



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**Propuesta para el Aprendizaje Significativo de la Física**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**QUÍMICA FARMACÉUTICA BIÓLOGA**

**PRESENTA**

**LUCERO LÓPEZ GUTIÉRREZ**

**MÉXICO, D.F.**

**2014**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:**       **Profesor:** Román Tejeda Castillo

**VOCAL:**               **Profesor:** Filiberto Rivera Torres

**SECRETARIO:**       **Profesora:** Grisel Ramírez Manzanares

**1er. SUPLENTE:**     **Profesor:** Raúl Ortega Zempoalteca

**2° SUPLENTE:**       **Profesora:** Wendi Olga López Yépez

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM**

**ASESOR DEL TEMA:**

**M.E.S. Román Tejeda Castillo**

**SUSTENTANTE:**

**Lucero López Gutiérrez**

*“Si tuviera que reducir toda la Psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje, es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente”*

***David Ausubel***

## Índice

	<b>Página</b>
<b>Índice de Tablas, Gráficos y Figuras</b>	<u>v</u>
<b>Resumen</b>	<u>vii</u>
<b>Capítulo 1</b>	
<i>Introducción</i>	<u>1</u>
<b>Capítulo 2</b>	
<i>Las teorías educativas</i>	<u>14</u>
<b>Capítulo 3</b>	
<i>Rumbo a la elaboración de la propuesta de enseñanza</i>	<u>26</u>
<b>Capítulo 4</b>	
<i>Ejecución de la propuesta de enseñanza</i>	<u>42</u>
<b>Capítulo 5</b>	
<i>Conclusiones</i>	<u>87</u>
<i>Recomendaciones Finales</i>	<u>89</u>
<b>Referencias</b>	<u>91</u>
<b>Anexos</b>	<u>95</u>

## Índice de Tablas, Gráficos y Figuras

<b>Índice de Tablas</b>	<b>Página</b>
Tabla 1.1 Calificaciones obtenidas por los alumnos inscritos en la asignatura de Física I durante los períodos 2006-2013.	<u>4</u>
Tabla 1.2 Calificaciones obtenidas por los alumnos inscritos en la asignatura de Física II durante los períodos 2006-2013.	<u>6</u>
Tabla 1.3 Muestra el promedio obtenido por generación de alumnos en el examen departamental de los períodos 2009-2013.	<u>8</u>
Tabla 1.4 Muestra el promedio obtenido por generación de alumnos en el examen departamental de los períodos 2010-2, 2011-2, 2012-1 y 2012-2.	<u>8</u>
Tabla 3.1 Muestra la información obtenida del cuestionario aplicado a 248 alumnos.	<u>27</u>
<b>Índice de Gráficos y Figuras</b>	<b>Página</b>
Gráfico 1.1 Muestra el número de alumnos que han ingresado a la Facultad de Química a partir del año 2006.	<u>3</u>
Gráfico 1.2 Comparación de alumnos acreditados contra alumnos no acreditados en la asignatura de Física I durante los períodos 2006-2013.	<u>5</u>
Gráfico 1.3 Porcentaje de alumnos no acreditados en la asignatura de Física I durante los períodos 2006-2013.	<u>5</u>
Gráfico 1.4 Comparación de alumnos acreditados contra alumnos no acreditados en la asignatura de Física II durante los períodos 2006-2013.	<u>7</u>
Gráfico 1.5 Porcentaje de alumnos no acreditados en la asignatura de Física II durante los períodos 2006-2013.	<u>7</u>
Gráfico 3.1 Principales causas por las que los estudiantes de la Facultad de Química consideran que reprueban las asignaturas de Física.	<u>28</u>
Gráfico 3.2 Muestra el porcentaje de alumnos que mencionó la asistencia a asesorías como plan para acreditar las asignaturas de Física.	<u>29</u>
Figura 4.1 Representación del dibujo elaborado por los alumnos.	<u>44</u>

Figura 4.2 Diagrama de cuerpo libre para el hombre cuando el elevador asciende con aceleración constante de $3.0 \text{ m/s}^2$ .	<u>48</u>
Figura 4.3 Triángulo equilátero.	<u>63</u>
Figura 4.4 Ejemplifica la situación del problema.	<u>65</u>
Figura 4.5 Muestra la fuerza que ejercen las partículas cargadas 1 y 2 sobre la partícula cargada 3.	<u>68</u>
Figura 4.6 Muestra la posición inicial (A) y la posición Final (B) que tendrá la partícula $q_3$ .	<u>72</u>
Figura 4.7 Representación de un plano normal.	<u>80</u>
Figura 4.8 Esquematiza los datos del problema.	<u>80</u>
Figura 4.9 Fuerzas ejercidas sobre la carga de prueba ( $q_3$ ).	<u>81</u>

## Resumen

Los altos índices de reprobación en las asignaturas correspondientes al tronco común de la Facultad de Química, son un problema ingente, por lo cual, el propósito de esta tesis fue diseñar y ensayar una propuesta de enseñanza que incidiera en un mejor aprendizaje de la Física, coadyuvando a un mejor desempeño de los estudiantes en los semestres iniciales de su carrera.

La elaboración de la propuesta, incluyó la determinación de las causas principales por las que los estudiantes fallan en los cursos de Física I y Física II y la revisión y adecuación de las teorías educativas que se ajustan de mejor manera, tanto a los Planes y Programas de Estudios, como a los estudiantes de la Facultad de Química de la U.N.A.M.

La propuesta de enseñanza consistió en aplicar la teoría del aprendizaje significativo, descrita por Ausubel, durante sesiones personalizadas de asesorías, como estrategia para aprobar con éxito el curso de Física.

Al ensayar la propuesta de enseñanza con los alumnos participantes, no se encontró una diferencia notable entre los logros de aprendizaje obtenidos durante los cursos y/o asesorías tradicionales y la aplicación de la propuesta de enseñanza, sin embargo, los alumnos que asistieron con regularidad a las sesiones de asesorías personalizadas, lograron una comprensión mayor en las asignaturas relacionadas con la Física, ya que fueron capaces de asociar y conectar de manera eficiente, los conceptos aprendidos en la Física, con la vida cotidiana.



## **Capítulo 1**

### ***Introducción***

La escuela no es ajena a nada de cuanto ocurre en su entorno. La escuela tradicional en la que se transmitía el conocimiento de manera arbitraria y literal ha perdido fuerza, y muchos pedagogos del nuevo milenio aseguran que ese tipo de escuela en pleno siglo XXI es un anacronismo. La escuela ha dejado de ser la simple transmisora del conocimiento, servidora fiel de sistemas y modelos preestablecidos, para convertirse en un espacio abierto, dinámico y dinamizador al servicio de la formación del estudiante.

La escuela busca su definición como espacio para los procesos de enseñanza – aprendizaje, centrándose en la interacción didáctica que se produce entre docente y alumno y que tiene por objetivo la adquisición de aprendizajes significativos. El educando aprende en la medida en que es capaz de construir significados; y el profesor enseña en la medida en que es capaz de conseguir que los contenidos, a través de las propuestas de aprendizaje situadas en el ámbito de la experiencia de los estudiantes y convertidas en retos capaces de suscitar respuestas personales, adquieran dimensión significativa.

El aprendizaje significativo, como proceso, presupone tanto que el estudiante adopte una actitud de aprendizaje significativa, como que el contenido que aprende sea potencialmente significativo para él, es decir que sea enlazable con ideas de anclaje previas en su estructura cognitiva.

La presente tesis es una contribución a la promoción de aprendizajes significativos en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. En este escrito se muestra el desarrollo y ejecución de una propuesta de enseñanza que tiene como objetivo brindar solución al problema ingente de los altos índices de reprobación en las asignaturas de Física.

Con este ensayo se desea contribuir en la mejora del proceso de enseñanza aprendizaje que se realiza en las aulas de clases de la Facultad de Química de la U.N.A.M, promoviendo que los estudiantes que participen en este programa, adquieran aprendizajes significativos y de esa manera, se coadyuva a formar individuos con valores, criterios y actitudes positivas.

### **Formulación del Problema**

Una regla, no escrita, que se le da al profesor que inicia su vida académica es: “No puede usted culpar a los estudiantes, de las fallas en el proceso”, “El éxito o el fracaso de un curso, descansa prioritariamente en su trabajo, en su accionar”. Estas directrices causan claras molestias a los profesores inexpertos, quienes observan, “con claridad diáfana”, que los estudiantes no se esfuerzan por aprender o por comprender, que ni siquiera intentan realizar “las tareas” o que, en el desarrollo de las sesiones en el aula, se resisten a participar, se distraen con cualquier evento y, pese a estar cursando una licenciatura, su comportamiento es infantil. Casi de manera generalizada, en su formación, aplican la “ley del menor esfuerzo”.

El comportamiento, aparentemente inexplicable, de los estudiantes de la Facultad de Química, no puede obedecer a causas triviales, seguramente tiene sus raíces en problemas sociales profundos, que pueden provenir de muy diversas fuentes, entre las cuales, a vuela pluma, se pueden citar:

El sistema nacional de educación.

La desigualdad social.

La organización política.

La familia.

Las religiones.

Y un largo etcétera.

En esta tesis, no se pretende generalizar, es claro que un conocimiento profundo que explique las actitudes de los estudiantes, que ahonde en su pensamiento, no se puede lograr ni en poco tiempo, ni de manera fácil, es un conocimiento que tomará mucho tiempo, que demandará mucho esfuerzo por parte, no de un docente sino de los Colegios en general. Para un mejor conocimiento del tema, se presentan, a continuación, algunos datos estadísticos.

El ingreso a la Facultad de Química, desde el año 2006 (año en que se empezó a seguir el plan de estudios vigente) y hasta la fecha, es como sigue:

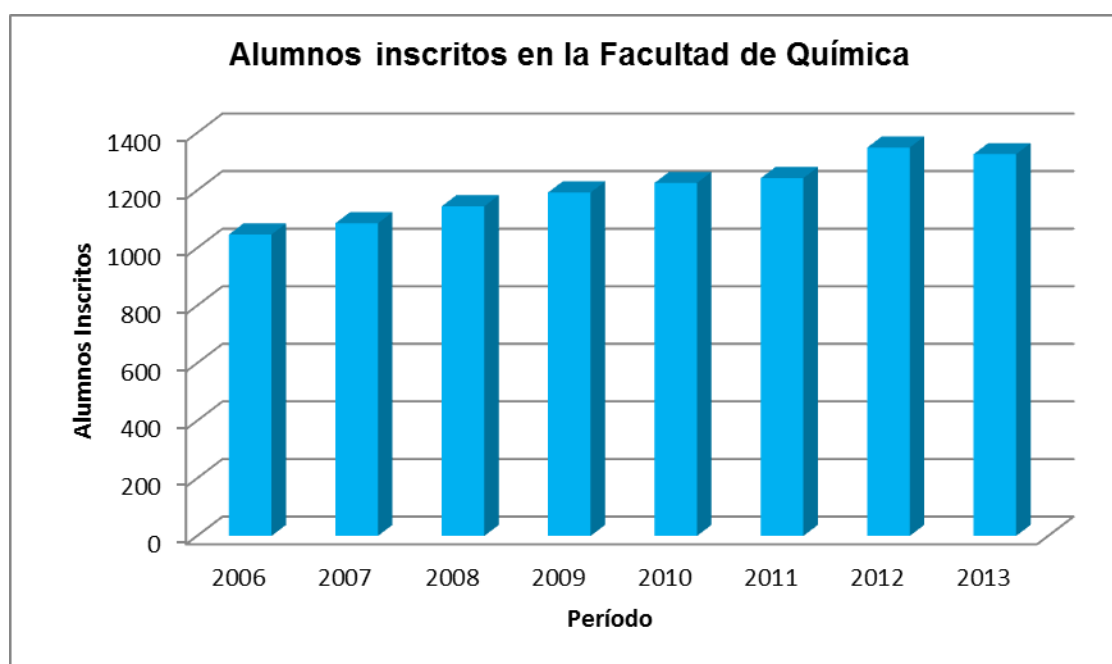


Gráfico 1.1 Muestra el número de alumnos que han ingresado a la Facultad de Química a partir del año 2006.  
\*Fuente: Departamento de Servicios Escolares de la Facultad de Química.

Como puede observarse en el Gráfico 1.1, la Facultad de Química de la UNAM, ha incrementado de manera constante, la oferta de plazas para estudiantes, que para el período que se informa, representa un aumento del 27%.

Sería deseable que lo anterior reflejara también, un incremento en el número de egresados, con formación sólida, en alguna de las 5 Carreras impartidas en la Facultad de Química, sin embargo, la realidad es muy diferente, debido a que a lo largo de su trayectoria académica, los alumnos cursan algunas

asignaturas de manera deficiente, por lo cual no pueden seguir con su avance de créditos y peor aún, no adquieren los conocimientos necesarios para su crecimiento profesional.

Existen muchas asignaturas que presentan un alto índice de reprobación entre las cuales destacan las asignaturas Física I y Física II.

Para evidenciar lo anterior, a continuación se muestran algunas tablas con los resultados de evaluación en las asignaturas Física I (Clave 1113) y Física II (Clave 1209), asignaturas obligatorias para los cinco programas de estudio de las carreras que ofrece la Facultad de Química de la UNAM:

### Física I (1113)

**Tabla 1.1 Calificaciones obtenidas por los alumnos inscritos en la asignatura de Física I durante los períodos 2006-2013.**

Período	Calificación Final 10	Calificación Final 9	Calificación Final 8	Calificación Final 7	Calificación Final 6	Calificación Final 5	No Presentó	# de Alumnos acreditados	# de Alumnos no acreditados	Total de Alumnos inscritos	Alumnos no aprobados (%)
2006-1	144	120	145	127	130	254	127	666	381	1047	36.4
2006-2	3	13	26	33	42	104	46	117	150	267	56.2
2007-1	25	67	136	114	155	448	141	497	589	1086	54.2
2007-2	5	18	43	68	76	153	97	210	250	460	54.3
2008-1	60	73	108	154	190	431	129	585	560	1145	48.9
2008-2	20	20	74	93	77	108	89	284	197	481	40.9
2009-1	91	97	133	152	158	426	136	631	562	1193	47.1
2009-2	21	40	81	77	89	81	90	308	171	479	35.7
2010-1	81	85	157	147	126	457	173	596	630	1226	51.4
2010-2	16	38	54	111	99	102	129	318	231	549	42.1
2011-1	87	124	182	183	138	365	164	714	529	1243	42.6
2011-2	14	23	48	53	79	120	106	217	226	443	51.0
2012-1	80	114	177	182	205	426	165	758	591	1349	43.8
2012-2	6	19	55	92	97	117	117	269	234	503	46.5
2013-1	96	108	183	173	211	420	135	771	555	1326	41.9

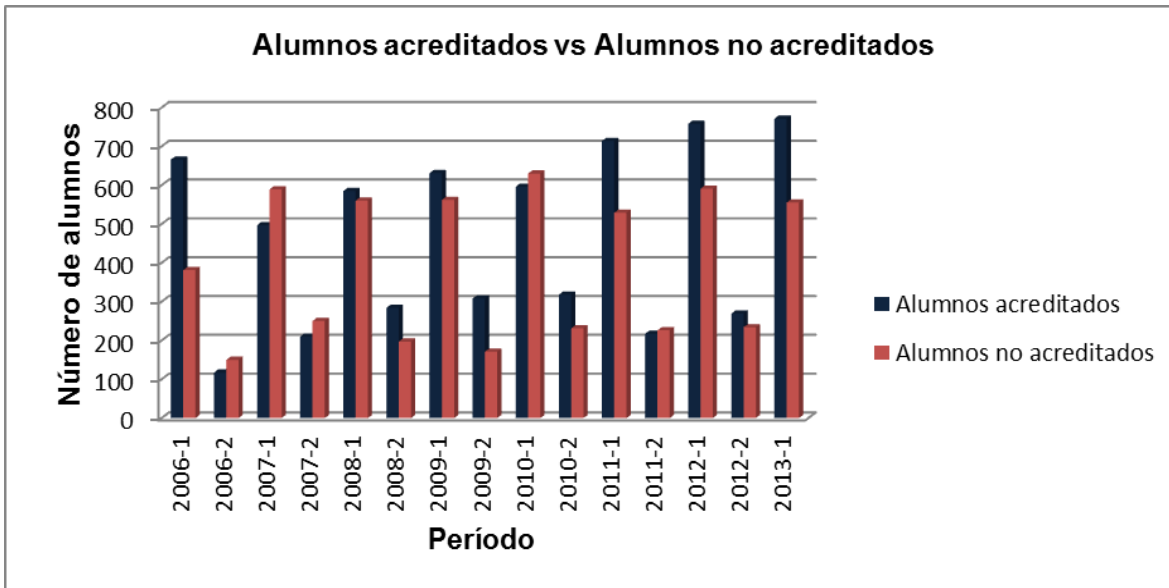


Gráfico 1.2 Comparación de alumnos acreditados contra alumnos no acreditados en la asignatura de Física I durante los periodos 2006-2013.

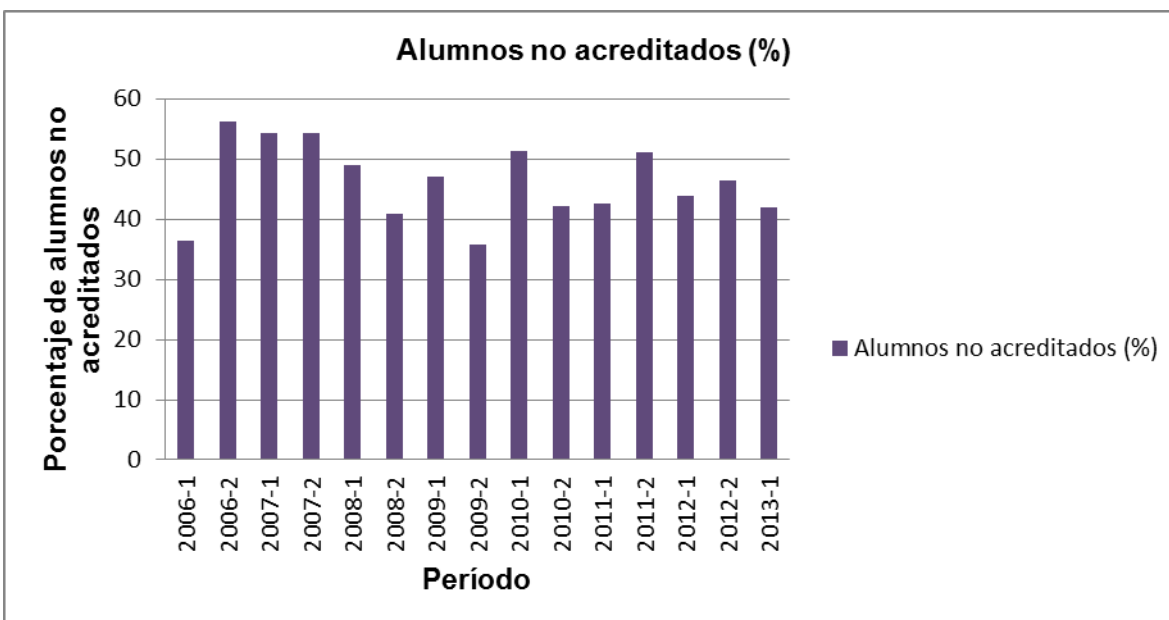


Gráfico 1.3 Porcentaje de alumnos no acreditados en la asignatura de Física I durante los periodos 2006-2013.

Las calificaciones finales que se presentan en la Tabla 1.1, son las evaluaciones normativas, finales, propias de cada profesor, cabe mencionar que en la asignatura Física I, las calificaciones señaladas en los periodos o semestres impares, corresponden a las obtenidas por los alumnos de nuevo ingreso y que

las calificaciones señaladas en los períodos pares corresponden a las alcanzadas por los alumnos, que por alguna razón, recursaron la asignatura. La evaluación normativa que se realiza para medir el aprovechamiento de los alumnos en cada período, es generalmente la misma y como puede observarse, el porcentaje de alumnos no aprobados en el curso, ya sea de semestre par o impar, se encuentra entre el 40% y 50 % (Gráfico 1.3).

