

¿Clasificación estelar? Una propuesta de Gamificación para la construcción del Diagrama de Hertzsprung-Russell.

Jessica Julieth Restrepo Guarín

2020146044

Línea de Enseñanza de las Ciencias desde una Perspectiva Cultural

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá D.C

2024

¿Clasificación estelar? Una propuesta de Gamificación para la construcción del Diagrama de Hertzsprung-Russell.

Jessica Julieth Restrepo Guarín

2020146044

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Licenciado en Física

Director

Francisco Javier Orozco González

Docente Departamento de Física

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Facultad De Ciencia Y Tecnología

Departamento De Física

2024

***“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi completa autoría. En los casos en que he recurrido a las ideas, trabajos o investigaciones de otros autores, he otorgado los créditos correspondientes.”***

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a mis padres, Rosa Guarín y Luis Restrepo. Su amor incondicional, su guía y su apoyo constante han sido el pilar que me ha sostenido en cada paso de este camino.

Agradezco profundamente al profesor y asesor Francisco Orozco. Su sabiduría, creatividad y paciencia han sido fundamentales en todas las etapas de este proceso. Profesor, siempre llevaré en mi corazón sus enseñanzas y espero algún día ser una docente tan admirable como usted.

A mí misma, por mi esfuerzo y perseverancia. Mi pasión por la física ha sido la fuerza que me ha impulsado a no rendirme con el desarrollo de esta investigación con gran dedicación.

Finalmente, dedico este trabajo a la memoria de mi sobrino Edisson Moreno, esa estrella fugaz que continúa iluminando mi vida desde el cielo. Su recuerdo es una luz constante que me motiva a seguir adelante con todo mi esfuerzo y dedicación. Este trabajo es para él, mi querido Batman, con todo mi amor y gratitud.

## Tabla de contenidos.

Introducción.....	1
Capítulo I. Contexto problemático .....	4
1.1 Descripción del Problema y Justificación .....	4
1.2 Objetivos .....	8
1.2.1 Objetivo general: .....	8
1.2.2 Objetivos específicos: .....	8
1.3 Antecedentes: .....	8
Capítulo II. Aspectos Teóricos .....	11
2.1 Magnitud absoluta.....	12
2.2 Luminosidad.....	13
2.3 Temperatura Efectiva. ....	15
2.4 Clasificación de las estrellas: .....	17
2.4 Diagrama de clasificación estelar: Hertzsprung-Russell .....	19
Capítulo III: La Gamificación como estrategia metodológica.....	26
3.1 Actores principales de la gamificación: .....	29
3.2 Pasos del desarrollo de la gamificación:.....	30
3.3 Composición de la gamificación.....	30
3.4 Gamificación analógica .....	31
Capítulo IV: Propuesta de aula.....	32
3.5 Descripción del desarrollo de las intervenciones. ....	35
3.6 Análisis de la intervención:.....	45
3.6.1 Sesión 1: Acercamiento observacional de las estrellas. ....	46
3.6.2 Sesión 2: Relación entre temperatura y color, tamaño y luminosidad de una estrella. ....	47
3.6.3 Sesión 3: Elaboración del diagrama de clasificación estelar. ....	49
3.6.4 Sesión 4: Diagrama HR: ¡Stardust! Clasifica y conquista.....	52
Reflexiones finales .....	62
Referencias .....	64
Anexos .....	66

## Figuras:

<b>Figura 1</b> - <i>Diagrama de clasificación estelar de Hertzsprung-Russell.</i> .....	12
<b>Figura 2</b> - Magnitud de las estrellas.....	13
<b>Figura 3</b> - Radiación electromagnética.....	15
<b>Figura 4</b> – Gráfica de longitud de onda asociada a una temperatura específica, junto con la intensidad correspondiente.....	16
<b>Figura 5</b> - Grupo de mujeres conocido como “Las calculadoras de Harvard”.....	18
<b>Figura 6</b> – Diagrama de Hertzsprung (1905) y Russell (1913).. .....	20
<b>Figura 7</b> – Astrónomos <i>Hertzsprung</i> y <i>Russell</i> . .....	20
<b>Figura 8</b> – Diagrama de Hertzsprung-Russell (HR).....	21
<b>Figura 9</b> - Sistema en equilibrio entre la gravedad y la presión nuclear. ....	23
<b>Figura 10</b> – Diagrama HR que muestra la trayectoria evolutiva del Sol a través de las diferentes regiones, destacando su desplazamiento a lo largo de su ciclo de vida. ....	24
<b>Figura 11</b> - <i>Objetivos de la gamificación.</i> .....	27
<b>Figura 12</b> – Nombres de ellas ubicadas en tiempo real.....	36
<b>Figura 13</b> – Cartas de estrellas colocadas junto a los nombres de estrellas previamente asignados. ....	36
<b>Figura 14</b> – Radiómetro de Crookes.....	38
<b>Figura 15</b> – Estrellas clasificadas según el tipo espectral A, junto con las que los estudiantes consideraron pertenecientes a este tipo. ....	39
<b>Figura 16</b> – Estudiante realizando la guía de repaso. ....	40
<b>Figura 17</b> – Diagrama de clasificación estelar en construcción por el equipo las estrellas del infierno. ....	41
<b>Figura 18</b> – Estudiantes jugando Stardust.....	43
<b>Figura 19</b> – Diseño del juego Stardust, con sus dos tableros para cada jugador, su mazo de cartas de preguntas junto a su oráculo.....	44
<b>Figura 20</b> – Carta de la estrella Próxima Centauro. ....	44
<b>Figura 21</b> – Mazo de estrellas asignado a los jugadores, con imágenes generadas mediante IA. ....	45
<b>Figura 22</b> – Onda de frecuencia alta y baja.....	48
<b>Figura 23</b> - Luminosidad entre el Sol y Sirius A.....	51
<b>Figura 24</b> - Gamificación en Educaplay para repasar elementos que clasifican las estrellas.....	52
<b>Figura 25.</b> Diagrama de clasificación estelar “El show de las estrellas del infierno”. ....	54
<b>Figura 26</b> - Diagrama de clasificación estelar “Los polvitos mágicos cósmicos” .....	56
<b>Figura 27</b> - Diagrama H-R versión gamificada por Stardust. ....	57
<b>Figura 28</b> - Stardust en el 12° Congreso de la Enseñanza de la Física y la Astronomía.....	60

### **Tablas:**

<b>Tabla 1</b> - Antecedentes para la investigación. ....	9
<b>Tabla 2</b> - Magnitud absoluta de algunas estrellas. ....	13
<b>Tabla 3</b> - Tipo espectral de las estrellas. ....	18
<b>Tabla 4</b> - Clase de las estrellas de acuerdo con su luminosidad. ....	19
<b>Tabla 5</b> – Fases evolutivas de las estrellas dependiendo de su masa. ....	24
<b>Tabla 6</b> - Actores principales de la gamificación. ....	29
<b>Tabla 7</b> - Principales elementos de la mecánica de la gamificación. ....	31
<b>Tabla 8</b> - Tipos de puntos. ....	34
<b>Tabla 9</b> - Tabla de insignias de acuerdo con los puntos obtenidos. ....	34
<b>Tabla 10</b> – Puntajes de los estudiantes en la última sesión junto con las insignias adquiridas. ....	60

### **Gráficas:**

<b>Gráfica 1.</b> Característica en los objetos astronómicos observados por los 5 grupos en el aplicativo Star Walk 2. ....	46
<b>Gráfica 2.</b> Características que diferencian las estrellas entre sí, de acuerdo a los estudiantes. ....	47
<b>Gráfica 3.</b> Resultados de la herramienta de gamificación de repaso ....	52
<b>Gráfica 4</b> - Comentarios al respecto de la aplicación de Stardust. ....	59

### **Ecuaciones:**

<b>Ecuación 1.</b> Ley de Stefan-Boltzmann. ....	21
<b>Ecuación 2.</b> Ley del desplazamiento de Wien. ....	24

## Introducción

*¿Quién no ha contemplado el cielo nocturno con asombro, maravillándose ante la multitud de estrellas? ¿Quién no se ha preguntado acerca de esos puntos luminosos que decoran la noche?*

El cielo nocturno siempre ha fascinado a la humanidad a lo largo de la historia, inspirando preguntas sobre el universo y sus misterios. Cada cultura ha buscado dar sentido a los astros: los griegos y los árabes, por ejemplo, identificaron constelaciones y las nombraron según sus mitologías. Esta necesidad de entender el cielo, presente en cualquier tipo de población, es la raíz de la astronomía, cuyo estudio y su enseñanza se ha vuelto un componente fundamental en la educación científica. En la Universidad Pedagógica Nacional, la Licenciatura en Física ha abordado esta área en la línea de profundización en ciencias, con un enfoque cultural y una reflexión teórico-metodológica en torno a temas de astronomía. Trabajos anteriores, como los de Arias Basto<sup>1</sup> y el ensayo de la profesora Rosa Pedreros<sup>2</sup>, han cimentado esta perspectiva, ofreciendo una base que motiva el desarrollo de la presente investigación.

Uno de los temas más llamativos en astronomía, sin duda es la diversidad de estrellas, que varían en brillo y color. Estas diferencias motivaron a los astrónomos a desarrollar herramientas de clasificación estelar basadas en características observables. Así surgió el Diagrama Hertzsprung-Russell, un recurso fundamental para los astrónomos que permite, no sólo organizar las estrellas por su luminosidad y temperatura, sino que también permite reconocer las relaciones entre esas variables físicas presentes en la dinámica de las estrellas. Considerando la importancia de fomentar la observación del cielo en los estudiantes (Ministerio de Educación

---

<sup>1</sup> Basto, A (2018). Modelización del día y la noche: Experiencia con el grado quinto del colegio José Antonio Galán.

<sup>2</sup> Pedreros, R (2019). La Astronomía y su enseñanza en la Educación Básica y Media.

Nacional, 2004), el estudio de la luz y sus propiedades, incluyendo la ley de desplazamiento de Wien, ofrece una vía para que los estudiantes comprendan la relación entre distintos conceptos físicos que permiten clasificar las estrellas. Aspectos de la dinámica de las estrellas como la luminosidad, la magnitud aparente, la temperatura superficial y el tipo espectral son fundamentales en esta clasificación. Además, se resalta el legado de las *calculadoras de Harvard*, cuyas contribuciones al análisis espectral establecieron las bases del sistema de clasificación que hoy conocemos.

Para motivar a los estudiantes a observar el cielo desde una perspectiva científica, esta propuesta de aula integra *la gamificación*, una metodología que emplea recursos interactivos y analógicos para promover el aprendizaje de la física estelar. La gamificación persigue objetivos alineados con el propósito de fomentar el interés y la participación en la aproximación a conceptos astronómicos físicos en entornos educativos. La metodología de enseñanza propuesta para el aula fue implementada en el contexto de una asignatura electiva de la Licenciatura en Física, dentro del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, y consiste en cuatro sesiones en las que se abordan progresivamente los aspectos teóricos de la física de las estrellas descritos anteriormente.

Con el fin de responder a la pregunta problema, este trabajo está estructurado de la siguiente manera: en el primer capítulo se desarrolla el marco teórico sobre la física detrás del Diagrama Hertzsprung-Russell que da cuenta de la dinámica de las estrellas. El segundo capítulo describe la metodología de gamificación y su relación con la didáctica de la astronomía, proporcionando una justificación para el uso de esta estrategia pedagógica en el aula. A continuación, se detalla el desarrollo de cada sesión en la propuesta de aula y se presentan los análisis y resultados obtenidos tras

su implementación, que buscan aportar no solo a la enseñanza de la astrofísica en las escuelas colombianas, sino también a la formación de estudiantes que puedan desarrollar una comprensión propia y crítica del cosmos (Aguilar, 2020). Se presenta la participación que ha tenido una de las estrategias gamificadas desarrolladas desde los inicios de la propuesta en diversos escenarios educativos.

Finalmente, en las conclusiones se ofrecen reflexiones sobre los logros y las posibles mejoras de la propuesta, así como sugerencias para futuras implementaciones, con el propósito de que otros docentes encuentren inspiración para aplicarlas en sus propias prácticas pedagógicas. Esta investigación también aborda el desafío didáctico que enfrentan algunos docentes de física, quienes a menudo carecen de la formación adecuada para enseñar temas avanzados como la evolución estelar y el Diagrama HR, resaltando la importancia de una sólida preparación en física y pedagogía para mejorar la enseñanza de la astronomía en contextos educativos (Ayala, 2006, págs. 21-27).

Esta investigación propone, en últimas instancias, una estrategia metodológica innovadora, la gamificación en la enseñanza de la astronomía, proporcionando una base para que otros docentes interesados en explorar este enfoque puedan aplicarlo y enriquecer sus prácticas pedagógicas.

## Capítulo I. Contexto problemático

### 1.1 Descripción del Problema y Justificación

El presente trabajo de grado nace de una motivación propia de la autora en abordar la clasificación estelar, específicamente el diagrama Hertzsprung-Russell<sup>3</sup>, reconociendo que es una organización compleja y llamativa a la vista, para acercar a las personas a la física que está relacionada con la dinámica de las estrellas, es por eso que el interés de este trabajo está en la comprensión del diagrama, reconociendo las relaciones entre distintas variables físicas presentes en la dinámica de las estrellas como por ejemplo: la relación luminosidad y temperatura superficial de las estrellas, donde se ve la necesidad de abordar aspectos de las estrellas desde el campo disciplinar de la física. Es allí donde se encuentra que existen diversos problemas para abordar el diagrama yendo más allá de la divulgación científica como usualmente se suele mostrar.

Es importante reconocer que mucho del trabajo que se desarrolla en el campo de la enseñanza de la astronomía se centra en la observación y en el posicionamiento de objetos en la esfera celeste, donde autores como con (Scassa, 2019) proponen que *“los educadores debemos esforzarnos en enseñar la astronomía desde una perspectiva que tenga en cuenta el contexto, los conceptos y la aplicación práctica de esta ciencia, que despierta tanta curiosidad en personas de todas las edades”*. Es por lo que la mayor parte del trabajo realizado en la enseñanza de la astronomía queda en manos de clubes, semilleros o cursos lectivos que aparecen en distintas instituciones u organizaciones del país.

---

<sup>3</sup> El diagrama es muy conocido en la comunidad científica como el diagrama HR, así que en algunos momentos del texto lo podemos encontrar de esta manera.

Por otra parte, se reconocen las ideas de Nestor Camino, Rosa Pedreros, Olga Castiblanco y otros autores latinoamericanos cuando proponen “los retos para la enseñanza de la astronomía” e indican que:

“...Es necesario un diálogo de saberes y, sobre todo, un accionar coordinado que apunte a optimizar el impacto del aprendizaje de la astronomía más allá de la adquisición de datos curiosos o informaciones interesantes.... La Astronomía ha sido una disciplina tan antigua como el hombre. Sin embargo, cuando se configuran en los tiempos modernos las disciplinas de enseñanza, ella parece no tener una ubicación en el contexto de la educación formal. Aspectos astronómicos suelen estar presentados en la enseñanza de la Física como ejemplo de los modelos teóricos y explicativos de esta ciencia, pero sin una identidad que le permita expresarse por su propia cuenta.”. (Camino, Nardi, Pedreros, Garcia, & Castiblanco, 2016)

Es así como, la realización de actividades de observación a simple vista del cielo es de gran importancia, ya que son fundamentales para lograr el objetivo de volver a conectar la Astronomía con la observación, una práctica intrínseca al ser humano desde tiempos inmemoriales (Monserrat, 2000), pero no es suficiente, ya que al tratar con objetos tan lejanos como las estrellas se debe desarrollar distintos niveles de abstracción que permitan en los estudiantes comprender por ejemplo ¿cómo medir la temperatura de una estrella si no puedo si quiera acercarme a ella?

Lo anterior muestra la necesidad de buscar estrategias que permitan desarrollar en la enseñanza de la astronomía elementos que vayan más allá de meros datos curiosos o divulgativos como plantean (Camino, Nardi, Pedreros, Garcia, &

Castiblanco, 2016) "...dejar de pensar que es posible hablar de conceptos puros de la Astronomía sin reconocer las estrechas relaciones con disciplinas como Biología, Química, Física, entre otras...". Esto genera una oportunidad para integrar la astronomía con otras áreas del conocimiento, buscando que los fenómenos astronómicos se aborden con un mayor nivel de profundidad, intentando generar un vínculo entre lo que ocurre más allá de la atmósfera terrestre con las personas en general. Esto, a su vez, permite explorar temas propios de la astrofísica, como la clasificación estelar, promoviendo una comprensión detallada de la física detrás del diagrama HR. Por lo anteriormente mencionado es importante resaltar el interés del presente trabajo puesto que no está ubicado estrictamente en la astronomía posicional u observacional, ya que va más relacionado con la astrofísica puesto que el hecho de clasificar las estrellas de acuerdo con sus características físicas, como luminosidad, temperatura, tipo espectral y magnitud, va un nivel más allá de solo poder reconocer donde están ubicadas en la bóveda celeste.

Lo anterior implica un reto para el maestro quien quiera abordar temáticas de astrofísica. Es así como autores como Paula Cardona que también ha abordado esta problemática, buscando construir un escenario donde la astrofísica también tenga un espacio en los contextos escolares de educación media propone:

"El reto como docentes se enmarca en la necesidad de buscar estrategias que permitan innovar y transformar los escenarios educativos, para responder a esas exigencias del mundo contemporáneo en la que vivimos docentes y estudiantes. Por ende, propiciar espacios para la enseñanza de las ciencias naturales implica estar a la par con los avances del mundo actual donde es imperativo agenciar y potenciar la enseñanza de este campo de conocimiento en nuestro país. Configurar la mirada sobre la enseñanza de las

ciencias naturales genera que los estudiantes desarrollen su criticidad y sus procesos analíticos y reflexivos, a la vez que contribuye a la construcción de sociedades más justas, democráticas y sostenibles en donde la educación, el acceso al conocimiento y la divulgación científica sean principios de carácter universal para todos y todas". (Cardona Torres, 2023)

Para abordar esta problemática, el presente trabajo es una propuesta de intervención en el aula para la electiva de astronomía general ofertada para todo programa de la universidad Pedagógica Nacional, ya que se considera un escenario propicio para realizar un acercamiento a la clasificación estelar, debido a que en su plan de estudios uno de los temas a tratar son las estrellas, además la población que hace parte de estos cursos usualmente son personas curiosas e interesadas en la astronomía, y muy diversos donde coexisten diferentes formas de ver el mundo desde las perspectivas que les permiten tener cada una de sus carreras en la universidad. Lo anterior se une con uno propósito importante para este trabajo y es el hecho de usar la gamificación como una metodología con la cual se pueden abordar temas de astronomía y astrofísica a cualquier nivel, en cualquier edad, en educación formal, no formal y para cualquier persona del común.

Por lo anteriormente expuesto se formula la siguiente pregunta problema:

**¿Cómo abordar las relaciones físicas presentes en la dinámica de las estrellas haciendo uso del diagrama *Hertzsprung-Russell* de una manera que pueda acercarse a cualquier tipo de población?**

Para dar respuesta a la anterior pregunta se proponen los siguientes objetivos en la investigación:

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 *Objetivo general:*

Construir una Propuesta de aula centrada en la gamificación para abordar la física estelar presente en el diagrama de Hertzsprung-Russell.

### 1.2.2 *Objetivos específicos:*

- Desarrollar un marco teórico que permita comprender la física presente en el Diagrama de Hertzsprung-Russell.
- Diseñar una secuencia de actividades centradas en la gamificación como propuesta de aula para abordar el diagrama HR.
- Implementar la propuesta de aula en uno de los cursos de la electiva de astronomía del departamento de Física con el fin de analizar el alcance de la misma.

## 1.3 Antecedentes:

Para el presente trabajo monográfico se revisaron varios documentos relacionados con el campo de investigación propio del interés de este escrito, los más relevantes se presentan a continuación en la tabla 1, resaltando tres elementos importantes que ayudaron en la toma de decisiones para la construcción de este documento, los cuales son: Preguntas que motivan la propuesta de aula, la metodología empleada y los aportes a la investigación.

