

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIA**  
**Departamento de Física**



**Propuesta didáctica para el aprendizaje de contenidos sobre  
evolución estelar, en el Marco Curricular Ajustado para 4to año medio**

**Sergio Benjamín Acuña Astorga**  
**Kevin Alexander Chamorro Sanhueza**

**Profesor Guía:**  
**Leonor Patricia Huerta Cancino**

**Tesis para optar al Grado de Licenciado  
en Educación de Física y Matemática.**

**Santiago – Chile**

**2017**

288537 © Sergio Benjamín Acuña Astorga, 2017.

© Kevin Alexander Chamorro Sanhueza, 2017.

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial Chile 3.0

**Propuesta didáctica para el aprendizaje de contenidos sobre evolución estelar, en el Marco Curricular Ajustado para 4to año medio.**

**Sergio Benjamín Acuña Astorga**  
**Kevin Alexander Chamorro Sanhueza**

Este Seminario de Grado fue elaborado bajo la supervisión de la profesora guía Sra. Leonor Huerta Cancino, del Departamento de Física y ha sido aprobado por los miembros de la comisión calificadora, Sra. Macarena Soto Alvarado y Sr. Paolo Núñez Carreño.

---

Sra. Leonor Huerta Cancino.  
Profesor Guía.

---

Sra. Macarena Soto Alvarado.  
Profesor Corrector.

---

Sr. Paolo Núñez Carreño.  
Profesor Corrector.

---

Dr. Enrique Cerda.  
Director.

## Resumen

El presente Seminario de Grado presenta una secuencia didáctica, la cual consiste en tres guías de actividades para el aprendizaje del contenido de estrellas en la asignatura de Física, en la unidad de Tierra y Universo, específicamente en el eje temático de Universo; para estudiantes de 4º Año Medio. Los diferentes materiales desarrollados en la presente propuesta fueron elaborados en concordancia a lo que el Ministerio de Educación (MINEDUC) plantea en el Marco Curricular 2009; teniendo también presente las visiones de Alfabetización Científica, el enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS) y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

La principal motivación para trabajar el eje temático de Universo se debe a la escasez de recursos que justamente hay para este sector en específico, ya que actualmente se cuenta solo con el libro entregado por el MINEDUC. Es por esto la presente propuesta didáctica está hecha en vista a ser un aporte para el aprendizaje del estudiante para la enseñanza de la Física y así venir en auxilio del libro entregado por el MINEDUC.

El material didáctico desarrollado a lo largo de esta propuesta, tiene como objetivo principal generar en los estudiantes habilidades que les permitan generar hipótesis, validarlas o refutarlas, recolectar e identificar información relevante, para luego desarrollar actividades de aplicación y desarrollo, las cuales tratan el tema de “Estrellas”, la formación estelar, el ciclo de “vida” que estas tienen y sus posteriores destinos finales.

El proceso de refinación del material desarrollado en esta propuesta se realizó a través de dos procesos, el primero consistió en someter el material didáctico a la opinión de expertos, mediante una encuesta y el segundo consistió en una implementación del material didáctico en el curso Astronomía en el Aula, impartido en la Universidad de Santiago de Chile.

**Palabras Claves:** CTS, Alfabetización Científica, Material Didáctico, Guías, TIC, Evolución Estelar.

## **Abstract**

This proposal consists on the develop of didactic material for the learning of physics, on the subject Earth and Universe, for students of last year of High school. The materials that were developed in this proposal were made according to the curricular guidelines from 2009. For the develop of his proposal were considered the concepts of Scientific literacy, the STS (Science, Technology and Society) and TIC (Technologies of information and communication).

The primary motivation to work with the subject before mentioned, is due to the lack of resources that are in this specific sector of the education, because for the teaching of this subject there is only the book that the Chilean ministry of education gives to the students. Therefore this proposal is made to be a help to the learning of the student in physics education, to be a useful help to the book before mentioned.

This didactic material has the primary objective that students can be capable of recollecting useful information to them to be used in application worksheet which has the subject of "Stars", it's formation, their life cycle and their final destinations.

The validation process of the developed material of this proposal was made by the experts guidance and also with implementations in the class of "Astronomía en el Aula" (Astronomy on Classroom), from the Santiago's University of Chile.