## Física II (1209)

**Tabla 1.2 Calificaciones obtenidas por los alumnos inscritos en la asignatura de Física II durante los períodos 2006-2013.**

Período	Calificación Final 10	Calificación Final 9	Calificación Final 8	Calificación Final 7	Calificación Final 6	Calificación Final 5	No Presentó	# de Alumnos acreditados	# de Alumnos no acreditados	Total de alumnos inscritos	Alumnos no aprobados (%)
2006-2	46	53	99	105	97	176	82	400	258	658	39.2
2007-1	15	14	40	73	45	60	91	187	151	338	44.6
2007-2	58	70	97	81	130	115	146	436	261	697	37.4
2008-1	12	18	58	72	62	98	133	222	231	453	50.9
2008-2	47	60	105	120	132	207	142	464	349	813	42.9
2009-1	26	24	69	78	72	87	153	269	240	509	47.1
2009-2	107	81	152	101	102	189	181	543	370	913	40.5
2010-1	13	39	105	76	75	99	190	308	289	597	48.4
2010-2	91	89	148	134	78	195	196	540	391	931	41.9
2011-1	22	26	95	139	103	89	118	385	207	592	34.9
2011-2	58	77	129	154	144	210	154	562	364	926	39.3
2012-1	17	24	57	103	102	107	156	303	263	566	46.5
2012-2	32	71	143	184	131	250	173	561	423	984	42.9
2013-1	10	15	58	91	128	119	170	302	289	591	48.9

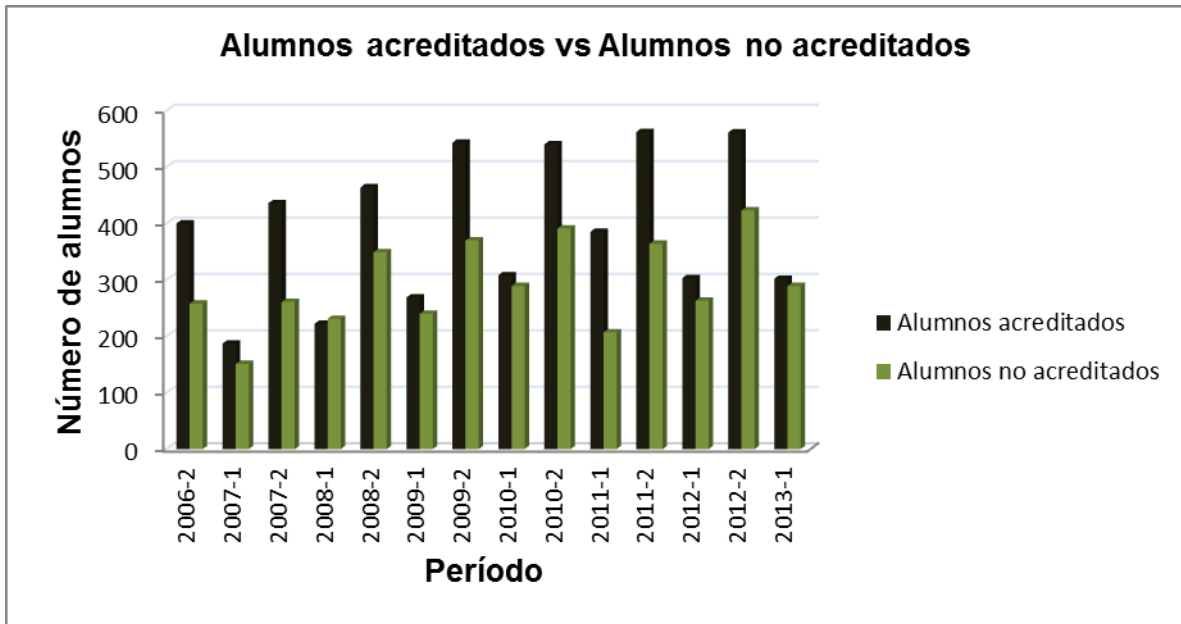


Gráfico 1.4 Comparación de alumnos acreditados contra alumnos no acreditados en la asignatura de Física II durante los periodos 2006-2013.

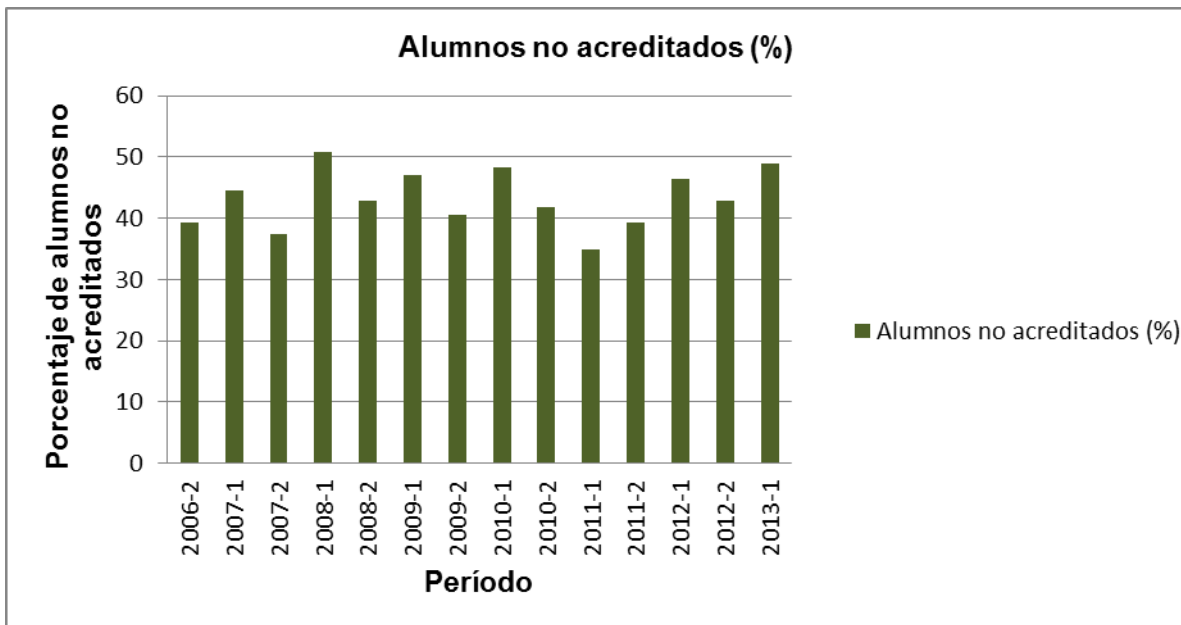


Gráfico 1.5 Porcentaje de alumnos no acreditados en la asignatura de Física II durante los periodos 2006-2013.

En el caso de la asignatura Física II (Tabla 1.2), las calificaciones informadas en los semestres pares, generalmente corresponden a las obtenidas por los alumnos que aprobaron la asignatura de Física I el semestre anterior, mientras que en los semestres impares, las calificaciones señaladas,

generalmente, fueron obtenidas por alumnos que recurieron la asignatura Física I y por ello inscribieron Física II en semestre impar o bien porque recurieron la asignatura Física II. El porcentaje de alumnos no aprobados en la asignatura Física II, también se encuentra entre el 40 % y 50 % (Gráfico 1.5). Nótese que la calificación final con la que la mayoría de los alumnos logra acreditar la asignatura Física II se encuentra entre 6 y 7.

La libertad de cátedra, es un concepto y una práctica valorada y respetada en la Universidad Nacional Autónoma de México; debido a ello, no ha sido fácil el establecimiento y ejecución de los “Exámenes Departamentales”, sin embargo, se ha logrado consenso en diferentes Academias. Debido a estas características, se tienen aun resultados cuya valoración no es homogénea. A continuación se presentan resultados que son relevantes a esta tesis, pero que habrán de tomarse con las reservas del caso:

### Física I (1113)

Tabla 1.3 Muestra el promedio obtenido por generación de alumnos en el examen departamental de los períodos 2009-2013.

Período	Alumnos que aprobaron el examen departamental	Alumnos que no aprobaron el examen departamental	Promedio por generación de alumnos
2009-1	126	979	3.8
2009-2	136	1023	3.4
2010-1	136	1022	3.4
2010-2	47	402	3.4
2011-1	106	995	4.0
2011-2	55	419	3.5
2012-2	37	335	3.7
2013-1	112	986	3.3

### Física II (1209)

Tabla 1.4 Muestra el promedio obtenido por generación de alumnos en el examen departamental de los períodos 2010-2, 2011-2, 2012-1 y 2012-2.

Período	Alumnos que aprobaron el examen departamental	Alumnos que no aprobaron el examen departamental	Promedio por generación de alumnos
2010-2	77	763	3.4
2011-2	51	531	4.0
2012-1	47	438	4.1
2012-2	63	723	3.4



Es notable la diferencia de resultados obtenidos en la aplicación de los exámenes departamentales y lo que se consigna en la evaluación normativa final realizada por los profesores (los datos que aquí se informan, son tomados de las actas oficiales de los exámenes ordinarios).

Como puede observarse en las tablas anteriores, un alto porcentaje de alumnos, cursa de manera deficiente las asignaturas Física I y Física II. Muchos alumnos obtienen una baja calificación, reprueban o abandonan el curso, esta última situación es evidenciada al observar el alto número de alumnos a los cuales se les asigna N.P. Estos alumnos, se inscriben a las asignaturas, pero dejan de asistir a las clases y por lo tanto no presentan los exámenes. Lo anterior puede ser una muestra de que existe un grave problema en el proceso enseñanza-aprendizaje, mismo que les impide continuar exitosamente con su desarrollo académico o incluso los lleva a desertar del programa.

Sobre la base de lo anteriormente descrito, se formuló la hipótesis de trabajo:

Diseñar y ensayar una propuesta de enseñanza-aprendizaje de la Física, basada en la Teoría del Aprendizaje Significativo, descrita por Ausubel y favoreciendo, en las sesiones de asesorías personalizadas, la adquisición y retención del conocimiento significativo en los estudiantes de la Facultad de Química, que participen en este programa, llevará tanto a un abatimiento de los índices de reprobación, como a la modificación positiva de las actitudes de los estudiantes.

### **Justificación**

El proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, no es eficiente, los resultados que se obtienen en la actualidad, no son los deseados pues no reflejan que los estudiantes hayan logrado adquirir los conocimientos necesarios para su desarrollo profesional. Los problemas con los que se enfrenta el proceso son

muchos y muy variados, los altos índices de reprobación, de las asignaturas de Física, correspondientes al tronco común de la Facultad de Química, son un problema ingente, que se manifiesta, en su expresión más visible, en los pobres resultados que logran los estudiantes y que se perciben a través de la reprobación, deserción y falta de interés.

Es oportuno incidir de manera favorable en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, por ello, como ya se ha mencionado, el propósito de esta tesis es diseñar y ensayar una propuesta de enseñanza-aprendizaje, que se traduzca en un mejor aprendizaje de la Física, coadyuvando a lograr un desempeño más eficiente de los estudiantes, en los semestres iniciales de su carrera para propiciar una mejor formación profesional de los mismos.

La elaboración de la propuesta, incluye:

- Determinación de las causas principales por las que los estudiantes fallan en los cursos Física I y II.
- Revisión y adecuación de las teorías educativas que se ajustan de mejor manera tanto a los Planes y Programas de Estudio, como a los estudiantes de la Facultad de Química de la U.N.A.M.

### **Método**

Se puede describir el contenido de esta tesis como “Un análisis de Casos” en el cual, las estadísticas, las encuestas, los interrogatorios hechos a los estudiantes, los problemas y ejercicios abordados, no se enmarcan en la concepción metodológica de un curriculum. Debe entenderse, que se está abordando un problema existente, en la ejecución de planes y programas de estudio ya diseñados y que, este trabajo refleja el modo de abordar las acciones que lleven, de la manera más inteligente posible a la solución.

Los estudiantes que se inscribieron en este programa de asesorías personalizadas, eran, en sentido estricto, “miembros cautivos” o “participantes cuasi-obligados” pues ellos estaban formando parte de una problemática.

Las preguntas que se les hicieron, no eran realizadas con el objetivo de averiguar si querían participar o si reunían ciertos requisitos previos, eran con el objetivo de averiguar tanto los orígenes del problema como sus posibles métodos de solución. Por ello, quien pretenda encontrar una “metodología” en la elaboración de las encuestas o una “metodología” en la elaboración de los cuadros estadísticos, no la encontrará de manera explícita; encontrará un conjunto de acciones tendientes a determinar los pasos a seguir para hacer eficientes las sesiones de asesorías.

Desde luego, las acciones llevadas a cabo, tienen un sustento teórico, que a continuación se describe:

Se afirma que la valía de un profesional descansa en que pase por un proceso educativo en el cual, como estudiante, desarrolle su potencial intelectual mediante el uso de las estructuras conceptuales, contextualmente aceptadas, para construir su comprensión personal de las situaciones de su sociedad. En concreto, la actividad educativa consiste en la elaboración y experimentación de proyectos diseñados para facilitar y potenciar el desarrollo de la comprensión en cada uno de los estudiantes que forman parte del grupo y para ello, se hace necesario incidir en los siguientes aspectos:

- Establecer los mecanismos que permitan incrementar el desarrollo de habilidades, en este caso, tanto procedimentales como intelectuales.
- Implementar el conjunto de acciones que permitan la adquisición y retención de la información relevante.
- Diseñar los procesos orientados a facilitar el acopio, uso y dominio del conocimiento aceptado contextualmente por parte de los estudiantes.

Para llevar a cabo estas acciones, se requiere, necesariamente, organizar adecuadamente las condiciones y documentos de trabajo, propiciar el intercambio de información entre los alumnos, el profesor y la realidad, fomentando el flujo de las ideas, la discusión, la disidencia, la proliferación de las hipótesis, las síntesis, los análisis y por lo tanto, la reformulación de las hipótesis o el planteamiento de nuevas estrategias para cada caso que se aborde.

### **Objetivos**

- a) Mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la Facultad de Química en las asignaturas relacionadas con el campo de la Física.
- b) Diseñar, para uso de otros docentes, estrategias y métodos de Enseñanza-Aprendizaje, que promuevan el aprendizaje significativo de largo plazo en los estudiantes de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## **Estructura de la Tesis**

La presente tesis contiene cuatro capítulos más; en el siguiente capítulo se encuentra un marco teórico donde se describen algunas teorías del aprendizaje. En el tercer capítulo se hace el análisis e interpretación de la información obtenida, fruto de las observaciones, diálogos y sondeos. Además, se analiza cada teoría de aprendizaje presentada con anterioridad, para determinar cuál de ellas sustentará la propuesta de enseñanza y permitirá dar solución al problema planteado. En el cuarto capítulo se explica y se muestra la ejecución de la propuesta de enseñanza y se comentan los resultados obtenidos. En el último capítulo se presentan una serie de conclusiones y recomendaciones finales.

## **Capítulo 2**

### ***Las teorías educativas***

El objetivo principal de esta tesis es elaborar una propuesta de enseñanza para mejorar el aprendizaje de los estudiantes en las asignaturas de Física, que se imparten en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. Como dicha propuesta se apoya en algunas de las teorías educativas desarrolladas durante los siglos XIX y XX, es importante hacer una descripción breve de las mismas.

### **Marco Teórico**

Las personas no sólo se han mostrado deseosas de aprender, sino que con frecuencia su curiosidad las ha llevado a indagar cómo aprenden. Desde las primeras civilizaciones, cada sociedad ha desarrollado y aprobado ideas sobre la naturaleza del proceso de aprendizaje.

En el mayor número de situaciones de la vida, el aprendizaje no constituye un gran problema. Las personas aprenden a partir de la experiencia, sin preocuparse de la naturaleza del proceso de aprendizaje. Los padres enseñaban a sus hijos y los artesanos a los aprendices. Los niños y los aprendices adquirían conocimientos, y los que enseñaban sentían poca necesidad de comprender el sustento teórico que utilizaban para el desarrollo de sus clases. La enseñanza se efectuaba indicando y mostrando cómo se hacían las cosas, felicitando a los aprendices cuando lo hacían bien y llamándoles la atención o castigándolos cuando sus trabajos eran poco satisfactorios.

Desde principios del siglo XX, ha habido una gran preocupación por el aprendizaje, que ha originado investigaciones encaminadas a conocer como se produce éste. Las primeras teorías derivadas de estas investigaciones se debieron, en general, a la psicología conductista. Posteriormente, se fueron adaptando los principios de la psicología cognitiva cuyas aportaciones constituyen el fundamento del constructivismo. En este marco, el aprender a aprender, las

estrategias de aprendizaje y las habilidades metacognitivas constituyen elementos de renovación en el sistema educativo [Schunk, 1996].

Las teorías del aprendizaje conforman un variado conjunto de marcos teóricos que a menudo comparten aspectos y cuestionan otros o incluso, suponen postulados absolutamente contradictorios. Estas teorías tratan de explicar cómo se constituyen los significados y cómo se aprenden las nuevas nociones.

Por ello, se hace muy necesario que se conozcan algunas teorías del aprendizaje a fin de que esto permita tomar decisiones y tener más probabilidades de producir aprendizajes significativos en el aula. De lo contrario, se limitará al docente a realizar su trabajo sin hacer un análisis crítico de sus acciones como mediador del aprendizaje, lo que repercutiría desfavorablemente en el proceso de aprendizaje de sus estudiantes. El empleo de un conjunto confuso de métodos sin orientación teórica, lamentablemente es el común denominador de muchos docentes.

A pesar de no existir un consenso universal respecto a la clasificación de las teorías del aprendizaje, desde un punto de vista histórico, a muy grandes rasgos, son tres las tendencias educativas que han tenido vigencia en los últimos siglos: La educación social, la clásica y la progresista [Holmes, 1999].

La educación social se encuentra en una etapa anterior a la existencia de instituciones educativas. En este contexto la educación se puede considerar que es exclusivamente oral y responsabilidad de la familia y de la sociedad que la guarda y la transmite. En esta situación, el proceso de aprendizaje, se lleva a cabo en el contexto social y como parte de la integración del individuo en el grupo, este proceso se realiza día a día a lo largo de su vida.

En el modelo clásico, también conocido como modelo tradicional, la educación se plantea como un proceso disciplinado y exigente. El proceso de aprendizaje se basa en el seguimiento de un currículum estricto, donde las materias se presentan con una secuencia lógica que haga más coherente el aprendizaje.

Esta tendencia tradicional, priorizó el intelecto y tuvo la noción de educación, como trascendencia lograda sólo por una élite intelectual. Sobre el proceso educativo, subraya la autoridad del maestro, que imparte conocimientos, no atiende las diferencias individuales, ni intereses de los aprendices, utiliza técnicas coercitivas y prepara para el futuro; el conocimiento utilitario y práctico está reservado a los menos capaces. Este pensamiento educativo, se puede ordenar alrededor de las tesis de Platón y Aristóteles, en el tiempo Clásico [Bowen, 1997].

En contraposición al modelo clásico, se puede definir el modelo “progresista”, que trata de ayudar al alumno en su proceso educativo de forma que éste sea percibido como un proceso natural.

Esta perspectiva progresista, abogó por la abolición completa del aprendizaje formal a base de libros en la infancia y propuso, que se le permitiera al niño, aprender a lo largo del proceso interno de su propio desarrollo y crecimiento y en un ambiente práctico, no verbal. La escuela debe atender los intereses y necesidades del niño, para decidir que enseñar. Se da preferencia al conocimiento práctico e instrumental, se priorizan métodos activos y aprendizajes por descubrimiento, pierden importancia los exámenes y pruebas, el maestro debe fomentar el desarrollo de las capacidades y aptitudes individuales y no moldear niños, es guía y no asume un rol autoritario, la escuela es tanto enriquecimiento del presente como preparación para el futuro [Bowen, op.cit].

Las teorías basadas en la perspectiva progresista tienen origen en las ideas sociales de Rousseau [Rousseau, 2011] y han tenido un gran desarrollo



en la segunda mitad del siglo XX de la mano de John Dewey en EE.UU. y de Jean Piaget en Europa [Dewey, 1933, Piaget, 1969, Piaget, 1970].

Estas corrientes pedagógicas, se han apoyado generalmente en varias teorías educativas y modelos cognitivos de la mente, para la elaboración de las estrategias de aprendizaje. En muchos aspectos, el desarrollo de estas teorías y de otras derivadas de ellas, está influido por el contexto tecnológico en el que se aplican, pero fundamentalmente tienen como consecuencia, el desarrollo de elementos de diseño instruccional, como parte de un proceso de construir modelos de aprendizaje, para lo cual se trata de investigar, tanto los mecanismos mentales que intervienen en el aprendizaje como los que describen el conocimiento [O'Shea y Self, 1985, Fernández-Valmayor et al., 1991, Wilson et al., 1993]. Desde este punto de vista más orientado a la psicología, se pueden distinguir principalmente dos enfoques: el conductista y el cognitivista.

### **El enfoque conductista**

Para el conductismo, el modelo de la mente se comporta como una “caja negra” donde el conocimiento se percibe a través de la conducta, como manifestación externa de los procesos mentales internos, aunque éstos últimos se manifiestan desconocidos. Desde el punto de vista de la aplicación de estas teorías en el diseño instruccional, fueron los trabajos desarrollados por B. F. Skinner, para la búsqueda de medidas de efectividad en la enseñanza, los que iniciaron el movimiento de los objetivos conductistas [Skinner, 1958, Skinner, 1968, Tyler, 1975]. De esta forma, el aprendizaje basado en este paradigma (el conductista) sugiere medir la efectividad en términos de resultados, es decir, del comportamiento final, por lo que la efectividad está condicionada por el estímulo inmediato ante un resultado del alumno, con el objetivo de proporcionar una realimentación o refuerzo a cada una de las acciones del mismo. Skinner considera que el ambiente es la fuente más importante del entrenamiento individual. Toda modificación permanente de la conducta, es posible por la

existencia de contingencias adecuadas en el ambiente, que hacen perdurar el aprendizaje.

El conductismo defiende el empleo de procedimientos estrictamente experimentales, para estudiar el comportamiento observable (la conducta), considerando el entorno como un conjunto de estímulos-respuesta. Estas ideas tienen su origen en el asociacionismo de los filósofos ingleses, así como en la escuela funcionalista estadounidense y en la teoría darwiniana de la evolución, ya que ambas corrientes hacían hincapié en una concepción del individuo, como organismo que se adapta al medio.

Las teorías conductistas poseen en común, una concepción asociacionista de la formación del conocimiento y del aprendizaje. Consideran que el origen del conocimiento, son las sensaciones, por lo que ninguna idea puede ser concebida como tal, si previamente no ha sido captada por los sentidos, es decir, las ideas por si solas no tienen ningún valor presentadas de forma aislada, sólo la relación entre las ideas puede llegar a formar conocimiento.