<b>Antecedente</b>	<b>(Garnica, 2016)</b>
<b>Preguntas que motivan la investigación</b>	¿Cuál es la importancia del concepto de cuerpo negro en el estudio espectroscópico de las estrellas y cómo puede enriquecer la comprensión de la astrofísica? ¿Cómo se puede diseñar una propuesta de enseñanza eficiente que aborde el concepto de cuerpo negro a través del estudio espectroscópico de las estrellas?
<b>Metodología empleada</b>	La metodología de investigación es <i>cualitativa</i> y se centra en comprender a fondo las experiencias y fenómenos humanos. Se logra mediante la formulación de preguntas relevantes, la recopilación y análisis de datos contextuales, y una interpretación reflexiva.
<b>Aportes a mi investigación.</b>	Este trabajo me invita a diseñar actividades que faciliten a los estudiantes interactuar y experimentar con los aspectos físicos de las estrellas, como la temperatura, el color y la luminosidad, en el contexto del diagrama HR. Además, subraya la importancia de observar y analizar cómo los estudiantes responden a las actividades, permitiendo ajustar la estrategia de gamificación para mejorar su comprensión en futuras implementaciones.

<b>Antecedente</b>	<b>(Cardona, 2017)</b>
<b>Preguntas que motivan la investigación</b>	¿Cuál es el impacto de la integración de datos astronómicos reales del SDSS en el proceso de aprendizaje de la clasificación estelar en comparación con métodos tradicionales? ¿Cómo influye el enfoque de Enseñanza para la comprensión del conocimiento de los estudiantes en astronomía y astrofísica?
<b>Metodología empleada</b>	La metodología empleada es la Investigación Acción Participante (IAP), un enfoque cualitativo. Se aplicó a un grupo de 26 estudiantes de noveno grado en el Gimnasio Campestre los Arrayanes en La Calera, Cundinamarca. Durante la investigación, se llevaron a cabo actividades guiadas para enseñar a los estudiantes a utilizar el Sloan Digital Sky Survey (SDSS) y clasificar estrellas.
<b>Aportes a mi investigación.</b>	El trabajo proporciona un enfoque metodológico para abordar el Diagrama de Hertzsprung-Russell en términos de propiedades estelares, incluyendo la utilización de recursos como el Sloan Digital Sky Survey (SDSS).

<b>Antecedente</b>	<b>(Beltran, 2012)</b>
<b>Pregunta que motivan la investigación</b>	¿Cuál sería el impacto de una propuesta educativa que aborde la Astronomía desde una perspectiva histórica y epistemológica y cómo podría motivar a estudiantes interesados en explorar la astronomía a nivel profesional?
<b>Metodología empleada</b>	La metodología integral para enseñar astronomía en educación media abarca desde la síntesis de concepciones culturales sobre el universo hasta el estudio de la historia y teorías astronómicas, resaltando contribuciones significativas. Su objetivo es ofrecer a docentes y estudiantes una propuesta educativa que fomente el interés y profundice el conocimiento en astronomía.
<b>Aportes a mi investigación.</b>	Se destaca la importancia de contextualizar históricamente la disciplina e integrar los avances tecnológicos en la enseñanza de la astronomía para captar el interés de estudiantes interesados por esta área y lograr una alineación con los lineamientos curriculares.

<b>Antecedente</b>	<b>(Cardona Torres, 2023)</b>
<b>Preguntas que motivan la investigación</b>	¿Cómo puede el papel del maestro como investigador e intelectual influir en la enseñanza de la astronomía y en el proceso de aprendizaje de los estudiantes? ¿Cuáles son los principales desafíos y alcances identificados durante la implementación de la propuesta de aula en la enseñanza de la astronomía?
<b>Metodología empleada</b>	La metodología empleada en el texto se desarrolla a través de una secuencia de etapas interconectadas. Inicia con una revisión de consideraciones pedagógicas y didácticas, seguida de un análisis detallado de la didáctica de la astronomía como un campo en constante evolución.
<b>Aportes a mi investigación.</b>	El diseño de la propuesta de aula debe basarse en criterios sólidos. Se enfatiza la necesidad de enfoques y metodologías pedagógicas integradores y multidisciplinarios para una enseñanza enriquecedora y contextualizada.

<b>Antecedente</b>	<b>(Molinari, 2021)</b>
<b>Preguntas que motivan la investigación</b>	¿De qué manera la aplicación de estrategias gamificadas en el aula contribuye a un aprendizaje más significativo? ¿Cuáles son las bases teóricas y prácticas de la gamificación que deben considerarse para su implementación en el ámbito educativo?
<b>Metodología empleada</b>	La metodología utilizada en esta investigación es principalmente cualitativa, enfocándose en la recopilación, análisis e interpretación de información teórica y contextual sobre la gamificación. Este enfoque permite comprender a fondo cómo la gamificación se ha desarrollado desde sus inicios y cómo puede aplicarse en el ámbito educativo para fomentar la motivación y el aprendizaje significativo.
<b>Aportes a mi investigación.</b>	La revisión de literatura sobre los fundamentos y la evolución de la gamificación me permite comprender mejor sus aplicaciones y diseñar estrategias adecuadas para abordar los aspectos físicos de las estrellas en el diagrama de Hertzsprung-Russell.

**Tabla 1** - Antecedentes para la investigación. Fuente: Elaboración propia.

El trabajo de Cardona (2017) destaca el uso de recursos tecnológicos, como el Sloan Digital Sky Survey (SDSS)<sup>4</sup>, lo cual inspira a incorporar herramientas visuales en la propuesta de aula para profundizar en las propiedades de las estrellas. Esto sugiere

<sup>4</sup> El Sloan Digital Sky Survey o SDSS es un proyecto de investigación del espacio mediante imágenes en el espectro visible, realizada en un telescopio específico de ángulo amplio.

el uso de aplicaciones móviles, como *Star Walk 2*, para facilitar la exploración de estos conceptos. Por otro lado, Garnica (2016) motiva el diseño de actividades interactivas que permitan a los estudiantes acercarse a conceptos como la temperatura, el color y la luminosidad de las estrellas. Este enfoque no solo guía la adaptación de la propuesta a las necesidades de los estudiantes, sino también a los aspectos teóricos del diagrama HR, resaltando la importancia de analizar las respuestas de los estudiantes para ajustar y fortalecer la estrategia metodológica de gamificación en futuras implementaciones.

Beltrán (2012) destaca el valor de contextualizar históricamente la astronomía, permitiendo así integrar el legado de astrónomas como Williamina Fleming y Antonia Maury en la clasificación de las estrellas teniendo en cuenta su tipo espectral. Por su parte, Cardona Torres (2023) subraya la importancia de enfoques pedagógicos integradores para una enseñanza contextualizada, lo que fortalece el diseño de la propuesta para hacerlo adaptable y accesible para estudiantes de todas las edades y públicos diversos interesados en la astronomía.

Finalmente, Molinari (2021) aporta una perspectiva cualitativa sobre la gamificación como herramienta para fomentar el compromiso de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Esta perspectiva refuerza la idea de que la gamificación como metodología es crucial en la enseñanza de la astronomía.

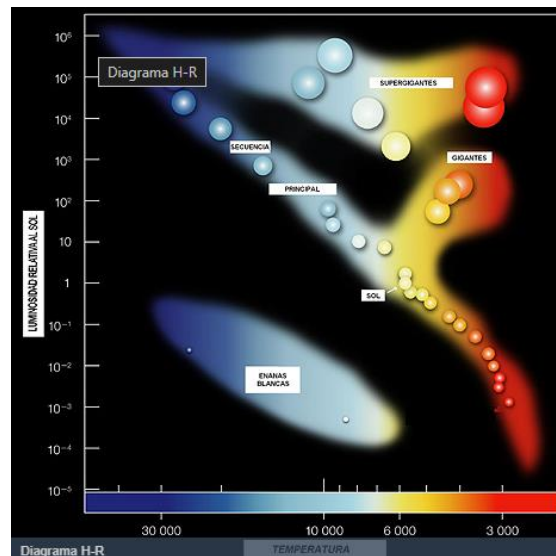
En conjunto, estos antecedentes respaldan la propuesta presentada, cuyo objetivo es acercar al público en general a los aspectos físicos de las estrellas de manera dinámica mediante la metodología de gamificación. Esta iniciativa se alinea con los recursos y enfoques educativos actuales, transformando el diagrama HR en una herramienta significativa para el aprendizaje en cualquier escenario educativo.

## Capítulo II. Aspectos Teóricos

En este capítulo se abordarán los elementos disciplinares clave que han sido fundamentales para comprender el diagrama HR y que resultan esenciales para la construcción de la propuesta educativa en el aula.

Las estrellas son enormes esferas de gas, principalmente hidrógeno y helio, cuyas altas temperaturas permiten que ocurran reacciones termonucleares. Estas condiciones permiten que se produzcan reacciones nucleares en su núcleo, fusionando átomos de hidrógeno en helio y liberando una inmensa cantidad de energía. Esta energía se transporta hacia la superficie estelar, donde se irradia al espacio en forma de luz y calor. Comprender los procesos en las estrellas, es fundamental, ya que la vida en la Tierra depende del calor y la energía que recibimos de nuestra estrella, el Sol. Nuestro Sol es una estrella promedio, ni demasiado grande ni pequeña, pero en el vasto espacio existen muchas estrellas tanto más pequeñas como mucho más grandes que él (Rodríguez, 2020).

En 1913, los astrónomos Hertzsprung y Russell, interesados en las diferencias de temperatura y luminosidad entre diferentes estrellas, desarrollaron un sistema de clasificación visual que organizaba estos astros en un diagrama, posteriormente conocido como el diagrama Hertzsprung-Russell (HR). Este esquema no solo permitió una clasificación basada en la temperatura y luminosidad de las estrellas, sino que también reveló un patrón fundamental en la evolución estelar (Bachiller, 2020). Con esta base en mente, en este capítulo se analizarán aspectos clave de la dinámica estelar tales como la temperatura superficial, luminosidad, magnitud absoluta y tipo espectral. Además, se mostrará como estos 4 elementos se relacionan y permiten construir el diagrama HR, el cual no solo sirve como un mapa para clasificar las estrellas, sino también como una herramienta para entender su evolución.



**Figura 1** - Diagrama de clasificación estelar de Hertzsprung-Russell. Nota. El diagrama de clasificación estelar organiza las estrellas según su temperatura y luminosidad relativa al Sol, destacando sus distintas regiones evolutivas. Adaptado de “Diagrama HR”, por Bachiller, R., 2009, El mundo (<https://www.elmundo.es/elmundo/2009/09/14/ciencia/1252948026.html>)

## 2.1 Magnitud absoluta

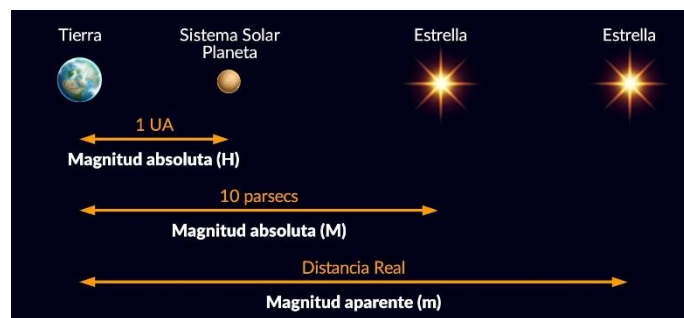
El brillo de las estrellas ha cautivado a las civilizaciones desde tiempos ancestrales. La primera evidencia del uso de magnitudes para describir el brillo de las estrellas notables en el firmamento nocturno proviene de Hiparco de Nicea, un astrónomo griego del siglo II a.C.

“Hiparco clasificó a las estrellas según su brillo, poniéndoles un número que llamó *magnitud*. De este modo, a las estrellas más brillantes del cielo las llamó estrellas de “primera magnitud” o de “magnitud 1”. A las segundas estrellas más brillantes las agrupó como estrellas de “segunda magnitud” o de “magnitud 2”. Así continuó, hasta llegar a las estrellas de “sexta magnitud” o “magnitud 6”, que son las estrellas más débiles que pueden verse con el ojo humano sin ayuda de ningún artefacto (por ejemplo, el telescopio)” (Venero, 2020, p.1).

Este sistema de clasificación nos proporciona uno de los dos tipos de magnitudes empleados para medir el brillo de las estrellas: la magnitud aparente, que describe el brillo relativo de las estrellas en relación con la Tierra y está influida por

factores como la distancia, tamaño y temperatura. La segunda es la **magnitud absoluta  $M$** , que representa el brillo intrínseco de una estrella, independientemente de la distancia a la que se encuentre, lo cual la hace más útil ya que ofrece una medida estandarizada de su luminosidad intrínseca.

Más específicamente, la magnitud absoluta es el brillo que tendría la estrella si estuviera a una distancia fija de 10 pársecs (pc) de la Tierra<sup>5</sup>.



**Figura 2** - Magnitud de las estrellas. Nota. Distancia entre una magnitud absoluta y una aparente, donde la estrella se percibiría con el mismo brillo. Adaptado de "Cómo se mide el brillo en astronomía", por Vito Technology, 2024, Aspectos básicos de la astronomía.

Las magnitudes pueden tener valores negativos y comprenden un rango común entre 14 y -10. Es una unidad adimensional (Goss, 2024). Algunas magnitudes absolutas se adjuntan en la siguiente tabla:

<b>Estrella:</b>	<b>Magnitud Absoluta:</b>
Sol	4.77
Rigel	-6.90
Sirius	1.42
Alfa Centauri	4.34
Próxima Centauri	15.49

**Tabla 2:** Magnitud absoluta de algunas estrellas. Nota. Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 Luminosidad

Hasta ahora, hemos hablado sobre el brillo observable de una estrella, ya sea considerando o no su distancia a la Tierra. Sin embargo, las estrellas emiten una gran cantidad de energía en formas invisibles al ojo humano, como los rayos X y la luz ultravioleta. Las estrellas suelen modelarse como cuerpos negros ideales, que son objetos teóricos capaces de absorber toda la luz y energía radiante que incide sobre

<sup>5</sup> Un pársec (abreviado como pc) es una unidad de distancia equivalente aproximadamente a 3.26 años luz.

ellos. La luz que emiten se denomina radiación<sup>6</sup> de cuerpo negro. Cualquier cuerpo negro con una temperatura superior a 0 K emite energía en forma de ondas electromagnéticas. La energía total que una estrella emite por unidad de tiempo en todo el espectro electromagnético a través de su superficie completa se denomina **luminosidad** (Battaner, 1999, págs. 15-16).

Suponiendo que la estrella emite radiación como un cuerpo negro, la luminosidad de la estrella se define como proporcional al área de la estrella, representada con la expresión  $4\pi R^2$  y su temperatura superficial  $T$  a la cuarta potencia. La expresión matemática de la luminosidad  $L$  como función de la temperatura se denomina *Ley de Stefan – Boltzmann* y se describe como:

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

Donde  $\sigma$  es la *constante de Stefan – Boltzmann*,  $\sigma = 5.67 * 10^{-8} W * m^{-2} * k^{-4}$ , que es igual para cualquier objeto,  $R$  es el radio de la estrella medido en metros  $m$ ,  $T$  es la temperatura superficial de la estrella en grados *Kelvin* y  $L$  es la luminosidad de la estrella medida en *Wattios*. Esta expresión nos muestra que la luminosidad de una estrella depende de su área superficial  $4\pi R^2$  y de la cuarta potencia de su temperatura superficial,  $T^4$ . Por lo tanto, estrellas más grandes y/o más calientes tienden a ser más luminosas<sup>7</sup>.

Para expresar la luminosidad de una estrella, es común utilizarla en términos de la luminosidad del Sol, empleando notación en base 10. Por ejemplo, la luminosidad de la estrella Polaris se expresa como  $4.3 * 10^3 L_{\odot}$ , lo cual se leería como “cuatro punto tres por diez a la tres veces la luminosidad del sol.”

---

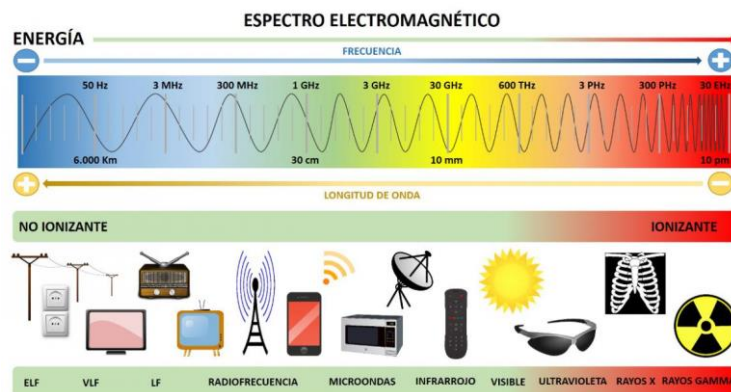
<sup>6</sup> En este contexto, la radiación se refiere a la energía en movimiento.

<sup>7</sup> Y a su vez, que la luminosidad de una estrella es proporcional a  $T^4$ . Por lo tanto, pequeños cambios en la temperatura pueden resultar en grandes cambios en la luminosidad.

### 2.3 Temperatura Efectiva.

Al estudiar las características de las estrellas, los astrónomos enfrentan importantes desafíos, ya que no es posible trasladar una estrella a la Tierra. Sin embargo, cuentan con un recurso fundamental: la luz. Por ello, comenzamos este capítulo aludiendo a ella. La luz que emana de las estrellas contiene una gran cantidad de información sobre los cuerpos que la producen (Venero, 2020).

Como se mencionó anteriormente, para los propósitos de este marco conceptual, consideramos la luz como radiación electromagnética. La temperatura superficial o efectiva de una estrella se refiere a la temperatura en su superficie. La temperatura de las estrellas está relacionada con la física de la radiación electromagnética, mostrando un comportamiento aproximado al de un cuerpo negro (Meléndez Martínez, 2017).



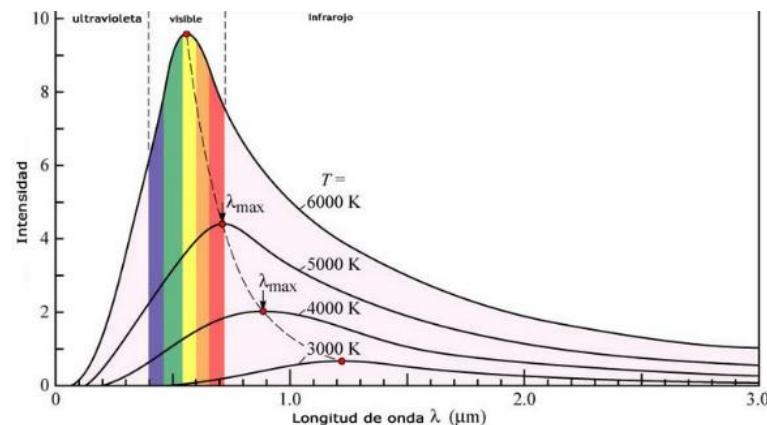
**Figura 3** - Radiación electromagnética. Nota. La propagación de energía en forma de radiación electromagnética. Adaptado de "Campos electromagnéticos", por Comunidad de Madrid, 2020, CEM.

Al tratarse de radiación electromagnética, la luz puede ser entendida como una onda. Cada onda está compuesta por una serie de "crestas" y "valles", y la distancia entre dos crestas o valles sucesivos se denomina "longitud de onda". Si contamos cuántas crestas o valles pasan en una unidad de tiempo, obtenemos una medida conocida como **frecuencia**. Una longitud de onda larga implica que llegan menos crestas en un segundo, mientras que una longitud de onda corta significa que llegan más crestas en el mismo tiempo. Por lo tanto, la longitud de onda es inversamente

proporcional a la frecuencia: a mayor longitud de onda, menor será la frecuencia (Venero, 2020).

¿Y qué relación tiene esto con la temperatura superficial de las estrellas? En el caso de la luz, *la longitud de onda determina su color*. Las ondas con longitudes de onda más largas son percibidas como rojas, mientras que las de longitudes más cortas corresponden al color violeta. Además, es importante tener en cuenta que, cuanto más corta sea la longitud de onda, mayor será la energía de la luz.

Si graficamos la energía emitida por una estrella utilizando un detector que mida cuánta energía recibimos en un segundo, junto con un medidor de luz, obtendremos una curva que representa la emisión en todo el espectro electromagnético, similar a la siguiente:



**Figura 4** – Gráfica de longitud de onda asociada a una temperatura específica, junto con la intensidad correspondiente. Adaptado de “Teoría cuántica”, por Fernandez, G, (2015), Físicoquímica.

