



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

**ENP-DGAPA-UNAM**

Campo de conocimiento: Física

**“ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES DE  
OBSERVACIÓN CIENTÍFICA EN EL ESTUDIANTE DE BACHILLERATO, A PARTIR  
DEL TEMA DE MAGNITUDES FÍSICAS”**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR EN FÍSICA  
PRESENTA**

**HÉCTOR ERNESTO JAIMES PAREDES**

TUTORA: Dra. Mirna Villavicencio Torres, Facultad de Ciencias, UNAM

COMITÉ TUTOR: Dra. Susana Orozco Segovia, Facultad de Ciencias, UNAM

Dra. Elia Acacia Paredes Chavarría, Escuela Nacional Preparatoria, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX

NOVIEMBRE 2019



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.

*No se deben dar preceptos, sino hacer de manera que los encuentre el  
alumno.*

J.J. Rousseau

*¿Cómo puedo educar sin estar envuelto en la comprensión crítica de mi  
propia búsqueda y sin respetar la búsqueda de los alumnos?*

P. Freire

*Creyendo creaciones, creando creeres, creer en crear.*

H. Jaimes

## **DEDICATORIA**

**A MIS PADRES, Elia y Florentino**, constructores de mi esencia humana.

**A MI AMADA FAMILIA** hoy existente y fuente de felicidad.

**A MIS FAMILIARES EX EXISTENTES** que gracias a los principios de conservación de energía y materia, sé que estarán siempre girando junto conmigo en esta mota de polvo en torno al Sol.

**A LAS PERSONAS Y AMIGOS** que aportaron, aportan y aportarán algo a mi crecimiento espiritual.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, madre de mi alma intelectual.

A la Escuela Nacional Preparatoria y mi querida “Prepa 8”, hogar profesional y fuente de sustento.

A la DGAPA-UNAM y sus programas PASPA y PAEP por el apoyo prestado para poder dedicarme a este trabajo de investigación tan gratificante y enriquecedor de mi superación profesional. Al programa MADEMS, iniciativa fundamental para la profesionalización de la planta docente de nuestra institución.

Al director del Plantel No.8 “Miguel E. Schulz”, el Arq. Ángel Huitrón Bernal y su equipo de trabajo, por las facilidades y apoyo para realizar estos estudios de posgrado.

A la Dra. Mirna Villavicencio Torres, por su profesionalismo, asertividad y precisión para dirigir este trabajo. Por su humanismo y amistad.

A la Dra. Susana Orozco Segovia y a la Dra. Elia Acacia Paredes Chavarría, por sus valiosas y dedicadas observaciones para el perfeccionamiento de esta investigación. A mis revisores de tesis, la Dra. Patricia Goldstein y Jorge Ramón Soto, por sus interesantes comentarios y sugerencias.

A los profesores Raúl Ponce Rosas, Eduardo Eliosa León e Hilda González Guevara por su desinteresado apoyo y disposición para lograr la culminación de este trabajo.

Al personal administrativo de la UNAM y la ENP que tuvo la profesional actitud para orientar y agilizar trámites de manera oportuna.

A mis profesores que amaron enseñarme y me enseñaron a enseñar con amor.

A mis colegas de trabajo, condiscípulos y amigos del posgrado y a mis ex alumnos, que han brindado un poco de su existencia a la mía y de quienes siempre he aprendido algo.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>1.1. Presentación</b> .....	8
<b>1.2. Planteamiento del problema</b> .....	9
<b>1.3. Justificación y relevancia</b> .....	11
1.3.1. Resultados en las pruebas PISA.....	12
1.3.2. Ubicación del tema de tesis en los programas de estudio de la ENP .....	14
1.3.3. Perfiles de ingreso a Facultades (Consejo Académico del Bachillerato) .....	16
1.3.4. Resultados de encuesta a estudiantes de Facultades de la UNAM.....	17
1.3.5. Necesidad de investigaciones en la enseñanza de habilidades de observación en el nivel medio superior .....	20
1.3.6. Relevancia .....	21
<b>1.4. Alcances y limitaciones del tema de tesis</b> .....	23
<b>1.5. Hipótesis</b> .....	27
<b>1.6. Objetivo general:</b> .....	27
<b>1.7. Objetivos específicos (metas):</b> .....	28
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	29
<b>2.1. Fundamentos teóricos</b> .....	29
<b>2.1.1. Constructivismo sociocultural</b> .....	30
<b>2.1.2. Otros referentes pedagógicos y didácticos</b> .....	<b>39</b>
2.1.2.1. Inteligencias múltiples y estilos de aprendizaje.....	39
2.1.2.2. Música, cerebro y aprendizaje.....	41
2.1.2.3. El juego en el proceso enseñanza-aprendizaje .....	43
2.1.2.4. Canales múltiples memorísticos y aprendizaje .....	46
2.1.2.5. La relajación y la alerta relajada como ambiente escolar para el aprendizaje efectivo .....	48
2.1.2.6. El aprendizaje situado.....	50
2.1.2.7. Las matemáticas en la física.....	50

<b>3. ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES DE OBSERVACIÓN CIENTÍFICA EN EL ESTUDIANTE DE BACHILLERATO, A PARTIR DEL TEMA DE MAGNITUDES FÍSICAS.....</b>	<b>53</b>
3.1. Introducción .....	53
3.2. Metodología empleada en el desarrollo de la propuesta .....	53
3.3. Estructura de la estrategia didáctica .....	58
3.3.1. Aplicación del diagnóstico inicial .....	58
3.3.2. Física sensorial, sintiendo la física de tu entorno .....	59
3.3.3. Magnitudes físicas derivadas y uso del mapa de unidades .....	59
3.3.4. Comprender conceptos físicos complejos usando las magnitudes físicas .....	60
3.3.5. Aprendizaje y refuerzo del tema de magnitudes físicas mediante una dinámica de estaciones de aprendizaje.....	62
3.3.6. Una táctica musical para reforzar el aprendizaje de magnitudes físicas básicas.....	63
3.3.7. Observación de fenómenos físicos utilizando el mapa de unidades.....	63
3.3.8. Actividades de cierre de la secuencia didáctica propuesta.....	63
3.3.9. Aplicación del diagnóstico final.....	63
3.4. Instrumentación de la estrategia didáctica.....	64
3.4.1. Plan de trabajo.....	64
3.4.2. Secuencia de clases.....	66
<b>4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>77</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

## ABSTRACT:

### ABSTRACT

Although there are innovative approaches for teaching physics science at undergraduate level, there is still a serious lack of educative strategies for developing teenagers' scientific skills at the upper-division level. When teaching the scientific knowledge generation process, an important step is often forgotten: Observation. How to observe a physical phenomenon? What should we pay attention to? What are possible parameters to consider from the classical physics point of view? This is a research proposal about a neurosciences-based teaching strategy for developing scientific observation skills at senior high school level. Instead of traditionally guided lectures, creativity neuroeducational stimulating activities may provide students attitudes and guidelines to facilitate them the learning skills to identify different physical and measurable parameters involved in a natural phenomenon, in order to develop their scientific analysis criteria. Main objective, novelty and justification of this educative research proposal as well as experimental results are exposed.

*Index Terms*—science teaching, neuroscience, scientific skills, scientific observations skill, neuroeducation, physics education

### RESUMEN

Aunque existen enfoques innovadores para la enseñanza de la Física en el nivel licenciatura, aún hay serias carencias de estrategias educativas para desarrollar habilidades científicas en los adolescentes del nivel educativo previo inmediato. Al enseñar el proceso de generación de conocimiento científico, un importante paso es a menudo olvidado: la observación. ¿Cómo observar un fenómeno físico? ¿En qué hay que poner atención? ¿Cuáles son posibles parámetros a considerar desde el punto de vista de la física clásica? Esta es una propuesta sobre una estrategia educativa basada en neurociencias para desarrollar habilidades científicas de observación en el nivel medio superior. En lugar de clases tradicionales, las actividades neuroeducacionales de estimulación creativa pueden dotar a los estudiantes de actitudes y lineamientos que les faciliten el aprendizaje de habilidades para identificar diferentes parámetros físicos medibles involucrados en un fenómeno natural, de manera que se desarrollen sus criterios de análisis científico. Se exponen tanto el objetivo principal, la novedad y al justificación de esta propuesta de investigación educativa, así como sus resultados experimentales.

Palabras clave--- enseñanza de la ciencia, neurociencia, habilidades científicas, habilidad científica de observación, neuroeducación, educación en física.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Presentación**

Entre las varias problemáticas que actualmente presenta el sistema educativo mexicano se encuentran las graves deficiencias en la enseñanza de la ciencia. Esta situación es especialmente preocupante en el nivel medio superior, donde durante décadas se ha ponderado la enseñanza de contenidos conceptuales por encima de una verdadera adquisición de habilidades de pensamiento crítico y científico por parte de los estudiantes.

En el ámbito de las ciencias experimentales, es común que el profesor no enseñe lo que es realmente el quehacer científico. Tanto en la educación media, como en la media superior, el profesor suele enumerar a los estudiantes los pasos del llamado método científico sin profundizar en ellos y sin ofrecerles la oportunidad de tener una experiencia vivencial que les permita comprenderlos a cabalidad. La gran paradoja es que los profesores de ciencias han subestimado la utilidad de la metodología de la ciencia, pues suelen enseñarla como si fuera una simple receta que usan los investigadores y priorizan el uso de una clase tradicional en la que predomina una impartición monótona de contenidos por sobre la maravillosa experiencia de hacer ciencia.

Cuando se desarrolla un trabajo científico, una de las habilidades más importantes, aunque más obviadas, es la observación de fenómenos, por lo que la carencia de estrategias didácticas encaminadas a que los estudiantes aprendan a observar un fenómeno natural y a analizar las variables involucradas, lleva a que existan deficiencias en el aprendizaje que impiden que el alumno comprenda cabalmente los conceptos involucrados.

En el caso de la Física, se suele creer que a través de la enseñanza de métodos de resolución de problemas numéricos en los que se aplican fórmulas, el alumno adquirirá automáticamente la habilidad necesaria para razonar y analizar un fenómeno natural, de forma que sea capaz de: distinguir las diferentes variables involucradas, generar hipótesis y diseñar un experimento que compruebe la veracidad éstas y sabrá, por arte de magia, cómo analizar sus resultados experimentales.

Por otra parte, es común que en México tanto los alumnos como los profesores de bachillerato, crean que el poder “seguir la receta”, es decir, el que sepan seguir las instrucciones y llegar al resultado esperado de lo que llaman “Prácticas de Laboratorio”, es realizar un experimento. Además, en muchas dinámicas educativas se castigan las fallas y se premia el resultado exitoso que se obtiene “a la primera”, nada más alejado de la realidad del quehacer científico. Muy posiblemente, estas metodologías de enseñanza han coartado el desarrollo de futuros científicos, pues usualmente los estudiantes han adquirido una concepción falsa sobre lo que es la ciencia.

Así pues, no se pueden pasar por alto preguntas como: ¿Cuánto daño se ha hecho al desarrollo científico nacional? ¿Cuánta deserción tiene su origen en la desilusión de incontables generaciones debida a estas falacias educativas? ¿Qué tanto se ha frenado la innovación al no promover y estimular el desarrollo del pensamiento crítico, objetivo, creativo y original? Es claro que los docentes de las ciencias experimentales tienen el deber de involucrarse en la búsqueda de respuestas a estas preguntas y elaborar propuestas educativas innovadoras, creativas y efectivas.

## **1.2. Planteamiento del problema**

¿Cuántas veces los profesores de ciencias se han encontrado con el problema de hacer que los estudiantes “se fijen” en los aspectos que realmente interesan cuando se les pide que analicen un fenómeno desde un punto de vista científico? Y no solamente eso, además se quiere que el estudiante sea capaz de llegar a conclusiones correctas sobre las variables y constantes involucradas en el fenómeno observado.

Las deficiencias que los estudiantes presentan en cuanto a sus habilidades de observación no son culpa de ellos, sino de un sistema educativo que se ha propuesto ponderar los contenidos por encima del desarrollo de estas habilidades. Uno de los factores que contribuyen a estas deficiencias es que los alumnos no disponen de criterios o referentes que les ayuden a observar científicamente los fenómenos físicos, es decir, no disponen de referencias o parámetros que los lleven a identificar variables y constantes medibles involucradas.

Evidentemente, se les exige a los estudiantes que especifiquen las variables y constantes físicas que caracterizan a un fenómeno, pero sin haberles explicado el *cómo*, por lo que es necesario enseñarles que muchas de las características de un fenómeno de interés para la Física, ya sean variables o constantes, suelen ser aspectos medibles, ya sea de manera directa o indirecta. ¿Y cuáles son medibles? Pues aquellas que tengan que ver con las magnitudes físicas, ya sean básicas o derivadas.

Por tanto, se deben desarrollar estrategias de enseñanza-aprendizaje de las magnitudes físicas, de manera que los alumnos las tomen en cuenta a la hora de determinar las variables y constantes que describen un fenómeno físico. Para lograr esto, se debe proporcionar al estudiante una breve introducción a los conceptos básicos necesarios para la caracterización de sistemas físicos -como, por ejemplo: constante, variable, variable dependiente e independiente, entre otros -, así como también conceptos de medición o la diferencia entre dimensión física y las unidades físicas asociadas a ella.

Se debe procurar que el estudiante comprenda que puede llegar a entender conceptos complejos a partir del entendimiento de las dimensiones físicas básicas. Asimismo, los estudiantes deben aprender que las dimensiones de una cantidad física a veces dan la pista de a qué concepto físico representan y que este hecho podría eventualmente servirles no sólo para comprender conceptos complejos, sino también incluso llega a tener utilidad al momento de resolver algún problema o plantear algún cuestionamiento teórico/práctico.

Finalmente, es necesario instruir a los estudiantes acerca del hecho de que estos conocimientos básicos de metrología, les pueden llegar a servir como una guía observacional al momento de analizar fenómenos naturales.

### **1.3. Justificación y relevancia**

*¿Cómo y qué observar en la ciencia?*

Existe una diversidad tal de aspectos que pueden tomarse en cuenta al observar un evento o fenómeno, que se debe delimitar claramente a qué nos referimos cuando se habla de observación desde el punto de vista científico y desde el enfoque de la física. Por ello, es necesario que en el caso de la observación de fenómenos naturales, el alumno sepa qué observar y que disponga de una base cognitiva para saber en qué fijarse.

Como lo señaló Richard Feynman, famoso premio Nobel de Física, en el XV encuentro de la Asociación Nacional de Profesores de Ciencias de 1966 y parafraseando a William Harvey, incluso grandes teóricos de la ciencia, como Francis Bacon, padre del empirismo filosófico-científico, erróneamente omiten mencionar la importancia de saber qué observar y a qué prestar atención (Feynman, p. 157-158, citado por Sabadell 2012)

*¿Por qué es importante la habilidad de observación científica de fenómenos físicos?*

En esta sección, se expondrán una serie de argumentos que validan la necesidad que se tiene de que en el bachillerato se desarrollen habilidades de observación apoyándose en la enseñanza del tema de magnitudes o dimensiones físicas. Esta argumentación se basa en: los resultados de las pruebas internacionales PISA, los programas de estudio de la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM (ENP-UNAM), los perfiles de ingreso de las Facultades de la UNAM; los resultados de una encuesta de opinión aplicada a estudiantes y egresados universitarios sobre los contenidos que deberían impartirse en el bachillerato; y finalmente, las conclusiones expuestas en un estudio acerca de las brechas en investigación educativa en el nivel medio superior.

### **1.3.1. Resultados en las pruebas PISA.**

Los resultados de estudios y programas internacionales de evaluación, como la Prueba PISA, reafirman la existencia de carencias formativas en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia (PISA 2015, 2016) en los alumnos mexicanos. Programas de educación van y vienen y aunque se carece de información suficiente acerca de los métodos de enseñanza de las ciencias, los magros resultados actuales señalados por la OCDE nos alertan para continuar incursionando en la búsqueda de nuevas formas de enseñanza-aprendizaje del ámbito científico. Los estudiantes en México obtienen en promedio 416 puntos (PISA 2015, 2016, Tabla I.2.3), lo que sitúa a México por debajo del promedio OCDE de 493 puntos y a un nivel similar al de Colombia, Costa Rica, Georgia, Montenegro, Qatar y Tailandia. Los jóvenes mexicanos de 15 años tienen más de 70 puntos por debajo de los estudiantes de Portugal y España, y una diferencia entre 20 y 60 puntos por debajo de los estudiantes de Chile y Uruguay, pero se sitúan por encima de los estudiantes Brasil, la República Dominicana y Perú.

Estos resultados, además de los que se discuten más adelante obtenidos de una encuesta aplicada a estudiantes universitarios, indican que es indispensable plantear soluciones al problema del bajo desempeño de los estudiantes mexicanos. Una de las posibilidades es desarrollar en el estudiantado las habilidades científicas necesarias y una de las formas de hacerlo es a través del abordaje del tema de magnitudes físicas, pues es de creer que una débil comprensión de éstas conduce a errores conceptuales sustanciales.

La enseñanza de las magnitudes físicas, con una visión constructivista, puede ayudar en algunos casos a entender conceptos físicos complejos a partir de la comprensión de otros más básicos, siendo, además, una poderosa herramienta para desarrollar habilidades científicas como son el análisis crítico de problemas y fenómenos físicos.

Conceptos comúnmente confusos pueden llegar a clarificarse al diferenciarlos mediante sus unidades, por ejemplo, diferenciar masa [kg] y peso[N], corriente [A] y potencia [W], área de volumen, fuerza de energía, etc.

El saber diseccionar una magnitud derivada en sus magnitudes básicas componentes puede ser una potente herramienta para comprender los conceptos científicos.

Las afirmaciones anteriores se basaron en la revisión de la literatura que existe sobre las siguientes temáticas:

- *Ideas previas:*

De acuerdo con Posner (1982), una enseñanza adecuada, con una visión constructivista, de las magnitudes físicas y sus unidades puede ayudar al alumno a identificar errores conceptuales al identificar las diferentes unidades para un concepto normalmente confuso (por ej. masa vs. peso). Además, el enseñarle a construir e interpretar magnitudes derivadas a partir de las básicas, puede ayudarle en el “acomodamiento” de nuevos conceptos en su mente. Por otra parte, las ideas de Moreira (2003) sobre el cambio conceptual, indican que la enseñanza de magnitudes físicas puede salvar los conflictos cognitivos a que se enfrenta el alumno durante la acomodación de ideas.

- *Resolución de problemas*

Si bien el objetivo de este trabajo de Tesis no se enfoca a enseñar a resolver problemas, sí hay que decir que el manejo adecuado de las unidades y magnitudes físicas por parte del alumno, es una gran ayuda al momento de enfrentar la resolución de problemas de Física y dada la importancia que se otorga a esto, se justifica nuevamente el porqué de la necesidad de enseñar el tema en bachillerato. El conocimiento y manejo de magnitudes físicas y sus unidades puede ayudar en diferentes aspectos de lo que según algunos autores (Docktor y Mestre, 2014); (Docktor y Dornfeld, 2016) se considera la resolución de problemas “como un experto”. A saber: el análisis de unidades y magnitudes en los datos e incógnita, sirve al momento de definir la meta y los recursos con que se cuenta para llegar a ella, es decir, en la delimitación del problema y en el análisis cualitativo del mismo. También ayuda a interconectar trozos de conocimiento y discernir la información útil de la que no lo es y ayuda también tanto en el procedimiento matemático como en la progresión lógica de operaciones usadas en la resolución (Docktor y Dornfeld, 2016), criterios importantes de la rúbrica MAPS. El descubrimiento por Byun & Lee

(2014) de la necesidad de estrategias instruccionales adecuadas que promuevan tanto la comprensión de conceptos de física como la habilidad para resolver problemas, nos ha orientado a pensar en que la explicación de los conceptos de magnitudes físicas, de alguna manera debe complementarse con ejemplos sencillos de problemas numéricos, para preparar a los alumnos hacia una mayor complejidad en temas futuros. La importancia que tienen los aspectos representacionales al momento de resolver problemas (Docktor y Mestre, 2014); (Ceberio Garate, 2005), valida la necesidad de utilizar imágenes en las explicaciones sobre magnitudes físicas. La enseñanza de magnitudes físicas también se justifica desde el momento en que su correcto manejo y conceptualización evita confusiones cognitivas donde los alumnos llegan a resultados numéricos correctos, pero sin una comprensión de lo que representan físicamente dichos números (Docktor y Mestre, 2014). El desarrollo de habilidades de observación de magnitudes físicas se justifica también ya que puede ayudar en algunas fases de la llamada resolución de problemas basado en análisis (Leonard William, 2002). Si bien el manejo de magnitudes físicas puede ayudar en la resolución de problemas tradicionales, también puede ser útil al momento de analizar y razonar problemas indefinidos (Truyol, 2010), siempre y cuando el tema de magnitudes físicas haya sido enseñado con suficiente énfasis en el aspecto conceptual y se le adicione la enseñanza de la estimación de tales magnitudes, por parte del alumno.

Para enfrentar el problema que representa la dificultad de los alumnos de sexto año de bachillerato para la observación científica de fenómenos físicos, se ha elegido seguir una línea de investigación educativa en la que se busca el diseño de una estrategia didáctica efectiva que desarrolle esta habilidad. Este tema resulta novedoso ya que hasta este momento no se aprecian avances significativos en esta área en el ámbito de la enseñanza de la Física.

### **1.3.2. Ubicación del tema de tesis en los programas de estudio de la ENP**

Esta investigación educativa estará dirigida a alumnos de 6º año de bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria de la Universidad Nacional Autónoma de México (ENP) que cursan la

asignatura Física IV del área 2, en cuyo programa de 1996 (UNAM ENP, 1997) si bien el tema de magnitudes físicas y el de observación científica, no están contenidos explícitamente en las unidades temáticas de dicha materia, son temas que cumplen estrictamente con los propósitos generales de la asignatura: “Que el alumno estructure un criterio científico que le permita interpretar diversos fenómenos y procesos físicos...” y “Que el alumno desarrolle la habilidad para observar fenómenos relacionados con el campo de la biología y la química, a fin de analizarlos y abordarlos con la aplicación de conceptos físicos afines”. Además, el perfil de egreso de la asignatura, establece que el alumno “Adquiera las reglas básicas para la indagación y el estudio a través del proceso inductivo-deductivo que utiliza la física en la construcción de modelos que resulten lo más simple posible, pero que proporcionen la explicación al mayor número posible de fenómenos”, lo que justifica también la atención a estos temas, fundamento de este trabajo de Tesis.

La propuesta de modificación del programa de la asignatura (UNAM DGENP, 2018) que actualmente se encuentra vigente, menciona en su presentación que “adquieren mayor relevancia los conocimientos teóricos, así como el dominio de las habilidades metodológicas de la Física como son: la formulación de hipótesis, la determinación de variables, el reconocimiento de regularidades en los fenómenos en estudio...los contenidos conceptuales se pueden abordar de manera flexible...” , mientras que en su objetivo general consigna que “El alumno aplicará los conceptos, principios, leyes, así como lenguajes de representación y metodologías de la Física para comprender y explicar fenómenos físicos inherentes a procesos químicos y biológicos específicos, mediante el uso de los diferentes tipos de razonamientos inductivo, deductivo, abductivo...” (DGENP, Programas de estudio, 2018).

Es claro que estos propósitos pueden lograrse a través de la comprensión del tema de magnitudes físicas, amén de que requieren el desarrollo de habilidades observacionales. Por otra parte, el mismo programa tiene entre sus objetivos específicos:

- Para la Unidad 1. Física de la visión y la audición: El alumno “Analizará fenómenos ondulatorios que le permitan identificar las características y propiedades de las ondas para establecer la relación de proporcionalidad entre las variables...identificará los principios

físicos que permiten comprender y explicar el funcionamiento de diversos instrumentos utilizados en el área químico-biológica a partir del análisis de sus componentes”. Para esta misma unidad, como parte de los contenidos procedimentales se tiene: “1.6 Descripción e inferencia de relaciones entre las variables involucradas en la ocurrencia de fenómenos...1.10 Identificación de los parámetros físicos que intervienen y fundamentan el funcionamiento de aparatos biomédicos” (DGENP, Programas de estudio, 2018)

- Para la Unidad 2. Fluidos y pulsos eléctricos en el cuerpo humano: El alumno “identificará, clasificará y relacionará las variables involucradas en el movimiento de fluidos”. Para esta misma unidad, el programa establece entre los contenidos procedimentales: “2.5 Descripción e inferencia de relaciones entre las variables involucradas en la ocurrencia de fenómenos hidrodinámicos y eléctricos...1.6 Descripción e inferencia de relaciones entre las variables involucradas en la ocurrencia de fenómenos...2.9 identificación de los parámetros físicos que intervienen y fundamentan el funcionamiento de aparatos biomédicos” (UNAM DGENP, 2018)

De lo anterior se desprende que la propuesta de esta Tesis puede dar soporte total a varios de estos objetivos y propósitos si se aborda de manera adecuada.