Algunas propiedades del enfoque conductista son:

- El conocimiento consiste en una conducta pasiva.
- El conductismo de Skinner está formado por tres elementos fundamentales:
  - Estímulo discriminativo
  - Respuesta operante
  - Estímulo reforzante
- Es una teoría:
  - Asociacionista, que implica que el conocimiento del ser humano se compone solamente de impresiones e ideas.
  - Ambientalista, porque considera que éste influye considerablemente en el aprendizaje de la persona.

- Reduccionista porque no reconoce los procesos mentales del pensamiento.
- También se basa en las corrientes filosóficas:
  - Empirismo
  - Positivismo
  - Pragmatismo
  - Evolucionismo
- Para el conductismo, el aprendizaje es un cambio relativamente permanente de la conducta, que se logra mediante la práctica y en una interacción recíproca de los individuos y su ambiente.
- El conductismo considera al ser humano como un ser pasivo carente de identidad y de intenciones, lo compara con una máquina.

### **El enfoque cognitivista**

Las teorías cognitivas tienen su principal exponente, en el constructivismo [Bruner, 1966]. El constructivismo en realidad, cubre un espectro amplio de teorías acerca de la cognición, que se fundamentan en que el conocimiento existe en la mente, como representación interna de una realidad externa [Duffy y Jonassen, 1992]. El aprendizaje, en el constructivismo, tiene una dimensión individual, ya que al residir el conocimiento en la propia mente, el aprendizaje es visto como un proceso de construcción individual interna de dicho conocimiento [Jonassen, 1991].

Entre los principales representantes de este enfoque se encuentra Célestin Freinet, quien orientó a construir una "educación para el pueblo y por el pueblo". Fue el principal impulsor del movimiento contemporáneo de renovación pedagógica, en el cual trata de poner en evidencia, las deficiencias que contiene la escuela tradicional en sus métodos de enseñanza y propone crear una escuela moderna. Marca un repudio a los castigos y premios (conductismo) como forma de ayudar a la enseñanza y la formación del ser humano [Zapata, 1989].

Freinet reacciona contra la escuela separada de la vida, aislada de los hechos sociales y políticos, que la condicionan y determinan, parte de su pedagogía unitaria y dinámica, que relaciona al niño con la vida; con su medio social y con los problemas que enfrenta, tanto personales como de su entorno. Entiende asimismo, que la escuela debe ser la continuación de la vida familiar y de la comunidad en la que interactúa la escuela, por lo que la tarea del maestro debe ser convertirla en una escuela viva y solidaria con la realidad del niño, de su familia y de su entorno [Freinet, 2006].

La educación del modelo Freinet, con sus innovaciones radicales, parte de la búsqueda práctica, de la educación popular interesante, eficiente y humana sobre todo, en la cual el trabajo se constituye en eje y motor de su desarrollo. Este trabajo se organiza en torno a una gran variedad de técnicas y ejercicios para construir una educación fuerte y dinámica gracias a la asignación de responsabilidades [Freinet, op. cit.].

Freinet adopta treinta principios que deben operar en toda situación educativa, los denomina invariantes pedagógicos, algunos de ellos son:

- El comportamiento escolar del niño, depende de su estado fisiológico, orgánico y constitucional.
- A toda persona le disgusta que le manden autoritariamente; en esto el niño no es distinto del adulto.
- El maestro debe hablar lo menos posible.
- A cada uno le gusta escoger su trabajo, aunque la selección no sea la mejor.
- A toda persona le disgusta alinearse, ponerse en fila, porque hacerlo es obedecer pasivamente a un orden externo.
- A toda persona le disgusta trabajar sin objetivos, actuar como un robot, es decir, plegarse a pensamientos inscritos en rutinas en las que no participa.
- El trabajo debe ser siempre motivado.

- Las notas y las calificaciones constituyen siempre un error.
- A toda persona, niño o adulto, le disgusta el control y la sanción, que siempre se consideran una ofensa a la dignidad, sobre todo si se ejercen en público.
- La vía normal de la adquisición no es de ningún modo la explicación y la demostración, proceso esencial en la escuela, sino el tanteo experimental, vía natural y universal.
- Solamente puede educarse dentro de la dignidad. Respetar a los alumnos, debiendo éstos respetar a sus maestros, es una de las primeras condiciones de renovación de la escuela.

El método natural de tanteo experimental que desarrolla Freinet, parte de entender al alumno como un ser que cuenta con una serie de conocimientos y experiencias previos al ingreso escolar y que su tendencia natural es a la acción, a la creación y a la expresión espontánea en un marco de libertad [Freinet, op. cit.].

El principio que guía el método y las técnicas Freinet, de la enseñanza y aprendizaje de los conocimientos escolares, consiste en considerar que se aprende por la actividad específica, esto es, se aprende a leer y a escribir leyendo y escribiendo; a dibujar se aprende dibujando, etcétera; es decir, por medio de la libre exploración y la experimentación, el alumno aprende y conforma su inteligencia y sus conocimientos [Freinet, op. cit.].

El proceso de adquisición de conocimientos no se da por la razón; sino a través de la acción, la experiencia y el ejercicio. Freinet entiende que la alegría del trabajo es esencialmente vital, y más vital que el juego; considera que si se les ofrecen a los alumnos actividades que les interesen, que los entusiasme y movilice enteramente, ese es el camino de la verdadera educación [Freinet, op. cit.].

Siguiendo la tendencia anterior, se encuentra la escuela Summerhill fundada por Alexander Sutherland Neill, conocido como el defensor entusiasta de

la educación en libertad. Neill menciona [Neill, 1974] que la escuela obliga a alumnos activos, a sentarse en pupitres para estudiar materias inútiles, pretendiendo convertirlos en enciclopedias ambulantes, ejercen un sutil autoritarismo para moldear el carácter de los alumnos, pero para Neill la humanidad sana y buena, que todo el mundo desea, no puede lograrse a través del castigo, el odio y la represión, sino mediante la comprensión, el amor, el autogobierno, la autogestión y libertad. Por lo tanto en la escuela Summerhill, el alumno es libre de hacer lo que quiera, mientras no altere la vida y tranquilidad de los demás. Tiene muy pocas imposiciones. Summerhill brinda la libertad al alumno, para formar sus propios ideales y su propia forma de vida ya que el alumno educado en una atmósfera de libertad, no necesita que ningún maestro le diga qué estudiar, ya que se desarrollará emocionalmente sano, se educarán las emociones y el intelecto se cuidará solo.

Otro precursor del enfoque Cognitivo, menos “liberal” que los anteriores, fue Jean Piaget, quién sostuvo que el desarrollo cognitivo se produce en cuatro períodos, a los que denomina:

- Sensoriomotor
- Preoperacional
- Operacional concreto
- Operacional formal

Estos períodos se relacionan con la edad y cada uno fomenta cierto tipo de conocimiento y entendimiento [Berger, 2006].

El avance del intelecto, según Piaget, se produce porque los seres humanos buscan un equilibrio cognitivo. Una forma fácil de lograr este equilibrio, es interpretar las nuevas experiencias a través de la lente de las ideas preexistentes, pero a veces, se produce una nueva experiencia que es discordante e incomprensible y viene un desequilibrio cognitivo, que siempre, en primer momento, causa confusión y por lo tanto las ideas preexistentes deben sufrir una adaptación.

Piaget describe dos tipos de adaptación:

- Asimilación, en la que las nuevas experiencias son reinterpretadas para que encajen o se asimilen con las viejas ideas.
- Acomodación, en la que las viejas ideas se reestructuran o se acomodan para incluir nuevas experiencias.

La acomodación es más compleja que la asimilación, pero es necesaria debido a que las nuevas ideas y experiencias pueden no encajar en las estructuras cognitivas existentes. La acomodación produce un crecimiento intelectual significativo, que incluye el avance hacia la etapa siguiente del desarrollo cognitivo. El punto es que el desarrollo cognitivo es un proceso activo, que depende de ideas en conflicto y experiencias desafiantes, y no básicamente de la maduración o de la repetición [Berger, op. cit.].

Como se observa, Piaget también se apoya en un enfoque constructivista social para el aprendizaje y comportamiento. Los profesores y otros profesionales que adoptan un enfoque constructivista social, creen que los estudiantes construyen y edifican su comportamiento, como resultado de la experiencia y de la toma de decisiones que les guían a un comportamiento responsable. El papel principal del profesor es orientar y ayudar a que construyan o edifiquen su conducta y el uso de ella de un modo socialmente adecuado y productivo. Se considera que este proceso comienza tanto en casa como en aulas [Morrison, 2005].

Ausubel (1970), Novak (1977) llevaron a cabo estudios valiosos en materia cognitiva. Estas teorías son satélites o contributivas a la teoría del constructivismo de Piaget, pero Ausubel y Novak aplican sus esfuerzos para redactar una teoría con una visión totalizadora del aprendizaje humano.

Las inquietudes de Ausubel y Novak partieron de ¿cómo aprenden y por qué no aprenden los individuos? Estos autores arribaron a un término clave, ya que la teoría de estos científicos explica que la estructura cognitiva del

individuo es el resultado de conocimiento, que se asocia de acuerdo con elementos que tienen en común; es decir, los denominados conceptos inclusores, los cuales se construyen en los primeros años de vida del sujeto, una vez que el individuo ha captado unos dos mil conceptos, arranca o tiene lugar el fenómeno de la asimilación.

En consecuencia, y de acuerdo con [Méndez, 2008], referente a esta teoría, el aprendizaje consiste en relacionar nueva información con algún concepto ya existente en la estructura mental cognitiva de un individuo y que se acomode o posea significado para el fenómeno que se desea aprender.

Para Ausubel y Novak, los transcursoes esenciales en la aprehensión o asimilación del conocimiento son, la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, la primera pertenece a la metamorfosis de los conceptos inclusores que se va dando gracias a los nuevos aprendizajes; la segunda es la capacidad de atinar o descubrir similitudes o analogías entre nociones o conceptos, que inicialmente se consideran contradictorias.

Si un individuo no encuentra significado a un fenómeno o materia, no comprenderá el portento y tampoco podrá recordarlo; esto es debido a que no aconteció el proceso de la asimilación. Por asimilación se entiende el proceso mediante el cual "la nueva información es vinculada con aspectos relevantes y pre-existentes en la estructura cognoscitiva", proceso en que se modifica la información recientemente adquirida y la estructura pre-existente, al respecto Ausubel recalca que este proceso de interacción modifica tanto el significado de la nueva información como el significado del concepto o proposición al cual está afianzada.

Las redes de información en la mente del individuo van creando estructuras de información, estructuras mentales que almacenan información. Así, un determinado concepto inclusor puede sufrir una transformación y con ello, re-inventar o re-diseñar la red de información antigua.



La estructura mental se edifica por medio de nociones interconectadas que proporcionan la asimilación de rudimentos nuevos. Los llamados viaductos cognoscitivos u ordenadores delanteros, descritos por Ausubel, favorecen la asimilación [Méndez, op. cit.].

Para crear el puente cognitivo, es necesario que el individuo posea la conciencia de la tenencia de ideas ya elaboradas, que se relacionan con el tema de estudio. A esto Ausubel le denomina organizador previo, el cual posee la función de disminuir la distancia entre lo que el individuo ya conoce y el nuevo concepto, lo cual deriva en un aprendizaje acertado del fenómeno objeto de aprehensión.

A este modo de concebir el aprendizaje, se le denomina aprendizaje significativo. El aprendizaje significativo es el proceso por el cual “se relaciona nueva información con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva de un individuo y que sea relevante, para el material que se intenta aprender” [Méndez, op. cit.].

El aprendizaje debe, necesariamente, tener significado para el estudiante, si se quiere que represente algo más que palabras o frases que repite de memoria en un examen. Por esto, su teoría se llama del aprendizaje significativo, ya que para el autor, algo que carece de sentido no sólo se olvidará muy rápido, sino que no se puede relacionar con otros datos estudiados previamente, ni aplicarse en la vida todos los días [Méndez, op. cit.].

El proceso mediante el cual acontece este fenómeno de asimilación, lo clasifican estos autores de acuerdo con el estilo de aprendizaje de un sujeto determinado; puede ser holista o globalizador o bien estilo analista o detallista. En el estilo holista, el sujeto absorbe fundamentalmente la globalidad de un contenido, de un tema de estudio, dando menos jerarquía a los fragmentos. Al sujeto analista, en cambio, le es difícil tener una visión del conjunto y prefiere detenerse en los detalles, observando aspectos que pasarían desapercibidos a individuos holistas [Méndez, op. cit.].

### **Capítulo 3**

#### ***Rumbo a la elaboración de la propuesta de enseñanza***

Una vez hecho el recorrido anterior por algunas teorías educativas importantes, se discutirá cuál de ellas se considera que se ajusta a las necesidades académicas, a las características de los estudiantes, de los profesores y en general al problema a resolver, lo que permitirá desarrollar la propuesta de enseñanza.

#### **Situación Actual**

Algunas de las asignaturas incluidas en el tronco común, dentro de la Facultad de Química, con mayor índice de reprobación y que muestran un bajo desempeño escolar por parte de los alumnos, han sido y siguen siendo las Asignaturas Física I y Física II, mismas que sólo son superadas en ese aspecto por Cálculo I (Clave 1111).

Se considera que el aprendizaje de la ciencia, no es cuestión fácil y que existen diversos factores, tanto internos como externos, que intervienen en el proceso, pero ¿cuáles son las razones fundamentales por las que los estudiantes de la Facultad de Química, que son de interés en esta tesis, no logran adquirir los conocimientos necesarios para cursar exitosamente las asignaturas correspondientes al campo de conocimientos de la Física?

Para responder esta pregunta se aplicó un cuestionario (Anexo I) a los alumnos no acreditados en las asignaturas de Física II (Clave 1209) y Física I (Clave 1113) durante los semestres 2011/2 y 2012/2. Los profesores tienen algunas ideas sobre las causas de la problemática, sin embargo, se buscó conocer cuáles son las causas a las que los estudiantes atribuyen no haber aprobado la asignatura, para enfocar los esfuerzos en la planeación y desarrollo de las asesorías, a las causas que ellos identifiquen como probables.

Estos cuestionarios se aplicaron a alumnos que recurrieron a la asignatura en los periodos 2012/1 y 2013/1. Los alumnos provenían de diferentes grupos y por lo tanto, fueron atendidos por diferentes profesores responsables de la asignatura.

Entre muchos otros datos, las encuestas arrojaron la causa por la cual cada alumno consideró haber reprobado el curso anterior de Física, de acuerdo a la causa señalada por el alumno y a la interpretación de la información obtenida en los cuestionarios, se formaron cuatro grupos: El primero de ellos representó la cantidad de alumnos que no acreditó la asignatura de Física por falta de interés en la misma, es decir, no asistían a clases, no entregaban tareas, no llegaban a tiempo, no presentaban los exámenes, etcétera. El segundo grupo estuvo formado por alumnos que expresaron su falta de habilidad y/o conocimientos básicos sobre la asignatura, ya sea por no haber inscrito un curso introductorio en el nivel medio superior o por haberlo cursado defectuosamente. El tercer grupo estuvo formado por alumnos que expresaron no haber resuelto sus dudas respecto al contenido de la asignatura durante el curso o en las asesorías. El cuarto y último grupo estuvo compuesto por alumnos que consideraron que el profesor era ineficaz, que su forma de impartir clase o sus métodos de enseñanza no facilitaron la comprensión de los conceptos importantes del curso, y por lo tanto la aprobación del mismo (la queja de mayor frecuencia fue “El maestro iba muy rápido”).

A continuación se presenta una tabla y un gráfico que muestran el porcentaje de alumnos que señalaron haber reprobado la asignatura de Física I o Física II por alguna de las causas antes mencionadas.

Tabla 3.1 Muestra la información obtenida del cuestionario aplicado a 248 alumnos.

<b>Causa</b>	Falta de interés en la asignatura	Dudas de la asignatura sin resolver	Deficiencia en conocimientos básicos	Profesor ineficaz
<b>Número de alumnos</b>	110	40	48	50
<b>Porcentaje</b>	44.36	16.13	19.35	20.16

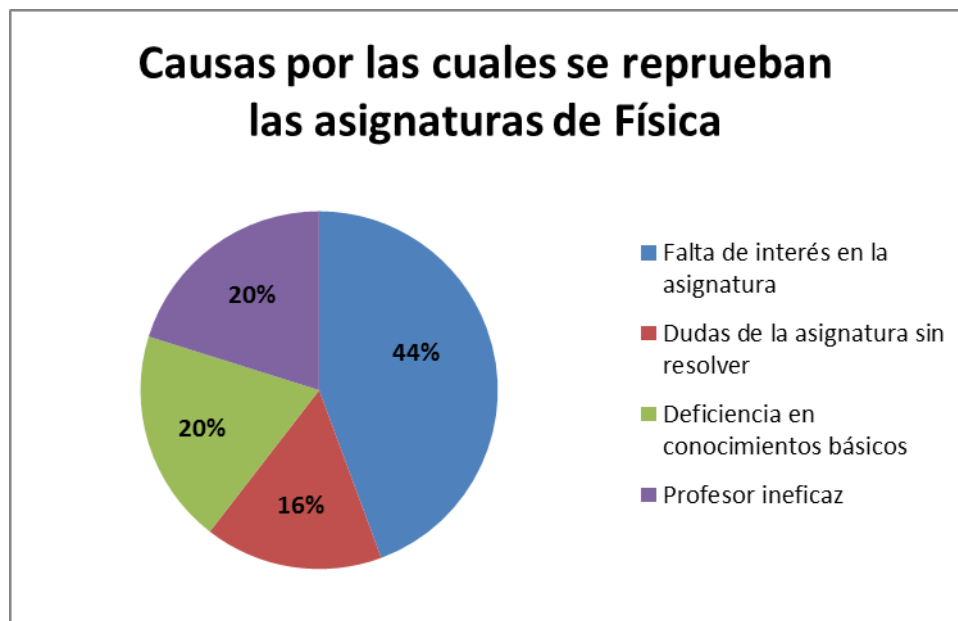


Gráfico 3.1 Principales causas por las que los estudiantes de la Facultad de Química consideran que reprueban las asignaturas de Física.

Como se puede observar en el Gráfico 3.1, los cuestionarios realizados indican que, de acuerdo a las opiniones y comentarios de los estudiantes, la principal causa por la cual no se acreditan las asignaturas de Física es la falta de interés por la asignatura, siendo la segunda causa el tener un profesor ineficaz, siguiendo a esta causa, muy de cerca, la deficiencia en conocimientos básicos y por último, las dudas sin resolver sobre los contenidos de la asignatura.

En el mismo cuestionario, también se les preguntó a los alumnos cuál sería el plan de acción por parte de ellos para acreditar la asignatura y poder continuar con su avance académico dentro de alguna de las 5 licenciaturas de la Facultad de Química; lo anterior, con la intención de obtener información de la manera en la cual se les puede apoyar para evitar retraso con el avance de créditos en su preparación académica. En esta pregunta hubo muchas respuestas diferentes, sin embargo, la más importante, por el número de alumnos que la mencionó como estrategia para acreditar la asignatura, fue el asistir a las asesorías que se imparten dentro de la Facultad de Química (Gráfico 3.2).

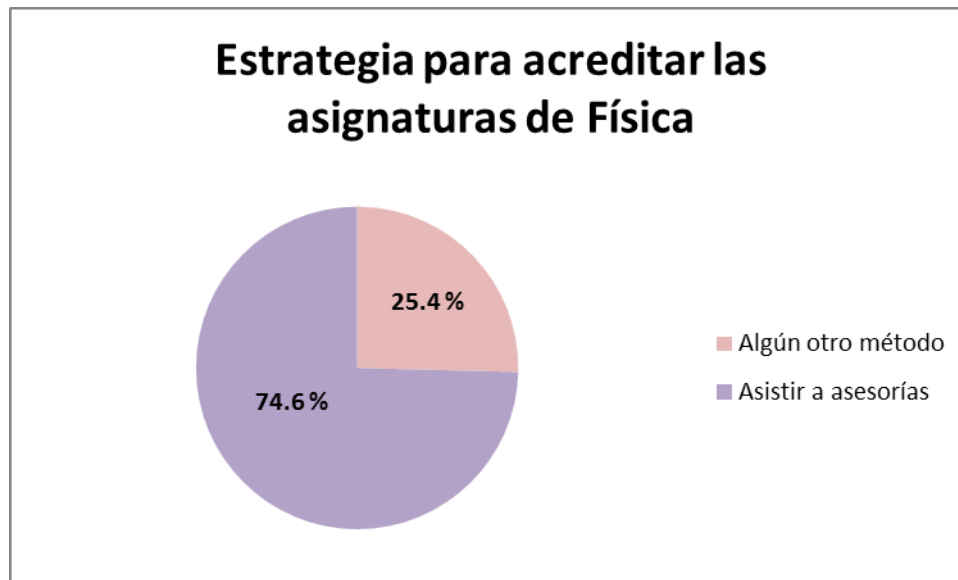


Gráfico 3.2 Muestra el porcentaje de alumnos que mencionó la asistencia a asesorías como plan para acreditar las asignaturas de Física.

