Cuál fue la relación entre Torricelli y Galileo?

Volviendo al problema al que nos referíamos al comienzo del artículo, hemos de señalar que el uso de bombas de mano para elevar el agua de los ríos y pozos ya comenzó a extenderse en las ciudades europeas del Renacimiento. El funcionamiento de las bombas en esta época era muy similar al usado hasta hace muy poco en algunas casas antiguas: un pistón ajustado a un cilindro metálico con un par de lengüetas de cuero que permitían o cerraban el paso del agua según el recorrido del mismo. Al subir el pistón, el agua acompañaba el recorrido de éste llenando el espacio vacío dejado por el pistón, según el principio enunciado por Aristóteles de que la naturaleza aborrece los espacios vacíos y la materia tiende a llenarlos inmediatamente.

¿De qué forma funcionan las bombas de mano?

¿Cuál era la explicación propuesta por Aristóteles del funcionamiento de las bombas de mano?

Galileo perfeccionó el funcionamiento de estas bombas, y ofrece la primera referencia escrita de la imposibilidad de elevar agua por medio de una bomba de succión de este tipo más de una decena de metros, un hecho que posiblemente era conocido desde hacía tiempo. Galileo da una explicación a este fenómeno interpretando que la columna de agua se quiebra bajo la acción de su propio peso, pero fue su discípulo, Evangelista Torricelli, quien se dispuso a experimentar para analizar este fenómeno.

¿Cuál fue la explicación propuesta por Galileo del funcionamiento de las bombas de mano?

Debido a que experimentar con una columna de más de diez metros de agua era poco práctico, Torricelli estimó que experimentando con un fluido más pesado la altura a la que se "quiebra" la columna debería ser proporcionalmente menor. Por tanto debido a que el mercurio es aproximadamente 14 veces más pesado que el agua, es de esperar que una columna de mercurio sólo pueda elevarse una fracción de 1/14 respecto de la de agua.

Para comprobarlo llenó un tubo de alrededor de un metro de longitud con mercurio, tapándolo con un dedo por su extremo abierto e invirtiéndolo en una cubeta del mismo líquido, observando que éste

Lectura: Invención del Barómetro

alcanzaba una altura más o menos fija en el mismo de aproximadamente 76 cm, quedando vacío el espacio superior.

Para demostrar que el espacio que quedaba en lo alto de la columna de mercurio estaba efectivamente vacío, Torricelli realizó otro experimento menos conocido que el primero, pero sin duda alguna tan o más interesante. Torricelli coloca mercurio en la cubeta hasta una cierta altura y a continuación, agua. Si introduce el tubo en el mercurio el resultado es el mismo que en el experimento anterior, produciéndose el célebre vacío torricelliano, pero al ir levantando suavemente el tubo y llegar su borde al nivel del agua, el mercurio cae repentinamente y el tubo se llena completamente de agua.

Además, Torricelli comprobó que la altura de su columna de mercurio no dependía de la altura del tubo empleado, ni de su forma, por lo que llega a la conclusión de que el agente que mantiene esta altura no es ningún tipo de horror de la naturaleza por el vacío, sino "el propio peso de la atmósfera que rodea la tierra".

"Yo proclamo que la fuerza que impide que el mercurio se caiga es externa y que esa fuerza proviene de fuera del tubo. Sobre la superficie del mercurio que permanece en la cubeta descansa el peso de una columna de cincuenta millas de aire"

¿Cuál fue la explicación propuesta por Torricelli del funcionamiento de las bombas de mano?

Los experimentos de Torricelli fueron conocidos pronto en Francia a través de su correspondencia con el religioso Marino Mersenne (1588-1688), quien mantuvo una extensa correspondencia con otros muchos investigadores de su país y del extranjero dando a conocer a unos los resultados de otros, y a través de él llegaron a conocimiento del matemático y filósofo francés Blaise Pascal (1623-1662) pero de éste ya hablaremos otro día.

Como homenaje a Torricelli, se denomina Torr a la unidad de presión (también denominada milímetro de mercurio) que es capaz de elevar un milímetro la columna barométrica diseñada por éste.

De las tres explicaciones propuestas, ¿cuál te parece más acertada y por qué razón?

Referencia

Pérez, Justo (2005). Evangelista Torricelli De la bomba de agua a la invención del barómetro, El Dia.es, Abril 16 de 2005, Editorial Alonso Rodríguez, Tenerife, tomado de <http://www.eldia.es/2005-04-16/vivir/vivir10.htm> el 1 de septiembre de 2013.

Actividad experimental

Para esta actividad se utilizará el generador de viento de viento, un tubo de plástico transparente de 2" doblado en forma de U y un tubo de PVC de 1 m.

Procedimiento:

Conecte el generador eólico o soplador en un extremo de la manguera en forma de U, coloque una cantidad de agua, aspire por el lado del generador de viento, describa lo que

observa, haga lo mismo con dos, tres y cuatro compañeros. Mida las alturas que varía el agua en cada caso y regístrelo en una tabla

Preguntas de reflexión:

Conteste las siguientes preguntas argumentando las respuestas y haciendo gráficas que demuestren sus ideas.

1. ¿Qué sucede con las paredes de la manguera? ¿En qué momento empieza el agua a cambiar su nivel?
2. ¿Qué se observa con respecto al nivel del agua por el lado del soplador?
3. ¿Si la manguera en U se asocia con un balancín en el que juegan niños, que características tienen los fenómenos que actúan en cada lado del balancín?
4. ¿Explique la razón por la que el nivel del agua baja por el lado destapado?
5. ¿Cómo se podría asociar este hecho con los tornados que levantan objetos?

Actividad de Cierre

Una vez terminadas las actividades experimentales:

1. Presente un informe de manera escrita donde incluya también las respuestas a las preguntas siguientes:

- ¿Explique la razón por la cual no nos comprimimos si el aire pesa?
- ¿Por qué un submarino después de cierta profundidad puede implotar?
- ¿Por qué razón podemos tomar gaseosa con pitillo?
- Elabore una explicación que vincule estas situaciones.

2. Socializar las explicaciones presentadas en el informe.

Guía No. 05: Peso del aire sostiene columna de agua (Vacío no hace fuerza)

Objetivo: Reconocer que la presión del aire mantiene erguida la columna de líquido del barómetro de agua.

Actividad preliminar

Reflexiona acerca de las preguntas orientadoras

Preguntas orientadoras:

¿Se puede decir que el aire empuja o que el vacío en la parte alta del barómetros de agua atrae el aire? ¿El aire ejerce presión en todas las direcciones?

A Torricelli se le ocurrió que el agua no subía atraída por el vacío, sino que era empujada por la presión normal del aire. Después de todo el “vacío” de la bomba lo producía una baja de presión del aire, y el aire normal fuera de la bomba empujaba con más fuerza. El vacío no atrae nada. Pascal asocia la presión hidrostática con la presión del aire y concluye enfáticamente que la naturaleza no le tiene horror al vacío

Capítulo primero:

Que la masa del aire tiene peso y por efectos de éste ejerce presión sobre todos los cuerpos que rodea*

Ya nadie discute en nuestros días que el aire sea pesado, pues bien sabido que un globo pesa más inflado que desinflado y ello basta para poder sacar tal conclusión: En efecto, si el aire fuese ligero, cuanto más metiéramos en un globo, más liviano sería éste pues el todo consistía de una única parte; ahora bien, puesto que sucede lo contrario y cuanto más aire se mete dentro, más pesa el todo, ha de concluirse que cada una de las partes en sí misma pesada y, en consecuencia, que el aire tiene peso. Quienes deseen pruebas más prolijas no han sido de buscarlas en los autores que se han ocupado expresamente del asunto.

Y se objeta que el aire en estado puro es liviano, pero el que nos rodea no es puro por estar mezclado con vapores y cuerpos groseros, debiendo su peso a estos cuerpos extraños, yo respondo en una palabra que no conozco tal aire puro y que probablemente sería difícil de hallar. En todo este discurso yo no hablaré sino del aire en el estado en que lo respiramos, sin preocuparse de si está compuesto o no; al que yo llamo aire y al que le atribuyo peso, cosa que me parece innegable y que constituye todo cuanto a continuación voy a necesitar.

¿Por qué motivo afirma Pascal, refutando a Aristóteles que no conoce el aire puro?

* Pascal, Blaise. *Tratados de Neumática*, Tratado del peso de la masa del aire. Editorial Alianza, Madrid, 1984 Pág. 135-138

Capítulo primero:

Que la masa del aire tiene peso y por efectos de éste ejerce presión sobre todos los cuerpos que rodea

Una vez establecido este principio, tan sólo me detendré a extraer algunas consecuencias:

Como quiera que cada parte del aire es pesada, también habrá de serlo toda la masa del aire, es decir toda la esfera del aire, y puesto que ésta no es infinita, sino que tiene límites, tan poco el peso de toda masa será infinito. ¿A qué se refiere Pascal con “toda la esfera de aire”?