En el eje horizontal se representa la longitud de onda, mientras que, en el eje vertical, se grafica la energía radiada. Las áreas fuera del espectro visible representan colores que no percibimos. Esta configuración genera una curva que muestra la energía emitida por la estrella en cada color del espectro, conocida como *curva de cuerpo negro*.

Si la radiación de un objeto sigue el comportamiento de un cuerpo negro, es necesario tener en cuenta algunas propiedades para analizar su temperatura. Una de

estas propiedades es que los cuerpos negros tienen una única temperatura característica; al comparar una estrella con un cuerpo negro, esa temperatura correspondería a las capas más externas de la estrella. Además, las curvas de cuerpo negro varían según la temperatura: a mayor temperatura, el pico máximo de emisión de energía se desplaza hacia longitudes de onda más cortas (hacia el azul). Esto significa que, cuanto más caliente es el cuerpo negro, más alta es su curva y su pico de emisión está más cerca del azul.

El físico Wilhelm Wien (1864-1928) descubrió que la longitud de onda en la cual un cuerpo negro emite con mayor intensidad está determinada por su temperatura. Así, no solo podemos determinar si una estrella es más caliente o fría observando su color predominante, sino que también podemos estimar su temperatura (Venero, 2020). La expresión que relaciona la longitud de onda del máximo de emisión de un cuerpo negro, inversamente proporcional a su temperatura, es:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} \quad (2)$$

Donde  $b$  es la constante de proporcionalidad conocida como *constante de Wien*,  $b = 2.898 * 10^{-3} m * K$ . En esta ecuación,  $\lambda_{max}$  es la longitud de onda donde se da el máximo y  $T$  es la temperatura superficial de la estrella.

#### **2.4 Clasificación de las estrellas:**

Las estrellas pueden clasificarse según criterios específicos, y en este caso, emplearemos dos sistemas: el sistema de clasificación de Harvard y el sistema de Yerkes (MKK). El primero se basa en las líneas espectrales de las estrellas para asignarles una clasificación, mientras que el segundo relaciona esta clasificación con la luminosidad estelar (Kaler, 2006).

En 1881, Williamina Fleming y su equipo en el Observatorio Harvard College, bajo la dirección del astrónomo Edward Charles Pickering, establecieron las bases para el primer sistema de clasificación estelar: el sistema de clasificación de Harvard (Razkin, 2020).



**Figura 5** - Grupo de mujeres conocido como "Las calculadoras de Harvard". Entre ellas destacan Antonia Maury, Williamina Fleming, Henrietta Swan Leavitt y Annie Jump Cannon, quienes analizaban pruebas fotográficas de estrellas y clasificaban espectros obtenidos en placas fotográficas conectadas a los telescopios del observatorio. Adaptado de "Ciencia y tecnología", 2019.

Este método asigna letras a los distintos tipos espectrales de estrellas, clasificándolas en siete clases principales: O, B, A, F, G, K y M, según la composición química de sus atmósferas, observada en el espectro de luz visible. Aunque esta secuencia no sigue un orden alfabético, conserva el principio del sistema original propuesto por Fleming, en el cual las estrellas se organizan en orden descendente de temperatura: la clase O representa las estrellas más calientes, mientras que la clase M agrupa a las más frías (Kaler, 2006), como se observa en la tabla 3:

Clase	Temperatura	Color
O	30.000 – 60.000 K	Azul
B	10.000 – 30.000 K	Azul – Blanco
A	7.500 – 10.000 K	Blanco
F	6.000 – 7.500 K	Amarillo Blanco
G	5.000 – 6.000 K	Amarillo
K	3.000 – 5.000 K	Amarillo Naranja
M	2.000 – 3.000 K	Rojo

**Tabla 3** - Tipo espectral de las estrellas. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

El segundo sistema de clasificación estelar, conocido como el sistema de Yerkes (MKK), fue desarrollado en 1943 en el Observatorio de Yerkes por William Morgan, Philip Keenan y Edith Kellman. A diferencia del enfoque de Harvard, este

sistema considera la luminosidad de las estrellas, la cual está relacionada con su tamaño. Según lo discutido al inicio de este capítulo, cuanto mayor es el área de una estrella, mayor es la energía que emite, gracias a una superficie emisora más extensa.

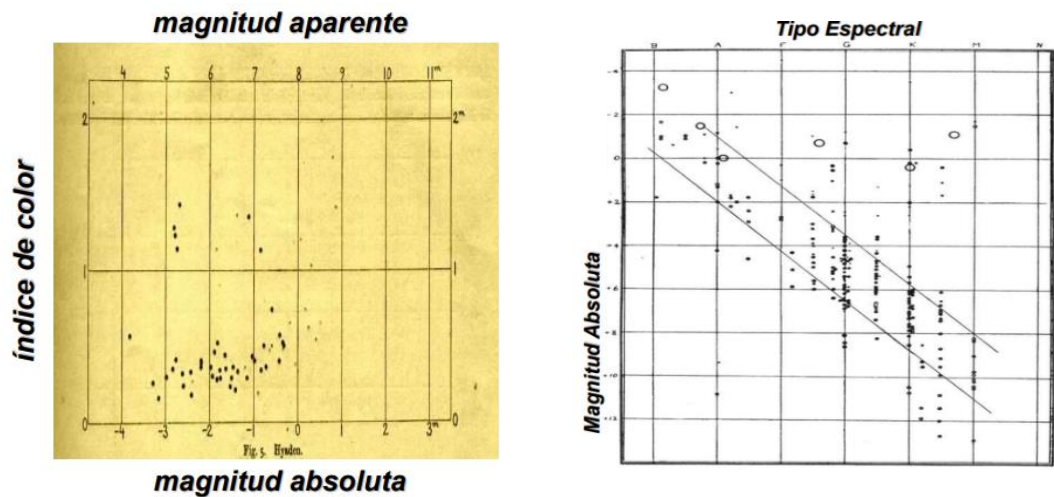
Las clases de luminosidad en el sistema de Yerkes se representan con números romanos del I al V, en los cuales un número romano menor indica una estrella de mayor tamaño. Cada clase recibe una denominación específica, como se detalla a continuación en la tabla 4 (Kaler, 2006):

<b>Clase</b>	<b>Denominación:</b>
0	Hipergigantes
I a	Supergigantes muy luminosas
Ib	Supergigantes
II	Gigantes luminosas
III	Gigantes
IV	Sub-gigantes
V	Enanas de la secuencia principal
VI	Sub-enanas (poco usadas)
VII	Enanas blancas

**Tabla 4** - Clase de las estrellas de acuerdo con su luminosidad. Nota. Fuente: Elaboración propia.

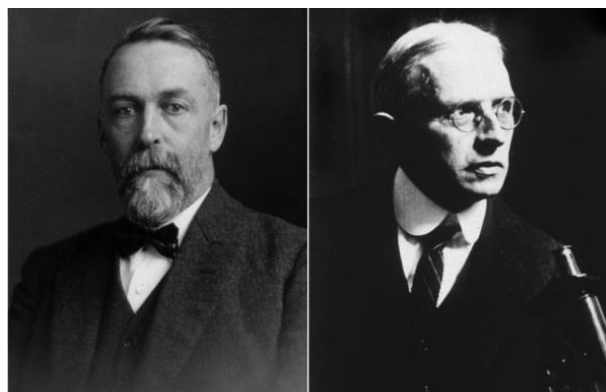
#### **2.4 Diagrama de clasificación estelar: Hertzsprung-Russell**

A principios del siglo XX, aunque se contaba con abundante información sobre las estrellas, su funcionamiento interno y evolución seguían siendo poco comprendidos. En 1905, el astrónomo danés Ejnar Hertzsprung propuso una forma de clasificar las estrellas según su color, que, como se ha mencionado, está estrechamente relacionado con su temperatura. Ejnar Hertzsprung, nacido en 1873 en Copenhague, Dinamarca, y fallecido en 1967 en Roskilde, a la edad de 94 años, fue tanto astrónomo como químico. En dos trabajos publicados en 1905 y 1907, demostró de manera independiente al astrónomo estadounidense Henry Russell que existe una relación entre los colores de las estrellas y su brillo. Hertzsprung utilizó las magnitudes absoluta y aparente de las estrellas, inicialmente presentando sus hallazgos en formato de tabla y, en 1911, en forma de gráfico (Lewysoler, 2015).



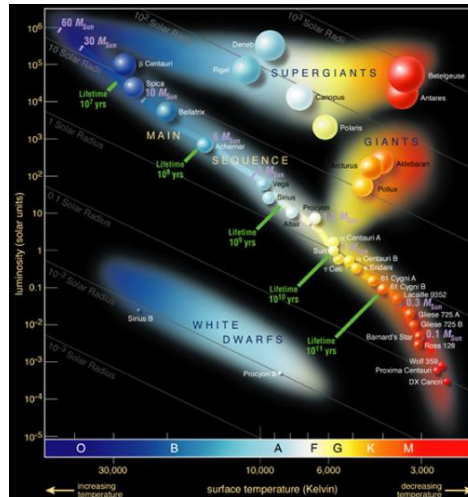
**Figura 6** – Diagrama de Hertzsprung (1905) y Russell (1913). Nota. El diagrama de la izquierda corresponde al propuesto por Hertzsprung en 1905, mientras que el de la derecha es el elaborado por Russell en 1913. Adaptado de “Diagrama de Hertzsprung-Russell, por Astronomía.edu, 2015.

Por su parte, Henry Norris Russell nació en 1877 en Oyster Bay, Nueva York. Al comparar el brillo de las estrellas con sus colores, o espectros, descubrió, al igual que Hertzsprung, que la mayoría de las estrellas azules son intrínsecamente más brillantes que las amarillas, y estas, a su vez, son más brillantes que las rojas. En 1913, Russell estableció la relación definitiva entre la magnitud absoluta de una estrella y su espectro, desarrollando un método de clasificación basado en la luminosidad y el tipo espectral de las estrellas cercanas. Russell falleció en 1957 en Princeton, Nueva Jersey, a la edad de 79 años.



**Figura 7** – Astrónomos Hertzsprung y Russell. Adaptado de “Ejnar Hertzsprung and Henry Norris Russell”, por Davies, C., 2017, The Scientific Odyssey.

El trabajo conjunto de Hertzsprung y Russell dio lugar al famoso diagrama Hertzsprung-Russell, que vincula la luminosidad de las estrellas con su color o tipo espectral (Ortigosa, 2004).



**Figura 8** – Diagrama de Hertzsprung-Russell (HR). Adaptado de “Diagrama HR”, por Naukas 2016, HR, la estrella de los diagramas en astrofísica.

En el diagrama HR, las estrellas se agrupan en tres regiones principales, como se muestra en la figura 6. La más destacada de estas áreas es la banda diagonal que se extiende desde el extremo superior izquierdo (correspondiente a estrellas calientes y brillantes) hasta el extremo inferior derecho (frías y menos brillantes), conocida como la secuencia principal. donde se encuentra la mayoría de las estrellas En esta región se encuentra la mayoría de las estrellas, incluido nuestro Sol. Las estrellas de la secuencia principal tienen en común que generan energía mediante la fusión de hidrógeno en helio en sus núcleos. Otro factor que distingue a estas estrellas es su masa, que influye en su luminosidad y temperatura. La mayoría de las estrellas, incluido el Sol, pasan aproximadamente el 90 % de sus vidas en esta etapa (Lewysoler, 2015).

En el extremo superior derecho del diagrama se encuentra la segunda región destacada, la cual se trata de las gigantes y supergigantes rojas. Estas últimas son las estrellas más luminosas conocidas, superando a las gigantes rojas. A pesar de

que tienen una temperatura relativamente baja, su enorme tamaño les confiere una gran luminosidad. Cuanta más masa tiene una estrella, mayor es la velocidad de su proceso de fusión, lo cual incrementa su luminosidad y, en ciertos casos, también su temperatura superficial.

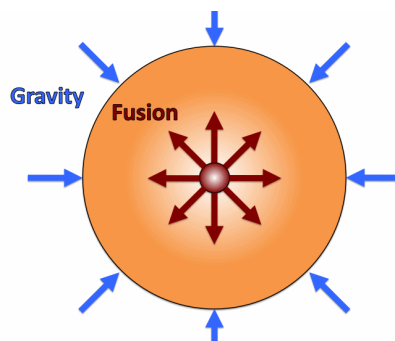
En el extremo inferior izquierdo del diagrama se ubica la tercera región a destacar: las enanas blancas. Estas estrellas, aunque muy calientes, presentan una baja luminosidad debido a su pequeño tamaño. Son el destino final de la mayoría de las estrellas de tamaño similar al Sol (Ortigosa, 2004).

De acuerdo con esta disposición, el diagrama permite clasificar las estrellas considerando su luminosidad y magnitud absoluta en el eje vertical, lo cual, en este contexto, también refleja su tamaño. Asimismo, clasifica las estrellas según su tipo espectral y temperatura en el eje horizontal.

De la lectura del diagrama, se concluye que las estrellas de mayor masa y luminosidad se ubican en la parte superior, siendo las de la parte superior izquierda las más calientes, mientras que las de la derecha son de menor temperatura. Por otro lado, las estrellas de menor masa y luminosidad se encuentran en la parte inferior del diagrama, donde las de la parte inferior izquierda tienen mayor temperatura y las de la derecha, menor.

Además de permitir la clasificación de distintos tipos de estrellas, el diagrama también es útil para estudiar la evolución estelar (Lewysoler, 2015). Cuando una estrella se forma a partir del colapso gravitacional de una nube de gas y comienzan las primeras reacciones nucleares, esta se sitúa en la secuencia principal. En este estado, la estrella se encuentra en equilibrio, donde la gravedad —que atrae hacia su

centro— se contrarresta con la presión del gas<sup>8</sup>, que ejercen una fuerza hacia el exterior.



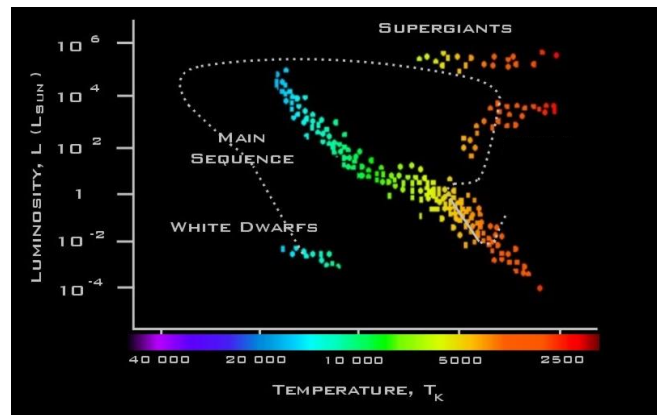
**Figura 9** - Sistema en equilibrio entre la gravedad y la presión nuclear. Adaptado de “Equilibrio hidrostático”, por Universidad de Standford, 2011.

La evolución de las estrellas depende de múltiples variables, pero en este caso nos centraremos en la más fundamental: su masa inicial. Las estrellas de baja masa (entre 0.08 y 0.5 masas solares) se denominan enanas frías. En términos generales, estas estrellas inician su trayectoria en la secuencia principal, evolucionan hacia la fase de gigante y posteriormente gigante roja. Los modelos de evolución estelar sugieren que estas estrellas podrían terminar como enanas blancas de helio, aunque aún no se ha observado alguna.

Por otro lado, las estrellas con masas entre 0.5 y 9 veces la masa del Sol, como nuestra propia estrella, comienzan también en la secuencia principal, evolucionan a gigantes, luego a supergigantes, y eventualmente pueden terminar como enanas blancas o nebulosas planetarias.

---

<sup>8</sup> Este proceso se conoce como *fusión nuclear*. La fusión nuclear implica la unión de dos núcleos de átomos ligeros, específicamente deuterio y tritio, que son isótopos del hidrógeno. Al fusionarse estos núcleos, se forma un núcleo inestable que se divide en dos productos: un neutrón y un núcleo más masivo, correspondiente al helio. Tanto el neutrón como el helio se expulsan con una gran cantidad de energía, generando una enorme liberación de calor. Esta transformación del hidrógeno en helio es la que produce la enorme energía en las estrellas. La energía liberada durante este proceso crea una presión interna que, a su vez, genera la presión externa que mantiene estable a la estrella.



**Figura 10** – Diagrama HR que muestra la trayectoria evolutiva del Sol a través de las diferentes regiones, destacando su desplazamiento a lo largo de su ciclo de vida. Adaptado de “Estrellas en la secuencia principal”, por Trejos, Y, 2015.

En el caso de las estrellas más masivas, su trayectoria en el diagrama es muy distinta. Las estrellas con masas de entre 9 y 30 veces la masa solar ( $M_{\odot}$ ), comienzan en la secuencia principal, evolucionan a supergigantes azules, luego a supergigantes amarillos y, finalmente, a supergigantes rojas. Su destino final suele ser una explosión en forma de supernova, o bien pueden convertirse en estrellas de neutrones.

Para estrellas con masas extremadamente altas, superiores a  $30 M_{\odot}$ , el recorrido es aún más complejo. Comienzan también en la secuencia principal, evolucionan a supergigantes azules y, tras otras etapas intermedias, terminan en una explosión como supernova o, en algunos casos, como un agujero negro (Lewysler, 2015).

En la siguiente tabla 5 se resume las diferentes etapas evolutivas de las estrellas según su masa solar:

<b>Rango de masas</b>	<b>Fases evolutivas</b>	<b>Destino final</b>
Masa baja De 0.08 a $0.5 M_{sol}$	Secuencia principal Subgigante Gigante roja	“Enanas blancas de helio”
Masa intermedia De 0.5 a $9 M_{sol}$	Secuencia principal Subgigante Gigante roja	Nebulosa planetaria o Enana blanca
Masa elevada De 9 a $30 M_{sol}$	Secuencia principal Supergigante azul Supergigante amarilla Supergigante roja	Super nova o Estrella de neutrones
Masa muy elevada: Más de $30 M_{sol}$	Secuencia principal Supergigante azul Otras fases como Variable azul	Super nova o Agujero negro

**Tabla 5** – Fases evolutivas de las estrellas dependiendo de su masa. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Las agrupaciones bien definidas de estrellas en el diagrama sugieren que las estrellas siguen un ciclo de vida, desplazándose a lo largo del diagrama en las distintas etapas de su evolución. Así, nuestro Sol, ubicado actualmente en la zona intermedia, consumirá con el tiempo todo su combustible nuclear, se expandirá, enfriará y se transformará en una gigante roja, ascendiendo en la secuencia principal hasta entrar en la rama de gigantes rojas. Gracias a este diagrama, los astrofísicos estelares pueden estimar las masas de las estrellas, su tiempo de vida y sus posibles trayectorias evolutivas.

### Capítulo III: La Gamificación como estrategia metodológica

La comprensión del universo ha sido, desde tiempos históricos, un tema de profundo interés para la humanidad. La astronomía, en particular, ha jugado un papel crucial en la navegación marítima, la creación de calendarios y en la transformación de nuestra percepción sobre el lugar que ocupamos en el cosmos. Entre los objetos celestes que han capturado nuestra atención, las estrellas destacan por su importancia y las características únicas que las diferencian de otros cuerpos celestes.

Más allá del interés intrínseco que despierta, la enseñanza de la astrofísica posee un gran valor formativo, ya que permite mostrar a los estudiantes de la manera más elocuente posible, la física que describe las particularidades de todos esos puntos infinitos que se observan en la gran bóveda celeste. Sin embargo, enseñar astrofísica, enfrenta inconvenientes para manifestarse en las aulas con experiencias creativas y de calidad. *“El primero, quizás el más importante y urgente a resolver, es la falta de jóvenes educadores e investigadores formados en esta especialidad, aquello de la “masa crítica” necesaria para que una comunidad científica funcione adecuadamente”*. (Camino, 2011, p.17). Esta carencia se traduce en la ausencia de educadores en astronomía, y específicamente en astrofísica, lo cual dificulta la creación, actualización y mejora de los materiales educativos en esta disciplina, llevándonos así al segundo inconveniente.

*“El segundo inconveniente, vinculado sin dudas al primero, es la falta de una “memoria didáctica”: un corpus de experiencias, materiales, recursos, reales y probados, disponibles libremente para quienes quieran acceder a ellos, para replicarlos y transformarlos.”* (Camino, 2011, p.17). Como resultado, los escasos recursos disponibles pueden volverse obsoletos o no reflejar los avances más

recientes en el campo, lo cual es crucial, ya que estos materiales son fundamentales para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para abordar estas problemáticas, se propone una estrategia didáctica para construir un material educativo que sea motivacional e interactivo: la gamificación. Esta se define en la literatura como una "metodología activa" que, al involucrar a los estudiantes, fomenta el desarrollo de habilidades como la creatividad, la imaginación y el pensamiento lógico<sup>9</sup> (Jara Ramírez & Montoya Bedoya, 2022).

