

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PARA LA ENSEÑANZA DE LAS
FASES EVOLUTIVAS DEL SOL.

ANDRÉS CAMILO VÁSQUEZ BLANCO.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ

2018

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PARA LA ENSEÑANZA DE
LAS FASES EVOLUTIVAS DEL SOL.

ii

PRESENTADO POR:

ANDRÉS CAMILO VÁSQUEZ BLANCO.

ASESORADO POR:

NIDIA DANIGZA LUGO LÓPEZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ

2018

Dedicatoria

iii

A la memoria de Nicolas Vasquez, “We were but stones your light made us stars...”

Agradecimientos


iv

Primero agradezco a mi madre Elsa Blanco y mi abuelita Teresa Mora, con este trabajo culmina el proyecto más importante que he desarrollado, gracias a su resiliencia y paciencia lo logré, A mis primos John, Juan, Rubén y Johan les agradezco el tiempo compartido. También a Samuel, Alejandro y Sofía. A mis tíos Jeffer, Luz Marina, Nubia, Carlos y a Marina Páez les agradezco el apoyo brindado durante todo este tiempo.

A la Universidad Pedagógica Nacional por ser mi alma mater.

A todos los profesores del departamento de Física por aportar a mi formación académica en especial a mi asesora Nidia Lugo, también a Ignacio Monroy y Juan Carlos Orozco.

Por ultimo a amigos y compañeros que conocí en este proceso en especial a: Alejandro Rodríguez, Leonel Gordillo, Cristian Patiño, Lina Puentes, Paula Bernal y la profesora Luna.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	<i>FORMATO</i>	
	<i>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</i>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página v de 107	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Diseño e implementación de un módulo para la enseñanza de las fases evolutivas del Sol
Autor(es)	Vásquez Blanco, Andres Camilo
Director	Lugo López, Nidia Danigza
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018, 51 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ASTRONOMÍA; BRILLO; MAGNITUD APARENTE; MAGNITUD ABSOLUTA; PRESIÓN; MODULO DE ENSEÑANZA Y EVOLUCIÓN DEL SOL.

2. Descripción
<p>El documento pretende hacer un aporte hacia el aprendizaje de la astronomía en la escuela, es por eso que se decide realizar el diseño e implementación de un módulo de enseñanza para docentes en formación; primero se eligió una temática que fuera apta, la cual corresponde a los estándares básicos de educación y esta es la evolución del Sol. Para lograr este objetivo se hizo una revisión de documentos que trabajaran este tema, la población elegida para la implementación del módulo son los estudiantes del grupo de astronomía general. Se realiza un estudio bibliográfico donde se identificaron temas de la evolución del Sol, dichos temas son: presión, luminosidad, brillo, magnitud aparente y magnitud absoluta, para el desarrollo de estos se planearon actividades que son fáciles de replicar porque no requieren instrumentos de difícil acceso. El trabajo desarrollado es una base para que los interesados en el de tema perfeccionen otras herramientas para la enseñanza de la Astronomía.</p>

3. Fuentes

- Audouze, J. (1983). *Astrofísica: recopilación de artículos de La Recherche*. España: Fontalba
- Battaner, E. (1999). *Introducción a la Astrofísica*. España: Alianza Editorial, S.A.
- Bisquerra, A., Dorio, I., Gómez, J., Latorre, A., Martínez, F., Massot, I.... & Vilá, R. (2004). *Metodología de la Investigación Educativa*. España : LA MURALLA, S.A.
- Carroll, B., Ostlie, D. (2007). *An Introduction to modern Astrophysics*. Michigan: Pearson Addison-Wesley.
- Costa, A., García, B., Moreno, R., Ros R. (2015). *Vida de las estrellas*. Red para la educación astronómica en la escuela, NASE & Unión astronómica Nacional, UAL *14 pasos hacia el universo, curso de astronomía para profesores y posgrados de ciencias* Rosa M. Ros y Beatriz García (Ed)(segunda ed). UE. Recuperado el 10 de octubre de 2017, de http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/cursos/formato/materiales/libro/libro_14_pasos_final.pdf
- De Greve, J. (2010). *Astronomy Education: Research Paving the Road to Enthusiasm for Study Science*. Recuperado el 13 de septiembre 2017, de Cambridge Sitio web: https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridgecore/content/view/BA9A43EBF4B4AC39CF028840C6AA6965/S1743921311022794a.pdf/astronomy_education_research_paving_the_road_to_enthusiasm_for_studying_science.pdf
- Fernández, E. (s.f.) *El trabajo en equipo mediante el aprendizaje cooperativo*. recuperado el 25 de septiembre de 2017, de: [http://calidad.ugr.es/tutoria/materiales_asistentes/aprendizaje-cooperativo-en-grupos/!](http://calidad.ugr.es/tutoria/materiales_asistentes/aprendizaje-cooperativo-en-grupos/)

Gangui, A., Iglesias, M. & Quinteros, C. (s.f). *Astronomía en la escuela: situación actual y perspectivas futuras*. Recuperado el 14 de febrero de 2017, de:

http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART10_Vol9_N2.pdf

Giraldo, J. (2012), *enseñanza- aprendizaje bajo un enfoque constructivista de la cinemática lineal en su representación gráfica: ensayo en el grado X de la institución Feliz Henao Botero*.

Recuperado el 18 de noviembre de 2017, de:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/8146/1/71265532.2012.pdf>

Guasca, I., (2016). Estimación de la temperatura efectiva estelar de la estrella AB-Aurigae (AB AUR) tipo Herbig Ae/Be a partir de espectros adquiridos en Bogotá- Colombia. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Huerfano, A., (2013). *El Sol Como Estrella: Fuente de Energía para la Tierra. Implicaciones en la enseñanza, como una estrategia didáctica dirigida a estudiantes de grado cuarto*. Bogotá:

Universidad Pedagógica Nacional.

Martinez, D. (2008). *La evolución estelar*. : Libros en red.

Mendoza, J. (2010). *Introducción a la astronomía y la astrofísica de la olimpiada nacional de astronomía en México*. Recuperado el 10 de noviembre de 2017 de

<https://es.scribd.com/document/131471771/Introduccion-a-la-Astronomia-y-Astrofisica-de-Eduardo-Mendoza-Libro-de-Olimpiadas-de-Astronomia-de-Mexico-2013>

Meadows, A. J. (1987). *Evolución estelar* / A. J. Meadows; versión española de Robert Estalella Boadella. España: Editorial Reverté.

Ministerio de Educación Nacional (2006) Estándares básicos de competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanía recuperado el 13 de febrero de 2017, de: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf

Ortiz, L. (2015). *El Cielo en las Ciencias: enseñanza de la Astronomía en la escuela*. Grado Decimo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Pujolás, P.(2002). *El aprendizaje cooperativo algunas propuestas para organizar de forma cooperativa el aprendizaje en el aula*, recuperado el 15 de septiembre de 2017, de: <http://www.ugr.es/~fjrrios/pce/media/7a-AprendizajeCooperativoAula.pdf>

Peña, C. (2013). *Estrategia didáctica para estima los tamaños y distancia de separación del Sistema Sol-Tierra-Luna*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Percy. J., (2015). *Evolución de las estrellas. Red para la educación astronómica en la escuela*, NASE & Unión astronómica Nacional, *UAL 14 pasos hacia el universo, curso de astronomía para profesores y posgrados de ciencias* Rosa M. Ros y Beatriz García (Ed)(segunda ed). UE. Recuperado el 10 de octubre de 2017, de http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/cursos/formato/materiales/libro/libro_14_pasos_final.pdf

Polanco, Y., (2017). *Enseñanza de astronomía estelar a docentes en formación en ciencias naturales*. Santiago de Cali: Universidad del valle.

S.J. Arthur. (2012). *Astrofísica Estelar*. Recuperado el 1 de noviembre de 2017, de Centro de Radioastronomía y Astrofísica, UNAM Sitio web: <http://www.crya.unam.mx/~jane/ASTROFISICA/ESTwmk.pdf>

Solbes, J., Palomar, R. (2013). *Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria*.

Recuperado el 5 de enero de 2017, de Sociedade Brasileira de Física Sitio web:

<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n1/v35n1a16.pdf>

Tarquino, E. (2016). *Desarrollo de procesos de investigación en la escuela a partir de la Astronomía*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

4. Contenidos

Para el desarrollo de este trabajo se propuso un objetivo general que consistía en Analizar el impacto que tiene un módulo para la enseñanza de las fases evolutivas del Sol en los docentes en formación de la Universidad Pedagógica Nacional pertenecientes a la electiva de Astronomía General.

Para llegar a este objetivo se plantean unos objetivos específicos:

- Indagar sobre los conocimientos previos que tiene los estudiantes del grupo de astronomía general acerca de la evolución del Sol
- Diseñar un módulo para la enseñanza de la evolución del Sol
- Evaluar los resultados obtenidos de la implementación del módulo de enseñanza con el grupo de astronomía general de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

En el Capítulo 1 se hace referencia al planteamiento de problema, justificación y objetivos que giran alrededor de la importancia del estudio de la astronomía y las falencias en su enseñanza

Para el desarrollo del trabajo fue necesario realizar una investigación acerca de unos referentes teóricos que se consolidan en el capítulo 2: Marco conceptual:

El capítulo 3 presenta la metodología de investigación acción que se utilizó en el trabajo

Para el análisis de resultados se dispuso el capítulo 4 donde se presentarán las impresiones recogidas del desarrollo del trabajo

5. Metodología

En este capítulo se muestra los elementos metodológicos que guiaron el desarrollo de trabajo, este trabajo se enmarca dentro de la investigación acción, esta metodología es idónea porque se orienta en identificar problemas de una población y diseñar estrategias de solución que involucren y le permitan a una población explotar sus habilidades. Esta metodología es apta para el desarrollo de investigaciones pedagógicas porque entiende

el que hacer del docente en el aula y entiende que el desarrollo de las actividades debe ser flexible.

6. Conclusiones

Con la implementación del módulo de enseñanza en los estudiantes del grupo de astronomía general fue posible identificar algunas dificultades que no les permitían realizar explicaciones alrededor de las fases evolución del Sol, las dificultades que son más comunes en los estudiantes fueron:

Primero se encontró que algunos estudiantes no reconocen el concepto de presión, es común que este concepto se confunda con el concepto de fuerza, superar esta dificultad requiere de experiencias que le permitan al estudiante identificar las diferencias entre los conceptos, para luego explicar su relación, entender el concepto de presión resulta muy importante para entender las explicaciones que se han construido de los cambios que suceden en las estrellas cuando atraviesan los diferentes estadios evolutivos.

En un segundo lugar se identificó que la mayoría de los estudiantes no reconocen los conceptos que comúnmente se utilizan en la astronomía, conceptos como magnitud aparente, magnitud absoluta, brillo, luminosidad. Es importante hacer énfasis en ellos porque son necesarios para entender cómo se identifican las diferentes estrellas.

En cuanto a la implementación de la unidad didáctica se encontró que cuenta con actividades que atraen la atención de los estudiantes, las actividades para estudiar la presión resultan efectivas y atractivas para el estudiante sobre todo el generador de vapor que es muy útil para hacer analogías con los cambios de estructura dentro de la estrella, las actividades de la tercera sesión también se recomiendan porque son una propuesta muy interesante, la última actividad requiere ser replanteada porque se notaron dificultades en los estudiantes para entender todos los conceptos, pero la estrategia de grupos de investigación resulta ser muy efectiva, aun así puede ser mejorada, se nota la falta de una actividad entorno al diagrama H-R, además actividades como la de la luminaria no aportan demasiado al trabajo.

Elaborado por:	Vasquez Blanco, Andres Camilo
Revisado por:	Lugo Lopez, Nidia Danigza

Fecha de elaboración del Resumen:	10	05	2018
--	----	----	------

CONTENIDO

xii

LISTA DE TABLAS.....	xv
LISTA DE FIGURAS	xvi
CAPÍTULO 1: PERSPECTIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos.....	3
JUSTIFICACIÓN	4
ANTECEDENTES.....	5
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	8
MARCO REFERENCIAL.....	8
LUMINOSIDAD:	9
ESTRELLAS COMO CUERPOS NEGROS.....	11
Leyes de Kirchhoff:.....	11
Catástrofe ultravioleta:	11
Ley de Wien	13
Ley de Stefan-Boltzmann:.....	14
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN LAS ESTRELLAS:	15
Cadena protón-protón.....	15

Ciclo CNO.....	17	xiii
Estructura de las estrellas:	19	
Equilibrio hidrostático:.....	20	
Teorema del Virial	22	
CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRELLAS	25	
Diagrama H-R	25	
EVOLUCIÓN DEL SOL	29	
CAPÍTULO 3: METODOLOGIA DE INVESTIGACION:.....	32	
3.1 INVESTIGACIÓN ACCIÓN:	32	
3.2. MODELO PEDAGOGICO:.....	34	
3.2 ACTIVIDADES DESARROLLADAS:	35	
3.2.1. Pre test:.....	35	
3.2.2. Estudio de presión:.....	36	
3.2.3. Presión en los fluidos:	37	
3.2.4. Magnitud aparente y absoluta:	37	
3.2.5. Evolución del Sol:	38	
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS	40	
4.1. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACION	40	
4.2. COMPARACION DEL PRE-TEST Y EL POS-TEST	47	
CONCLUSIONES	50	
Lista de referencias	53	

Apéndice A.....57 xiv

Apéndice B..... 89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Respuestas de preguntas abiertas.....	49
Tabla 2. Resultados pre-test.....	47
Tabla 3. Respuestas a preguntas abiertas pos-test	47

LISTA DE FIGURAS

xvi

Figura 1. Cadena protón-protón.....	16
Figura 2. Ciclo CNO.....	19
Figura 3. Elemento de masa.....	20
Figura 4.. Diagrama H-R.	28
Figura 5. Tabla de presión	41
figura 6. Diagrama de generador de vapor.....	43
figura 7. Evidencia sesión 4.....	45

CAPÍTULO 1: PERSPECTIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La astronomía es una rama de gran impacto sobre el conocimiento humano, el estudio sistemático del cielo nos aporta de muchas maneras, le permite a los científicos encontrarse con lugares de condiciones extremas de los cuales podemos extraer información y a los que nunca tendríamos acceso si no es gracias a la observación del cielo (Audouze et al, 1983).

La astronomía es de mucha utilidad para los científicos y en la cotidianidad sus aportes también son y fueron útiles para el desarrollo de las sociedades, en la antigüedad sociedades como la de babilonia, la sociedad china o las sociedades precolombinas desarrollaron sus cosmovisiones del mundo asignando un papel muy importante a las estrellas, con el estudio sistemático del cielo determinaron las primeras mediciones de tiempo y en otros casos este estudio sistemático tuvo influencia en otros campos como en el caso de la navegación, ya que en la antigüedad los navegantes se ubicaban gracias a las estrellas, estos son algunos aportes, pero se pueden identificar muchos más, que cambiaron la forma en la que concebimos el universo.

Ya que la astronomía realizó aportes tan importantes en tantos campos del conocimiento comparte elementos con las ciencias sociales siendo pieza fundamental para entender cómo se construyó la ubicación geográfica, los husos horarios o analizar las cosmovisiones de diferentes sociedades, también con las ciencias naturales se encuentran lugares comunes, con la física y la química se sustentan los modelos explicativos

Los puentes formados entre la astronomía las ciencias humanas y las ciencias naturales se pueden ver reflejadas en las temáticas que comúnmente se abordan en los currículos de las instituciones aunque en general estas temáticas se desarrollan de manera separada. Evidencia de esto es que en algunas escuelas de España se realizó un trabajo donde la enseñanza de la astronomía también se encuentra en el currículo, se halló que la dificultad

de los estudiantes con algunos temas básicos de la astronomía se debe a que dentro del aula estos temas se trabajan sin cohesión entre ellos (Solbes, Palomar, 2013).

En el contexto de Colombia se puede encontrar que en algunas instituciones educativas la astronomía no cuenta con un espacio académico, por lo tanto se trabaja desde los grupos extracurriculares, existen entidades públicas como el Planetario de Bogotá que contribuyen a la formación en el campo (Tarquino, 2016). El problema radica en que acercarse a estos espacios depende de la autonomía del estudiante o del profesor.

En la Universidad Pedagógica Nacional el departamento de Física no cuenta con una asignatura de astronomía obligatoria, en algunos casos se dicta un tópico de cosmología y agujeros negros que es lo más cercano a la temática, pero este no está disponible todos los semestres, solo existe una electiva que es astronomía general, esta se oferta a todos los programas académicos de la universidad. El interés de la población académica para esta asignatura es muy alta y por eso cuenta con dos grupos cada semestre que no satisfacen la demanda de estudiantes interesados en ver la asignatura.