De la misma manera que la masa del agua del mar ejerce cierta presión sobre la parte de tierra que se sirve de fondo y que si, en vez de cubrir solo una parte, rodease toda la tierra ejercería por efecto de su peso cierta presión sobre todas sus partes.

De la misma manera que el fondo de un cubo está sometido a una mayor presión por efecto del peso del agua cuando está completamente lleno que cuando sólo lo está hasta la mitad, aumentando la presión proporcionalmente a la altura del agua, así los lugares elevados, tales como las cumbres de las montañas, soportan una presión de la masa del aire menor que los lugares profundos, como pueda ser los valles que de las cumbres de las montañas, puesto que todo el aire que extiende a lo largo de la montaña pesa sobre el valle más no sobre la cumbre, estando como está por encima de aquél y por debajo de ésta. ¿Cuál es la diferencia entre peso del aire y masa del aire?

De la misma manera que todos los cuerpos sumergidos en el agua están sometidos por todas partes a la presión ejercida por el peso del agua que tiene encima, tal y como hemos demostrado en **el tratado del equilibrio de los líquidos**. Así los cuerpos que están rodeados por el aire están sometidos por todos lados a la presión ejercida por el peso de la masa del aire que tiene encima.

De la misma manera que los animales acuáticos no sienten el peso del agua, así- y por la misma razón- tan poco sentimos nosotros el peso del aire: al igual que no cabe concluir que el aire no tiene peso por el hecho de que éste no se sienta al estar sumergidos, así tampoco podemos concluir que el aire no pesa por el hecho de no sentirlo. Ya hemos señalado la causa que este fenómeno en el tratado del equilibrio de los líquidos. ¿Por qué razón explica Pascal que no sentimos el peso del aire?

De la misma manera que si se deja caer un montón de lana de una altura de 20 ó 30 toesas, su masa se comprime por efecto de su propio peso -siendo mayor la compresión de lo que estuviese abajo que la que estuviese en el centro o en la parte de arriba, puesto que soportaría la presión de una mayor cantidad de lana -, así la masa del aire, que es un cuerpo comprensible y pesado como la lana, también se comprime por efectos de su propio peso y el aire que está más abajo, es decir, en las regiones inferiores, está más comprimido que el de arriba, como es el caso de la cumbre de las montañas, dado que aquél soporta una mayor cantidad de aire.

De la misma manera que si en esta masa de lana tomamos un trozo de la que se encuentra en la parte más baja y se le transporta -manteniendo siempre la misma presión- al centro de aquélla, constataremos cómo se ensancha, ya que al estar más cerca de la parte superior tendría que soportar el peso de menor cantidad de lana. De igual modo, si por medio de cualquier procedimiento pudiera llevarse el aire que hay a nuestro alrededor, sin que varié su compresión, hasta la cumbre de una montaña, debería expandirse y adoptar el mismo estado que el que le rodeara en lo alto de esa montaña, ya que en ese lugar soportaría la presión de menos aire que aquí abajo. Por consiguiente, si se sube a una montaña un globo inflado solamente a medias (y no totalmente como es habitual), en la cima tendría que estar más inflado y debería expandirse a medida que soportara una presión menor, siendo visible la diferencia siempre que la cantidad de aire que hubiese a lo largo de la montaña, y de cuya presión se habría liberado, pesase lo bastante como para producir un efecto y una diferencia sensibles. ¿Cómo

Capítulo primero:

Que la masa del aire tiene peso y por efectos de éste ejerce presión sobre todos los cuerpos que rodea

se relaciona la explicación del montón de lana con la esfera de aire?

El vínculo entre estas consecuencias y su principio es tan necesario que es imposible que éste sea verdadero sin que lo sean también aquellas: y puesto que no cabe duda de que el aire que se extiende desde la superficie de la tierra hacia lo alto tiene peso, todo cuanto a partir de ahí hemos concluido es igualmente verdadero.

Pero, sea cual fuere la certeza de estas conclusiones, no creo que haya nadie –ni aun aceptándolas– que no se deseara ver esta última consecuencia confirmada por la experiencia, de la que pretenden tanto como el principio mismo; pues es evidente que si se viera que un globo con el que hemos imaginado se va inflando a medida que se eleva, no cabría ya ninguna duda de que este inflamiento tiene que deberse al hecho de que el aire del globo estaba más comprimido abajo que en lo alto, toda vez que ninguna otra cosa podría haber hecho que se inflara, desde el momento en que hace incluso más frío en las montañas que en los valles. Esta compresión del aire del globo no podrá tener más causa que el peso de la masa del aire, ya que se ha tomado ésta tal como estaba abajo, sin comprimir, e incluso con un el globo distendido a medio inflar: ello demuestra concluyentemente que el aire es pesado, que la masa de aire tiene peso, que en virtud de este ejerce cierta presión sobre cuantos cuerpos encierra, que la presión es mayor en los lugares bajos que en los altos, que se comprime por efectos de su propio peso y que esta compresión del aire es mayor en las regiones más bajas que en las altas.

Preguntas:

Cuando se suelta un globo inflado con helio al aire, al llegar a una altura determinada se explota. ¿Cómo puede relacionar este hecho con la lectura?

La molestia que se siente en los oídos cuando se viaja de un lugar de tierra fría a tierra caliente. Se puede atribuir con el aumento de presión al descender. ¿Por qué?

¿Por qué en el tiempo en que Pascal vivió, fue importante demostrar que el aire tiene peso y no en la época en que vivió Aristóteles, ni en la actual?

Actividad experimental

Materiales:

Manguera de plástico transparente de 1/2" por 11 m

Dos tapones de caucho

Un recipiente de dos a cinco litros.

Procedimiento:

Se llena la manguera de agua de tal forma que no queden burbujas, si taponan los dos extremos con los cauchos, se suspende la manguera de un cuarto o quinto piso, se coloca el extremo inferior entre el recipiente de cinco litros que tiene un litro de agua, se retira el tapón inferior y se observa el comportamiento de la columna de agua dentro de la manguera

Preguntas de reflexión:

Conteste las siguientes preguntas argumentando las respuestas y haciendo gráficas que demuestren sus ideas.

1. ¿Qué sucede con las paredes de la manguera? ¿En qué momento empieza el agua a cambiar su nivel?
2. ¿Qué se observa con respecto al nivel del agua?
3. ¿Qué se observa en la parte superior de la manguera?
4. ¿Explique la razón por la que el nivel del agua no varía?
5. ¿Qué sostiene la columna de agua?

<p>Las actividades experimentales permitieron establecer la siguiente relación Viento → Empuje del viento → Peso del aire → Presión</p>

Al hacer una exploración desde la historia antigua, se encuentra que el viento se ha presentado como masas de aire en movimiento, generando explicaciones de diversa índole, sin embargo el viento es parte de la experiencia diaria. Reflexionar sobre los efectos del viento nos permitirá tener una primera aproximación a dos propiedades que posee el aire, pero que por ser invisible y porque nos hallamos sumergidos en el son difíciles de apreciar, la masa del aire y el peso del aire.

Fenómenos como la respiración y las bombas de succión se explicaron sobre el concepto surgido de sentido común de que la naturaleza le tenía horror al vacío, de acuerdo a esa idea cuando los mamíferos aspiran producen una fuerza que atrae el aire desde el exterior hacia dentro de los pulmones, pero Torricelli, estableció los elementos que, sistematizados por Pascal, permitieron demostrar que tal horror no existe y que la explicación racional y científica, siendo relativamente simple, no es clara para el sentido común. El Peso del aire, cual mar en el cual estamos sumergidos, según palabras de Torricelli, es tal que siempre va de las regiones de alta presión a las regiones de baja presión.

Actividad de Cierre

Una vez terminadas las actividades experimentales:

1. Presente un informe de manera escrita donde incluya también las respuestas a las preguntas siguientes:

- ¿Explique la razón por la cual el aire ejerce presión?
- ¿Si se puede sostener la columna de agua, es posible sostener otras clases de líquidos?
- ¿Qué sucede si se retira el tapón del extremo superior de la manguera? ¿Explique el resultado?
- Elabore una explicación que vincule estas situaciones.

2. Socializar las explicaciones presentadas en el informe.

Módulo 2: Las propiedades que definen un gas

Presentación.

El presente módulo está organizado en 4 guías que permitirán construir explicaciones de las propiedades que definen un gas.