### **1.3.3. Perfiles de ingreso a Facultades (Consejo Académico del Bachillerato)**

El impacto de este tema de investigación no sólo se acota al bachillerato, sino que su alcance se extiende al nivel superior, en el cual los estudiantes deberán contar con las competencias y habilidades necesarias para poder incorporarse al estudio de una licenciatura. En el caso del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) y la ENP, la misma UNAM es la principal receptora de sus egresados, por lo que para lograr una articulación de los planes de estudio del bachillerato con los requisitos exigidos en el nivel licenciatura, en su página oficial, el Consejo Académico del Bachillerato (CAB) establece claramente los perfiles de ingreso para las 118 carreras que ofrece la UNAM (UNAM CAB, 2018).

De interés para este trabajo de Tesis, son los requerimientos para las carreras de carácter científico-tecnológico, es decir, las pertenecientes a las áreas 1 y 2 del bachillerato universitario. Si bien en el documento relacionado con los perfiles de ingreso de las carreras del área de ciencias físico-matemáticas y de las ingenierías (Área 1), se hace mención a la capacidad de observación de los egresados de bachillerato como una habilidad deseable, en el caso de las licenciaturas de ciencias biológicas, químicas y de la salud (Área 2), la habilidad de observación es un requisito mencionado más de 15 veces en el documento (UNAM CAB, 2018, Perfiles Caacs) como una cualidad deseable en los egresados de bachillerato que ingresan a diversas carreras de las Facultades de Ciencias, Química, Medicina u Odontología, por mencionar las de mayor demanda.

#### **1.3.4. Resultados de encuesta a estudiantes de Facultades de la UNAM.**

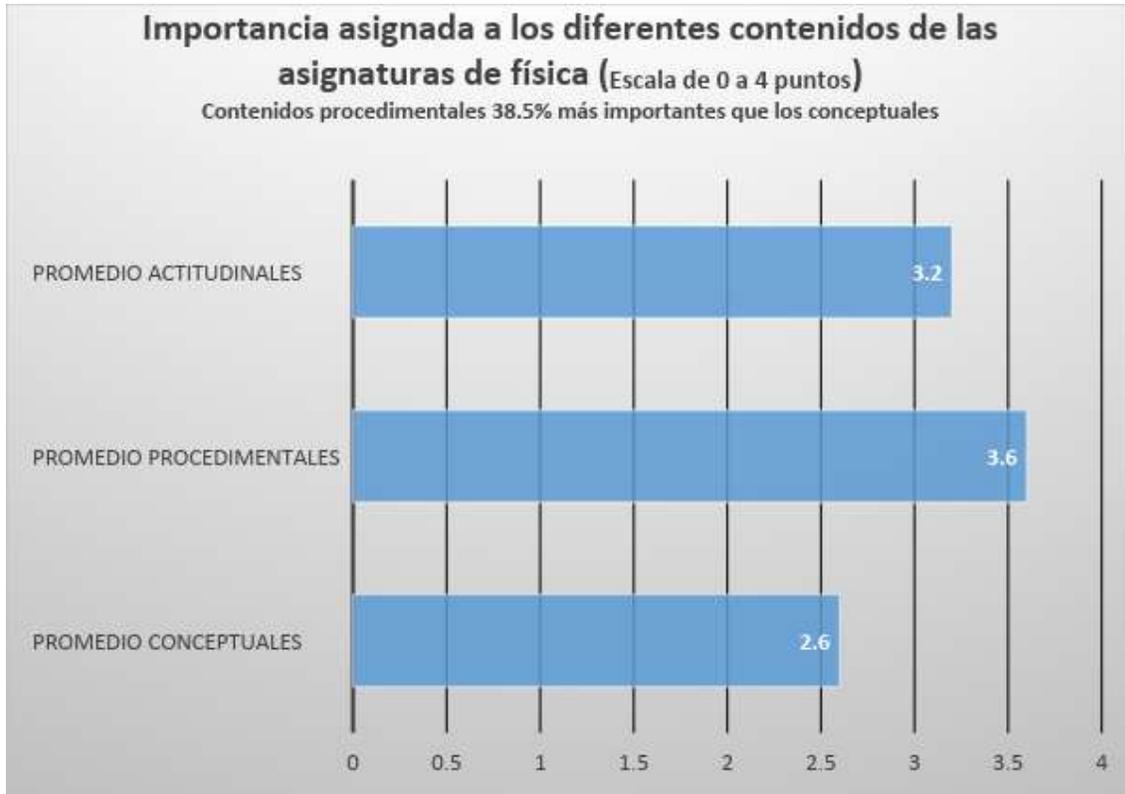
Con el objetivo de analizar si lo que se desea que aprendan los estudiantes coincide con lo que se les enseñó en el bachillerato y lo que se les exige saber durante los primeros semestres de una licenciatura, se realizó un estudio de opinión sobre los temas de Física que los estudiantes de carreras científicas consideran deberían enseñarse en el bachillerato para poder afrontar con éxito los primeros semestres de dichas carreras.

El estudio se llevó a cabo mediante encuestas en campo y en línea aplicadas a lo largo de los últimos dos años (2017-2019). Para sistematizar los datos recabados, se siguió un método cuantitativo, procurando tener muestras de un tamaño suficiente como para darles validez estadística. Se realizó un muestreo de tipo aleatorio, para una distribución binomial con una población de más de 10 mil individuos, considerando una confiabilidad del 95% y un nivel de error de +/- 5%. Como resultado de estas consideraciones se aplicaron un total de 400 encuestas a estudiantes de las cuatro Facultades más demandadas por los egresados de las áreas 1 y 2 del bachillerato de la UNAM (UNAM Agenda Estadística 2018, 2019): Ciencias, Química, Medicina e Ingeniería de la Ciudad Universitaria de la UNAM. Los encuestados opinaron sobre la necesidad de impartir contenidos relacionados con los programas de Física del bachillerato de la UNAM, basados en la siguiente escala Likert:

<b>Respuesta</b>	<b>Puntaje</b>
IMPRESINDIBLE=Aprendí algo de esto y creo que me ha servido en la carrera o trabajo	4
NECESARIO=No vimos nada de esto en clase y SÍ creo que lo necesité en mi carrera o trabajo	3
POCO ÚTIL=Aprendí algo de esto, pero no me ha servido en mi carrera o trabajo	2
INDIFERENTE=Ya conocía esto, no aprendí nada nuevo y no lo he necesitado en mi carrera o trabajo	1
NADA ÚTIL=No vimos nada de esto en clase, pero NO creo que lo haya necesitado en mi carrera o trabajo	0

Los resultados mostraron la relevancia del trabajo de Tesis:

a) Las habilidades relacionadas con aspectos procedimentales, como por ejemplo: observar, plantear hipótesis, diseñar experimentos, analizar resultados, aplicar el método científico, resolver problemas, etc., son consideradas mucho más necesarias que cualquier otro contenido conceptual de la Física (fluidos, termodinámica, electromagnetismo, temas de física aplicada, etc.) impartido en el bachillerato-UNAM. Incluso, para los encuestados, resultan menos importantes los contenidos conceptuales que el desarrollo de actitudes al trabajar en ciencias, como por ejemplo el trabajo en equipo o el desarrollo del pensamiento crítico/científico.



*Fig. 1.1. Los contenidos procedimentales y actitudinales resultan más importantes que los conceptuales*

b) El estudio realizado también arroja la conclusión de que se valora como de máxima importancia la impartición en bachillerato, tanto del saber observar como las habilidades relacionadas con magnitudes físicas y su análisis (análisis dimensional).

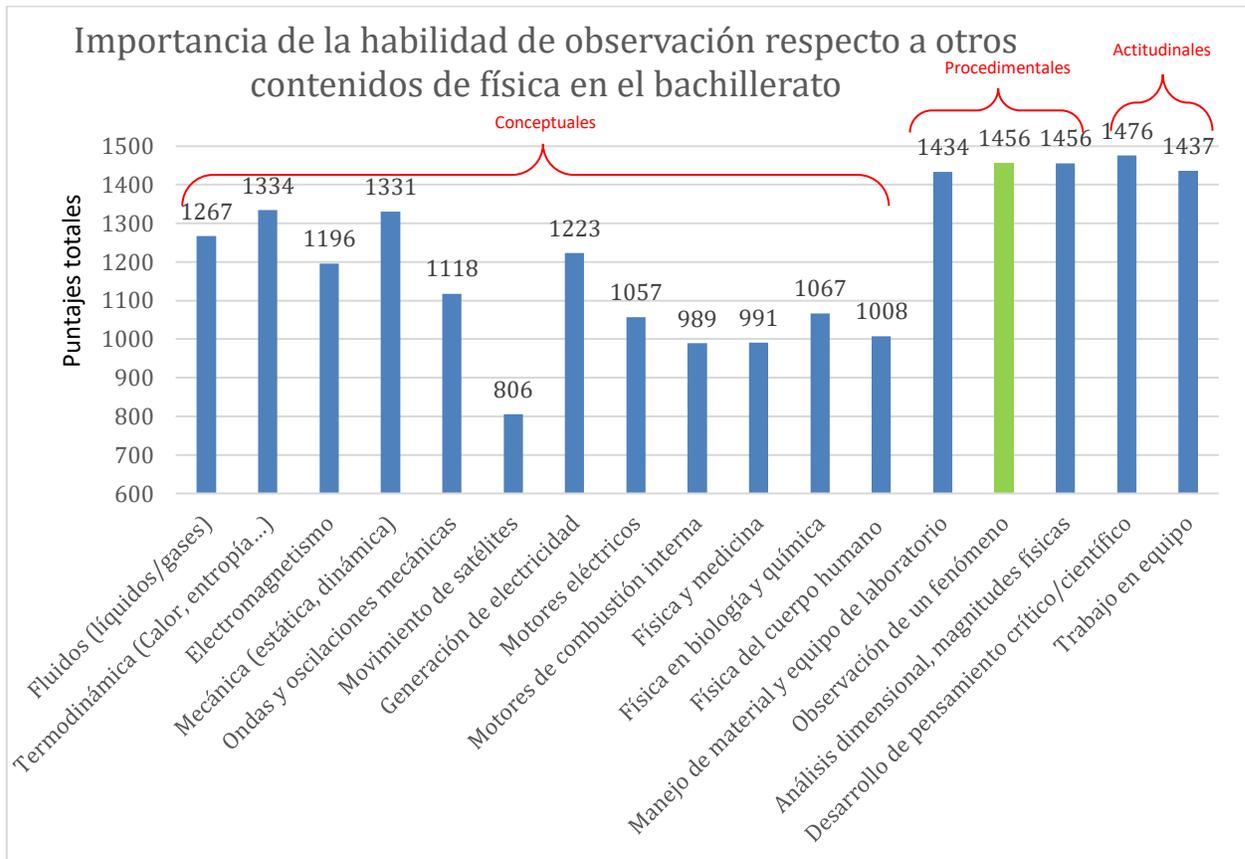


Fig. 1.2. Importancia de la habilidad de observación respecto a otros contenidos

### 1.3.5. Necesidad de investigaciones en la enseñanza de habilidades de observación en el nivel medio superior

De gran utilidad para la justificación de esta investigación resultó el artículo de Docktor y Mestre (2014). Este documento que sintetiza los resultados de más de 500 investigaciones sobre enseñanza de la Física en el mundo, contiene entre muchas otras cosas, conclusiones que validan de manera contundente la necesidad de este tema de tesis. En la página 17 de dicho documento, hablando de la temática IV sobre “Currículo e instrucción en Física” y en específico sobre los descubrimientos (D. Findings) en “Métodos de laboratorio” que intentan hacer del trabajo en laboratorio menos del tipo recetario y más interactivo y de reflexión; se mencionan

técnicas de involucramiento de los estudiantes en el proceso científico (*Engaging students in the process of science*) con las cuales se busca hacer partícipes a los estudiantes de una auténtica práctica científica, como podría ser la “observación de nuevos fenómenos, el desarrollo de hipótesis, el diseño de sus propios experimentos...” (Docktor y Mestre, 2014, p.17). De entre estas técnicas destaca el método ISLE (Docktor y Mestre, 2014, p.18), el cual incluye a la observación y exploración de fenómenos como pasos en su ciclo de aprendizaje y ha mostrado desarrollar habilidades científicas en los estudiantes. Si bien podría argumentarse que los descubrimientos reseñados están enfocados a estudios universitarios, más adelante, en la página 21, en la sección “F. Areas for future study”, se señala el beneficio que tendría el realizar investigaciones relacionadas con extender estas estrategias instruccionales de nivel universitario hacia el nivel medio (upper-division) (Docktor y Mestre, 2014, p.21); lo cual valida finalmente la necesidad de atender estrategias para el desarrollo de habilidades de observación en bachillerato.

Adicionalmente a estas referencias, en el documento de Hofstein (2003), se justifica la necesidad de desarrollar habilidades de observación haciendo uso de laboratorios y aplicando estrategias que promueven la indagación para vivenciar la ciencia. Se plantea la necesidad de cambiar el uso de “recetarios” de laboratorio por trabajos prácticos que fomenten la indagación contextualizada, donde el saber observar juega un rol importante (Hofstein, 2003); (Ng, 2006); (Di Fuccia, 2010). La importancia que se da en Finlandia al desarrollo de habilidades de observación desde edades tempranas (Nivalainen, 2010) valida también la necesidad de la investigación que aquí se realiza.

### **1.3.6. Relevancia**

Lo común en textos o estrategias didácticas tradicionales que pretenden enseñar ciencia, es mencionar los pasos del “método científico”, definirlos y a veces presentar ejemplos de aplicación.

En la literatura “innovadora” actual existen muchas propuestas para enseñar ciencia (Docktor y Mestre, 2014), pero también se reducen a ejemplificar casos concretos que no aseguran que el estudiante pueda transferir los conceptos aprendidos a nuevas situaciones y generar nuevo conocimiento. Por ejemplo, en un texto o video ejemplifican una actividad científica como sigue:

Plantean la pregunta “¿El agua con sal transmite la electricidad?”; después plantean un “experimento” y tratan de encender un foco de un circuito usando sólo agua y luego sólo sal. No funciona con ninguna y cuando los mezclan se logra responder la pregunta. Otro ejemplo típico sería cuando en el texto se preguntan cómo la luz del Sol afecta la altura de crecimiento de las plantas, se exponen unas plantas a la sombra y otras a la luz, etc. Y así se podrían pensar infinidad de intentos por enseñar el manejo de la metodología científica, pero ¿con estos ejemplos, será el alumno capaz de reflexionar sobre otros fenómenos nuevos que se le presenten?

Si después de estos u otros ejemplos, ahora le pedimos que “observe” un péndulo oscilante ¿Sabrá en qué variables físicas debe/puede fijarse para posteriormente generar preguntas o hipótesis de carácter científico? ¿Esos ejemplos dotaron *per se* al alumno de criterios para identificar variables física en cualquier fenómeno que se le presente?

No basta con dar cientos de ejemplos al alumno y ponerlo a hacer decenas de “experimentos”, no basta darle/sugerirle las preguntas o hipótesis ya dirigidas que se espera que él “proponga”. Para realmente asimilar la ciencia, el alumno debe vivenciarla totalmente.

En el ejemplo del agua con sal, desde el momento en que se pide que el alumno sólo se fije en la sustancia agua-sal y la transmisión de electricidad, se impide que se pregunte otras cosas que podría ser interesante investigar:

- ¿cómo influye el grosor de los cables conductores usados?
- ¿qué efecto tienen las masas de la sal y el agua involucradas?
- ¿qué variaciones tiene la luminosidad del foco que enciende?

- ¿cómo afectan al fenómeno los materiales, la forma o el tamaño de los recipientes utilizados?
- ¿qué papel juegan las condiciones ambientales de humedad, presión o temperatura? Etcétera.

Se cree erróneamente que no son importantes estas reflexiones adicionales o bien, obligados por la presión de tiempo, se da por hecho que si los alumnos entienden el ejemplo, mágicamente intuirán estos cuestionamientos en otras situaciones. Así, otras posibles hipótesis/preguntas se esfuman en el olvido o la autocensura del mismo alumno, pues no sabe que es también válido hacerlas y que también son importantes aunque provengan de su propia intuición.

Con ejemplos tan concretos y dirigidos se podría estar matando en realidad la creatividad científica de un estudiante talentoso. El tema es relevante pues se pretende hacer una propuesta muy específica sobre “cómo enseñar a hacer ciencia” en un país donde lo que más falta hace es la generación de conocimiento original.

Se tiene también el propósito de dar a los estudiantes mediante la vivencia, una visión más realista de lo que es el quehacer científico.

#### **1.4. Alcances y limitaciones del tema de tesis**

La estrategia didáctica que se propone deberá potencialmente motivar al estudiante interesado en la ciencia a elegir una carrera científica y fomentar en el estudiante no interesado en ella, una curiosidad por aprender y conocer el mundo que le rodea. Cabe mencionar que el desarrollo de un pensamiento crítico proporciona además al estudiante una herramienta indispensable para un desempeño personal y profesional más que satisfactorio.

En este trabajo de Tesis, se plantea una metodología que fomenta el desarrollo en los estudiantes de habilidades de observación de manera práctica. Adicionalmente, se presenta un caso de implementación de la propuesta aplicada a la observación de fenómenos físicos sobre

temas que están considerados en los programas de estudio de las asignaturas de Física IV (áreas 1 y 2) y que han resultado de la reciente modificación curricular en la Escuela Nacional Preparatoria.

Hay que subrayar que la estrategia didáctica que se desarrolla, también puede ser aplicable a la observación de sistemas y fenómenos en otras áreas de las ciencias experimentales.

#### *Acotaciones importantes sobre el tema de tesis*

¿Qué tipo de habilidad de observación se pretende desarrollar? ¿Qué se pretende que logren los estudiantes al finalizar la estrategia propuesta? ¿Qué no se pretende que lleguen a hacer?

Al hablar de lo que es “saber observar” un fenómeno, puede existir una gran diversidad de posturas. Habrá quienes esperen que los estudiantes sean capaces de establecer un relación de dependencia entre ciertas variables una vez que el profesor haya dirigido su atención hacia el comportamiento de dichos parámetros, por ejemplo, al mostrarles péndulos con diversas longitudes de cuerda y esperar que los estudiantes noten cómo cambian los tiempos de oscilación. Habrá también quienes esperen algo más allá de sólo determinar la dependencia entre variables, tal vez el identificar un tipo de relación de proporcionalidad entre las variables en cuestión. En el ejemplo del péndulo, el profesor esperaría que los estudiantes deduzcan que el periodo se incrementa si la cuerda se alarga y disminuye si la cuerda se acorta. Por otro lado, existirán los docentes que consideren el saber observar como la capacidad de los estudiantes para interpretar comportamientos entre variables y que, incluso, lleguen a formular hipótesis más o menos acertadas. Habrá quienes explícitamente digan al alumno en qué debe fijarse mientras el profesor mismo hace toda la demostración y evalúa la capacidad de observación de los alumnos ya sea por su actitud participativa y atenta o mediante algún cuestionario con preguntas conceptuales sobre lo realizado. Habrá por supuesto los docentes, que sin decir nada en absoluto, muestren el fenómeno y esperen que el alumno adivine lo que supone el profesor que es más que evidente. Bien para el alumno, si acaso lo hay, que atine a hacer el señalamiento esperado y mal para la mayoría del grupo que no atine a la respuesta y que serán considerados “malos observadores”. También es claro, que existe el profesor ortodoxo y tradicionalista, para

quien la capacidad de observar de sus alumnos se limite simplemente a que sepan estar callados mientras ocurre una demostración y sepan contestar lo que se espera, al ser cuestionados.

El objetivo de esta investigación educativa respecto a la habilidad de observación, difiere de estas posturas. En esencia, lo que se busca es lograr que el estudiante sea capaz de darse una idea sobre la inmensa cantidad de variables físicas medibles involucradas en los fenómenos naturales, tanto en los aparentemente simples como en otros de mayor complejidad. No se pretende aquí el que los alumnos generen hipótesis o diseñen experimentos para confirmarlas, esos serán pasos posteriores que no están dentro del alcance de esta Tesis, pero que se verán facilitados si la observación se realiza de manera creativa, como se propone. Se espera entonces que al menos el alumno sea capaz de enlistar de manera medianamente plausible, cierta variedad de parámetros físicos con sus posibles unidades de medición. Si acaso, se espera que el joven eventualmente pueda llegar a identificar alguna relación de dependencia entre variables, pero no más allá, eso ya corresponde a un tema de estudio posterior. El hecho de que los estudiantes descubran esta diversidad de parámetros físicos inherente a la gran mayoría de fenómenos naturales pudiera ser, a futuro, la base de una comprensión más profunda y sutil acerca de ellos. Pero, además, puede resultar ser un factor que estimule fuertemente los potenciales creativos necesarios para la tan deseada y necesaria generación de nuevos conocimientos científicos. Formular hipótesis y experimentar son actos que necesariamente deben ir precedidos por un proceso de observación profundo, que abone un terreno fértil para la formulación de preguntas originales. Claro que se puede guiar a que los bachilleres deduzcan y comprendan la relación entre la longitud de la cuerda del péndulo y el tiempo de oscilación, pero ese tiempo de oscilación ¿no tendrá que ver tal vez también con otras cosas? ¿Con el grosor de la cuerda? ¿Con la ubicación geográfica o espacial del experimento? ¿Con el tipo de material de la cuerda o el soporte? ¿Con la presión, temperatura y/o humedad atmosféricas u otras condiciones ambientales? ¿Con el volumen, densidad o forma de la masa que cuelga? Etc. ¿Por qué la obsesión de hacer que siempre lleguen a la conclusión “correcta” (por ejemplo: la masa que cuelga no influye en el tiempo de oscilación)? Por supuesto, también habrá parámetros físicos que no tengan relación alguna con el fenómeno en cuestión, ¿no convendría que los alumnos también estén al tanto de este hecho, para poder afinar la calidad de sus reflexiones?

Y si se equivocan ¿es tan malo acaso? El famoso “maravilloso fracaso” de Michelson y Morley al querer demostrar la existencia del éter, cambió nuestra percepción del entorno espacial. En ciencia, los fracasos también aportan conocimiento, conocimiento sobre cómo no son las cosas ¿Por qué tanta reticencia a dejar que el alumno aprenda de sus propias fallas? Este “perfeccionismo” académico en buena parte explica los altos niveles de frustración y rechazo de los adolescentes hacia asignaturas como las de Física. Si el conocimiento surge de la duda, por qué no incentivar a los alumnos a que creativamente propongan un universo de parámetros físicos a partir de los cuales podría llegar a surgir una inmensidad de preguntas, muchas de ellas seguramente interesantes y que ni se nos habían ocurrido. Antes que nada, es necesario que el docente abra su mente y no sucumba a la tentación de querer dirigir el pensamiento de los jóvenes para hacer que lleguen a una conclusión en específico sobre un tema, como tradicionalmente se acostumbra. Es de creerse que desarrollar en los alumnos esta provechosa habilidad de observación holística y creativa puede llegar a enseñarse en las aulas.

*¿Qué expectativas se tienen al realizar esta Tesis?*

Las expectativas de esta Tesis, en el mediano plazo, son las de contribuir efectivamente al mejoramiento de la enseñanza de las asignaturas científicas, específicamente en las asignaturas de Física que se imparten en el nivel medio superior de México, así como pugnar por cambiar el paradigma educativo en el cual están inmersos los profesores que siguen ponderando los contenidos conceptuales por encima del desarrollo de habilidades de pensamiento y ejecución científicos, ya que, el cambiar el paradigma educativo de la enseñanza de la Física a nivel nacional, también debe impactar positivamente en el desarrollo tecnológico y científico del país.