A nivel profesional en Colombia solo existen dos espacios de formación académica, uno de ellos el pregrado en Astronomía de la Universidad de Antioquia y la maestría en Astronomía de la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá, además de una variedad de grupos de investigación en diferentes universidades (Ortiz, 2015). La falta de espacios académicos dedicados a la formación de profesores en astronomía produce en la población de estudiantes un desconocimiento de los temas más básicos de la astronomía, evidenciando que se debe aportar a la construcción de herramientas para su enseñanza, porque muchas veces los estudiantes no poseen un conocimiento mínimo del tema (Peña, Páez 2013). Se puede agregar que los profesores de ciencias naturales y sociales no están preparados para desarrollar estas temáticas, en Latinoamérica una gran mayoría de los docentes en formación que fueron encuestados no tienen conocimientos básicos en astronomía (Iglesias, Quinteros, & Gangui, n.d, s.f).

Se observa en la actualidad un alto interés por aportar a la educación en astronomía, aunque las herramientas pedagógicas o estrategias didácticas desarrolladas se diseñan para las poblaciones que se encuentran en un aula de clases regular, dichas herramientas pierden

efectividad en cuanto a que el profesor no posee el conocimiento necesario para llevar a cabo estas actividades o se reproducen conceptos errados, entonces se hace importante proponer trabajos que se enfoquen a educar a los profesores en estas temáticas, para tener profesionales más capacitados que puedan abordar las temáticas de la astronomía, en especial acerca del tema de la evolución del Sol, que aborda alguno de los conceptos introductorios de la astronomía, para ello se elige la población del grupo de astronomía general de la Universidad Pedagógica Nacional. En este sentido se propone la siguiente pregunta de investigación.

¿Qué características son pertinentes para un módulo de enseñanza de las fases evolutivas del Sol en los docentes en formación de la Universidad Pedagógica Nacional perteneciente a la electiva de Astronomía General?

OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar las características pertinentes para un módulo de enseñanza de las fases evolutivas del Sol en los docentes en formación de la Universidad Pedagógica Nacional perteneciente a la electiva de Astronomía General.

Objetivos Específicos

- Indagar sobre los conocimientos previos que tiene los estudiantes del grupo de astronomía general acerca de la evolución del Sol.
- Diseñar e implementar un módulo para la enseñanza de la evolución del Sol.
- Evaluar los resultados obtenidos de la implementación del módulo de enseñanza con el grupo de Astronomía General de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

JUSTIFICACIÓN

Actualmente existen grupos de investigación internacionales que promueven la enseñanza de la astronomía por ser un elemento dinamizador en el aula, ya que es de gran interés para los estudiantes. Algunos docentes en formación y estudiantes señalan que existe una problemática en cuanto al desinterés de los estudiantes por las matemáticas y la física, una forma de combatir este desinterés es llamar la atención de la población con los temas asociados a la astronomía, además hay que tener en cuenta que la astronomía se puede vincular con otros campos del conocimiento humano como la filosofía, realizando una reconstrucción histórica de la astronomía se evidencian sus relaciones y es provechoso para el docente incluir estas temáticas en el aula para llamar la atención de los estudiantes el trabajo de Ortiz (2015) ha si lo demuestra.

El interés por aprovechar todos los vínculos de la astronomía ha producido grupos encargados de promover la enseñanza de la astronomía son PGWWDA, TAD, NASE, Commission Newsletter & Liaisons, ISYA, etc (De Greve, 2010). Estas organizaciones entienden la importancia de la educar a la población en astronomía, es por eso que promueven el desarrollo de herramientas que faciliten el acceso a esta temáticas. Las herramientas que se construyen desde estos grupos de investigación van desde módulos de enseñanza, estrategias de aula, páginas web, cursos virtuales como el que oferta de la NASA, todas estas estrategias diseñadas para facilitar el acceso a estudiantes y profesores interesados en aprender acerca de estas temáticas. Este marco internacional marca un interés particular por incentivar la enseñanza de la astronomía, en Colombia también se pueden encontrar algunos grupos que se están encaminados en el mismo objetivo internacional de visibilizar y promover espacios para la enseñanza de la astronomía grupos como ASASAC (Ortiz,2015)

El contexto Colombiano se enmarca dentro de unas políticas que dan cuenta de la importancia de la astronomía, por ejemplo mediante la ley 115 de febrero 8 de 1994 el gobierno colombiano establece las normas que deben cumplir las instituciones educativas para asegurar la calidad de la educación en Colombia, en el título IV capítulo 2, se encuentran depositadas las consideraciones para la elaboración del currículo y plan de

estudio que diseñan las instituciones educativas, se establece en los artículos 77 y 78 que cada institución tiene autonomía sobre la elaboración de su currículo siempre y cuando atienda a los lineamientos del ministerio de educación nacional (MEN), los cuales se encuentran consignados en el documento llamado estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas del 2006.

Dentro de los estándares que propone el MEN encontramos muchos objetivos de enseñanza que se relacionan con la astronomía, es importante resaltar que la astronomía se encuentra tanto en los apartados para ciencias naturales como en los de ciencias sociales.

En los estándares de educación uno de los apartados de ciencias naturales para sexto a séptimo establece: “Describo el proceso de formación y extinción de estrellas” (MEN, 2006, p.137). Este trabajo se enfoca en la construcción de un módulo de enseñanza para esta temática, abordar este tema requiere el desarrollo de los temas básicos de la astronomía.

Se considera un aporte innovador diseñar un módulo de enseñanza para docentes en formación, es otra forma de atacar la problemática de falta de espacios para la enseñanza de la astronomía, la falta de recursos intelectuales para la educación de la astronomía en el aula, docentes sin preparación para desarrollar estos temas y además de responder a unas exigencias del ministerio de educación que no se están cumpliendo, es por eso que la población para la cual va encaminado el módulo de enseñanza son los educandos de la asignatura de Astronomía General, este espacio académico está dirigido a los estudiantes de todas las licenciaturas de la Universidad Pedagógica Nacional, trabajar con un grupo tan variado es un reto porque se debe tener en cuenta sus habilidades para diseñar actividades que puedan ser interesantes y adecuadas para el alumno.

ANTECEDENTES

Para desarrollar el trabajo se decide primero hacer una búsqueda de propuestas alrededor de la enseñanza de la astronomía en la Universidad Pedagógica Nacional, se encontraron

algunos trabajos algunos, los que se muestran aquí destacan porque aportan herramientas innovadoras o se desarrollaron con grupos de diversos estudiantes.

Huerfano (2013) elabora la tesis que tiene por nombre El Sol como estrella: fuente de energía para la Tierra. Implicaciones en la enseñanza, como una estrategia didáctica dirigida a estudiantes de grado cuarto” En este trabajo la autora desarrolla uno de los problemas más comunes en el imaginario de los estudiantes, algunos estudiantes presentan la dificultad de entender que el Sol también es una estrella como las que observamos en la noche, el módulo de enseñanza se diseña para estudiantes de grado cuarto de la institución educativa Pio X, en el trabajo se concluyó algunas características a tener en cuenta en la elaboración de estrategias de aula, por ejemplo sugiere al lector prestar atención cuando se eligen las temáticas a trabajar, además advierte de la importancia de prestar atención a los conocimientos previos de los estudiantes, y resalta la importancia del acompañamiento del docente en el momento de llevar a cabo las actividades planeadas.

Peña y Páez (2013) presentan en su tesis “Estrategia didáctica para estimar los órdenes de magnitud del sistema Sol-Tierra-Luna” uno de los problemas más comunes en los estudiantes es entender la relación de distancia y tamaños del sistema Sol-Tierra-Luna, en el desarrollo de este proyecto se propuso una estrategia didáctica para la temática, con un grupo de niños del municipio de Funza, las conclusiones que presentaron permitieron determinar algunas dificultades que muestran los estudiantes en la elaboración de las actividades, ya que si bien muchos autores señalan la importancia de explotar el interés de los estudiantes en la astronomía, se puede observar en esta población que los estudiantes no prestan atención a eventos astronómicos muy simples como determinar la salida y la puesta del Sol y la Luna, en la población también se nota una falta de habilidades básicas en el desarrollo de actividades experimentales, estas conclusiones al igual que las del trabajo de Huerfano sugieren la importancia de reconocer las capacidades iniciales de los estudiantes.

El trabajo de Guasca (2016) “Estimación de la temperatura efectiva estelar de la estrella AB-Aurigae (AB AUR) tipo herbig Ae/Be a partir de espectros adquiridos en Bogotá Colombia” se divide en dos partes primero realiza la medición de la temperatura superficial

de una estrella en particular y comparar los resultados con los que se encuentran en la literatura la autora realizó mediciones en el Observatorio de la Universidad de los Andes, en cuanto a la segunda parte del trabajo este se enmarca más dentro de una apuesta pedagógica ya que pretende realizar un aporte con el diseño de un módulo de enseñanza para estudiantes del grupo de astronomía general de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, para explicar las estrellas desde el modelo de cuerpo negro, aportando a otros trabajos futuros, el módulo de enseñanza implementado mostro un buen índice de eficacia, la autora señala la encuesta que realiza para el pre-test presento un índice medio de confiabilidad y que este índice puede aumentar si se modifica esta encuesta.

También se decide realizar una búsqueda nacional anteriormente se señaló cómo en Colombia existen grupos de investigación que se dedican a promover la enseñanza de la astronomía, resultado de esto podemos encontrar diferentes trabajos en los cuales se proponen aportar para mejorar la calidad de la enseñanza de la astronomía en Colombia:

Polanco (2017) presenta en su tesis: Enseñanza de astronomía estelar a docentes en formación. Este documento realizó un análisis de la educación en Colombia alrededor de la astronomía, identificando la importancia de aportar al desarrollo de herramientas y estrategias para la educación de docentes en astronomía, la autora realizó su implementación con estudiantes de licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad del Valle, donde ejecuto un módulo de enseñanza para trabajar la evolución de las estrellas, además desarrollo un análisis de algunos elementos de la literatura del tema.

Ortiz (2015) propuso en su trabajo de grado “El cielo en las Ciencias: Enseñanza de la Astronomía en la Escuela. Grado decimo” un plan de estudio en el Colegio Calasanz - Sede Medellín para hacer una introducción a la astronomía abordando la historia de esta ciencia, las actividades planeadas trabajaron temas como clasificación estelar, ubicación en la carta celeste y cosmovisión; la autora describió el contexto de la educación en la astronomía de Latinoamérica, encontrando problemáticas relacionadas a los estándares de educación en Colombia y señala que existen varias relaciones entre la astronomía y los estándares propuestos para Física, Química, Biología, teniendo en cuenta las problemáticas encontradas construye su propuesta que recoge actividades para abordar todos los temas

anteriormente mencionados, gracias a este trabajo la institución asignó el espacio académico para que se llevara a cabo el proyecto, el impacto fue positivo dentro de la institución y los estudiantes solicitaron para el 2015 el espacio académico.

En la tesis “Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria” de Solbes y Palomar, (2013) presentan las dificultades que se encuentran en algunos estudiantes de España que terminaron su educación secundaria para dominar temas básicos de astronomía, en este caso el contexto educativo de los estudiantes se rige por normas que aseguran que los estudiantes deben tener dominio de estos temas, se concluyó que no se obtuvieron los resultados esperados porque no existe cohesión en la forma como se presenta esta información a los estudiantes.

El artículo de Iglesias, Quinteros, & Gangui, n.d “Astronomía en la escuela: situación actual y perspectivas futuras” deduce con base en un estudio realizado en Argentina donde se analizaron los estudiantes y los docentes en formación acerca de sus conocimientos de fenómenos de la cotidianidad asociados a la astronomía, los autores encontraron que no hay dominio de estos temas, además proponen que la astronomía es un puente para desarrollar temáticas de Física razón por la cual se concluyó que es importante investigar alrededor de la formación de los docentes y la enseñanza de la astronomía.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

MARCO REFERENCIAL

Año luz: es una unidad de distancia utilizada en astronomía para medir las grandes distancias, 1 año luz es la distancia que recorre un rayo de luz en el vacío durante un año y es igual a 9.46×10^{12} Km (Mendoza, 2010).

Dispersión: sucede cuando una señal atraviesa un material y se dividen las ondas en diferentes frecuencias (Mendoza, 2010).

Estrella: cumulo de gas con forma esférica, que brilla con luz propia, las estrellas más pequeñas tienen masas de 0.08 veces la masa del Sol y las más grandes de 100 veces la masa de Sol (Mendoza, 2010).

Flujo: cantidad de potencia emitida por una fuente luminosa, en una sola longitud de onda, se mide por unidad de área, entonces sus unidades son de $\left[\frac{\text{ergios}}{\text{scm}^2}\right]$ (Mendoza, 2010).

Flujo total: es la suma del flujo en todas las longitudes de onda (Mendoza, 2010).

Fotón: partícula elemental que representa la cantidad mínima de radiación electromagnética emitida (Mendoza, 2010).

Luminosidad: cantidad de energía que emiten las estrellas por unidad de tiempo, sus unidades son de $\left[\frac{\text{ergios}}{\text{s}}\right]$ (Mendoza, 2010).

Magnitud aparente: flujo recibido por un receptor, depende de la distancia entre el receptor y el cuerpo emisor (Mendoza, 2010).

Magnitud absoluta: es la medida de flujo teórico que tendría cualquier estrella si se encuentra a 10 pc del receptor (Mendoza, 2010).

LUMINOSIDAD:

La primera magnitud y la más simple a la vista al observar una estrella es su brillo, fue Hiparco el primero en realizar una clasificación de las estrellas, basándose en que tan brillantes se observaban, para ello propuso 6 categorías, posteriormente no sería tan útil para la astronomía porque la medida del brillo de una estrella depende de la distancia a la que se encuentra, el brillo tal como se describe está relacionado con el flujo de radiación (F), cantidad de radiación electromagnética en todas las longitudes de onda del espectro que atraviesan una superficie perpendicular al movimiento de la radiación por unidad de segundo, por eso las unidades en las que se mide el flujo es Ergios sobre segundo por metro cuadrados (Carroll & Ostlie, 2007).

La luminosidad (L) de una estrella es la cantidad de energía que emite por unidad de tiempo, se puede expresar a través de la ecuación 1.

$$L = 4\pi R^2 F \quad (1)$$

Donde F es la cantidad de energía que es emitida por la estrella por unidad de área, tiempo y R es igual a la distancia a la que se encuentra el cuerpo emisor, hay que tener en cuenta que no toda la energía que se emite llegará a su destino (Carroll & Ostlie, 2007). Por ejemplo, de la radiación del Sol solo llega a la Tierra una porción de ella.

Dado que la cantidad de radiación que se recibe desde las estrellas depende de su distancia se hizo necesario para la astronomía introducir otro parámetro, la magnitud absoluta, para la astronomía es necesario hacer una comparación de todas las estrellas como si estuvieran a la misma, la ecuación que relaciona el flujo de una estrella con su magnitud aparente es la ecuación 2. Donde m_0 y F_0 son los valores de magnitud y flujo del Sol

$$m_1 - m_0 = 2.5 \log \left(\frac{F_1}{F_0} \right) \quad (2)$$

La magnitud absoluta M se propone para comparar todas las estrellas como si estuvieran a 10 pc, la relación entre la magnitud absoluta y aparente se expresa con la ecuación 3, donde m es la magnitud aparente y M es la magnitud absoluta.

$$m - M = 5 \log \left(\frac{r}{10pc} \right) \quad (3)$$

Por ejemplo para el caso del Sol su magnitud aparente es de -26,8, y la distancia promedio a la que se encuentra de la tierra es de 149.597.870 Km que en parsec es $4,848 \times 10^{-6} pc$, la magnitud absoluta es de 9.7681.

ESTRELLAS COMO CUERPOS NEGROS

Leyes de Kirchhoff:

Uno de los primeros en trabajar en el problema de la radiación de los cuerpos fue Kirchhoff, sus trabajos en radiación permite realizar una primera aproximación a la descripción de la transferencia de calor por medio de la radiación, imagínese dos cuerpos opacos, encerrados en una cámara que se encuentra al vacío, a los objetos los separa una distancia considerable, las paredes de la cámara se mantienen con una temperatura constante, los objetos solo reciben y emiten energía mediante procesos de radiación, Kirchhoff es el primero en acuñar el término de cuerpo negro para objetos que pueda absorber toda la radiación que se emite sobre ellos (Eisberg & Resnick, 2006). Además propuso tres leyes:

- Un gas caliente y denso o un sólido emiten radiación en un espectro continuo, este espectro es igual al de un cuerpo negro.
- Un gas caliente y difuso emite radiación con líneas de emisión brillantes, producto de la tendencia de sus átomos excitados a volver a su estado de energía natural.
- Si se hace pasar radiación por un gas difuso y frío se observarán líneas de absorción oscuras, existen longitudes de ondas definidas que pueden ser absorbidas por los átomos del gas.

Estas leyes permiten entender algunos fenómenos que se dan en las estrellas (Arthur, 2012).