Guía No. 01 *La Elasticidad del aire*

Guía No. 02 *Relación Volumen Presión*

Guía No. 03 *Relación Volumen Temperatura*

Guía No. 04 *Relación Presión Temperatura.*

Cada guía esta organizada por actividades preliminares, preguntas orientadoras, actividades experimentales y actividades de cierre.

Aspecto	Descripción
Actividades preliminares	Despertar y delimitar el interés en el tema, definir los de materiales, proporcionar elementos de discusión a través de lecturas, que contienen preguntas de control, observación de videos y películas.
Preguntas orientadoras	Permiten indicar la ruta del fenómeno en estudio
Actividades Experimentales	Construcción de artefactos. Por interacción con el artefacto proveer de una experiencia sensible, para dar inicio a las primeras explicaciones, de acuerdo a las preguntas de orientación. El experimento permite a los estudiantes ampliar su experiencia a través de preguntas sobre el fenómeno. Manipulación del artefacto para identificar variables y jugar con ellas
Actividades de cierre	Construcción de explicaciones apoyada por actividades preliminares, preguntas orientadoras y el experimento. Socialización y discusión de las explicaciones en grupo Documento final que da cuenta del fenómeno y las explicaciones propuestas después de ser construidas en conjunto con el grupo. Se termina con preguntas de enlace para la siguiente actividad

Tabla 2: Organización del módulo propiedades que definen un gas

Introducción

Propiedades que caracterizan los gases

Chamizo* (1994, p 182) comenta que, “los parámetro fundamentales que caracterizan a los gases son: la temperatura, la presión y el volumen. Los tres están íntimamente relacionados. La forma en que se estudió la conexión entre ellos confirma una regla del método científico: para estudiar un *sistema* conviene mantener constantes la mayor cantidad de variables. De esta manera, las leyes de los gases se conocen con el nombre del descubridor quien mantuvo invariable uno de los tres parámetros gaseosos. Ley de Boyle, temperatura constante. Ley de Charles, presión constante. Ley de Gay Lussac, volumen constante. Estas leyes son válidas para los llamados gases ideales. Se dice que los gases a baja presión y a alta temperatura “se comportan idealmente”. Cuando estas condiciones no se satisfacen, los gases se desvían del comportamiento ideal”.

* Garrita, A. Chamizo J.A. (1994) Química, Addison Wesley Iberoamericana, Wilmington.

Guía 01: La Elasticidad del aire

Objetivo: Mostrar las propiedades elásticas del aire.

Actividades Preliminares: Lecturas sobre Dos nuevos experimentos de Boyle y responder las preguntas propuestas.

Preguntas orientadoras:

- ¿Es posible determinar las causas por las cuales se puede hacer variar el volumen de la jeringa?
- ¿Si se pueden determinar las causas, cuáles serían?
- ¿Se pueden controlar esas causas?

Dos nuevos Experimentos:

Los efectos del resorte del aire *

Dos nuevos experimentos relativos a la medida del resorte del aire comprimido y dilatado

La otra cosa que habría de señalar por lo que atañe a la hipótesis de nuestro adversario⁵⁵ es que resulta innecesaria. En efecto, puesto que no niega que el aire tenga cierto peso y resorte, sino que afirma que ello resulta muy insuficiente para llevar acabo asuntos tan importantes como contrapesar un cilindro de mercurio de (73,6 cm.), cosa que nosotros afirmamos que hace, habremos de esforzarnos ahora por poner de manifiesto mediante experimentos hechos expresamente al efecto que el resorte del aire es capaz de hacer mucho más de lo que precisamos atribuirle para resolver los fenómenos del experimento de Torricelli.

¿Cuándo se habla de el resorte del aire, a qué se refiere?

Tomamos pues un largo tubo de vidrio que con habilidad y la ayuda de una lámpara se curvó de tal modo por abajo que la parte doblada hacia arriba resultaba casi paralela al resto del tubo. Y una vez sellado herméticamente el orificio de este brazo más corto del sifón (si se me permite llamar así al instrumento en su conjunto), su longitud se divide en pulgadas (cada una de las cuales se subdividía en ocho partes) mediante

* Física, Química y filosofía mecánica de Robert Boyle escrito en 1660.

⁵⁵ Franciscus Linus, S. J., autor de un tractatus de corporum inseparabilitate (Londres, 1661), donde criticaba los new experiments Physico-Mechanicall, Touching the spring of air, Oxford, 1660, de R. Boyle. En la segunda edición de esta obra, new experiments Physico-Mechanicall, Touching the air. The second Edition. Whereunto is added a Defense of authours Explications of Experiments, Against the objections of Franciscus Linnus, And Thomas Hobbes, Oxford, 1662, explicita de sobre el título su objetivo y composición (la crítica de Hobbes aparece en sus diálogos physicus de natura aeris, Londres, 1661) La hipótesis de Linus recurriría a la existencia de un cordón de mercurio rarificado, el funiculum, que sostenía la columna mercurial en el experimento de Torricelli, con lo que se oponía a la hipótesis de la presión atmosférica. Siendo esta tracción lo contrario a la presión de Boyle, éste utiliza el experimento de del Puy-de-Dome como experimento crucial contra Linus .

Dos nuevos Experimentos:

Los efectos del resorte del aire

una tira de papel con dichas mediciones que se le había pegado cuidadosamente a lo largo de él. A continuación, echándole el mercurio necesario para llenar el arco o la parte doblada del sifón, de modo que el mercurio estuviese a nivel, alcanzando en un brazo hasta la parte inferior del papel con las divisiones y exactamente hasta la misma altura o línea horizontal en el otro, procuramos mediante frecuentes inclinaciones del tubo que el aire pudiese pasar libremente de un brazo a otro por los constados del mercurio; procuramos, digo, que el aire finalmente encerrado en el cilindro más corto fuese de la misma laxitud que el resto del aire, del entorno. Hecho esto, comenzamos a verter mercurio en el brazo más largo del sifón, el cual, al presionar con su peso sobre el que se hallaba sobre el brazo más corto, constreñía gradualmente el aire encerrado. Y continuando esto vertido de mercurio hasta que aire del brazo más corto se redujese por condensación a no ocupar más de la mitad del espacio que poseía antes (digo poseía, no llenaba), nos fijamos en el brazo de vidrio más largo que tenía también una tira de papel pegada, cuidadosamente dividida en pulgadas y fracciones, observando no sin deleite y satisfacción que el mercurio en esta parte más larga del tubo se hallaba 29 pulgadas más alto que en la otra⁵⁶. Quien tenga en cuenta nuestras enseñanzas, fácilmente discernirá de esta observación no solo concuerda muy bien, sino que también confirma nuestra hipótesis; Tanto Monsieur Paschal como los experimentos de nuestro amigo inglés demuestran que cuanto mayor es el peso que se apoya sobre el aire, más fuerte es su tendencia a la dilatación y consiguientemente su poder de resistencia⁵⁷ (a la manera en que otros resortes son más fuertes cuando se doblan con pesos mayores). Tomando esto en cuenta, se verá que recuerda extraordinariamente bien con la hipótesis, el aire que tiene el grado de densidad y la consiguiente medida de resistencia al que lo ha llevado el peso de la atmósfera que descansa sobre él, era capaz de equilibrar y resistir la presión de un cilindro de mercurio de unas 29 pulgadas, tal y como nos enseña el experimento de Torricelli, así el mismo aire puesto en un grado de densidad unas veces mayor que el que presentaba antes, adquiere un resorte dos veces más fuerte que antes⁵⁸. Tal se desprende del hecho de que sea capaz de sostener o resistir una columna de 29 pulgadas de mercurio, que equivale a ellas...

¿Según la lectura a que refiere cuando se dice la densidad del aire, ese concepto sigue aún vigente?

Y tomando nota cuidadosamente de hasta donde subía el mercurio en el tubo más largo cuando parecía haber ascendido hasta cualquiera de las divisiones del más corto, las diversas observaciones que se realizaron sucesivamente de este modo, tal como se establecieron, nos suministra el siguiente cuadro:

⁵⁶ El deleite deriva del observador y el cumplimento de su hipótesis sobre la relación directa entre elasticidad y densidad. Téngase en cuenta que antes de empezar a verter el mercurio, en el brazo largo, el aire encerrado posee la densidad a presión atmosférica, capaz de soportar un peso equivalente a 29 pulgadas de mercurio. Ahora al reducirse a la mitad, (doble densidad), soporta la presión atmosférica, (equivalente a 29 pulgadas de mercurio) más otras 29 pulgadas de mercurio real; esto es posee una elasticidad doble, que es lo que se pretende demostrar. En efecto en esta hipótesis experimento de Septiembre de 1661 establece una proporcionalidad directa entre el resorte del aire (resistencia a la compresión) y su densidad.