Esta estrategia metodológica convierte tareas que no son lúdicas por naturaleza en experiencias interactivas, mediante la implementación de reglas y sistemas de recompensas que apelan al deseo intrínseco de reconocimiento y superación personal, promoviendo así una participación por parte de los estudiantes (Jara Ramírez & Montoya Bedoya, 2022).



**Figura 11.** *Objetivos de la gamificación.* Fuente: Estrategias Pedagógicas Innovadoras (p.254), por Jara, M., 2022, SedUnac.

Uno de los objetivos de la gamificación, expuestos en la figura 11, es mantener a los estudiantes motivados, favoreciendo el cambio de comportamiento a través de la participación lúdica. De este modo, los estudiantes no solo se divierten mientras aprenden, sino que sus procesos cognitivos se ven estimulados, vinculando el

<sup>9</sup> El término "gamificación" proviene del inglés, donde "game" significa juego, lo que sugiere que el juego está intrínsecamente relacionado con este concepto.

aprendizaje con el material de juego que ha captado su atención. Así, la gamificación se convierte en un factor motivacional clave, mientras asimilan nuevos conocimientos especialmente en el aprendizaje de la física de objetos estelares, mientras se divierten (Jara Ramírez & Montoya Bedoya, 2022).

Sin embargo, el juego no define esta metodología activa, pero es un elemento indispensable en su implementación, ya que atrae a los estudiantes a una experiencia de un aprendizaje significativo. Esta perspectiva se basa en la teoría iniciada por el psicólogo D. Ausbel en su obra *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*, en donde menciona que las acciones pedagógicas deben concebirse como un proceso de resignificación del conocimiento, con el aprendiz como foco de atención. Cuando esto ocurre, el aprendizaje se vuelve significativo. Para lograr esta resignificación, los materiales deben ser lógicamente significativos (su estructura lógica interna debe coincidir con la del área disciplinar en estudio) y debe existir una disposición para aprender (Camino N. , 2011).

La gamificación como estrategia metodológica es especialmente relevante en la enseñanza de la astrofísica, ya que aprovecha un “*aula*” excepcional: *el cielo y el espacio abierto, siempre disponibles y gratuitos* (Camino, 1999). Esta característica distintiva del contexto astronómico despierta en los estudiantes preguntas fundamentales como: ¿son todos esos puntos luminosos estrellas? ¿Todas las estrellas son iguales? ¿Qué características las diferencian entre sí? La propuesta de gamificación se convierte así en un punto fuerte ya que busca transformar la observación del cielo -una actividad que tradicionalmente ha sido pasiva- en una experiencia dinámica, descriptiva y estimulante. A través de esta metodología, se busca que los estudiantes vayan más allá de la observación de fenómenos astronómicos, fomentando que establezcan conexiones entre los aspectos teóricos

de la física de las estrellas, como su tamaño y color. Esto les permitirá no solo clasificarlas según criterios propios, sino también comprender y utilizar un diagrama fundamental en la astronomía: el diagrama Hertzsprung-Russell. En este sentido, la gamificación potencia la accesibilidad del cielo como recurso educativo, permitiendo la construcción de un aprendizaje significativo basado en la experiencia con el entorno natural y en el estudio de la física de las estrellas, a la vez que desarrollan habilidades cognitivas y estimulan el pensamiento crítico haciendo uso del juego.

Por otro lado, la propuesta de gamificación desarrollada en este trabajo busca que todos los conceptos puedan ser enseñados, aprendidos y dirigidos a cualquier público, sin excepción. No obstante, la profundidad, el nivel de abstracción y el ritmo de enseñanza deben ajustarse a las características y necesidades del grupo de estudiantes. De esta manera, el juego puede involucrarse no como un distractor dentro del aula, sino como una metodología que transversalice los fundamentos del proceso de enseñanza y aprendizaje. Por lo tanto, se considera que las *“experiencias de gamificación se pueden llevar a cabo desde las aulas de infantil a las aulas de educación superior y, con ellas, se pretende lograr un aprendizaje significativo apoyándonos en la experimentación motivada y voluntaria”* (Lázaro, 2019, p. 76).

### 3.1 Actores principales de la gamificación:

En esta metodología se definen dos actores principales que son:

<b><i>El profesor</i></b>	<b><i>Los estudiantes</i></b>
El docente debe diseñar una propuesta temática creativa y atractiva para captar la atención de los estudiantes, facilitando no solo el aprendizaje de contenidos, sino que también crea un ambiente más agradable y propicio para asimilar el conocimiento.	Los estudiantes aprenden motivados por el juego, el cual los mueve a comprender individualmente los contenidos teóricos para alcanzar una meta o tener éxito en la actividad lúdica, desarrollando así nuevos conocimientos y habilidades.

**Tabla 6** - Actores principales de la gamificación. Nota. Fuente: elaboración propia.

Las actividades gamificadas generan en los estudiantes un alto nivel de motivación para alcanzar un reconocimiento o logro dentro del juego (Jara Ramírez &

Montoya Bedoya, 2022). Esto explica por qué los estudiantes suelen preferir actividades lúdicas frente a las tradicionales ya que estas actividades, al mismo tiempo, fomentan la necesidad de comprender los conceptos implicados en el juego para alcanzar sus objetivos.

### **3.2 Pasos del desarrollo de la gamificación:**

Para desarrollar un material basado en una propuesta de enseñanza desde la gamificación, es fundamental considerar ciertos momentos clave que se adapten al proceso educativo y a los objetivos del proyecto. Siguiendo las recomendaciones de autores como (Werbach, 2012) se establecen tres etapas principales:

1. Definir los objetivos educativos que se desean alcanzar.
2. Identificar y etiquetar a los jugadores.
3. Crear un material que sea creativo y visualmente atractivo.

Para llevar a cabo estas etapas, es esencial contar con un fundamento motivacional que sustente el sistema de gamificación. En el contexto de esta propuesta, el juego se basará en la motivación de logro, que enfatiza la imposición de metas, el proceso de aprendizaje, y la consecución de objetivos, siguiendo el enfoque de (Mcgonigal, 2011).

### **3.3 Composición de la gamificación**

Para implementar adecuadamente la gamificación en el ámbito educativo, es crucial comprender las mecánicas que sustentan estos procesos. Este conocimiento permite configurar un sistema gamificado que se diferencia de un simple juego de entretenimiento, convirtiéndose en una estrategia que facilita el aprendizaje mientras se juega.

- **Mecánicas:** Las mecánicas son las reglas que estructuran el juego y generan las emociones que el docente desea provocar, tales como la emoción, el desafío, y la superación. Un buen diseño gamificado integra estos elementos de manera coherente (Martínez Domínguez et al., 2013, p. 564). Algunas de las principales mecánicas de juego, propuestas por (Werbach, 2012) y unificadas con las técnicas propuestas por (Marczewski, 2013) basadas en el sistema PBL, es decir, Points (Puntos) y Badgets (Insignias) son:

<b>Points:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionan retroalimentación inmediata al asignar valores cuantitativos a las acciones realizadas por el jugador dentro del sistema gamificado.</li> </ul>
<b>Badgets:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consiste en la recolección de objetos que se otorgan como recompensas al acumular una cantidad determinada de puntos por parte del jugador.</li> </ul>

**Tabla 7:** Principales elementos de la mecánica de la gamificación. Nota. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 Gamificación analógica

El material que acompaña cada sesión se destaca por su carácter interactivo, ya que fomenta una interacción directa tanto entre los estudiantes como con el contenido, facilitando así un acercamiento al conocimiento astrofísico. Las mecánicas de los juegos han sido diseñadas en un formato análogo y sensorial, lo que convierte en tangible la experiencia, creando un puente entre los estudiantes y el universo estelar distante. De este modo, la gamificación análoga ofrece una experiencia inmersiva, permitiendo que los estudiantes "toquen las estrellas" de manera metafórica al manipular los elementos creados para cada sesión.

#### **Capítulo IV: Propuesta de aula.**

La propuesta de aula que se presenta a continuación utiliza la metodología de gamificación descrita en el capítulo anterior.

Se llevaron a cabo cuatro sesiones, distribuidas en dos semanas con dos clases por semana y una duración de 2 horas por sesión, con una población específica de estudiantes, y cada sesión está organizada en momentos definidos. Estas incluyen un sistema de puntos que establece tanto el puntaje máximo acumulable a lo largo de todas las sesiones como el puntaje máximo de cada sesión individual, además de las insignias que se obtienen al alcanzar ciertos puntajes. Cada sesión se detalla con dos objetivos: uno para los estudiantes y otro para el docente.

Luego de la descripción de las sesiones, se presentan los análisis cualitativos que, a través de gráficos, muestran y contrastan las respuestas más frecuentes de los estudiantes, así como los resultados obtenidos. Este apartado concluirá con el puntaje total alcanzado por los equipos a lo largo de la propuesta, junto con las insignias obtenidas, y se detallará el último juego, cuya elaboración conceptual y física tomó aproximadamente dos semestres.

#### **Población:**

Buscando un grupo de personas lo suficientemente heterogéneo, donde no todos estuvieran relacionados con la ciencia, se decidió en realizar la implementación con un grupo de 25 estudiantes inscritos en la electiva de astronomía del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional. Todos los participantes, mayores de edad, autorizaron el uso de fotografías en las que aparecen para fines descriptivos y de análisis, que se presentarán en este capítulo. Los estudiantes provenían de diversas licenciaturas, tales como pedagogía infantil, ciencias sociales, educación comunitaria, inglés, física, biología y artes escénicas.

Antes de iniciar con la implementación se indicó:

- La distribución del grupo, en donde tenían que ubicarse 5 estudiantes en los 5 diferentes grupos.
- Un estudiante de física por grupo.

### **Sistema de puntos**

Se establecieron dos tipos de puntajes que se otorgaron según la clase de retroalimentación en distintas acciones. Estos puntajes tienen el propósito de generar una sensación de progreso en los participantes, alineándose con una competencia específica que se desarrolla según los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales: la observación como aproximación al conocimiento científico (Ministerio de Educación Nacional, 2004).

### **Tipos de puntajes:**

Uno de los puntajes fue denominado “*Agujero negro*” o “*AN*”, simbolizando los puntos absorbidos por los equipos según su desempeño relativo. Estos puntos se asignaban con base en dos criterios principales: la agilidad para completar la tarea asignada y su capacidad de observación, así como la formulación de explicaciones provisionales coherentes con las observaciones realizadas.

Este sistema de puntos fue diseñado para fomentar una competencia sana entre los equipos. Aunque el equipo más ágil tenía ventaja, la coherencia o la creatividad en las explicaciones también eran esenciales para alcanzar la puntuación máxima de 10 puntos.

Por otro lado, los “Puntos resplandecientes” estaban enfocados en la apropiación del conocimiento. El objetivo de estos puntos era que los equipos

alcanzaran el puntaje máximo, no compitiendo entre sí, sino mostrando cómo se acercaban a los conceptos físicos y los utilizaban para hablar sobre las estrellas.


Las diferencias entre estos dos tipos de puntos las vemos en la tabla 8:

Agujero negro (AN)	Puntos resplandecientes (R):
Estos puntos son exclusivos para cada grupo y se otorgan de manera competitiva. Un grupo puede recibir 10 puntos, otro 8, otro 6, otro 4 y otro 2.	Todos los grupos tienen la oportunidad de obtener el mismo puntaje en esta categoría.

**Tabla 8:** Tipos de puntos. Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Indicadores de logros: Insignias.

El sistema de recompensas incluye tres insignias que los estudiantes pueden obtener al acumular puntos. La insignia de *Explorador cósmico* se consigue al alcanzar 50 puntos, la de *Navegantes de la vía láctea* con 70 puntos, y la de *Maestros de Supercúmulos* con 100 puntos, lo que motiva a los participantes a seguir progresando en sus logros dentro de la actividad. En la tabla 9 observamos un resumen de estas insignias teniendo en cuenta el puntaje obtenido:

Insignias:	Insignia física:	Se consigue a los:
1. Explorador cósmico.		50 puntos
2. Navegantes de la vía láctea		70 puntos
3. Maestros de Supercúmulos		100 puntos

**Tabla 9:** Tabla de insignias de acuerdo con los puntos obtenidos. Nota. Las insignias fueron elaboradas en foami escarchado negro y contaban con un gancho en la parte posterior para colocarlas en la camisa. Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que el material diseñado para los puntos, las insignias (ver anexo 1) y el juego de la última sesión se elaboró utilizando imágenes generadas con la *Inteligencia Artificial (IA) Copilot*, adaptadas específicamente para satisfacer las necesidades del material creado. La IA permitió personalizar y ajustar cada imagen a la metodología de gamificación establecida para cada clase, asegurando un atractivo visual y coherente con la identidad de la secuencia didáctica.

### **3.5 Descripción del desarrollo de las intervenciones.**

#### **Sesión 1:** Acercamiento observacional de las estrellas.

El objetivo para los estudiantes es desarrollar la habilidad de observar y diferenciar objetos celestes, identificando características básicas que les permitan distinguir estrellas de otros cuerpos celestes mediante el uso del software *Star Walk 2*<sup>10</sup>. Por otra parte, el objetivo del docente es utilizar ese aplicativo, para facilitar la observación del cielo y la exploración de las propiedades de las estrellas.

Para esta sesión, se definió un sistema de puntuación en el que los equipos pueden alcanzar un máximo de 60 puntos.

**Momento 1:** Los estudiantes se organizaron en 5 grupos que mantendrían a lo largo de las 4 sesiones. Cada grupo eligió un nombre creativo relacionado con la astronomía y recibió 10 puntos AN por la rapidez en conformar los grupos y 10 puntos R por la creatividad del nombre. Luego, se indicó a los estudiantes que, en sus respectivos grupos, observarían una sección del cielo según los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste), mientras que el grupo adicional observaba desde el centro

---

<sup>10</sup> Se seleccionó la aplicación Star Walk porque permite observar las estrellas en tiempo real, independientemente de si es de día o de noche. Además, ofrece una visualización detallada de las estrellas seleccionadas, como Polaris, mostrando no solo su color aparente, sino también una descripción completa de sus características.

del salón en el suelo. Utilizando la aplicación Star Walk 2, cada grupo identificó objetos visibles, como estrellas, planetas y satélites. Con ayuda de notas adhesivas, ubicaron en el salón, en posiciones correspondientes, un total de 10 cuerpos celestes. A partir de la observación y posicionamiento de las estrellas realizados, respondieron dos preguntas en un Padlet. Este primer momento tuvo una duración aproximada de 40 minutos.



**Figura 12** – Estrellas ubicadas en tiempo real. Nota. Fuente: Elaboración propia.

**Momento 2:** A cada grupo se le asignaron 6 estrellas mediante un conjunto de cartas estelares (ver anexo 2), las cuales debían colocar alrededor del salón, sobre o junto a las notas adhesivas dispuestas previamente. Se otorgaron 10 puntos AN. Luego de esta actividad, se hicieron preguntas relacionadas con las características expuestas en las cartas, a través de un formulario de Google. Este segundo momento tuvo una duración aproximada de 40 minutos.



**Figura 13** – Cartas de estrellas colocadas junto a los nombres de estrellas previamente asignados. Nota. Fuente: Elaboración propia.

**Momento 3:** Un representante de cada grupo identificó y señaló la estrella correcta según las indicaciones de una ruleta (ver anexo 3). El objetivo de esta

actividad era que los estudiantes reconocieran la mayor cantidad posible de estrellas, mientras el resto del equipo colaboraba desde sus asientos. El grupo que lograba identificar correctamente el mayor número de estrellas recibía 10 puntos, siempre que también proporcionara el dato solicitado de manera precisa. Por ejemplo, al identificar a Betelgeuse, debían mencionar correctamente su tipo espectral, que es M.

Al finalizar, se llevó a cabo una retroalimentación sobre las características de las estrellas vistas durante la actividad, utilizando un formulario. Esta última etapa tuvo una duración aproximada de 35 minutos.

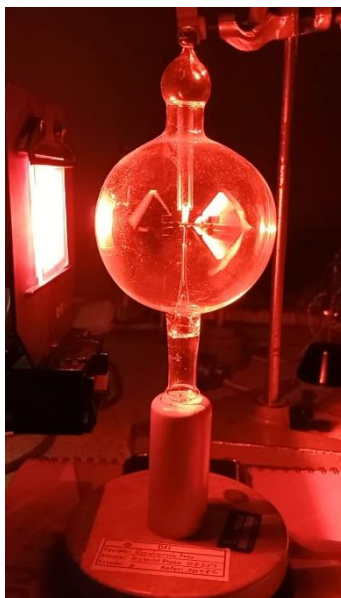
### **Sesión 2:** Relación entre temperatura y color, tamaño y luminosidad de una estrella.

En esta sesión, se pretendía que los estudiantes reconocieran y compararan las características de las estrellas, centrándose en su luminosidad y temperatura, mediante un experimento demostrativo y un juego interactivo de cartas. Desde la perspectiva docente, el objetivo era facilitar la visualización de que la temperatura de las estrellas está asociada a un color característico. A través de este experimento y juego, se busca fomentar en los estudiantes una mayor familiaridad con las propiedades estelares y su relación con aspectos físicos como la temperatura y el tamaño.

Para esta sesión, se definió un sistema de puntuación en el que los equipos pueden alcanzar un máximo de 20 puntos.

**Momento 1:** Se realizó una actividad con una impresión que presentaba dos ondas de distinta frecuencia: una de alta frecuencia y otra de baja frecuencia. Se pidió a los estudiantes que, sobre cada onda, trazaran nuevamente la onda de alta frecuencia en color azul y la de baja frecuencia en color rojo. Además, se les solicitó que respondieran algunas preguntas en un tablero de Canva.

Posteriormente, se discutió la actividad y se presentó un experimento demostrativo que utilizaba un radiómetro de Crookes, una fuente térmica y filtros de colores. En este experimento, se observó que las aspas del radiómetro giraban un poco más rápido con el filtro azul que con el rojo, lo que permitió asociar el fenómeno con lo discutido previamente sobre la temperatura y el color. Después, con la misma fuente y un bombillo, se explicó cómo la luminosidad se relaciona con el tamaño de las estrellas, mostrando que una fuente de luz más grande emite más luz debido a su mayor superficie, en contraste con una fuente más pequeña. Este momento de la sesión tuvo una duración aproximada de 45 minutos.

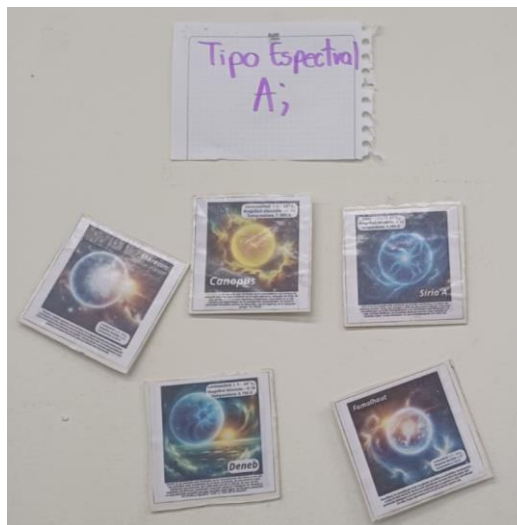


**Figura 14** – Radiómetro de Crookes. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

**Momento 2:** La segunda actividad consistió en entregar a cada equipo seis cartas con información estelar. Se colocaron en distintos puntos del salón hojas con los tipos espectrales trabajados, y cada equipo debía ubicar sus cartas estelares en el lugar adecuado según el tipo espectral correspondiente. Luego, con la ayuda de la ruleta utilizada en la primera sesión, se reforzaron las características de estas cartas mediante una dinámica en la que un miembro de cada equipo debía recoger y llevar la carta solicitada por el aplicativo, como, por ejemplo, una estrella de un color

específico. El equipo que seleccionaba correctamente la característica solicitada ya fuera temperatura, luminosidad o tipo espectral, ganaba 10 puntos AN. Esta fase de la sesión tuvo una duración aproximada de 60 minutos.