En el largo plazo, este trabajo pretende ayudar a construir el sueño de la educación científica mexicana: construir un México diferente en el que los estudiantes amen la ciencia al vivirla e internalizarla, y se cuente con profesores motivados y autoridades dispuestas a apoyar los cambios

En este momento, es necesario crear las bases que nos permitan construir un bachillerato que se vuelva el semillero de ideas y propuestas para ser desarrolladas en las Facultades e Institutos de Investigación y que permitan resolver las problemáticas que los estudiantes

observan en su contexto inmediato, sea en el barrio, la colonia, delegación o ciudad donde se encuentra ubicada la escuela. Un bachillerato más propositivo que receptivo de los avances que se dan en la ciencia y la tecnología nacionales y mundiales; un bachillerato que ofrezca a los estudiantes caminos de inserción directa en los campos laborales de la ciencia y la tecnología mediante la convivencia mutuamente beneficiosa entre investigadores, docentes, estudiantes y autoridades; un bachillerato que exija el trabajo conjunto de gobiernos, organizaciones empresariales e instituciones de educación media superior y superior. Así pues, en este trabajo se pretende despertar la conciencia de que otra manera de enseñar la ciencia en las aulas, laboratorios e instalaciones, contribuirá positivamente a generar otro bachillerato, otra universidad y, por ende, otro México.

### **1.5. Hipótesis**

Es de creer que si se aplica una estrategia didáctica basada en la enseñanza-aprendizaje de magnitudes física básicas y derivadas del S.I, los estudiantes de bachillerato dispondrán de criterios que les permitan desarrollar habilidades de observación científica de fenómenos físicos, es decir, el desarrollo de la habilidad para observar fenómenos naturales puede sustentarse a partir de que el alumno sepa utilizar como guía observacional conceptos sobre magnitudes físicas, para proponer parámetros medibles presentes en los fenómenos que está analizando.

### **1.6. Objetivo general:**

Proponer una estrategia de enseñanza-aprendizaje (EA) de magnitudes físicas básicas y derivadas del Sistema Internacional (SI) de mediciones, que sirva para desarrollar habilidades de observación científica de fenómenos físicos en los estudiantes de bachillerato.

### **1.7. Objetivos específicos (metas):**

1. Determinar los fundamentos teóricos que sustenten o apoyen la EA de magnitudes físicas para desarrollar habilidades de observación científica de fenómenos naturales en estudiantes de bachillerato.
2. Proponer una metodología para desarrollar una estrategia de EA de magnitudes físicas que pueda ayudar a desarrollar habilidades de observación científica de fenómenos naturales.
3. Proponer una secuencia didáctica para la EA de magnitudes físicas básicas y derivadas y practicar su aplicación en el desarrollo de habilidades de observación científica de un fenómeno físico.
4. Evaluar los resultados de la propuesta práctica (secuencia didáctica).

## **2. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se pretende describir las bases y herramientas psicopedagógicas que permitirán proponer una estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades de observación científica de fenómenos naturales, en estudiantes del bachillerato. Se describirán los elementos psicopedagógicos que darán sustento al tema de Tesis.

En una primera instancia, se hablará sobre las propuestas teóricas del constructivismo cognitivo (Vigotsky y Piaget, principalmente) y el aprendizaje situado. Posteriormente, se describirán algunos de los muchos aportes a la educación que tienen su origen en los descubrimientos en neurociencias y finalmente, se describirán los referentes que justifican el uso de juegos en el proceso educativo.

### **2.1. Fundamentos teóricos**

Basados en el objetivo general y los objetivos específicos de este trabajo, se han llegado a identificar cuatro corrientes psicopedagógicas que podrían soportar teóricamente la propuesta, a saber: el paradigma socio histórico cultural de Vigotsky, los aportes al constructivismo de Jean Piaget, las ideas sobre conceptos previos de Ausubel y los diferentes descubrimientos en neurociencias aplicadas a la educación, algunos de ellos aprovechados por Gardner para su teoría sobre inteligencias múltiples. De estos cuatro afluentes, es Vigotsky el más importante y por ello el principal referente filosófico para el aporte que se planea realizar para el desarrollo de habilidades de observación de fenómenos físicos.

Actualmente, los notables avances científicos nos permiten contar con estudios más profundos del cerebro gracias a las aportaciones de las neurociencias. Las neurociencias ofrecen un apoyo a la psicología y permiten entender mejor la complejidad del proceso mental. Se sabe ahora un poco más acerca de “cómo funcionan millones de células nerviosas en el encéfalo para producir la conducta, y cómo a su vez, estas células están influidas por el medio ambiente. Se trata de desentrañar la manera en cómo la actividad del cerebro se relaciona con la psiquis y el comportamiento, revolucionando la forma de entender nuestras conductas y lo que es más

importante aún: cómo aprende, cómo guarda información nuestro cerebro y cuáles son los procesos biológicos que facilitan el aprendizaje” (MANES, 2014). Por ejemplo, se busca responder a las siguientes preguntas: ¿Cómo transfiere el cerebro información sensorial en percepción interna coherente? ¿Cuáles son las normas por las cuales se organiza la percepción? ¿Cuáles son las características que constituyen nuestra experiencia perceptual de acontecimientos internos y externos? ¿Cómo están integrados los sentidos? ¿Cuál es la relación entre la experiencia subjetiva y el mundo físico?

Estos avances, han enriquecido los estudios sobre el proceso de enseñanza de la psicología cognitiva de Piaget y Ausubel; de la internalización y los procesos psicológicos superiores de Vigotsky; de las inteligencias múltiples de Gardner y de las aplicaciones a la educación de nuestro conocimiento cada vez más profundo del cerebro adolescente como las que plantean Eric Jensen y Barry Corbin.

### **2.1.1. Constructivismo sociocultural**

Como ya se mencionó, para este trabajo se han identificado cuatro corrientes o paradigmas psicopedagógicos, pero de entre ellos, se ha elegido el de Vigotsky como el más importante referente y es el que se desarrollará más a detalle.

En Vigotsky se encuentran conceptos, ideas y propuestas de gran utilidad para los educadores, como son el concepto de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP); las interacciones entre conceptos espontáneos y científicos; las relaciones entre desarrollo y aprendizaje; la evaluación dinámica y sus interpretaciones; el lenguaje como elemento que ayuda a regular la conducta; la interacción social como elemento fundamental para que el individuo construya sus propios aprendizajes; la visión de la existencia de una “prehistoria” de la escritura, y los estudios sobre la educación especial en poblaciones que salen del estándar del estudiantado (Hernández, 2012).

En resumen, la socialización, la interacción con pares, la guía del profesor hasta que el individuo logre la asimilación de conocimientos de manera tal que pueda actuar de manera autónoma; la transmisión de una cultura mediante la cooperación con los demás; la conformación

de un andamiaje de conocimientos para poder acceder a una Zona de Desarrollo Próximo (ZDP); la identificación de los potenciales de aprendizaje del educando y los demás conceptos involucrados en las concepciones vigotskianas, deberán estar presentes en la propuesta didáctica y en el aporte teórico que se plantean en esta Tesis.

Aquí, se desea presentar una propuesta donde los estudiantes aprendan de manera vivencial (aprendizaje situado) (Díaz Barriga, 2003); (Díaz Barriga, 2006) lo que es la observación científica de fenómenos físicos, y esto, tanto Vigotsky como Piaget lo apoyan desde el momento en que ambos consideran que la fuente de todo conocimiento son las acciones (Benbenaste, 2018). Dentro de la estrategia se plantearán una serie de actividades que estimulan psíquica y biológicamente a los estudiantes para que puedan interiorizar más fácilmente los conceptos sobre magnitudes físicas que van a aprender, lo cual coincide con la idea vigotskiana de que “Lo que está en juego es evitar un sustancialismo cual es el de creer que hay un mundo psíquico en sí, que nada tiene que ver con lo biológico...el psiquismo es el funcionamiento avanzado de la biología...” (Benbenaste, 2018). Vigotsky concibe a la biología humana como filogenéticamente preparada para ser influida y funcionar en consecuencia por el desarrollo histórico-cultural. No se trata entonces de meros mecanismos de estímulo-respuesta aislados, sino de procesos de alta complejidad.

En la observación de un fenómeno natural, antes incluso de que el individuo haga uso de herramientas para hacer mediciones, existe un proceso psíquico que tiene que ver con la estimación de valores de las diferentes variables físicas que intervienen en el fenómeno. Esta estimación tiene que ver con la ley dialéctica (De Gortari, 1970) de los cambios cuantitativos en cualitativos y el ser humano está dotado de su propio herramental psíquico-biológico para llevar a cabo estas actividades de comparación como, por ejemplo, al observar el llenado con agua de un vaso se puede notar cómo cambia la altura del nivel del agua en el vaso conforme se deposita mayor volumen de agua en el mismo. Esta acción de estimación no requiere del uso de un instrumento externo al observador, pero sí requiere de aplicar lo que en Vigotsky se llaman Procesos Psicológicos Superiores (PPS). Para la observación científica se necesita el desarrollo, comprensión y manejo de un lenguaje por parte del estudiante, en este caso el de las magnitudes físicas, que para Vigotsky sería la “interiorización de lo social”, pues es desde la interacción

social que el individuo obtiene los diferentes instrumentos de ese lenguaje (signos, unidades, magnitudes o dimensiones físicas etc.), de tal manera que los PPS de cada individuo, expresan en realidad los logros de la humanidad a lo largo del tiempo de existencia que lleva sobre la Tierra. Para Vigotsky, este dominio del lenguaje cultural apoya el desarrollo y eleva la función dada a un grado superior. También Vigotsky hace una diferenciación entre el comportamiento natural y el cultural-psicológico. El comportamiento natural del educando va ligado con el crecimiento y maduración biológica y el comportamiento cultural va conectado con las funciones psíquicas, la construcción de nuevos métodos de razonamiento y las formas de la conducta cultural. En el caso de los estudiantes de bachillerato, universo de este trabajo, es importante considerar biológicamente el aún insuficiente desarrollo neurológico de su lóbulo prefrontal (Jensen, 2000); (Jensen, 2005), lo que dificulta exigirles altos niveles de abstracción. Desde el punto de vista del comportamiento cultural, también hay que tomar en cuenta las deficiencias en cuanto al dominio del lenguaje de la metrología (magnitudes físicas) que no se maneja con destreza debido a las deficiencias u omisiones que a este respecto se tienen en la impartición de estos temas en el sistema educativo nacional.

En cuanto al plano psicogenético de las formas culturales, los vigotskianos identifican 4 etapas que se suceden una a otra (Benbenaste, 2018):

1. El individuo trata de recordar, ya sea basado en sus propias capacidades biológicas de memorización o en su interés por la materia (conducta primitiva o de la psicología primitiva).
2. El individuo desarrolla conocimiento por descubrimiento o es guiado hacia algún método nemotécnico, lo domina bajo cierto contexto, pero al no saber cómo funciona este método no es capaz de transferirlo a otras situaciones de memorización (psicología ingenua).
3. El individuo ya comienza a hacer asociaciones, más allá de meras asociaciones naturales. Esta fase dura poco y es premonitoria de la internalización (método cultural externo).
4. El medio externo se convierte en interno (crecimiento interno concreto)

Basados en esta secuencia de internalización de los conocimientos, en el aporte práctico de esta Tesis se deberán plantear actividades que permitan la interiorización de las siete magnitudes físicas básicas del sistema internacional de unidades que conforman el lenguaje fundamental para comprender el resto de las magnitudes físicas. Mediante alguna actividad se deberá estimular la asimilación de los conceptos en las etapas 1 y 2, y posteriormente, mediante otras actividades, se podría lograr la internalización correspondiente a las etapas 3 y 4 de Vigotsky.

*¿Por qué la enseñanza de magnitudes físicas resultaría tan importante en el desarrollo de habilidades de observación científica?*

Para Vigotsky, una de las funciones más altas del comportamiento es el habla, el uso del lenguaje (Benbenaste, 2018), en el caso de la Física, los científicos también utilizan un lenguaje, tienen una ortografía y una gramática para interpretar los signos: mayúsculas, minúsculas, formas de escritura de ecuaciones, simbología de unidades, cantidades físicas, notación científica, notación vectorial, integrales, derivadas y/o ecuaciones diferenciales, etc.; y hasta para representar gráficas. Toda esta “cultura científica” tiene como base un lenguaje y la tesis de este trabajo es que los tabiques básicos que deben guiar el “comportamiento” científico para acceder a comprender los conceptos más complejos de la disciplina, parte de un dominio “decoroso”, una asimilación correcta de lo que significan las magnitudes físicas básicas y la manera en que conforman a las magnitudes derivadas.

Para Vigotsky, el sujeto no parte de su interior para concebir su entorno, pero tampoco ello significa que su mundo interno sea una copia fiel del ambiente que lo rodea. Interiorizar para Vigotsky significa que es el sujeto quien reestructura y acomoda (reacomoda) los significados que le vienen del exterior por la cultura, lo cual también es una concepción semejante a la de Piaget, quien propone la noción de “esquema de asimilación” en contraposición al de copia fiel del significado externo (Blanck, 1998).

Sobre la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) y su relación con esta propuesta, habría que decir que para Vigotsky, la ZDP es la brecha que resulta de diferenciar lo que un individuo puede hacer sin ayuda y lo que puede hacer sólo si cuenta con el apoyo o guía de alguien con más

experiencia. Para esto plantea dos conceptos: el desarrollo efectivo (lo que puede hacer sin ayuda) y el desarrollo potencial (lo que puede hacerse solamente con apoyo o ayuda de agentes externos pues aún no se han internalizado los procesos que le ayudarán en la consecución de un objetivo). La diferencia entre ambos nos delimita la ZDP.

Trasladando esta concepción a la presente Tesis, a partir de un diagnóstico inicial se necesita saber qué es lo que saben los alumnos del grupo sobre magnitudes físicas y también se debe evaluar cómo realizan la observación de un fenómeno físico de manera adecuada. Por experiencia, se puede predecir que habrá una gran brecha en relación con los aprendizajes que se quiere que obtengan, es decir, saber observar e identificar cómo se comportan las variables físicas del fenómeno que estén observando. La estrategia didáctica propuesta deberá ir enfocada a salvar dicha brecha, donde a través una enseñanza adecuada y la guía inicial del profesor, se espera que los estudiantes aprendan a aplicar los conceptos de magnitudes físicas como referentes para la observación de la mayoría de los fenómenos de la física clásica que se les planteen.

Para Vigotsky hay dos supuestos importantes (Benbenaste, 2018):

- I. Lo que se hace con ayuda de los demás podrá pronto hacerse de manera autónoma
- II. Hay una estrecha relación entre aprendizaje y desarrollo, es decir, a mayor desarrollo de los Procesos Psicológicos Superior (PPS), mejor aprovechamiento de los significados provenientes del exterior. Al desarrollo mental lo mueve el aprendizaje organizado.

Es decir, para Vigotsky tanto la imitación que se haga, o la instrucción que provenga de la interacción con los demás, son sumamente importantes para los aprendizajes. En el caso de la estrategia propuesta en esta Tesis, el intenso trabajo en equipo de las actividades será un mediador imprescindible para la internalización de aprendizajes por parte de los alumnos.

Un aspecto muy importante para este trabajo, es la visión que planteó Vigotsky sobre la transición del individuo de tener preconcepciones o conceptos espontáneos, a tener conceptos

científicos. El conocer este proceso, ayudará al profesor de ciencias a comprender y saber atacar de mejor manera los modelos preconcebidos y erróneos que sobre la ciencia tienen los estudiantes. Los conceptos espontáneos, o prejuicios como se les conoce socialmente, tienen mucho arraigo entre el común de la gente por 4 razones:

- a) Son una manera de adaptarse tanto a la vida cotidiana como al medio social
- b) Demandan menor nivel de abstracción que las ideas científicas, pues los preconceptos juegan un papel afectivo directo para la vida del individuo e implican ideas muy “antropocéntricas” poco objetivas.
- c) Los preconceptos se apoyan en lo que el individuo capta directamente con sus sentidos, para él los sentidos le significan la realidad y no puede haber otra, lo que le dificulta el paso de su realidad subjetiva a la visión de una realidad objetiva y científica. Costumbres, modas o tradiciones también son el reflejo social de estos preconceptos.
- d) Los preconceptos soportan la identidad del individuo, la manera en que él se reconoce y es reconocido por los demás en su entorno. La falta de estos referentes de identidad social puede provocar una desestabilización de la personalidad o de la sociedad completa incluso (por ejemplo, crisis geocentrismo vs. heliocentrismo o polémica creacionismo vs. darwinismo)

En su obra *Pensamiento y lenguaje* (Vigotsky, 1998), Vigotsky expresa la importancia que tiene el profundizar sobre el proceso de pasar de los preconceptos a los conceptos científicos, pues muchas veces se trata de un fenómeno que consiste en pasar de pensamientos inconscientes a pensamientos conscientes. Se trata de lograr un paso hacia un tipo superior de actividad interior, un mayor nivel de PPS. Conceptualizar es generalizar y según el orden creciente de generalización hay cuatro categorías de pensamientos: los cúmulos no organizados (hay referencia, pero no hay significado en las palabras), pensamientos complejos (hay referencia y significado), pseudoconceptos y finalmente los conceptos.

Este posicionamiento de Vigotsky nos permite sustentar aún más la importancia de ocuparnos en la manera de enseñar cómo se hace ciencia para ir “deconstruyendo” o

“designificando” estos prejuicios del común de la gente, en pro de la construcción de una sociedad basada en el conocimiento científico, objetivo y humanista.

Elemental resulta en el paradigma de Vigotsky el hecho de que el proceso de desarrollo individual no puede quedar dissociado de los procesos socioculturales o educacionales que rodean al individuo. No es posible entender los procesos de desarrollo psicológico sin los contextos históricos y culturales que envuelven al individuo. Para apropiarse de los elementos socioculturales que lo rodean, el individuo debe participar en actividades prácticas y relacionarse socialmente con otros que tal vez saben más que él acerca de esos elementos. Debe entenderse que los procesos educativos se dan en espacios donde tanto enseñantes, como educandos, negocian, discuten, concluyen y construyen los contenidos curriculares. El espacio oficial para estas interacciones son las escuelas, allí se recrean los saberes y deben tenerse las condiciones para lograr la interacción entre el ámbito personal y el ámbito sociocultural. Allí también se deben tener las condiciones para desarrollar formas de conocimiento más complejas y debe darse la posibilidad de convertir los conocimientos espontáneos en conocimientos científicos, entendiendo a los conocimientos espontáneos como aquellos que surgen de las experiencias cotidianas de los educandos y a los conocimientos científicos como aquellos que basados en los espontáneos, se estructuran de manera más compleja pero cohesionados por relaciones lógicas entre sí. Este conocimiento científico debe nacer de la experiencia y la reflexión en la escuela, con el apoyo de un docente y complementándolo con la interacción entre pares, pues el trabajo colaborativo es también un ingrediente esencial. En este sentido, la estrategia didáctica propuesta en este trabajo, deberá estar diseñada para desarrollarse en un espacio de educación formal como es el de la Escuela Nacional Preparatoria, pues se contempla el aprovechamiento de los Laboratorios de Ciencias Experimentales para que los estudiantes trabajen intensamente en actividades en equipo, en las cuales la actividad reflexiva sobre todo lo que se hace tiene un papel preponderante. En una primera etapa de la estrategia, el docente deberá ser un guía fundamental a lo largo de estas primeras fases de reflexión y hacer una labor de acompañamiento muy cercano hasta que poco a poco los estudiantes vayan adquiriendo destreza en la observación científica de fenómenos físicos.

Según Vigotsky, las generaciones más jóvenes deben apropiarse de los saberes que les permitan controlar y modificar su entorno y a sí mismas. Entonces, las metas educativas van en función de lo que una cultura en particular considera como valioso de ser aprendido por los jóvenes de su sociedad. Este proceso de apropiación de conocimientos debe darse con actividades que estimulen la creatividad, la innovación y la originalidad, lo cual permitirá un enriquecimiento futuro del bagaje cognitivo de dicha cultura gracias a estas nuevas generaciones

El trabajo en equipo, como ya se dijo, deberá constituir una parte prioritaria de la propuesta didáctica de esta Tesis. Esta forma de trabajo es apoyada por el paradigma vigotskiano desde el momento en que en éste se enarbola la idea de entender al alumno como un ser social, resultado de interacciones sociales tanto dentro como fuera del ámbito escolar. La construcción de los conocimientos en colaboración con los demás y el avance hacia las zonas de desarrollo próximo o la creación de nuevas ZDP debida a esta interacción tanto con pares como con personajes que saben más que el educando (profesor, padres, expertos, o estudiantes de semestres más avanzados) son elementos del paradigma de Vigotsky que apoyan el manejo de las actividades mediante equipos de trabajo.

El papel del profesor planteado en esta propuesta también se enmarca dentro de las concepciones vigotskianas: desde el momento en que el profesor se convierte en un agente capaz de generar los contextos para lograr los aprendizajes requeridos, desde el momento en que toma en sus manos la misión de coordinar los diferentes trabajos que realizarán los estudiantes. El profesor: como generador de los “andamiajes” necesarios para enseñar las magnitudes físicas; para enseñar la forma en que se deben observar los fenómenos físicos aprovechando esas magnitudes; como creador de estos apoyo y auxiliares para fomentar en el educando la transferencia de los contenidos aprendidos a nuevas situaciones; el profesor que poco a poco va deconstruyendo en el alumno algunos de esos andamiajes según va avanzando el alumno en el desarrollo de sus habilidades de observación hasta que éste, finalmente, logre actuar de manera autónoma y autorregulada. Todos son roles apoyados en el paradigma vigotskiano. Consciente de estos roles y de los objetivos de enseñanza, el profesor debe procurar la creación de las ZDP en conjunción con los alumnos haciendo uso de estos “andamiajes” que deberá considerar la estrategia didáctica.

En relación con las estrategias de enseñanza desde el punto de vista vigostkiano, algunos criterios que deben tenerse en cuenta (Hernández, 2012) y que deberán ser considerados en la estrategia didáctica de este trabajo son:

-Las actividades deben estar ubicadas en contextos holísticos donde su realización tome sentido para los estudiantes. Por ejemplo, la propuesta práctica implicaría el seleccionar experimentos “impactantes” para los estudiantes, o cuya temática cumpla con alguno de los temarios del programa de estudios o bien, que se relacione con alguna aplicación o tópico de las carreras del área que estudiarán los actuales bachilleres, todo con el fin de generar los aprendizajes contextualizados que se requieren en el aprendizaje situado (Díaz Barriga, 2006).

-Estimular la participación e involucramiento de los educandos en las diversas actividades y tareas. A lo largo de toda la estrategia didáctica se requerirá de la participación activa y despierta del grupo.

-Manejo de un lenguaje claro y explícito que facilite la comprensión conjunta tanto por parte del enseñante como del educando

-Conexión continua entre lo que los alumnos ya saben (conocimientos previos) y los nuevos contenidos de aprendizaje. A lo largo de toda la propuesta práctica se debe procurar que los alumnos vayan conectando lo que ya saben con lo que se quiere que aprendan, por ejemplo aprender conceptos de medición, qué son las magnitudes físicas, magnitudes físicas básicas, magnitudes físicas derivadas, análisis dimensional, etc. así en ese orden de complejidad creciente.

-Promover como finalidad última que el alumno haga un uso autónomo y autorregulado de los contenidos aprendidos

-Fomentar la interacción entre los alumnos mismos como un recurso para crear Zonas de Desarrollo Próximo, es decir, promover la llamada “enseñanza recíproca” o por pares, donde el profesor o guía explica las intenciones de aprendizaje; describe las habilidades a desarrollar; proporciona realimentación sobre los progresos de los estudiantes. Después, los alumnos

practican las habilidades que se pretende que aprendan y exponen ante el grupo sus resultados. Y a partir del establecimiento de diálogos con el grupo se van construyendo los aprendizajes hasta que el profesor termina fungiendo como un mero observador empático de lo que hacen los alumnos.

En cuanto a la evaluación, la forma de evaluar deberá coincidir de alguna manera con la concepción vigotskiana relativa a la evaluación dinámica (Hernández, 2012), donde más que evaluar el producto se evalúa el proceso mediante el cual se logra el producto. El nivel de desempeño de la habilidad “observar variables físicas de un fenómeno natural” logrado en solitario por el alumno o el equipo de alumnos, se debería poder comparar con el nivel de desempeño que se tuvo antes de las actividades de aprendizaje (diagnóstico inicial) de manera que pueda estimarse la amplitud de la ZDP que los estudiantes han finalmente logrado dominar.