⁵⁷ En 1647, Pascal basándose en su experimento del vacío en el vacío., considera que el aire sufre una compresión proporcional a la presión ejercida sobre él.

⁵⁸ Boyle realizó estos experimentos junto a William Croune, comunicándolos a la Sociedad Real de Londres el 11 de Septiembre de 1661... las ventajas de este diseño experimental es que mide directamente y a la vez la presión y la densidad del aire.

Dos nuevos Experimentos:

Los efectos del resorte del aire

TABLA DE CONDENSACION DEL AIRE

A	A	B	C	D	E
48	12	00	Sumado 29 1/8	29 2/16	29 2/16
46	11 ½	01 7/16		30 9/16	30 6/16
44	11	02 13/16		31 15/16	31 12/16
42	10 ½	04 6/16		33 8/16	33 1/7
40	10 ½	06 3/16		35 5/16	35
38	10	07 14/16		37	36 15/19
36	9 ½	10 2/16		39 5/16	38 7/8
34	8 ½	12 8/16		41 10/16	41 2/17
32	8	15 1/16		44 3/16	43 11/16
30	7 ½	17 15/16		47 1/16	46 3/5
28	7	21 3/16		50 5/16	50
26	6 ½	25 3/16		54 5/16	53 10/3
24	6 ½	29 4/16		58 13/16	58 2/8
23	5 ¾	32 3/16		61 5/16	60 18/23
22	5 ½	34 15/16		64 1/16	63 6/11
21	5 ¼	37 15/16		67 1/16	66 4/7
20	5	41 3/16		70 11/16	70
19	4 ¾	45		74 2/16	73 11/19
18	4 ½	48 12/16		77 14/16	77 2/3
17	4 ¼	53 11/16		82 12/16	82 4/27
16	4	58 2/16	87 14/16	87 3/8	
15	3 ¾	63 15/16	93 1/16	93 1/5	
14	3 ½	71 15/16	100 7/16	99 6/7	

Dos nuevos Experimentos:

Los efectos del resorte del aire

TABLA DE CONDENSACION DEL AIRE

13	3 ½	78 15/16		107 13/16	107 7/13
12	3	88 7/16		117 9/16	116 4/8

AA. El número de espacios iguales del brazo más corto que contenía la misma cantidad de aire diversamente extendido⁵⁹

B. La altura del cilindro de mercurio del brazo más largo que comprimía el aire a esas dimensiones.

C. La altura del cilindro de mercurio que equilibraba la presión de la atmósfera⁶⁰

D. La suma de las dos últimas columnas, B y C, que muestra la presión soportada por el aire encerrado.

E. Cuál habría de ser esa presión según la hipótesis que supone que las presiones y expansiones son inversamente proporcionales⁶¹

¿Qué pretendía demostrar Boyle con el experimento?

¿Cuál es la importancia de la experimentación en los resultados obtenidos?

Actividad Experimental:

Materiales: 2 jeringa de 20 ml, Resina para obturar.

Procedimiento:

Obturar una jeringa, con el émbolo señalando un volumen de 10 ml y esperar que seque la resina, ((24 horas para que seque).

Actividad 1

Tome la jeringa obturada y empuje el émbolo hasta obtener un cuarto del volumen inicial, suelte el émbolo.

- ¿Describa el esfuerzo necesario para comprimir el aire dentro de la jeringa?

⁵⁹ Las columnas AA recogen las mediciones de dos experimentos en los que el aire se reduce a ¼ de su volumen original, de 48 a 12, y de 12 a 3 respectivamente.

⁶⁰ Como se ve, el valor del cuadro para esta columna contiene una errata; debería ser 29 1/8 pulgadas, que el valor que se suma en la columna D.

⁶¹ Esta formulación de la Ley de Boyle es posterior a Diciembre de 1661, una vez que Boyle conoció a través de Towneley la extensión de la ley de la compresión para el caso de la expansión que se recoge en un segundo experimento.

- ¿Una vez se suelta el émbolo, registre el valor al que se ubica nuevamente?

Actividad 2

Tome nuevamente la jeringa obturada extrae o hale el embolo hasta 17 ml, luego suelte el embolo.

- ¿Describa el esfuerzo necesario para expandir el aire dentro de la jeringa?
- ¿Una vez se suelta el émbolo, registre el valor al que se ubica nuevamente?

Actividad 3

Sumerja la jeringa obturada, entre agua con hielo, anote el nuevo volumen, empuje el émbolo hasta obtener un cuarto del volumen, del volumen inicial, soltar el émbolo.

- ¿Describa el esfuerzo necesario para comprimir el aire dentro de la jeringa?
- ¿Una vez se suelta el émbolo, registre el valor al que se ubica nuevamente?

Actividad 4

Sumerja la jeringa obturada, entre agua con hielo, anotar el nuevo volumen, empuje el émbolo hasta obtener un cuarto del volumen inicial, suelte el émbolo.

- ¿Describa el esfuerzo necesario para comprimir el aire dentro de la jeringa?
- ¿Una vez se suelta el émbolo, registre el valor al que se ubica nuevamente?

Actividad 5

Sumerja la jeringa obturada, entre agua caliente, anote el nuevo volumen, empuje el émbolo hasta obtener un cuarto del volumen del volumen inicial, suelte el émbolo.

- ¿Describa el esfuerzo necesario para comprimir el aire dentro de la jeringa?
- ¿Una vez se suelta el émbolo, registre el valor al que se ubica nuevamente?

Actividad 6

Sumerja la jeringa obturada, entre agua con hielo, anote el nuevo volumen, empuje el émbolo hasta obtener un cuarto del volumen del volumen inicial, suelte el émbolo.

- ¿Describa el esfuerzo necesario para comprimir el aire dentro de la jeringa?
- ¿Una vez se suelta el émbolo, registre el valor al que se ubica nuevamente?

Actividad 7

Para la jeringa sin obturar repetir las actividades 1 y 2.

- ¿Describa el esfuerzo necesario para comprimir o expandir el aire dentro de la jeringa?
- ¿Una vez se suelta el émbolo, registre el valor al que se ubica nuevamente?

Preguntas de reflexión:

- ¿Qué causas hacen que varíe el desplazamiento del émbolo?, dependiendo de las causas establecidas organice una tabla que muestre las variaciones del volumen de la jeringa por el movimiento del émbolo.

Actividad de cierre:

Elabore una cartelera que muestre la organización propuesta por ustedes.
Socialice los resultados encontrados y compararlos con los de los compañeros.

Elaborar informe sobre la actividad y sus resultados.

Guía 02: Relación Volumen Presión

En la actividad anterior se organizaron diversas situaciones en las que se presentaron compresión o expansión dentro de una jeringa que contiene aire, se identificaron como posibles causas de las variaciones del volumen la temperatura y la presión.

Las siguientes actividades experimentales permitirán explorar la expansión y la contracción de los gases dejando alguna de las variables fija, pueden ser temperatura, volumen o presión.

Para esta actividad se explora la situación en que se varían la presión y el volumen manteniendo fija la temperatura.

Objetivo: Establecer la relación entre las variaciones de presión y las variaciones de volumen.

Preguntas orientadoras:

- ¿Si se mantiene la temperatura constante, es posible determinar si hay alguna relación entre la variación de la presión y la variación del volumen?
- ¿Es posible encontrar el tipo de relación que existe entre la variación del volumen y la variación de la presión?
- ¿Se puede hacer una tabla y una gráfica que muestre esas relaciones?
- ¿Qué condición mantendremos constante?
- ¿Cómo se hace para mantenerla constante?
- ¿Qué otras variables podríamos variar?
- ¿Cómo se hace en compresión?, ¿Cómo se hace en tensión?

Actividades preliminares:

Lectura de Boyle

Dos nuevos experimentos:

Expansión espontánea del aire*

En el experimento pasado vimos la relación a la que llegó Boyle cuando el volumen de aire se

* Física, Química y filosofía mecánica de Robert Boyle escrito en 1660.

Dos nuevos experimentos:

Expansión espontánea del aire

reduce, ahora presentamos el experimento que permitió establecer la relación entre la presión cuando el aire se expande.

Si a lo que hemos señalado hasta aquí sobre la compresión del aire añadimos ahora algunas observaciones relativas a su expansión espontánea, se verá mejor hasta qué punto los fenómenos de estos experimentos mercuriales dependen de las diferentes medidas de la fuerza a contrarrestar con el resorte del aire según sus diversos grados de expansión o laxitud. Mas, antes de entrar en este tema reconoceré de buena gana que aún no había transformado en una hipótesis cierta estos ensayos míos relativos a la medida de la expansión del aire, el Sr. Richard Townley⁶², tuvo a bien informarme que, habiéndose convencido por la atenta lectura de mis experimentos físicos mecánicos de que el resorte del aire era la causa de ello, intentó (y deseo que otras personas ingeniosas sigan su ejemplo en tales intentos) aportar lo que yo había omitido en cuanto a someter a estimación exacta de qué manera el aire dilatado por sí mismo pierde su fuerza elástica según la medida de la dilatación⁶³.