Hasta ese momento se tenía ubicada la principal causa de ese alto índice de reprobación en las asignaturas de Física y además, los alumnos consideraron el asistir a las asesorías una buena estrategia para cursar con éxito las asignaturas de Física, por lo tanto la siguiente interrogante fue ¿cómo construir la propuesta de enseñanza que ayude a resolver el problema en el proceso de aprendizaje?

Primero, se procedió a caracterizar a los estudiantes involucrados en el problema, ubicando las deficiencias en conocimiento más notables de las que adolecen los alumnos que cursan las asignaturas y ubicando los errores más frecuentes en los que incurren cuando intentan resolver problemas prácticos sobre los contenidos temáticos del programa de estudios, lo anterior con la finalidad de conocer a los estudiantes y reflexionar sobre la manera más efectiva de impactar en su proceso de aprendizaje.

#### **Estrategias utilizadas en la recolección de estos datos**

En el proceso de investigación, se utilizó la observación y el sondeo para obtener la información. Se eligieron a 25 estudiantes de cada grupo de Física I y Física II del Profesor Román Tejeda de manera aleatoria para conversar con

ellos (Anexo II), sobre su sentir sobre la asignatura y de esta manera tratar de comprender e interpretar las percepciones de los estudiantes y los significados que ellos le otorgan a sus experiencias con la asignatura. También fue necesario acudir a las clases y observar la participación de los alumnos durante las mismas.

### **Análisis e interpretación de la información obtenida**

Es muy difícil que los resultados de un estudio cualitativo puedan transferirse a otro contexto, pero en este caso ayudó a dar pautas para tener una idea general del problema estudiado y la posibilidad de aplicar la estrategia de aprendizaje que se tenía en mente.

Como ya se mencionó, algunos datos fueron obtenidos mediante las observaciones del ambiente, es decir de la asistencia a las clases de Física I y Física II.

**De dichas observaciones se interpretó lo siguiente:** Al iniciar el período de clases, los alumnos empezaron el curso con toda la disposición de aprender, realizar las tareas, estudiar para los exámenes, con el propósito de obtener una buena nota en la evaluación de su desempeño en la asignatura. A medida que avanzó el curso, cuestión de dos semanas, los alumnos dejaron de ser puntuales o simplemente no se presentaron a la clase, se comenzaron a sentar en la parte trasera del salón, no prestaban atención a la clase, dejaron de entregar tareas y como consecuencia natural, no aprobaron los exámenes parciales. Es en este momento del proceso de enseñanza-aprendizaje, donde se evidencian las fallas atribuibles al estudiante.

Durante el curso los alumnos presentaron algunos “malos hábitos de estudio” entre los que destacan:

- Sólo memorizar.
- Usar con frecuencia vocablos cuyo significado desconocen.
- Buscar y usar la mecanización acríticamente.

- Aceptar resultados absurdos, provenientes del manejo deficiente de sus instrumentos de cálculo al resolver problemas.

Lo anterior se evidencia cuando se le pregunta al alumno por algún concepto y puede “recitarlo” pero es incapaz de explicar su significado o sus implicaciones, particularmente cuando se hacen ligeros cambios en algún ejercicio, aún sin incrementar el grado de dificultad y como consecuencia, fallan al intentar resolverlo.

El comportamiento que manifiesta de manera más clara, los malos hábitos de estudio de los alumnos, es el que se describe a continuación.

Los estudiantes suponen y expresan que, para cada problema que se les plantee, correspondiente al campo de la Física, existe (o debe existir) una “FÓRMULA” que alguien (posiblemente un ser superior) inventó, creó, encontró o construyó y por lo tanto, su contribución, como estudiante, consiste en:

- Encontrar la fórmula.
- Hacer un “despeje matemático”.
- Llevar a cabo una sustitución.
- “Meter” los datos a su calculadora.
- Anotar, sin revisión, sin criterio, sin análisis, el resultado.

Lo anterior será evidenciado mostrando, como ejemplo, la primera clase del curso de Física II. En esta primera clase, el profesor les explicó la realización de algunos experimentos que permitieron evidenciar la existencia de la carga eléctrica. Esta breve introducción fue planeada, con la intención de verificar si el alumno es capaz de adquirir y procesar la información que le es proporcionada.

La información brindada fue la siguiente:

“...Alrededor del siglo VI antes de Cristo, se descubrió que al frotar una varilla de ámbar con una piel o con un paño de lana, la varilla adquiría la propiedad de atraer cuerpos ligeros tales como trozos de paja. Este descubrimiento se le atribuye a Tales de Mileto.

Años más tarde, el médico William Gilbert observó que algunos materiales se comportaban como el ámbar al frotarlos y que la atracción que ejercían se manifestaba sobre cualquier cuerpo, aún cuando no fuera ligero. Es realmente a este personaje, a quien se le atribuye el descubrimiento de la electricidad, en un primer estudio científico sobre los fenómenos eléctricos que realizó hacia el año 1600, donde además y por primera vez aplicó el término “eléctrico” (proveniente del griego elektron, que significa ámbar) a la fuerza que ejercen algunas sustancias al ser frotadas.

Este científico verificó que muchas sustancias se comportaban como el ámbar al ser frotadas, atrayendo objetos livianos, mientras que otras, no ejercían atracción alguna, aplicando el término “eléctrica” a la fuerza que ejercían estas sustancias una vez frotadas. Clasificó dichas sustancias como idioeléctricos (aislantes) y aneléctricos (conductores). Los primeros eran aquellos que tenían un comportamiento parecido al del ámbar y los segundos los que no se comportaban como él.

Otro personaje importante para el desarrollo de estos conceptos fue Benjamín Franklin. Sus trabajos sobre la electricidad, a fines de la década de 1740, transformaron un conjunto de observaciones desordenadas en una ciencia coherente: la electricidad. En resumen Franklin creía que la electricidad consistía en un solo fluido y que un exceso de éste cargaba a un cuerpo “positivamente”, así como un déficit lo cargaba “negativamente”. Además dirigió experimentos cuidadosos para demostrar, que el estado natural de un objeto era el de neutralidad eléctrica. Sin embargo, si un objeto se cargaba positivamente al frotarlo con un material donador, descubrió que éste tenía una carga negativa



igual. Ante ello, interpretó que el fluido eléctrico incorporado al primer objeto era exactamente igual al perdido por el donador. Por lo tanto, el fluido eléctrico podía ser recolectado, transferido y hecho circular pero siempre se conservaba.

Franklin hizo algunos experimentos, para demostrar la existencia de dos tipos de carga eléctrica. En uno de ellos, frotó una barra de caucho duro, que se encontraba suspendida por un trozo de cuerda, con una piel. Cuando le acercó una barra de vidrio que había sido frotada con seda, se dio cuenta que se atraían. Si dos barras de caucho cargadas (o dos barras de vidrio cargadas) se acercaban entre sí, se repelían. Esta observación demostró que el caucho y el vidrio tenían diferente tipo de carga.

La convención sugerida por Franklin fue que la carga eléctrica sobre la barra de vidrio se llamara positiva y sobre la barra de caucho, negativa.

Tiempo después, para verificar los resultados, Franklin repitió el mismo experimento, **frotando una barra de plástico con un paño de licra** y el resultado obtenido fue el mismo”.

Después de haber comentado lo anterior durante la clase, se les preguntó a los alumnos si todo les quedaba claro, si habían entendido, todos contestaron que les había quedado claro.

Entonces se les hicieron las siguientes preguntas a los alumnos:

Los experimentos de Tales de Mileto fueron realizados aproximadamente en el siglo VI a.C., por lo tanto, ¿Cuántos años han pasado?

La mayoría sacó de sus mochilas su calculadora, pero sólo dos alumnos participaron. El primero mencionó que habían pasado como 8,000 años y el otro dijo que alrededor de 2,019 años.

La segunda pregunta fue: ¿Qué es el ámbar y qué es la paja?

Un alumno contestó que el ámbar es una piedra (mineral) y otro opinó que es un “tipo de plástico”, mientras el resto del grupo permaneció en silencio. En cuanto a la paja pudieron afirmar que era un tallo u hoja seca.

Otra pregunta fue ¿Quién realizó el experimento anterior? ¿De dónde era oriundo el experimentador?

La mayoría coincidió en que Tales era su nombre y se apellidaba “De Mileto” y sólo un alumno identificó que Mileto era la ciudad de la que era originario, pero cuando se le preguntó en dónde se encontraba dicha ciudad, no pudo brindar la información.

Finalmente, cuando se les platicó a los alumnos sobre los experimentos de Franklin, se les preguntó si creían en la validez de los resultados del último experimento llevado a cabo (plástico frotado con licra).

Todos contestaron que sí, entonces a algunos alumnos se les preguntó la razón. Una alumna contestó que era cierto, porque ella, lo había llevado a cabo y sí “salía” de esa manera, otros comentaron que era cierto porque ya lo habían leído en algún libro antes.

Como se puede observar, las preguntas realizadas tenían la finalidad de conocer la capacidad del alumno de comprender la información brindada y ser selectivos con ella, ninguna de las preguntas hacía referencia a conocimientos previos sobre la asignatura, todas eran de alguna manera, sobre cultura general o sólo requerían que el alumno procesara la información adquirida y únicamente una pregunta fue contestada correctamente. Otro problema que se encontró es que al alumno le cuesta mucho trabajo expresar sus ideas de manera lógica y coherente, lo cual puede deberse a la presión que sienten ante los interrogatorios por parte del profesor, o bien a una deficiencia en la capacidad de organizar ideas y expresarlas verbalmente.

Quizás el ejemplo anterior sea muy simple, pero muestra como el alumno sólo escucha sin reflexionar realmente sobre la información, por lo tanto, no genera dudas sobre lo planteado y el proceso de enseñanza-aprendizaje, queda incompleto.

Por todo lo anterior, la propuesta de enseñanza a construir tiene que estar basada en regresar el interés por la asignatura y en eliminar los malos hábitos de estudio que se han mencionado.

Para incidir en la solución del problema y elegir bajo que teoría de aprendizaje puede construirse la propuesta de enseñanza, a continuación se hace un breve análisis de cada una de las teorías que ya fueron mencionadas en el capítulo 2 de esta tesis:

La primera teoría a revisar es la de Burrhus Frederic Skinner (1904-1990), quien tuvo gran relevancia en el desarrollo de la psicología del aprendizaje durante el siglo XX. Una de las principales características de Skinner, es que fue difusor y experimentalista del comportamiento. Sus teorías sirvieron para apoyar el conductismo y el reforzamiento, de acuerdo al modelo asociacionista según el cual el aprendizaje se llevaba a cabo por medio de cambios en la potencia de las variables estímulo-respuesta, asociaciones y hábitos arraigados o en tendencias de la conducta [Shaffer, 2007]. Hay que dar crédito a que en las primeras etapas del aprendizaje, donde se tienen que llevar a cabo tareas mecánicas, el método asociacionista es eficaz y rápido para lograr los objetivos. Pero por lo que respecta a la enseñanza de la ciencia, no se pueden aplicar técnicas basadas en los principios de Skinner, ya que uno de los malos hábitos que se pretende eliminar, es precisamente, el ejercicio mecanizado; además, el aprendizaje social humano no puede basarse en las sensaciones como lo propone Skinner, ya que el aprendizaje humano no puede explicarse a partir de la investigación con animales porque los seres humanos son seres que procesan la información activamente y que, a diferencia de los animales, reflexionan sobre la relación entre sus

conductas y sobre sus consecuencias. A menudo les afecta más lo que creen que sucederá que lo que experimentan en realidad.

Célestin Freinet (1896-1966) fue un representante de la denominada Escuela Nueva. En sus trabajos teóricos, se respalda (al menos en el papel) el trabajo que en general se hace en las aulas de la UNAM, siguiendo los objetivos generales que se plantean, para formar alumnos propositivos, analíticos, con destrezas y habilidades suficientes para poder afrontar los problemas cotidianos de la vida.

Freinet criticaba el fracaso en el estudiante y dice que el profesor debe ser un mediador para que las actividades se transformen en eventos exitosos, para motivar al estudiante en su aprendizaje y en la realización de actividades escolares. Freinet manejaba conceptos como estimulación de expectativas positivas, estimulación de la autoestima, aconsejaba no otorgar notas, así como los conceptos de trabajo individual combinado con trabajo en grupo, proponía la escuela centrada en los alumnos, que son parte de la forma de trabajo y la filosofía de las actividades que se llevan a diario en las aulas. Para Freinet el trabajo constituía un eje y motor del desarrollo escolar. Este trabajo se debe organizar en torno a una gran variedad de técnicas y ejercicios para construir una educación fuerte y dinámica, gracias a la asignación de responsabilidades [Freinet, 1973].

Freinet estuvo en contra de que el profesor sea autoritario, prefería que el alumno escogiera su propio trabajo y explicaba, que la vía normal de la adquisición no es de ningún modo, la explicación y la demostración, proceso esencial en la escuela, sino el tanteo experimental, vía natural y universal [Freinet, op. cit.].

Lo anterior, suena muy convincente, sin embargo, los alumnos de la Facultad de Química no tienen la disposición de dedicar un tiempo específico al estudio de la asignatura, por sí mismos, no muestran libre exploración, no hacen que la asignatura forme parte de su vida, ni intentan extrapolarla a su realidad.

Por otro lado, la organización académica de la UNAM, está diseñada de manera tal, que los estudiantes inscritos, tienen asignados tiempos y programas específicos a seguir, para cumplir con los objetivos que se persiguen. Además, el aprendizaje de la Física, se logra cuando se pueden intercambiar significados, contextualmente aceptados, de conceptos ideales que conforman la matriz de conocimientos, por lo tanto, la vía normal de aprendizaje es, el intercambio de ideas (posiblemente la explicación) y no el simple tanteo experimental que sugiere Freinet, ya que afirmar que el aprendizaje depende de la observación, es cierto, pero no en su totalidad, ya que también se deben “construir” los objetos ideados, representarlos y manipularlos matemáticamente; se debe liberar el pensamiento de las limitaciones de la experiencia directa sensorial, ya que los fenómenos directamente perceptibles y medibles son representaciones imperfectas del orden verdadero, que es sólo accesible por medio de la idealización [Scheker, 1988].

En esta misma línea de escuelas nuevas, se encuentra la escuela Summerhill donde para Neill (1883-1973) el aprendizaje es viable mediante la comprensión, el amor, el autogobierno, la autogestión y libertad [Neill, op. cit.]. Por lo tanto en la escuela Summerhill el alumno es libre de hacer lo que quiera, pero se regresa a lo mismo, la mayoría de los alumnos de la Facultad de Química, debido a su formación previa, no son capaces de auto dirigir su trabajo, de adaptarlo a sus necesidades, para lograr sus objetivos. No al menos, en un tiempo que resulte razonable para la institución y para la sociedad, que es, en última instancia, quien proporciona los medios para lograrlo.

Piaget (1896-1980) parte de que la enseñanza se produce "de dentro hacia afuera". Para él la educación tiene como finalidad favorecer el crecimiento intelectual, afectivo y social, pero teniendo en cuenta que ese crecimiento es el resultado de unos procesos evolutivos naturales. La acción educativa, por tanto, ha de estructurarse de manera que favorezca los procesos constructivos personales, mediante los cuales opera el crecimiento. Las actividades de descubrimiento deben ser por tanto, prioritarias. Esto no implica que el estudiante

tenga que aprender en solitario. Bien al contrario, una de las características básicas del modelo pedagógico piagetiano es, justamente, el modo en que resaltan las interacciones sociales [Berger, op. cit.]. Esta última idea también es apoyada por Vigotsky, quien explica el desarrollo del conocimiento social tomando en cuenta que en la conducta humana se debe invocar otro tipo de experiencia, la social, aquella que permite establecer conexiones a partir de la experiencia que han tenido otros seres humanos. Para Vigotsky, la experiencia histórica y experiencia social es lo que caracteriza al mundo de la especie humana y, por lo tanto, los procesos psicológicos superiores, a diferencia de los inferiores, no se pueden explicar como una adaptación pasiva al medio tal y como sugería el modelo estímulo-respuesta. El conocimiento es resultado de la interacción social, ya que en la interacción con los demás se adquiere conciencia de uno mismo, se aprende el uso de los símbolos que, a su vez, permiten pensar en formas cada vez más complejas. Para Vygotsky, a mayor interacción social, mayor conocimiento, más posibilidades de actuar, más robustas funciones mentales. El ser humano es un ser cultural y es lo que establece la diferencia entre el ser humano y los animales. Los procesos psicológicos superiores guían la conducta humana mediante la autorregulación y, en consecuencia, provocan una adaptación activa al medio [Trilla et al., 2007].

Las ideas expresadas por Piaget y Vygotsky llevan, de manera natural, a proponer que la interacción social entre los estudiantes de la Facultad de Química, es un factor importante para consolidar el aprendizaje del contenido de las asignaturas, por lo tanto, resulta beneficioso que se compartan experiencias, dudas o información obtenida durante las clases; y, aunque queda claro que, de manera informal, los estudiantes de la Facultad de Química, en sus tiempos libres, realizan este tipo de intercambio de información adquirida, se debe reforzar dicho intercambio mediante la elaboración de tareas comunes que promuevan una mayor interacción entre los alumnos, se debe promover y valorar el diálogo entre alumno-alumno y alumno-profesor durante las clases, favoreciendo el proceso enseñanza-aprendizaje.

Por otra parte, las implicaciones del pensamiento piagetiano en el aprendizaje, inciden en la concepción constructivista del aprendizaje. Uno de sus principios generales sobre el aprendizaje, es que éste depende del nivel de desarrollo del sujeto de acuerdo a las cuatro etapas de desarrollo que menciona, las cuales sólo se basan en el área cognitiva de la persona, dejando atrás el desarrollo ambiental donde la persona crece y el ambiente social en el que vive. Otro principio importante es que el aprendizaje es un proceso de reorganización cognitiva continua, pero en este punto sus planteamientos, se limitan a un modelo lineal y acumulativo en el que se adquieren progresivamente, estructuras de complejidad creciente. Piaget presenta su teoría como un proceso secuencial y progresivo, al parecer no se planteó la posibilidad de cualquier especie de involución en el estudiante; que con los estudiantes de la Facultad de Química, comúnmente se da, al olvidar conocimientos memorizados. Para Piaget, la experiencia física y la observación supone una toma de conciencia de la realidad, que facilita la solución de problemas e impulsa el aprendizaje, sin embargo, como ya se había mencionado antes, el aprendizaje de la asignatura de Física no sólo se genera con la experimentación ya que el conocimiento científico requiere de idealizaciones y éstas no pueden, por definición reflejar o corresponder con el mundo real [Suchting, 1992].

Hay que tener presente que el aprendizaje por descubrimiento no debe ser presentado como opuesto al aprendizaje por exposición (recepción), ya que éste puede ser igual de eficaz. El aprendizaje verbal basado en la recepción no tiene que ser necesariamente memorista o pasivo (como muchos piensan), siempre y cuando se empleen métodos de enseñanza explicativos que estén basados en la naturaleza, las condiciones y las consideraciones evolutivas que caracterizan el aprendizaje significativo basado en la recepción.

Finalmente, para Ausubel (1918-2008) y Novak (1932- ), el aprendizaje significativo es el proceso según el cual se relaciona un nuevo conocimiento o información, con la estructura cognitiva del que aprende, de forma no arbitraria y sustantiva. Esa interacción con la estructura cognitiva, no se

produce considerándola como un todo, sino con aspectos relevantes presentes en la misma, que reciben el nombre de subsumidores o ideas de anclaje. La presencia de ideas, conceptos o proposiciones inclusivas, claras y disponibles en la mente del aprendiz, es lo que dota de significado a ese nuevo contenido en interacción con el mismo. Pero no se trata de una simple unión, sino que en este proceso los nuevos contenidos adquieren significado para el sujeto produciéndose una transformación de los subsumidores de su estructura cognitiva, que resultan así progresivamente más diferenciados, elaborados y estables. Pero aprendizaje significativo no es sólo este proceso, sino que también es su producto. La atribución de significados que se hace con la nueva información, es el resultado emergente de la interacción entre los subsumidores claros, estables y relevantes presentes en la estructura cognitiva y esa nueva información; como consecuencia del mismo, esos subsumidores se ven enriquecidos y modificados, dando lugar a nuevos subsumidores o ideas-ancla más potentes y explicativas que servirán de base para aprendizajes futuros [Pozo, 2006].

Para que se produzca el aprendizaje significativo han de darse dos condiciones fundamentales:

- Actitud potencialmente significativa de aprendizaje por parte del aprendiz, o sea, predisposición para aprender de manera significativa.
- Presentación de un material potencialmente significativo. Esto requiere, por una parte, que el material tenga significado lógico, esto es, que sea potencialmente relacionable con la estructura cognitiva del que aprende de manera no arbitraria y sustantiva; y, por otra, que existan ideas de anclaje o subsumidores adecuados en el sujeto que permitan la interacción con el material nuevo que se presenta.

Los estudiantes de la asignatura Física en la Facultad de Química, asistentes a las sesiones de asesorías, en su mayoría, muestran que a través de su educación, lo que han adquirido es un conjunto no ordenado de pensamientos



demasiado débiles para proporcionar soportes seguros que pudieran hacer la función de ideas de anclaje, para lograr el proceso de asimilación; sin embargo es posible rescatar algunos de estos conocimientos previos poco firmes y reforzarlos para, una vez armados, diseñar una manera de agregar más información que permita ver las conexiones entre la información adquirida previamente y la nueva información presentada. De esta manera se conducirá de modo natural al aprendizaje de conceptos, que constituirán un eje central y definitorio en el aprendizaje significativo.