### **2.1.2. Otros referentes pedagógicos y didácticos**

Además de Vigotsky y Piaget como principales referencias psicopedagógicas a ser consideradas para elaborar la propuesta práctica, se ha decidido utilizar el aprendizaje situado y tener en cuenta los recientes aportes de las neurociencias y su aplicación en la enseñanza (neuroeducación).

#### **2.1.2.1. Inteligencias múltiples y estilos de aprendizaje**

A partir de los años 80's, el concepto de inteligencia tuvo un cambio radical. Pasó de concebirse como una habilidad genéticamente condicionada y medible mediante diversidad de pruebas estandarizadas, a ser entendida como algo modificable a través de la experiencia y el aprendizaje. En su libro “Teoría de inteligencias múltiples” Howard Gardner (Gardner, 1987); (Gardner, 2015) plantea por primera vez la existencia de un cerebro polifacético y que se manifiesta de manera distinta en cada ser humano por la forma en que éste tiende a responder a estímulos de su entorno y resuelve problemas que se le plantean. A saber, Gardner inició con tres tipos principales: el visual, el auditivo y el kinestésico, pero diferentes autores han

desarrollado la idea hasta la actualidad, algunos proponiendo incluso hasta 11 o 14 diferentes tipos de inteligencia. Actualmente, el concepto de inteligencia se ha vuelto mucho más amplio y se considera un ente modificable, difícilmente cuantificable y que se manifiesta de mejor manera al momento de resolver problemas y en contextos del mundo real (Corbin, 2008, p. 41). De la mano con la teoría de inteligencias múltiples, se encuentra el modelo de aprendizaje que estipula que cada estudiante asimila los aprendizajes que le son enseñados (estilos de aprendizaje) (Dunn, 1995) de manera diferente. Esta concepción requiere que el profesor vea a sus alumnos de manera diferenciada, según sea su forma de asimilar los conocimientos. También se debe señalar que estos estilos de aprendizaje evolucionan y cambian en una misma persona a lo largo del tiempo y también un estudiante puede manifestar diferentes estilos de aprendizaje bajo diferentes circunstancias. El profesor mismo tiene su propio estilo de aprendizaje y tiende a enseñar dando preferencia a éste, lo que puede provocar problemas de comunicación de los contenidos con su alumnado, especialmente los alumnos kinestésicos que tienen dificultades para adaptarse a otros estilos de aprender que resultan ser más pasivos y "más aceptables" en una clase tradicional. El profesor debe estar consciente de esta situación para poder facilitar el aprendizaje de manera efectiva, es decir, debe aprender sobre estilos de aprendizaje para flexibilizarse y responder eficientemente a los requerimientos pedagógicos de sus alumnos. Para atender esta diferenciación dentro de la clase, ya se han desarrollado técnicas didácticas como la de las llamadas estaciones de aprendizaje, recurso pedagógico frecuentemente utilizado en países como Alemania (Di Fuccia, 2012).

La adolescencia es una etapa especialmente crítica en el desarrollo cerebral, las sinapsis neuronales que no se utilizan, son desechadas con el tiempo y los caminos sinápticos que sí se usan, se refuerzan, esto significa que (Corbin, 2008, p.43):

*A mayor variedad y diversidad de experiencias de aprendizaje que podamos ofrecer al cerebro adolescente en evolución, éste se vuelve más inteligente y capaz de utilizar muchas diferentes formas de procesar la información a través de diferentes facetas y dimensiones de inteligencia...el cerebro se vuelve más listo al agregar nuevo conocimiento al viejo y al activar las redes neuronales existentes.*

Ante este panorama, es necesario que los profesores atiendan con seriedad el tema de la diferenciación intelectual en el salón de clase ofreciendo experiencias educativas para los diferentes estilos de aprendizaje de los alumnos y promoviendo la estimulación de los diferentes canales sinápticos al momento de aprender un tema. Además, es recomendable que el profesor explique al grupo estos conceptos sobre inteligencias múltiples y estilos diferenciados de aprendizaje, así como concientizarse a sí mismo de su propio estilo de aprender para que su propio estilo de enseñanza no promueva un estilo predominante de aprendizaje y también debe dar la oportunidad de que los alumnos aprendan tanto en su estilo preferido, como desafiarlos para aprender en estilos distintos a los que acostumbran (Corbin, 2008, p.45).

Para aprovechar los descubrimientos sobre inteligencias múltiples, Corbin recomienda: concientizar a los alumnos sobre sus propios estilos de aprendizaje, desarrollar estrategias didácticas para todos los tipos de inteligencia de los estudiantes, promover actividades colaborativas donde se complementen las habilidades de aprendizaje de los estudiantes, incluir diferentes tareas de aprendizaje que correspondan a los tipos de inteligencia, procurar que los alumnos hagan uso de diferentes estilos de aprendizajes aunque no sean los que ellos acostumbran.

### **2.1.2.2. Música, cerebro y aprendizaje.**

A pesar de que existen evidencias de la efectividad del uso de la música en las clases académicas, sigue existiendo mucha reticencia por parte de las instituciones o cuerpos académicos para incluirla en el currículo de manera más seria. Es una situación que puede tener diversas causas, entre ellas el hecho de que muchos docentes desconocen los nuevos descubrimientos de las neurociencias. También sucede que la mayoría de los profesores no tienen o no reciben una mínima formación musical en los programas de preparación docente, por lo cual no aprecian el potencial educativo de esta herramienta artística lo cual se adiciona también a la poca disponibilidad de tiempo, las trabas burocráticas y la visión pragmática de la mayoría de las autoridades (Jensen, 2000a, p.ii).

Se han encontrado evidencias de los beneficios que tiene la música para el aprendizaje y sus procesos básicos como los sensoriales, cognitivos, emocionales, atencionales y motores. Aprender mediante las artes permite desarrollar estos diferentes sistemas cerebrales y es bien sabido que la música ayuda a la relajación, la autodisciplina, la creatividad y la motivación (Jensen, 2000a, p.3). Las escuelas Waldorf son el mejor ejemplo de currículos que consideran a la música como parte integrante de sí. Aunque los niños de las escuelas Waldorf comienzan a leer hasta los 7 o 9 años, figuras como Howard Gardner y TheodoreSizer admiran sus métodos y los egresados superan con creces a los estudiantes de escuelas públicas en los exámenes estandarizados (Jensen, 2000a, p.8). Hay estudios que parecen indicar que los estudiantes que hacen música tienen más oportunidades de ingresar a la carrera de medicina y al parecer, la integración de la música en los currículos de la educación japonesa indica que puede ser un factor que influya en las altas calificaciones internacionales de sus estudiantes en cuanto a matemáticas y ciencias se refiere (Jensen, 2000a, p.44). El hacer música en clase puede tener un mayor impacto en los aprendizajes que cualquier otra disciplina.

El sistema atencional, que incluye los lóbulos frontales, el núcleo geniculado lateral, el tálamo y la retícula que lo rodea, se ven influenciados por la música mediante la ruta oído-cóclea-vestíbulo y la absorción de ondas mecánicas por los huesos y la piel. También existe una relación íntima entre música y memoria. Hay estudios que demuestran que la memoria verbal se ve beneficiada desde edades tempranas y también se ha mostrado que el sonido ayuda a disparar la adrenalina necesaria para las emociones que fijan los recuerdos (Jensen, 2000a, p.72). Existen casos de terapias en que la música ha ayudado a pacientes de Parkinson a recuperar su memoria procedimental (por ejemplo: tocar el piano) y en pacientes con Alzheimer se han mostrado sustancialmente mayores niveles de recuerdo de palabras cantadas que habladas. La música facilita la memoria verbal. Jay Dowling, un investigador musical, ha concluido que aquellos educadores que más usan la música para el aprendizaje, logran la asimilación de conocimientos de manera más rápida y precisa (Jensen, 2000a).

Los educadores que promueven el movimiento, el canto y la música, mejoran la eficiencia y retención de los aprendizajes. En otro experimento, se sometió a dos grupos a enseñanza con música, uno de ellos de manera pasiva para estimular su memoria declarativa (imágenes,

lecturas, ejemplos) y al otro grupo se le enseñó de una manera más activa, mediante canciones, aplausos y movimientos, estimulando su memoria procedimental. Si bien ambos grupos tuvieron resultados equivalentes en las pruebas después de 5 semanas de instrucción, los aprendizajes se guardaron de manera diferente en el cerebro, pues el grupo activo superó al grupo pasivo en un test realizado un año después, es decir, mostró mayor retención de los aprendizajes y una mayor activación del córtex (Jensen, 2000a, p.75). En el caso del canto, un grupo de secundaria fue sometido a un programa de coro escolar y al final de éste, la mayoría de los estudiantes mostraron mejoría en su habilidad para resolver problemas (Jensen, 2000a, p.82). En Hungría es reconocido el método Kodaly para la enseñanza-aprendizaje de canciones como un elemento que ha ayudado al destacado desempeño de los estudiantes húngaros en matemáticas y ciencias. Un programa de grupos corales ha mostrado su eficacia para reducir las tasas de deserción en estudiantes de zonas marginadas de Harlem, Nueva York. El canto ha mostrado contribuir a mejoras en la coordinación motora, el pensamiento conceptual abstracto, habilidades de improvisación y verbales y en la creatividad, así como ser de gran ayuda para aquellas personas con daño moderado de su lóbulo temporal (Jensen, 2000a, p.82). Finalmente, hay que agregar que utilizar la música para el aprendizaje de contenidos es una potente herramienta, pues se activan las reacciones emocionales tanto como la memoria del córtex auditivo. Canciones, melodías y ritmos permiten este potencial y si además se agregan acciones repetidas y movimientos que acompañen a la canción, se mejora el aprendizaje al estimular el córtex asociativo, haciendo la clase no solamente más divertida, sino que los contenidos quedan almacenados en mayor cantidad de canales de memoria, permitiendo una mejor retención y evocación de recuerdos (Jensen, 2000a, p.85).

### **2.1.2.3. El juego en el proceso enseñanza-aprendizaje**

Decía Albert Einstein que *“jugar es la forma más elevada de investigación”* y efectivamente, diversos estudios sobre el ludismo pedagógico junto con los descubrimientos sobre el cerebro adolescente relacionados con la necesaria carga emotiva que deben tener las actividades de aprendizaje (Corbin, 2008), subrayan la verdad de tal afirmación en el caso de la enseñanza de las ciencias experimentales.

En *Homo Ludens* (Huizinga, 2007), una obra toral sobre el juego en la cultura humana, el holandés Johan Huizinga establece ya desde la primera mitad del siglo XX, la ventaja de utilizar juegos para la enseñanza. Allí postula que se aprende con mayor facilidad aquello que produce gozo o alegría (Melo, 2014). Para Huizinga, el juego ha tenido históricamente un rol importante en la construcción de la civilización humana, ya que “permea todas las manifestaciones humanas y sus relaciones con el mundo, define el comportamiento y el desarrollo humanos en los ámbitos sociales, culturales, afectivos y, por supuesto, educativos, todos ellos relacionados con la construcción de conocimiento.”(Melo, 2014). Desde el punto de vista de la psicopedagogía, tanto para Piaget como para Vigotsky lo lúdico es algo muy valorado. Para Piaget el juego es un factor que facilita la asimilación al darle significado social a los objetos a los que se asigna un papel o rol. Para Vigotsky el juego es un poderoso creador de la Zona de Desarrollo Próximo (Melo, 2014). El juego también funciona como un puente entre los significados cotidianos a los que está acostumbrado el alumno y los significados escolares que se desea que aprenda, como dice Di Modica (2007):

*Desde esta perspectiva, el juego incursiona en una zona de frontera que garantiza continuidades, especialmente en tres sentidos; a) como experiencia cultural, facilita el pasaje a otros universos de significación, b) como acción y lenguaje aporta contenidos y textos alfabetizadores y c) como herramienta didáctica promueve procesos cognitivos y dialógicos. (Di Modica, 2007, p. 2)*

En el contexto de la educación lúdica, la mera transmisión de conocimientos basada en una limitación de sentimientos y pensamientos del educando, debe pasar a un segundo término cediendo lugar a los aprendizajes en un ambiente transformador de los sentidos, como lo menciona el neuropedagogo Carlos Alberto Jiménez (2008, p.31):

*En lo pedagógico, el objeto de estudio de este problema no debe ser la transmisión de conocimiento o la enseñanza, sino la comprensión y de manera muy especial entender al hombre como sujeto lúdico, biológico, síquico, social y cultural. No obstante, se hace necesario cambiar radicalmente el concepto que tenemos de educación, muy ligada al de*

*la instrucción, e introducirnos más bien al de formación, comprensión o desarrollo humano, donde deben primar los sujetos colectivos lúdicos y luego el conocimiento.*

En su libro “Digital Game-Based Learning”, Marc Prensky (2001) resume en el capítulo 5, *Fun, Play and Games What makes Games Engaging?* una serie de razones por las cuales los juegos provocan motivación y entusiasmo en los seres humanos, entre otras:

- Son una forma de diversión, que provoca disfrute y placer
- Son una forma de juego, pues nos hacen involucrarnos intensa y pasionalmente
- Tienen reglas, lo que proporciona estructura
- Tienen objetivos, lo cual nos da motivación
- Son interactivos, lo que nos impulsa al hacer
- Tienen resultados y realimentación, lo que nos proporciona aprendizaje
- Tienen etapas de ganancia, lo que gratifica el ego
- Tienen conflicto/competencia/reto/oposición, lo que nos despierta la adrenalina
- Plantean el resolver problemáticas, lo que dispara nuestra creatividad
- Promueven interacciones, lo que genera grupos sociales
- Tienen una representación y una historia, lo que les da emoción.

Según Moursund (2006) existen otros objetivos educativos que pueden conseguirse usando juegos como:

- Aprender a aprender y ayudar a otros a aprender
- Aprender acerca de las fortalezas y debilidades propias al aprender (metacognición)

- Aprender a trabajar, tanto individual como colaborativamente en equipo, en un proyecto desafiante e importante
- Aprender a transferir el aprendizaje
- Aprender a mejorar la creatividad de uno mismo
- Ayudar a incrementar el desarrollo y la madurez cognitivos de la persona

La efectividad del uso de la lúdica en la enseñanza de las ciencias ha sido ampliamente estudiada, resultando ser concluyente el hecho de que usar metodologías que incluyan al juego son bastante útiles en la enseñanza de las ciencias naturales (Pereira, 2018). Diferentes experiencias en el uso de los juegos para la enseñanza de las ciencias confirman este resultado (Melo, 2014). Entonces es necesario que el profesor de ciencias cambie su actitud y posible reticencia hacia el uso de juegos en el aula, pues no se trata de perder el tiempo en una actividad ociosa, sino, que al usar los juegos en la enseñanza, se está haciendo uso de una de las herramientas más potenciadoras de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias a todos los niveles aumentando la calidad de los conocimientos adquiridos en el aula (Melo, 2014).

#### **2.1.2.4. Canales múltiples memorísticos y aprendizaje**

La información queda mejor asimilada cuando se emplaza en la mayor cantidad posible de canales memorísticos. Si bien existen las memorias de corto y de largo plazo, es esta última la que más interesa a la hora de hablar de aprendizajes significativos, pues es la que se utiliza al momento de ser evocada al resolver problemas a lo largo de la vida. La memoria a largo plazo no se ubica en una parte del cerebro en particular, sino que es un proceso que consiste en la interconexión de canales electroquímicos neuronales conformados cuando se aprendió algo por primera vez. Hay diferentes canales memorísticos en el cerebro y la evocación de recuerdos se logra de diferente manera. Barry Corbin menciona que existen dos tipos de memoria de largo plazo: la declarativa o explícita (relacionada con “de qué información” se dispone) y la procedimental o implícita (relacionada con el “cómo” de las cosas) (Corbin, 2008, p.58).

A su vez, la memoria declarativa se subdivide en memoria semántica (constituida por palabras, imágenes, símbolos, lugares o cosas de un recuerdo y que es difícil de evocar por sí sola) y memoria episódica (que es un fuerte canal memorístico pues está relacionada con la carga emocional que tuvo el evento en la vida de la persona, por ejemplo: la emoción y momento del primer beso).

La memoria procedimental tiene que ver con habilidades motoras, se divide en sensorio-motora (rutinas, hábitos físicos aprendidos como el manejar bicicleta o cambiar velocidades al conducir un auto) y la memoria reflectiva (relacionada con actos reflejos y respuestas automáticas o emocionales, como alejar la mano de un objeto caliente). Aunque tardan en ser construidas por primera vez en la mente, las memorias procedimentales resultan ser canales memorísticos muy fuertes y una vez automatizadas, son evocadas fácilmente y sin hacerlo conscientemente. Conviene entonces, alojar la información semántica tanto como sea posible en los canales episódicos y/o procedimentales pues al cerebro “no le gusta” la información aislada de contextos y el aprendizaje ocurre de manera vivencial, episódica y/o cuando se activan los canales sensorio-motores (Corbin, 2008, p.59). Nuevamente se enfatiza la necesidad de ofrecer experiencias de aprendizaje variadas y ricas al cerebro adolescente.

El proceso de memoria se puede establecer en tres etapas a partir de la llegada de información al receptor (Corbin, 2008, p.60):

A) La etapa de memoria sensorial, de unos cuantos segundos de duración y donde el 99% de la información es descartada si el cerebro no la considera útil.

B) La información relevante se envía a la memoria de trabajo o de corto plazo donde se le pone más atención y eventualmente puede ser también descartada rápidamente.

C) Finalmente, la información que es reforzada y retenida termina en la memoria de largo plazo. Allí es donde se opera el verdadero aprendizaje y sin estrategias de revisión o repaso y acomodación de la información con respecto a otros recuerdos, los conocimientos no son asimilados. Este repaso, reorganización y práctica de lo aprendido es lo que los científicos de la memoria llaman “ensayo” o “entrenamiento” (*rehearsal*). Y en este punto es importante

diferenciar el ensayo por repetición o rutinario de mera recitación o memorización y el ensayo elaborativo diseñado para mejorar la comprensión y retención de la información.

El ensayo elaborativo es más recomendado para aprender contenidos de la memoria semántica. Las mejores estrategias para lograrlo incluyen la activación de ambos hemisferios cerebrales haciendo uso de diferentes canales memorísticos, es decir, actividades visuales, artísticas y creativas, combinadas con lectura y escritura, o bien, técnicas que involucren movimiento corporal, música y/o rítmica.

Para el aprendizaje se requiere práctica y por ello no basta con enseñar las cosas una sola vez y de una sola manera, es cuando el estudiante hace las cosas más de dos, tres o más veces, que aprenderá lo que necesita saber (Corbin, 2008, p.61). El uso de canciones y música, como el rap, para el aprendizaje y entendimiento de muchos conceptos científicos ha ayudado a reforzar el uso apropiado del vocabulario y terminología científicos (Corbin, 2008, p.64)

#### **2.1.2.5. La relajación y la alerta relajada como ambiente escolar para el aprendizaje efectivo**

Si bien las llamadas neurociencias comenzaron a tener auge desde los años 80's del siglo pasado, es a partir de finales de los 90's y principios del nuevo milenio que los descubrimientos realizados en los campos de la neuroanatomía, las imágenes neuronales, la neuropsicología, la neurofisiología y otras áreas, comenzaron a llamar la atención debido a las posibles implicaciones de dichos descubrimientos en el ámbito educativo (Salas Silva, 2003). Nombres como Jensen, Sylwester y Caine destacan en esta época en la cual se establecieron descubrimientos como la plasticidad cerebral (el aprendizaje cambia la estructura física cerebral) con la consecuente reorganización funcional del cerebro; la identificación más precisa de ciertos procesos mentales en determinadas regiones cerebrales más allá de la idea ya conocida del "cerebro derecho" y "cerebro izquierdo" y el moldeado del cerebro a través de la experiencia y cultura donde vive la persona (Salas Silva, 2003). Basado en estos descubrimientos, Jensen hace una conexión con las implicaciones que pueden esperarse en el ámbito escolar como podrían ser: la manera en que la interacción social impacta a las hormonas y éstas a su vez al

conocimiento adquirido; cómo el movimiento corporal, la música, las artes, la nutrición y las emociones afectan los aprendizajes y la memoria, entre otras muchas cosas interesantes para la pedagogía (Jensen, 2000<sup>a</sup>); (Jensen, 2005).

Por su parte, Caine y Caine, desde principios de los 90s plantearon una serie de principios que condicionan los aprendizajes del cerebro ((Salas Silva, 2003), entre ellos uno muy importante es el relacionado con la llamada “alerta relajada”. Según este principio, el aprendizaje complejo aumenta gracias al desafío y se inhibe ante las amenazas, de tal manera que el cerebro aprende de mejor forma cuando se desenvuelve en un ambiente que disminuye la amenaza al mínimo, para evitar que se vuelva reticente a aprender, y que aumenta el nivel de desafío, de manera que el estudiante se encuentra presto para encarar las tensiones que implican los nuevos aprendizajes. Es decir, se trata de eliminar los miedos de los alumnos, pero manteniendo simultáneamente un entorno retador para su intelecto. Este tipo de estado mental puede crearse considerando que debe reducirse la amenaza y mejorar la eficacia personal, que debe involucrar la interacción social, las conexiones emocionales y la habilidad para centrar la atención, entre otras. Así también, el profesor debe considerar los estilos individuales para aprender de los alumnos y sus niveles de desarrollo intelectual (Salas Silva, 2003). El entorno retador se logra mediante la propuesta de problemáticas reales y que se acerquen al contexto de vida de los estudiantes. Entre los factores que contribuyen de manera estratégica a predisponer la mente de los estudiantes para el aprendizaje se encuentran (Velásquez, 2009):

-Eliminar la amenaza y el estrés

-Reforzar la estimulación motora, ya que al suministrar oxígeno al cerebro se mejora la conectividad neuronal.

-Enfatizar el desarrollo de cualquier arte, lo que facilita el desarrollo del lenguaje, mejora la creatividad y fomenta la disposición a la lectura

-Estimular la relajación, pues este estado de conciencia voluntario en que la persona alcanza una sensación de paz y equilibrio interior, facilita la concentración y por tanto la comprensión y asimilación de nuevos conocimientos; es decir, la mente relajada posibilita un mayor rendimiento

(Velásquez, 2009, p. 14). Con esta estrategia, la mente se halla más despejada y receptiva y predispuesta a la actividad creativa y, además de cambiar la conducta, mejora la autoestima, el tono muscular y el control sensorio-motor. “Para lograr la relajación, es especialmente útil el uso de la imaginación: visualización, recreación de imágenes dirigidas y escuchar música entre otros” (Velásquez, 2009, p.14).

#### **2.1.2.6. El aprendizaje situado**

Recientemente hay una tendencia a aplicar estrategias educativas basadas en el modelo de aprendizaje situado (Docktor y Mestre, 2014, p.8). Según esta concepción, el aprendizaje se ve influido por una tarea en particular y se da en el contexto en que el aprendizaje tiene lugar. Este enfoque propone que las actividades escolares se refieran a problemáticas auténticas, de alguna forma relacionadas con el entorno de los estudiantes y proponen un proceso de enseñanza llamado “aprendizaje cognitivo”. Este proceso se da en tres fases: modelado, donde se muestra cómo hacer algo; encauzamiento, donde se da oportunidad a la práctica guiada por el profesor y la realimentación hacia el alumno; y finalmente, la atenuación, donde poco a poco se va retirando el andamiaje diseñado para la etapa de encauzamiento. Como puede notarse, este enfoque tiene un basamento eminentemente vigotskiano en cuanto a los conceptos que engloba.

#### **2.1.2.7. Las matemáticas en la física**

Se bautiza frecuentemente a las matemáticas como “el lenguaje de la ciencia” o el “lenguaje de la Física”. Se han hecho diversos estudios (a nivel licenciatura, pero con resultados extrapolables al bachillerato) donde se tratan las problemáticas que representa el uso de las matemáticas aplicadas a la física (Docktor y Mestre, 2014, p.11). Entre las principales dificultades encontradas se encuentran el manejo de vectores, el razonamiento algebraico o de proporcionalidades y el manejo de simbología y ecuaciones.

En el caso de los vectores, las dificultades se relacionan con el uso de vectores para representar fuerzas, aceleraciones, campos, etc., así como existen amplias dificultades con la adición e interpretación de vectores resultantes en la resolución de problemas gráficos.