Después de finalizada la actividad, se les asignaron 10 estrellas a través de un aplicativo que presentaba las cartas en forma de barajas (ver anexo 4). Junto con papel de colores, se les pidió que recortaran las estrellas al tamaño que consideraran adecuado para la próxima sesión.



**Figura 15** – Estrellas clasificadas según el tipo espectral A, junto con las que los estudiantes consideraron pertenecientes a este tipo. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

### **Sesión 3:** Elaboración del diagrama de clasificación estelar.

El objetivo de esta sesión es que los estudiantes propongan una clasificación de las estrellas basada en criterios propios. A través de esta actividad, se busca que el docente identifique los criterios que los estudiantes utilizan para clasificar las estrellas, poniendo especial énfasis en conceptos como temperatura, luminosidad y tipos espectrales.

Para esta sesión, se definió un sistema de puntuación en el que los equipos pueden alcanzar un máximo de 10 puntos.

**Momento 1:** Para facilitar la comprensión del concepto de longitud de onda, que está relacionado con la ley del desplazamiento de Wien y la temperatura, se decidió elaborar una guía de repaso (ver anexo 5) que se desarrolló durante los primeros 30 minutos de la sesión. Además, se otorgaron 10 puntos R a los equipos que trajeron sus estrellas recortadas de la sesión anterior.



**Figura 16** – Estudiante realizando la guía de repaso. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

**Momento 2:** Para este momento, los estudiantes comenzaron a construir el diagrama recortando y pegando los elementos asignados en papel periódico (anexo 6). A medida que avanzaban, plantearon preguntas sobre las unidades relacionadas con la luminosidad y la temperatura. Para resolver sus dudas sobre las unidades de luminosidad, los intervalos de temperatura y los tipos espectrales, se utilizaron diapositivas, lo que facilitó su progreso<sup>11</sup>. Este proceso se extendió hasta el final de la clase, casi 60 minutos, lo que resultó insuficiente para completar el diagrama, quedando su finalización pendiente para el inicio de la próxima y última sesión.

---

<sup>11</sup> Enlace de las diapositivas para los interesados: <https://acortar.link/37OZmS>



**Figura 17** – Diagrama de clasificación estelar en construcción por el equipo las estrellas del infierno. Nota. Fuente: Elaboración propia.

#### **Sesión 4:** Diagrama HR: ¡Stardust! Clasifica y conquista.

El objetivo de esta sesión es que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos sobre la física de las estrellas para localizar y clasificar estrellas en el diagrama HR, y refuercen ese conocimiento a través de un juego de clasificación estelar llamado *Stardust*. Por su parte, el docente utilizará *Stardust* como herramienta para consolidar el aprendizaje del diagrama HR, con el propósito de reconocer tanto la comprensión del contenido como la motivación de los estudiantes mediante el uso de la gamificación.

Para esta sesión, se definió un sistema de puntuación en el que los equipos pueden alcanzar un máximo de 10 puntos.

**Momento 1:** Repaso de los contenidos abordados, utilizando un aplicativo gamificado conocido como Educaplay (anexo 7). Esta actividad se lleva a cabo durante los primeros 15 minutos.

**Momento 2:** Los estudiantes finalizan la construcción del diagrama, socializan sus ideas y analizan las ventajas de las diferentes construcciones. Se asignan puntos

R por creatividad, facilidad de ubicación de las estrellas y por los elementos físicos utilizados para clasificarlas. Este momento se extiende aproximadamente 50 minutos.

**Momento 3:** Se discute con los grupos en clase de las diferencias observadas en los diagramas creados, junto con las particularidades y ventajas de cada uno, destacando su utilidad en la clasificación de estrellas. Después de esta discusión, se presenta el diagrama de clasificación estelar de Hertzsprung-Russell a través de una diapositiva realizada en Canva.

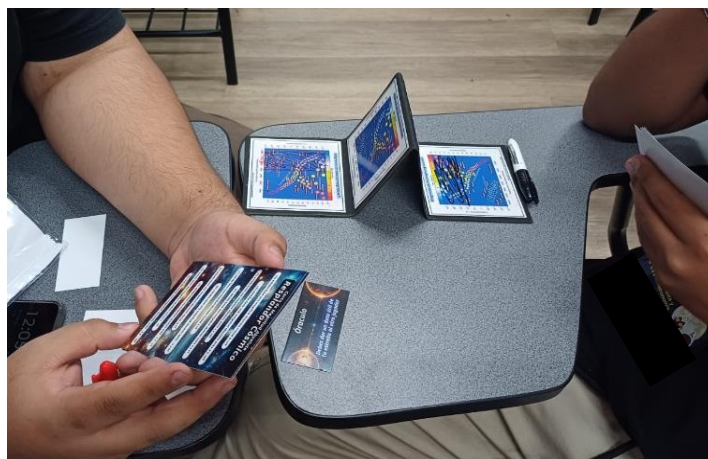
A continuación, se explica cómo cada región del diagrama HR representa distintas etapas evolutivas de las estrellas, relacionando su clasificación con características como luminosidad y tamaño<sup>12</sup>. Se discuten las fases evolutivas específicas, utilizando como ejemplo el Sol y apoyándose en la información de la tabla 5. Finalmente, se establece la relación entre las propiedades físicas y la dinámica estelar, lo que permite comprender el estado evolutivo de las estrellas y dar sentido a las fases por las que atraviesan a lo largo de su vida.

Luego, en grupos, los estudiantes participan en el juego *Stardust* para consolidar el conocimiento adquirido.

*Stardust: ¡Clasifica y conquista!* es una herramienta de gamificación diseñada para consolidar las cualidades físicas de las estrellas al hacer la experiencia de clasificación estelar interactiva y tangible. Este juego motiva a los estudiantes a involucrarse activamente en su aprendizaje, desarrollando habilidades como la toma de decisiones y la formulación de preguntas estratégicas.

---

<sup>12</sup> La organización del diagrama cobra sentido al clasificar desde las estrellas más grandes (tipo Ia), que representan las primeras etapas en la secuencia de clasificación, hasta el tipo VII, donde se encuentran las enanas blancas, prácticamente en la etapa final de su vida. Esta clasificación refleja el ciclo evolutivo de las estrellas, especialmente para aquellas con masas intermedias de entre  $0.5$  a  $9 M_{sol}$ .



**Figura 18** – Estudiantes jugando Stardust. Nota. Fuente: Elaboración propia.

Inspirado en juegos como Batalla Naval, ¿Adivina Quién? y Uno, *Stardust* se juega en parejas y tiene como objetivo que los estudiantes identifiquen la estrella del oponente al ubicarla correctamente en el diagrama de Hertzsprung-Russell (HR). Cada jugador realiza cuatro preguntas estratégicas sobre las características estelares de la estrella del oponente, empleando un mazo de cartas dividido en cuatro categorías: temperatura, luminosidad, magnitud y tipo espectral. Cada categoría permite a los jugadores hacer preguntas específicas sobre una característica de la estrella en cuestión, y también cuentan con un *oráculo*, un comodín que les permite formular una pregunta adicional.

Para ubicar la estrella asignada, los jugadores marcan en uno de los diagramas HR su estrella asignada, en el segundo diagrama, van delimitando las zonas en las que no se encuentra la estrella del oponente según las respuestas obtenidas. Esto les permite ir acotando su búsqueda hasta identificar la ubicación correcta.



**Figura 19** – Diseño del juego Stardust, con sus dos tableros para cada jugador, su mazo de cartas de preguntas junto a su oráculo. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Cada jugador recibe una estrella diferente para descubrir, seleccionada de un conjunto de 30 estrellas únicas. Por ejemplo, si a un jugador le corresponde identificar la estrella del oponente, y esta es Próxima Centauri, deberá encontrar una estrella con una luminosidad de  $1.7 \cdot 10^{-3} L_{\odot}$  (veces la luminosidad solar), una temperatura de  $2760 K$ , una magnitud absoluta de 14.1 y del tipo espectral  $M$  (color rojo, como muestra la figura 20).



**Figura 20** – Carta de la estrella Próxima Centauro. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

A través de preguntas alternadas sobre las características estelares, ambos jugadores avanzan en su búsqueda. El primero en identificar correctamente la estrella del oponente y declarar “¡Stardust!” es el ganador. Para una guía detallada de las reglas del juego, consulte el anexo 8.



**Figura 21** – Mazo de estrellas asignado a los jugadores, con imágenes generadas mediante IA. *Nota.* Fuente Elaboración propia.

### 3.6 Análisis de la intervención:

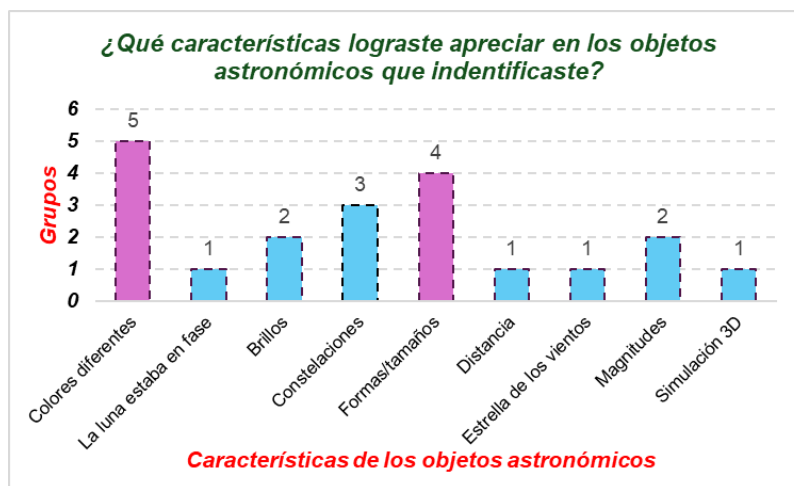
Para analizar las intervenciones, se realizó un análisis de contenido cualitativo de las respuestas de los estudiantes en las cuatro sesiones, así como de las descripciones hechas durante la ejecución de actividades. Este análisis ofrece una síntesis de las interpretaciones de los estudiantes, basada en las reflexiones que realiza la autora sobre los datos obtenidos del trabajo de los cinco equipos (Sanjuán Núñez, 2019).

El objetivo del análisis es identificar y sintetizar los aprendizajes y perspectivas de los estudiantes sobre los temas abordados, describiendo la profundidad de sus interpretaciones y cómo las actividades, implementadas mediante la metodología de gamificación, contribuyeron a su proceso de aprendizaje.

Para preservar el anonimato de los y las participantes, cada estudiante fue identificado dentro de su equipo correspondiente. Los nombres de los equipos fueron: “*Los Polvitos Mágicos Cósmicos*”, “*El Show de las Estrellas del Infierno*”, “*Los Guardianes de Gaia*”, “*Nebulosas Fabulosas*”, y “*Los Estrellados*”.

### 3.6.1 Sesión 1: Acercamiento observacional de las estrellas.

Al finalizar la primera actividad de ubicación de las estrellas, los grupos de estudiantes respondieron dos preguntas clave. A continuación, se presentan los resultados a la pregunta: *¿Qué características lograste apreciar en los objetos astronómicos que identificaste?* A continuación, se muestra la frecuencia de las respuestas más comunes a esta pregunta:



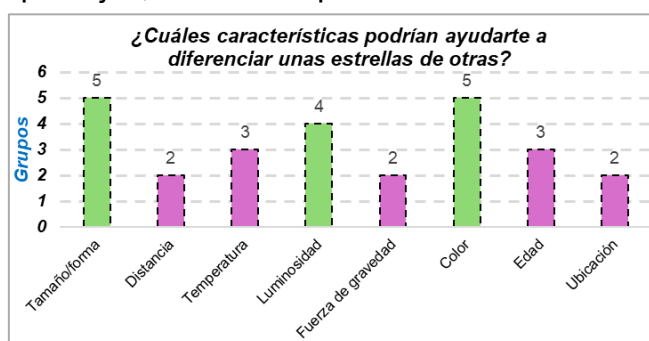
**Gráfica 1.** Característica en los objetos astronómicos observados por los 5 grupos en el aplicativo Star Walk 2.  
Nota. Fuente: Elaboración propia.

La interpretación del gráfico evidencia que la aplicación Star Walk permitió a los 5 grupos de estudiantes diferenciar los colores de los objetos celestes, sobre todo en varias estrellas, lo que es fundamental para la observación astronómica y posterior clasificación de estrellas, teniendo en cuenta estas características físicas como estrellas azules, rojas amarillas, entre otras. Esta característica fue la más destacada por los estudiantes, lo cual indica ser un aspecto astronómico visual relevante.

La percepción de las "formas y tamaños" tuvo 4 menciones. Este reconocimiento sería clave en las sesiones siguientes, donde se discutiría alrededor de este aspecto. En menor medida, 2 estudiantes mencionaron el brillo y la magnitud, lo que indica que algunos lograron captar estas diferencias entre los objetos celestes, pese a que no agregan un significado profundo a ello.

En general, el gráfico refleja que los estudiantes lograron identificar las características más importantes de los objetos astronómicos, como los colores y los tamaños, cumpliendo así con los objetivos iniciales de esta primera sesión.

Por otro lado, con el momento 4, en relación con la pregunta ¿Cuáles de esas características podrían ayudarte a diferenciar unas estrellas de otras? Después de que ubicaran las estrellas alrededor del salón, apoyándose con la aplicación, compitiendo por los puntajes, se obtuvo que:

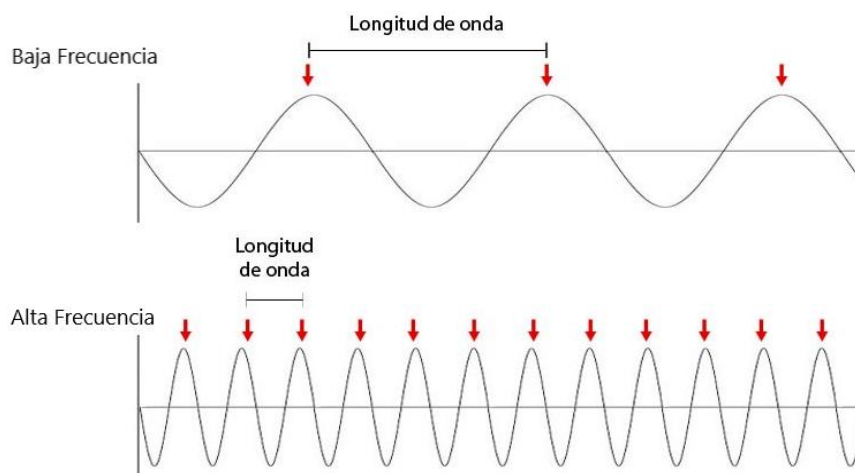


**Gráfica 2.** Características que diferencian las estrellas entre sí, de acuerdo a los estudiantes. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Con base en la actividad y las respuestas obtenidas, se observa que, aunque los estudiantes aún no identifican claramente el concepto de luminosidad, ya reconocen este aspecto en las estrellas, lo cual fue mencionado por cuatro grupos. También destacan el color y el tamaño como características importantes para diferenciar las estrellas, aspectos que se alinean con el objetivo de clasificarlas según estos elementos. Otros aspectos frecuentes incluyen la temperatura y la edad de las estrellas, lo cual facilitará su incorporación en las próximas sesiones al abordar el diagrama de clasificación estelar.

### **3.6.2 Sesión 2: Relación entre temperatura y color, tamaño y luminosidad de una estrella.**

Para relacionar la temperatura con el color, de acuerdo con la actividad propuesta de reteñir las ondas de color azul de mayor frecuencia y de rojo la de menor frecuencia, la cual se observa en la figura 22, se obtuvo las siguientes respuestas:



**Figura 22** – Onda de frecuencia alta y baja. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

**Los polvitos mágicos cósmicos:** *“Al tener más bucles la onda que se retiñeron de color azul hace que tengamos que hacer un mayor esfuerzo en comparación con la roja”*

**El show de las estrellas del infierno:** *“Debimos hacer un mayor esfuerzo con una onda de frecuencia alta, ósea con más bucles porque nos demoramos más retiñéndola que con la onda de color rojo, que no tenía tantos bucles”*

**Los guardianes de la Gaia:** *“La roja era más fácil de reteñir en contraste con la azul, ya que tenía menos bucles.”*

**Nebulosas fabulosas:** *“La onda de frecuencia alta, como la que reteñimos de azul, se percibe que es más difícil de la que tiene menor frecuencia de bucles, que es la que reteñimos de color rojo”*

**Los estrellados:** *“Una es más fluida que la otra, en este caso la roja es más estirada que la azul, la cual es más compacta.”*

A partir de las respuestas de los equipos, se puede concluir que los estudiantes asocian las ondas de alta frecuencia (como la onda azul) con un esfuerzo mayor en su coloreado, debido a la mayor cantidad de bucles o ciclos que deben seguir. Este

esfuerzo adicional representa una percepción intuitiva de mayor energía en la onda azul comparada con la roja, que es más simple de colorear por su menor frecuencia.

Este análisis sugiere una relación fundamental entre el esfuerzo requerido para reteñir una onda y la energía que representa: una mayor frecuencia, como en el caso de la onda azul, implica un mayor esfuerzo para reteñirla y, al mismo tiempo, representa una mayor energía.

Después de esta actividad inicial, se mostró un experimento demostrativo haciendo uso de un radiómetro de Crookes; utilizando una fuente de luz y diferentes filtros de color para observar cómo cada color afectaba el movimiento de las aspas. Al aplicar el filtro azul, las aspas del radiómetro giraron considerablemente más rápido en comparación con el filtro rojo. Este comportamiento pretendió mostrar que los colores tienen una temperatura característica: el color azul, al tener una frecuencia alta, genera una mayor transferencia de energía térmica, lo cual se traduce en un movimiento más rápido de las aspas; en cambio, el rojo, con frecuencia más baja, provoca un movimiento más lento.

Con esta actividad se pudo evidenciar como los estudiantes empezaban a reconocer como la coloración de las estrellas se empezaba a vincular con aspectos de la radiación electromagnética como la frecuencia y con la experiencia del radiómetro pudieron notar que la coloración y la frecuencia de la onda se relaciona con la temperatura de las estrellas.

### **3.6.3 Sesión 3: *Elaboración del diagrama de clasificación estelar.***

Para reforzar la comprensión adquirida en la clase anterior, se implementó una guía de refuerzo (anexo 5) donde los estudiantes relacionan la longitud de onda (la distancia entre crestas) con frecuencias altas y bajas, en línea con la interpretación

de la proporcionalidad según la ley del desplazamiento de Wien. Las respuestas a las preguntas formuladas evidencian cierta apropiación del tema.

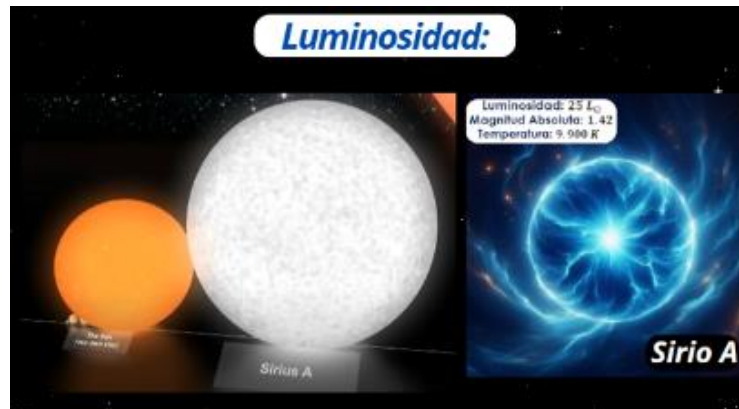
En relación con la pregunta: *Si una estrella emite luz azul, ¿qué podrías decir sobre su temperatura en comparación con una estrella que emite luz roja?*, se observaron respuestas consistentes entre los grupos. El grupo 1 indicó que *"la temperatura de la estrella azul es más alta que la de la roja"* mientras que el grupo 2 respondió: *"la longitud de onda es más corta y su temperatura es más alta"*. En total, 4 de los 5 grupos llegaron a conclusiones similares, reconociendo que las estrellas que emiten luz azul tienen una temperatura mayor que las que emiten luz roja.