Catástrofe ultravioleta:

La luz que emiten las estrellas puede ser catalogada por su intensidad lumínica pero además por su color y por su tipo espectral como se ve más adelante, es claro desde la antigüedad que la temperatura de un cuerpo y su color están relacionados Los primeros en dar un uso práctico a esta información fueron los alfareros, que tenían diseñadas tablas que relacionaban el color con la temperatura (Guasca, 2015). El primero en notificar dicha información fue Thomas Wedgwood un productor de porcelana, el descubrió que sin importar la forma o tamaño, los materiales que el calentaba tenían el mismo color cuando llegaban a una temperatura específica (Carroll & Ostlie, 2007). De igual forma en la

astronomía también se utiliza esta información, las estrellas tienen un comportamiento similar donde dependiendo de su color se puede inferir su temperatura, las estrellas más rojas son las de menor temperatura y las de color azul son de muy alta temperatura (Martinez, 2008).

Para entender la relación de estos dos fenómenos se debe explicar la radiación de cuerpo negro. Si se hace incidir radiación sobre cualquier material puede que la radiación sea absorbida (α), reflejada (ρ) y transmitida (τ), depende de las cualidades del material en qué proporción pasa cualquiera de estos fenómenos, pero es importante saber que la energía que se hizo incidir debe ser igual a la suma de la energía que se transforma en cualquiera de estos procesos, esto cumple con el principio de conservación de la energía, ahora si se reescribe en términos de porcentajes queda como en la ecuación 4.

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (4)$$

En el caso de los cuerpos negros el factor de absorción $\alpha=1$, es decir toda la radiación que se hace incidir sobre el cuerpo es absorbida, en un cuerpo negro la longitud de onda no es determinante en el resultado, toda la radiación será absorbida.

El desarrollo de la teoría de radiación de cuerpo negro fue muy importante ya que suscitó un cambio de paradigma en la física, el trabajo de Wien quien construyó una ecuación para describir la relación entre la temperatura y la longitud de onda que emiten los cuerpos, también el de Rayleigh y Jeans en su trabajo querían estudiar la radiación de un objeto de metal con forma cubica que se calienta, parte del desarrollo era medir la densidad de la energía al interior, lo cual no resultó tan fácil de realizar porque existía una diferencia entre lo que predecía la teoría (ecuación 5) y los resultados experimentales, a esta parte de la historia se le conoce como catástrofe ultravioleta, porque la diferencia se hacía abrupta en longitudes de onda grandes (Eisberg & Resnick, 2006).

$$\rho_T(v)dv = \frac{8\pi v^3 KT}{c^3} dv \quad (5)$$

Planck propuso un experimento mental para poder entender mejor lo que es un cuerpo negro, si se hace incidir radiación sobre la apertura esta ingresara a la cavidad y después de colisionar con las paredes será absorbida, esto calentara las paredes, ahora si se calientan las paredes debería emitirse radiación desde el interior de la cavidad. El estudio de esa radiación llevó a Planck a proponer una ecuación que contiene el trabajo de Wien y de donde se puede obtener la ecuación de Stefan-Boltzman, además este trabajo tiene muchas implicaciones para la mecánica cuántica, Planck tuvo que considerar que la energía emitida no se da en un espectro continuo, el problema se solucionaba si no se tenía en cuenta el principio de equipartición, en cambio se debe pensar en paquetes de energía (Eisberg & Resnick, 2006). En este trabajo no se abundaran en las múltiples implicaciones que tiene en la Física pero si se resalta su importancia.

La ecuación que establece Planck (ecuación 6) representa la emisión de energía por parte de un cuerpo en una unidad de tiempo y área.

$$E^0(\lambda, T) = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1} \quad (6)$$

Las constantes C_1 y C_2 son producto de la factorización de otras constantes, respectivamente equivalentes ha:

$$C_1 = 8\pi h c^2 = 1,498 \times 10^{-15}$$

$$C_2 = \frac{hc}{k} = 1,4385 \times 10^{-2}$$

Ley de Wien

En la ley de Planck se puede encontrar la ley de desplazamiento de Wien, hay que recordar que la investigación de Wien se realizó primero, aun así la ley de Planck concuerda con los resultados encontrados, si quiere conocer la longitud de onda predominante en el espectro que se emite se debe hallar el máximo de la función, aplicando una derivada parcial e igualando a cero a la ecuación 4.

$$\frac{dE^0(\lambda, T)}{d\lambda} = \frac{d}{d\lambda} \left[\frac{C_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} \right]_{T=cte} = 0$$

Después de un tratamiento matemático se llega a la expresión de la ley de desplazamiento de Wien ecuación 7.

$$\lambda_{max} T = 2,898 \times 10^{-3} mK \quad (7)$$

Ley de Stefan-Boltzmann:

Ahora, si se quiere conocer la suma de la energía radiada por todas la longitudes de ondas se integra la ecuación 6 con los limites en cero e infinito, realizando esta operación se obtiene la ecuación 8, conocida como la ley de Stefan-Boltzmann, a la radiación emitida en todas la longitudes de onda se le conoce como luminosidad bolométrica.

$$E^0(T) = \int_0^{\infty} \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} d\lambda$$

$$E^0(T) = \sigma T^4 \quad (8)$$

Para conocer la luminosidad multiplicamos por una sección de área y se obtiene la ecuación 9.

$$L^0(T) = A\sigma T^4 \quad (9)$$

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN LAS ESTRELLAS:

A continuación, se describe la forma en que las estrellas producen energía. Existen dos procesos mediante los cuales se explica que las estrellas tienen la capacidad de transformar su composición para liberar energía, el proceso más común en las estrellas con masas bajas o cercanas a la del Sol es la cadena protón-protón, en algunas de las estrellas de masas superiores a la del Sol se puede dar un proceso conocido como el proceso carbono nitrógeno oxígeno (CNO) (Martinez, 2008).

La energía que se libera en estos procesos se explica por medio de la interacción de partículas subatómicas con núcleos ligeros, esta interacción en general produce un núcleo nuevo y además pueden producir otras partículas como fotones, los cuales se encargan de transportar una parte de la energía que se genera en el interior de la estrella hacia los extremos.

Cadena protón-protón

Para que el hidrógeno pueda convertirse en helio mediante de este proceso, se requiere que dos núcleos de hidrógeno se fusionen, de esta unión se producirá un deuterio un neutrino y un positrón (ver figura 1), el positrón liberado chocará contra un electrón y liberará un fotón, la energía que se requiere para liberar estas dos partículas es considerable y es una de las formas en la que la estrella produce energía, para aumentar su temperatura desde el núcleo hacia las capas más externas de la estrella, el deuterio formado debe unirse con otro átomo de hidrógeno, de esta unión se forma un helio-3, tal y como sucedió en el proceso anterior para este caso también se liberará energía en forma de fotones, por último este núcleo de helio-3 debe encontrar otro similar para que se forme un helio-4, al igual que en los casos anteriores se libera energía en forma de fotones y dos protones libres (Arthur, 2012). Este proceso se conoce como proceso protón-protón I, en este se produce 26.729 Mev (Martinez, 2008).

La figura 1 representa el proceso.

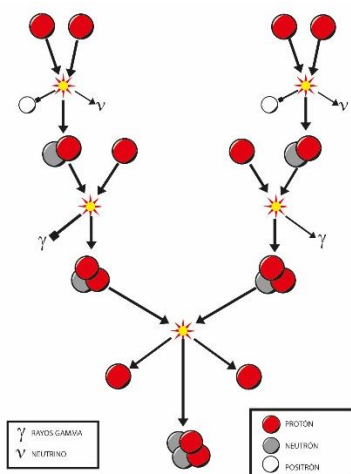
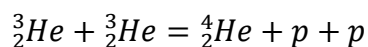
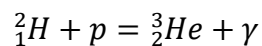
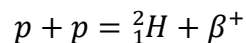
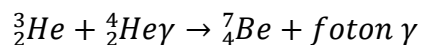


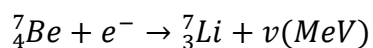
Figura 1. Cadena protón-protón

Este tipo de proceso se da en estrellas con temperaturas que están en el rango desde $10 \times 10^6 \text{K}$ hasta $14 \times 10^6 \text{K}$, el quemado del hidrogeno a través de este proceso es lento a comparación con otros, esto le brinda a la estrella una duración de al menos 10^7 y 10^{10} años (Klapp Escribano & Corona-Galindo, 1995).

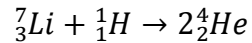
Existen algunas variaciones en este tipo de proceso, la cadena protón-protón II se da en estrellas con temperaturas que van desde $14 \times 10^6 \text{K}$ hasta $23 \times 10^6 \text{K}$ esto sucede cuando un átomo de helio-3 se fusiona con un átomo de helio-4 y producto de la fusión resulta un isotopo de berilio y rayo gamma (Martinez, 2008).



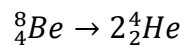
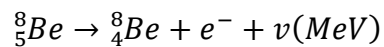
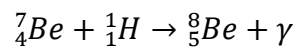
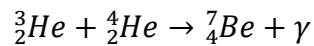
Si este berilio interactúa con un electrón se produce un isotopo de litio.



La última etapa se desarrolla cuando el litio entra en interacción con un hidrógeno entonces se forman dos átomos de helio-4.



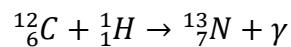
En la cadena protón-protón III se da para temperaturas mayores a los $23 \times 10^6 \text{K}$ y se da de la siguiente manera (Martinez, 2008).



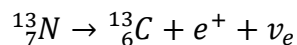
La cadena protón-protón IV consiste principalmente de la fusión de un helio-3 con un hidrogeno de este proceso se deriva un átomo de helio-4 y un positrón.

Ciclo CNO

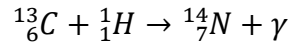
Este tipo de proceso solo se dará en estrellas con masas superiores a las del Sol, una gran cantidad de masa se traduce en grandes temperaturas y con una variedad más compleja de elementos que la conformen, este proceso consume combustible en una cantidad de tiempo menor a la del ciclo protón-protón, dado que hace uso de catalizadores que aceleran el proceso, para que suceda este proceso se fusiona un hidrógeno con un carbono-12, de esta fusión resulta un isotopo de nitrógeno liberando energía.



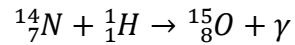
Ese isotopo resultante a su vez no es estable y produce un isotopo de carbono, un neutrino y un positrón.



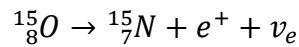
Ese isotopo de carbono debe fusionarse con un hidrogeno de esta unión resultara un átomo de nitrógeno y además se libera radiación gama.



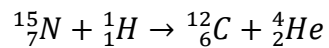
La interacción entre ese nitrógeno y un hidrógeno producirá un isotopo de oxígeno.



El cual no puede interactuar con otra partícula para transformarse y por lo tanto decae y se libera un isotopo de nitrógeno con un positrón y un neutrino.



El último paso tiene dos ramas, la primera consiste en la interacción de un isotopo de nitrógeno con un hidrogeno, de esta unión resulta un átomo de carbono y uno de helio



Una cualidad importante del proceso es que los catalizadores se mantienen constantes, solo cambia la proporción de hidrogeno y helio, la figura 2 representa el proceso.

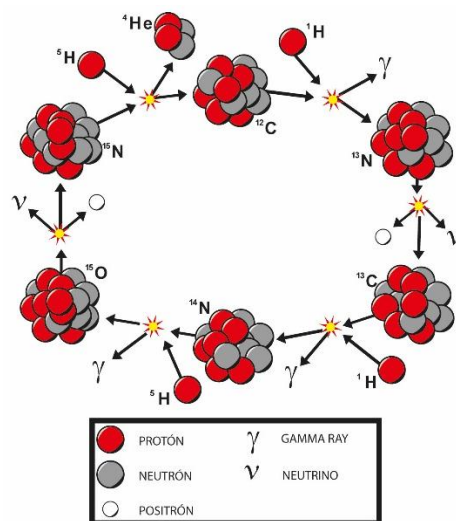


Figura 2. Ciclo CNO

Estructura de las estrellas:

Existen varias fuerzas en las estrellas que contrarrestan la fuerza de gravedad una de ellas es la fuerza se da en los fluidos por su naturaleza a moverse de espacios con mayor densidad a espacios con menor densidad, es decir, esta fuerza debe ser contraria a la gravedad, que impulsa a la masa a agruparse, en estos puntos donde se agrupa la masa la densidad debe ser mayor, de esta manera se puede pensar una ecuación que describa la fuerza que es ejercida sobre un elemento de volumen con forma cubica, que se encuentre dentro de la estrella, a una distancia r del centro de la misma, tal como se observa en la imagen 3.

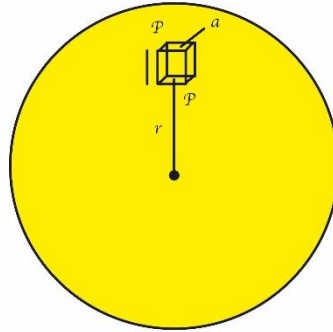


Figura 3. Elemento de masa

Equilibrio hidrostático:

Se observará una de las ecuaciones que busca dar sentido a la estructura de las estrellas, teniendo en cuenta el procedimiento que muestra (Prialnik, 2000). Para calcular la fuerza que se ejerce sobre el elemento de masa hay que tener en cuenta,

$$F = \Delta m \ddot{r}$$

Se reescribe esa fuerza en términos del potencial gravitacional que es el primer elemento en la parte derecha del igual y de la fuerza debido a la diferencias de presión se obtiene la ecuación 10.

$$\Delta m \ddot{r} = -G \frac{m \Delta m}{r^2} + P(r) dS - P(r + dr) dS \quad (10)$$

Tenga en cuenta el signo negativo del último término, es así porque es la presión que se ejerce desde la parte más densa, esa fuerza va hacia el centro como el potencial gravitacional y por eso es el negativo, además se debe reescribir ese término de la siguiente manera haciendo uso de la serie de expansión de Taylor:

$$P(r + dr) = P(r) + \left(\frac{\partial P}{\partial r} \right) dr$$

Si se reescribe el término y se reemplaza en la ecuación 10 se obtiene:

$$\Delta m \ddot{r} = -G \frac{m \Delta m}{r^2} + P(r) dS - P(r) dS - \left(\frac{\partial P}{\partial r} \right) dr dS \quad (11)$$

Algunos términos son iguales y tienen signo contrario por lo tanto simplificando se dará una expresión más simple,

$$\Delta m \ddot{r} = -G \frac{m \Delta m}{r^2} - \left(\frac{\partial P}{\partial r} \right) dr dS \quad (12)$$

Tenga en cuenta que $dr dS$ es un diferencial de volumen, para el caso será más disiente la ecuación si se reescribe en términos de la masa y la densidad, con ello se evidencia:

$$\Delta m \ddot{r} = -G \frac{m \Delta m}{r^2} - \left(\frac{\partial P}{\partial r} \right) \frac{\Delta m}{\Delta \rho} \quad (13)$$

En este punto factorizando en ambos lados de la ecuación el término Δm resulta la ecuación 14.

$$\ddot{r} = -G \frac{m}{r^2} - \left(\frac{\partial P}{\partial r} \right) \frac{1}{\rho} \quad (14)$$

Para continuar con la solución se debe hacer una aclaración primero, la masa, el volumen y la densidad tienen la siguiente relación:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Si se escribe en términos de diferenciales,

$$\rho = \frac{dm}{dV}$$

Si se supone una geometría esférica del volumen y se reescribe la ecuación,

$$\rho = \frac{dm}{4\pi r^2 dr}$$

Ahora con este término se reemplaza en la ecuación 14 de la densidad, obteniendo la ecuación 15.

$$\ddot{r} = -G \frac{m}{r^2} - \left(\frac{\partial P}{\partial m} \right) 4\pi r^2 dr \quad (15)$$

La ecuación 15, necesita ser interpretada para nuestro caso, como se habla de una estrella en equilibrio, la aceleración $\ddot{r} = 0$, entonces se puede obtener de dicha interpretación las siguientes dos ecuaciones:

$$\frac{dP}{dr} = -G \frac{m}{r^2} \rho \quad (16)$$

$$\frac{dP}{dm} = -G \frac{m}{4\pi r^4} \quad (17)$$

Teorema del Virial

Haciendo uso de la ecuación 17, se analizan algunas cualidades de las estrellas, lo primero que se hace es multiplicar en ambos lados de la ecuación (17) por el volumen de una esfera. el procedimiento que se seguirá recrea el desarrollado por Prialnik (2000).

$$\frac{dP}{dm} V = -G \frac{m}{4\pi r^4} \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right) \quad (18)$$