Respecto al razonamiento algebraico y de proporcionalidades, la dificultad es especialmente aguda cuando se trata de trasladar un enunciado textual a una expresión matemática; la estructura de un enunciado es un factor determinante al traducir la enunciación de relaciones entre variables en una ecuación. Estas dificultades se compensan al practicar la traducción de enunciaciones algebraicas en ecuaciones. En cuanto al manejo de simbología y ecuaciones, a diferencia de las matemáticas, en la física los símbolos representan conceptos de la realidad material y las ecuaciones son relaciones entre magnitudes físicas y es entonces frecuente que los estudiantes presenten deficiencias y confusión al asignar significado a los símbolos dentro de las ecuaciones y al tratar de dar seguimiento a operaciones con múltiples cantidades. En un estudio se identificaron hasta 21 formas simbólicas de las ecuaciones físicas (Docktor y Mestre, 2014, p.11) y cómo las interpretan los estudiantes, concluyéndose que es posible que el alumno llegue a soluciones correctas matemáticamente, pero con un inadecuado entendimiento conceptual de lo que significan, es decir, hay problemas en la interpretación de ecuaciones y resultados numéricos.

Por otra parte, se ha descubierto que el uso de ciertas habilidades matemáticas está condicionado por los contextos en que se requiere su aplicación (Docktor y Mestre, 2014, p.11). Aunque el estudiante dispone de los recursos matemáticos, no los utiliza en el contexto en que le son requeridos, pues éste es distinto del contexto en que dichos recursos fueron aprendidos, es decir, hay problemas de transferencia de los conocimientos. Se ha descubierto que los estudiantes requieren ser guiados en el proceso de conectar sus conocimientos matemáticos a la resolución de problemas de física (Docktor y Mestre, 2014, p.11). También los estudiantes, al tener un conocimiento más fundado del plano cartesiano, tienden a insistir en usar este sistema, aunque para resolver un problema dado, lo más apropiado sería el uso de un sistema polar. Se habla entonces de un “continuo de plasticidad”, donde puede disponerse desde recursos “plásticos” (herramientas matemáticas con poca certidumbre sobre cuándo y dónde aplicarlas) hasta recursos matemáticos más “sólidos” (con los cuales se tiene familiaridad y destreza en su manera de aplicación) (Docktor y Mestre, 2014, p.12).

Teniendo en cuenta estas dificultades y descubrimientos sobre el uso de las matemáticas en la física, se hace necesario desarrollar estrategias que permitan a los estudiantes

familiarizarse con la simbología y entendimiento de ecuaciones que representan fenómenos físicos, es decir, familiarizarlos con la gramática de la física, con su ortografía y semántica. La enseñanza del análisis dimensional basándose en magnitudes físicas puede ayudar en esta tarea tan importante.

### **3. ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES DE OBSERVACIÓN CIENTÍFICA EN EL ESTUDIANTE DE BACHILLERATO, A PARTIR DEL TEMA DE MAGNITUDES FÍSICAS.**

#### **3.1. Introducción**

La planeación de este trabajo de Tesis se centró en el desarrollo de habilidades para la observación científica en los estudiantes. La estructura de la propuesta didáctica se basa en la respuesta a las siguientes preguntas: ¿Qué se quiere que aprendan los estudiantes? (objetivos) ¿Cómo se requiere que aprendan? (estrategias de aprendizaje que respondan a temáticas como actitudes hacia la física, ideas previas, resolución de problemas, trabajos prácticos) ¿Cómo se organiza el trabajo para lograr los aprendizajes? (estrategias de enseñanza) y ¿Cómo saber lo que se aprendió? (evaluación).

Al principio y al final de la secuencia didáctica se contempla la aplicación exámenes de diagnóstico a partir de los cuales se pueden inferir conclusiones y evaluar la efectividad de la propuesta en cuanto a los aprendizajes logrados por los estudiantes.

En el aspecto evaluativo, se proponen instrumentos que permiten medir el avance de los aprendizajes de los alumnos, en acuerdo con los objetivos planteados. Los resultados de la evaluación al final de la intervención docente se comparan con los obtenidos en la evaluación diagnóstica para cumplir con la concepción vigotskiana de evaluación dinámica mencionada en el marco teórico de este trabajo.

#### **3.2. Metodología empleada en el desarrollo de la propuesta**

*¿Qué se quiere que aprendan los estudiantes?*

La respuesta en esencia a esta pregunta es precisamente el objetivo de este trabajo: se quiere que los estudiantes de bachillerato aprendan a hacer observaciones de fenómenos físicos aprovechando los conocimientos sobre magnitudes físicas básicas y derivadas, es decir, los conocimientos sobre las magnitudes medibles fungirán como una guía observacional para que

los estudiantes se orienten sobre lo que, para el interés científico, debe tenerse en cuenta al analizar dichos fenómenos. La justificación de por qué es necesaria la habilidad de observación, el por qué elegir el tema de magnitudes físicas y qué se entiende por habilidades de observación, se planteó en la parte inicial de esta Tesis.

*¿Cómo se requiere que aprendan?*

- *Actitudes hacia la física:* De los textos revisados se rescata el hecho de que incluir temas de electricidad y funcionamiento neuronal mejora la actitud de los estudiantes de medicina hacia la física (Docktor y Mestre, 2014, p.21), es decir, al contextualizar temarios hacia lo que van a estudiar se introduce un elemento motivacional. Se ha descubierto que la descontextualización y el poco trabajo en laboratorio desmotivan, por lo que se requiere más práctica y amenidad de las actividades (Solbes, 2007). Un hecho a tomar en cuenta es que son las mujeres quienes tienden a desmotivarse en los cursos de física del bachillerato (Arandia, 2016). Emociones negativas y sensación de fracaso limitan los aprendizajes y afloran con la resolución de problemas, mientras que las sensaciones positivas surgen haciendo trabajos prácticos (Dávila, 2016). Los juegos, concursos y experimentos promueven el interés de los estudiantes (Derek, 2018) y se ha descubierto que los hombres gustan más de los trabajos prácticos, mientras que mujeres se aburren con la física al no verle conexión directa con la vida (Williams, 2003)
- *Considerando estos resultados ¿Qué se puede hacer respecto a disminuir el rechazo de los alumnos por la física?:* Como el grupo objetivo de la implementación de la estrategia didáctica que aquí se plantea corresponde al área 2 de la ENP, donde por lo regular la población femenina es más numerosa que la masculina, la secuencia didáctica que se propone contextualiza los fenómenos a observar en el ámbito de las ciencias de la vida y la salud. Una conexión directa de lo enseñado en clase con lo que puede observarse en la naturaleza hará que las alumnas se sientan más atraídas por los temas y más motivadas al incluir actividades lúdicas y presentaciones amenas.

De acuerdo con Duit (2003), el uso de dinámicas lúdicas, además de lo motivacional, atiende el aspecto de lo afectivo en el aprendizaje y la enseñanza de magnitudes físicas está relacionada con “alfabetización científica”, necesidad planteada por él.

- *Trabajo de laboratorio*: Documentos como el de Hofstein (2003) y otros (Ng, 2006); (Di Fuccia, 2012), muestran que la falta de equipamiento, materiales y tiempo para atender grupos grandes son un problema generalizado en el mundo y obstaculiza el que los alumnos hagan trabajos prácticos. Por ello, la estrategia didáctica que se propone procura el uso del laboratorio de una manera económica, dinámica y equitativa. Cabe mencionar que el uso de estaciones de aprendizaje es un recurso muy utilizado en un país tecnológicamente desarrollado como Alemania (Di Fuccia 2012).

*¿Cómo se organiza el trabajo para lograr los aprendizajes? (estrategias de enseñanza)*

- Para contestar esta pregunta, se tomará en cuenta el texto sobre modalidades organizativas de De Miguel (2006, p.18). De acuerdo con este autor, la estrategia didáctica que se propone implica una enseñanza en modalidad presencial con clase expositiva teórica para el tema de medición y magnitudes físicas. Paulatinamente, las clases van tomando un carácter más práctico hasta llegar a un tipo taller (dinámica de estaciones de aprendizaje), donde se aplican los conocimientos sobre magnitudes físicas a la observación de fenómenos. Este tipo de dinámica, junto con la concepción de estilos de aprendizaje y diferenciación en la clase, gozan de relativa popularidad en Europa. En cuanto a la modalidad semipresencial y de trabajo autónomo, se promueve que el alumno elabore, como tarea a realizar en equipo, tablas de observación para algunos fenómenos físicos.

Con relación a los métodos de enseñanza-aprendizaje (De Miguel, 2006, p.21) se planea, como ya se mencionó, un método expositivo al momento de introducir el tema de medición y magnitudes físicas. Además, se desarrolla una dinámica de reforzamiento de los conceptos vistos aplicando un método cooperativo y trabajo colaborativo. Posteriormente, se aplica un método de resolución de ejercicios y un caso práctico de laboratorio, donde el profesor y los alumnos elaborarán una tabla de observación. Finalmente, aplicando el método de aprendizaje orientado a proyectos, se asigna a cada equipo el análisis de un fenómeno

natural y la elaboración de la tabla de observación correspondiente, para lo cual deberán aplicar los conocimientos adquiridos. Es de considerarse que el uso de diferentes metodologías resulta positivo en tanto se logren cumplir los objetivos propuestos.

- Es importante mencionar que durante la implementación de la estrategia didáctica se trabajó con un solo grupo de la asignatura, el cual a su vez fue dividido en dos grupos de estudiantes, el grupo experimental y el grupo control. La evaluación de los aprendizajes de estos dos grupos y su comparación permite medir el alcance de este trabajo. Aunque los conceptos estudiados con el grupo control y el experimental son los mismos, al grupo control se le asignaron tareas de un carácter pedagógico más tradicional. Dado que las actividades del grupo experimental requirieron el acompañamiento constante del profesor, al grupo control en ciertas sesiones se le asignaron algunos trabajos para hacer en casa (tareas tradicionales), mientras que sus compañeros del grupo experimental realizaron todas las actividades en el aula.

#### *¿Cómo saber lo que se ha aprendido? (evaluación)*

Citando a Ausubel: *“Si tuviese 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”* (UAM, 2009) para señalar la importancia de diagnosticar los conocimientos previos de los alumnos y saber cómo actuar, destaca la importancia de los diagnósticos, que son una herramienta clave en la medición de los avances cognitivos de los alumnos.

El proyecto elaborado por los estudiantes deberá evaluarse desde dos perspectivas: la de los aprendizajes logrados y la de la metodología y estrategias de enseñanza utilizadas por el profesor. Para ello, se tendrán los siguientes criterios:

*Evaluación del aprendizaje:* Para evaluar el aprendizaje de las habilidades de observación, se comparará el número de aciertos (magnitudes físicas listadas y sus correspondientes unidades posibles) obtenidos tanto en el diagnóstico inicial como en el final, ambos aplicados al mismo fenómeno físico. Se considera como criterios de evaluación la variedad de magnitudes

identificadas y la congruencia conceptual de éstas con las unidades de medición en el Sistema Internacional (SI) que les corresponden. Se adicionarán los aciertos obtenidos en la tabla del segundo fenómeno presentado al final de la secuencia. Después, presentando un tercer fenómeno físico desconocido por los alumnos hasta el momento, se evalúa la tabla realizada con los mismos criterios. Esta estrategia de evaluación ha sido validada utilizando experiencias educativas en Alemania (Di Fuccia, 2012). Adicionalmente, se aplica una evaluación que permita notar mejorías en el aprendizaje de los conceptos básicos sobre magnitudes físicas que requiere esta estrategia.

*Evaluación de la retención y acomodamiento cognitivo (medición de los aprendizajes significativos):* Si bien, es de esperar que el nivel de los aprendizajes evaluados sea mayor en los diagnósticos finales aplicados inmediatamente después de la intervención docente planteada, sería de mucho mayor interés el poder medir el nivel de conformación de los aprendizajes significativos, es decir, poder evaluar qué tanto los estudiantes realmente han logrado acomodar los nuevos conceptos y habilidades dentro de su bagaje cognitivo, pasado un tiempo después de la intervención.

*Evaluación de la enseñanza:* Al final de la secuencia se aplicó un cuestionario a los alumnos donde ellos pudieron expresar sus opiniones sobre los aprendizajes logrados, cómo se sintieron, qué actitud percibieron por parte del profesor, el nivel de motivación, la claridad de las instrucciones, el diseño de las actividades, así como proponer posibles mejoras a cualquiera de estos aspectos (Jaimes, 2018).

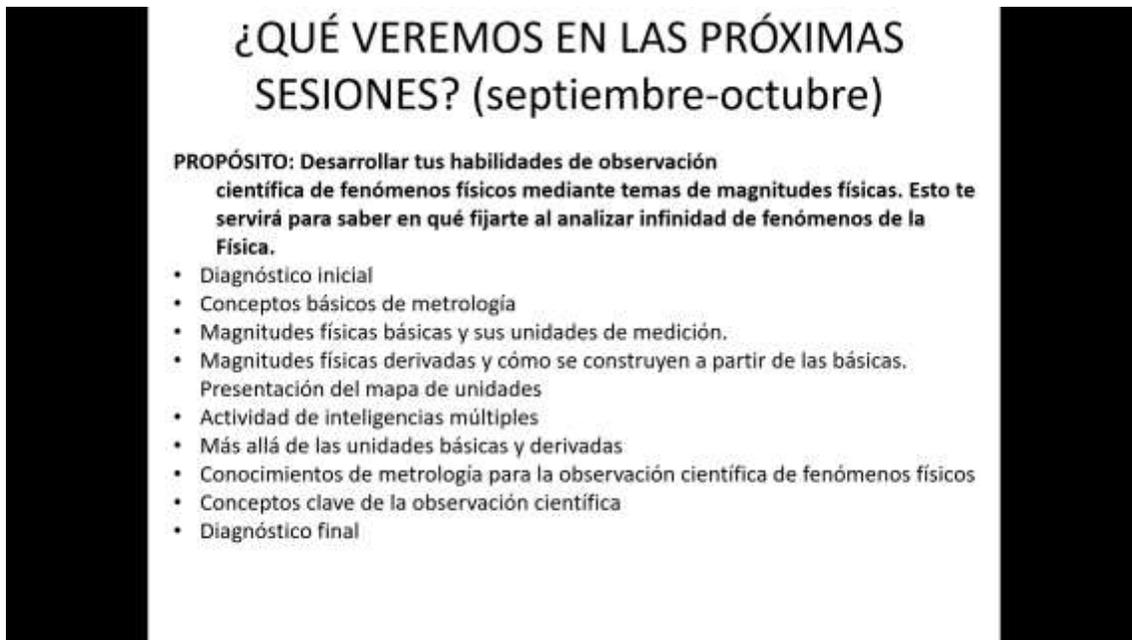
*Taxonomía:* Del texto sobre taxonomía de Krathwohl (Anderson, 2001), es de rescatar la necesidad de mantener la alineación entre objetivos, estrategias instruccionales y evaluación. Así como el camino de recorrido que se debe seguir en la dimensión del proceso cognitivo desde el “recordar” (*remember*) hasta el “crear” (*create*) para lograr la transferencia adecuada de conocimientos y llegar al aprendizaje significativo de los mismos.

### 3.3. Estructura de la estrategia didáctica

Teniendo en cuenta estos aspectos, a continuación se presenta la secuencia didáctica resultado de esta investigación educativa.

#### 3.3.1. Aplicación del diagnóstico inicial

Se presentan al grupo los objetivos de la secuencia didáctica y la manera en que se aplicará la evaluación.



**¿QUÉ VEREMOS EN LAS PRÓXIMAS SESIONES? (septiembre-octubre)**

**PROPÓSITO:** Desarrollar tus habilidades de observación científica de fenómenos físicos mediante temas de magnitudes físicas. Esto te servirá para saber en qué fijarte al analizar infinidad de fenómenos de la Física.

- Diagnóstico inicial
- Conceptos básicos de metrología
- Magnitudes físicas básicas y sus unidades de medición.
- Magnitudes físicas derivadas y cómo se construyen a partir de las básicas.
- Presentación del mapa de unidades
- Actividad de inteligencias múltiples
- Más allá de las unidades básicas y derivadas
- Conocimientos de metrología para la observación científica de fenómenos físicos
- Conceptos clave de la observación científica
- Diagnóstico final

Se aplica un examen diagnóstico (Anexo 1), el cual permitirá indagar las ideas previas de los estudiantes sobre el tema de magnitudes y la observación científica y medir su nivel de habilidad para observar científicamente un fenómeno físico. Se les muestra un fenómeno (por ejemplo el Péndulo simple y/o la Ley de Lenz) y se les pide que llenen de la manera más cabal posible la tabla de magnitudes físicas observables (Anexo 2). El diagnóstico consta de dos instrumentos. Uno de ellos sirve para evaluar las habilidades de observación y otro los

aprendizajes sobre conceptos acerca de magnitudes físicas. Este diagnóstico será el mismo que se aplique al final de la estrategia didáctica

### 3.3.2. Física sensorial, sintiendo la física de tu entorno

Se hace una sesión de relajamiento y fijación de la atención en la que los alumnos cierran los ojos y se les va orientando para percibir diferentes aspectos físicos de su entorno. La sesión puede durar entre 10 a 30 minutos según el criterio del profesor.

### 3.3.3. Magnitudes físicas derivadas y uso del mapa de unidades

Apoyados en una presentación de PowerPoint, se imparten de manera prescriptiva temas relacionados con las bases de la metrología, así como una explicación sobre las magnitudes físicas básicas con una visión constructivista. Es muy importante que los alumnos se queden con una idea clara de lo que significan estas magnitudes básicas, de manera que sean capaces de transferir este conocimiento al momento de comprender conceptualizaciones más complejas (magnitudes derivadas). Algunas diapositivas ejemplo:

## METROLOGÍA

### Medir es comparar

*Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre.*

*William Thomson, Lord Kelvin*

Desde el momento en que nacemos, los humanos iniciamos un proceso continuo de conocimiento de nuestro entorno. A través de todos nuestros sentidos percibimos sensaciones táctiles, sabores, imágenes, sonidos y aromas de los alrededores y **para clasificar toda esta información en nuestro universo de conocimientos** requerimos intuitivamente de una base concreta y conocida para clasificar todas estas señales, es decir, **necesitamos una referencia a partir de la cual podamos establecer diferenciaciones**

Se hace una recapitulación de los conceptos vistos:

**ENTONCES...**

- **Medir: comparar** una magnitud física o dimensión física con un patrón o referencia llamada unidad.
- **Magnitud física o dimensión física:** es una propiedad o característica de un objeto, conjunto de objetos o de algún fenómeno natural, que puede cuantificarse de alguna manera, es decir, que puede ser medida (comparada).
- **Unidad de medida:** es el patrón o referencia utilizado para medir una magnitud física (la longitud se mide en metros, el tiempo en segundos...)
- **Medición o medida:** es el **resultado del acto de comparar**, de medir. También se define como el número de veces que la unidad está contenida en la magnitud que se está midiendo (cuantificación).
- **Cantidad física:** es un número seguido de la unidad de medida de la magnitud correspondiente. **Todas las cantidades en física deben de tener unidades asociadas a ellas. ¡EN FÍSICA LOS NÚMEROS TIENEN APELLIDO!**

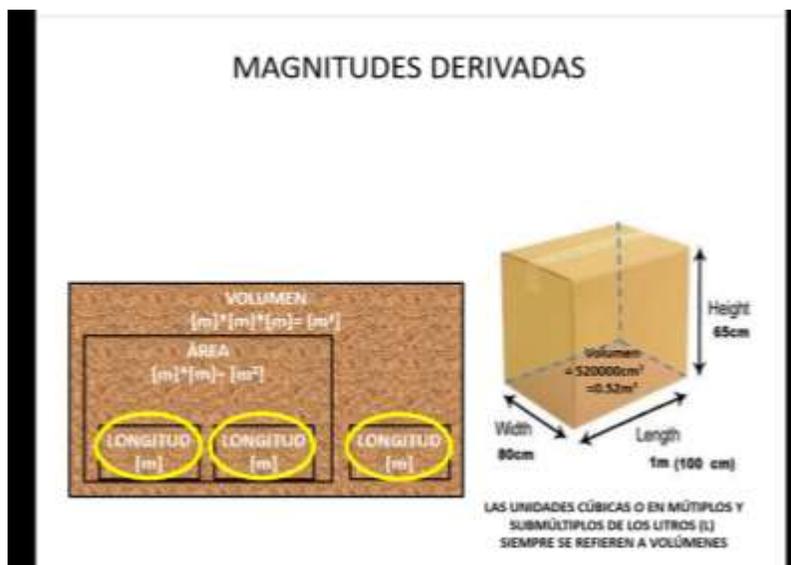
Se trata el tema de magnitudes básicas, se muestran las definiciones oficiales y se explican las magnitudes básicas de una manera más comprensible y contextualizada para los estudiantes haciendo énfasis en el hecho de que pueden transferirse los conceptos a marcos de referencia tanto de la vida cotidiana, como macroscópicos y microscópicos. Esto último con la intención de solventar el problema de transferencia que algunos alumnos tienen al momento de visualizar los mismos conceptos pero en contextos diferentes.

Finalmente, se da una breve explicación sobre prefijos de unidades y los órdenes de magnitud que involucran.

### **3.3.4. Comprender conceptos físicos complejos usando las magnitudes físicas**

Al explicar el tema de magnitudes derivadas se hace énfasis en la utilidad de comprender conceptos más complejos de la física al “diseccionarlos” en sus magnitudes básicas componentes. Como herramienta clave para la comprensión y futura observación de fenómenos físicos, se enseñará a los alumnos a guiar el análisis de magnitudes derivadas mediante un mapa de unidades (ver Anexo 3). Este mapa será la guía observacional por utilizar en la observación de diversos fenómenos de interés para la física.

Algunas de las diapositivas utilizadas en esta explicación:



Se aprovecha para explicar las conversiones de unidades cúbicas que presentan cierta dificultad para los estudiantes. A lo largo de la explicación se dan algunos ejemplos numéricos sencillos para no perder de vista el aspecto matemático. Adicionalmente, se

presenta y explica el manejo del mapa de unidades. Se hace una reflexión junto con los alumnos acerca de la comprensión de conceptos más complejos a partir del análisis de unidades.

### **3.3.5. Aprendizaje y refuerzo del tema de magnitudes físicas mediante una dinámica de estaciones de aprendizaje.**

Se diseña una sesión en la cual, mediante estaciones de aprendizaje, se estimulan los diferentes estilos de aprendizaje. Se tendrá cuidado en hacer que la sesión incluya aspectos lúdicos que mantengan motivado al alumno durante la sesión.

#### **¡A JUGAR CON INTELIGENCIAS MÚLTIPLES!** Un rally en 5 estaciones de aprendizaje lúdico.

##### **REGLAS:**

- Trabajarán todo el tiempo en parejas
- En cada estación de aprendizaje está una hoja con las instrucciones a realizar
- Durante todo el rally deben traer consigo su hoja de cumplimiento. Se entregará una hoja por pareja participante.
- Todos los estudiantes deben participar al menos una vez en cada estación de aprendizaje.
- Cada vez que termines tu participación en una estación, pide al maestro que te selle en tu Hoja de cumplimiento y busca una nueva estación de aprendizaje donde participar
- Las primeras 2 parejas que logren acumular sus 5 sellos, se ganarán un premio especial.



### **3.3.6. Una táctica musical para reforzar el aprendizaje de magnitudes físicas básicas.**

Como actividad de cierre de la sesión con estaciones de aprendizaje, se enseñará a los alumnos una canción que incluye los conceptos clave sobre magnitudes básicas, de manera que les sirva como estrategia nemotécnica para recordar las magnitudes básicas además de estimular tanto las inteligencias kinestésicas, visuales, auditivas, así como musicales consideradas por Gardner y Dunn.

### **3.3.7. Observación de fenómenos físicos utilizando el mapa de unidades.**

Teniendo como base lo aprendido sobre magnitudes básicas y derivadas y apoyándose en el mapa de unidades, se hace una observación de un fenómeno físico, desglosando los diferentes parámetros cuantificables en el fenómeno y consignándolos en una tabla parecida a la utilizada en el diagnóstico inicial de habilidades de observación.

### **3.3.8. Actividades de cierre de la secuencia didáctica propuesta.**

Para reforzar este aprendizaje, se deja a los alumnos que como tarea en equipo, completen la tabla de observación de otros dos fenómenos físicos, de la manera más exhaustiva posible.

### **3.3.9. Aplicación del diagnóstico final**

Se aplican para el diagnóstico final los mismos instrumentos de evaluación de aprendizaje de contenidos conceptuales y de habilidades de observación utilizados al inicio de la secuencia didáctica propuesta.