En respuesta a la pregunta: *"Si comparamos las longitudes de onda de una estrella de color azul y una roja, ¿qué color tiene una longitud de onda más corta y cuál tiene una longitud de onda más larga?"*, un grupo respondió: *"por lo visto, la más corta es la azul y la más larga será roja,"* mientras que otro grupo afirmó con claridad: *"Corta: azul. Larga: roja."* Los otros tres grupos proporcionaron respuestas en línea con esta afirmación, sugiriendo que el color azul está asociado con una longitud de onda más corta y el rojo con una más larga. Este consenso denota no solo una buena aproximación inicial a la relación entre color y longitud de onda en el espectro visible, sino también una seguridad notable en su conocimiento. Sin embargo, la expresión *"por lo visto"* en una de las respuestas indica que algunos estudiantes pueden sentir inseguridad sobre este concepto, lo que sugiere la necesidad de revisarlo en futuras implementaciones.

En conjunto, los resultados indican que los estudiantes han logrado aproximarse a la comprensión de que el color de las estrellas no solo permite inferir

su temperatura, sino que también se pone en concordancia con principios físicos, como la ley del desplazamiento de Wien.

Para reforzar el concepto de tamaño de las estrellas, se mostraron diapositivas comparando el tamaño de una estrella con otra, y visualizando su luminosidad correspondiente.



**Figura 23.** Luminosidad entre el Sol y Sirius A. *Nota.* Fuente: Adaptado de “Comparando el tamaño de las estrellas.” YouTube, subido por Atrévete a saber, 25 de agosto de 2011.

Se indicó específicamente que podemos pensar en la estrella Sirio A como una fuente puntual de luz con una luminosidad  $L_{\odot}$ , que irradia uniformemente en todas direcciones. Como Sirio A es más grande que el Sol, su superficie también es más extensa, como se puede ver en la figura 6. Dado que la luminosidad se mantiene constante, esto significa que tiene más superficie por la cual irradiar luz. Esta mayor superficie también implica una mayor luminosidad, de acuerdo con la ley de Stefan-Boltzmann.

Hasta este punto, se observó una comprensión parcial de la relación entre la luminosidad y el tamaño de las estrellas. Sin embargo, se evidenció cierta dificultad, especialmente con la notación científica, al referirnos a la luminosidad del Sol como  $10^{-2}L_{\odot}$  y  $10^2L_{\odot}$  en comparación con otras estrellas.

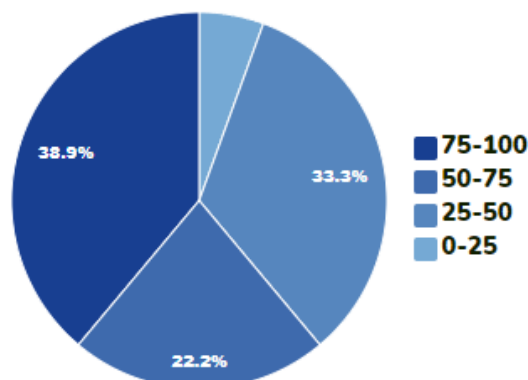
### 3.6.4 Sesión 4: Diagrama HR: ¡Stardust! Clasifica y conquista.

En esta sesión, dimos inicio con una actividad implementada a través del aplicativo Educaplay, los 25 estudiantes participaron en un juego educativo donde respondieron preguntas sobre la clasificación espectral y los colores de las estrellas, con el objetivo de alcanzar la máxima puntuación de 100 puntos.



**Figura 24** - Gamificación en Educaplay para repasar elementos que clasifican las estrellas. *Nota.* Fuente: Elaboración propia en <https://acortar.link/39218V>

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y su interpretación:



**Gráfica 3.** Resultados de la herramienta de gamificación de repaso: Educaplay. *Nota.* Fuente: Adaptado de [https://es.educaplay.com/recursos-educativos/20544237-estrellas\\_y\\_sus\\_caracteristicas.html](https://es.educaplay.com/recursos-educativos/20544237-estrellas_y_sus_caracteristicas.html)

Un 38.9% de los estudiantes obtuvo entre 75 y 100 puntos, lo cual representa que este porcentaje de estudiantes demostraron identificar correctamente las características de las estrellas tipo M (de color rojo) y tipo O (de color azul), lo que sugiere que comprendieron adecuadamente la relación entre el espectro y el color de las estrellas.

Por otro lado, un 33.3% de los estudiantes alcanzó entre 50 y 75 puntos. Este grupo demostró una comprensión moderada del tema, aunque con algunas imprecisiones en sus respuestas. Es posible que estos estudiantes hayan cometido errores específicos, probablemente en preguntas donde se debían relacionar los tipos espectrales con sus colores correspondientes. La puntuación en este rango sugiere que, aunque tienen un conocimiento general, pueden necesitar un refuerzo adicional para consolidar la precisión en la clasificación de los tipos espectrales.

Un 22.2% de los estudiantes se situó en el rango de 25 a 50 puntos, lo que indica que presentan dificultades para identificar con claridad los colores y tipos espectrales de las estrellas. Este grupo de estudiantes podría haber confundido los colores asignados a cada tipo espectral, lo cual sugiere una comprensión parcial del tema. Para ellos, una revisión o actividad complementaria podría ser beneficiosa, enfocándose en reforzar la relación entre el color visible de las estrellas y su clasificación espectral.

Finalmente, un 5.6% de los estudiantes obtuvo entre 0 y 25 puntos, lo que evidencia una comprensión limitada de los conceptos. Actividades adicionales que impliquen observación y comparación podrían ayudar a estos estudiantes a asimilar mejor los conceptos.

Los resultados reflejan que la mayoría de los estudiantes alcanzaron una adecuada comprensión sobre la clasificación de estrellas según su color y tipo espectral. No obstante, los resultados de los grupos con puntajes intermedios y bajos sugieren áreas de mejora, especialmente en la precisión al asociar colores específicos con los tipos espectrales de estrellas como las de tipo M y O. Estas

observaciones ofrecen una oportunidad para ajustar y enriquecer futuras actividades de aprendizaje en este tema.

Después del repaso, se siguió con la construcción correspondiente del diagrama de clasificación estelar que inició en la sesión 3. Se obtienen 5 diagramas muy diferentes que se presentan en los anexos, pero se destacan principalmente dos a continuación:



**Figura 25.** Diagrama de clasificación estelar “El show de las estrellas del infierno”. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

El grupo “*el show de las estrellas del infierno*”, logró crear una representación visual atractiva al organizar las estrellas sobre un fondo que simula el cosmos, evidenciando así el contexto del espacio interestelar.

En primer lugar, los estudiantes clasificaron las estrellas en función de su temperatura y color en el eje horizontal del diagrama, siguiendo la secuencia cromática que va desde el rojo (temperaturas más bajas) hasta el azul (temperaturas más altas). Esta disposición refleja su comprensión de la relación entre la temperatura de una estrella y su color: los tonos rojizos y anaranjados representan temperaturas bajas, mientras que los tonos azulados y blancos indican temperaturas elevadas. Al

incluir una barra de colores con las letras M, K, G, F, A, B y O, los estudiantes también ilustraron el orden de los tipos espectrales, desde las estrellas más frías hasta las más calientes.

Además, en el eje vertical, organizaron las estrellas según su luminosidad, colocando las más brillantes en la parte superior y las menos luminosas en la inferior. Variando el tamaño de los círculos de acuerdo con la luminosidad de cada estrella, demostraron que las estrellas más luminosas tienden a ser de mayor tamaño. Por ejemplo, "Rigel" y "Sirio", que son grandes y luminosas, se situaron en posiciones destacadas con círculos de mayor tamaño, mientras que el Sol y las estrellas rojas se representaron con círculos más pequeños en posiciones inferiores, como Próxima Centauri.

En conjunto, este diagrama permite observar cómo los estudiantes comprenden la interrelación entre temperatura, color y tamaño, y cómo estos factores contribuyen a la clasificación de las estrellas. A través de esta actividad, los estudiantes mostraron cómo entienden la clasificación estelar a sus compañeros y la relación entre el color de una estrella y su temperatura superficial asociada, así como el tamaño que está relacionado con su luminosidad, interpretación que, desde luego, se aproxima adecuadamente a la clasificación estelar en el diagrama H-R.



**Figura 26.** Diagrama de clasificación estelar "Los polvitos mágicos cósmicos" Nota. Fuente: Elaboración propia.

En este segundo diagrama, el equipo "*Los Polvitos Mágicos Cósmicos*" ha organizado las estrellas dentro de un círculo dividido en 6 secciones, sugiriendo que cada sector representa seis tipos espectrales. Cada estrella fue asociada con su temperatura y luminosidad: por ejemplo, a Betelgeuse se le asignó baja temperatura y alta luminosidad, junto con su respectiva equivalencia en potencia de 10, que indica cuán luminosa es en comparación con el Sol.

Adicionalmente, el equipo asignó un porcentaje que representa la cantidad de estrellas de diferentes colores. Según su clasificación, las estrellas rojas y amarillas corresponden a un 20% del total de estrellas, lo que refleja el porcentaje de las diez estrellas asignadas que fueron ubicadas en el diagrama circular.

En la parte derecha del diagrama, las estrellas están organizadas de forma descendente según su temperatura. Esta disposición coincide con la estructura del diagrama circular, donde las secciones superiores albergan las estrellas de temperaturas altas (azules y blancas), mientras que las inferiores contienen las de temperaturas más bajas (rojas y amarillas). También se incluyó la temperatura correspondiente a cada uno de estos intervalos.

Este diagrama evidencia que los estudiantes diseñaron una disposición en círculo, dividido en secciones para representar visualmente la clasificación estelar de forma proporcionada, para entender las diferencias de propiedades entre las estrellas teniendo en cuenta su color.

El uso de porcentajes en la distribución de las estrellas asignadas permite visualizar la diversidad y predominancia de ciertas características estelares, como la temperatura y luminosidad. Al asignar un 20% a las estrellas rojas y amarillas en comparación con el total de estrellas clasificadas, los estudiantes demuestran su capacidad para relacionar visualmente las propiedades espectrales con la realidad observable.

Para concluir la sesión y toda la implementación, se presentó una última propuesta de gamificación titulada Stardust. Esta propuesta fue desarrollada en equipos, quienes jugaron utilizando el material que se muestra a continuación:



**Figura 27.** Diagrama H-R versión gamificada por Stardust. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.



Como resultado, se generaron más preguntas relacionadas con la magnitud absoluta, el número entero que aparece en el lado derecho del diagrama, lo que también permite clasificar la luminosidad de las estrellas. Un buen porcentaje de estudiantes planteó con seguridad las posibles ubicaciones de la estrella del

oponente, a partir de las cuatro preguntas que podían hacer sobre su localización. Lograron identificar secciones significativas del diagrama para localizar la estrella en cuestión. Los estudiantes recordaban fácilmente las características de las estrellas mencionadas por sus oponentes; como ellos mismos decían durante el desarrollo del juego: *“Claro, Próxima Centauri era roja y pequeña, debía estar ubicada en la parte inferior del diagrama”*.

Además, mostraron una buena estrategia al formular sus preguntas. Como ya conocían los intervalos, se dieron cuenta de que una forma fácil de descubrir la estrella del oponente era descartando grandes secciones de intervalos de colores. Por ejemplo, mencionaron que podían eliminar todas las estrellas del tipo espectral F, lo que les permitía descartar la mitad del diagrama. Lo mismo ocurrió con la luminosidad, donde decidieron descartar todas las estrellas más luminosas o todas las menos luminosas.

Los estudiantes demostraron un especial interés por las regiones que se formaban en el diagrama a medida que avanzaban en el juego, lo que les abrió la posibilidad de indagar sobre un tema que se había mencionado en la primera sesión para clasificar estrellas: la evolución estelar.

Finalmente, se hizo una última encuesta, en la cual se muestran los comentarios ante esta última estrategia de gamificación:

17. ¿El juego final (inspirado en batalla naval) te ayudó a aplicar los conocimientos de una manera divertida? ¿El juego te permitió usar lo que aprendiste de forma divertida o se sintió desconectado de los temas?  

10 Respuestas

5	LEIDY MILENA CASTRO VARGAS	Me ayudó comprender de forma divertida el diagrama.
6	LEIDY JOHANNA SANTANA CHALAPUD	Me ayudó comprender de forma divertida el diagrama.
7	CRISTIAN MATEUS ACOSTA	Me ayudó comprender de forma divertida el diagrama.
8	LAURA MELISSA ANZOLA MUNOZ	Me ayudó comprender de forma divertida el diagrama.
9	SOFIA ALEJANDRA CAMARGO HENAO	Además de ayudar a aprender de forma divertida, me pareció super original. 10/10 de verdad 🥰🥰🥰

**Gráfica 4** - Comentarios al respecto de la aplicación de Stardust. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

La gran mayoría de los estudiantes (90%) consideraron que el juego fue útil y divertido para entender el diagrama, lo cual sugiere que el juego cumplió con su propósito educativo de reforzar los conocimientos de una manera entretenida. Solo una pequeña minoría (10%) eligió "Otras" como respuesta, lo cual podría reflejar una experiencia diferente o una observación adicional sobre la actividad.

En este punto, es importante destacar que esta herramienta de gamificación se presentó en dos escenarios adicionales como un medio para familiarizar a estudiantes de cualquier edad con el diagrama de clasificación estelar de Hertzsprung-Russell. La actividad se llevó a cabo en el Salón de la Ciencia, evento desarrollado de forma anual en el Departamento de Física, y en el 12º Congreso Nacional de la Enseñanza de la Física y la Astronomía, donde fue bien recibida. Los participantes reconocieron las características que permiten clasificar las estrellas. Este juego ha demostrado ser fácilmente reproducible, lo que lo convierte en un recurso indiscutible para acercar a los estudiantes al estudio de las estrellas y consolidar su conocimiento de la física subyacente.



**Figura 28** - Stardust en el 12° Congreso de la Enseñanza de la Física y la Astronomía. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Los puntajes que obtuvieron los equipos, en cada una de las sesiones, junto con las insignias alcanzadas se observan en la tabla 10:

Nombre equipo:	Sesión 1:	Sesión 2:	Sesión 3:	Sesión 4:	Puntaje final:	Insignias:
Los polvitos mágicos cósmicos	60	20	10	10	100	Explorador cósmico Navegante de la vía Láctea Maestro de Supercúmulos
El show de las estrellas del infierno	60	10	6	10	86	Explorador cósmico Navegante de la vía Láctea
Los guardianes de la Gaia	50	20	8	6	84	Explorador cósmico Navegante de la vía Láctea
Nebulosas fabulosas	45	15	10	8	78	Explorador cósmico Navegante de la vía Láctea
Los estrellados	50	20	10	10	90	Explorador cósmico Navegante de la vía Láctea

**Tabla 10** – Puntajes de los estudiantes en la última sesión junto con las insignias adquiridas. *Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Las sesiones se llevaron a cabo con éxito, cumpliendo de manera adecuada los objetivos propuestos para cada sesión. Cada una ofreció un enfoque pertinente a la física que subyace en el diagrama HR, abordando la relación entre la temperatura y el color, la luminosidad y el tipo espectral. Las actividades se realizaron de forma secuencial y con entusiasmo por parte de los estudiantes, quienes en general consideraron las actividades agradables y adecuadas para aprender sobre las estrellas y su clasificación.

La última sesión permitió detallar que muchas estrellas pertenecen a un grupo denominado *secuencia principal*, lo cual despertó el interés de los estudiantes, quienes comprendieron que el diagrama HR no solo organiza las estrellas, sino que también revela *las etapas evolutivas de las mismas*. De esta manera, los estudiantes captaron que la mayoría de las estrellas en el cielo se encuentran en la secuencia principal, mientras que solo un pequeño porcentaje pertenece a otros grupos. Esto abre la posibilidad de, en futuras implementaciones, profundizar en la evolución estelar de estrellas de masas intermedias, como el Sol, e introducir el concepto de magnitud absoluta, que fue el único elemento que faltó integrar.

En definitiva, las sesiones permitieron abordar las relaciones físicas en la dinámica de las estrellas a través del diagrama de Hertzsprung-Russell, logrando involucrar a estudiantes de diferentes programas e intereses en el estudio de la física estelar. De este modo, se pudo responder a la pregunta "*¿Clasificación estelar?*" y avanzar hacia una comprensión más profunda de la física que, más allá de clasificar los puntos luminosos del cielo, permite conocer las etapas evolutivas de las estrellas en el firmamento.

## Reflexiones finales

El estudio de las características de las estrellas, tal como se representa en el diagrama de clasificación estelar de Hertzsprung-Russell, ofrece al docente un marco sólido para desarrollar la propuesta de aula, facilitando un acercamiento a las propiedades físicas de las estrellas, un tema que ha fascinado desde la antigüedad y continúa despertando el interés y curiosidad de los estudiantes.

La implementación de metodologías como la gamificación permite a los estudiantes explorar conceptos físicos de manera significativa, sin la necesidad de seguir un temario rígido. En su lugar, actividades gamificadas y análogas facilitan una interacción sensorial, en la que los estudiantes participan activamente a través de actividades físicas, mientras herramientas tecnológicas fomentan la competencia sana y el aprendizaje orientado a objetivos. Por ejemplo, el uso de cartas analógicas con datos sobre diferentes tipos de estrellas, distribuidas estratégicamente en el aula, ofrece a los estudiantes una experiencia tangible, ayudándoles a comprender que las estrellas no son simples puntos de luz en el cielo, sino objetos con características específicas que pueden explorarse.

La propuesta de aula permitió que los estudiantes conectaran las experiencias vividas en el salón con observaciones del cielo, utilizando el software Star Walk 2 en la primera sesión. Según la experiencia vivida, esta herramienta motivó a los estudiantes a reflexionar sobre la observación astronómica y a desarrollar habilidades de análisis que fueron recompensadas mediante puntos e insignias, brindando una retroalimentación positiva basada en sus respuestas y observaciones.

Durante las sesiones, el uso de recursos apoyados por inteligencia artificial (IA) y el diseño atractivo de diapositivas e interacciones en plataformas como Educaplay

y Canva incrementaron la motivación de los estudiantes. Estos recursos añadieron identidad a cada dinámica, especialmente a través del diseño de "Stardust," un juego que capturó la atención de los estudiantes desde el principio. Esta participación entusiasta evidenció cómo las herramientas visuales y tangibles enriquecen la comprensión de las tareas necesarias para avanzar en el juego, facilitando el uso de conocimientos previos para abordar las actividades propuestas.

El juego de consolidación del diagrama HR, "Stardust," cumplió con las expectativas al sintetizar y presentar el diagrama que los astrónomos utilizan para clasificar las estrellas. A través de este juego, se mostró cómo un diagrama de clasificación estelar puede construirse integrando conceptos trabajados desde la primera sesión, como el color de las estrellas (relacionado con su temperatura) y el tamaño (asociado a su luminosidad). Esto facilitó la presentación del diagrama de clasificación estelar, especialmente en lo referente a la relación entre luminosidad, tipo espectral y temperatura.

La propuesta de aula abre la puerta a futuras investigaciones que permitan aproximar en temas como la evolución estelar y la magnitud absoluta, aspectos que despertaron especial interés pero que, por cuestiones de tiempo, no pudieron ser abordados en esta propuesta. Incluir estos temas fortalecería la propuesta de aula y brindaría la oportunidad de desarrollar una nueva planificación basada en la metodología de gamificación para abordarlos.

## Referencias

- Ayala, M. M. (2006). *Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos*. Bogotá.
- Bachiller, R. (2020). La clasificación de estrellas. *Hitos de la astronomía*, 1-4.
- Basto, A. (2018). Modelización del día y la noche: Experiencia con el grado quinto del colegio José Antonio Galán.
- Battaner, E. (1999). *Introducción a la Astrofísica*. Madrid, Torrejon de ardoz, España: Alianza Editorial.
- Beltran, J. H. (2012). *Origen y Evolución del Concepto de Universo: Una Aproximación a los Lineamientos de Astronomía como Asignatura de la Educación Media*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
- Biasi, M. S. (2016). *Aprendiendo estrategias para enseñar Astronomía*.
- Camino, N. (1999). Sobre la Didáctica de la Astronomía y su Inserción en EGB. *Enseñar ciencias naturales*, 143-173.
- Camino, N. (2011). La didáctica de la astronomía como campo de investigación e innovación educativas. *I Simpósio Nacional de Educação Em Astronomia—Rio de Janeiro*, 1-13.
- Camino, N., Nardi, N., Pedreros, R., Garcia, E., & Castiblanco, O. (2016). Retos de la enseñanza de la astronomía en Latinoamérica. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 11(1), 5-6.
- Cardona Torres, P. (2023). *¿Astrofísica en la escuela?: Una propuesta para la enseñanza de la física de agujeros negros en la educación media*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá D.C.
- Cardona, J. A. (2017). *Proyecto de aula para la clasificación química y física de estrellas en el marco de la EPC a través del SLOAN DIGITAL SKY SURVEY*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Casadiegos, G. (2020). *¿Cómo comenzar a enseñar astronomía en mis clases? – AstroPáramo*.
- DUARTE, G. L. (2018). *FORTALECIMIENTO DE LAS HABILIDADES CIENTÍFICAS EN LOS ESTUDIANTES DE GRADOS PRIMERO, CUARTO Y QUINTO DE BÁSICA PRIMARIA PARA LA COMPRESIÓN DEL MUNDO NATURAL*.
- Garnica, I. L. (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*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá D.C.
- Garrido, M. F. (2003). *Formación basada en las Tecnologías de la Información y Comunicación: Análisis didáctico del proceso de enseñanza-aprendizaje*.
- Goss, J. (2024). Escala de Magnitudes. Astronomical league.
- Jara Ramírez, M., & Montoya Bedoya, Á. (2022). Metodología Activa: Gamificación. En *Estrategias pedagógicas innovadoras* (págs. 246-267). SedUnac Corporación Universitaria Adventista.