Ahora se hace separación de variables con el término de la izquierda y simplificando el radio, las constantes y se integra, obteniendo:

$$\int_0^{P_r} V dP = -\frac{1}{3} \int_0^M G \frac{m dm}{r} \quad (19)$$

En este punto se solucionan las integrales de manera separada, la de la derecha se define de la siguiente manera:

$$\Omega = - \int_0^M G \frac{m dm}{r} \quad (20)$$

La integral de la izquierda en la ecuación 19, se soluciona por el método de integración por partes, de tal forma se obtuvo:

$$\int_0^{Pr} V dP = [PV]_0^R - \int_0^R P dV \quad (21)$$

Para darle un sentido real a la ecuación se agregan las siguientes consideraciones, $P = 0$ cuando $r = R$, por lo tanto $[PV]_0^R = 0$. En la ecuación 19, se reemplaza los resultados de la ecuación 20 y 21, e igualando a cero se obtiene que:

$$3 \int_0^R P dV + \Omega = 0 \quad (22)$$

Se puede reescribir esta ecuación si se cambia el término del volumen y se escribe en términos de la presión y la masa,

$$3 \int_0^M \frac{p}{\rho} dm + \Omega = 0 \quad (23)$$

Esta expresión que se obtuvo permite hablar de la temperatura y de la energía interna del sistema, si se considera que el gas de la estrella es ideal, se reescribe la presión en términos de:

$$P = \frac{\rho}{m_g} KT \quad (24)$$

La energía cinética de la partícula se puede escribir de esta manera,

$$E_c = \frac{3}{2}KT \quad (25)$$

Para conveniencia del desarrollo se escribe la energía interna del sistema por unidad de masa, esta energía interna es igual a la energía cinética dividida por la masa m_g , que es la masa del gas de partículas.

$$u = \frac{3KT}{2m_g} \quad (26)$$

De igual forma se puede escribir el elemento de masa en términos de la densidad, con la ecuación 24.

$$u = \frac{3P}{2\rho} \quad (27)$$

La ecuación 27 puede ser reemplazada en la ecuación 21 obteniendo así,

$$3 \int_0^M u \frac{2}{3} dm = -\Omega$$

Si se eliminan algunos elementos y se organiza la ecuación se llega a,

$$\int_0^M u dm = -\Omega \frac{1}{2} \quad (23)$$

La parte de la izquierda al solucionar la integral se convierte en la energía interna del sistema U.

$$U = -\Omega \frac{1}{2} \quad (29)$$

Si se usa la ecuación 20 y se soluciona la integral, suponiendo que la estrella tiene una masa M y un radio R , a esta ecuación se le agrega un elemento, es la constante α que determina la distribución de materia.

$$\Omega = -\alpha \frac{G M^2}{R} \quad (303)$$

Usando la ecuación 30 para reescribir la ecuación 29, se obtiene:

$$U = \frac{1}{2} \alpha \frac{G M^2}{R} \quad (314)$$

Recordando la ecuación 26, se soluciona la integral,

$$U = \int_0^M \frac{3KT}{2m_g} dm = \frac{3K\bar{T}}{2m_g} M \quad (32)$$

Donde \bar{T} es la temperatura promedio de toda la estrella, con las ecuaciones 31 y 32 se encuentra una expresión para la temperatura.

$$\bar{T} = \frac{\alpha m_g G M}{3 K R} \quad (335)$$

CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRELLAS

Diagrama H-R

Para caracterizar a las estrellas se utiliza el diagrama Hertzsprung-Russell (H-R) que se muestra en la figura 4, el cual clasifica las estrellas a partir de su luminosidad en comparación con su tipo espectral, el diagrama se construye con una escala que esta invertida y es logarítmica para la luminosidad.

La categorización espectral hace uso de letras (O, B, A, F, G, K, M) para identificar cada estrella dependiendo de las líneas de emisión, las líneas de emisión de un cuerpo está determinada por la temperatura de la estrellas (ecuación 33) para hacer una mejor categorización se agregan unos índices a cada, estos índices son los números del 0 al 9, también se pueden realizar sub divisiones dependiendo de los elementos que se encuentren dentro de las estrella con gran abundancia, los datos que a continuación se presentan son tomados de Martinez (2008).

- Estrellas tipo O: las estrellas de este tipo son una de las más grandes con una masa de alrededor de 60 veces la del Sol y un radio 15 veces mayor es por eso que son muy luminosas, se caracterizan por su color azul, son escasas dado que su tiempo de vida en comparación con las otras estrellas es muy corto, las estrellas de este tipo pueden contener grandes cantidades de carbono (OC) o nitrógeno (ON), oxígeno y boro (OB), alcanzan temperaturas que van desde los $3 \times 10^4 K$ hasta los $6 \times 10^4 K$
- Estrellas tipo B: las estrellas tipo B mantienen temperaturas del rango de los 1×10^4 hasta los $3 \times 10^4 K$, el color predominante en estas estrellas es el azul aunque si tienen riqueza de carbono su color puede ser diferente, como ya se mencionó en estas estrellas puede existir abundancia de carbono (BC) además nitrógeno (BN), oxígeno y boro (OB), su masa puede llegar a ser hasta 20 veces más grande que la de nuestro sol.
- Estrellas tipo A: en esta categoría se encuentran estrellas con temperaturas de entre $7.5 \times 10^3 K$ hasta $1 \times 10^4 K$, el color característico que se halla en estas estrellas es el blanco, tiene pequeños porcentajes de otros elementos que no son significativos, son estrellas muy comunes en el universo, su masa puede ser del doble o triple la del sol.
- Estrellas tipo F: las estrellas llegan a temperaturas de $6 \times 10^3 K$ hasta los $7.5 \times 10^3 K$, su color característicos es un blanco aproximándose al amarillo, su masa es muy cercana a la del sol entre 1.7 y 1.3.

- Estrellas tipo G: el Sol pertenece a esta categoría, son estrellas con temperaturas que van desde los $5 \times 10^3 K$ hasta los $6 \times 10^3 K$.
- Estrellas tipo K: se ubican las estrellas con un color anaranjado, su temperatura va desde $3.5 \times 10^3 K$ hasta $5 \times 10^3 K$, estrellas de este tipo tienen masas cercanas a la del Sol pero más pequeñas.
- Estrellas tipo M: su temperatura se encuentra en el rango que va desde $2 \times 10^3 K$ hasta $3.5 \times 10^3 K$, la masa de estas estrellas es de 0,3 o 0,4 masas solares.
- Estrellas tipo L Y T: estas estrellas tienen temperaturas muy bajas, dado que su núcleo no realiza procesos de fusión, el calor que emiten es por el colapso gravitacional, la radiación que emiten este tipo de estrellas pertenece al infrarrojo.

Dentro de la clasificación se puede encontrar una relación entre masa y temperatura, existe una clase especial de estrellas que no pueden ubicarse en esa clasificación, son las enanas blancas estas son la última etapa evolutiva de estrellas como nuestro Sol, ellas tienen un amplio rango de temperaturas con masas muy bajas, la clasificación para las estrellas blancas es:

- Tipo DA: estas estrellas tienen una temperatura menor a $10^4 K$, son mayormente de hidrógeno aunque algunas son ricas en otros elementos como helio y otros metales.
- Tipo DB: estrellas con temperaturas de entre $3 \times 10^4 K$ hasta $1.2 \times 10^4 K$, estas estrellas en su atmósfera contienen helio y en algunas de ellas se puede hallar metales.
- Tipo DO: su atmósfera contiene helio y sus temperaturas van desde $10^5 K$ hasta $4.5 \times 10^4 K$.

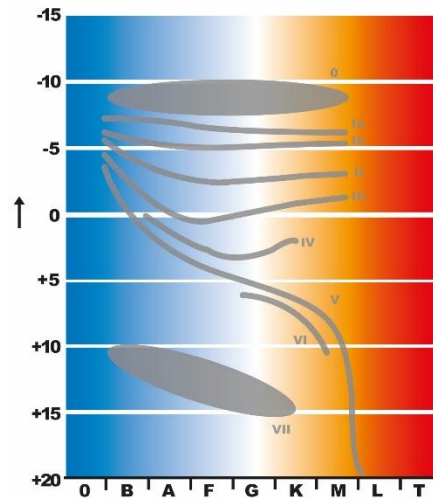


Figura 4.. Diagrama H-R.

Existen tres regiones importantes dentro del diagrama: En la parte superior derecha están los cuerpos con mayor cantidad de masa, hallando estrellas clasificadas como Hipergigantes en la región O, Supergigantes en las ramas Ia e Ib, Gigantes luminosas en la rama II y Gigantes que se ubican en la región III, debajo de este cúmulo se encuentran la secuencia principal que es una banda que atraviesa diagonalmente el diagrama, en esta banda se mantiene una característica clave donde hay un rango de temperaturas de las estrellas, en esta región se ubican la mayor cantidad de estrellas y dos ramas que la acompañan y ensanchan la banda, la rama IV está compuesta por las estrellas que se denominan Subgigantes y la rama VI son las Subenanas, en la parte inferior localizamos el cúmulo de las enanas blancas son estrellas con poca masa, las diferencias halladas en el grupo de las gigante rojas y de las enanas blancas sucede porque son cuerpos con luminosidades muy diferentes a las que se encuentran en la secuencia principal (SP).

Las estrellas que se encuentran en esta región SP de los diagramas H-R son la mayoría de las estrellas y permanecerán casi todo su tiempo de vida en este estado de equilibrio, compensando la fuerza de la gravedad con la presión de radiación (ecuación 16 y 17), seguirán en la región de la secuencia principal mientras se encuentren quemando el hidrógeno en su interior, este proceso se acabará cuando el hidrógeno se haya consumido todo, en este caso la aceleración en la ecuación 15 tendrá un valor diferente a cero.

Entonces empieza un proceso en que la fuerza gravitacional supera la fuerza producida por las reacciones nucleares y depende de las condiciones de cada estrella, pero para este caso la estrella se va a contraer, producto de esta contracción la temperatura de la estrella aumenta hasta los $10^8 K$, con esta temperatura la estrella entra en una etapa de equilibrio en la cual comienza a fusionar el helio esta etapa se llama gigante roja, es corta en comparación con la de fusión de hidrogeno, según el tiempo de quemado de helio es casi un décimo del tiempo de quemado de hidrogeno, posteriormente se explicara como es el proceso mediante el cual se fusiona el helio, las etapas siguientes no duraran tanto y dependen de las cualidades de la estrella (Martinez, 2008).

EVOLUCIÓN DEL SOL

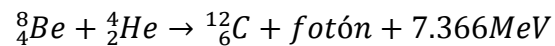
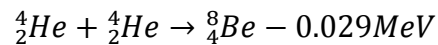
Anteriormente ya se ha destacado la importancia de la masa y de otros componentes de las estrellas que son lo que determinan su tiempo de vida y los procesos que llevara a cabo, para realizar una buena descripción de los procesos evolutivos en la literatura se construyen categorías que los diferencien por la cantidad de masa que poseen, el Sol pertenece a la clasificación de las estrellas de masa media (Martínez, 2008).

Los procesos que se llevaran a cabo en la evolución de este tipo de estrellas son más complejas que en otros casos, cuando se encuentra en la secuencia principal la transmisión de calor se realiza de dos maneras, en la capa interior más próxima al núcleo se forma una zona conocida como zona radiactiva, en el caso del Sol esta capa tiene una extensión de $3 \times 10^6 Km$ (Martínez, 2008). En esta zona el material que se encuentra permite el paso de los fotones que se producen en todos los pasos del proceso de fusión de los elementos, alejándose del centro casi en el extremo de la estrella se acumula masa más densa que si capta los fotones y se calienta, la temperatura que alcanza es menor a la de la capa radiactiva, es por eso que se permite el transporte de energía mediante procesos convectivos (Martínez, 2008).

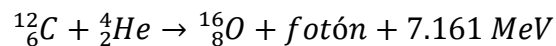
El Sol utiliza la cadena p-p para quemar su combustible, explicado anteriormente. El helio que se produce de la fusión se acumulara en el centro de la estrella, dado que es más denso

que el hidrogeno, la combustión de hidrogeno se realiza cada vez más rápido, esto significa un aumento en la luminosidad de la estrella,

En algún momento de la vida del Sol se le agotaran las reservas de hidrogeno, se calcula que sucederá en 5 mil millones de años, de aquí en adelante la estrella sufrirá múltiples cambios, la siguiente etapa se denomina sub gigante roja (SubG), esto sucede porque el núcleo de helio se contrae mientras que la capa de hidrogeno que lo rodea empieza un proceso de expansión, en algunos casos la estrella pierde masa producto de la expansión de la capa más lejana, el helio se contrae porque la estrella necesita compensar la gravedad con la presión de radiación (ecuación 16), en el proceso de encogerse la temperatura aumenta, porque aumentan el número de interacciones entre las partículas del gas, en algún punto el núcleo del Sol empezara su quemado de helio, el proceso mediante el cual se fusiona el helio es conocido como proceso triple alfa, la temperatura del núcleo en este punto aumento hasta los 10^8K , este proceso tarda dado que los efectos de la degeneración ya actúan sobre la estrella haciendo más lento el proceso de contracción, con esta temperatura empieza a quemarse helio para producir carbono.



Al mismo tiempo que se realiza este proceso, también se puede llevar a cabo dentro de la estrellas la producción de algunos otros elementos como el oxígeno más pesado (Martínez, 2008), el proceso de la producción del oxígeno puede ocurrir en el núcleo y se da de la siguiente manera:



La producción de elementos más pesados se da a través de otros procesos, denominados procesos S y R, se da cuando algunos elementos atrapan neutrinos producto del ciclo del helio.

El proceso S consiste en la formación de elementos más pesados como el Bi, Po y el Pb, este proceso se representa con la letra S porque sucede con la absorción de neutrinos lentos,

estos interactúan con átomos estables lo que produce isótopos que tienen un tiempo de vida corto (Martínez, 2008), este proceso se da cuando la estrella alcanza la RAG

El proceso R explica la aparición de elementos más pesados que el Fe, cuando este interactúa con neutrinos que poseen una velocidad de 20000 Km/s, para que los neutrinos alcancen esta temperatura se necesitan condiciones especiales como las que se encuentran en una supernova colapsada (Martínez, 2008).

El siguiente estado evolutivo se convierten en gigante rojas, en otros casos requiere de más estados evolutivos, en este estado evolutivo la estrella puede perder masa a grandes niveles por los fenómenos de convección o de viento solar o por la poca interacción gravitacional, el radio seguirá aumentando, en el caso del Sol se estima que el radio alcanzara la distancia que hay desde el hasta la tierra, cuando alcance su máximo la estrella estará en la etapa de gigante roja, mientras las capas se han expandido el núcleo se está comprimiendo, tanto así que la fuerza producida por la degeneración se hace considerable, durante el desarrollo de este proceso la estrella se aleja de la franja de la secuencia principal y se desplaza hacia la derecha (Martínez, 2008).

En la etapa de gigante roja empieza un proceso en el que se contraerán tanto que la materia en su núcleo se denomina degenerada, esto significa que este tipo de materia se ve afectada por fenómenos cuánticos como el principio de exclusión de Pauli, dado que se encuentra muy compactada la materia, el núcleo compacto de estas estrellas está compuesto por helio, luego la estrella tiene una capa que está compuesta en su mayoría por helio menos degenerado que el del núcleo e hidrógeno que se está quemando y hacia los extremos de la estrella se encuentra una capa convectiva que transporta la energía hacia el exterior de la estrella, esta capa convectiva crecerá, debido a ello la estrella se volverá más brillante, dado que el núcleo se encuentra degenerado, la energía que se produce en él se gasta calentando el núcleo y además una parte se emite rápidamente hacia las capas más externas de la estrella, esta energía que calienta el núcleo vuelve inestable la capa fina de helio, esta capa se calienta a gran velocidad ya que no puede realizar los procesos comunes, cuando un gas aumenta su temperatura también aumentará su tamaño para mantener cierta estabilidad, pero en este caso esta capa fina se encuentra atrapada y es por eso que aumenta su

temperatura dramáticamente, tanto así que en algún momento se puede desprender materia de la estrella, a esta etapa se le conoce como flash de helio, esta etapa no se da en todas las estrellas.

En sus últimas etapas el Sol se convertirá en una nebulosa planetaria, esto sucede porque a través de su evolución el Sol se ha desprendido de materia que queda suspendida cerca de ella, el núcleo de la nebulosa planetaria es una enana blanca, las capas más cercanas a la enana blanca emiten algo de la radiación que reciben de la estrella, las capas que no tienen contacto con el núcleo son ricas en materiales como C, O y N, estos se pueden aglomerar en espacios como la tierra (Martínez, 2008).

La enana blanca en el interior de todo ese gas mantiene su equilibrio quemando combustible con el proceso triple alfa, este tipo de estrellas se caracterizan por ser las estrellas más antiguas del universo, de hecho se establece la edad del universo calculando la edad de este tipo de objetos, dado que tienen poca masa no realizan el proceso de fusión de su combustible con tanta rapidez como las otras estrellas, la masa mínima que requiere una estrella para quemar su combustible es de al menos el 0,0075 masas solares, su límite superior es de 1.4 masas solares, estas estrellas alcanzan una temperatura de entre 8000K y 40000 K y un radio semejante al de la Tierra, estas estrellas quemaran todo su núcleo de helio degenerado y lo convertirán en C y O.