### **3.4. Instrumentación de la estrategia didáctica.**

#### **3.4.1. Plan de trabajo**

Como ya sea mencionó en la sección anterior, se decidió estructurar un plan de trabajo que permitiera tener dos subgrupos. El subgrupo control, al que se le bautizó como “Electrones”, recibió una instrucción un tanto más tradicional y menos acompañada por el profesor. El subgrupo experimental, bautizado como “Protones”, realizó las actividades correspondientes a nuestra propuesta. Ambos subgrupos realizaron algunas sesiones de manera muy similar, pero difirieron en actividades que se considera tienen influencia en los objetivos didácticos de nuestra propuesta. Al final, en ambos subgrupos se evaluó tanto el nivel de motivación por aprender física y los conocimientos adquiridos acerca de magnitudes físicas, como el nivel de desarrollo de la habilidad de observar fenómenos físicos. En la siguiente tabla se muestra el plan de trabajo con ambos subgrupos.

SESIÓN	CONTROL (Tradicional)	EXPERIMENTAL
8:40-9:30 Jueves	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Presentar propósito de la práctica, temario y formas de evaluación</li> <li>-Diagnóstico inicial, primero haciendo llenar tabla con observación de fenómeno: péndulo simple y ley de Lenz y después cuestionario</li> <li>-Designación de grupos control (electrones) y experimental (protones)</li> <li>-Tarea fotocopias de diapositivas y armar grupo en línea</li> </ul>	<p>IGUAL QUE EN CONTROL</p>
10:20-12:00 lunes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Física sensorial</li> <li>-Introducir temas de metrología, medición, sistema internacional y magnitudes físicas básicas</li> <li>-Se entrega definiciones oficiales magnitudes básicas al grupo control y tarea: completar ejemplos de tabla de magnitudes básicas, dos ejemplos de aplicación en casilleros donde ya hay algo ejemplificado y tres ejemplos en casillero vacíos.</li> <li>-Sale grupo control con tareas para miércoles, se queda grupo experimental</li> </ul>	<p>Después de que sale grupo control:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Definiciones sencillas 7 magnitudes básicas</li> <li>-Misma tarea que en control</li> <li>- Si hay tiempo se introducen reglas para actividad inteligencias múltiples</li> </ul>
12:00-12:50 miércoles	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisión tarea tabla mag básicas</li> <li>-Explicar tema teórico y prescriptivo de construcción magnitudes derivadas a partir de las básicas</li> <li>-Dejar tareas a grupo control para jueves: investiga 10 magnitudes derivadas adicionales a las vistas (columna NOMBRE y col UNIDAD en SI). Sale grupo control, se queda experimental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisión tarea tabla mag básicas</li> <li>-Explicar tema teórico y prescriptivo de construcción magnitudes derivadas a partir de las básicas</li> <li>-Después de explicación, sale grupo control y al experimental se explica el MAPA de UNIDADES</li> </ul>
8:40-9:30 Jueves	<p>Revisa tarea Mag Derivadas adicionales a GRUPO CONTROL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Se les deja tarea harán en la escuela una tarea de observación de un fenómeno físico aprovechando sus apuntes (protozoarios guiados con imanes por ejemplo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Después que sale control: ver Órdenes de mag y video Cosmic Eye</li> <li>-Si hay tiempo, explicar dinámica del lunes</li> </ul>
10:20-12:00 lunes	<p>GRUPO CONTROL para jueves harán en la escuela una tarea de observación de un fenómeno físico aprovechando sus apuntes (control magnet de mov. de protozoarios y respiración humana)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se aplica dinámica Inteligencias múltiples y estaciones de aprendizaje</li> </ul>
12:00-12:50 miércoles	<p>GRUPO CONTROL para jueves harán en la escuela una tarea de observación de un fenómeno físico aprovechando sus apuntes (control magnet de mov. de protozoarios y respiración humana)</p>	<p>Explicar diapositivas MÁS ALLÁ DEL MAPA DE UNIDADES, ejemplificar con experimento fluidos como llenar la tabla de análisis de fenómeno identificando magnitudes físicas y posibles unidades. De tarea para jueves tabla de observación de los 2 mismos fenómenos que grupo control.</p>
8:40-9:30 Jueves	<p>Conceptos clave de observación científica. Se deja tarea a control ara que complete su tabla y salen</p>	<p>Conceptos clave de observación científica. Se orienta a Experimental para formular sus hipótesis</p>
10:20-12:00 lunes	<p>Realización de diagnósticos y evaluaciones finales</p>	<p>Realización de diagnósticos y evaluaciones finales</p>

### 3.4.2. Secuencia de clases

**Objetivo:** Aplicar en la práctica una estrategia didáctica que permita a los alumnos asimilar los conceptos clave sobre magnitudes físicas del SI, de manera que puedan utilizarlos como una guía de observación al analizar diferentes fenómenos físicos.

**Materiales:**

- Proyector y computadora para presentaciones PowerPoint y material y equipo audiovisual para las actividades neuroeducativas propuestas.
- 2 balanzas granatarias o electrónicas
- 2 termómetros
- 2 cronómetros
- 2 reglas de madera 1m con resolución de 1 cm o 1 mm
- 1 Kit de juegos para aprendizaje de magnitudes físicas (lotería, memorama, dominó)
- Material para fenómenos a analizar
  - Péndulo simple con soporte universal
  - Péndulo de Newton
  - Reloj de arena
  - Reloj de agua y aceite
  - Riel de aluminio e imán de neodimio (fenómeno Ley de Lenz)
  - Lámpara sorda de inducción (fenómeno inducción electromagnética)
  - Juguete de flotación magnética
- 20 Fotocopias con formato de hoja de control de la actividad y para tabular magnitudes físicas de fenómenos observados

## APERTURA

### **CLASE 1- (50 min):**

-Se presentó el propósito de la práctica, temario y formas de evaluación. Para la evaluación del desempeño de los alumnos durante la intervención docente, se consideró:

50%- Asistencia, puntualidad y participación entusiasta en todas las actividades

30%-Realización de exámenes diagnóstico, autoevaluación y evaluaciones finales

20%-Cumplimiento con tareas y asignaciones en clase

Como puede notarse, el aspecto motivacional juega un rol primordial. También el cumplimiento con la realización de diagnósticos fue importante para lograr hacer las mediciones y comparaciones necesarias al analizar resultados. Aunque tanto los grupos control y experimental realizarían actividades extra clase y dentro del aula, el grupo control haría, en mayor grado, asignaciones de casa y el experimental tuvo previstas más actividades en clase.

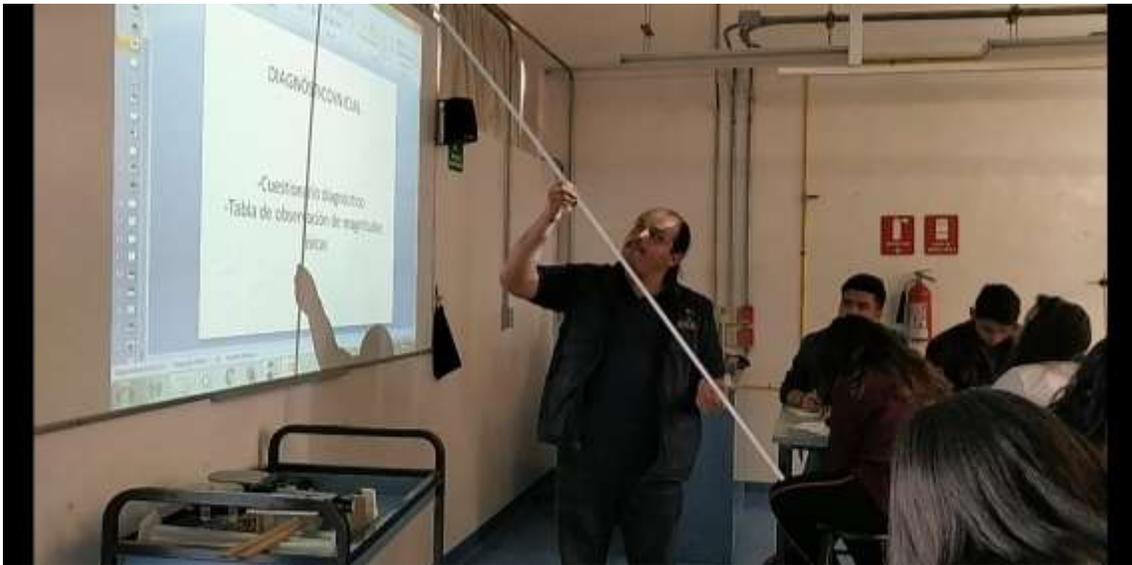
-Se realizó el diagnóstico inicial, primero haciendo llenar la tabla de observación de fenómenos para el péndulo simple y ley de Lenz y después, realizando el cuestionario de conocimientos sobre los temas de metrología que interesan para esta propuesta.

-Se definieron los grupos control y experimental, permitiendo a los alumnos acomodarse en uno u otro grupo, pero procurando que ambos grupos quedaran con el mismo número de integrantes: electrones=control y protones=experimental.

-Se dejó de tarea sacar fotocopias de las diapositivas que se utilizarían según la sección que les correspondiese y se registró al grupo en Facebook, para facilitar la comunicación y la eventual realización de actividades en línea.

**-Aplicación del diagnóstico inicial** .Se aplicó un diagnóstico a los alumnos que por una parte permitiría indagar sobre sus ideas previas acerca del tema de magnitudes y la observación científica y por otro demostraría su nivel de habilidad para observar científicamente un fenómeno

físico (ver Anexos 1 y 2). Se les mostró un fenómeno (ej. Péndulo simple y Ley de Lenz) y se les pidió que llenaran de la manera más cabal posible la tabla de magnitudes físicas observables en el mismo.



## DESARROLLO

### **CLASE 2 -(100 min)**

-Se inició la sesión con el relajamiento “*Física sensorial, sintiendo la física de tu entorno*”, en el cual se fomenta la fijación de la atención solicitando a los alumnos cerrar los ojos y se les orienta para percibir diferentes aspectos de las magnitudes físicas de su entorno. Se completó una breve experiencia de atención plena (percibir las características físicas de un arándano mediante los sentidos del gusto y el tacto de la lengua).

-Se introdujeron temas de metrología, medición, unidades del sistema internacional y magnitudes física básicas

-Se entregaron definiciones oficiales de las magnitudes físicas básicas al grupo control (Electrones) y una tabla en la que debían completar ejemplos de las 7 magnitudes básicas. Se pidió que listaran tres ejemplos de cada magnitud en lugar de sólo dos. En este punto de la sesión, se hizo salir al grupo control.

- Al grupo experimental, se le expusieron los conceptos en un lenguaje más sencillo para entender las siete magnitudes básicas y se ejemplificaron en diferentes contextos y marcos de referencia. Finalmente, se le asignó la misma tarea que al grupo control (llenar la tabla con tres ejemplos para cada una de las siete magnitudes básicas).

### **CLASE 3 – (50 min)**

-Se recogió la tarea de la tabla de ejemplos de magnitudes básicas. -

Se terminó de explicar, de manera prescriptiva, el tema teórico sobre construcción de magnitudes derivadas a partir de las básicas con sencillos ejemplos de aplicación numérica: área, volumen, densidad, velocidad, aceleración, fuerza, energía, potencia y presión.

-Al finalizar el tema se instruyó al grupo control sobre una tarea para el día siguiente: investigar 10 magnitudes derivadas adicionales a las ya vistas en clase (tabla con una columna “Nombre de magnitud” y otra columna “Unidad del SI”). Se pidió que saliera el grupo control del salón para continuar sólo con el experimental.

- Con el grupo experimental se explicó adicionalmente el manejo del llamado “mapa de unidades”, que es un mapa conceptual que contiene tanto las magnitudes básicas como las conexiones que forman con las magnitudes derivadas. Se les hizo énfasis en que este mapa deben utilizarlo como guía observacional al momento de observar fenómenos. Esta explicación se realizó con algo de premura por lo que fue necesario repasarla bien la siguiente clase. En lugar de la tarea en casa sobre investigar y enlistar ejemplos de magnitudes derivadas que se asignó al grupo control, al grupo experimental se le instruyó acerca del mapa de unidades y también se le proporcionó el listado de magnitudes derivadas.

#### **CLASE 4 – (50 min).**

-Se revisó al grupo control la tarea sobre el listado de magnitudes derivadas de la clase anterior. Antes de despedir al subgrupo control, se les explicó, que no tendrían clase durante las dos siguientes, pero que para compensar ese tiempo, deberían realizar una tarea de observación de dos fenómenos (respiración humana y manipulación de movimientos de protozoarios con campos magnéticos). Las tablas resultantes de ambas observaciones deberían entregarlas una semana después.

- Una vez habiendo salido el grupo control, al grupo experimental se le explicó un videoclip de 3 minutos (*Cosmic eye*) que hace un *zoom-out* (hasta un orden de magnitud donde los cúmulos de galaxias se harían observables) y un *zoom-in* (hasta el orden de magnitud de las partículas subatómicas), a partir de una persona acostada en un parque y que muestra los diferentes contextos en que pueden usarse las magnitudes físicas vistas hasta el momento.

- Se alcanzaron a explicar un poco algunas reglas de los juegos a utilizar en la dinámica de inteligencias múltiples que se realizarían en la próxima sesión.

#### **CLASE 5 –Actividad de inteligencias múltiples con 5 estaciones de aprendizaje (100 min).**

Esta sesión se llevó a cabo exclusivamente con el grupo experimental, pues resulta ser la parte nuclear de la propuesta didáctica de tesis.

Se terminó de dar la explicación sobre el mapa de unidades, especialmente sobre magnitudes relacionadas con electricidad y ondas o vibraciones y fenómenos naturales repetitivos o periódicos.

#### **-Inteligencias múltiples en 5 estaciones de aprendizaje.**

Se aplicó una actividad en la que mediante 5 “estaciones de aprendizaje” se estimularían, de manera lúdica, los estilos de aprendizaje visual, auditivo, kinestésico etc. para el tema de las magnitudes y unidades básicas del SI. El grupo se dividió en 5 estaciones de aprendizaje donde

se trabajarían juegos y actividades a ser realizadas en el formato de un rally. Los alumnos trabajaron siempre con una pareja de manera colaborativa y todos los alumnos debieron pasar al menos una vez por cada una de las estaciones. Las 5 estaciones de aprendizaje utilizadas fueron:

1. *Lotería (visual-verbal), ocupación máxima 8 alumnos, 4 parejas*
2. *Dominó (visual-verbal), ocupación máxima 8 alumnos, 4 parejas*
3. *Memorama (visual), ocupación máxima 8 alumnos, 4 parejas*
4. *Manejo de instrumentos de medición (kinestésico), ocupación máxima 4 alumnos*
5. *Identificación de magnitudes en fenómenos físicos (visual-kinestésico), ocupación máxima 4 alumnos*



**-Optimización del tiempo:** En las mesas designadas para las estaciones se pegaron instrucciones para facilitar la resolución de dudas a los alumnos. Para agilizar el desarrollo de las actividades y asegurar el paso de cada pareja de estudiantes por todas las estaciones de aprendizaje, se estableció un formato de rally donde la primera pareja en concluir todas las actividades de cada estación ganaba un sencillo premio. El paso por cada estación se controló

mediante una hoja que era sellada en la zona correspondiente cada ocasión que la pareja terminaba de manera adecuada las actividades asignadas.

**-Una táctica musical para aprender magnitudes físicas básicas (refuerzo).** Mediante una canción los alumnos asimilaron de manera significativa la concepción de las 7 unidades básicas del SI. Se terminó la sesión con el *Rap de las Unidades*, la actividad tardó unos 20 a 25 minutos, que fue lo que se tardó en mostrarles la rítmica y que practicaran un poco para que se familiarizaran con la canción. Se prometió hacer un concurso en una sesión futura, entre equipos que mostraran la mejor coreografía, caracterización y aprendizaje de la letra de la canción.

### **CLASE 6-(50 min)**

**-Más allá del Mapa de Unidades:** Siguiendo exclusivamente con el grupo experimental, se explicaron las diapositivas *Más allá del mapa de unidades*, donde se indicó que puede existir la necesidad de pensar en generar magnitudes físicas en función del fenómeno analizado y que lo importante es saber interpretar las unidades correspondientes y el significado de esa nueva magnitud. Se presentó una tabla con diversas unidades derivadas donde los alumnos, orientados por el profesor, hacían una interpretación del significado conceptual involucrado en las mismas.

**-Observación de un fenómeno físico utilizando el mapa de unidades.** Se ejemplificó la observación de un fenómeno físico, aprovechando el uso del mapa de unidades. Para el llenado de las tablas de observación, se hizo un ejercicio de observación en acompañamiento con el profesor. Dado que el tema que los alumnos verían con su profesor titular era el de fluidos, se decidió usar como ejemplo un flujo de agua saliendo de la llave del agua, es decir, se trató de que identificaran magnitudes físicas de un fluido en movimiento, apoyados en el mapa de unidades, para llenar la tabla de análisis del fenómeno, identificando magnitudes físicas y posibles unidades.

A cada equipo de 4 personas se le dejó de tarea el llenado de tablas de observación de los mismos fenómenos que al grupo control. Se indicó que la tarea se calificaría con base en el equipo que tuviera más aciertos en las columnas “magnitud” y “posibles unidades”, para incentivar la conformación de listados lo más completos posibles.

Comparando las tareas de ambos subgrupos, se notó una gran diferencia entre el grupo experimental y el control, en lo relativo a la variedad, la precisión descriptiva de los parámetros listados y la congruencia conceptual de las posibles unidades.

### **CLASE 7 – (50 min)**

**-Conceptos básicos para caracterizar fenómenos físicos:** Nuevamente con todo el grupo presente, se recordaron los conceptos de variable, constante, variables dependiente e independiente y relaciones de proporcionalidad y se mostró un ejemplo de aplicación en la tabla que se había llenado para el ejemplo del fluido en movimiento.

-Como la siguiente sesión iniciaría el cierre de la secuencia didáctica, se indicó al grupo experimental que debía llegar en punto para poder realizar el concurso del Rap de Unidades y 25 minutos después deberían entrar los alumnos del grupo control para que juntos comenzaran a hacer los diagnósticos finales y las otras evaluaciones finales.

### CIERRE

### **CLASE 8 - (100 min)**

En los primeros 25 minutos de clase se realizó el concurso del “Rap de las Unidades” con equipos del grupo experimental y 25 minutos después, ingresó el grupo control.

**-Aplicación del diagnóstico final.** Como inicialmente se hizo, y ahora aprovechando el uso del mapa de unidades en el caso del grupo experimental, se volvió a pedir a los alumnos que listaran en los formatos las magnitudes físicas que observaran, primeramente en el péndulo simple o el fenómeno que se les presentó para el diagnóstico inicial y después en un segundo fenómeno desconocido hasta ese momento. También, se agregó un tercer fenómeno a analizar: una lámpara de inducción por agitación de un imán dentro de una bobina, para ver el desempeño de los estudiantes al enfrentar la observación de algo completamente nuevo.

-Hecho el diagnóstico de observación se les pidió contestaran nuevamente el diagnóstico final de conocimientos, haciendo hincapié en la importancia de responder la última pregunta referente a aprendizajes que el alumno creyese que le fueron significativos durante la secuencia.

- Terminados de hacer los diagnósticos, se le devolvió a cada alumno su diagnóstico inicial de conocimientos sin calificar. Se les mostró la llave de respuestas en el proyector y se calificaron a sí mismos sus dos diagnósticos de conocimientos, anotando la diferencia de aciertos entre ambos, de tal manera que inmediatamente pudieron darse cuenta de sus avances en el aprendizaje de conceptos.

-Se comenzaron a hacer las evaluaciones al profesor y las autoevaluaciones de los alumnos.

### **CLASE 9 (50 min) Miércoles 27 de febrero**

-Se terminaron de hacer evaluaciones y autoevaluaciones que quedaron pendientes la clase anterior.

- Se llevó a cabo una charla de realimentación acerca de toda la secuencia didáctica realizada. Se hizo una realimentación con los alumnos sobre sus percepciones, quejas, aprendizajes y sensaciones vividos con la práctica docente aplicada, sin que surgieran comentarios negativos, a excepción de cierta sensación por parte de algunos integrantes del grupo control de haber sido discriminados por haber realizado algunas actividades distintas a las del grupo experimental.

### **CLASE ADICIONAL –DIAGNÓSTICO DE RETENCIÓN (75 min) 5 semanas después de aplicada la intervención docente.**

Como un paso adicional a la realización de la práctica docente, se decidió llevar a cabo un diagnóstico de retención de aprendizajes de los alumnos del grupo, poco más de un mes después de aplicada la secuencia. Se aplicaron los exámenes diagnósticos de conocimientos, durante los cuales no se permitió sacar apuntes para no contaminar los resultados de retención. En el caso del diagnóstico de habilidades de observación, se volvieron a mostrar el péndulo simple, el riel

de aluminio con imán para ley de Lenz y la lámpara de inducción. Para realizar esta evaluación sí se permitió que los alumnos utilizaran apuntes e incluso pudieron consultar internet.

-Se hizo una realimentación nuevamente, donde los alumnos expresaron la utilidad de los conocimientos adquiridos en la secuencia para poder aplicarlos no solamente en física, sino también en química (tener las bases de metrología les ayudó a entender el análisis dimensional) y en matemáticas, así como en biología para el establecimiento de variable dependiente, independiente y proporcionalidad. El manejo de unidades también les ayudó en la resolución de algunas tareas de sus asignaturas de ciencias experimentales. Durante el mes de marzo, en la asignatura de física ya no usaron mucho los conocimientos vistos en la intervención docente, pues solamente terminaron de ver algo de fluidos, sin embargo, al hablar del Principio de Bernoulli, el grupo experimental confirmó que les sirvieron un poco los ejemplos sobre el tema que les fueron expuestos durante la secuencia.

### **Evaluación del aprendizaje**

Como fue planeado, la evaluación de aprendizajes se dividió en: evaluación de los aprendizajes sobre magnitudes físicas y evaluación de las habilidades de observación adquiridas. El primer tipo de evaluación sería un cuestionario de contenidos conceptuales sobre magnitudes físicas vistos durante la secuencia. El diagnóstico inicial incluyó una pregunta final sobre expectativas acerca de la intervención docente y el diagnóstico final, una pregunta sobre los aprendizajes que el alumno consideró rescatables de la misma. El evaluar habilidades de observación tomó en cuenta criterios como la variedad de magnitudes identificadas (listadas en el instrumento), la claridad o especificidad de su descripción y la congruencia conceptual de éstas con las unidades de medición que les correspondían.

**Evaluación de la retención y acomodamiento cognitivo (medición de los aprendizajes significativos):** Por fortuna, en el caso del grupo con el que se realizó la práctica docente, fue posible aplicar nuevamente los diagnósticos tanto de aspectos conceptuales como procedimentales. Aproximadamente cinco semanas después de ejecutada la intervención docente, la profesora supervisora accedió a permitirnos una sesión de 100 minutos para volver

a trabajar un poco con los alumnos. Los resultados fueron interesantes y motivantes, como se expone en el siguiente capítulo.

**Evaluación de la enseñanza:** Al final de la secuencia también se aplicó un cuestionario a los alumnos acerca del desempeño del profesor practicante, los aprendizajes logrados, cómo se sintieron los alumnos, qué actitud percibieron por parte del profesor, el nivel de motivación, la claridad de las instrucciones, el diseño de las actividades y se les solicitó sugirieran posibles mejoras a cualquiera de estos aspectos. Este cuestionario también pudo aplicarse, en lo que respecta a la retención, cinco semanas después de finalizada la intervención docente.

#### **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En el capítulo anterior se hizo una descripción de la estrategia didáctica elaborada para el desarrollo de habilidades de observación y la manera en que se implementó durante la intervención docente. Se procuró no perder de vista nunca el llamado “alineamiento”, es decir, la congruencia entre el objetivo a lograr, las actividades que conformaron la estrategia y la manera de evaluar los aprendizajes logrados por los estudiantes.

La estrategia didáctica propuesta, fue instrumentada en un grupo de 6º año de la asignatura de Física IV, de Área 2 (ciencias de la vida y de la salud) en el turno matutino del plantel No. 8 “Miguel E. Schulz” de la Escuela Nacional Preparatoria durante el mes de febrero de 2019.