Añadió que había comenzado a redactar lo que se le ocurría sobre esta cuestión en un breve discurso del que posteriormente me hizo el favor de mostrarme el comienzo, lo que me produjo una justa curiosidad de verlo terminado. Pero, puesto que ni sé ni (debido a la gran distancia que separa nuestros lugares de residencia) tengo ahora la oportunidad de averiguar si tendrá a bien adjuntar su discurso a nuestro apéndice, publicarlo por sí mismo o no publicarlo, y puesto que aún no ha dado que yo sepa con instrumento de vidrio adecuado para la confeccionar un cuadro preciso del decremento de la fuerza del aire dilatado, nuestro actual proyecto nos invita a presentar al lector lo que sigue, por lo que conté con la asistencia de la misma persona de quien señalaba en el capítulo anterior que había escrito algo sobre la rarefacción, y aquí debo mencionar en esta ocasión, pues tan pronto como me oyó hablar de las suposiciones del Sr. Townley acerca de la proposición en que el aire pierde su resorte con la dilatación me dijo que el año anterior (y no mucho después de la publicación de mi tratado de neumático) había realizado observaciones con el mismo fin, las cuales, reconocía, concordaban bastante con la teoría del Sr. Townley.

Asimismo, hacia la época, realizó algunos ensayos (como tuvo a bien comunicármelo su autor) ese noble virtuoso y eminente matemático, Lord Brouncker, de cuyas ulteriores investigaciones sobre el tema, si sus ocupaciones le permiten realizarlas, las personas inquisitivas pueden perfectamente esperar algo muy preciso.

¿A qué se refiere la dilatación del aire? ¿Cuál era la hipótesis que se quería demostrar con el

⁶² Richard Townley (1629-1707), filósofo natural cuyo catolicismo lo impulsó a vivir retiradamente. Realizó en 1660-1661 el experimento del H. Power sobre la relación de la presión del aire con el aumento del volumen. Sus Mercurial Experiments Made at Towley Hall in the Years 1660-1661, (Septiembre de 1661) no ha sobre vivido en ningún ejemplar aunque su contenido puede colegirse de lo aplicado por Power, no pasado desapercibidos gracias a Boyle.

⁶³ El 27 de Abril de 1661, Townley y Power experimentaron la elasticidad del aire expandido mediante el experimento de Torricelli con un tubo que contenía volúmenes iguales de aire y mercurio. La expansión del aire se media a distintas latitudes, ya que donde el vivía disponía de montes de conveniente altura (unos 600m). Este reconocimiento de Boyle indica que fue Richard Townley quien le sugiriera extender al aire dilatado la hipótesis formulada para el comprimido.

Dos nuevos experimentos:

Expansión espontánea del aire

experimento?

Para hacer más claro el experimento de la fuerza debilitada del aire expandido, no estará de más señalar algunos detalles relativos especialmente al modo de realizar el ensayo, el cual (por las razones últimamente mencionadas) hicimos sobre un par de escaleras ligeras y con una caja forrada de papel para recoger el mercurio que pudiera derramarse.

Y a la vista de que el uso de recipientes del tipo acostumbrado en el experimento de Torricelli exigirá una vasta cantidad de mercurio, solo disponible en pocos lugares empleamos un tubo de vidrio de unos seis pies (182,8 cm.) que, al estar sellado por uno de sus extremos, servía a nuestro propósito igual de bien que si hubiéramos podido realizar el experimento en una cuba o estanque de setenta pulgadas (177,8 cm.) de profundidad.

¿Cuál es la razón por la cual los experimentos se hacen con mercurio y no otra sustancia?

En el segundo lugar, dispusimos también de un tubo delgado de vidrio, aproximadamente del tamaño de una pluma de cisnes, abierto por ambos extremos, a lo largo de todo el cual se pegó una estrecha tira de papel dividida en pulgadas y medios cuartos.

En tercer lugar, habiendo introducido este tubo delgado en el mayor casi lleno de mercurio, el vidrio hizo que éste subiese hasta la parte superior del tubo mayor, y penetrando por el orificio del tubo, lo llenó hasta que el mercurio de dentro estuviese aproximadamente al mismo nivel que la superficie del mercurio exterior del tubo mayor,

En cuarto lugar, quedando según nuestras mejores estimaciones un poco más de una pulgada (2,54 cm) del tubo delgado por encima de la superficie del mercurio envasado, y por consiguiente no estando lleno de mercurio, el orificio que sobresalía se cerró cuidadosamente con lacre fundido, tras de lo cual dejamos al tubo solo un rato a fin de que el aire un tanto dilatado por el calor del lacre pudiese reducirse tras refrigeración a su densidad usual. Luego merced a la mencionada tira de papel, observamos si habíamos metido algo más o algo menos de una pulgada de aire. En cualquiera de ambos casos, nos complacíamos en rectificar el error mediante un pequeño agujero practicado (con un alfiler) en el lacre, cerrándolo luego de nuevo.

En quinto lugar, habiendo metido así exactamente una pulgada de aire, levantamos gradualmente el tubo delgado hasta que el aire se dilatase hasta una pulgada, una pulgada y media, dos pulgadas, etc., observando en pulgadas y octavos la longitud del cilindro mercurial que a cada grado de expansión de aire se veía se veía impelido por sobre la superficie del mercurio envasado en el tubo.

En sexto lugar, habiendo finalizado las observaciones realizadas rápidamente el experimento de Torricelli con el tubo grande se seis pies de largo arriba mencionado, a fin de averiguar la altura del cilindro de mercurio este día y hora concretos, altura que encontramos de $29 \frac{3}{4}$ pulgadas (75,5 cm).

En séptimo lugar, nuestras observaciones realizadas de esta manera nos suministraron el cuadro

Dos nuevos experimentos:

Expansión espontánea del aire

precedente, en el que probablemente no se hubiera hallado la diferencia aquí expuesta entre la fuerza del aire cuando se expande al doble de su dimensiones primitivas y lo que esa fuerza habría de ser exactamente según la teoría, de no ser porque la pulgada de aire encerrado aumentaba un poco durante el ensayo. En efecto, haciéndonos sospechar de esta diferencia recién mencionada, hallamos al volver a hundir el tubo en el mercurio encerrado había ganado cosa de medio octavo, lo que conjeturamos que derivaba de algunas pequeñas burbujas de aire del mercurio contenido en el tubo (tan fácil en estos delicados experimentos no alcanzar la exactitud). Lo ensayamos también con 12 pulgadas (30,5 cm.) de aire encerrado para dilatar; más viéndose entonces impedida la preocupación de dichos experimentos por cierto inoportunos imprevistos, estableceremos en otro lugar algunos otros cuadros precisos sobre este tema a partir de otras notas y ensayos (si Dios nos lo permite). Mediante ellos, quizá podamos resolver si la atmósfera debería considerarse (como ocurre usualmente) como una porción limitada y acostada del aire o si deberíamos, en un sentido más estricto que como hicimos antes, usar la atmósfera y la parte aérea del mundo casi equivalentes, o también deberíamos asignar a la palabra atmósfera otra idea relativa a su extensión y límites (pues, por lo que atañe a su resorte y peso, estos experimentos no lo cuestionan, sino que los ponen de manifiesto).