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA DE INVESTIGACION:

3.1 INVESTIGACIÓN ACCIÓN:

La investigación acción cuenta con unas cualidades que la hacen funcional con el trabajo pedagógico, porque la base de esta propuesta es articular tres conceptos la investigación, la acción y la formación, esto quiere decir que el trabajo que se desarrollado debe generar acciones pedagógicas para mejorar aspectos de la población (Bisquerra Anzina, 2004).

En la literatura se puede encontrar que hay un gran auge en el uso de esta metodología quizás porque entiende que el trabajo en el aula como un proceso en el que constantemente se debe reflexionar acerca del proceso y de cómo se está impactando la población, abre la posibilidad a cambiar las actividades si no son lo suficientemente efectivas.

Esta metodología se elige porque orienta el desarrollo de investigaciones que identifica problemáticas en un grupo social para proponer soluciones, mediante la autocrítica se definen las prácticas que se quiere mejorar o cambiar en una población, en este trabajo se propone un módulo de enseñanza para educadores en temas relacionados con la astronomía y la astrofísica.

Este tipo de investigación tiene unas características que se diferencian de las metodologías que tradicionalmente se usan en los estudios sociales, porque pretende que sus resultados sean prácticos, emancipadores, críticos y promueven el trabajo colectivo de todos los integrantes del proceso (Bisquerra Anzina, 2004).

Las fases en las que se desarrolló este trabajo son: identificar la problemática, definir una acción estratégica, actuar sobre la población, al actuar sobre la población se debe realizar una observación y recoger evidencias de ello y una última etapa de reflexión en cuanto a lo que sucedió en el aula para aportar seguir aportando a la evolución de las estrategias fases que se encuentran enmarcadas dentro de la investigación acción (Hernández, Sampieri et al, 2010).

Una etapa inicial consistió en identificar la situación problemática. En el caso de este trabajo existe un interés por aportar al desarrollo de actividades enfocadas a la enseñanza de la astronomía en específico las fases evolutivas del Sol, esto es pertinente con base en el desarrollo de la problemática que se expuso en el primer capítulo, donde se identificó la necesidad de trabajar con docentes en formación, el grupo con el que se implementó la unidad está compuesto por estudiantes de múltiples licenciaturas de la Universidad Pedagógica y de diferentes semestres, a través de la realización de un pre-test se determinaron algunas falencias en el grupo y se decidió que la temática era provechosa.

La segunda fase consiste en construir un bosquejo de la situación con la recolección de archivos, esto para poder orientar algunos aspectos del trabajo como las herramientas para la recolección de datos (Bisquerra, 2004). Esta revisión nos dotó de mucha información acerca de la problemática, con la revisión de los estándares de MEN se pudo evidenciar que es necesario este tipo de conocimientos en el aula, este y los otros trabajos que se presentan en el apartado de los antecedentes nos permitieron determinar la pertinencia del trabajo.

En una tercera etapa se propuso el módulo de enseñanza este se retroalimentara sesión a sesión y al finalizar las actividades se revisara para presentar una versión fina (Ver apéndice A) que es la estrategia que se realizara para aportar a la solución de la problemática (Bisquerra, 2004), el módulo cuenta con 4 actividades, las dos primeras desarrollan el concepto de presión, en una tercera actividad se trabajan las características de las estrellas y por último las fases evolutivas de las mismas, las actividades fueron encontradas en la revisión literaria, la sesión 3 está basada en la propuesta de (Costa, García, Moreno, & Ros, n.d.).

La siguiente etapa de la metodología acción está orientada a analizar la implementación de la propuesta (Bisquerra, 2004).

3.2. MODELO PEDAGOGICO:

Para la elaboración de las actividades se eligió la estrategia de trabajo cooperativo (en este trabajo se aborda el concepto de trabajo cooperativo y colaborativo como similares ya que no nos interesa ahondar en sus diferencias).

Para que el desarrollo del trabajo este en concordancia con técnica de trabajo cooperativo se tuvo en cuenta que es necesario las actividades a desarrollar involucren a todos los miembros de los grupos de trabajo, este tipo de modelo incentiva el desarrollo de habilidades sociales en los estudiantes, las actividades orientan a los grupos de trabajo a cooperar entre sí para alcanzar un objetivo (Fernández, s.f.).

Es común que esta técnica se utilice en casos donde se requiere integrar a personas con una cultura, necesidad o habilidades diferentes entre sí, para este trabajo se hizo propicio

utilizar esta técnica, porque la población con la que se implementa el módulo de enseñanza tiene habilidades en diferentes campos del conocimiento.

Dentro del aprendizaje colaborativo existen algunas estrategias propuestas para la elaboración de actividades, las primeras cuatro actividades que se realizaron se enmarcan dentro de la estrategia STAD (Student Team- Achievement Divisions) de aprendizaje colaborativo (Fernández, s.f.). Las actividades que desarrollan los estudiantes en su grupo están pensadas para que todos sean partícipes del aprendizaje de cada uno de los miembros, las actividades deben integrar al grupo de estudiantes alrededor de una temática, debe brindar a los estudiantes la oportunidad de discutir (Pujolás, 2002).

La estrategia STAD propone que el profesor debe formar grupo de estudiantes, se presenta una temática a los estudiantes y se desarrollan actividades alrededor de esta temática, para el diseño de las actividades no todas las sugerencias de esta estrategia se adaptan dado que en el ítem de evaluación no se realizara una retroalimentación, además porque la evaluación de las actividades se realizara sobre los resultados obtenidos por todos los grupos.

La última actividad del módulo de enseñanza utiliza otra estrategia, esta se conoce como grupos de investigación, en esta se disponen diferentes grupos de estudiantes para que cada uno presente un tema que esta articulado con los demás, de esta forma los estudiantes son responsables de como presentan la información a sus compañeros, para esta actividad la intervención del docente es acompañar a los grupos de trabajo en la planeación de la presentacion (Pujolás, P. 2002.)

3.2 ACTIVIDADES DESARROLLADAS:

Las actividades planeadas cuentan con unos instrumentos que orientan su desarrollo y además nos permiten recopilar información del proceso de los estudiantes, en esta guías de trabajo se plantean preguntas a los estudiantes para guiar el desarrollo de las actividades, el docente debe hacer intervenciones en los grupos para supervisar sin intervenir en las respuestas que como grupo plasman en las guías del módulo

3.2.1. Pre test:

Antes de realizar las actividad se realizó un pre-test que evaluó los conocimientos previos de los estudiantes, este cuenta con 12 preguntas, las dos primeras de ellas se diseñaron para este trabajo, las otras preguntas son tomadas de Guasca (2012), porque son pertinentes para evaluar el conocimiento de los estudiantes, la pregunta 7,8 y 12 son preguntas abiertas. Se establecieron ciertas categorías a evaluar en los estudiantes sus conocimientos en los temas que se trabajarían en las sesiones, tres categorías se eligieron para ser evaluadas presión, estructura estelar y evolución estelar. Las dos primeras preguntas evalúan el conocimiento del estudiante acerca de la presión, primero se indaga acerca de la definición más básica y luego acerca de la presión y su relación con la temperatura, Además se indago sobre las características de las estrellas en las preguntas 3, 4, 7, 8, y 11, Otro ítem que debía ser evaluado era el conocimiento acerca de las fases evolutivas para ello se utilizaron dos preguntas la 12 y 10, el ultimo ítem evaluado fue la clasificación, para ello se utilizaron tres preguntas, 9, 6 y 5.

3.2.2. Estudio de presión:

La presión es un concepto fundamental para entender los estadios evolutivos de las estrellas, con el fin de hacer un acercamiento a este concepto se postulan algunas actividades que acercaran al estudiante a este concepto, en esta sesión se desarrolla una actividad experimental, para el desarrollo de esta actividad y en concordancia con el aprendizaje colaborativo los estudiantes deben formar grupos de trabajo, el docente a cargo debe dar las instrucciones a los estudiantes acerca del desarrollo de las actividades, a partir de ese momento los estudiantes son autónomos, con algunas intervenciones del docente cuando lo considere necesario, la sesión cuenta con un momento en el que se da la oportunidad al estudiante de formular su propio experimento (Ver anexo A)..

Las experiencias se desarrollan al pisar un bloque de espuma, porque en él se puede observar la deformación del bloque que se relaciona con la superficie de contacto, en esta experiencia los grupos eligen personas con la misma talla de zapato para pararse sobre el bloque, midiendo la superficie de contacto y conociendo el peso aproximado de la persona se halla el valor de la presión que se ejerce sobre el bloque, al final de la actividad se le pide al estudiante que proponga un experimento propio.

3.2.3. Presión en los fluidos:

Ya que se hizo un acercamiento al concepto de presión, se pretende desarrollar algunos fenómenos asociados a este concepto (esta sesión también es complementaria ya que se observaron dificultades en la interpretación del concepto aunque posteriormente se abundara más en las dificultades que presentaron los estudiantes), se planearon dos experiencias asociadas a este tema la primera de ellas le presenta a los estudiantes la presión como una fuerza repartida en una unidad de área (en el experimento del vaso que consiste en llenar un vaso de plástico con agua y abrir un pequeño agujero en el costado del vaso por donde salga el agua, con esta sencilla experiencia el estudiante puede evidenciar que la presión no se comporta como una fuerza, dado que si se ejerce una fuerza sobre un cuerpo, el movimiento del cuerpo se da en la dirección de la fuerza, en el caso del vaso del agua se puede concluir que la presión no es una fuerza porque no cumple con esa condición, la fuerza que ejerce la presión sobre los cuerpos no tiene una dirección definida.

La segunda actividad con el generador de vapor se diseña para relacionar la temperatura con la presión, el experimento requiere de un generador de vapor, este aparato consta de un recipiente de metal, este recipiente se sella y en su tapa tiene una manguera, si se llena el recipiente con agua y se aumenta su temperatura saldrá por el orificio de la manguera vapor, para el desarrollo de la experiencia en esta abertura se colocó una bomba plástica, de tal manera que el vapor generado quedara atrapada en la bomba plástica, una vez la bomba atrapo una buena cantidad de vapor se enfrió rápidamente el generador, fue muy importante esta experiencia para que el estudiante note la relación entre temperatura y presión porque estos dos conceptos están presentes en las explicaciones de los cambios que sufren las estrellas, ya que las explicaciones que se manejan en la literatura siempre describen los estados evolutivos en terminos de la temperatura y entender porque aumenta el tamaño o disminuye está relacionado con la presión.

3.2.4. Magnitud aparente y absoluta:

Esta sesión se diseña para introducir conceptos que se encuentran en los libros de texto que trabajan alrededor de la astronomía, conceptos como magnitud aparente y absoluta,

brillo y luminosidad, Las actividades que se desarrollan son una adaptación del artículo vida de las estrellas (Costa, A., García, B., Moreno, R., Ros R. 2015). Se consideran pertinentes estas actividades ya que proponen un experimento fácil de desarrollar y muy interesante, que se articula con una parte teórica, la ecuación que relaciona la luminosidad y el brillo o la ecuación de magnitud aparente y absoluta son sencillas de solucionar, en la primera actividad se notó que incorporar un ejercicio práctico a la experiencia fue interesante porque algunos estudiantes presentan dificultades en el desarrollo de este tipo de actividades.

Esta sesión acaba con un ejercicio sencillo de clasificación de estrellas, este tipo de ejercicios se pueden realizar sin instrumentos, es decir a ojo desnudo en ambientes donde las condiciones lo permiten, en Bogotá no se dan estas condiciones es por eso que se recurre a una imagen.

3.2.5. Evolución del Sol:

Esta actividad se plantea con la estrategia de grupos de investigación, se divide a los estudiantes en grupos para que cada grupo se apropie de la explicación de algún estadio evolutivo, en las sesiones anteriores se aportó herramientas conceptuales para que los estudiantes puedan realizar la lectura del libro de texto sugerido que es evolución estelar (Meadows, 1987).

El docente debe orientar a los grupos porque no siempre se asimilan los conceptos al nivel esperado, dentro del texto se encuentra conceptos que no son familiares para todos los estudiantes, es por eso que el docente debe hacer un acompañamiento de la planeación de las exposiciones de los estudiantes.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACION

Inicialmente se plantearon unas actividades base, entendiendo la estrategia de aprendizaje colaborativo existía la posibilidad de cambiar las actividades y agregar alguna si se veía necesario, aunque por problemas en el calendario de la universidad pedagógica, no se pudo hacer este tipo de cambios, entonces se desarrollaron las actividades en el corto tiempo con el que se contó.

La primera actividad busca que los estudiantes se relacionen con el concepto de presión, un concepto muy importante para entender la estructura de las estrellas, el propósito del módulo de enseñanza es que los estudiantes logren relacionar algunas cualidades del concepto, es por eso que no se hizo un desarrollo detallado del concepto ya que requiere de conocimientos avanzados, se considera que para esta primera sesión los estudiantes deben lograr reconocer la relación que existe entre presión, fuerza y unidad de área.

Esta actividad se desarrolló en 2 horas inicialmente se hizo una introducción al tema discutiendo con los estudiantes las cualidades de los zapatos, se habló de los diferentes tipos de zapatos que encontramos se hizo hincapié en el caso de los deportistas ya que los zapatos que utilizan tienen diferentes formas para mejorar su desempeño, en esta parte introductoria se utilizaron los primeros 15 minutos de la sesión.

Se procedió a dar las instrucciones para la elaboración de la siguiente actividad que se encuentra descrita en el módulo de enseñanza, se formaron 4 grupos de trabajo, los estudiantes fueron muy receptivos y desarrollaron la actividad, esto tardó al menos 45 minutos, en este tiempo se pudo interactuar con los estudiantes resolviendo dudas acerca de lo que estaba sucediendo, para este momento ya se notaba en los estudiantes la necesidad de utilizar la palabra presión para responder a lo que observaban en la actividad, el uso de esta palabra se hacía sin rigurosidad y cuando se le preguntaba a los estudiantes ¿Qué es presión? En muchos casos la respuesta era es una fuerza.

La actividad continuaba con la construcción de una tabla de datos en la cual los estudiantes depositaron la información recogida, para que la actividad fuera provechosa se hizo un alto en las actividades y se indago con el grupo completo acerca del concepto de presión, como se señaló anteriormente algunas de las respuestas de los estudiantes indicaban que la presión era una fuerza, esta idea estaba muy ligada en el imaginario de los estudiantes, fue complicado hacer la distinción de los conceptos, uno de los estudiantes respondió hablando de la ecuación de fuerza por unidad de área, entonces se les presento la ecuación a todo el grupo, se indicó como se utilizaría para el trabajo y se dio una explicación acerca del concepto, también se le dio al grupo las instrucciones para la siguiente actividad, donde ellos construían un experimento que relacionara las variables, en el desarrollo de las actividades se observó que en la mayoría de los grupos el trabajo era colaborativo porque se involucraban todos los miembros del grupo discutiendo sus ideas.

Personaje	Fuerza	Área cm ²	Profundidad	Presión
Miguel	680 N	219 cm ²	4,5 cm	3,11 $\frac{N}{cm^2}$
Diego	620 N	213 cm ²	5,5 cm	2,91 $\frac{N}{cm^2}$
Nidia	550 N	108 cm ²	4 cm	5,10 $\frac{N}{cm^2}$
Andrea	560 N	153 cm ²	4,5 cm	3,66 $\frac{N}{cm^2}$

Figura 5. Tabla de presión

La impresión de esta actividad fue buena por el trabajo que desarrollaron los estudiantes, se observó que las actividades se desarrollaban con la participación activa de los integrantes de los grupos, esto es muy importante porque nos dice que la actividad es acorde con la metodología que se decidió utilizar.

Se observaron dificultades para que los estudiantes hicieran una buena descripción de lo que es la presión, anteriormente se señaló que es un grupo muy diverso y es de esperar que no sea fácil hacer una descripción de cualquier concepto con precisión, la relación de fuerza

presión y superficie de área fue asimilada por la mayoría del grupo, en el pos-test se observa un alto porcentaje de respuestas correctas en la primera pregunta, en el final de la actividad algunos estudiantes se preguntaban por las diferencias entre fuerza y presión.

El inicio de la segunda sesión se replanteo en función de las necesidades de los estudiantes, ya que en la última sesión no se alcanzaron los objetivos planeados porque no hay claridad acerca del concepto de presión, se utilizaron los primeros 15 minutos de esta sesión para aclarar los conceptos, se explicaron las diferencias entre fuerza y presión, utilizando la ecuación se completó la explicación, teniendo en cuenta que en esta sesión se desarrollarían otras actividades.

Luego se realizó la introducción planeada para esta sesión, se les explico a los estudiantes en qué consistía la actividad, se pidió que hicieran grupos de trabajo y se hizo entrega de los materiales.