Se procuró no solamente evaluar la adquisición de contenidos conceptuales relacionados con la guía observacional usada por los alumnos, sino que se trató de desarrollar un instrumento que realmente evidenciara el desarrollo de la habilidad de observación. Por ello, fue necesario hacer un diagnóstico tanto de conocimientos como de dicha habilidad. En especial, el instrumento de evaluación de las habilidades de observación, fungió como una especie de “radiografía” del verdadero acomodamiento de conocimientos en la mente de los alumnos, pues evidenció muchas carencias conceptuales que tienen los alumnos de 6º año de preparatoria, que no son muy evidentes y que muchos profesores dan por sentado que los estudiantes conocen adecuada y cabalmente. El ignorar estas carencias cognitivas que vienen “arrastrando” los chicos desde etapas más tempranas de su formación, a la larga resulta ser una fuente de frustraciones y desmotivación, tanto para el alumno que no es capaz de asimilar los nuevos conocimientos como del profesor, quien, al evaluar a sus alumnos, no alcanza a comprender los diversos grados de fracaso en que los alumnos incurren al ser evaluados.

Como ya se mencionó, otro aspecto clave que se piensa debía ser medido de alguna manera, fue el nivel de retención de los nuevos conocimientos y su acomodamiento en los constructos mentales de los alumnos, es decir, una medición de los aprendizajes significativos, al menos en el corto plazo. Como se verá más adelante, esta actividad adicional arrojó resultados muy interesantes. Estas mediciones no es fácil que puedan ser llevadas a cabo, pues se hacen en una etapa posterior a la ejecución de la intervención docente, fuera de los tiempos que el

profesor supervisor dispuso para ello, por lo que no todos están dispuestos a volver a ceder algo de su tiempo al profesor investigador. Por fortuna, para la realización de tales mediciones, se contó con la buena disposición de la profesora supervisora que nos facilitó de buen talante a su grupo en todo momento.

En este último capítulo, se hará una revisión de los resultados obtenidos en los diagnósticos iniciales, finales y de retención, tanto para evaluar los contenidos conceptuales asimilados, como los contenidos procedimentales y actitudinales (nivel de motivación por la física) desarrollados. Finalmente, se expondrán las conclusiones que resulten de este análisis y algunas recomendaciones hacia el docente que tenga la intención de poner en práctica esta estrategia.

Para analizar los resultados, se promediaron los puntajes totales obtenidos en cada tipo de diagnóstico (inicial, final, retención), para cada tipo de contenido evaluado (conceptual, procedimental, actitudinal) y para cada subgrupo (control o experimental). El análisis se apoyará en gráficas para una comprensión más clara de los resultados (ver figuras 4.1, 4.2 y 4.6).

Una tendencia general que se notará en estos gráficos es que partiendo de un mínimo alcanzado en el diagnóstico inicial, se llega a un pico máximo en el final (inmediatamente después de realizada la intervención) y posteriormente, se observa un cierto grado de declive en el diagnóstico de retención. Como intuirá el lector, este comportamiento es natural y atribuible a la llamada “curva de aprendizaje” (o “de olvido de los aprendizajes”, como según quiera verse) en la cual, se tiene un alto nivel de recuerdo en un punto inmediato posterior al repaso de conocimientos y posteriormente, si dichos conocimientos no son repasados o utilizados con el paso del tiempo, paulatinamente este nivel de recuerdo va disminuyendo, pudiendo hasta incluso desaparecer. Bien conocido es este hecho tanto por profesores como por estudiantes que se desvelan aprendiendo contenidos la noche anterior a un examen y después de aprobarlo exitosamente, que no siempre sucede, se olvidan del tema pasado el tiempo. Sin embargo, hay que hacer notar que en el caso de nuestros resultados, el declive en ninguno de los diagnósticos y para ninguno de los dos subgrupos, volvió a caer al mismo nivel mínimo del diagnóstico inicial. Podría pensarse que las cinco semanas de lapso entre la finalización de la intervención docente y la medición de la retención, no fue un periodo lo bastante largo como para que se

desvanecieran los aprendizajes. Sin embargo, una tendencia similar se tuvo con los resultados de una intervención docente muy parecida, ejecutada en el último tercio de 2018, y en la cual la medición de la retención se realizó cinco meses después, es decir, pasado más del cuádruple de tiempo que en la retención que analizada más recientemente.

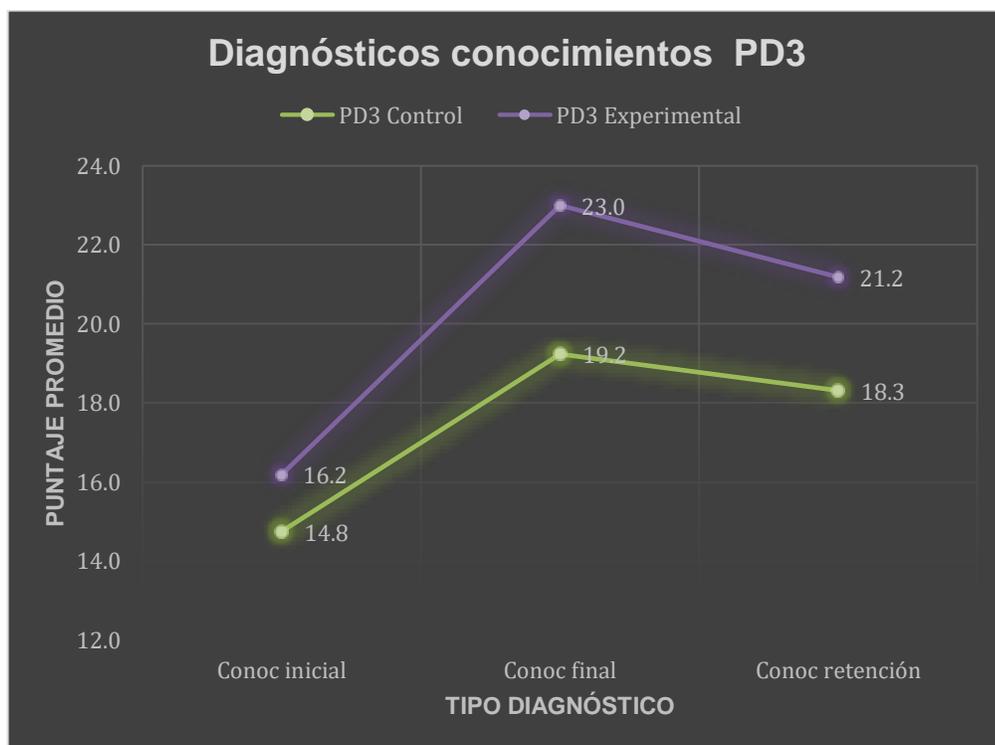


Fig. 4.1. Resultados de los diagnósticos de conocimientos (contenidos conceptuales).  
3ª Práctica docente

En la figura 4.1. se nota que la curva correspondiente al grupo experimental, aunque partió de resultados con poca diferencia en el diagnóstico inicial (16.2- experimental, 14.8-control), fue acrecentando su brecha con relación a la curva del control, hasta llegar a una máxima separación

en los diagnósticos finales y llegar a una diferencia del  $[(21.2-18.3)/18.3*100] = 16\%$ , en los puntajes de la retención. Comparando el diagnóstico inicial con el de retención, se obtiene una mejoría del 23.6% para el control y de 30.8% para el experimental, en el aprendizaje de contenidos conceptuales, es decir, una diferencia del 7.2% entre ambos porcentajes de mejora.

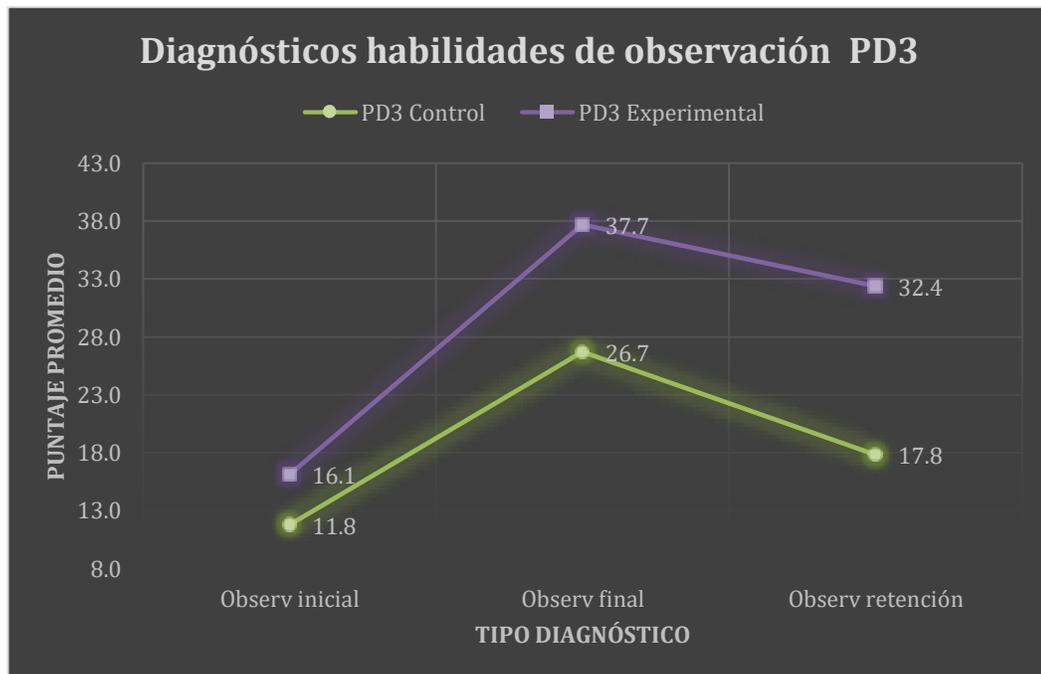


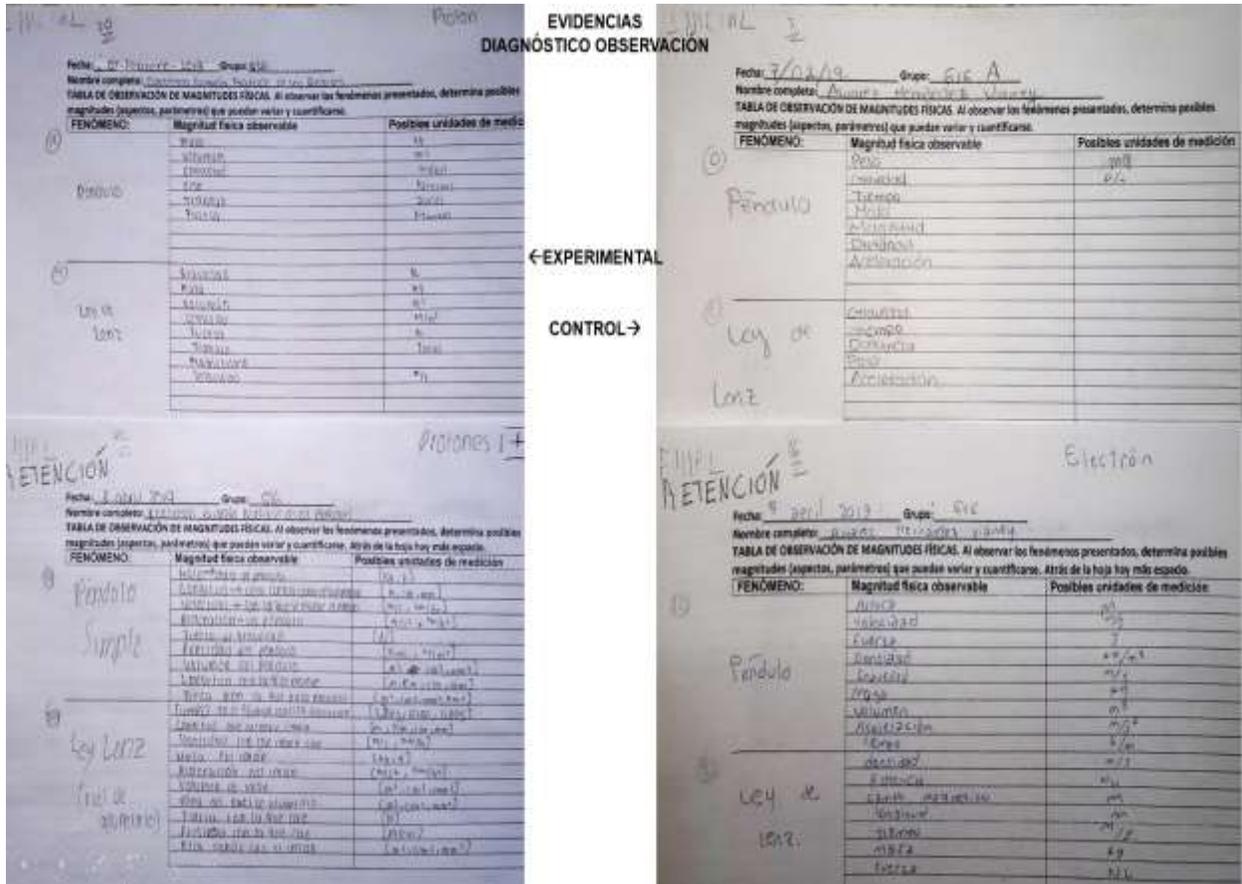
Fig. 4.2. Resultados de los diagnósticos de la habilidad de observación (contenidos procedimentales) 3ª Práctica docente

En cuanto al nivel de desarrollo de la habilidad de observar fenómenos, objetivo central de este tema de investigación, en la figura 4.2., puede apreciarse que las curvas tienen un comportamiento parecido a las evaluaciones sobre contenidos conceptuales, sin embargo, es de subrayar la marcada diferencia de puntajes a favor del grupo experimental en contraste con el control al evaluar a ambos en la etapa de retención. La diferenciación al principio, si bien no es

pequeña (16.1- experimental, 11.8-control), deriva en un acrecentamiento de la brecha entre curvas mucho más acentuado, al punto de que la máxima separación no se da en los diagnósticos finales, sino en la retención y llega a una sustancial diferencia de hasta el  $[(32.4-17.8)/17.8*100] = 82\%$ , en los puntajes de la retención. Comparando el diagnóstico inicial con el de retención, se obtiene una mejoría del 50.84% para el control y un poco más del 100% para el experimental, en el desarrollo de habilidades de observación, es decir una diferencia del **50.2%** a favor de la mejoría del experimental respecto a la mejoría del control.

El hecho de que la brecha entre curvas, sea mayor en este caso en la etapa de retención, es un indicador casi inequívoco de que la estrategia didáctica propuesta tuvo un efecto sustancial en los aprendizajes significativos de los alumnos, en tanto que la estrategia tradicional usada con el subgrupo control, si bien permite una mejoría cercana a la del experimental en las habilidades observacionales al finalizar la intervención docente (134%-experimental vs.126% control), no evita que el nivel decaiga a 17.8 pasado un tiempo, un puntaje cercano al del grupo experimental en sus etapas iniciales (16.1).

A efectos de comprender mejor la manera en que nuestra estrategia didáctica supera a una estrategia tradicional, véase la explicación al pie de la figura 4.3. Se trata de una imagen que muestra los diagnósticos de la habilidad de observación en las etapas inicial y de retención para un alumno del subgrupo control (electrones) y un alumno del subgrupo experimental (protones). Para evaluar estos diagnósticos se consideró: la diversidad de parámetros físicos listados para cada fenómeno observado, la claridad o especificidad de su descripción (no es lo mismo decir simplemente “Tiempo”, a decir “Tiempo que tarda el imán en su recorrido”, una mayor especificidad es indicadora de observaciones más finas) y la congruencia conceptual de éstas descripciones con las posibles unidades de medición que les corresponden (longitudes medidas con unidades de longitud, áreas con unidades de área etc.). Eventualmente, la correcta escritura de las unidades, la correcta “ortografía científica”, podría ser otro factor que evaluar en la tabla, sin embargo, en esta ocasión bastó con que los alumnos anotaran de manera entendible las unidades que pretendían correlacionar con los parámetros físicos observados.



**Fig. 4.3. Comparación diagnósticos inicial-retención de la habilidad de observación (contenidos procedimentales):** Lo primero que salta a la vista es que en ambos subgrupos, al comparar la etapa inicial con la de retención, existe una notable mejoría en cuanto a la variedad de parámetros listados. Sin embargo, aunque en la etapa inicial, el número de parámetros listados es parecido en uno y otro, en la retención, el nivel de claridad al describir el parámetro observado es mucho mayor en el ejemplo experimental que en el del control. Al momento de revisar la congruencia del parámetro descrito con la unidad en que podría medírsele, en el caso del control en la etapa inicial prácticamente no hay capacidad de relacionar unidades con magnitudes listadas, y aunque en la etapa de retención al parecer el alumno logra enlistar una mayor variedad de parámetros con unidades, siguen existiendo serias fallas conceptuales (fuerza medida en [J], tiempo en [m/s] etc.) Finalmente es notable el hecho de que en la etapa de retención, la muestra del experimental menciona congruentemente una mucho mayor cantidad de unidades posibles para medir una misma dimensión, e incluso propone unidades correctas conceptualmente, que muchos otros alumnos de bachillerato no atinan a relacionar adecuadamente ( $\text{km/h}^2$  para medir una aceleración), a diferencia del control, quien parece terminar aún con graves carencias en la retención.

Para de alguna manera evaluar la capacidad de transferir los aprendizajes a nuevas situaciones, en el diagnóstico de retención se pidió a los alumnos que analizaran también el funcionamiento de una linterna de inducción como la mostrada en la figura 4.5<sup>1</sup>, que no usa baterías pues funciona mediante la agitación de un imán en su interior que induce la corriente necesaria en el embobinado que atraviesa reiteradamente en sus trayectos de ida y vuelta.



*Fig. 4.4. Retención de habilidades de observación-transferencia de conocimientos hacia el análisis de una linterna de inducción.*

En este caso, algunos alumnos del grupo experimental fueron un poco más allá y en su listado de parámetros físicos propusieron incluso una pareja de variables posiblemente interactuantes en el fenómeno, lo cual representa ya de por sí un supuesto que puede ser la semilla de una interesante hipótesis, pero como esto rebasa los propósitos de esta tesis, en el diagnóstico sólo se les pidió a los alumnos que hicieran estos supuestos voluntariamente y si eventualmente se les ocurría alguna idea al respecto. En la figura 4.5 se muestra la tabla de un alumno “protón” que llega a proponer una pareja de variables independiente-dependiente.

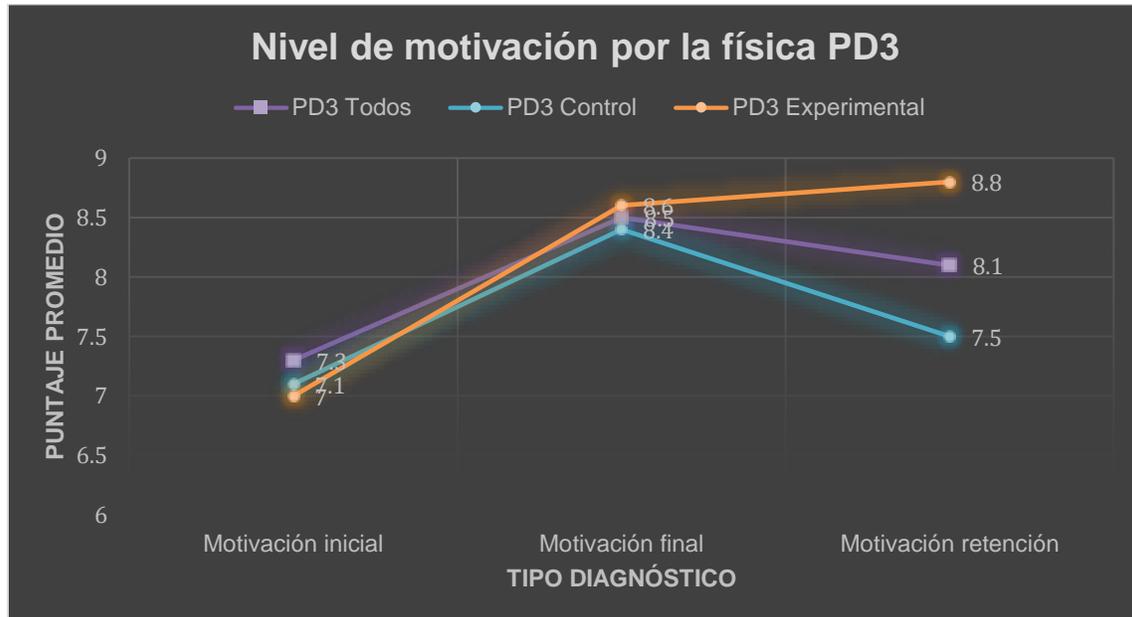
---

<sup>1</sup> Imagen obtenida de <https://www.ecobarna.com/products/linterna-sin-pilas>, consultado el 10 de mayo 2019

FENÓMENO:	Magnitud física observable	Posibles unidades de medición
lámpara de inducción	Intensidad de corriente del campo magnético	[A]
	Tiempo de duración de la luz	[s] VI
	Velocidad del movimiento	[m/s] VD
	Aceleración del movimiento	[m/s <sup>2</sup> ]
	Frecuencia de movimiento	[Hz]
	Intensidad luminosa	[cd]
	Potencia del LED	[W]
	Fuerza de agitación	[N]
Flujo del campo magnético	[Wb]	

Fig. 4.5. Retención de habilidades de observación-transferencia de conocimientos a un fenómeno diferente a los vistos en clase. Subgrupo experimental-protones. La propuesta de una pareja de variables que interactúan es la semilla de una posible hipótesis

Como se ha dicho, el aspecto motivacional es un elemento fundamental en el éxito de una estrategia didáctica. Los avances en neuroeducación muestran que los nuevos conocimientos se afianzan de una manera más duradera en el cerebro de los individuos, cuando al ser aprendidos, llevan una buena dosis de emotividad (Corbin, 2008). Por ello, aunque a muchos resulte secundario, no quisimos descuidar la evaluación de este aspecto y una pregunta del diagnóstico de conocimientos cuestionaba al alumno acerca de su nivel de motivación por estudiar los temas relacionados con la física en una escala del 0 al 10, los resultados en este rubro también fueron interesantes.



*Fig. 4.6. Resultados del nivel de motivación por aprender Física (contenido actitudinal)  
3ª Práctica docente*

En la figura 4.6 se nota que tanto en la etapa inicial como en la final, los niveles de motivación son parecidos y se incrementan en ambos casos en alrededor de un 20%. Sin embargo, lo interesante es la evolución de la motivación en la etapa de retención. Si bien, para el grupo control decayó significativamente su motivación por aprender física, para el grupo experimental la motivación se acrecentó todavía aún más al pasar de 8.6 a 8.8 en la retención. Evidentemente en estos valores juega un papel importante el estilo de las actividades que la profesora titular del grupo había realizado en las cinco semanas desde que terminó la intervención docente hasta que se aplicó el diagnóstico de retención. Sin embargo, al estar ambos subgrupos bajo la tutela de la misma profesora, se podría aventurar la interpretación de que la estrategia docente permitió a los alumnos del grupo experimental comprender de una mejor manera las actividades que su profesora les planteó ya pasada la intervención docente, a diferencia del control, cuya asimilación de conocimientos no fue la suficiente como para entender mejor y motivarse más por la asignatura de Física.

Un resumen de los resultados obtenidos sería:

- Para el **grupo control**:
  - Mejoría promedio en los exámenes diagnósticos de **conocimientos**: De 14.8 pasó a 18.3 en puntaje promedio en la retención.
  - Mejoría promedio en los diagnósticos de **observación**: De 11.8 pasó a 17.8 en puntaje promedio en la retención.
  - Nivel de **motivación** por aprender física aumentó de 7.1 a 8.4 (+18.3%) y decayó a 7.5 al momento de diagnosticar la retención.
  - Nivel de aprendizaje de conceptos según autoevaluación del alumno aumentó de 6.0 a 7.2 (+20%) y decayó a 7.1 en la retención.
  
- Para el **grupo experimental**:
  - Mejoría promedio en los exámenes diagnósticos de **conocimientos**: De 16.2 pasó a 21.2 en puntaje promedio en la retención. **(+7% más que el grupo control)**
  - Mejoría promedio en los diagnósticos de **observación**: De 16.1 pasó a 32.4 en puntaje promedio en la retención. **(+50% más que el grupo control)**
  - Nivel de **motivación** por aprender física aumentó de 7 a 8.6 (+22.9%) y aumentó aún más, a 8.8 en la retención
  - Nivel de aprendizaje de conceptos según autoevaluación del alumno aumentó de 6.8 a 8.7 (+27.9%) y aún más, hasta 9 en la retención.