- Kaler, J. (2006). Stars and their spectra an introduction to the spectral sequence. Cambridge, Universidad de Cambridge.
- Lewysoler, R. (2015). Diagrama de Herzprung-Russell. Astro - Asociación Salvadoreña de Astronomía.
- Marczewski, A. (2013). Gamification: A simple introduction. *SCIRP*.
- Mcgonigal, J. (2011). Reality is broken. *United Kingdom: Jonathan Cape*.
- Meléndez Martínez, J. (23 de Junio de 2017). Física II. Relación 4: Orígenes de la Mecánica Cuántica. Madrid, España: Paraninfo.
- MEN, M. d. (1998). *Serie lineamientos curriculares*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). Estos Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Revolución Educativa.
- Molinari, L. (2021). Gamificación en el Aula. Uruguay.
- Monserrat, J. B. (2000). *La Astronomía en la escuela primaria: Una perspectiva didáctica para el trabajo en el aula*.
- Ortigosa, J. (29 de Octubre de 2004). El Diagrama H-R. Ciudad de México, México: Lo grande del Universo.
- Pedrerros, R. (2019). La astronomía y su enseñanza en la Educación Básica y Media.
- Pulido, A. C. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA V.1) Ciencias Sociales*.
- Pulido, P. A., Toro, A. O., & Quintero, S. H. (s.f.). *Derechos Básicos de Aprendizaje DBA V.1*.
- Razkin, U. (16 de Enero de 2020). Annie Jump Cannon: Los ojos que nunca se cansaron de mirar el cielo. Bilbao, España: Blog de la Cátedra de Cultura Científica de la Universidad del País Vasco y Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Rodríguez, L. F. (2020). *El nacimiento de las estrellas*. Obtenido de Conocimientos en línea, Astronomía: <https://colnal.mx/wp-content/uploads/2020/01/El-Nacimiento-de-las-Estrellas.pdf>
- Sanjuán Núñez, L. (2019). *El análisis de datos en investigación cualitativa*. Barcelona: Oberta UOC Publishing, SL.
- Scassa, A. M. (2019). *La enseñanza de la astronomía, un gran ausente*.
- Venero, R. O. (2020). La temperatura de las estrellas. La plata, Argentina: Colegio Nacional (UNLP).
- Werbach, K. (2012). For the win: How game thinking can revolutionize your business. *Pennsylvania: Wharton Digital Press*.

### Anexos

#### Anexo 1.



Puntos e insignias. Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la IA Copilot.

## Anexo 2.



Una curiosidad interesante sobre *Betelgeuse* es que es una de las estrellas más grandes conocidas en nuestra galaxia. Su diámetro es aproximadamente 1.400 veces mayor que el del Sol. Si *Betelgeuse* se colocara en el centro de nuestro sistema solar, su superficie se extendería más allá de la órbita de Júpiter, casi alcanzando la órbita de Saturno.



*Polaris* o *Polar*, es famosa por ser la estrella polar norte, lo que significa que está casi exactamente sobre el eje de rotación de la Tierra, y por lo tanto parece fija en el cielo nocturno mientras las demás estrellas giran a su alrededor.



*Mirphak*, también conocida como Alfa Persei, es la estrella más brillante en la constelación de Perseo y una de las más luminosas y masivas conocidas dentro de su región del espacio.



*Deneb* es la estrella más brillante en la constelación del Cisne y una de las estrellas más luminosas en el cielo nocturno. Se encuentra a una distancia aproximada de 1.400 años luz de la Tierra. Es una de las esquinas del famoso asterismo conocido como el Triángulo de Verano y es una estrella variable del tipo variable Alfa Cygni. Su nombre proviene del árabe y significa "cola" o "cola de un animal".



*Spica* es la estrella más brillante en la constelación de Virgo y una de las estrellas más brillantes en el cielo nocturno. Es una estrella binaria cercana, con dos estrellas que orbitan muy cerca una de la otra. Su nombre proviene del latín y significa "espiga" o "mazorca", haciendo referencia a su asociación con la diosa de la cosecha, Virgo.



*Sirio A* es la estrella más brillante en el cielo nocturno y es parte del sistema estelar *Sirio*, que incluye a *Sirio B*, una enana blanca. *Sirio A* es conocida por su brillo deslumbrante y su tonalidad azul-biancuzca. Es una estrella binaria y es el quinto sistema estelar más cercano al sistema solar, a una distancia de aproximadamente 8.6 años luz.

### Anexo 3.

La estrella de mayor temperatura

Una estrella de temperatura menor a 30.000 kelvin

Betelgeuse

Una estrella de color verde

La estrella con menor temperatura

Una estrella de luminosidad 100 veces la del sol

Una estrella de magnitud absoluta mayor a 2

Una estrella de tipo espectral O

Una estrella de tipo espectral M

Una estrella de temperatura mayor a 3.000 kelvin

☆
Mis Ruletas (1)
>

*Nota. Fuente: Adaptado de <https://app-sorteos.com/es/apps/la-ruleta-decide?hash=68VZOD>*

### Anexo 4.

*Nota. Fuente: Adaptado de <https://wordwall.net/es/resource/78803948/sin-t%c3%adtulo5>*

## Anexo 5.



Universidad Pedagógica Nacional Facultad de Ciencia y Tecnología  
Licenciatura en Física

Docente en formación: Jessica Restrepo  
Clasificación estelar  
Estrellas y astrofísica

Nombre estudiante:

---



---

Integrante del grupo:

---



---

### El Viaje de un Astronauta a través del Cosmos

Imagina que eres un astronauta a punto de embarcarte en una misión extraordinaria. Tu nave espacial está equipada con los instrumentos más avanzados de la humanidad, y tu objetivo es viajar más allá de nuestro sistema solar, explorando las estrellas. Al mirar por la ventana, ves un espectáculo impresionante: algunas estrellas brillan intensamente en tonos azules, otras destellan en suaves colores rojizos y algunas más parecen tener un resplandor dorado. No son simples puntos de luz; son enormes esferas de plasma que viven, evolucionan y, algún día, morirán.

Mientras te acercas a una estrella de color azul brillante, los instrumentos de tu nave comienzan a registrar datos sorprendentes: la temperatura de esta estrella es increíblemente alta, mucho más que las estrellas que habías visto en el trayecto. Te preguntas: *¿Qué significa ese color?* ¿Por qué algunas estrellas son rojas, otras amarillas y otras azules? ¿Qué pueden decirnos estos colores sobre la vida de una estrella e incluso su muerte?

Durante tu misión, vas aprendiendo que no todas las estrellas son iguales. Sus colores no solo decoran el cielo nocturno, sino que nos cuentan una historia fascinante sobre su temperatura, su tamaño y el tipo de combustión que está ocurriendo en sus núcleos.

Tu viaje cósmico se convierte en una lección sobre la física más espectacular que existe: ¡la vida y la muerte de las estrellas! Y ahora, estás listo para desentrañar los secretos del cosmos, aprender cómo los científicos han clasificado las estrellas y cómo estos puntos de luz nos ayudan a entender el universo.



### ACTIVIDAD 1:

1. Medir la longitud de onda  $\lambda$  desde cada cresta de las dos ondas con frecuencias diferentes. Registra las medidas correspondientes en el lado derecho de los recuadros.

#### Medida de cresta a cresta con frecuencia baja (Onda roja)

Medida 1:

Medida 2:

#### Medida de cresta a cresta con frecuencia baja (Onda azul)

Medida 1:

Medida 2:

Medida 3:

Medida 4:

Medida 5:

Medida 6:

Medida 7:

Medida 8:

2. Luego de tomar las medidas, responder las siguientes preguntas:

#### Medición de longitudes de onda

¿Qué longitud de onda mediste para la onda roja?

¿Qué longitud de onda mediste para la onda azul?

¿Cuál de las dos ondas tiene una longitud de onda más corta? ¿Cuál es más larga?	
--	--

(azul), ¿esperarías que sea más fría o caliente que una estrella que emite luz de longitud de onda larga (roja)?	
--	--

<b>Relación entre color y longitud de onda:</b>	
Si comparamos las longitudes de onda, ¿qué color tiene una longitud de onda más corta y cuál tiene una longitud de onda más larga?	

## ACTIVIDAD 2:

Basándonos en las 10 estrellas asignadas a tu equipo, debes clasificar las estrellas considerando los siguientes aspectos:

<b>Relación entre color y temperatura:</b>	
Sabemos que las estrellas emiten luz de diferentes colores. Si las estrellas rojas tienen una longitud de onda más larga y las azules una más corta, ¿qué relación crees que podría haber entre la longitud de onda y la temperatura de la estrella?	
Las estrellas azules son más calientes que las estrellas rojas. ¿Cómo podrías relacionar la longitud de onda que mediste con la temperatura de las estrellas?	

<b>Nombre estrella:</b>			
Tipo espectral	Temperatura (Intervalos)	Magnitud Absoluta	Luminosidad

<b>Nombre estrella:</b>			
Tipo espectral	Temperatura (Intervalos)	Magnitud Absoluta	Luminosidad

<b>Nombre estrella:</b>			
Tipo espectral	Temperatura (Intervalos)	Magnitud Absoluta	Luminosidad

<b>Nombre estrella:</b>			
Tipo espectral	Temperatura (Intervalos)	Magnitud Absoluta	Luminosidad

<b>Deducción sobre la temperatura:</b>	
Si una estrella emite luz azul, ¿qué podrías decir sobre su temperatura en comparación con una estrella que emite luz roja?	
A partir de lo que observaste con las longitudes de onda, ¿crees que las estrellas con luz azul son más calientes que las estrellas con luz roja?	

<b>Nombre estrella:</b>			
Tipo espectral	Temperatura (Intervalos)	Magnitud Absoluta	Luminosidad

<b>Aplicación a las estrellas:</b>	
Si observamos una estrella que emite luz de longitud de onda corta	

<b>Nombre estrella:</b>			
Tipo espectral	Temperatura (Intervalos)	Magnitud Absoluta	Luminosidad

Nombre estrella:			
Tipo espectral	Temperatura (Intervalos)	Magnitud Absoluta	Luminosidad

Nombre estrella:			
Tipo espectral	Temperatura (Intervalos)	Magnitud Absoluta	Luminosidad

Nombre estrella:			
Tipo espectral	Temperatura (Intervalos)	Magnitud Absoluta	Luminosidad

Nombre estrella:			
Tipo espectral	Temperatura (Intervalos)	Magnitud Absoluta	Luminosidad

**Ejemplo:**

Los estudiantes podrían dibujar un grupo de estrellas con colores distintos, representando su temperatura. La estrella roja estaría en una esquina, pequeña y calmada. Luego, habría estrellas naranjas, amarillas, blancas y finalmente una estrella azul intensa en el centro del dibujo, irradiando rayos cortos y brillantes para representar la alta energía de su luz. Podrían utilizar líneas onduladas para mostrar las diferentes longitudes de onda que emiten, con ondas largas para las estrellas rojas y ondas más cortas para las azules.



**¡RECORDATORIO!**

Las estrellas azules son más calientes que las estrellas rojas porque la luz que emiten tiene una longitud de onda más corta.

**ACTIVIDAD 3:**

Utiliza tu creatividad para crear una obra que represente uno de los conceptos que más te haya gustado sobre las estrellas. Puedes elegir entre hacer un dibujo, escribir un cuento o un poema o cualquier otra forma de expresión artística que prefieras. Lo importante es que tu obra logre capturar y comunicar de manera original lo que has aprendido sobre las estrellas, ya sea su color, temperatura, tipo espectral, o cualquier otro concepto que te haya impresionado.

*¡Explota tu imaginación y haz que tu obra brille tanto como una estrella!*



**Luz visible**

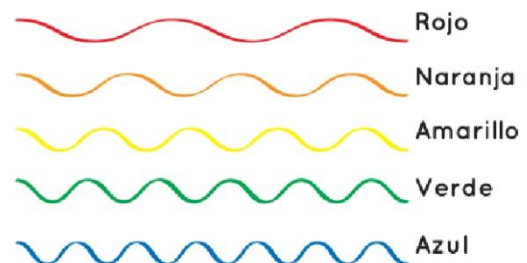
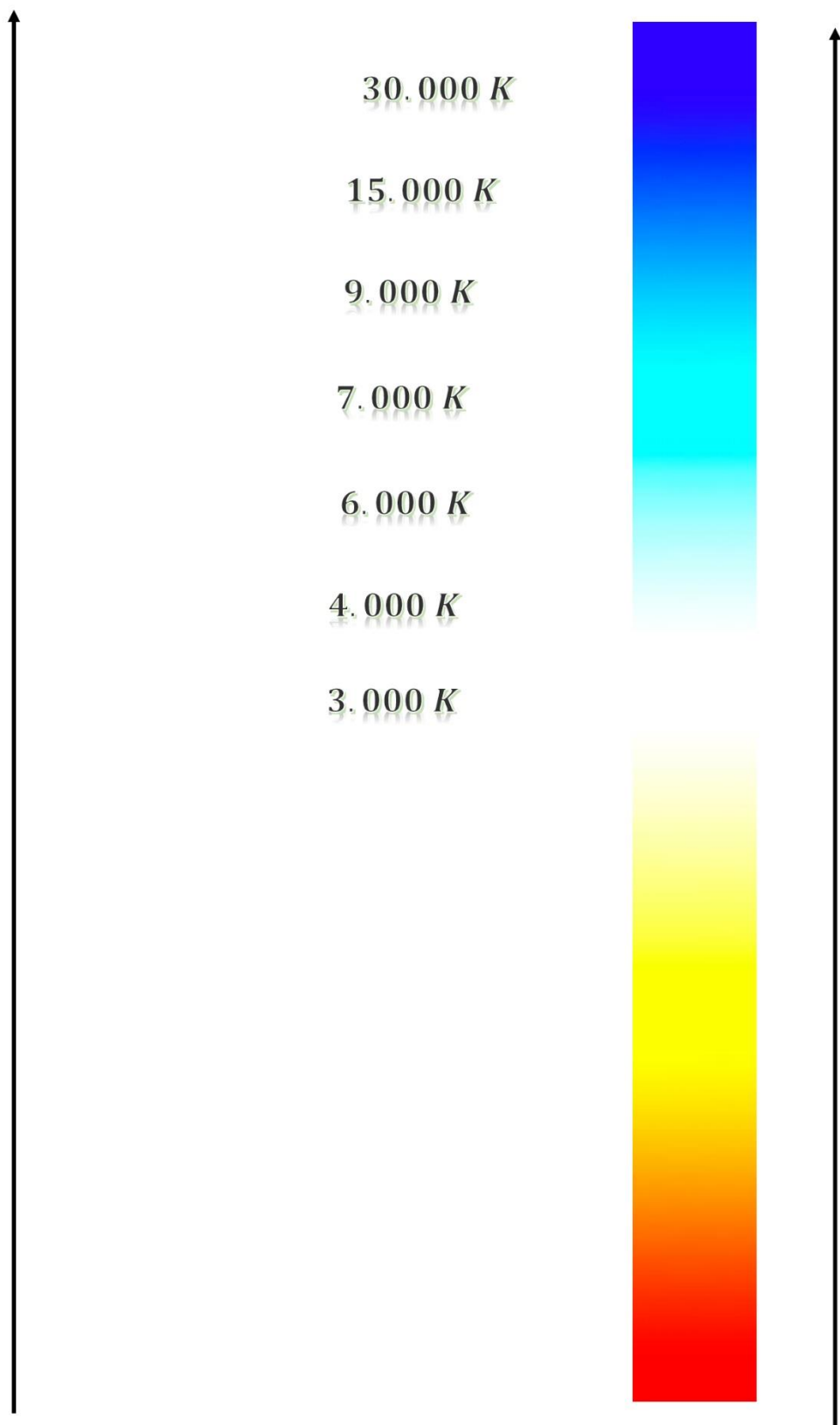


Imagen tomada de:

<https://spaceplace.nasa.gov/blue-sky/sp/>

A menor longitud de onda, la energía de la luz es mayor, lo que se traduce en una temperatura más alta. Las estrellas que emiten luz en longitudes de onda más cortas (como las azules) tienen una energía más elevada, lo que indica que están más calientes. En cambio, las estrellas rojas, con longitudes de onda más largas, emiten luz menos energética y, por lo tanto, tienen una temperatura más baja.

Anexo 6.



$10^{-3}$  $10^{-4}$  $10^5$  $10^3$ 

10

 $10^{-1}$  $10^4$  $10^2$ 

1

 $10^{-2}$ 

Baja  
temperatura

Baja  
luminosidad

Alta  
temperatura

Alta  
luminosidad

# Temperatura

# Luminosidad

**O****B****A****F****G****K****M**

28.000 – 50.000 K

10.000 – 28.000 K

7.500 – 10.000 K

6.000 – 7.500 K

5.000 – 6.000 K

3.500 – 5.000 K

2.500 – 3.500 K

## Anexo 7:

### Estrellas y sus características

★★★★★ (4)



Este cuestionario pretende reconocer el conocimiento de los estudiantes sobre los tipos espectrales de las estrellas (O, B, A, F, G, K, M) y su relación con la temperatura y el color. A través de preguntas de selección múltiple, los estudiantes deberán identificar las características de cierto tipo estelar. La actividad busca reforzar conceptos clave de la astrofísica estelar de manera interactiva y desafiante.

matemáticas universidad física básica estrellas astronomía, matemáticas

Edad recomendada: 15 años

18 veces realizada

Creada por



Jessica Restrepo

Top 10 resultados			
1	<b>Johanna Santana</b> <small>30 de Septiembre de 2024</small>	<b>03:01</b> TIEMPO	<b>93</b> PUNTAJACION
2	<b>Saray</b> <small>30 de Septiembre de 2024</small>	<b>05:22</b> TIEMPO	<b>93</b> PUNTAJACION
3	<b>Jessica Restrepo</b> <small>29 de Septiembre de 2024</small>	<b>02:13</b> TIEMPO	<b>87</b> PUNTAJACION

Nota. Fuente: Adaptado de: <https://es.educaplay.com/recursos-educativos/20544237-estrellas-y-sus-caracteristicas.html>

## Anexo 8.

### Materiales y/o recursos del juego:

El juego "Stardust" se compone de tres tipos de cartas, cada una con un propósito específico para enriquecer la experiencia del juego:

**Tabla 1:**

Función de las cartas de Fusión Resplandeciente.

<b>Cartas de Fusión Resplandeciente:</b>	Estas cartas son el corazón del juego y contienen toda la información relevante de la estrella asignada a cada jugador.
--	---

Nota. Fuente: El autor.

**Ilustración 1:**

Cartas de Fusión Resplandeciente.



Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 2:**

Función de las cartas de Oráculo.

<b>Oráculo:</b>	Funcionan como cartas de la fortuna dentro del juego, ofreciendo ayudas adicionales para avanzar.
-----------------	---

Nota. Fuente: El autor.

**Ilustración 2:**

Cartas de Oráculo.



Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 3:**

Función de las Cartas de Categoría Estelar.

<b>Cartas de Categoría Estelar:</b>	Son cartas especializadas que representan las 4 diferentes características de las estrellas expuestas en el Diagrama HR.
-------------------------------------	--

Nota. Fuente: El autor.

**Ilustración 3:**

Cartas de Categoría estelar.



Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 4:**

Función de Cartas Fuego Celestial.

Temperatura:	Denominadas "Fuego Celestial", estas cartas permiten explorar la temperatura superficial de las estrellas.
--------------	--

Nota. Fuente: El autor.

**Ilustración 4:**  
*Cartas de Fuego Celestial*



Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 5:**  
*Función de Cartas de Brillo Estelar.*

Luminosidad:	Conocidas como "Brillo Estelar", se enfocan en la luminosidad inherente de las estrellas.
--------------	---

Nota. Fuente: El autor.

**Ilustración 5:**  
*Cartas de Brillo Estelar*



Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 6:**  
*Función de Cartas Radiación Estelar.*

Tipo Espectral:	Llamadas "Radiación Estelar", estas cartas ayudan a identificar la clasificación espectral de las estrellas.
-----------------	--

Nota. Fuente: El autor.

**Ilustración 6:**  
*Cartas de Radiación Estelar.*



Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 7:**  
*Función de Cartas de Resplandor Cósmico.*

Magnitud Absoluta:	Apodadas "Resplandor Cósmico", destacan la magnitud absoluta que define el brillo real de las estrellas.
--------------------	--

Nota. Fuente: El autor.



**Ilustración 7:**  
*Cartas de Resplandor Cósmico.*

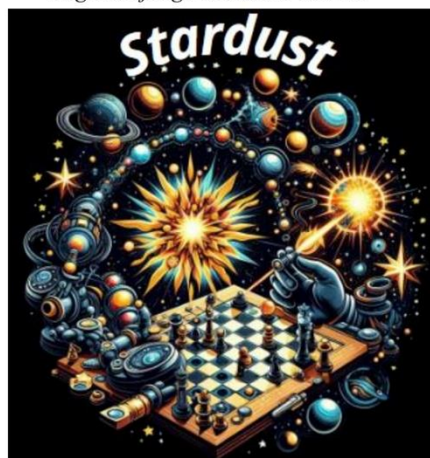
**Instrucciones del Juego "Stardust":**

1. *Preparación:* Cada jugador recibe un conjunto de seis cartas: cuatro cartas de preguntas, una

carta de Oráculo y una carta de Fusión Resplandeciente con la información estelar. La asignación de la carta de Fusión Resplandeciente o de la asignación de la estrella es aleatoria

2. *Selección de Preguntas:* Antes de comenzar, los jugadores deben revisar y seleccionar cuidadosamente cuatro cartas de preguntas, preferiblemente de categorías distintas para cada turno.
3. *Inicio del Juego:* Ambos jugadores lanzan un dado para determinar quién comienza. El jugador con el mayor puntaje hace la primera pregunta.
4. *Interrogatorio Estratégico:* Por turnos, los jugadores interrogan a su oponente sobre la estrella que poseen, utilizando las cartas de preguntas. Las respuestas deben ser únicamente "Sí" o "No".
5. *Uso del Oráculo:* Después de realizar tres preguntas, los jugadores deben utilizar la carta de Oráculo para obtener una pista adicional.
6. *Declaración de "Stardust":* En cualquier momento, después de la segunda o tercera pregunta, un jugador puede intentar adivinar la estrella del oponente diciendo "Stardust". Cada jugador tiene tres oportunidades para hacerlo; si falla en los tres intentos, pierde automáticamente.

**Ilustración 8:**  
Logo del juego realizado con IA



Nota. Fuente: El autor.

7. *Conclusión del Turno:* Tras hacer las cuatro preguntas seleccionadas, el jugador debe nombrar una estrella que crea que es la del oponente.
8. *Uso del Oráculo:* La carta de Oráculo se utiliza después de la segunda ronda de preguntas. Al activarla, el jugador debe seguir las instrucciones específicas que esta proporciona.
9. *Victoria:* El jugador que logre identificar correctamente la estrella del oponente será el ganador del juego.

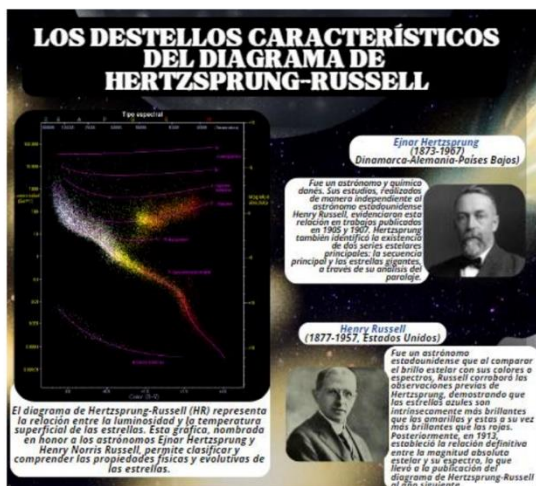
#### **Resultados:**

Tuve la oportunidad de llevar el juego a un espacio donde se llevan experimentos y talleres en la Universidad Pedagógica Nacional en el Departamento de Física. Al momento de llevar el juego, lo acompañé con una pequeña presentación acerca de la clasificación estelar teniendo en cuenta tamaño y temperatura de las estrellas, para poder explicar el diagrama HR y luego pasar a jugar Stardust: ¡Clasifica y Conquista! Algunos de los elementos que me gustaría destacar de la implementación son los siguientes:

**Motivación de los estudiantes:**

La atracción hacia el stand fue inmediata al percibir que el tema central era la astronomía, y la presencia de múltiples cartas adornadas con estrellas y cuestionamientos captó la curiosidad de los estudiantes. Su interés trascendía las cartas, el diseño y la presentación visual; incluso los pósters del stand no pasaron desapercibidos.

**Ilustración 9:**  
Pósters



Nota. Fuente: El autor.

Sin embargo, fue el diagrama el que se llevó las miradas: un diseño llamativo y de gran formato, salpicado de estrellas, capturó la atención no solo de los estudiantes sino también de los docentes que observaban el juego. Este entusiasmo reafirma la fascinación general por la astronomía y su importancia como puente entre la astrofísica y la física, despertando la curiosidad y el deseo de explorar el cosmos.

**Desarrollo de habilidades:**

Observé con atención cómo los estudiantes se detenían cuidadosamente a seleccionar sus preguntas, un proceso que les permitía desarrollar una estrategia metódica para la ubicación de las estrellas en el tablero. Noté que tendían a asociar las estrellas de mayor tamaño en la parte superior del tablero con una luminosidad más intensa, lo cual los

llevaba a dividir mentalmente el tablero en dos zonas. De esta manera, podían descartar rápidamente un conjunto de estrellas, ya sean las más grandes o las más pequeñas, facilitando así su estrategia de juego y la clasificación estelar.

**Acercamiento a Conceptos astrofísicos:**

Al interactuar con el juego, los estudiantes mostraban un interés particular en términos como 'luminosidad', una palabra que figuraba en las cartas junto a la denominación de 'radiación estelar'. Esta exposición al lenguaje técnico les permitía familiarizarse con la terminología formal de la astrofísica. A medida que jugaban, comenzaron a identificar patrones significativos; por ejemplo, notaron que las estrellas de color rojo se asociaban con altas temperaturas. Este descubrimiento les facilitaba la selección de cartas basándose únicamente en la temperatura, comprendiendo que el color de una estrella es un indicador visual de su calor.

**Trabajo Colaborativo:**

Durante el juego, se notó que las parejas colaboraban estrechamente, seleccionando preguntas estratégicas que les permitían acotar la región de búsqueda en el tablero. En particular, algunos equipos demostraron una comprensión intuitiva del juego al formular preguntas sobre la temperatura directamente desde el tablero, prescindiendo de las cartas. Esta dinámica de equipo reveló una experiencia de juego más rica y colaborativa, donde la sinergia entre los jugadores fomentaba un aprendizaje compartido y una toma de decisiones más asertiva.

**Curiosidad Científica:**

Durante la interacción con el juego, emergieron preguntas fascinantes que reflejaban un creciente interés por la astrofísica y los misterios del cosmos. Los estudiantes se mostraron curiosos sobre las estrellas de neutrones y los extremos del espectro estelar, planteando interrogantes como: '¿Existe un límite para la luminosidad de las estrellas?', '¿Qué

sucede en el caso de los agujeros negros?’ y ‘¿Hay un límite de temperatura para las estrellas?’. Estas cuestiones abrieron un espacio para la discusión y el aprendizaje más allá de las estrellas, despertando un interés profundo en la astrofísica y sus conexiones con otros fenómenos astronómicos.

### ***Mejoras del Juego:***

Esta experiencia ha llevado a la decisión de desarrollar un diseño más portátil para futuras implementaciones.

La meta es crear una versión más compacta y práctica del juego, que permita la competencia entre dos parejas de estudiantes, posibilitando así que un mayor número de alumnos participe simultáneamente. Adicionalmente, se recomienda realizar una sesión de retroalimentación post-juego, formulando preguntas que destaquen la comprensión y aplicación de los conceptos aprendidos para la clasificación estelar.

Para incrementar el nivel de desafío, se propone asignar una estrella a cada categoría de clasificación estelar, permitiendo a los estudiantes jugar no solo con una, sino con cuatro estrellas simultáneamente, cada una representando un tipo distinto de evolución estelar según nuestro diagrama: Supergigantes, Gigantes, Secuencia Principal y Enanas Blancas.

### ***Otras implementaciones:***

El juego ‘Stardust: ¡Clasifica y Conquista!’ se utilizará como un recurso didáctico en la tesis de grado de Jessica Restrepo, la cual se centra en el desarrollo de una ruta metodológica para la enseñanza de la astrofísica. Se planea su implementación en la clase de Astronomía, una asignatura electiva del semestre 2024-1 en el Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional. El objetivo es evaluar su impacto educativo y observar las reacciones estudiantiles ante las mejoras propuestas previamente.

Además, se contempla presentar el juego en formato de taller durante el Congreso de Astronomía y Física que se llevará a cabo en Cali. Esta iniciativa busca ofrecer una propuesta educativa innovadora que facilite el acercamiento de los estudiantes al lejano y vasto mundo de la Astrofísica.

### ***Versión 2024-2:***

Actualmente, como parte de la implementación de mi trabajo de grado, he logrado hacer el juego más portátil, alcanzando un estado de desarrollo que permite compartirlo de manera más accesible. Este avance refleja el compromiso de llevar la experiencia de aprendizaje de la física de las estrellas a un formato más práctico y versátil, acercando el conocimiento de manera lúdica y significativa para los estudiantes.

***Ilustración 10***  
*Diagrama H-R versión más reciente.*



Nota. Fuente: El autor.

### ***Otros usos del juego:***

Stardust: ¡Clasifica y Conquista! se propone también como un recurso didáctico multifacético, ideal para enriquecer el currículo de física en el colegio. Este juego funciona para abarcar de manera introductoria conceptos físicos y astronómicos, proporcionando un contexto práctico y atractivo para su comprensión en las siguientes temáticas del currículo de física:

***Tabla 8:***  
*Stardust como Preparación para el tema de Termodinámica.*

<b>Leyes de la Termodinámica:</b>	El juego sirve como un medio dinámico para ilustrar la relación entre la temperatura estelar y las leyes de la termodinámica, incluyendo la transferencia de energía y la entropía. Además, ofrece una base para explorar la distinción entre temperatura y calor, así como los procesos de transferencia térmica y los cambios de estado de la materia, vinculados a la temperatura superficial de las estrellas.
-----------------------------------	--

Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 9:**  
*Stardust como Preparación para el tema de Óptica y Luz.*

Stardust” facilita la comprensión de cómo la luz estelar se extiende a lo largo del espectro electromagnético. Utilizando el tipo espectral, se pueden abordar conceptos como la dispersión de la luz y las longitudes de onda. También introduce la espectroscopía como herramienta para determinar las propiedades físicas y químicas de las estrellas.	<b>Óptica y luz</b>
---	---------------------

Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 10:**  
*Stardust como Preparación para el tema de Gravitación Universal.*

Relacionar la masa de las estrellas, inferida a través de su magnitud absoluta y luminosidad, con la ley de gravitación universal de Newton y cómo se aplican en la órbita de los planetas y satélites.	<b>Gravitación Universal:</b>
---	-------------------------------

Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 11:**

*Stardust como Preparación para el tema de Velocidad de la Luz.*

<b>Velocidad de la Luz</b>	Discutir cómo la luz de las estrellas nos llega después de viajar a través del espacio y cómo esto se puede usar para hablar sobre la velocidad de la luz.
----------------------------	--

Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 12:**

*Stardust como Preparación para el tema de Unidades Astronómicas y Escalas.*

Aprovechar el juego para enseñar sobre las unidades de medida en astronomía, como años luz, parsecs y magnitudes, y cómo se relacionan con la escala del universo.	<b>Unidades Astronómicas y Escalas:</b>
--	---

Nota. Fuente: El autor.

**Tabla 13:**

*Stardust como Preparación para el tema de Historia de la Ciencia.*

<b>Historia de la ciencia:</b>	Determinar en cómo la comunidad científica ha evolucionado nuestra comprensión de las estrellas y sus sistemas de clasificación a través de la historia. Esto incluye rendir homenaje a astrónomos destacados cuyas vidas y legados han sido fundamentales en este campo. Estudiar en detalle las contribuciones de figuras eminentes como Hertzsprung y Russell, entre otros, quienes han sido pilares en el avance de nuestro conocimiento astronómico y astrofísico.
--------------------------------	---

Nota. Fuente: El autor.

#### Conclusiones:

- El juego se propone hacer que conceptos complejos sean accesibles, atractivos y sensoriales para los estudiantes, facilitando la comprensión de la clasificación estelar y

brindando una base sólida para explorar el significado astrofísico de estos conceptos.

- Stardust no solo permite a los estudiantes clasificar estrellas en el diagrama de Hertzsprung-Russell, sino que también los motiva a indagar sobre la naturaleza misma de estos fenómenos astronómicos.
- “Stardust: ¡Clasifica y Conquista!” se presenta como una herramienta educativa innovadora, perfectamente integrada en el currículo escolar. Este juego actúa como un puente para la introducción de conceptos fundamentales de la física y la astronomía, tales como la dispersión de la luz, las longitudes de onda, la espectroscopía, la ley de gravitación universal de Newton, la velocidad de la luz, las unidades de medida astronómicas y la evolución histórica de la ciencia astronómica.
- Se observó que los estudiantes desarrollaron habilidades de planificación estratégica al seleccionar preguntas y relacionar conceptos estelares, así como un acercamiento a conceptos astrofísicos a través del lenguaje de las cartas.
- El trabajo colaborativo en parejas o equipos enriqueció la experiencia de aprendizaje, fomentando la curiosidad científica de los estudiantes y generando preguntas de interés sobre temas de otras áreas de la astrofísica.
- Se sugieren mejoras para futuras implementaciones del juego, como un diseño más portátil para permitir la competencia entre más estudiantes simultáneamente y la inclusión de retroalimentación para evidenciar la adquisición de conceptos y la capacidad de clasificar estrellas.

## Referencias

- Camino, N. (2021). Diseño de actividades para una didáctica de la astronomía vivencialmente significativa. *16(1)*, 15-37. Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias. doi:<https://doi.org/10.14483/23464712.16609>
- Carretero, M. (1997). ¿Qué es el constructivismo? *1*, 39-71. Progreso.
- Carretero, M. (2021). Constructivismo y educación. Tilde editora.
- Mañas Barros, M. (1999). Medir las distancias. *(14)*, 43-47. Buran.
- Real Zumba, G., Mora Aristega, A., Sánchez Soto, M., Daza Suárez, S., & Zúñiga García, D. (2021). Estrategias y metodologías de enseñanza para el aprendizaje activo en la Educación Superior. (P. Santiesteban Naranjo., Trad.) Estados Unidos de América: Editorial Tecnocientífica Americana.

## Índice:

Materiales y/o recursos del juego: .....	1
Instrucciones del Juego "Stardust":.....	2
Resultados: .....	3
Motivación de los estudiantes: .....	4
Desarrollo de habilidades:.....	4
Acercamiento a Conceptos astrofísicos: .....	4
Trabajo Colaborativo:.....	4
Curiosidad Científica: .....	4
Mejoras del Juego: .....	5
Otras implementaciones: .....	5
Versión 2024-2: .....	5
Otros usos del juego:.....	5
Conclusiones: .....	6
Referencias .....	7

**Ilustraciones:**

Ilustración 1: Cartas de Fusión Resplandeciente. ...	1
Ilustración 2: Cartas de Oráculo. ....	1
Ilustración 3: Cartas de Categoría estelar.....	1
Ilustración 4: Cartas de Fuego Celestial .....	2
Ilustración 5: Cartas de Brillo Estelar.....	2
Ilustración 6: Cartas de Radiación Estelar. ....	2
Ilustración 7: Cartas de Resplandor Cósmico.....	2
Ilustración 8: Logo del juego realizado con IA .....	3
Ilustración 9: Pósters.....	4
Ilustración 10 Diagrama H-R versión más reciente. .....	5

**Tablas:**

Tabla 1: Función de las cartas de Fusión Resplandeciente. ....	1
Tabla 2: Función de las cartas de Oráculo. ....	1
Tabla 3: Función de las Cartas de Categoría Estelar.....	1
Tabla 4: Función de Cartas Fuego Celestial. ....	1
Tabla 5: Función de Cartas de Brillo Estelar. ....	2
Tabla 6: Función de Cartas Radiación Estelar. ....	2
Tabla 7: Función de Cartas de Resplandor Cósmico. ....	2
Tabla 8: Stardust como Preparación para el tema de Termodinámica. ....	5
Tabla 9: Stardust como Preparación para el tema de Óptica y Luz.....	6
Tabla 10: Stardust como Preparación para el tema de Gravitación Universal. ....	6
Tabla 11: Stardust como Preparación para el tema de Velocidad de la Luz. ....	6
Tabla 12: Stardust como Preparación para el tema de Unidades Astronómicas y Escalas.....	6
Tabla 13: Stardust como Preparación para el tema de Historia de la Ciencia. ....	6

**Anexos:**

**Anexo 1:** Pósters día de la ciencia:  
[https://www.canva.com/design/DAGEC8NbTnQ/A YqY2KXJSOdjhOTYH0\\_PNw/edit?utm\\_content=DAGEC8NbTnQ&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAGEC8NbTnQ/A YqY2KXJSOdjhOTYH0_PNw/edit?utm_content=DAGEC8NbTnQ&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton)  
[https://www.canva.com/design/DAGEIted8e0/Rk9 WAFFlpzNWFRmJt2MMcA/edit?utm\\_content=D](https://www.canva.com/design/DAGEIted8e0/Rk9 WAFFlpzNWFRmJt2MMcA/edit?utm_content=D)

[https://www.canva.com/design/DAGEIted8e0&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAGEIted8e0&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton)

**Anexo 2:** Logo Stardust:  
[https://www.canva.com/design/DAGECb4mn18/UELnq7iYugpo34QDpsH7VQ/edit?utm\\_content=DAGECb4mn18&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAGECb4mn18/UELnq7iYugpo34QDpsH7VQ/edit?utm_content=DAGECb4mn18&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton)

**Anexo 3:** Diagrama adaptado por el autor:  
[https://www.canva.com/design/DAGECx-bFNY/Dc7Q7PQs5Piac\\_Ho25rwPQ/edit?utm\\_content=DAGECx-bFNY&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAGECx-bFNY/Dc7Q7PQs5Piac_Ho25rwPQ/edit?utm_content=DAGECx-bFNY&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton)

**Anexo 4:** Diseño de cartas estelar:  
[https://www.canva.com/design/DAGEBxulbIo/PhjaIgQjIA8GAcwt-KBDnQ/edit?utm\\_content=DAGEBxulbIo&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAGEBxulbIo/PhjaIgQjIA8GAcwt-KBDnQ/edit?utm_content=DAGEBxulbIo&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton)

**Anexo 5:** Diseño cartas fusión resplandeciente:  
[https://www.canva.com/design/DAGCmNV1gqs/JLtNQIU2\\_gobTBospWkQ/edit?utm\\_content=DAGCmNV1gqs&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAGCmNV1gqs/JLtNQIU2_gobTBospWkQ/edit?utm_content=DAGCmNV1gqs&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton)

**Anexo 6:** Archivo con la información de las 34 estrellas:  
[file:///C:/Users/julie/OneDrive/Escritorio/Estrellas%20\(34\).pdf](file:///C:/Users/julie/OneDrive/Escritorio/Estrellas%20(34).pdf)