Las actividades de esta sesión son un conjunto de experimentos es por eso que las guías de trabajo que se usaron en su mayoría estaban compuestas de preguntas, la primera actividad se desarrolló con mucho interés por parte del grupo, el experimento era muy sencillo pero cautivo la atención de los estudiantes, en casi todos los grupos los estudiantes usaron los materiales para elaborar sus propios experimentos, también propusieron experimentos mentales, por ejemplo se preguntaban qué pasa si se abre un agujero a un vaso cerrado en el espacio, esto habla del trabajo autónomo de los estudiantes, el desarrollo de esta actividad duro una hora.

En la segunda parte se presentó al grupo el segundo experimento, se explicó al grupo el funcionamiento del generador de vapor y se les pidió que respondieran las preguntas del taller, para dar respuesta a las preguntas de las guías se notó un poco de dificultad, fue necesario orientar las discusiones que se llevaban a cabo en cada uno de los grupos, pero nunca se intervino en las respuestas que se proponían, esta parte requirió de 45 minutos de la sesión.

TALLER NO 1

Nombres: Fabian Aroca, Jerson Zaque, Isabel Sanchez.
 Transfórmese: Química
 Semestres cursados: Quinto, Séptimo

Presión en un fluido

¿Porque el agua del vaso sale horizontalmente?, si la única fuerza que se está ejerciendo sobre el agua es la fuerza de la gravedad

Porque existe una fuerza que impulsa las partículas fuera del vaso a través del orificio en la dirección del mismo

Presión en un gas con el generador de vapor

Realiza un diagrama que explique lo que sucedió en el experimento del generador de vapor

① Estado líquido

② cambio de estado o fase

Agua fría

③ cambio brusco de temperatura

① A temperatura ambiente (20°C) se encuentra el agua en estado líquido.

② cuando se inicia el aumento de temperatura el agua empieza a hervir sus fuerzas intermoleculares y algunas moléculas del agua cambian a estado gaseoso y llegan al globo.

figura 6. Diagrama de generador de vapor.

En la última sección de trabajo los grupos no tuvieron mucho tiempo para responder las preguntas del taller, pero lo intentaron, aunque en casi todos los grupos no había dominio del tema, al igual que en la anterior actividad se orientaron las discusiones con preguntas, sin intervenir en las respuestas que los grupos consignaron en las guías de trabajo.

De esta sesión se concluye que la actividad del vaso atrajo la atención de los estudiantes tanto así que ellos desarrollaron experimentos por su cuenta, la primera y la segunda actividad involucraron a los miembros de los grupos para discutir acerca de las respuestas,

en los grupo se notó realmente un trabajo en equipo para construir la mejor explicación posible de lo que sucedía.

La tercera sesión se inició haciendo una discusión de cierre de la actividad anterior, dado que el tiempo no alcanzo en la última sesión, se retomó el tema de la presión, en su mayoría los estudiantes adaptaron algunos elementos del concepto de presión, además se notó que relacionaron la presión con la temperatura, algo muy importante para la última sesión.

Para dar inicio a la sesión los estudiantes empezaron a elaborar los materiales, hubo un problema y fue que no contaban con todos los materiales que necesitaban, el principal problema se dio porque los grupos no consiguieron las linternas, se decidió proseguir con la actividad haciendo uso de las linternas de los celulares, ya que los estudiantes no conocían las especificaciones de las linternas no se podía saber la luminosidad de las linternas, para sobre llevar eso se les indico que llenaran la guía como si tuvieran una lámpara de 200 watts, en el desarrollo de la actividad se vio el interés de los estudiantes hacia el trabajo, propusieron otros experimentos, para que el grupo pudiera llenar todos los datos de la guía se explicó la ecuación y se hizo un ejercicio de muestra.

Para continuar con la segunda parte de la sesión se explicaron dos conceptos, magnitud aparente y absoluta, además de la ecuación que las relaciona, esta explicación fue un poco demorada porque se notó que algunos grupos no entendían el concepto, existía dificultad para diferenciar entre los dos conceptos, se habló de Hiparco y la clasificación que el propuso, al final la mayoría de los estudiantes habían asimilado los dos conceptos, se aprovechó para dar instrucciones de la última actividad y también se habló de la última sesión de trabajo, en la que ellos debían preparar una exposición haciendo uso del libro de A.J Meadows evolución estelar.

Taller No 2

Nombres: EDUARDO FERRAZULLA, ANDRÉS PULGARIN, DANIEL ROSAS
 Licenciaturas: UC MUSICA, UC FISICA, UC ELECTRONICA
 del curso: 8, 2, 4
4, 2, 7

Brillo en las estrellas, magnitud absoluta y aparente

Distancia entre las cartulinas	Luminosidad	Área aparente	Brillo
10 cm	220 W	0,19 m ²	540,34
20 cm	220 W	0,56 m ²	55,82
30 cm	220 W	1,32 m ²	3,42

Ecuación 1

$$B = \frac{L}{4\pi D^2}$$

Teniendo en cuenta el experimento explica porque las estrellas se ven algunas más brillantes que otras.

DESDE EL EXPERIMENTO, OPINAMOS QUE LAS ESTRELLAS MAS BRILLANTES SON LAS QUE SE ENCUENTRAN MAS CERCA A LA TIERRA Y LAS MAS BRILLANTES SON LAS QUE (TODAS) LAS ALTURAS, PERO LAS MAS ALTAS (MAS) HAY DE AREA (MAS) LA LUMINOSIDAD LAS MAS CERCA (MAS) TIENEN MAS AREA DE LUMINOSIDAD.

- Porque las estrellas tienen diferentes luminosidad y distancia.

¿Por qué de día no podemos observar las estrellas?

PORQUE EL SOL NOS BRILLO DIRECTAMENTE Y NO PODEMOS OBSERVAR LA LUMINOSIDAD DE LAS ESTRELLAS.

Porque la distancia de las estrellas es mayor a la distancia del sol. Así el brillo del sol es mayor y por tanto observamos el brillo de las estrellas.

figura 7. Evidencia sesión 4

La sesión cuatro dejó varias impresiones, la primera es que se pueden replantear la primera actividad para que no suceda el problema de que los estudiantes no tengan los materiales, en especial conseguir una lámpara con un voltaje específico puede resultar difícil para los estudiantes conseguirla, si bien el primer experimento es muy disiente en cuanto a lo que sucede cuando se cambia la distancia entre las cartulinas existe un problema que es introducir los conceptos de brillo y luminosidad para hacer referencia al experimento es muy útil para señalar la diferencia, en la sección de magnitud aparente y absoluta también

se puede hacer referencia al primer experimento para lograr que los estudiantes asimilen mejor estos conceptos nuevos.

Para la cuarta sesión se planeó para llevar a cabo las exposiciones pero los estudiantes no habían preparado el tema que les correspondía, fue necesario replantear la actividad, se les pidió que se ubicaran en los grupos de trabajo y prepararan el tema que les correspondía, en muchos casos los estudiantes no habían realizado la lectura, en algunos casos no tenían claro algunos conceptos, en casi todos los grupos fue necesario hablar del diagrama H-R, porque nunca se les presentó a los estudiantes y tenían muchas dudas acerca de eso, en la lectura habían muchas referencias alrededor de esto y se hizo la explicación de cómo funcionaba, para dar explicación a ciertas fases evolutivas se les sugirió a los estudiantes que pensarán en el experimento del generador de vapor, este experimento hacía una muy buena analogía con lo que sucede en las estrellas.

El desarrollo de esta sesión estaba planeado para desarrollarse en dos horas, pero dado que no se pudo por los inconvenientes de preparación hubo la necesidad de tomar otras dos horas de trabajo unos días después.

Para realizar las exposiciones se les asignaron 15 minutos a los grupos, en muchos casos los grupos se extendieron, el trabajo fue enriquecedor porque se notó que los estudiantes habían adquirido un lenguaje diferente para hablar de los fenómenos utilizaron los conceptos que se encontraban en la guía, se notó que habían realizado una buena lectura del texto porque formulaban preguntas acerca de los temas que habían preparado.

Esta sesión deja ver que es necesario agregar una actividad para hablar del diagrama H-R, el experimento del generador de vapor es muy útil porque sirve de analogía, el texto describe las etapas con un lenguaje que resulta en algunos casos confuso para el estudiante, como sugerencia se puede agregar un pequeño diccionario de palabras claves que requieren los estudiantes para entender el texto sin la ayuda de un docente o utilizar otros textos complementarios.

4.2. COMPARACION DEL PRE-TEST Y EL POS-TEST

El Pre-test y el Pos-test contaron con las mismas preguntas (Ver anexo B), para poder hacer una análisis de las mismas categorías que anteriormente se expusieron, en la tabla 1 se muestran los resultados de las dos implementaciones del test.

Tabla 1. Resultados pre-test y pos-test

Ítem	Respuestas correctas		Promedio	
	pre test	pos-test	pre-test	pos-test
1	16	20	0,72	0,90
2	6	8	0,27	0,36
3	20	22	0,90	1
4	17	21	0,77	0,95
5	19	22	0,86	1
6	7	5	0,31	0,22
7	17	21	0,77	0,95
8	10	15	0,45	0,68
9	13	14	0,59	0,63
10	16	15	0,72	0,68
11	14	13	0,63	0,5
12	4	18	0,18	0,81

Los resultados del pre-test dan cuenta del estado inicial de los estudiantes y con base en los resultados se considero pertinente la realización de la unidad, por ejemplo en la pregunta 2 hay un bajo porcentaje de respuestas correctas, esto se debe a que es una pregunta que evalúa conocimientos avanzados y específicos asociados a la relación de la termodinámica y la presión. Las siguientes preguntas que indagan las características de las estrellas tienen en su mayoría un alto índice de respuestas correctas, la pregunta 6 indaga acerca del conocimiento de los estudiantes ante una clasificación propia de la astronomía y tiene un numero bajo de respuesta correctas.

En general se pudo determinar que la población sobre la que se aplico el test da cuenta de algunos conocimientos básicos de astronomía, pero esto se reduce a un grupo pequeño de estudiantes.

Los resultados del pos-test muestran un aumento en el número de respuestas correctas de casi todas las preguntas, solo en tres preguntas los resultados muestran una disminución de aciertos.

Durante la implementación del módulo, se hizo énfasis en el término de la presión, a ello se dedicó dos actividades, en la pregunta 1 que dentro del test es la que evalúa este ítem, se observa un aumento significativo.

Las preguntas 3,4, 5 y 9 en las cuales se evalúa un conocimiento básico de lo que es una estrella se encontraron resultados muy satisfactorios ya que los porcentajes de respuestas correctas son muy altas en los tres casos, esto nos indica que la mayoría de la población está en la capacidad de hacer una descripción básica de lo que es una estrella.

Cuando se indaga a los estudiantes acerca de la clasificación de las estrellas los resultados no son buenos, es importante resaltar que sobre este tema en particular no se realizó una actividad, es necesario agregar una actividad para explicar el diagrama H-R por que se notó esta deficiencia en la implementación.

La pregunta 10 también evalúa el conocimiento básico de una estrella, pero en esta se encontraron resultados de respuestas correctas muy bajos, al igual que en la pregunta 11, es una sorpresa porque estos temas fueron trabajados en el aula y se notaba que los estudiantes tenían dominio de ellos, la pregunta 11 cuestiona acerca de los elementos que se producen en la fusión del hidrogeno, este tema se trabajó en la última actividad, es necesario hacer más énfasis en el combustible del sol en cada una de sus etapas, se debe pensar estrategias para mejorar estos aspectos dentro del módulo de enseñanza.

En cuanto a las preguntas abiertas se eligen tres categorías para presentar los resultados , la primera (A) es para aquellos estudiantes que respondieron correctamente e hicieron uso de los conceptos tales como magnitud aparente, absoluta, brillo, flujo o que explicaron los estadios evolutivos de las estrellas con precisión, en una segunda (B) categoría los estudiantes que respondieron bien pero en sus explicaciones no utilizaron los conceptos que se trabajaron durante la sesiones de trabajo, en algunos casos sus respuestas son

correctas pero se limitaron a hacer una escueta descripción, la última categoría es para las respuestas erróneas (C).

Tabla 2. Respuestas de preguntas abiertas.

Categorías	pregunta 7		pregunta 8		pregunta 12	
	pre-test	pos-test	pre-test	pos-test	pre-test	pos-test
A	1	10	8	14	4	12
B	16	16	2	5	8	7
C	5	5	12	3	10	3

En la tabla 1 se resumen los resultados de los estudiantes en el pre-test y el pos-test como se observa en ella en el pre-test en las preguntas 7 y 8 hay un bajo nivel de aciertos porque evaluaban la capacidad argumentativa de los estudiantes, con la implementación del módulo se buscaba introducir conceptos nuevos a los estudiantes, en estas dos preguntas podemos observar que la mayoría de estudiantes utilizan los conceptos de brillo, luminosidad para construir sus respuestas, en otros casos responden sin utilizar estos conceptos pero sus respuestas también son correctas, la pregunta 9 tiene respuestas similares, se notó que puede ser conveniente reconstruir el test para dejar una sola de las preguntas.

La pregunta 12 es abierta, le pregunta a los estudiantes que es una enana blanca, las respuestas son muy buenas, son pocas las que son erróneas, en muchos casos hacen uso de los conceptos que se trabajaron durante todas las actividades

CONCLUSIONES

Con la implementación del módulo de enseñanza en los estudiantes del grupo de astronomía general fue posible identificar algunas dificultades que no les permitían realizar explicaciones alrededor de las fases evolución del Sol, las dificultades que son más comunes en los estudiantes fueron:

Primero se encontró que algunos estudiantes no reconocen el concepto de presión, es común que este concepto se confunda con el concepto de fuerza, superar esta dificultad requiere de experiencias que le permitan al estudiante identificar las diferencias entre los conceptos, para luego explicar su relación, entender el concepto de presión resulta importante para entender las explicaciones que se han construido de los cambios que suceden en las estrellas cuando atraviesan los diferentes estadios evolutivos.

En un segundo lugar se identificó que la mayoría de los estudiantes no reconocen los conceptos que comúnmente se utilizan en la astronomía, conceptos como magnitud aparente, magnitud absoluta, brillo, luminosidad. Es importante hacer énfasis en ellos porque son necesarios para entender cómo se identifican las diferentes estrellas.

En cuanto a la implementación de la unidad didáctica se encontró que cuenta con actividades que atraen la atención de los estudiantes, las actividades para estudiar la presión resultan efectivas y atrayentes para el estudiante sobre todo el generador de vapor que es útil para hacer analogías con los cambios de estructura dentro de la estrella, las actividades de la tercera sesión también se recomiendan porque con ellas se desarrollaron los conceptos fundamentales para entender entre otras cosas el diagrama H-R, la última actividad requiere ser replanteada porque se notaron dificultades en los estudiantes para entender todos los conceptos, si bien durante todas las actividades se vio el interés de los estudiantes por las actividades, aun así puede ser mejorada, se nota la falta de una actividad entorno al diagrama H-R, además actividades como la de la luminaria no aportan demasiado al trabajo.

La estrategia de grupos de investigación resulta ser efectiva y en este grupo de personas con intereses en diferentes campos del conocimiento resultó ser muy efectiva a la hora de diseñar y de realizar las actividades.

Los resultados obtenidos en la comparación del pre-test y el pos-test muestran una mejora significativa el porcentaje de respuesta correctas en el pre-test es de 0,6022, mientras que en el pos-test es de 0,7348, esto quiere decir que el módulo de enseñanza tiene un efecto positivo sobre los estudiantes.

Para medir que tan importante fue ese efecto en los estudiantes se halló el factor de Hake, esto se hace comparando los resultados del pre-test y pos-test, el valor hallado es de $g = 0.33$, este valor se encuentra en la zona de ganancia media (Giraldo, 2012)

El uso de la estrategia de aprendizaje colaborativo requiere de flexibilidad en cuanto a las actividades que se realizan y en cuanto al tiempo que se programa para llevar a cabo la implementación, el tiempo con el que se contó para realizar esta implementación fue corto y le quitó efectividad a la implementación.

Lista de referencias

Audouze, J. (1983). *Astrofísica: recopilación de artículos de La Recherche*. España: Fontalba

Battaner, E. (1999). *Introducción a la Astrofísica*. España: Alianza Editorial, S.A.

Bisquerra, A., Dorio, I., Gómez, J., Latorre, A., Martínez, F., Massot, I... & Vilá, R. (2004). *Metodología de la Investigación Educativa*. España : LA MURALLA, S.A.

Carroll, B., Ostlie, D. (2007). *An Introduction to modern Astrophysics*. Michigan: Pearson Addison-Wesley.