Más, como hemos dicho, deseamos dejar estos temas para nuestro apéndice, manteniendo hasta entonces nuestro modo usual de hablar del aire y la atmósfera. Entre tanto (volviendo a nuestros experimentos últimamente mencionados), al margen de que una discrepancia tan pequeña pueda atribuirse en gran parte a la dificultad de realizar con precisión experimentos de esta naturaleza, la mayor parte a cierta desigualdad en la cavidad del tubo o incluso al grosor del cristal, aparte de eso, digo, la proporción entre las diversas presiones del aire encerrado sin dilatar y expandido, especialmente cuando la dilatación era grande (pues cuando el aire solo aumentaba cuatro veces su primitiva extensión, el cilindro mercurial, aunque era casi de 23 pulgadas (58,4 cm.), no difería en un cuarto de pulgada de lo que habría de tener según la exactitud matemática), la proporción, digo, era lo bastante aceptable según lo que sería de esperar como para permitirnos hacer la siguiente reflexión, tomando todo esto en cuenta. Rija o no exactamente la teoría expuesta (pues acerca de ello, como dije más arriba, no oso determinar nada con firmeza hasta haber examinado más la cuestión), puesto cuando se aisló originalmente la pulgada de aire no cerró con otra presión que aquella que poseía por el peso del aire que descansaba sobre ella, no estando más comprimida que el resto del aire que respiramos y en que nos movemos, y puesto que además esta pulgada de aire, una vez expandida al doble de sus primitivas dimensiones, era capaz de equilibrar el peso de la atmósfera con la ayuda de un cilindro mercurial de unas 15 pulgadas (38,1 cm.), cilindro que el peso exterior del aire externo gravitando sobre el mercurio almacenado era capaz de hacer subir en el tubo, sosteniéndolo, cuando el aire interno, merced a su gran expansión, tenía su resorte demasiado debilitado como para ofrecer ninguna resistencia considerable porque aún no estaba tan debilitado como para no ofrecer ninguna), puesto que, digo, estas cosas son así, el aire libre de aquí abajo parece estar casi tan fuertemente comprimido por el peso del aire que descansa sobre él como lo estaría por el peso de un cilindro mercurial de veintiocho o treinta pulgadas (71,12 ó 72,6 cm.), y en consecuencia no se halla en estado de laxitud y libertad como el que la gente se imagina, actuando como un agente mecánico, el decrecimiento de cuya fuerza mantiene con el aumento de dimensión una proporción más estricta de lo que hasta ahora se sabía.

¿Cuáles fueron las dificultades técnicas del experimento?

¿Cuál fue la explicación de Boyle a la hipótesis?

Dos nuevos experimentos:

Expansión espontánea del aire

Construcción del artefacto de variación de volumen de aire.

Para la siguiente clase traer los siguientes materiales:

La jeringa obturada, utilizada en la guía anterior.

2 Poleas de 2 cm de diámetro

1 Cuerda de 1 m

1 botella de 2 litros

1 Soporte que permita la interacción entre las botellas y el embolo de la jeringa, bien sea en expansión o en compresión.

Actividad Experimental:

Colocar sobre el émbolo la botella se puede llenar con agua poco a poco.

- ¿Cuándo se agrega agua a la botella, estamos aumentando el peso, qué sucede con el volumen de aire dentro de la jeringa?
- Hacer una tabla en la que se indique el peso sobre el émbolo y el volumen obtenido.
- ¿Se puede relacionar la variación del peso, por ende de la presión, con la variación de del volumen?
- ¿En compresión cómo se relacionan?
- ¿En expansión cómo se relacionan?
- ¿Se puede hacer una sola en la que se relacionen las variaciones de peso con las variaciones de volumen en expansión y en compresión?
- ¿Qué se puede concluir?

Actividad de cierre:

Buscar información acerca de cómo funcionan los frenos de aire. ¿Cómo se relacionan las actividades anteriores con lo visto en la jeringa cuando se mantiene la temperatura y se hacen variar la temperatura y la presión volumen?

Elaborar una cartelera que muestre la organización propuesta y la gráfica elaborada por ustedes.

Socializar los resultados encontrados y compararlos con los de los compañeros.

Elaborar un informe sobre la actividad y sus resultados.

Guía 03: Relación Volumen Temperatura

En la actividad anterior se exploró el comportamiento del aire dentro de la jeringa cuando se varían el volumen y la presión manteniendo constante la temperatura.

Para esta actividad se explora la situación en que se varían la temperatura y el volumen manteniendo fija la presión.

Objetivo: Establecer la relación entre las variaciones de temperatura y las variaciones de volumen.

Preguntas orientadoras:

- ¿Si se mantiene la presión constante, es posible determinar si hay alguna relación entre la variación de la temperatura y la variación del volumen?
- ¿Es posible encontrar el tipo de relación que existe entre la variación del volumen y la variación de la temperatura?
- ¿Se puede hacer una tabla y una gráfica que muestre esas relaciones?
- ¿Qué condición mantendremos constante?
- ¿Cómo se hace para mantenerla constante?
- ¿Que podríamos variar?
- ¿Cómo se hace en compresión?, ¿Cómo se hace en expansión?

Actividades preliminares:

Lectura de los termómetros.

El Termoscopio *

El Termoscopio

En la fotografía se observa una copia del instrumento para medir el calor y el frío inventado por Galileo durante su estancia en Padua. Vincenzo Viviani, en su Vita di Galileo [Vida de Galileo], establece que el termoscopio fue diseñado por Galileo en 1597. Esto es confirmado por Benedetto Castelli en su carta de 20 de septiembre de 1638 a Ferdinando Cesarini, en el que describe el uso del instrumento. El termoscopio consiste en un bulbo de cristal de gran tamaño con un largo cuello. Se calienta el bulbo con las manos y se sumerge la boca del cuello en un recipiente lleno de agua. Cuando se retiran las manos, el agua sube por el cuello. El experimento sirvió para demostrar que los cambios en la temperatura del aire ocasionaban

* Cartes, M. Jorquera, N. O'Brien J. (2001) *Termometría*, tomado de <http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts%20Docencia/Seminario%20de%20Aut/trabajos/2001/Automatizaci%C3%B3n/Historia.htm>

El Termoscopio

cambios en el volumen del aire contenido.

¿Cuál es el fenómeno que muestra el termoscopio?



Termoscopio de Galileo

Termoscopio tomado del catálogo del Museo Galileo el 13 de octubre de 2013 de <http://catalogo.museogalileo.it/oggetto/Termoscopio.html>

LOS TERMOSCOPIOS DE AIRE

Algunos efectos de la dilatación de los sólidos y de los líquidos habían sido observados desde la Antigüedad y la expansión térmica del aire y del vapor de agua se había aplicado al funcionamiento de ingeniosos instrumentos utilizados muy a menudo como autómatas.

¿A qué se refiere el término dilatación?

En este sentido Filón de Bizancio (siglos III-II antes de Cristo) y Herón de Alejandría (siglo I antes de

El Termoscopio

Cristo) describieron en sus Pneumáticos una especie de termoscopios que permitían evidenciar el acaloramiento o enfriamiento del aire contenido en un balón. Sin embargo, parece que en esta ocasión no se hizo ningún intento de localización de temperatura; en efecto, aunque Filón estaba influenciado por el mecanicismo Demócrito a través de Estratón, se refiere explícitamente a la teoría aristotélica de las cualidades.

La publicación por Commandino en 1575 de una traducción latina de los Pneumáticos de Héron volvió a poner de moda estos instrumentos en el momento en que los principios de la Física aristotélica empezaban a ser seriamente criticados. Por otra parte, es un símbolo el que sea Galileo quien parece haber sido el primero que redescubrió el termoscopio (hacia 1592): uno de los escasos textos de Galileo que se refieren explícitamente a este instrumento condena la distinción aristotélica entre lo frío y lo caliente considerados en tanto que cualidades fundamentales.

Las sustancias se dilatan con el calor y se contraen con el frío. Galileo fue quien intentó por primera vez aprovechar tal hecho para observar los cambios de temperatura. En 1603 invirtió un tubo de aire caliente sobre una vasija de agua. Cuando el aire en el tubo se enfrió hasta igualar la temperatura de la habitación dejó subir el agua por el tubo, y de este modo consiguió Galileo su «termómetro» (del griego *thermes* y *metron*, «medida del calor»). Cuando variaba la temperatura del aposento cambiaba también el nivel de agua en el tubo. Si se caldeaba la habitación, el aire en el tubo se dilataba y empujaba el agua hacia abajo; si se la enfriaba, el aire se contraía y el nivel del agua ascendía. La única dificultad fue que aquella vasija de agua donde se había insertado el tubo, estaba abierta al aire libre y la presión de éste era variable. Ello producía ascensos y descensos de la superficie líquida, es decir, variaciones ajenas a la temperatura que alteraban los resultados.

¿Todas las sustancias se dilatan de la misma forma?

Partidario entusiasta de los métodos cuantitativos en las ciencias biológicas, Santorio fue uno de los primeros que utilizó una escala termométrica (antes de 1612). Ésta, definida por sus puntos extremos (la temperatura de la nieve y la de la llama de una vela), tenía una graduación uniforme con subdivisión decimal. Utilizando este instrumento para estimar la temperatura humana con fines médicos, Santorio destruyó la antigua creencia según la cual el cuerpo humano está más frío por la noche que por el día. Otros termoscopios inspirados en modelos de Filón, Herón o Santorio fueron descritos en esta época por numerosos autores: C. Drebbel (hacia 1600), Francis Bacon (1620), J. Leurechon (1624), R. Fludd (1638), A. Kircher (1641), O. de Guericke (1672).