A través de la asimilación se produce básicamente el aprendizaje en la edad escolar y adulta. Se generan así combinaciones diversas, entre los atributos característicos de los conceptos que constituyen las ideas de anclaje, para dar nuevos significados a nuevos conceptos y proposiciones, lo que enriquece la estructura cognitiva. Para que este proceso sea posible, se ha de admitir que se cuenta con un importantísimo vehículo que es el lenguaje [Tejeda et al. 2008]. El aprendizaje significativo se logra por intermedio de la verbalización y del lenguaje y requiere, por tanto, comunicación entre distintos individuos y con uno mismo.

La teoría del aprendizaje significativo, ofrece una explicación sistemática de ¿cómo se aprende?, ¿cuáles son los límites del aprendizaje?, ¿por qué se olvida lo aprendido? Ofrece en este sentido el marco apropiado para el desarrollo de la labor educativa, así como para el diseño de técnicas educacionales que contemplen principios de aprendizaje, constituyéndose en un marco teórico que favorecerá dicho proceso.

## **Capítulo 4**

### ***Ejecución de la propuesta de enseñanza***

En el capítulo anterior, se analizaron algunas teorías educativas con la finalidad de elegir cuál de ellas podía ser empleada para diseñar la propuesta de enseñanza que sería utilizada en la asignatura de Física, para ayudar al alumno en su proceso de aprendizaje y al profesor en su proceso de enseñanza, y con ello, contribuir a disminuir el índice de reprobación en la asignatura.

Se consideró, con base en los datos que fueron analizados y que se presentaron en los capítulos anteriores, que la propuesta de enseñanza podía estar sustentada bajo la teoría del aprendizaje significativo, ya que ésta se adapta a las necesidades de los estudiantes y a las condiciones de la institución educativa.

Por lo tanto, la propuesta de enseñanza consistió en implementar dicha teoría, descrita por Ausubel y Novak, en el proceso de enseñanza aprendizaje, para lograr que los alumnos encontraran las conexiones entre la información que en algún momento adquirieron (concepciones previas) con la información que se les está brindando.

Es importante que el alumno descubra, que muchos conceptos que ya posee y forman parte de su estructura cognitiva, pueden ser empleados, de manera eficaz, para resolver la mayoría de los problemas que se le plantean y que, también posee habilidades teóricas de síntesis y análisis para abordar y resolver los problemas. Es de suma importancia, que el estudiante sea consciente de que cada problema que aborde, puede ser resuelto, de manera similarmente eficaz, mediante diversos métodos y siguiendo diferentes caminos.

La ejecución de esta propuesta, hace énfasis en el uso correcto del lenguaje, ya que como se explicó con anterioridad, se considera que es una herramienta muy importante para el aprendizaje.

## Plan de trabajo

Debido a que la mayoría de los alumnos que no aprobaron la asignatura Física y que formaron la muestra poblacional a que se refiere esta tesis, eligieron como plan de acción, para tener éxito en el curso, asistir a las asesorías que se brindan, independientemente de los programas que ha implementado la Facultad de Química, para ensayar esta propuesta se establecieron, con base en encuestas dentro de los grupos a cargo del Profesor Román Tejeda (Profesor titular Física I y Física II), sesiones de trabajo fijas en horarios que convenían a la mayoría de los estudiantes, consistentes en dos horas a la semana. La asistencia por parte de los estudiantes, era voluntaria, pero como un factor de captación importante, la mayoría de los problemas que fueron asignados como tareas en el curso regular, fueron los que se abordaron en estos talleres de trabajo y también se incluyeron en algunos exámenes parciales; dadas las características de los estudiantes, estas “facilidades” para aprobar los exámenes parciales, propiciaron una asistencia más numerosa, que la que generalmente se tiene en estas sesiones.

Las sesiones de asesoría tenían como objetivo, dirigir al alumno para llegar a la resolución de algún problema, que previamente se había acordado con el profesor; el problema se seleccionaba cuidadosamente, por el grado de dificultad que se consideraba para cada caso, se buscaba que sirviera para instruir al estudiante, siguiendo la propuesta de enseñanza. Para que las sesiones no tuvieran características de rigidez, se ofrecieron, de manera indiscriminada, tanto para los estudiantes de los grupos a cargo del Profesor Román Tejeda como para los estudiantes de otros profesores, lo que en muchas ocasiones obligó a cambiar, sobre la marcha, los problemas que se planeaban resolver ya que se atendían dudas sobre otros contenidos temáticos y por lo tanto, “otros problemas”, pero siempre se persiguió cumplir con los objetivos de la propuesta de enseñanza. Es muy importante aclarar que, a los estudiantes, no se les resolvía a cabalidad el problema, sólo se les orientaba a través de preguntas, para que ellos mismos encontraran la posible solución.

A continuación, mediante algunos ejemplos, se mostrará de qué manera se orientaba al alumno para encontrar la solución del ejercicio planteado.

## Física I

### Problema 1

Una persona se encuentra de pie sobre una báscula de plataforma, que arroja resultado en Newton, en el interior de un elevador. Cuando el elevador se encuentra en reposo, la báscula indica que la persona pesa 750.0 N ¿Qué indica la báscula cuando el elevador

- a) Desciende con velocidad constante igual a 5.0 m/s?
- b) Ascende con aceleración constante de magnitud 3.0 m/s<sup>2</sup>?

Se les pidió a los alumnos que leyeran el problema cuidadosamente y que trazaran un dibujo que ayudara a visualizar tanto el problema como los datos que se proporcionaban.

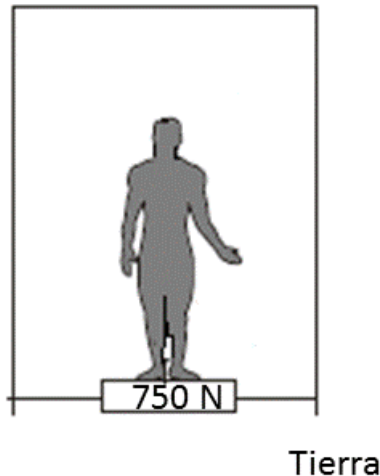


Figura 4.1 Representación del dibujo elaborado por los alumnos.

En el dibujo que elaboraron los participantes, se observaba a una persona dentro de un elevador, sobre una báscula que señalaba un peso de 750.0 N. Los alumnos destacaron que en su representación el elevador se encontraba en reposo. Con el dibujo anterior, se identificaron los datos brindados en el enunciado del problema y mediante un análisis de los mismos, se les sugirió a los participantes establecer qué se iba a calcular y cómo podría lograrse tal objetivo.

Un alumno indicó que, en ambos incisos, se tenía que calcular el peso del sujeto, que estaría indicado en la báscula, de acuerdo a las condiciones en las cuales se moviera el elevador y comentó que la suma de fuerzas en cada condición sería diferente debido a que *la fuerza que tenía el sujeto* era diferente en cada inciso, por lo tanto sugirió que se analizara cada condición por separado para calcular el peso. Con el comentario anterior, se hizo el siguiente interrogatorio: *¿Qué es la fuerza?* En su totalidad, los alumnos contestaron que la fuerza es *la masa por la aceleración*.

El concepto anterior es el que la mayoría de los estudiantes ha logrado conservar durante su trayectoria académica, sin embargo, esta definición está basada en una ecuación que relaciona la masa de un cuerpo con su aceleración, pero el concepto **fuerza** es más profundo que una simple relación funcional, es decir, la fuerza no es una “fórmula”.

Se les explicó que las fuerzas son acciones recíprocas entre dos o más cuerpos, que producen cambios en la forma y/o en el estado de movimiento de los mismos y que esta definición de fuerza obliga de una u otra manera a referirse a ellas en plural, ya que como son recíprocas, siempre hay más de una actuando. Las fuerzas no son propiedad de los cuerpos, ya que son acciones entre ellos. Por lo cual, no se pueden guardar o acumular. Las fuerzas sólo existen mientras se están ejerciendo o aplicando, entonces es incorrecto decir que un sujeto tiene fuerza, porque la fuerza no se posee, es una interacción.

Después de la breve explicación, se les preguntó a los alumnos si la definición de fuerza que ellos habían proporcionado con anterioridad pertenecía a algún tema en particular, que ya hubieran revisado durante su curso de Física I. Un estudiante comentó que era la segunda Ley de Newton.

Sin embargo, la segunda ley de Newton explica lo siguiente:

*La rapidez de cambio con respecto al tiempo del ímpetu de un cuerpo, es igual a la suma de las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo. En el caso particular de que la masa sea constante, la suma de las fuerzas externas será igual al producto de la masa del cuerpo por la aceleración del cuerpo.*

Para la resolución de problemas referentes a la dinámica, se les sugirió a los estudiantes seguir los pasos que a continuación se enlistan, como un medio de sistematizar sus acciones y facilitar su trabajo [ojo, se pide que el alumno sistematice su trabajo, no que lo mecanice].

- 1) Elaborar un dibujo que muestre los datos del problema.
- 2) Seleccionar el cuerpo (o los cuerpos) sobre los cuales se va a realizar el análisis.
- 3) Trazar un diagrama de cuerpo libre.
- 4) Aplicar la segunda Ley de Newton.

Se les hizo notar que, en el problema que les ocupa, el primer paso ya lo habían llevado a cabo, porque realizar un dibujo fue lo primero que se les pidió para identificar los datos del problema.

Para seleccionar el cuerpo, los participantes argumentaron que se deseaba conocer el peso del sujeto, que indicaría la báscula, en dos condiciones diferentes, por lo cual el cuerpo bajo estudio tenía que ser el sujeto que se encontraba dentro del elevador, sobre la báscula, ya que se esperaba que los cambios en la velocidad y/o aceleración del elevador tuvieran algún efecto en el peso del sujeto.

Se llevó a efecto una discusión amplia sobre la elección del cuerpo bajo estudio, algunos propusieron que mejor se tomara a la báscula como el elemento a analizar, se aclaró que era igual de acertado uno o el otro puesto que el individuo y la báscula se ejercían fuerzas recíprocas y al calcular una de ellas, se calculaba la otra.

Una vez elaborados los dos pasos anteriores, se les pidió a los alumnos que explicaran qué es un diagrama de cuerpo libre. Ninguno de los participantes logró brindar una explicación sobre dicho diagrama, incluso algunos participantes comentaron jamás haber escuchado algo sobre dicho diagrama, por lo tanto se les hizo la siguiente aclaración:

*Un diagrama de cuerpo libre es una representación gráfica en la cual se representa al cuerpo mediante un punto o por su contorno y se sustituye el ambiente, por las fuerzas que éste, ejerce sobre el cuerpo bajo estudio.*

Después de la explicación anterior se les pidió que elaboraran un diagrama de cuerpo libre para el o los incisos que creyeran convenientes en el problema.

Los estudiantes llevaron a cabo un diagrama de cuerpo libre para el inciso a, sin embargo, se les hizo recordar la primera Ley de Newton:

*Desde un sistema de referencia inercial, todo cuerpo mantiene su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme a menos que un agente externo, obligue a modificar dicho estado.*

El enunciado de la Primera Ley de Newton, permite afirmar que si el estado de movimiento del cuerpo es el de reposo o el de movimiento rectilíneo uniforme, no hay distinción, por lo tanto el peso que indicará la báscula en relación al inciso a, es el mismo que el que indica en reposo (750.0 N).

Fue preciso comentar que este problema se resuelve, desde un sistema de referencia inercial, fuera del elevador y aclarar que los sistemas de referencia inerciales son aquellos en los que se cumple el principio de inercia: para que un cuerpo posea aceleración ha de actuar sobre él una fuerza exterior. En estos sistemas se cumplen, por extensión los otros dos principios de la dinámica de Newton. Un sistema de referencia es no inercial cuando en él no se cumplen las Leyes del movimiento de Newton.

Después de la explicación anterior, se les sugirió a los participantes que sólo realizaran el Diagrama de cuerpo libre del inciso b, para lo cual fue importante analizar el ambiente para saber que fuerzas ejerce éste sobre el cuerpo bajo estudio y poder trazar el diagrama de cuerpo libre.

Elevador que asciende con aceleración constante ( $3.0 \text{ m/s}^2$ )

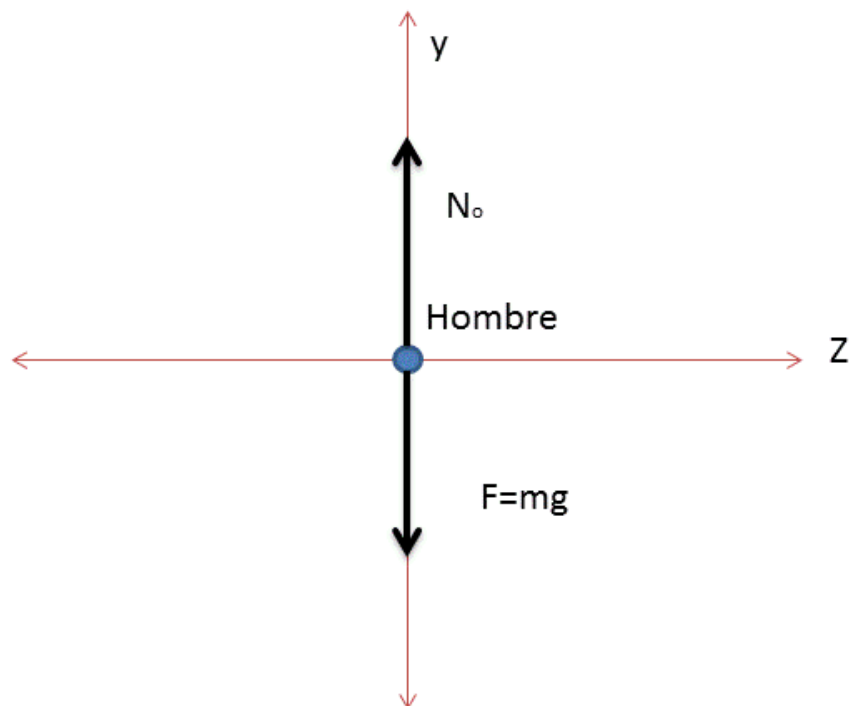


Figura 4.2 Diagrama de cuerpo libre para el hombre cuando el elevador asciende con aceleración constante de  $3.0 \text{ m/s}^2$ .



En el diagrama de cuerpo libre anterior, se quitó la báscula y se señaló la fuerza normal ( $N_0$ ) que la báscula ejerce sobre el cuerpo en estudio hacia arriba. Se quitó la Tierra y se señaló la fuerza ( $F=mg$ ) que ésta ejerce sobre el cuerpo hacia abajo.

Sobre el sujeto que está sobre la báscula, actúan únicamente dos fuerzas, ya esté en reposo o en movimiento: La fuerza gravitatoria,  $F_g$ , y la fuerza normal  $N_0$  debida al contacto con la báscula. Esta fuerza normal, es igual (por la tercera ley de Newton) a la que hace la persona sobre la báscula.

Aplicando la segunda ley de Newton al movimiento de la persona dentro del elevador:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

Sólo hay fuerzas en dirección vertical (en la cual se ha ubicado al eje “y” y asociado el vector unitario  $\vec{j}$ ) la fuerza  $\vec{N}_0$  que hace la báscula hacia arriba y la fuerza  $m\vec{g}$  que hace la tierra hacia abajo.

$$\vec{N}_0 - m\vec{g} = m\vec{a} \quad (2)$$

Con lo que la báscula indicará la magnitud de  $\vec{N}_0$

$$N_0 = mg + ma \quad (3)$$

En el inciso b, el movimiento es acelerado hacia arriba, con

$$\vec{a} = \frac{3.0m}{s^2} [\vec{j}]$$

La báscula marcará:

$$N_0 = mg + ma = 75.0kg(10.0 \frac{m}{s^2}) + 75.0kg(3.0 \frac{m}{s^2}) = 975.0N$$

Es claro que se está considerando:

$$|\vec{g}| = 10.0 \frac{m}{s^2}$$

Conociendo el valor de la aceleración de la gravedad y el peso del sujeto en Newton, es posible determinar la masa del mismo, para que tal dato sea empleado en la ecuación planteada previamente. Debe quedar claro, que masa y peso son dos conceptos diferentes. El peso de cualquier cuerpo es la fuerza con la cual dicho cuerpo es atraído verticalmente hacia el centro de la tierra por la gravedad terrestre y la masa es la resistencia que opone el cuerpo a cambiar su estado de movimiento.

La intención de este problema fue que el alumno adquiriera una comprensión cabal de los sistemas de referencia inerciales y no inerciales, y por lo tanto, una buena comprensión de la 1ª y 2ª Ley de Newton.

## Problema 2

Un bloque A de masa  $M_A = 5.0$  kg, que se encuentra a una altura de 125.0 cm, se suelta a partir del reposo para que resbale sobre un plano inclinado  $60^\circ$  con la horizontal. Al llegar a la base del plano, el bloque continúa moviéndose sobre una mesa horizontal. Al iniciar su movimiento sobre la mesa, choca de manera inelástica con otro bloque B, hecho del mismo material, cuya masa es  $M_B = 7.5$  kg, de manera que ambos permanecen unidos después del choque. Considere que la fricción entre el bloque A y el plano inclinado es nula. Si ambos bloques recorren 0.60 m antes de detenerse, sobre la mesa ¿cuál es el valor del coeficiente de fricción cinética entre los bloques y la mesa?

Este problema fue seleccionado debido a que presenta muchas aristas interesantes para realizar discusiones con los estudiantes; se debe notar que:

1.- Al escoger el plano inclinado sin fricción, es irrelevante la inclinación del mismo, es un mero artificio para ubicar al cuerpo, cuando para ello se emplea el principio de conservación de la energía mecánica.

2.- Se hacen, de manera implícita, algunas “extrapolaciones” que resultan válidas en el contexto del problema. Mediante el uso del principio de conservación de la energía mecánica, se calcula **la velocidad** del bloque, que necesariamente tendrá la dirección que indique la inclinación del plano, pero, se usa **la rapidez** y se supone que ésta se conserva cuando se cambia la dirección del movimiento del bloque, que inicialmente es la del plano inclinado, a la de la mesa horizontal y nuevamente, se considera una velocidad, en un sistema de referencia diferente.

3.- Se va a llevar a cabo una colisión perfectamente inelástica, entre dos bloques que se están considerando como “partículas”. Van a quedar unidos y formarán “una sola partícula”. Las características de la colisión permitirán usar el

principio de conservación del ímpetu, no así el principio de conservación de la energía mecánica.

4.- Pese a que se considera “una partícula” para el caso de la aplicación de la fuerza normal de reacción de la mesa  $N_0$  y de la atracción gravitacional, se está considerando que el bloque compuesto “es un cuerpo” que será actuado en su movimiento por la fuerza de fricción.

5.- Para calcular el coeficiente de fricción cinética, se usa el Teorema del trabajo y la variación de la energía cinética.

Para resolver este problema se les sugirió a los participantes leyeran con detenimiento el problema, para extraer los datos proporcionados e identificar los conceptos que se pudieran emplear para contestar la interrogante.

Los alumnos señalaron lo siguiente:

- Bloque A con masa de 5.0 kg a una altura de 125 cm sobre un plano inclinado a  $60^\circ$  con la horizontal.
- Bloque A resbala sobre el plano inclinado partiendo del reposo.
- Bloque B con masa de 7.5 kg, inicialmente en reposo.
- Ambos bloques son del mismo material.
- Cuando el bloque A llega a la base del plano, choca inelásticamente con el bloque B.
- Ambos bloques recorren juntos 0.60 m antes de detenerse.
- Se pregunta por el valor del coeficiente de fricción cinética entre los bloques y la mesa.

Después de haber atendido la sugerencia anterior, se les preguntó, cuáles conceptos consideraban serían útiles para resolver el problema.

Los alumnos destacaron los siguientes:

- Choque inelástico perfecto.
- Coeficiente de fricción cinética.

Debido a su respuesta, se logró identificar que los alumnos no fueron capaces de detectar otros conceptos que estaban sumergidos en el problema, por ejemplo, los tipos de energía involucrados, y algunos principios que serían de utilidad para resolver satisfactoriamente el problema, de los cuales se hablará más adelante.

Se les preguntó a los alumnos sobre la importancia de considerar que la fricción entre el bloque y el plano inclinado fuera nula, a lo cual no le encontraron importancia alguna.

Los alumnos destacaron choque inelástico y coeficiente de fricción cinética como los conceptos principales para resolver el problema, por lo tanto se les preguntó sobre su significado o idea principal de los mismos.

Los alumnos indicaron lo siguiente:

- *Un choque inelástico es una colisión en la cual no se cumple que la suma de las energías cinéticas de los cuerpos involucrados sea la misma antes y después del choque.*
- *El coeficiente de fricción cinética es “como la oposición” al movimiento entre dos superficies.*

Primero se les explicó que en una colisión perfectamente inelástica los cuerpos que chocan, se adhieren entre sí y se mueven como un solo cuerpo después del choque y que en estas colisiones inelásticas se conserva el ímpetu del sistema, pero no se puede rastrear la energía cinética en la colisión, ya que parte de ella se convierte en otras formas de energía. En cuanto al coeficiente de fricción cinética, se les comentó que es una constante de proporcionalidad entre fuerzas.