Costa, A., García, B., Moreno, R., Ros R. (2015). *Vida de las estrellas*. Red para la educación astronómica en la escuela, NASE & Unión astronómica Nacional, UAL *14 pasos hacia el universo, curso de astronomía para profesores y posgrados de ciencias* Rosa M. Ros y Beatriz García (Ed)(segunda ed). UE. Recuperado el 10 de octubre de 2017, de http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/cursos/formato/materiales/libro/libro_14_pasos_final.pdf

De Greve, J. (2010). *Astronomy Education: Research Paving the Road to Enthusiasm for Study Science*. Recuperado el 13 de septiembre 2017, de Cambridge Sitio web: https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridgecore/content/view/BA9A43EBF4B4AC39CF028840C6AA6965/S1743921311022794a.pdf/astronomy_education_research_paving_the_road_to_enthusiasm_for_studying_science.pdf

Fernández, E. (s.f.) *El trabajo en equipo mediante el aprendizaje cooperativo*. recuperado el 25 de septiembre de 2017, de: [http://calidad.ugr.es/tutoria/materiales_asistentes/aprendizaje-cooperativo-en-grupos/!](http://calidad.ugr.es/tutoria/materiales_asistentes/aprendizaje-cooperativo-en-grupos/)

Gangui, A., Iglesias, M. & Quinteros, C. (s.f.) *Astronomía en la escuela: situación actual y perspectivas futuras*. Recuperado el 14 de febrero de 2017, de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART10_Vol9_N2.pdf

Giraldo, J. (2012), *enseñanza- aprendizaje bajo un enfoque constructivista de la cinemática lineal en su representación gráfica: ensayo en el grado X de la institución Feliz Henao Botero*. Recuperado el 18 de noviembre de 2017, de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/8146/1/71265532.2012.pdf>

Guasca, I., (2016). Estimación de la temperatura efectiva estelar de la estrella AB-Aurigae (AB AUR) tipo Herbig Ae/Be a partir de espectros adquiridos en Bogotá-Colombia. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Huerfano, A., (2013). *El Sol Como Estrella: Fuente de Energía para la Tierra. Implicaciones en la enseñanza, como una estrategia didáctica dirigida a estudiantes de grado cuarto*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Martinez, D. (2008). *La evolución estelar*. : Libros en red.

Mendoza, J. (2010). *Introducción a la astronomía y la astrofísica de la olimpiada nacional de astronomía en México*. Recuperado el 10 de noviembre de 2017 de <https://es.scribd.com/document/131471771/Introduccion-a-la-Astronomia-y-Astrofisica-de-Eduardo-Mendoza-Libro-de-Olimpiadas-de-Astronomia-de-Mexico-2013>

Meadows, A. J. (1987). *Evolución estelar* / A. J. Meadows; versión española de Robert Estalella Boadella. España: Editorial Reverté.

Ministerio de Educación Nacional (2006) Estándares básicos de competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanía recuperado el 13 de febrero de 2017, de:

https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf

Ortiz, L. (2015). *El Cielo en las Ciencias: enseñanza de la Astronomía en la escuela*. Grado Decimo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Pujolás, P.(2002). *El aprendizaje cooperativo algunas propuestas para organizar de forma cooperativa el aprendizaje en el aula*, recuperado el 15 de septiembre de 2017, de:

<http://www.ugr.es/~fjjrios/pce/media/7a-AprendizajeCooperativoAula.pdf>

Peña, C. (2013). *Estrategia didáctica para estima los tamaños y distancia de separación del Sistema Sol-Tierra-Luna*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Percy, J., (2015). *Evolución de las estrellas*. Red para la educación astronómica en la escuela, NASE & Unión astronómica Nacional, UAL *14 pasos hacia el universo, curso de astronomía para profesores y posgrados de ciencias* Rosa M. Ros y Beatriz García (Ed)(segunda ed). UE. Recuperado el 10 de octubre de 2017, de http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/cursos/formato/materiales/libro/libro_14_pasos_final.pdf

Polanco, Y., (2017). *Enseñanza de astronomía estelar a docentes en formación en ciencias naturales*. Santiago de Cali: Universidad del valle.

S.J. Arthur. (2012). *Astrofísica Estelar*. Recuperado el 1 de noviembre de 2017, de Centro de Radioastronomía y Astrofísica, UNAM Sitio web: <http://www.crya.unam.mx/~jane/ASTROFISICA/ESTwmk.pdf>

Solbes, J., Palomar, R. (2013). *Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria*. Recuperado el 5 de enero de 2017, de Sociedade Brasileira de Fisica Sitio web: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n1/v35n1a16.pdf>

Tarquino, E. (2016). *Desarrollo de procesos de investigación en la escuela a partir de la Astronomía*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Apéndice A: módulo de enseñanza



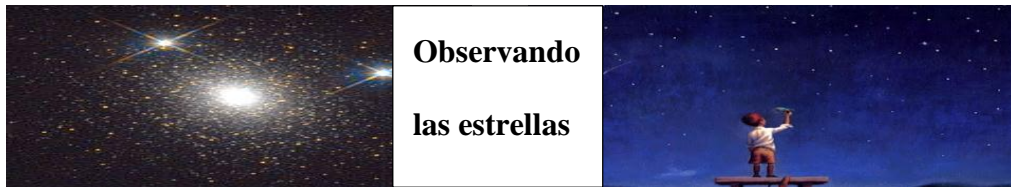
MODULO DE ENSEÑANZA

OBSERVANDO LAS ESTRELLAS

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	4
SESION 1 Estudio de la presión	5
1.1 Actividad 1 Caminando y presionando	5
SESION 2 presión en fluidos	7
2.1 Actividad 1 Observando y Jugando con agua	7
2.2 Actividad 2 Generando ideas	8
2.3 Actividad 3 Relacionando gases y luces	10
SESION 3 Magnitud aparente y absoluta.....	12
3.1 Actividad 1 Color y brillo desde un punto del infinito	12
3.2 Actividad 2 Analiza, calcula y opera	14
3.3 Actividad 3 Comparando imágenes	15
SESION 4 Evolución estelar	18

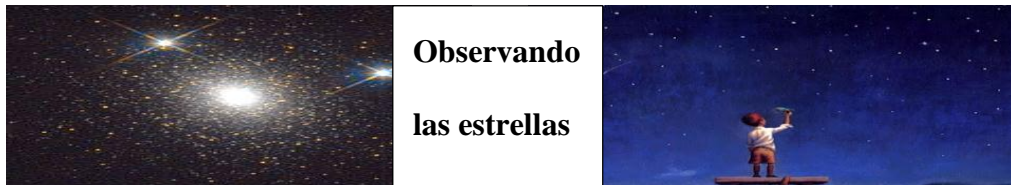
	59
4.1 Actividad 1 Evolución estelar	
18	
BIBLIOGRAFIA	19



PRESENTACIÓN

Este módulo de enseñanza se construyó pensando en la necesidad que surge en los estudiantes por explorar las estrellas, algo común en niños y adultos que quieren conocer algo más acerca de esas luces que nos acompañan todas las noches.

En este trabajo encontraras actividades que te permitirán acceder al mundo de las estrellas con materiales que están a tus manos.



SESION 1: Estudio de la presión

Esta sesión comprende 1 actividad de 2 horas de duración donde abordaremos el concepto de presión, como la relación que existe entre la presión, fuerza y la unidad de área en un sólido.

1.1 Actividad 1. Caminando y presionando

La actividad propuesta a continuación nos permitirá observar una característica de nuestros zapatos, que nos ayudara a dar respuesta a las preguntas que se formularan más adelante en esta sesión y nos llevara a hablar de un concepto y es la presión, en la cotidianidad podemos observar el uso de la presión en muchas maquinas, como los automóviles y los zapatos responden a este principio de la física.

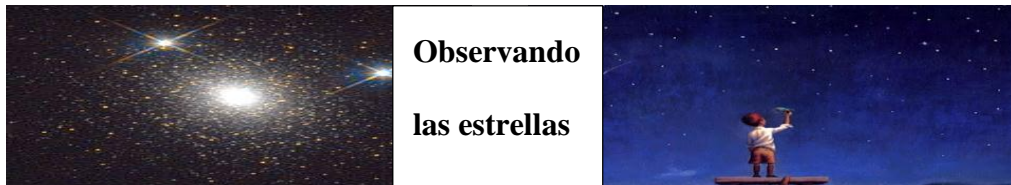
Temática: Presión**Materiales:**

- Espuma
- Marcadores
- Cinta métrica o regla
- Zapatos





 ¿Sabes por qué?

- ¿Los jugadores de fútbol utilizan guayos?, Existen diferentes tipos de zapatos utilizados en los deportes, ¿Qué clase de zapatos conoces?
- ¿Por qué estos zapatos se diseñan de diferentes formas?



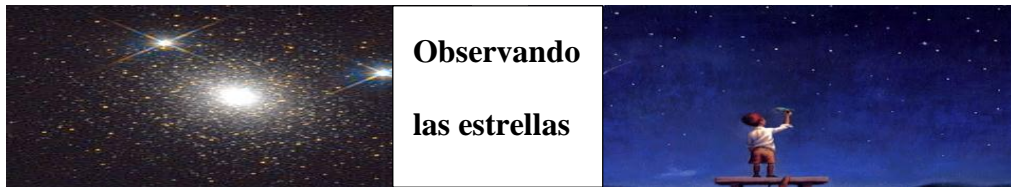
Procedimiento:

- Conformar grupos de trabajo de trabajo. 
- Cada grupo de trabajo escogerá dos integrantes con diferente peso. 
- Las dos personas escogidas se subirán al bloque de espuma que está dispuesto para el experimento, una después de la otra, registrando así cada uno una pisada.
- Cada grupo deberá identificar las diferencias que se observan entre las dos pisadas, proponer una explicación a ello.
- A continuación los integrantes de cada grupo identificarán dos cosas en el experimento, ¿cuánta **fuerza** se ejerce sobre el bloque? y ¿Cuál es la superficie de contacto (el **área** del zapato)?, con esos dos datos puede hacer uso de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1) \quad \text{para determinar la } \mathbf{presión} \text{ que se ejerce sobre el bloque.}$$

- Los datos obtenidos deberán registrarse en el siguiente cuadro:



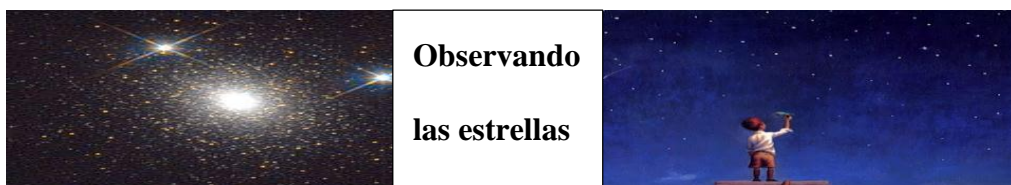


Área	Fuerza	Presión

EXPERIMENTAR



Es hora de ser creativo, hay otras actividades que también puedes hacer como escoger a dos personas con la misma talla de zapatos pero con diferente peso, o escoger dos personas con diferente talla de zapato y un peso parecido, el objetivo es que modifiques el experimento con creatividad y utilices la ecuación propuesta para hallar diferentes presiones.



Sesión 2. La presión en los fluidos

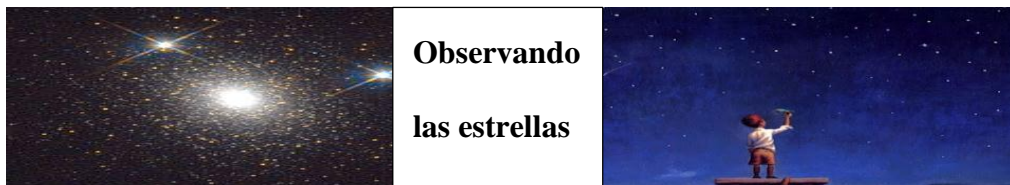
En la actividad anterior hablamos de la presión, pero este concepto es muy amplio, veamos más características pero en otros materiales

2.1 Actividad 1. Jugando con agua

Temática: Presión de un fluido

Materiales:

- Vaso plástico
- Recipiente con agua
- Puntilla o aguja
- Toalla o trozo de tela absorbente



Procedimiento:

- Continuando con los grupos de trabajo conformados en la sesión 2, se procederá a abrir un orificio al vaso ayudados por la puntilla o aguja.
- Llenar el vaso con agua, teniendo cuidado que el agua que sale caiga en la toalla o trozo de tela.
- Observar lo que ocurre durante el desarrollo del experimento.

🤔 PIENSA Y RESUELVE 😊



¿Porque el agua del vaso sale horizontalmente?, si la única fuerza que se está ejerciendo sobre el agua es la fuerza de la gravedad



**Observando
las estrellas**



EXPERIMENTANDO



Es una excelente oportunidad para que a partir de la actividad que acabas de realizar, de las observaciones que hiciste y utilizando los mismos materiales, crees tus propios experimentos los resultados te sorprenderán.



2.2 Actividad 2. Generando ideas

Temática: Presión hidrostática

Materiales:

- Generador de vapor
- Globos
- Recipiente con agua



Procedimiento:

- Conformar grupos de trabajo
- Llenar con agua el compartimiento del generador de vapor destinado para tal fin
- Introducir en la boquilla del globo el extremo de la manguera que se encuentra en el generador de vapor por donde saldrá el vapor de agua.
- Encender el generador de vapor
- Observar lo que ocurre con el globo a medida que la temperatura del agua aumenta
- Después de 10 minutos apagar y desconectar el generador de vapor, y verter agua a temperatura ambiente sobre el sistema (depósito de agua caliente, manguera) y observar los cambios que suceden.





¡Ahora!!

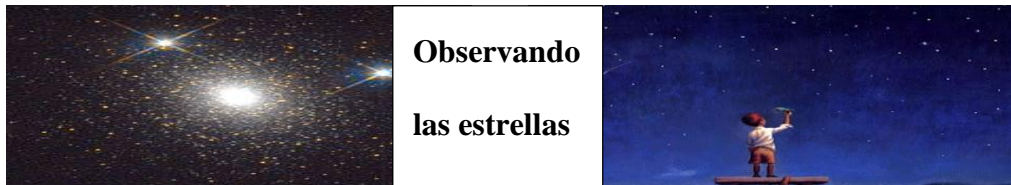
Realiza un diagrama que explique lo que sucedió en el experimento del generador de vapor

--



¿Qué sucedería si toda el agua del recipiente se evapora?

--



2.3 Actividad 3 Relacionado luces y gases

Temática: Luminaria fluorescente

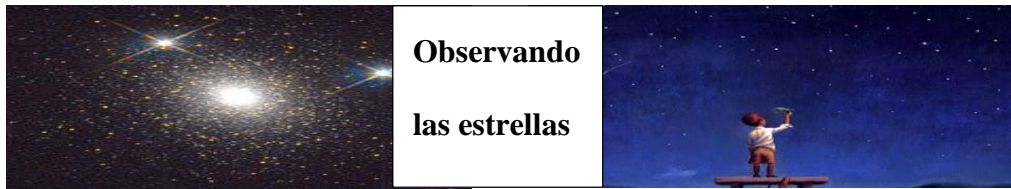
Materiales:

- **Luminaria fluorescente o bombillo ahorrador**



OBSERVA Cuidadosamente un bombillo ahorrador y piensa

como surge la luz.



SESION 3 Magnitud aparente y absoluta

En la astronomía hay dos conceptos muy importantes, la magnitud aparente y absoluta, para entender porque las estrellas en el cielo nocturno se ven de diferentes tamaños, se debe hablar de estas magnitudes, los diferentes tamaños que observamos en las estrellas se deben a dos razones, la primera y la más obvia es que no todas comparten el mismo tamaño, la segunda cosa a tener en cuenta y que es menos evidente es la distancia a la que se encuentra la estrella desde la tierra, la luz que se emite desde un foco emisor como las estrellas se hace más débil a medida de que el observador se aleje de la fuente, el propósito de esta actividad es hablar de ello, en la astronomía la magnitud aparente es la medida del brillo de una estrella, cuando se observa desde la tierra, pero esta medición si bien ayuda no es del todo real por la explicación que ya se dio, entonces se propone otra característica que nos habla de las estrellas, se conoce como magnitud absoluta, es la medida del brillo que se obtendría de una estrella que se encuentre a 10 p

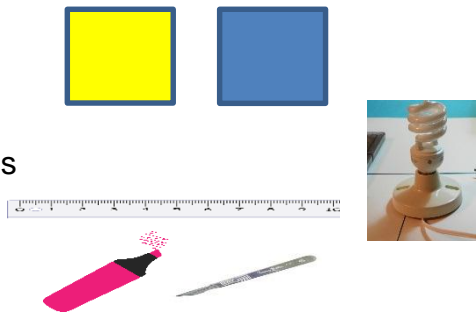
3.1 Actividad 1 Color y brillo desde un punto del infinito

La actividad consiste en utilizar las cartulinas para recrear lo que sucede con las estrellas, para ello la cartulina 1 sirve para ejemplificar una estrella y la cartulina 2 a la tierra, con ello el estudiante puede observar como la luz se distribuye y como aumenta o disminuye la intensidad con la que incide sobre la cartulina.