Pero el termoscopio de aire -al que Leurechon dio equivocadamente el nombre de termómetro- era sólo un instrumento de localización poco fiel y sensible tanto a las variaciones de la presión atmosférica como a las de la temperatura. La gravedad de este último defecto revelada por las primeras observaciones barométricas fue señalada por Pascal en 1648 y luego por Boyle en 1662.

El termoscopio de aire, condenado en esta forma demasiado sumaria, tenía que contar entonces ya con la competencia de los termómetros de líquido.

¿Cuáles serán las diferencias entre el termoscopio y los termómetros actuales?

Se utiliza el artefacto de variación de volumen de aire.

Actividad Experimental:

¿Qué sucederá con la elasticidad del gas si se varia la temperatura del embolo?

Se mantiene un peso constante sobre el émbolo durante todo el proceso, luego se coloca un recipiente con hielo en el cual se introduce el embolo, y se observa la variación del volumen, posteriormente se introduce el émbolo en agua a temperatura ambiente, en agua tibia y en agua caliente y se observa la variación del volumen en cada ocasión.

¿Cuándo se aumenta la temperatura del baño en que se sumerge el embolo, estamos aumentando la cantidad de calor, qué sucede con el volumen de aire dentro de la jeringa?

Hacer una tabla en la que se indique la temperatura sobre el embolo y el volumen obtenido.

¿Se puede relacionar la variación de la temperatura con la variación de del volumen?

¿En compresión cómo se relacionan?

¿En expansión cómo se relacionan?

¿Se puede hacer una sola en la que se relacionen las variaciones de peso con las variaciones de volumen en expansión y en compresión?

¿Qué se puede concluir?

Actividad de cierre:

Buscar información acerca del origen de los globos aerostáticos, ¿qué pasa con una bomba de caucho inflada que se colocan en hielo, después en agua a temperatura ambiente, luego en agua tibia y por último en agua caliente, un ping pong deformado colocarlo en agua caliente?. ¿Cómo se relacionan las actividades anteriores con lo visto en la jeringa cuando se mantiene la presión constante y se hacen variar la temperatura y el volumen?

Elaborar una cartelera que muestre la organización propuesta y la gráfica elaborada por ustedes.

Socializar los resultados encontrados y compararlos con los de los compañeros.

Elaborar un informe sobre la actividad y sus resultados.

Guía 04: Relación Presión Temperatura.

En la actividad anterior se exploró el comportamiento del aire dentro de la jeringa cuando se varían el volumen y la presión manteniendo constante la temperatura.

Para esta actividad se explora la situación en que se varían la temperatura y la presión manteniendo fijo el volumen.

Objetivo: Establecer la relación entre las variaciones de temperatura y las variaciones de presión.

Preguntas orientadoras:

- ¿Si se mantiene el volumen constante, es posible determinar si hay alguna relación entre la variación de la temperatura y la variación de la presión?
- ¿Es posible encontrar el tipo de relación que existe entre la variación de la presión y la variación de la temperatura?
- ¿Se puede hacer una tabla y una gráfica que muestre esas relaciones?
- ¿Qué condición mantendremos constante?
- ¿Cómo se hace para mantenerla constante?
- ¿Que podríamos variar?
- ¿Cómo se hace en compresión?, ¿Cómo se hace en expansión?

Actividades preliminares:

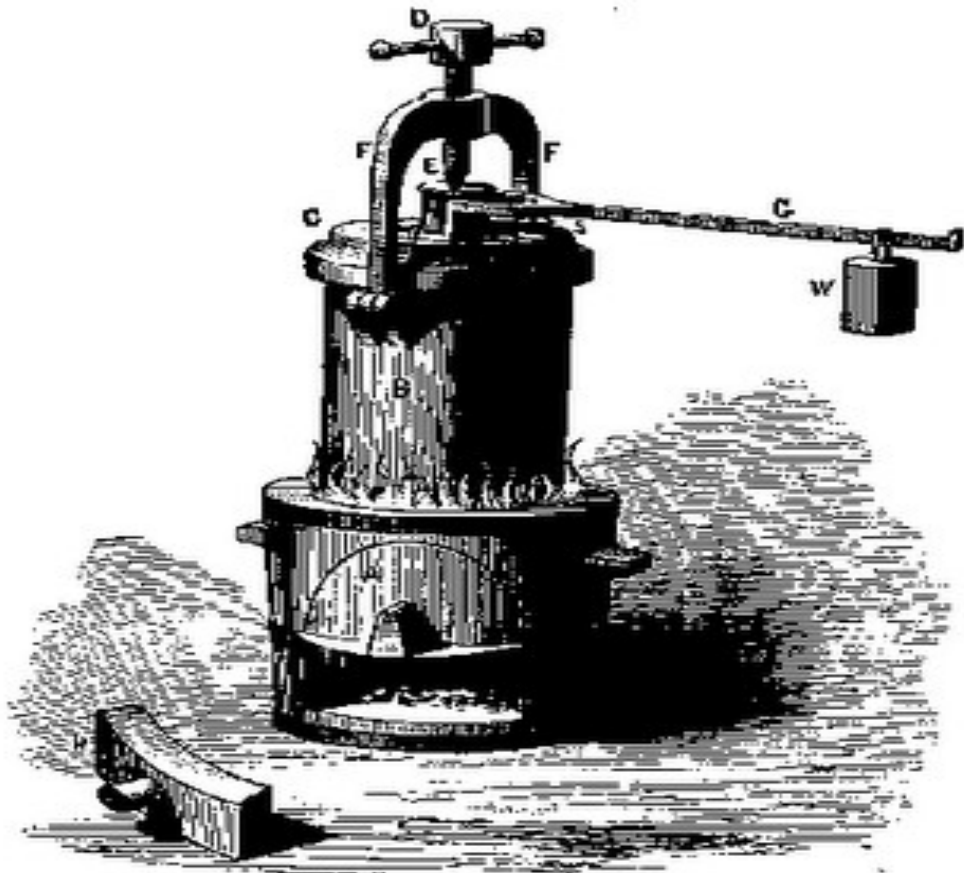
Denis Papin, el inventor de la primera olla a presión *

Papin Durante su estancia en Inglaterra, desarrolló la primera olla a presión, un recipiente (B), hecho normalmente de latón, que se cerraba mediante una tapadera (C) y un tornillo (D) roscado en un soporte (F). El agua hervía en una pequeña caldera (A) en la parte inferior del aparato y el vapor se acumulaba en el interior del recipiente generando una elevada presión. El aparato contaba además con una válvula de seguridad (E), que se ajustaba mediante un peso (W) y la acción de una palanca (G), para evitar que la olla explotase en el caso de que la presión del vapor aumentara demasiado.

¿Por qué razón podría explotar una olla de vapor a presión?

* Martín,D. (2012), Denis Papin, el inventor de la olla a presión, tomado de internet el 9 de octubre de 2013 de <http://laaventuradelaciencia.blogspot.com/2012/02/denis-papin-el-inventor-de-la-olla.html>

Denis Papin, el inventor de la primera olla a presión



Digestor de Papin

A medida que se calentaba el agua en la caldera, el vapor atrapado en la olla elevaba la temperatura de cocción a más de 100°C, por encima incluso de la temperatura de ebullición del agua. Este vapor muy caliente cocinaba la comida mucho más rápido que los métodos usados en la época, y hasta los huesos se ablandaban.

Papin presentó su invento en un libro publicado en 1681 y cuyo título lo dice todo: *A new digester or engine for softning bones containing the description of its make and use in these particulars: cookery, voyages at sea, confectionary, making of drinks, Chymistry and Dying, with an account of the price a good big engine will cost, and the profit it will afford.* O sea, Un nuevo digestor o máquina para ablandar huesos conteniendo la descripción de su fabricación y uso en estos particulares: cocina, viajes por mar, confitería, fabricación de bebidas, química y tintorería, con un cálculo del precio que

Denis Papin, el inventor de la primera olla a presión

una máquina buena y grande puede llegar a costar y el beneficio que se puede obtener.

Papin en su libro describe como es la olla e indica cómo debe utilizarse de forma segura, lo que incluye saber la presión a la que está sometido el recipiente y el calor en su interior. Luego realiza una serie de experimentos con alimentos de todo tipo, desde distintos tipos de carne y pescados, y describe sus resultados. Todos ellos se pueden considerar como verdaderas recetas de cocina, algunas de ellas muy útiles para la época. Por ejemplo, en los viajes por mar no se llevaba carne a bordo porque se ponía en mal estado; Papin demuestra que su invento puede cocinar gelatina a partir de huesos secos de animales como vaca o cordero, lo que podría ser un buen sustituto de la carne en las largas travesías marítimas. El digestor de Papin también sirve para cocinar platos de repostería e incluso fabricar bebidas como vino o zumos. Por último, Papin explora las posibilidades del digestor para otros experimentos más científicos, como su acción sobre determinados tintes y en cuerpos duros como el ámbar o el marfil.