## 5. CONCLUSIONES

- El desarrollo de habilidades de observación en los estudiantes de bachillerato, es un aspecto prioritario para la formación del pensamiento crítico y científico tan necesario en la comprensión de las ciencias experimentales.
- Para entrenar esta habilidad, es necesario que los estudiantes cuenten con una guía de observación que les oriente en la identificación de aspectos que son de interés para el análisis científico, es decir, dotarlos de una herramienta orientativa para saber en qué deben fijarse al analizar un fenómeno.
- Se considera que dicha guía orientativa puede estar basada en la enseñanza de conceptos que son comunes a muchos de estos fenómenos físicos. En este sentido, las magnitudes físicas básicas y derivadas, presentes en la diversidad de fenómenos existentes, representarían un hilo conductor que permitiría a los alumnos orientarse en este proceso de observación.
- El hablar de magnitudes básicas y derivadas lleva en sí mismo un trasfondo constructivista en tanto se requiere de la clara comprensión de las primeras para después edificar los conceptos más complejos que implican las segundas. Entonces, aún con más razón, era necesaria una visión constructivista en la organización de la secuencia didáctica propuesta.
- El realizar una sesión de relajación al principio de la secuencia tuvo consecuencias muy positivas en la motivación del grupo, desde el momento en que se permitió a los alumnos tener un respiro dentro del ajetreo diario al que se encuentran sometidos. No es necesario aplicar esta estrategia en cada sesión, pero sí al principio para lograr los efectos motivacionales requeridos.

- La idea de aplicar estrategias de didácticas basadas en estaciones de aprendizaje es eficaz para poder estimular los diferentes estilos de aprendizaje y atender el hecho de la existencia de inteligencias múltiples entre el alumnado.
- Las potencialidades del manejo lúdico de las actividades propuestas demostraron su eficacia al permitir que se acrecentara la emotividad al momento de aprender nuevos conocimientos y al momento de su reforzamiento.
- La aplicación de la metodología de observación aquí propuesta, requiere del profesor una amplia preparación en la materia a fin de contar con el suficiente criterio y flexibilidad para comprender las propuestas observacionales de los estudiantes sin caer en el error de censurar *a priori*, ideas que en un futuro pueden resultar interesantes desde un punto de vista científico.
- Habilidades como la empatía, el manejo de un lenguaje familiar y accesible a los jóvenes y la capacidad de entusiasmar al grupo, deberían ser herramientas pedagógicas a tomar en cuenta en la formación de profesores de ciencias.
- La enseñanza de las ciencias experimentales debe ser conformada de tal manera que los estudiantes puedan descubrir y desarrollar al máximo sus potencialidades de pensamiento crítico/científico, su creatividad y sus habilidades científicas.
- Así mismo, debe procurarse estimular una actitud que de manera simultánea equilibre un escepticismo inductor de análisis racionales sobre los fenómenos físicos y un entusiasmo que incentive la natural curiosidad humana por conocer.
- La formación del profesorado debe incluir una concientización acerca de los fines de la enseñanza de las ciencias en el bachillerato, que haga énfasis en el desarrollo de estrategias didácticas motivantes para el alumnado y que incluyan un tratamiento lúdico de los temarios, al tomar en cuenta las dificultades de abstracción de los adolescentes debido al natural desarrollo mental en esa edad.

- La evaluación de los aprendizajes debe tener un carácter holístico, capaz de medir los avances de alumnos con diferentes estilos de aprendizaje y con diferentes niveles de conocimientos y experiencias. Se debe evitar estancarse en el uso de instrumentos de evaluación que sólo midan una o dos de las múltiples facetas de la formación de un individuo.

### **Sugerencias finales**

Como colofón de este trabajo, hay que mencionar algunas cuestiones acerca de las actitudes y factores que el docente debe tener en cuenta para la implementación exitosa de estrategias didácticas como la propuesta en esta tesis.

- El profesor de Física debe dominar las herramientas y lenguaje que utiliza la disciplina para el modelado de sus fenómenos.
- El trabajo con estrategias que fomentan la creatividad del alumnado, requiere por parte del profesor un adecuado dominio del tema a enseñar, de tal manera que sea capaz de convertirse en un verdadero facilitador de los aprendizajes y no un obstaculizador de los mismos al generar más confusiones que respuestas claras a los cuestionamientos de los estudiantes.
- Si bien en cierto momento, el estimular la creatividad de los estudiantes puede parecer demasiado demandante para el profesor que debe tener la suficiente flexibilidad y empatía para comprender la diversidad de propuestas de los estudiantes, a la postre, este trabajo resulta más que gratificante tanto para el docente como para el discente. Hay que estar conscientes de esta ventaja para abordar con entusiasmo la aplicación de estrategias holísticas como la propuesta en esta tesis.
- Debe de tener la empatía suficiente como para comprender las dificultades de un estudiante que por primera vez se enfrenta a los conceptos a aprender.

- Atendiendo a estas dificultades, el profesor debe ser capaz de desarrollar estrategias didácticas que faciliten a los estudiantes el acceso a la comprensión de tales conocimientos
- En el desarrollo de estas estrategias debe ser capaz de estructurar la secuencia de pasos para que, en forma constructivista, los conceptos vayan acomodándose entre los constructos mentales del estudiante.
- Debe ser capaz de preguntarse cómo le habría gustado que le enseñaran la física durante sus estudios de bachillerato, en lugar de tratar de reproducir la forma en que recibió la instrucción en esa disciplina, de tal manera que genere y ponga en práctica ideas que ayuden a optimizar su cátedra.
- Debe tener la empatía suficiente como para intuir los conceptos que los estudiantes son capaces de asimilar en un tiempo razonable, así como la creatividad para diseñar las estrategias didácticas que faciliten a sus alumnos el acceso a los aprendizajes
- Debe ser lo más claro posible ante los alumnos al momento de plantear los criterios de evaluación que tomará en cuenta.
- Debe ser lo bastante creativo y manejar el lenguaje adecuado para clarificar las dudas de los alumnos de una manera comprensible.
- No debe olvidar tratar a sus alumnos con respeto, pero también generando un ambiente de confianza para la expresión libre de opiniones e ideas.
- No debe perder el sentido del humor y no tomarse demasiado en serio a sí mismo.
- Debe saber promover la discusión de ideas de manera libre, propositiva y respetuosa.
- Debe promover un ambiente de trabajo fértil para el libre pensamiento, la creatividad y el equilibrio entre entusiasmo y escepticismo que requiere la labor científica.

## REFERENCIAS

Anderson, L., Krathwohl, D., et.al. (2001) *A taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing. A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Addison Wesley Longman.

Arandia, E., Zuza, K. y Guisasola, J. (2016). *Actitudes y motivaciones de los estudiantes de ciencias en Bachillerato y Universidad hacia el aprendizaje de la Física*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 13 (3), 558-573. Recuperado el 15 de mayo 2018 de: <http://hdl.handle.net/10498/18497>

Benbenaste, N. et.al. (2018) *Vigotsky: desde el materialismo histórico a la psicología. Aporte a una teoría del sujeto del conocimiento*. (F. d. UNZL, Ed.). *Hologramática*. Año XIV, Número 26, V3, pp.13-32 .Recuperado el 15 de mayo 2018 de [www.cienciaried.com.ar/ra/doc.php?n=745](http://www.cienciaried.com.ar/ra/doc.php?n=745)

Blanck, G. (1998). *El problema del desarrollo cultural del niño y otros textos inéditos*. Buenos Aires, Almagesto

Byun, T., Lee, G. (2014) *Why students still can't solve physics problems after solving over 2000 problems*, American Journal of Physics 82, 906

Ceberio Garate, M., Guisasola Aranzabal, J. y Almudí García, J.M. (2005) *Revisión de las investigaciones sobre propuestas didácticas en resolución de problemas de física*, Enseñanza de las Ciencias, número extra. VII Congreso.

Corbin, B. (2008) *Unleashing the potential of the teenage brain. 10 powerful ideas*. California, Corwin Press.

Dávila Acedo, M. A., et al. (2016). *Las emociones en el aprendizaje de física y química en educación secundaria. Causas relacionadas con el estudiante*. Educación Química <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.001>

De Gortari, Eli. (1970). *El método dialéctico*. México: Grijalbo.

De Miguel, M. (2006). *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior*. Madrid. Alianza Editorial

Derek, Cheung. (2018). *The key factors affecting students' individual interest in school science lessons*, International Journal of Science Education, 40:1, 1-23.

Díaz Barriga, F. (2003). *Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo*. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 5(2). Recuperado el 11 de mayo 2018 de: <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/85/151>

Díaz Barriga Arceo. F. (2006). *Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*. McGraw-Hill Interamericana. México.

Di Fuccia, D., Witteck, T., Markic, S., Eilks, I. (2012). *Trends in Practical Work in German Science Education*, Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 8(1), 59-72.

Di Modica, R. M. (2007). Tiempo de jugar, tiempo de aprender. Ponencia presentada en el II Congreso Internacional y VII Nacional de la Asociación Argentina de Semiótica.

Docktor, J., Mestre, J. (2014) *Synthesis of discipline-based education research in physics*. Physical review special topics-Physics education research. 10, 020119. Phys. Rev. ST

Phys. Educ. Res. 10, 020119  
<https://pdfs.semanticscholar.org/900a/3596bdf035eb7839d575d13eccaad19e2a61.pdf>

Docktor, J., Dornfeld, J. et.al. (2016) *Assessing student written problem solutions: A problem-solving rubric with application to introductory physics*. Physical review Physics Education Research 12, 010130

Duit, R., Treagust, D.F. (2003). *Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning*, International Journal of Science Education, 25:6, 671-688, DOI: 10.1080/09500690305016

Dunn, Rita. (1995) *Strategies for Educating Diverse Learners*. Phi Delta Kappa Educational Foundation. Bloomington, Estados Unidos. Recuperado el 11 de mayo 2018 de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED382598.pdf>

Gardner, H. (1987) *La teoría de las inteligencias múltiples*. México: Fondo de Cultura Económica

Gardner, H. (2015). *Inteligencias Múltiples, la teoría en la práctica*. México. Paidós.

Hernández Rojas, G. (2012). *Paradigmas en psicología de la educación*. México. Paidós Educador

Hofstein, A., Lunetta, V. (2003). *The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century*, Wiley Periodicals Inc.

Huizinga, J. (2007) *Homo Ludens*. El libro de bolsillo-Alianza editorial. Madrid. Recuperado el 15 de mayo 2018 de <http://zeitgenoessischeaesthetik.de/wp-content/uploads/2013/07/johan-huizinga-homo-ludens-espan%CC%83ol.pdf>

Jaimes, H. (2018) *Curso MADEMS Didáctica de la física impartido por la Dra. Pilar Segarra Alberú*. Semestre 2018-1, Unidad de Posgrado UNAM. Notas de clase.

Jensen, E. (2000). *Brain-Based Learning: A Reality Check*. Educational Leadership

Jensen, E. (2000a). *Music with the brain in mind*. California, Corwin Press.

Jensen, E. (2005). *Teaching with the brain in mind*. Virginia, ASCD

Jiménez Vélez, C. (2008). *El juego, nuevas miradas desde la neuropedagogía*. Bogotá, CO: Editorial Aula Abierta Magisterio.

Leonard William, J., Gerace, William, J. Y Dufresne, Robert, J. (2002) *Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física*, Enseñanza de las Ciencias, 20(3), 387-400

Melo, M. (2014). *El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales*. Recuperado el 10 de enero 2018 de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-26732014000300004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732014000300004)

Moreira, M.A., Greca, I.A. (2003) *Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo*. Ciência & Educação, v. 9, n. 2, p. 301-315

Moursund, D. (2006). *Introduction to Using Games in Education: A Guide for Teachers and Parents*. University of Oregon. Recuperado el 11 de mayo 2018 de <http://pages.uoregon.edu/moursund/Books/Games/Games.pdf>

Ng, W., Nguyen, V.T. (2006). *Investigating the integration of everyday phenomena and practical work in physics teaching in Vietnamese high schools*. International Education Journal, 7(1), 36-50 <http://iej.cjb.net> 36

Nivalainen, V., Mervi, A.A., Sormunen, K., Hirvonen, P. (2010) *Preservice and Inservice Teachers' Challenges in the Planning of Practical Work in Physics*, J Sci Teacher Educ 21:393–409 DOI 10.1007/s10972-010-9186-z

Pereira, M. *Creatividad, juego y experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales*. En: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=40349> (Consulta: 10 de enero 2018)

PISA 2015 (2016). OCDE. Recuperado el 10 de octubre 2017 de <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>

Posner, G., Strike, K., Hewson, P., Gerzog, W. (1982) *Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change*, Sci. Educ. 66, 211

Prensky, Marc. *Digital Game-Based Learning*. (2001). Mc Graw-Hill. Estados Unidos. Recuperado el 11 de mayo 2018 de [http://rylish.usu.edu/courses/rhetoric\\_games/images/prensky\\_ch4-5.pdf](http://rylish.usu.edu/courses/rhetoric_games/images/prensky_ch4-5.pdf)

Sabadell, Miguel Ángel (2012). *La Electrodinámica Cuántica: Feynman. Cuando un fotón conoce a un electrón*. Navarra, España. RBA Coleccionables S.A.-National Geographic.

Salas Silva, R. (2003) *¿La educación necesita realmente de la neurociencia?* Recuperado el 10 de enero 2018 de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07052003000100011](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052003000100011)

Solbes, J., Montserrat, R., Furió, C. (2007). *El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza*. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 21

Truyol, M.E., Gangoso, Z. (2010) *La selección de diferentes tipos de problemas de física como herramienta para orientar procesos cognitivos*. Investigações em Ensino de Ciências – V15 (3), pp. 463-484.

UAM Temas Básicos de Educación (2009). *Aprendizaje Significativo: Introducción a los conceptos actuales. En apoyo a la docencia UAMI*. Recuperado el 20 de abril 2019 de [http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mianroch/Aprendizaje/Aprendizaje\\_Significativo\\_B.docx](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mianroch/Aprendizaje/Aprendizaje_Significativo_B.docx)

UNAM Agenda Estadística 2018 (2019) Recuperado el 20 de abril de 2019 de <http://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2018/disco/#>

UNAM CAB (2018) Recuperado el 28 de agosto 2018 de <http://www.cab.unam.mx/interiores/perfiles.html>

(UNAM CAB, 2018, Perfiles Caacs) Recuperado el 28 de agosto 2018 de [http://www.cab.unam.mx/Documentos/perfiles\\_caacs/caacfmi.pdf](http://www.cab.unam.mx/Documentos/perfiles_caacs/caacfmi.pdf)

UNAM ENP. (1997) *Programas de estudio 1996. Tomo IX. Preparatoria 6o año. Área II: Ciencias Biológicas y de la Salud*. México.

UNAM DGENP (2018) Recuperado el 11 de mayo 2018 de [http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/actualizados/sexta-2018/1621\\_fisica\\_4\\_area\\_2.pdf](http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/actualizados/sexta-2018/1621_fisica_4_area_2.pdf)

Velásquez Burgos, B. et.al. (2009) El cerebro que aprende. Recuperado el 12 de enero 2018 de <http://www.scielo.org.co/pdf/tara/n11/n11a14.pdf>

Vigotsky, L. (1998). *Pensamiento y lenguaje*. En Obras Escogidas T II. Madrid, Visor.

Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K. (2003) *Why aren't secondary students interested in physics?* Physics Education 38(4), IOP Publishing Ltd

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Instrumento para la evaluación de contenidos conceptuales y nivel de motivación por la física.

NOMBRE \_\_\_\_\_ GRUPO \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

#### EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA SOBRE MAGNITUDES FÍSICAS Y OBSERVACIÓN CIENTÍFICA

Contesta con franqueza, no hay respuestas correctas o incorrectas, se trata de indagar sobre tus ideas y conocimientos previos acerca del tema.

1. En una escala del 0 (totalmente desmotivado) al 10 (muy motivado) ¿qué tanto disfrutas y te motivas para aprender física?

\_\_\_\_\_

2. En una escala del 0 (no sé nada) al 10 (conozco muchas cosas) ¿Qué tanto sabes sobre las unidades del Sistema Internacional?

\_\_\_\_\_

3. ¿Qué diferencia hay entre una magnitud física básica y una magnitud derivada?

\_\_\_\_\_

4. ¿Qué diferencia hay entre una variable y una constante de un fenómeno?

\_\_\_\_\_

5. ¿Qué diferencia hay entre una relación directamente proporcional y una relación inversamente proporcional?

\_\_\_\_\_

Lee el texto y palomea la magnitud física que se relaciona con el enunciado.

L=Longitud; M=Masa; T=Tiempo; Tem=Temperatura; Ic=Intensidad de corriente; Ilum=Intensidad luminosa; Cs=cantidad de sustancia.

Fenómeno	L	M	T	Tem	Ic	Ilum	Cs
6. Condición normal ambiental =298 kelvin							
7. Un foco irradia la habitación con 100 cd							

8. Entre neuronas fluyen hasta 3 millonésimas de ampere							
9. El promedio de vida humana es de 80 años							
10. 1500 mol de aluminio							

Relaciona las unidades con su magnitud física

- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| 11. Velocidad               | _____ W                |
| 12. Energía                 | _____ m/s <sup>2</sup> |
| 13. Intensidad de corriente | _____ m/s              |
| 14. Potencia                | _____ J                |
| 15. Aceleración             | _____ A                |

Para las siguientes magnitudes anota una “B” si es básica y una “D” si es derivada

16. Masa \_\_\_\_\_
17. Volumen \_\_\_\_\_
18. Área \_\_\_\_\_
19. Densidad \_\_\_\_\_
20. Cantidad de sustancia \_\_\_\_\_
21. Temperatura \_\_\_\_\_
22. Potencia \_\_\_\_\_
23. Longitud \_\_\_\_\_
24. Tiempo \_\_\_\_\_
25. Fuerza \_\_\_\_\_

Determina **qué magnitud física se estaría trabajando en las siguientes situaciones**, no tienes que hacer los cálculos, pero atiende a las unidades que se están operando:

26. Un terreno mide 20m X 30m \_\_\_\_\_
27. Una caja mide 10 cm X 12 cm X 30 cm \_\_\_\_\_
28. En el caso del acero 7000 kg de masa se concentran en 1 metro cúbico \_\_\_\_\_
29. Al empujar un columpio se aplican 60 J cada segundo \_\_\_\_\_
30. En el carrito de una montaña rusa se ejercen 800 N a lo largo de 30 m \_\_\_\_\_

31. Marca con una cruz las magnitudes físicas observables en el movimiento de un balón magnético que se desliza por una pendiente:

Longitud \_\_\_\_\_; Masa \_\_\_\_\_; Tiempo \_\_\_\_\_; Temperatura \_\_\_\_\_; Intensidad de corriente \_\_\_\_\_; Intensidad luminosa \_\_\_\_\_; Cantidad de sustancia \_\_\_\_\_; Velocidad \_\_\_\_\_;

Aceleración\_\_\_\_; Fuerza\_\_\_\_; Trabajo\_\_\_\_; Potencia\_\_\_\_; Densidad\_\_\_\_;  
Volumen\_\_\_\_; Área\_\_\_\_; Presión\_\_\_\_;

Si hay alguna otra, menciona cuál\_\_\_\_\_

32. (Inicial) ¿Qué expectativas tienes sobre este curso, qué crees que aprenderás?

32. (Final) Considerando todos los temas vistos y actividades realizadas ¿Qué aprendizajes te llevas de este curso, de qué conocimientos te apropiaste?

32. (Retención) ¿Te han servido de alguna manera los conocimientos vistos en este breve curso de habilidades científicas? ¿Cuáles y cómo?

**Anexo 2**

**Instrumento para la evaluación de habilidades de observación**

Fecha: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

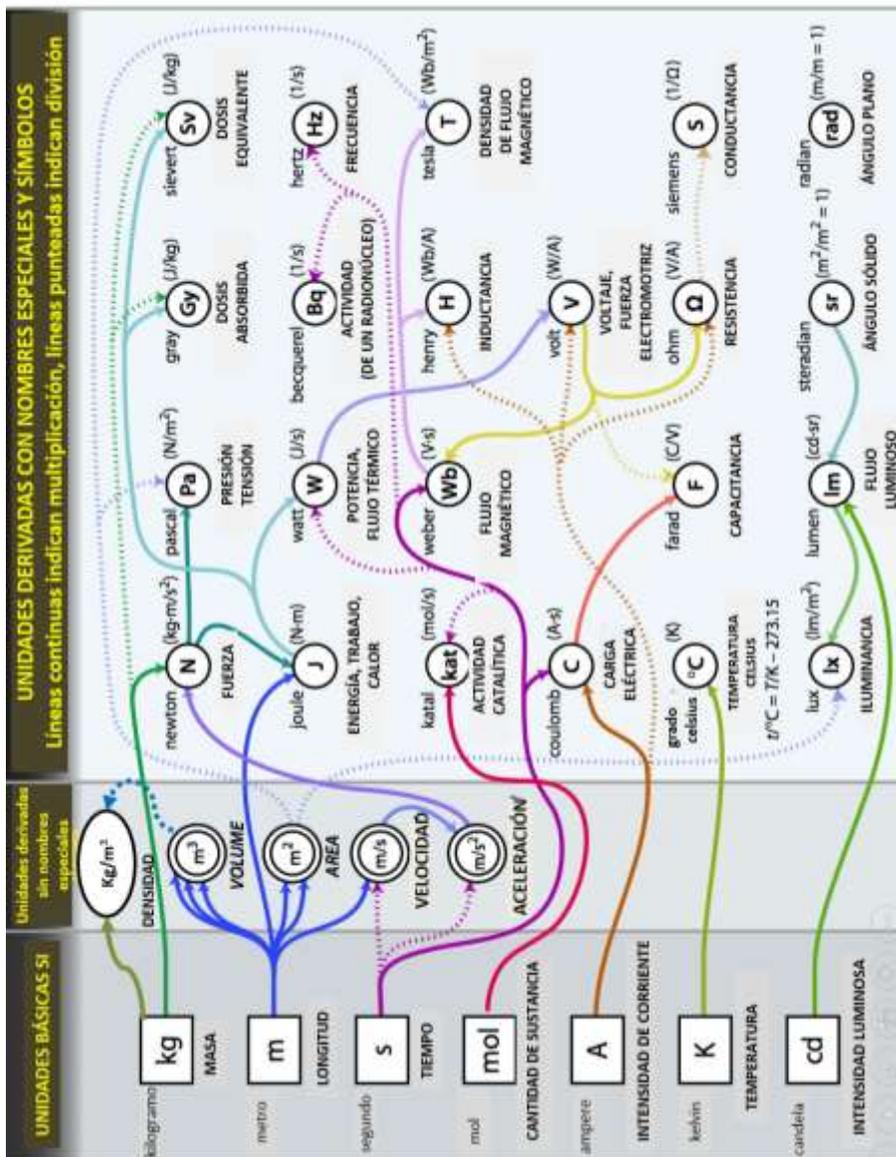
Nombre(s): \_\_\_\_\_

**TABLA DE OBSERVACIÓN DE MAGNITUDES FÍSICAS. Al observar el fenómeno que se te presenta, determina posibles magnitudes (aspectos, parámetros) que pudieran variar y cuantificarse.**

FENÓMENO:	MAGNITUD FÍSICA OBSERVABLE	POSIBLES UNIDADES DE MEDICIÓN

### Anexo 3

### Mapa de unidades y magnitudes físicas.



Elaboración propia. Traducido y basado en un esquema recuperado el 15 de mayo 2018 en: [https://chem.libretexts.org/Courses/University\\_of\\_Arkansas\\_Little\\_Rock/Chem\\_1402%3A\\_General\\_Chemistry\\_1\\_\(Kattoum\)/Text/1.B%3A\\_Review\\_of\\_the\\_Tools\\_of\\_Quantitative\\_Chemistry/1B.1%3A\\_Units\\_of\\_Measurement](https://chem.libretexts.org/Courses/University_of_Arkansas_Little_Rock/Chem_1402%3A_General_Chemistry_1_(Kattoum)/Text/1.B%3A_Review_of_the_Tools_of_Quantitative_Chemistry/1B.1%3A_Units_of_Measurement)