Después de haber analizado lo anterior, se les pidió a los alumnos que determinaran los pasos a seguir, para encontrar la respuesta a lo que se preguntaba en el problema.

Los alumnos respondieron que necesitaban la “fórmula” del choque inelástico para comenzar a resolver el problema, pero más que una “fórmula” se les proporcionó la siguiente información:

En una colisión inelástica no se conserva la energía, pero sí el ímpetu total del sistema, por lo cual es importante tener en mente la Ley de conservación del ímpetu que explica que:

*El ímpetu total de los cuerpos que chocan es igual antes y después de la colisión.*

Lo anterior se puede expresar matemáticamente como a continuación:

$$\vec{p}_i = \vec{p}_f \quad (4)$$

En donde los subíndices i, f se refieren a las condiciones “antes de la colisión” y “después de la colisión”, respectivamente.

$$m_A \vec{v}_{Ai} + m_B \vec{v}_{Bi} = m_A \vec{v}_{Af} + m_B \vec{v}_{Bf} \quad (5)$$

Como el ímpetu se conserva, el ímpetu antes de la colisión es igual al ímpetu del sistema después de la colisión.

Se les pidió a los participantes que de la ecuación anterior asociaran los datos que conocían, a lo que señalaron que sólo conocían las masas de los bloques.

Se les hizo notar que la velocidad inicial del bloque B era cero, y que la velocidad inicial del bloque A podía ser calculada bajo la ley de la conservación de la energía mecánica, la cual señala:

*Para un sistema cerrado, en ausencia de fuerzas disipativas, la energía mecánica es una constante.*

Para aplicar exitosamente el principio de conservación de la energía mecánica, se les recordó que la energía mecánica es la suma de las energías potenciales y la energía cinética, además se les recomendó, ubicar dos momentos importantes en el problema, para los cuales se pudiera determinar la energía mecánica, de manera que al considerar la igualdad de la energía mecánica en dichos momentos, se pudieran obtener los datos que se buscaban (debe hacerse hincapié en el hecho de que “momento” en este contexto significa: momento en sentido temporal o bien, configuración del sistema).

Energía mecánica en el momento “i” = Energía mecánica en el momento “f”

$$K_i + \sum U_i = K_f + \sum U_f \quad (6)$$

Donde, K se refiere a la energía cinética del sistema y U a las energías potenciales que pudieran intervenir en el problema.

Se usó el principio de conservación de la energía mecánica para calcular la velocidad del bloque A cuando llega a la base del plano inclinado.

En este caso, como energía potencial, sólo interviene la energía potencial gravitacional del sistema bloque + tierra, por lo cual, la expresión queda:

$$m_A g h_i + \frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 = m_A g h_f + \frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 \quad (7)$$

Esta ecuación se aplica estrictamente sólo en los casos donde no hay fuerzas disipativas y no se añade (o se disipa) energía al sistema, es por ello que es importante que en el problema se explique que la fricción entre el bloque y el plano inclinado es nula.

Se decidió ubicar el cero de la energía potencial gravitacional del sistema Tierra-Bloque A, a la altura de la mesa, que es la misma que la altura de la base del plano inclinado.

Se hizo la hipótesis de que, la rapidez con la que el bloque tocaba la base del plano, era la misma rapidez con la que se desplazaba sobre la mesa. De esa manera, se puede aplicar el principio de conservación del ímpetu del sistema, considerando las velocidades de los bloques en la dirección horizontal.

Cuando el bloque A se encuentra sobre el plano inclinado a una altura de 125 cm, la energía mecánica total es igual a la suma de las energías potencial gravitacional y cinética del sistema (Bloque A-Tierra).

Como existe una altura  $h$  de 125 cm, con respecto al nivel en donde se hizo que la energía potencial gravitacional del sistema bloque-Tierra, tomará el valor cero, se le puede asociar una energía potencial gravitacional, distinta de cero al sistema. La velocidad inicial del bloque A es cero y se considera a la Tierra esencialmente en reposo, por lo que la energía cinética inicial del sistema es igual a cero.

$$E = U + K = m_A g h_i + \frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 = m_A g h_i \quad (8)$$

Cuando el bloque se ha deslizado por completo sobre el plano inclinado, la energía mecánica total también es igual a la suma de las energías potencial gravitacional y cinética. En este punto, la altura a la que se encuentra el bloque es igual a cero (porque así se eligió) y el bloque ha adquirido una velocidad  $v_f$ , por lo tanto, la energía potencial gravitacional del sistema es igual a cero.

$$E = U + K = m_A g h_f + \frac{1}{2} m_A v_f^2 = \frac{1}{2} m_A v_f^2 \quad (9)$$



Empleando el principio de conservación de la energía mecánica, se establece que la energía total en el momento “i” es igual a la energía mecánica en el momento “f”, por lo que, empleando la nomenclatura correspondiente:

$$m_A g h_i = \frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 \quad (10)$$

De la ecuación anterior, se puede despejar la rapidez del bloque A:

$$v_{Af} = \sqrt{2gh_i} \quad (11)$$

Se ha calculado la rapidez con la que el bloque A llega a la base del plano. Se supuso que esa rapidez es la misma con la que el bloque se deslizará sobre la mesa horizontal. Con esa rapidez se estima a la velocidad con la que se desplaza el bloque, en dirección horizontal.

Cuando se conoce la velocidad del bloque A, dicho dato se puede sustituir en la ecuación que se había planteado de la ley de la conservación del ímpetu, de tal manera que la única incógnita que queda por calcular, es la velocidad a la cual los dos bloques van a avanzar juntos:

Donde ahora  $\vec{v}_{Af}$  se convierte en  $\vec{v}_A$

$$\vec{v}_{AB} = \frac{m_A \vec{v}_A}{m_A + m_B} \quad (12)$$

Una vez obtenida la ecuación anterior, se les preguntó a los participantes si con ella, ya podrían determinar el coeficiente de fricción cinética solicitado. Era natural que su respuesta fuera una negación ya que en la ecuación no lograron detectar al coeficiente de fricción como una variable.

Entonces se les hizo recordar el Teorema del trabajo y la variación de la energía cinética, el cual se enuncia a continuación:

*El trabajo que realiza la suma de las fuerzas externas aplicadas a una partícula, es igual al cambio en la energía cinética de esa partícula.*

$$W = \Delta K \quad (13)$$

$$W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad (14)$$

Del texto del problema, se sabe que después de desplazarse 0.60 m, los bloques dejan de moverse, por lo cual la energía cinética final será igual a cero.

$$W = 0 - \frac{1}{2}m_{AB}v_{AB}^2 \quad (15)$$

Al llegar a este punto se les preguntó a los participantes por la definición de trabajo, a lo que ellos contestaron que es la *fuerza por distancia*. Se les comentó que la función trabajo, es la resultante del producto interior, entre el vector fuerza (aplicada al cuerpo) y el vector desplazamiento (sufrido por el cuerpo) y se les hizo notar que la fuerza a la cual se refería este punto era la fuerza de fricción, por lo tanto se obtuvo la siguiente ecuación:

$$W = \vec{f} \cdot \vec{r} = -\frac{1}{2}m_{AB}v_{AB}^2 \quad (16)$$

Donde  $\vec{f}$  = vector fuerza y  $\vec{r}$  = vector desplazamiento

La fuerza de fricción es una fuerza que se opone siempre al movimiento relativo entre, al menos, dos superficies en contacto. Surge (por ejemplo) al tratar de desplazar un objeto que se encuentra en contacto con otro.

En el caso de este problema:

$$W = |\vec{f}| |\vec{r}| \cos 180^\circ = -fr \quad (17)$$

La fuerza de fricción que actúa cuando un cuerpo se desliza sobre una superficie se denomina fuerza de fricción cinética  $f_k$ . Esta fuerza es proporcional a la fuerza normal entre las superficies:

$$\vec{f}_k \propto \vec{N}_0 \quad (18)$$

La constante de proporcionalidad para la relación anterior recibe el nombre de coeficiente de fricción cinética  $\mu_k$  y su valor depende de la naturaleza de las superficies: dentro de ciertos límites, mientras más lisas sean las superficies, menor será el valor de la constante.

Entonces, a la fuerza de fricción cinética se le puede expresar en la forma:

$$\vec{f}_k = \mu_k \vec{N}_0 \quad (19) \quad \left| \vec{f}_k \right| = \left| \mu_k \vec{N}_0 \right| \quad (20)$$

Con la información anterior, se obtiene:

$$-f_k(r) = -\frac{1}{2} m_{AB} v_{ABf}^2 \quad (21)$$

$$-\mu_k N_0 r = -\frac{1}{2} m_{AB} v_{ABf}^2 \quad (22)$$

$$\mu_k = \frac{m_{AB} v_{ABf}^2}{2 N_0 r} \quad (23)$$

Como se observa, ahora se tienen todas las variables que permitirán obtener el valor del coeficiente de fricción cinética, lo único que falta es sustituir los datos que proporciona el texto del problema.

La velocidad final común que adquiere el conjunto de masa AB es igual a:

$$v_{AB} = \frac{m_A v_A}{m_A + m_B} \quad (24)$$

$$|\vec{v}_{AB}| = \left| \frac{m_A \vec{v}_A}{m_A + m_B} \right| = \frac{5.0\text{kg}(5\text{m/s})}{5.0\text{kg} + 7.5\text{kg}} = 2.0\text{m/s}$$

Empleando el teorema del trabajo y la variación de la energía cinética se tiene:

$$W = 0 - \frac{1}{2} m_{AB} v_{ABf}^2 = -\frac{1}{2} (5\text{kg} + 7.5\text{kg})(2\text{m/s})^2 = -25.0\text{J}$$

El trabajo en este problema es igual a:

$$W = \vec{f} \cdot \vec{r} = -\frac{1}{2} m_{AB} v_{ABf}^2 = -|\vec{f}| |\vec{r}| = -25.0\text{J}$$

Debido a que la fuerza de fricción cinética se expresó en la forma  $f_k = \mu_k N$ , se tiene la siguiente ecuación:

$$-\mu_k \vec{N}_0 r = -\frac{1}{2} m_{AB} \vec{v}_{ABf}^2 \quad (25)$$

$$|-\mu_k \vec{N}_0 r| = \left| -\frac{1}{2} m_{AB} \vec{v}_{ABf}^2 \right| \quad (26)$$

Donde se ha considerado:

$$\vec{N}_0 = m_{AB} \vec{g} \quad (27)$$

$$|\vec{g}| = 10.0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

De la ecuación anterior, se despeja el coeficiente de fricción cinética y al sustituir los valores conocidos se obtiene como resultado:

$$\mu_k = \frac{m_{AB} v_{ABf}^2}{2N_0 r} = \frac{12.5\text{kg}(2\text{m/s})^2}{2(125\text{N})(0.6\text{m})} = 0.3$$

Este problema se planteó para que el alumno fuera capaz de visualizar la importancia de formar un conocimiento sólido de los conceptos que se abordan en clase, ya que esto les facilitará observar las conexiones entre diferentes temas y les ayudará a resolver los ejercicios de una manera efectiva.

Es decir, el problema fue resuelto ENLAZANDO CONCEPTOS. Es conveniente mencionar que en este momento pedagógico, se hizo énfasis a los estudiantes sobre el hecho de que “los conceptos” no “son sólo fórmulas” y que basta con entenderlos cabalmente, para poder usarlos de manera eficiente en la resolución de problemas prácticos del campo de la Física. También se les comentó, que es de suma importancia leer cuidadosamente cada ejercicio, para obtener la información (que no siempre es explícita) que permitirá llegar a una solución adecuada del mismo.

## Física II

### Problema 1

En los vértices de un triángulo equilátero de 1.0 m de lado se colocan tres cargas eléctricas puntuales de + 0.1 C. Si se está suministrando energía a razón de 1.0 kW ¿Cuánto tiempo tomará hacer llegar, llevándola con rapidez constante, a cualquiera de las cargas, hasta el punto medio de la línea que une a las otras dos?

Lo primero que se les sugirió a los alumnos es que, del texto del problema, extrajeran los datos que serían útiles para resolverlo. Ellos identificaron los datos y respondieron lo siguiente:

- *El triángulo es equilátero*
- *La longitud de cada lado es 1.0 m*
- *Cada carga eléctrica tiene valor +0.1 C*
- *La energía se suministra a razón de 1.0 kW*

Se preguntó el significado que tiene la frase “suministrando energía a razón de 1.0 kW” se les pidió que identificaran el concepto pero fueron incapaces; se les hizo reflexionar sobre la equivalencia entre trabajo y energía, se les llevó a identificar la rapidez con la que se realiza un trabajo como potencia y por tanto, la rapidez con la que se suministra o se disipa la energía, también es identificada como potencia.

Se les interrogó sobre: ¿Qué es lo que se les pregunta? ¿Qué se debe hacer para responder? ¿En qué unidades de medida se expresará la respuesta?

Su respuesta fue: *Tiempo y se medirá en segundos.*

Se les interrogó sobre ¿Qué importancia tiene el que la carga sea llevada con rapidez constante? ¿En qué cambia el problema si la carga no es movida con rapidez constante?

Respondieron que no tenía importancia y no encontraron alguna razón para que fuera con rapidez constante.

Se les pidió que encontraran y explicaran la forma en que se iba a resolver el problema y como respuesta dijeron que tendrían que encontrar la fórmula que les permitiría responder la pregunta.

Es claro que no encontraron alguna fórmula que se adaptara a los datos con los que contaban.

Se les pidió a los alumnos que explicaran el problema “con sus propias palabras”, para saber si realmente lo entendían. Algunos lograron repetir el enunciado, pero se percibía que no comprendían en su totalidad la tarea que deberían llevar a cabo, por lo tanto se procedió a realizar un interrogatorio que dirigiera la actividad a realizar, algunas preguntas se consignan a continuación:

Explica que es un triángulo equilátero

Entre todos los estudiantes llegaron a que un triángulo equilátero es el que tiene sus tres lados iguales, sus ángulos interiores iguales y de valor  $60^\circ$  y se hizo la siguiente figura.

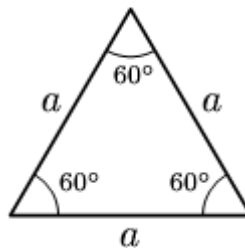


Figura 4.3 Triángulo equilátero.

El que el triángulo fuera equilátero, no les decía a los estudiantes algo adicional a que sus lados son iguales, por lo tanto, se colocaron las cargas en los vértices, se numeraron para distinguirlas y se les pidió que indicaran:

¿Cuál de las cargas se debe mover?

¿En qué dirección?

¿De qué forma?

¿Desde dónde?

¿Hasta dónde?

Se les pidió indagar sobre los vocablos:

Vértice

Equilátero

Perpendicular

Bisectriz

Simétrico

Luego de simular el movimiento para cada una de las tres cargas, se hizo notar que el problema era simétrico, se entendió que cada carga habría de desplazarse sobre la perpendicular a la línea que une a las otras dos y que esta línea es la bisectriz del ángulo correspondiente al vértice en donde está colocada la carga.

Entonces, los estudiantes entendieron que era indiferente al problema, cuál de las cargas habría de moverse.

Sin entender aún la razón, se acordó que la carga se llevaría con rapidez constante.

Quedó claro que habría de llevarse a una de las cargas desde el lugar en que se encontraba y hasta el punto medio de la línea que une a las otras dos. Por tanto se entendió que la carga habría de recorrer la “distancia” que en la Figura 4.4, está representada como Z.



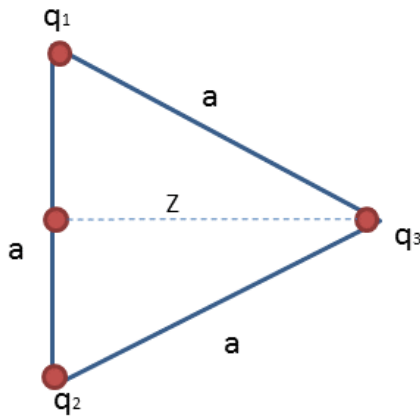


Figura 4.4 Ejemplifica la situación del problema.

Como los estudiantes no encontraron la fórmula mágica para resolver el problema, se les pidió encontrar el concepto central para resolverlo.

Los alumnos participantes coincidieron en que el enunciado clave para resolver el problema era la energía suministrada a razón de 1.0 kW.

Como ya se había hecho, se identificó la potencia como el ritmo con que se suministra la energía y se procedió a matematizar el problema:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{U}{t} \quad (28)$$

Donde P = potencia; W = Trabajo; U = energía

Por lo tanto se obtiene  $t = \frac{W}{P}$  (29)

Ahora resultaba claro que si se calculaba el trabajo W y su valor numérico se dividía entre el de la potencia P se obtendría el tiempo, que era la incógnita del problema.

Se preguntó por el concepto “trabajo”.

Los alumnos (en su totalidad) respondieron que el trabajo es ¡la fuerza por la distancia!.

Se resolvieron algunos ejemplos simples de cálculo de trabajo mecánico donde se mostraba que su concepción de “fuerza por distancia” es errónea y quedó establecido y comprendido, que la función trabajo, es la resultante del producto interior, entre el vector fuerza (aplicada al cuerpo) y el vector desplazamiento (sufrido por el cuerpo) en forma matemática:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{r} \quad (30)$$

Donde  $\vec{F}$  = vector fuerza aplicada y  $\vec{r}$  = vector desplazamiento

Se hicieron ejemplos sencillos de cálculo de trabajo y se mostró que la expresión matemática  $W = \vec{F} \cdot \vec{r}$  sólo es aplicable, en el caso en que la fuerza  $\vec{F}$  sea constante y cuando dicha fuerza sea variable, entonces el trabajo mecánico habrá de calcularse como:

$$W = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (31)$$

Donde:

$\vec{F}$  = vector fuerza aplicada

$d\vec{r}$  = elemento diferencial de vector desplazamiento

Después de haber realizado las aclaraciones anteriores, se procedió a resolver el problema en cuestión.

### Datos

$$a = 1.0 \text{ m}$$

$$q = 0.1 \text{ C}$$

$$P = 1000 \text{ W}$$

$$t = ?$$

La expresión matemática, que permite calcular la fuerza de interacción entre las cargas eléctricas puntuales, está dada por la Ley de Coulomb:

$$\vec{F}_{2,1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad \text{ó} \quad \vec{F}_{2,1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r} \quad (32)$$

Donde el subíndice 2,1 de la variable  $\vec{F}$  indica que se está calculando la fuerza, que sobre la partícula cargada 2, ejerce la partícula cargada 1;  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = k$  es una constante,  $\epsilon_0 =$  Permitividad eléctrica del vacío,  $\vec{r}$  = vector que localiza a  $q_2$  desde  $q_1$  y  $\hat{r}$  es un vector unitario paralelo a  $\vec{r}$ .

La validez y aplicación del principio de superposición de las fuerzas presentes, necesitó una discusión amplia con los estudiantes, todos ellos lo consideran como un principio válido siempre (para todo caso) y como algo sin importancia.

Haciendo uso de la Ley de Coulomb, se calculó primero la fuerza que sobre  $q_3$  ejercía  $q_1$ , a continuación se calculó la fuerza que sobre  $q_3$  ejercía  $q_2$  y se procedió a sumarlas, empleando el principio de superposición.

La casi totalidad de los estudiantes tuvieron dificultades para identificar que se estaba haciendo una suma vectorial, tuvieron dificultad para utilizar la simetría de las componentes vectoriales y para descomponer a los vectores fuerza en componentes vectoriales ortogonales.

A continuación se muestra la figura que fue elaborada para resolver el problema:

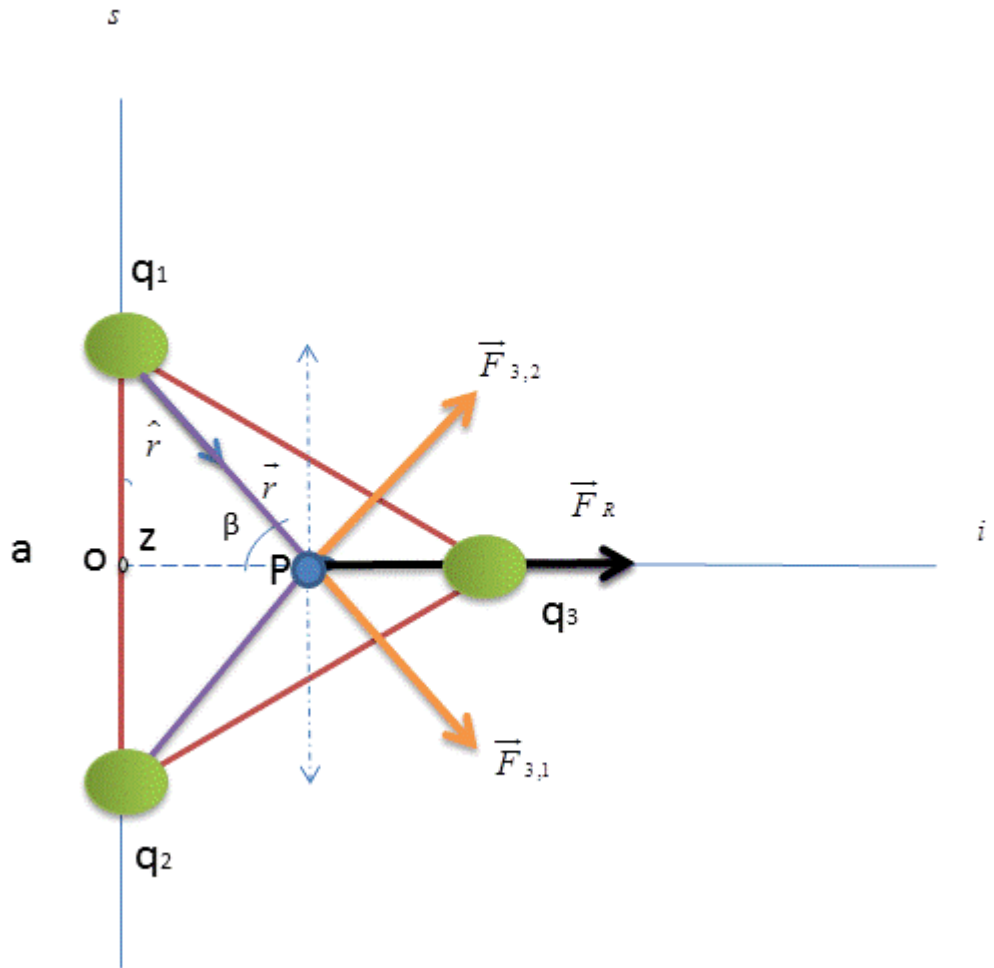


Figura 4.5 Muestra la fuerza que ejercen las partículas cargadas 1 y 2 sobre la partícula cargada 3.