En 1682, Papin hizo una demostración de su invento cocinando en él una comida para los miembros de la Royal Society⁶⁴ y para Carlos II, rey de Inglaterra, amante de la ciencia y que había ayudado a fundar dicha sociedad. Entre los presentes estaba John Evelyn, célebre escritor y horticultor, que registró lo siguiente en su diario:

"12 de abril de 1682. Fui esta tarde con varios de los miembros de la Royal Society a una cena en la que todo fue cocinado, tanto la carne como el pescado, en los digestores de Monsieur Papin, en los cuales los huesos más duros de la carne de vaca y la carne de cordero se hacen tan suaves como el queso, sin agua u otro licor, y con menos de ocho onzas de carbón, produciendo una cantidad increíble de salsa; y para finalizar, hizo de los huesos de carne de vaca una jalea, la mejor en cuanto a claridad y buen gusto, y la más deliciosa que yo había visto o probado jamás. Comimos el lucio y sus espinas, y todo sin impedimento; pero nada superó a las palomas, que sabían justo como si se hubiesen horneado en una tarta, todas ellas guisadas en su propio jugo sin añadir nada de agua...."

A pesar de lo contento que salió John Evelyn de la comida comentó, la olla de Papin no prosperó. Se dice que él mismo lo ofreció al rey Carlos II para su uso en hospitales, pero al parecer la oferta fue rechazada. Es posible que su uso no estuviese perfeccionado todavía, y que fuese difícil controlar la presión de vapor de la olla, a pesar de la válvula de seguridad, con los riesgos que ello conllevaba. Tampoco estoy muy convencido de la robustez del recipiente, y hasta qué punto era capaz de soportar las altas presiones en su interior, sin que se rajase el molde después de varios usos.

Lo cierto es que el digestor de Papin no pasó de ser un estudio científico más, aunque sentó las bases para la cocina a presión y convirtió a su inventor en un pionero de la gastronomía científica en el siglo XVII. Tendrían que pasar más de dos siglos para que se inventase la olla a presión moderna tal y como la conocemos hoy.

¿Porqué son diferentes el digestor de Papin y la Olla express actual? Justifique su respuesta.

⁶⁴ The Royal Society es una asociación que agrupa los científicos más importantes Inglaterra (con sede en Londres). Papin, allí conoció a Robert Boyle, uno de los fundadores de esta, quien le propuso quedarse y colaborar con él. Papin nació en Blois. Después de estudiar medicina, se trasladó a París en 1673, donde ejerció de ayudante del físico holandés Christian Huygens. Fue entonces cuando Papin empezó a estudiar la posibilidad de aprovechar la energía producida por el vapor de agua a presión.

Denis Papin, el inventor de la primera olla a presión

¿Cuál es el principio por el cual la olla express cocina más rápido los alimentos que una olla normal?

¿Por qué motivo se tapan las ollas para que el agua hierva mas rápido?

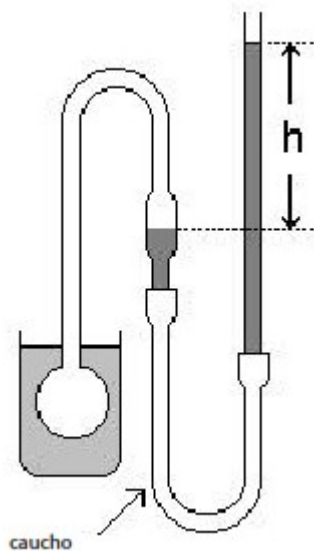
Amontons⁶⁵ y el problema de la presión en los gases*

En 1687 confeccionó un higrómetro, instrumento utilizado para medir la humedad del aire. En 1688 inventó el primer modelo de un termómetro de aire, cerrado, en el cual la temperatura era medida no por la dilatación del aire, sino por la variación de la presión ejercida por él mismo. En 1695 perfeccionó el barómetro y en 1702, como resultado de sus estudios sobre la relación entre la temperatura, la presión y el volumen en los gases, vendría a construir el primer termómetro de aire preciso de que se tiene noticia: un instrumento que utilizaba las variaciones de la presión sufridas por una cierta masa de aire, mantenida a volumen constante. El instrumento consistía de un tubo en forma de U en el cual el volumen del aire era mantenido constante, mientras su presión, representada por la altura de la columna de mercurio confinado en tal tubo, se hacía variar y se medía para diferentes temperaturas, con el objetivo de establecer las comparaciones correspondientes. En una segunda versión de su instrumento, Amontons mantuvo la presión constante haciendo que la temperatura fuese medida por las variaciones en el volumen del aire aprisionado en aquel aparejo. El termómetro de Amontons fue, de este modo, el precursor de los modernos termómetros de hidrógeno, aparecidos en el siglo XIX. En el termómetro de Amontons, el mercurio era usado apenas como un indicador del volumen del gas y no como una sustancia termométrica.

El principio de funcionamiento del termómetro moderno de gas se asemeja al termómetro de Amontons a volumen constante, estando basado, de este modo, en la medida de la presión del gas calentado, en vez de la medida de su volumen.

⁶⁵ Amontons es un científico casi nunca citado en las aulas y en los libros didácticos, aunque haya dado a la ciencia importantes contribuciones. Se debe a él, por ejemplo, entre otras cosas, el descubrimiento, también en 1699, de la hoy tan utilizada ley de rozamiento: la afirmación de que la fuerza de rozamiento entre cuerpos rígidos es independiente del área de las superficies en contacto y de que su valor es proporcional a la fuerza normal entre esas superficies (Daitith, Mitchell & Tootil, 1983; Fontenelle, 1705). Sordo desde la infancia, Amontons se divertía con la construcción de aparejos científicos.

* Medeiros, A. López, C. (2003) Amontons y la construcción de la idea de la existencia de un cero absoluto. Educación Química 14, julio de 2003.



Representado esquemáticamente en la figura, se puede notar que cuando la temperatura aumenta, el gas sufre una dilatación y empuja para abajo el mercurio en el ramo izquierdo. Elevándose el ramo derecho del el gas retorne a su volumen original y de este modo la diferencia de altura entre los niveles de mercurio en las dos ramas del tubo nos ofrecen una medida de la temperatura. En la práctica, el establecimiento de una escala de temperatura basada en el termómetro de gas posibilita que todos los otros termómetros puedan ser graduados tomando como patrón el termómetro de gas.

Como una consecuencia de sus investigaciones de 1699, Amontons expresó, en sus propias palabras, que “masas de aire desiguales, sujetas a pesos iguales, aumentan igualmente las fuerzas de sus resortes para grados de calor iguales”. Amontons se refería al “aumento en la fuerza de los resortes del aire”.

¿Qué significado podríamos, actualmente, atribuir a esa expresión?

Se utiliza el artefacto de variación de volumen de aire.

Actividad Experimental:

- ¿Qué sucederá con la elasticidad del gas si se varia la temperatura y se mantiene fijo el volumen del embolo?

Para mantener constante el volumen del embolo a lo largo del proceso, se coloca en el baño a la temperatura que se quiere estudiar, se espera que se expanda o contraiga, cuando alcance un volumen estable se agrega o extrae líquido de la botella que mantiene

peso sobre el embolo hasta llegar al volumen inicial, y se observa la variación de la presión en cada ocasión.

- ¿Cuándo se aumenta la temperatura del baño en que se sumerge el embolo, estamos aumentando la cantidad de calor, qué sucede con el volumen de aire dentro de la jeringa? ¿Después de volver al volumen original qué sucede con la masa que ejerce presión o expansión?

Hacer una tabla en la que se indique la temperatura sobre el embolo y la presión obtenida.

- ¿Se puede relacionar la variación de la temperatura con la variación de la presión?
- ¿En compresión cómo se relacionan?
- ¿En expansión cómo se relacionan?
- ¿Se puede hacer una sola en la que se relacionen las variaciones de peso con las variaciones de volumen en expansión y en compresión?
- ¿Qué se puede concluir?

Actividad de cierre:

Buscar información acerca de Termómetro de gas y la olla de presión actual .
¿Cómo se relacionan las actividades anteriores con lo visto en la jeringa cuando se mantiene el volumen constante y se hacen variar la temperatura y la presión?

¿Por qué razón se cocinan los alimentos más rápido en la olla exprés?

¿Por qué se deben mantener las ollas tapadas, si queremos cocinar los alimentos más rápido?

Elaborar una cartelera que muestre la organización propuesta y la grafica elaborada por ustedes.

Socializar los resultados encontrados y compararlos con los de los compañeros.

Elaborar un informe sobre la actividad y sus resultados.