Temática: Características de las estrellas

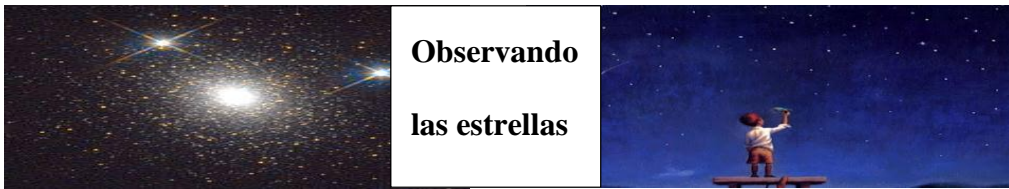
Materiales:

- Cartulina 2 octavos
- Regla
- Marcadores
- Bisturí o tijeras
- Lámpara



¿Sabes porque?:

- Durante el día no observamos las estrellas
- Algunas estrellas son más grandes que otras.



Procedimiento:

- Conformar grupos de trabajo de 3 personas
- Tomar los dos octavos de cartulina, a un octavo lo llamen cartulina 1, y en ella en el centro dibujar un cuadrado de 2x2 centímetros, a continuación con la ayuda del bisturí recortar el cuadrado para obtener una abertura.
- Ahora denominar el otro octavo de cartulina como cartulina 2 y en ella trazar una cuadrícula de 2x2 centímetros.
- Colocar la lámpara encendida a 5 centímetros de la cartulina 1, con el fin que cierta cantidad de luz pase a través de la abertura. Esta distancia no puede variar durante todo el transcurso de la actividad.
- La cartulina 2 se debe colocar paralela a la cartulina 1 pero a diferentes distancias de esta, así: 10, 20 y 30 centímetros.
- Medir la proyección de la luz sobre la cartulina 2 para las diferentes distancias propuestas (10, 20 y 30 centímetros).
- Observar atentamente lo que sucede sobre la cartulina 2 cada vez que la distancia cambia.



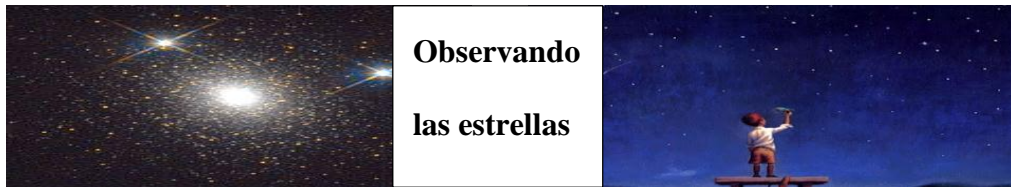
REFUERZA CONCEPTOS

Ten en cuenta: Ecuación $B = \frac{L}{4\pi D^2}$



Completa la información solicitada en la tabla con base en la actividad anterior

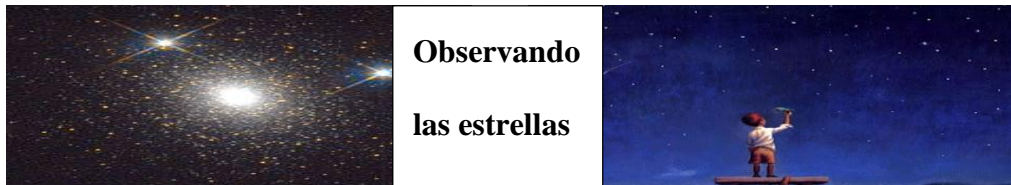
Distancia entre las cartulinas	Luminosidad	Área proyectada	Brillo
10 cm			
20 cm			
30 cm			



Analiza el experimento realizado durante la actividad y contesta:

Teniendo en cuenta el experimento explica porque las estrellas se ven algunas más brillantes que otras

¿Por qué de día no podemos observar las estrellas?



3.2 Actividad 2 Analiza, calcula y opera

Temática: Magnitud aparente y absoluta

Procedimiento:

➤ Ten en cuenta: Ecuación $\Rightarrow M = m - 5 \log d + 5$



Y completa la información solicitada en la tabla

Objeto	Magnitud aparente	Distancia	Magnitud absoluta
Sol	-26,8	4.84 pc	
Luna llena	-12,6	$1,24 \times 10^{-14}$ pc	
Venus	-4,4	$1,29 \times 10^{-9}$ pc	
Marte	-2,8	$7,29 \times 10^{-9}$ pc	

3.3 Actividad 3 Comparando imágenes **Clasificación estelar**

Esta es una actividad de observación, que en su desarrollo puede tener algunos contratiempos, dado que depende del clima y la contaminación lumínica del lugar donde se realice la observación, como alternativa en caso de que no se pueda realizar de manera directa, se propone hacer uso de dos imágenes, con estas imágenes puedes realizar la actividad y así poder identificar características de las estrellas como color y tamaño y reconocer al sol como una estrella.

Temática: Características de las estrellas perceptibles a simple vista

Materiales:

- Escala de colores y tamaños (figura 1).
- Imagen de la constelación de Orión y Escorpio (figura 2).








SÍMBOLOS		TIPO	COLOR	TEMPERATURA (°C)
●	Negativa	O		30.000
●	Primera	B		20.000
●	Segunda	A		10.000
•	Tercera	F		7.000
•	Cuarta	G		6.000
•	Quinta	K		4.000
•		M		3.000

Figura 1. Catálogo de brillo y color

Anónimo (s, f).



Figura 2. Imagen de la izquierda constelación de Orión, imagen de la derecha constelación de escorpio

Imagen de la izquierda Matthew Spinelli (2003) imagen de la izquierda anónimo (s, f)

Sabes porque: ¿La luz de algunas estrellas titila?



Sabes sí: ¿Hay noches que son más propicias para observar las estrellas?

¿Las estrellas tienen el mismo color?

¿Las estrellas son todas iguales?

Procedimiento:

- Debes observar el cielo nocturno, posterior a ello esperar a que salgan las constelaciones de Orión y Escorpio.
- Una vez identificadas las constelaciones debes clasificar cada una de las estrellas que componen la constelación haciendo uso de la escala de colores y tamaños (figura 1).
- Si no fue posible ver las constelaciones, utiliza las dos imágenes entregadas (figura 2), y con ellas puedes continuar con la actividad.

¡AHORA VAMOS A CLASIFICARLAS!!

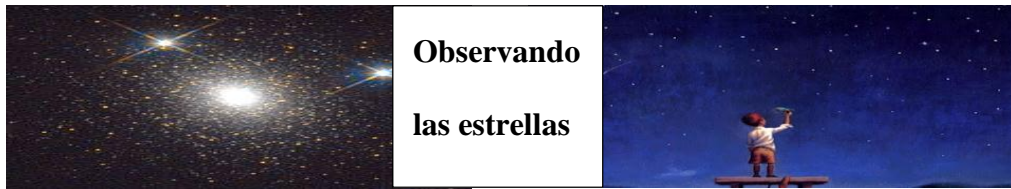


Completa la información solicitada la tabla

Nombre de la estrella	Color	Magnitud aparente



¿A qué se debe los diferentes colores de las estrellas?



SESION 4 Diagrama H-R

El diagrama H-R es pieza fundamental para la astronomía, su uso nos permite clasificar las estrellas de un cumulo, calcular la edad de un cumulo y a la hora de explicar el recorrido evolutivo de las estrellas será de mucha utilidad. En esta sesión realizaremos una introducción al funcionamiento de este diagrama.







4.1 Actividad 1 Clasificando las estrellas

Temática: Clasificación Espectral

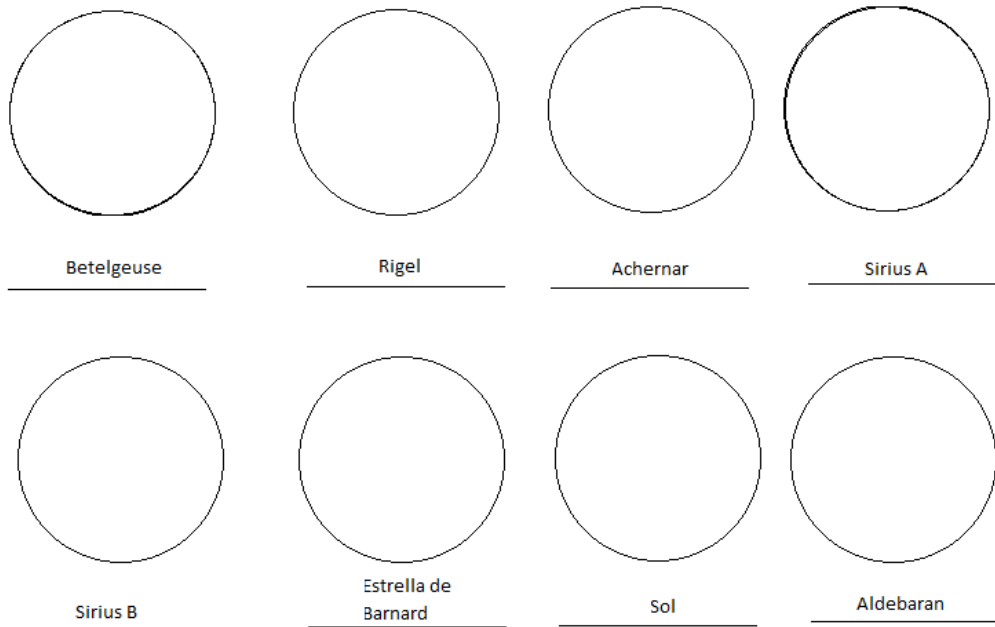
En la sesión anterior pudimos ver que las estrellas son muy diferentes entre sí, tienen diferentes tamaños y colores, antes vimos a que se debe el tamaño de las estrellas ahora es necesario hablar del color. Existe una relación entre la temperatura superficial de las estrellas y el color que emite, en la anterior sesión trabajamos con un tabla de clasificación, con ayuda de esta tabla clasificamos las estrellas.

La primera actividad consiste en utilizar los datos de temperatura de algunas estrellas para predecir el color que estas emiten.

Estrella	Temperatura (K)
Betelgeuse	3500
Rigel	11.500
Achernar	14.510
Sirius A	9.940
Sirius B	25.200
Estrella de Barnard	3.134
Sol	5.778
Aldebarán	4.010

SÍMBOLOS		
TIPO	COLOR	TEMPERATURA (°C)
O		30.000
B		20.000
A		10.000
F		7.000
G		6.000
K		4.000
M		3.000

Actividad: con ayuda de los datos y de la tabla de clasificación espectral, recrea el color que corresponde a cada una de las estrellas.

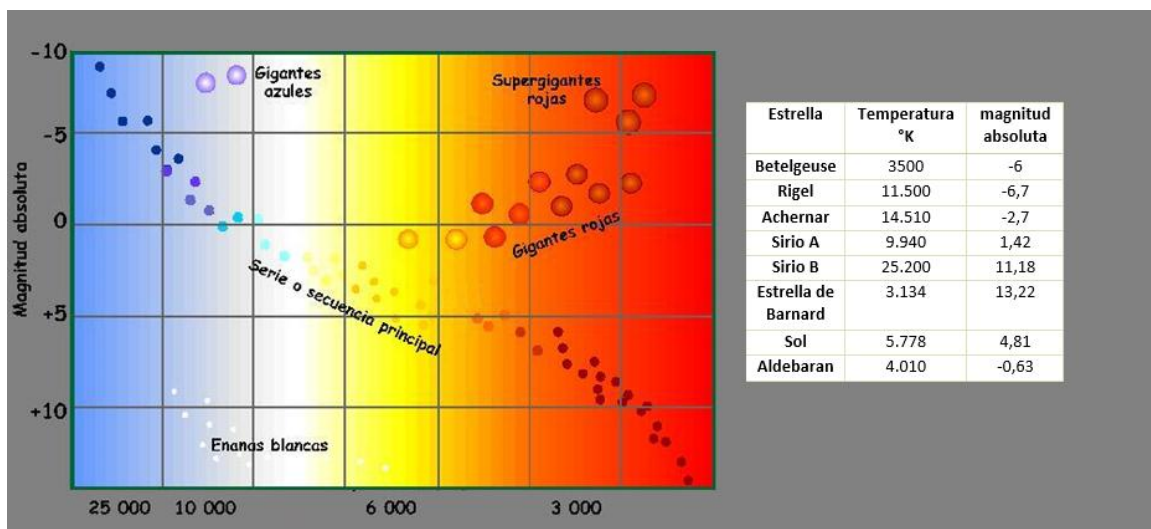


El diagrama H-R busca organizar las estrellas teniendo en cuenta dos cualidades principalmente, por un lado la temperatura o clasificación espectral,

este es el eje horizontal del diagrama y ubica de mayor a menor las temperaturas, en el eje vertical ubicaremos las estrellas dependiendo de su luminosidad o de su magnitud absoluta, el eje de la magnitud absoluta está ubicado al revés, es decir va de mayor a menor.

4.2. Actividad 2:

Haciendo uso del diagrama H-R y de la tabla de datos ubica las estrellas y determina a cuál de las categorías pertenece.



SESION 5 Evolución estelar

El propósito de esta sesión, es en primer lugar lograr el aprendizaje de conocimientos básicos sobre la evolución estelar, para luego enfocarse en el desarrollo de unas habilidades comunicativas, para lo cual se solicitara que los diferentes grupos, trabajando en colectivo presenten al resto de la clase su temática, haciendo uso de las herramientas que considere pertinentes como ilustraciones, animaciones, experimentos, lecturas.

5.1 Actividad 1 Construyendo conocimiento

Temática: Evolución estelar

Procedimiento:

- Conformar 4 grupos de estudiantes.
- Se planeará y desarrollará una presentación **escrita o en clase**, tomando como tema de la misma, la evolución estelar.
- Para elaborar tu exposición estas son las lecturas sugeridas: evolución estelar de A.J. Meadows.

Apéndice B. Pre-test y Pos-test

1. ¿Cuál de los bloques de madera (A) o (B) ejerce más presión sobre el suelo?
 - a. El bloque (A) ejerce más presión sobre el piso, porque tiene una superficie de contacto menor
 - b. El bloque (B) ejerce más presión sobre el piso, porque tiene una superficie de contacto mayor
 - c. Los dos bloques ejercen la misma presión sobre el piso, porque tienen el mismo peso
 - d. El bloque (A) ejerce más presión sobre el piso, porque tiene una superficie de contacto mayor



2. Cuando un cuerpo se calienta sufre muchas transformaciones, según tu experiencia previa ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?
 - a. Si es un fluido se expande, si es un sólido se derrite, pero no aumenta su volumen
 - b. Se contrae es decir su volumen se hace menor
 - c. Pierde sus cualidades eléctricas
 - d. Emite radiación visible
3. ¿Cuál de las siguientes respuestas define mejor ¿Qué es una estrella?
 - a. Es una enorme esfera de gas, compuesta principalmente por hidrogeno, muy caliente y brillante
 - b. Es una enorme esfera de fuego muy caliente y brillante
 - c. Cuerpo brillante que no brilla con luz propia
 - d. Cuerpo celeste que refleja la luz del sol

4. ¿el Sol es una estrella?
 - a. Sí, porque es una esfera de fuego que brilla con luz propia
 - b. Sí, porque es una esfera de gas que brilla con luz propia
 - c. No, porque es un cuerpo celeste que brilla en el firmamento
 - d. No, porque el sol es el sol.
5. ¿son de diferentes colores las estrellas?
 - a. No, las estrellas son solamente amarillas
 - b. Si, las estrellas pueden ser de cualquier color
 - c. Las estrellas son blancas
 - d. Las estrellas no tienen color
6. ¿Por qué lucen tan pequeñas las estrellas
 - a. Su magnitud, su tipo espectral, su clase de luminosidad y gravitación estelar
 - b. Su tipo espectral, su magnitud y su tamaño
 - c. Su clase de luminosidad, su magnitud, su tipo espectral y su distancia
 - d. Su campo magnético, su clase de luminosidad, su tipo espectral, su magnitud
7. Las estrellas que observamos en la noche son pequeñas luces, ¿Por qué lucen tan pequeñas las estrellas?
8. En la noche observamos estrellas de diferentes tamaños, algunas son notablemente más grandes que otras, ¿esto sucede porque?
9. ¿Existe alguna relación entre la temperatura de las estrellas y su color?
 - a. Sí, porque entre más caliente sea la estrella será de color azul y entre más fría será de color rojo.
 - b. Sí, porque entre más caliente sea la estrella será de color rojo y entre más fría será de color azul.
 - c. No, porque las estrellas pueden tomar cualquier color del espectro y cualquier temperatura sin que estos estén relacionados.

- d. No, porque las estrellas pueden tener cualquier temperatura y siempre serán blancas.
10. ¿Dónde nacen las estrellas?
- a. En nubes de gas y polvo
 - b. Cerca de los agujeros negros
 - c. En las explosiones de las supernovas
 - d. En cúmulos de materia oscura
11. El Sol consume un combustible que es el hidrógeno, a través del proceso de fusión ¿producto de ello se genera?
- a. Helio, Carbono y Oxígeno
 - b. Oro, Hierro y Plutonio
 - c. Enanas blancas y nebulosas planetarias.
 - d. Helio, fotones y algunas partículas elementales
12. ¿Qué es una Enana blanca?