Se están calculando las fuerzas que sobre la partícula cargada q3 ejercen tanto q1 como q2 en un punto P cualquiera de la longitud Z que habrá de recorrer la partícula cargada q3.

Como se mencionó con anterioridad, se calcula la fuerza que sobre q3 hace q2 y la fuerza que sobre q3 hace q1 para posteriormente sumarlas y obtener la fuerza resultante:

$$\vec{F}_{3,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_3 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (33)$$

Debido a que las cargas son iguales y se encuentran localizadas en un triángulo isósceles, para toda posición P a lo largo de Z, se cumplirá:

$$|\vec{F}_{3,2}| = |\vec{F}_{3,1}| \quad (34)$$

Como se muestra en la figura 4.5 al descomponer la  $\vec{F}_{3,2}$  y la  $\vec{F}_{3,1}$  en sus componentes en las direcciones de los vértices unitarios  $\hat{s}$  e  $\hat{i}$ , se observa que las componentes en  $\hat{s}$  por ser de la misma magnitud y estar en sentido contrario se anulan, por lo tanto las únicas que contribuirán en la fuerza resultante son las componentes en  $\hat{i}$ .

Para este caso, empleando el  $\text{Cos } \beta$  se puede encontrar el valor del componente proyectado sobre  $\hat{i}$ .

$$|\vec{F}_{3,2i}| = |\vec{F}_{3,2}| \text{Cos } \beta \quad (35) \quad |\vec{F}_{3,1i}| = |\vec{F}_{3,1}| \text{Cos } \beta \quad (36)$$

La fuerza resultante será la suma de  $\vec{F}_{3,2}$  y  $\vec{F}_{3,1}$

$$\vec{F}_R = (F_{3,2} \text{Cos } \beta + F_{3,1} \text{Cos } \beta) \hat{i} \quad (37)$$

Realizando las sustituciones pertinentes

$$\vec{F}_R = 2 \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} \text{Cos } \beta \right) \hat{i} \quad (38)$$

$$\text{Donde } \text{Cos } \beta = \frac{z}{|\vec{r}|}$$

$$\vec{F}_R = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 z}{r^3} \hat{i} \quad (39)$$

Empleando el teorema de Pitágoras en el triángulo  $q_1, P, O$  ilustrado en la figura 4.5, se cumple que:

$$r = \sqrt{z^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} \quad (40)$$

Por lo tanto:

$$\vec{F}_R = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 z}{\left[\left(\frac{a}{2}\right)^2 + z^2\right]^{\frac{3}{2}}} \hat{i} = \frac{2q^2 z}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{\left[\left(\frac{a}{2}\right)^2 + z^2\right]^{\frac{3}{2}}} \hat{i} \quad (41)$$

Donde se usa, por conveniencia, el valor numérico:

$$k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

Resulta conveniente denominar al elemento diferencial de desplazamiento sobre  $z$  como  $d\vec{z}$  y es claro que el desplazamiento que va a realizar la partícula cargada 3 va a ser en sentido  $(-\hat{i})$ , es decir, en sentido contrario de la Fuerza que realizan las partículas 2 y 1.

Conociendo tanto el valor del vector fuerza como el del elemento diferencial desplazamiento se puede calcular el trabajo.

$$W = \int_{z_1}^{z_2} \vec{F} \cdot d\vec{z} \quad (42)$$

Siendo los límites de la integral:

$$z_1 = \sqrt{(a)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} \quad z_2 = 0$$

Al sustituir los datos anteriores se tiene:

$$W = \int \left[ \vec{F}_T \parallel d\vec{z} \right] \cos 180^\circ \quad (43)$$

$$W = - \int_{z_1}^{z_2} \frac{2kq^2 z}{\left[\left(\frac{a}{2}\right)^2 + z^2\right]^{\frac{3}{2}}} dz = -kq^2 \int_{z_1}^{z_2} \frac{2z dz}{\left[\left(\frac{a}{2}\right)^2 + z^2\right]^{\frac{3}{2}}} \quad (44)$$

Se lleva a cabo la integración mediante el cambio de variable:

$$u = \left(\frac{a}{2}\right)^2 + z^2 \quad du = 2zdz$$

$$W = -kq^2 \int \frac{du}{u^{\frac{3}{2}}} = -kq^2 \int u^{-\frac{3}{2}} du = \frac{2kq^2}{u^{\frac{1}{2}}} = \frac{2kq^2}{\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + z^2}} \quad (45)$$

$z=0$   
 $z=\sqrt{a^2-\left(\frac{a}{2}\right)^2}$

Evaluando el trabajo y realizando las sustituciones pertinentes:

$$W = \frac{2kq^2}{\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2}} - \frac{2kq^2}{\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2}\right)^2}} = \frac{2kq^2}{a} = 2 \left( 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \right) \left( \frac{(0.1C)^2}{1.0m} \right) = 1.8 \times 10^8 J$$

Es importante resaltar que, sólo si se lleva a la partícula 3 con velocidad constante, se sabe que la fuerza que realizan las partículas 2 y 1 sobre ésta es exactamente la fuerza que el agente externo tendría que ejercer para cambiar a la partícula 3 de posición.

Una vez que se ha determinado el trabajo, sólo se procede a realizar las respectivas sustituciones en la ecuación:

$$P = \frac{W}{t} \quad t = \frac{W}{P} \quad t = \frac{180,000,000J}{1,000W} = 1.8 \times 10^5 s$$

Este tiempo corresponde, aproximadamente, a dos días.

La resolución anterior fue sugerida por los alumnos acorde con los conceptos previos que pudieron recordar; sin embargo, como se muestra en el ejercicio, es un método largo que involucra conocimientos firmes de álgebra y cálculo, y por lo general el estudiante carece de ellos.

Después de haber resuelto el problema empleando el método anterior, se les hizo ver a los alumnos que si se emplea el concepto potencial eléctrico, también se puede calcular el trabajo realizado al mover una carga  $q$  entre un punto (A) y un punto (B).

Se identificó como diferencia de potencial electrostático  $\Delta V = V_B - V_A$  al trabajo por cada unidad de carga, que habrá de realizarse para cambiar al sistema, de la configuración A a la configuración B. Matemáticamente se expresa:

$$\Delta V = \frac{W_{AB}}{q} \quad (46)$$

Por lo tanto, se tiene que calcular el potencial eléctrico de la configuración de tres cargas, cuando la carga  $q_3$  de la Figura 4.6 se encuentre en la posición original A (esto es, cuando las tres cargas forman el triángulo equilátero), hasta la posición final B (cuando las tres cargas quedan ubicadas en una línea recta, de longitud "a" con  $q_1$  y  $q_2$  en los extremos y  $q_3$  en el centro de dicha línea).

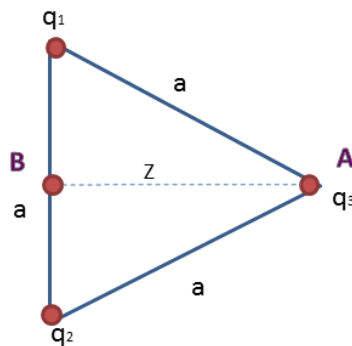


Figura 4.6 Muestra la posición inicial (A) y la posición Final (B) que tendrá la partícula  $q_3$ .



El potencial eléctrico se calcula de la siguiente manera:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad (47)$$

Se puede usar el principio de superposición para el cálculo del potencial eléctrico y por lo tanto, el potencial en un punto P debido a dos cargas eléctricas, es la suma de los potenciales debido a cada carga individual en dicho punto.

Empleando los datos del problema, se obtiene lo siguiente:

Potencial eléctrico inicial

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a} = 2 \left[ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a} \right] \quad (48)$$

Potencial eléctrico final

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a/2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a/2} = 2 \left[ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a/2} \right] = 4 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a} \quad (49)$$

Por lo tanto, la diferencia de Potencial es:

$$\Delta V = V_B - V_A = (4-2) \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a} = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a} \quad (50)$$

Por lo que:

$$\Delta V = \frac{W_{AB}}{q} \quad (51)$$

$$W_{AB} = (\Delta V)q \quad (52)$$

$$W_{AB} = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a} = 2 \left( 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \right) \frac{(0.1C)^2}{1.0m} = 1.8 \times 10^8 J$$

Entonces:

$$t = \frac{W}{P} = \frac{180,000,000J}{1,000W} = 1.8 \times 10^5 s$$

Ya se había calculado que este tiempo es aproximadamente igual a dos días.

Como se observa, con un procedimiento más sencillo, es posible obtener el mismo resultado. Lo anterior con el uso del concepto potencial eléctrico, que también ya fue revisado durante las clases del curso de Física II.

Debe notarse que, usando el potencial electrostático, no se tuvieron que usar los métodos de integración. La suma de potenciales, dado que es un concepto escalar, fue simple, por ello no se necesitó usar suma de vectores e incluso, por la simplicidad del procedimiento ni siquiera fue necesario usar conceptos de geometría euclidiana.

Justamente aquí radica la importancia de que el alumno descubra que muchos conceptos que ya posee, pueden ser empleados para resolver la mayoría de los problemas que se le plantean y que estos conceptos pueden llevarlo a emplear diferentes métodos que pudieran facilitar la resolución del problema.

## Problema 2

**Una Carga puntual  $Q$  se divide en dos partes,  $q$  y  $(Q-q)$ . ¿Cuál es la relación entre  $q$  y  $Q$  si las dos partes separadas a una distancia dada, han de tener una repulsión coulombiana máxima?**

Primero se les pidió a los alumnos que mencionaran los datos que ofrece el enunciado y respondieron lo siguiente:

- *Carga  $Q$  dividida en  $q$  y  $(Q-q)$ .*
- *“Se tiene” repulsión coulombiana máxima.*

Se les interrogó de nuevo sobre: ¿Qué es lo que se les pregunta? ¿Qué se debe hacer para responder? ¿En qué unidades de medida se expresará la respuesta?

Todos explicaron que se preguntaba la relación de  $q$  con  $Q$ , sin embargo, el impedimento principal para resolver el problema fue que no entendían la pregunta, no sabían que es una relación matemática hasta que fue expresada como: ¿De qué forma se puede expresar a  $q$  en función de  $Q$ ? o bien, ¿cuál es el valor de  $n$  que hace cierta la expresión matemática  $q = nQ$ ?

Los participantes no tuvieron claro lo que deberían hacer para resolver el problema ya que todos sus intentos para encontrar la “fórmula” que les permitiría establecer dicha relación fueron fallidos. En cuanto a las unidades, por ser una relación, llegaron a la conclusión de que serían sólo dígitos.

Para orientar la resolución del problema, se les pidió que mencionaran qué es una carga puntual y cuáles son sus características. La mayoría dijo que una carga puntual es “*como un punto*”, pero no lograron caracterizarlo.

Entonces se les explicó que una carga puntual es una carga eléctrica hipotética, de magnitud finita, contenida en un punto geométrico, carente de toda dimensión, es decir que no posee ningún atributo que se refiera a su tamaño, como por ejemplo: volumen, superficie o longitud. Partiendo de este concepto, es importante hacer notar que tal carga puntual no existe, que es una idealización y

que ellos deben tratar de visualizar estas consideraciones, al resolver algún problema.

En cuanto al enunciado clave para resolver el problema, todos coincidieron que el “secreto” se encontraba en que las dos partes separadas a una distancia dada, habían de tener una repulsión coulombiana máxima.

Ahora bien, ¿qué significó para los alumnos que la repulsión coulombiana fuera máxima? y ¿por qué razón la fuerza experimentada tenía que ser de repulsión? que la fuerza fuera de repulsión les indicaba que ambas partes tenían el mismo signo, lo cual era lógico, porque ambas partes procedían de la misma carga puntual y que la repulsión coulombiana fuera máxima les daba a entender que la fuerza de interacción que se generaría entre las dos cargas, iba a ser variable, dependiendo de la forma en que se dividiera la carga dado que la distancia de separación entre esas partes, iba a mantenerse constante, según lo enunciaba el problema. De todos los valores posibles que tomara dicha fuerza, se requería encontrar “el máximo”.

Después de revisar lo anterior, algunos alumnos pudieron identificar que se debía emplear la Ley de Coulomb para resolver el problema, sin embargo pudieron recitar la ecuación matemática más no enunciar la ley.

*La fuerza de interacción eléctrica entre dos cargas puntuales, es directamente proporcional al producto de las magnitudes de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.*

Una vez comentado lo anterior se comenzó a matematizar el problema.

La ecuación que se tenía que emplear estaba descrita por la ley de Coulomb:

$$\vec{F}_{2,1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1q_2}{r^2} \hat{r} \quad (53)$$

donde  $q_1 = q$   $q_2 = (Q - q)$

Por lo tanto:

$$|\vec{F}| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(q)(Q-q)}{r^2} \quad (54)$$

Por lo que se explica en el problema, se sabe que  $q \leq Q$ , lo que implica que  $|\vec{F}|$  siempre será positivo.

Se desea saber la proporción de  $q$  a  $Q$  si las dos partes separadas a una distancia dada han de tener una repulsión coulombiana máxima, y de acuerdo con la ecuación de la Ley de Coulomb,  $q$  es la variable independiente y  $|\vec{F}|$  la variable dependiente.

Como se busca la máxima fuerza, este máximo debe estar en función de  $q$ .

Se les pidió a los alumnos que identificaran los pasos que deberían seguir para encontrar la fuerza de repulsión máxima y es aquí donde se hizo evidente que no tenían presente las conexiones que tiene esta asignatura con alguna otra que ya han cursado con anterioridad. Al preguntarles sobre sus clases de cálculo y la resolución de ejercicios dónde se deben encontrar los máximos, mínimos o puntos de inflexión, la mayoría explicó que no eran aptos en este tema ya que la asignatura de cálculo que cursaron el primer semestre fue la primera y única de su historia académica (lo que era cierto sólo para algunos de ellos).

Después de hacer un muy breve recordatorio del tema, se explicó que de la ecuación enunciada en la Ley de Coulomb, se tenía que derivar la fuerza, en función de la carga e igualar con cero.

$$|\vec{F}| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(q)(Q-q)}{r^2} \quad (55)$$

$$\frac{dF}{dq} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^2} (Q - 2q) = 0 \quad (56)$$

$$Q - 2q = 0 \quad 2q = Q \quad q = \frac{1}{2}Q$$

Para verificar que el valor encontrado, hace a F máximo, se obtiene la segunda derivada de la fuerza con respecto a la carga.

$$\frac{d^2F}{d^2q} = -2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r^2} \right) \quad (57)$$

Como es negativo, se tiene una fuerza coulombiana máxima cuando:

$$q = \frac{1}{2}Q \quad (58)$$

Este problema tenía la intención de hacer notar a los alumnos, las conexiones entre las diversas asignaturas de su plan de estudios, para que logran percibir que durante su formación académica han adquirido conceptos que serán de utilidad durante toda su formación. Sin embargo, los alumnos en este momento de su carrera, ven cada asignatura como un estudio aislado, no relacionan la intervención del aprendizaje desarrollado en alguna asignatura con el que pudiera generarse en otra.

### Problema 3

**Dos cargas puntuales, positivas e iguales  $q$  se mantienen separadas por una distancia fija  $2a$ . Una tercera carga puntual  $q_3$  se coloca en un plano normal a la línea que une a estas dos cargas y a la mitad entre ellas. Determine el radio  $R$  del círculo en este plano, para el cual la fuerza eléctrica que ejercen las dos cargas, sobre la carga  $q_3$ , tiene un valor máximo.**

Para resolver este problema se les pidió a los participantes que identificaran ¿Qué se pregunta en el problema? ¿Cuáles son los datos que aporta el problema? ¿Cuál es el concepto que permitirá resolver dicho problema?

Los alumnos identificaron que se pedía determinar el radio  $R$  del círculo para el cual, la fuerza sobre la partícula de prueba tenía un valor máximo. En cuanto a los datos, sabían que existían dos cargas positivas  $q$ , las cuales se mantenían separadas una distancia fija  $2a$ , explicaron que se encontraba una tercera carga puntual en un plano normal a la línea que une a las otras dos cargas y a la mitad entre ellas.

Después de la anterior respuesta, se les sugirió que hicieran una figura con los datos que ofrecía el problema a resolver. La mayoría dibujó una línea horizontal ubicando a las tres cargas en posiciones equidistantes.

Entonces la siguiente pregunta fue: ¿Qué significa que el plano sea normal a la línea que une a las cargas?

Ante esta pregunta no hubo algún voluntario que quisiera responder.

Se les comentó que un plano normal, denota un plano que es perpendicular a una línea dada o un plano dado.

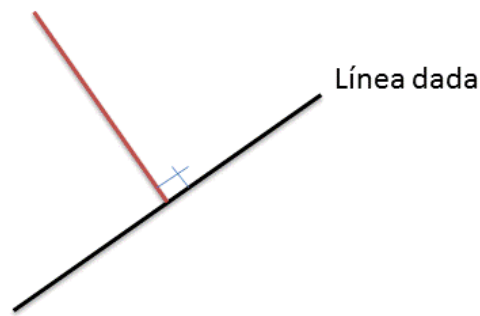


Figura 4.7 Representación de un plano normal.

Después de hacer la aclaración anterior, se trazó otra figura para visualizar el problema.

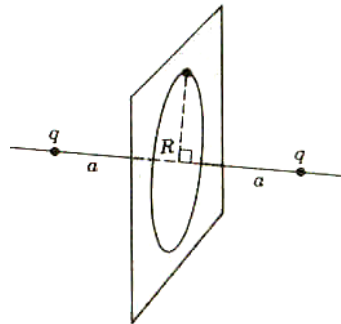


Figura 4.8 Esquematiza los datos del problema.

El punto que faltaba precisar era el concepto que permitiría dar solución al ejercicio. Los participantes que habían asistido a sesiones anteriores, comentaron con seguridad que el concepto principal era la fuerza eléctrica y que se podían ayudar con la ecuación que enunciaba la Ley de Coulomb para resolver el problema.

Se le pidió a uno de los alumnos que estaba participando activamente en la sesión, que explicara a sus compañeros qué se debía hacer para calcular la fuerza eléctrica máxima sobre la partícula de prueba. El alumno recordó la manera en que se habían resuelto problemas similares y logró concluir que para encontrar la solución al problema, se debían sustituir los datos en la



ecuación enunciada en la Ley de Coulomb y después derivar la fuerza eléctrica. Se les preguntó a los alumnos con respecto a cuál variable debía derivarse la fuerza eléctrica, algunos de ellos indicaron que debía derivarse con respecto al radio  $R$ , ya que era la incógnita a resolver en el problema.

Entonces se procedió a matematizar el problema:

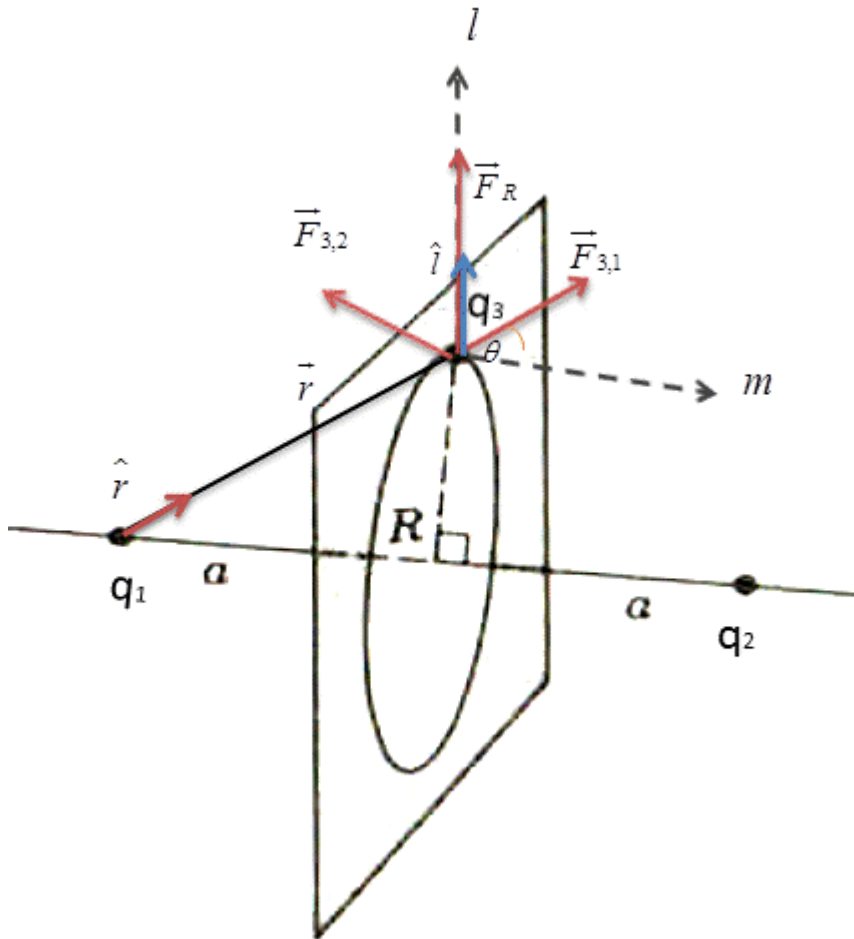


Figura 4.9 Fuerzas ejercidas sobre la carga de prueba ( $q_3$ ).

Para determinar la fuerza eléctrica total que se ejerce sobre la partícula de prueba  $q_3$ , primero se debe calcular la fuerza eléctrica que sobre la partícula  $q_3$  ejerce la partícula  $q_1$  y después calcular la fuerza eléctrica que sobre  $q_3$  ejerce la partícula  $q_2$ , después ambos resultados deben sumarse.

$$\vec{F}_{3,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_3 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (59) \quad \vec{F}_{3,1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_3 q_1}{r^2} \hat{r} \quad (60)$$

Se hizo notar que se estaba calculando la fuerza, en el caso en que las tres cargas son coplanares (es decir, que están en el plano de la hoja de papel) y se hizo ver que el resultado es el mismo en cualquier sitio ubicado en una circunferencia contenida en el plano normal a la línea que une las cargas y que tiene como centro el punto medio de dicha línea.

Debido a que las partículas  $q_1$  y  $q_2$  son iguales, y a que la simetría en el problema lo permite:

$$|\vec{F}_{3,2}| = |\vec{F}_{3,1}| \quad (61)$$

Por lo tanto, la fuerza total estará representada por la siguiente ecuación:

$$\vec{F}_R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_3 q_1}{r^2} \hat{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_3 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (62)$$

Para expresar la ecuación anterior, se debe analizar la Figura 4.9, que muestra las fuerzas ejercidas sobre la partícula de prueba  $q_3$ .

Al descomponer a los vectores en sus componentes ortogonales, se puede percibir que las componentes en  $m$  (componentes horizontales) se anulan debido a que son de la misma magnitud pero en sentido contrario, por lo que las únicas componentes que contribuirán para calcular la fuerza eléctrica, serán las que se encuentran en el eje  $l$  (componentes verticales). Nótese que se está resolviendo sólo en el plano del papel, pero ya se indicó que es simétrico.

Para este caso, empleando el Seno  $\theta$  se puede encontrar el valor del componente proyectado sobre  $l$ .

$$\vec{F}_{3,1l} = F_{3,1} \text{sen}\theta \hat{l} \quad (63) \quad \vec{F}_{3,2l} = F_{3,2} \text{sen}\theta \hat{l} \quad (64)$$

La fuerza resultante será la suma de  $\vec{F}_{3,2}$  y  $\vec{F}_{3,1}$  [sólo las componentes  $l$ ].

$$\vec{F}_R = (F_{3,2} \text{Sen}\theta + F_{3,1} \text{Sen}\theta) \hat{l} \quad (65)$$

Donde  $\hat{l}$  es un vector unitario en la dirección del eje  $l$  (hacia arriba en la figura).

Realizando las sustituciones pertinentes:

$$\begin{aligned} \text{sen}\theta &= \frac{R}{r} \\ \vec{F}_R &= 2 \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 R}{r^2} \frac{R}{r} \right) \hat{l} = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 R}{r^3} \hat{l} \end{aligned} \quad (66)$$

Observando los datos del problema y usando el teorema de Pitágoras en el triángulo rectángulo  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $a/2$ , se puede expresar:

$$r = \sqrt{R^2 + a^2} \quad (67)$$

Por lo tanto:

$$\vec{F}_R = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 R}{(\sqrt{R^2 + a^2})^3} \hat{l} = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 R}{(R^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} \hat{l} \quad (68)$$

Para determinar la fuerza máxima se tiene que derivar la magnitud de la fuerza eléctrica obtenida con respecto al radio.

$$\frac{dF_R}{dR} = 2kq \left( \frac{\left( (R^2 + a^2)^{\frac{3}{2}} - R \frac{3}{2} (R^2 + a^2)^{\frac{1}{2}} (2R) \right)}{(R^2 + a^2)^3} \right) \quad (69)$$

$$\frac{dF_R}{dR} = 2kq \left( \frac{(R^2 + a^2)^{\frac{1}{2}} \left( (R^2 + a^2) - 3R^2 \right)}{(R^2 + a^2)^3} \right) = 2kq \left( \frac{a^2 - 2R^2}{(R^2 + a^2)^{\frac{5}{2}}} \right) \quad (70)$$

Para encontrar el valor extremal, la expresión anterior debe igualarse a cero, por lo tanto, el numerador es el término que será obligado a ser igual a cero.

$$\frac{dF_R}{dR} = 0 \Leftrightarrow (a^2 - 2R^2) = 0 \quad (71)$$

Con lo anterior se encontró que el radio R del círculo para el cual la fuerza sobre la partícula de prueba tiene un valor extremal será:

$$R = \sqrt{\frac{a^2}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} a \quad (72)$$

Para averiguar si es máximo, mínimo o punto de inflexión, se vuelve a derivar la expresión:

$$\frac{d^2 F_R}{d^2 R} = 2kq \left( \frac{-4R(R^2 + a^2)^{\frac{5}{2}} - (a^2 - 2R^2) \frac{5}{2} (R^2 + a^2)^{\frac{3}{2}} (2R)}{(R^2 + a^2)^5} \right) = \frac{-(14R^3 + 9Ra^2)}{(R^2 + a^2)^{\frac{7}{2}}} = 0 \quad (73)$$

Como se observa, el valor de R debe ser menor a cero para satisfacer la ecuación, lo cual manifiesta que se tendrá una fuerza sobre la partícula de prueba máxima cuando:

$$R = \frac{\sqrt{2}}{2} a \quad (74)$$

El problema anterior se planeó esperando que la participación de los alumnos fuera mayor, ya que los conceptos que estaban presentes en el ejercicio, fueron conceptos e ideas que ya se habían comentado con anterioridad, y que por lo tanto, los alumnos sólo debían encontrar las conexiones entre distintos ejercicios ya planteados para poder emplear los conocimientos adquiridos en la resolución de otro ejercicio similar.

Las sesiones llevadas a efecto para el ensayo de esta propuesta, fueron, como se dijo al inicio del escrito, dos por cada semana. Aproximadamente 30 problemas fueron resueltos con el método que se describe. En este capítulo, se detalló la solución de 5, los cuales se consideraron representativos.

Sobre los resultados obtenidos al aplicar la propuesta de enseñanza, pueden hacerse los siguientes comentarios:

En los logros de aprendizaje de los estudiantes no se encontró una diferencia notable con aprendizajes logrados en un curso y/o asesoría tradicional; midiendo dichos avances con los métodos de evaluación normativa, establecidos en la Facultad de Química, i.e. los exámenes ordinarios A y B, sin embargo, con esta propuesta de enseñanza, los alumnos lograron una comprensión mayor en las asignaturas relacionadas con la Física, que va más allá de solamente estar capacitado para resolver algunos ejercicios de carácter práctico y rutinario.

Los aprendizajes teóricos y procedimentales adquiridos, se manifestaron de manera clara en la actitud y aptitud para abordar la solución de los ejercicios prácticos que se les plantearon.

Los estudiantes que asistieron regularmente a las sesiones de asesorías personalizadas, fueron capaces de asociar y conectar de manera eficiente, los conceptos aprendidos en la Física, con algunos de los fenómenos que estudiaban en la Química.

El número de asistentes a las sesiones de asesorías fue variable. La mayoría de los participantes fueron los alumnos del Profesor Román Tejeda Castillo, ya que durante las clases, se proponían ejercicios para resolver en casa con probabilidad alta de ser incluidos en los exámenes parciales; lo anterior hizo que un mayor número de alumnos asistieran con el interés de saberlos resolver durante el examen; sin embargo, luego de las primeras sesiones, los estudiantes valoraron de manera diferente las sesiones de asesorías; el interés se incrementó y su asistencia obedeció a los logros que alcanzaban de manera individual.

Se manifestó una diferencia notable entre los asistentes regulares a las sesiones de asesorías y aquellos estudiantes que asistían esporádicamente, buscando que se les resolviera algún problema en particular. En tanto que los regulares se adaptaban al sistema, los esporádicos sólo buscaban que se les resolviera el ejercicio, que se les diera “la fórmula” o que se les dijera cual era el resultado correcto.

## **Capítulo 5**

### **Conclusiones**

Los estudiantes que acudieron a las asesorías de manera constante lograron, entre otros aspectos:

- Hacer consciencia de que a lo largo de su trayectoria académica habían llevado a cabo aprendizajes no significativos y por tanto, esos aprendizajes eran simplemente memorizaciones temporales, ya que para emplear los conocimientos adquiridos, pretendían sustituir los procesos de análisis en una aplicación indiscriminada de “fórmulas matemáticas” de cuyo origen poco o nada sabían. Asumieron que en su pasado reciente habían actuado de una manera pasiva y aceptaron haber sido poco reflexivos al respecto.
- Reconocer que las deficiencias en el conocimiento de las matemáticas, mostradas en la resolución de ejercicios, podrían ser un obstáculo en su proceso de aprendizaje, ya que a pesar de que se hizo notar que en la resolución de algún ejercicio, lo más importante es tener definido el procedimiento a seguir para llegar al resultado y se le dio menor importancia a los cálculos matemáticos, estos conocimientos juegan un papel vital.
- La generación de una notable inquietud por relacionar los conceptos desarrollados en un curso con los que les eran presentados en otros. Se dio un claro intento por integrar los conocimientos, que hasta el momento permanecían en su estructura cognitiva como elementos aislados, sin relación o conexión clara de unos con otros.
- Dejar de ser “apuntadores compulsivos” y “memorizadores” para convertirse en “participantes activos en la clase”.
- Comprender que es equivocado tener la idea de sólo aprobar el curso, sin importar el logro de aprendizajes significativos.

Los resultados muestran que implementar esta estrategia de enseñanza aprendizaje, promueve el aprendizaje significativo a largo plazo en los estudiantes de las asignaturas del campo de la Física. El emplear esta metodología también les ha permitido a los alumnos reflexionar sobre su desempeño escolar y desarrollar una notable inquietud en formar conocimientos sólidos e integrables con contenidos temáticos de otras asignaturas.

El aspecto que habrá de mejorarse es el que se refiere al grado de dificultad de los ejercicios. El hecho de que se tuviera que emplear, en ocasiones, más de una sesión de asesoría, para resolver plenamente un ejercicio, en algunos de los participantes se tradujo en abandono, posiblemente porque la brecha entre lo que conocían y lo que se pretendía, era muy grande. Esto hace referencia a “La Zona de Desarrollo Próximo” a la que se refiere L. S. Vigotzky [Trilla et al., op. cit.].

La experiencia de enseñanza expositiva, en la Facultad de Química de la UNAM, que aun priva entre algunos docentes, se basa en la presentación de contenidos en forma oral; con escasas posibilidades de explicación alternativa, de retroalimentación y de interacción con los estudiantes, quienes suelen comportarse como receptores pasivos de la información proporcionada, lo cual redundaría en un aprendizaje superficial y una casi nula significatividad de los contenidos presentados, sin embargo la enseñanza expositiva sigue siendo un recurso utilizado por los docentes porque les permite propiciar el aprendizaje de grandes cantidades de conocimiento y porque constituye una estrategia necesaria para grupos numerosos de alumnos, con quienes las posibilidades de interacción se ven seriamente disminuidas. Como un dato relevante, en esta tesis se menciona que en los últimos cuatro semestres lectivos en donde hay nuevo ingreso, los grupos de la asignatura Física I se integran con más de 70 estudiantes. Por esta razón es importante influir en la forma de enseñar para maximizar el aprendizaje y la retención de carácter significativo en los estudiantes de la Facultad de Química.



### ***Recomendaciones Finales***

Lograr que los estudiantes desarrollen interés por la Física, representa el principal reto y para ello sería de gran utilidad que los profesores hagan conciencia en los estudiantes de que la Física y la Matemática son las herramientas naturales y fundamentales en el ejercicio de la Química.

Lamentablemente, aún existen estudiantes que piensan que es posible desarrollar a la Química, sin el concurso de la Física o de la Matemática. Es imperativo hacerles ver a estos estudiantes, que el verdadero profesional es aquel que adquiere la capacidad de modificar su campo de conocimientos, de modificar los paradigmas existentes, de modificar su ejercicio profesional y de modificarse a sí mismo.

Sería de gran utilidad que el profesor lograra mostrar al estudiante, que las herramientas obtenidas al finalizar el curso, le ayudarán en su desarrollo profesional, citando ejemplos del uso de las mismas. También es importante que, en medida de lo posible, el profesor le permita al alumno ser parte activa de las explicaciones, demostraciones, etcétera, para juntos crear una clase más dinámica, más estimulante y reflexiva, incrementando así las capacidades del pensamiento no solo crítico sino el creativo, ya que esto puede contribuir a una comprensión mayor de los contenidos del curso.

Se sabe la conveniencia de que los profesores tengan conocimiento de la estructura cognitiva de sus estudiantes, conocer hasta donde sea posible, los preconceptos para establecer sus intervenciones pedagógicas, sin embargo esta labor se hace difícil si los estudiantes no siguen al menos la seriación sugerida para inscribirse en sus asignaturas. Lo anterior resulta preocupante ya que el aprendizaje significativo, como proceso, presupone que tanto el estudiante adopte una actitud de aprendizaje significativa, como que el contenido que aprende sea potencialmente significativo para él, es decir que sea enlazable con ideas de anclaje previas en su estructura cognitiva, pero si el alumno no posee estas ideas

previas, el proceso de aprendizaje dará como resultado aprendizajes memoristas carentes de sentido.

Finalmente, es preciso recordar que el educando aprende en la medida en que es capaz de construir significados; y que el profesor enseña en la medida en que es capaz de conseguir que los contenidos, a través de las propuestas de aprendizaje, situadas en el ámbito de la experiencia de los estudiantes y convertidas en retos, capaces de suscitar respuestas personales, adquieran dimensión significativa.

## Referencias

- Berger, Kathleen Stassen. ***Psicología del Desarrollo***. Editorial Médica Paramericana, Madrid, 2006, pp. 46-48.
- Bowen, James. ***Teorías de la educación***. Limusa, México, 1997, 452 p.
- Bruner, J. ***Toward a Theory of Instruction***. Harvard University Press, Cambridge, Massachussets, 1966, pp. 22-39.
- Dewey, J. ***How we think***. Heath, Boston, 1933. 228 p.
- Duffy, T. and Jonassen, D. ***Constructivism and the Technology of Instruction***. Laurence Erlbaum Assocviates, Hillsdale, Ney Jersey, 1992, 221 p.
- Freinet, Célestin. ***La educación por el trabajo***. Fondo de Cultura Económica, México, 2006, pp. 111-180.
- Freinet, Célestin. ***Técnicas Freinet de la Escuela Moderna***. Editorial Siglo XXI, México, 1973, pp. 38-60.
- Jean Jacques, Rousseau. ***Emilio O De La Educación***. Alianza Editorial, Madrid, 2011, 816 p.
- Méndez Barrantes, Zayra. ***Aprendizaje y Cognición***. EUNED, Costa Rica, 2008, pp. 91-99.
- Morrison, George S. ***Educación infantil***. Pearson, Madrid, 2005, 70-71, 89-98.
- Neill, Alexander S. ***Summerhill: Un punto de vista radical sobre la educación de los niños***. Fondo de Cultura Económica, México, 1974, pp. 9-17.
- O'Shea, T. and Self, J. ***Enseñanza y aprendizaje***. Anaya Multimedia, Madrid, 1985, pp. 21-34.

Piaget, J. ***Science of Education and the Psychology of the Child***. Grossman, New York, 1970, 186 p.

Piaget, J. ***The mechanisms of perception***. Rutledge & Kegan Paul, London, 1969, 384 p.

Pozo, J. I. ***Teorías cognitivas del aprendizaje***. Morata, España, 2006, pp. 215-221.

R. Shaffer, David. ***Psicología del Desarrollo***. Thomson, México, 2007, pp. 54-63.

Schecker, H. ***The Paradigmatic Change in Mechanics: Implications of Historical Processes on Physics Education***, en Blondel, C. y Brouzeng, P. (eds.), *Science Education and the History of Physics*, 1988, pp. 215-220.

Schunk, Dale. ***Teorías del Aprendizaje***, Prentice Hall, II Edición, México, 1996, 441 pp.

Skinner, B. F. ***The Technology of Teaching***. Appleton Century Crofts, New York, 1968, pp. 93-113.

Trilla, J, Cano, E, et al. ***El legado pedagógico del siglo XX para la escuela del siglo XXI***. Graó, España, 2007, pp. 207-218.

Zapata, Oscar A. ***Juego y Aprendizaje Escolar***. Editorial Pax, México, 1989, pp. 34-44.

### **Artículos**

Holmes, N. ***The myth of the educational computer***. IEEE Computer Society Press Los Alamitos, CA, USA, 1999, 32(8):36-42.

Jonassen, D. ***Objetivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm?*** *Journal of Educational Technology Research and Development*, 1991, 39(3):5-14.

Skinner, B. F. ***Teaching machines***. *Science*, 1958, 128:969-977.

Tejeda R., Ortega P., Santamaría I. ***The language's deficiencies. An obstacle for the sciences teaching.*** Facultad de Química, UNAM, 2008, 14p.

Tyler, R. W. ***Educational benchmarks in retrospect: Educational change since 1915.*** *Viewpoints*, 1975, 51(2):11-31.

Wilson, B., Teslow, J., and Taylor, L. ***Instructional design perspectives on mathematics education with reference to Vygotsky's theory of social cognition. Focus on Learning Problems in Mathematics***, 1993, 15(2,3):65-86.

### **Revistas**

Fernández Valmayor, A., Chamizo, C., and Vaquero, A. ***Panorama de la informática educativa: de los métodos conductistas a las teorías cognitivas.*** *Boletín de Nuevas Tecnologías Educativas y Recursos Didácticos (ADIE)*, 1991, (5):5-19.

Suchting, W.A. ***Constructivism Deconstructed***, *Science & Education*, 1992, 1 (3).

# A N E X O S

## Anexos

### ANEXO I

#### CUESTIONARIO 1

- Escribe el nombre del profesor con el que estuviste inscrito el semestre anterior.
- Tu presencia en este curso, indica que, por alguna causa, no acreditaste la asignatura en el semestre anterior. Contesta las siguientes preguntas, considerando que los porcentajes que se te solicitan, son aproximados:
  - a) ¿Cuál consideras que fue la causa por la que no acreditaste?
  - b) ¿Cuál fue tu porcentaje de asistencia al curso?
  - c) Si tu profesor asignaba tareas ¿Cuál fue el porcentaje de tareas que entregaste?
  - d) Si tu profesor usó un libro de texto ¿Quién es el autor?
  - e) Seguramente estás enterado de que ofrecen asesorías para los estudiantes de las asignaturas de Física ¿Cuántas veces asististe a las asesorías?
  - f) El departamento de Matemáticas de la Facultad de Química ofrece talleres de regularización/actualización ¿Asististe a alguno de ellos?  
¿Cuál?
  - g) Sin incluir tu asistencia a la clase ¿Cuántas horas de estudio por semana, de manera personal o en grupo, dedicaste al estudio de la asignatura?
  - h) Conoces, según el reglamento general de inscripciones de la UNAM, ¿Cuáles serían las consecuencias de reprobar dos veces la misma asignatura?

- i) Opina libremente sobre el curso anterior de Física.
- j) Para cursar esta vez con éxito la asignatura de Física ¿Tienes algún plan? ¿Alguna estrategia? En caso afirmativo, haz una descripción breve.



## ANEXO II

### CUESTIONARIO 2

Es oportuno comentar que el siguiente cuestionario se realizó esporádicamente a partir de que se obtuvieron los resultados del primer parcial, el cual se aplicó alrededor de la cuarta o quinta semana de clases, ya que al conocer los alumnos sus resultados comenzaron a abandonar el curso.

¿Qué te parece el curso de Física? ¿Es de tu agrado?

¿Hiciste los ejercicios que te asignaron en la clase de Física?

¿Leíste el artículo que asignó el Profesor?

¿Has ido a las sesiones de asesorías?

Durante la realización de los exámenes, buscas “hacer trampa” copiando a tus compañeros o usando “acordeones” ¿por qué lo haces?

¿Cuándo y de qué manera sueles estudiar para los exámenes?