**Key Words:** STS, Scientific literacy, Didactic Materials, Worksheet, Star's Evolution, TIC.

## Tabla de Contenidos

Introducción.....	1
Capítulo 1: Marco de Antecedentes.....	5
1.1 Antecedentes del Currículum Nacional .....	5
1.2 Sector de Ciencias Naturales.....	7
1.3 Tierra y Universo en el currículum de Enseñanza Media.....	9
1.4 Estándares Orientadores.....	14
1.5 Texto del estudiante, Física 4º Medio, entregado por el MINEDUC.....	17
Capítulo 2: Marco Teórico.....	19
2.1 Alfabetización científica .....	19
2.3 Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad.....	26
2.4 ¿Por qué es importante enseñar el contenido de estrellas? .....	29
2.5 Contenido sobre estrellas en el texto del estudiante distribuido por el MINEDUC.....	31
2.6 Contenido sobre estrellas en textos especializados.....	36
2.7 El diagrama H-R en los textos revisados.....	42
2.8 Contenidos sobre estrellas en el marco de la propuesta didáctica.....	45
2.8.1 Clasificación de estrellas.....	45
2.8.2 Clasificación Espectral .....	46
2.8.3 Clases de Luminosidad .....	49
2.8.4 Diagrama Hertzsprung-Russell .....	51
2.8.5 Estrellas de la Secuencia Principal.....	53
2.8.6 Más allá de la Secuencia Principal.....	54
2.8.7 Gigantes Rojas.....	55
2.8.8 Supergigantes.....	55
2.8.9 Enanas Blancas.....	56
2.8.10 Más allá del Diagrama H-R .....	56
2.8.11 Supernova Tipo II .....	57
2.8.12 Estrellas de Neutrones .....	58
2.8.13 Agujeros Negros.....	60
Capítulo 3: Propuesta Didáctica.....	62
3.1 Descripción General de la propuesta .....	62
3.2 Detalle de la Propuesta .....	63
3.2.1 Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R.....	64
3.2.2 Guía N°2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal.....	69
3.2.3 Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R.....	76
3.3 Guías de indicaciones al Docente .....	78
3.4 Refinamiento de la propuesta.....	79
3.4.1 Implementación Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R.....	80
3.4.2 Implementación Guía N°2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal.....	83

3.5 Validación de la propuesta .....	88
3.5.1 Validación por Opinión de Expertos Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R.....	89
3.5.2 Validación por Opinión de Expertos Guía N°2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal.....	96
3.5.3 Validación por Opinión de Expertos Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R.....	102
Conclusiones.....	108
Referencias Bibliográficas.....	111
Apéndices.....	114
Apéndice 1: Guías de trabajo en sus versiones “beta”.....	115
Apéndice 1.A: Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R, versión “beta”.....	115
Apéndice 1.B: Guía N°2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal, versión “beta”.....	123
Apéndice 1.C: Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R, versión “beta”.....	134
Apéndice 2: Encuestas de Validación para la Propuesta.....	141
Apéndice 2.A: Encuesta de Validación para Guía N° 1, versión “beta”.....	141
Apéndice 2.B: Encuesta de Validación para Guía N° 2, versión “beta”.....	143
Apéndice 2.C: Encuesta de Validación Guía N° 3, versión “beta”.....	145
Apéndice 3: Implementaciones Guías versiones “beta” en curso Universitario.....	147
Apéndice 3.A: Análisis de la implementación de la Guía N° 1 versión “beta” en curso Universitario.....	147
Apéndice 3.B: Análisis de la implementación de la Guía N° 2 versión “beta” en curso Universitario.....	156
Apéndice 4: Respuestas de Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”.....	164
Apéndice 4.A: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”, contestada por “Profesor 1”.....	164
Apéndice 4.B: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”, contestada por “Profesor 2”.....	166
Apéndice 4.C: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”, contestada por “Profesor 3”.....	168
Apéndice 4.D: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”, contestada por “Profesor 4”.....	170
Apéndice 5: Respuestas Encuestas de Validación Guía N° 2 versión “beta”.....	172
Apéndice 5.A: Encuesta de Validación Guía N° 2 versión “beta”, contestada por “Profesor 1”.....	172
Apéndice 5.B: Encuesta de Validación Guía N° 2 versión “beta”, contestada por “Profesor 2”.....	174
Apéndice 5.C: Encuesta de Validación Guía N° 2 versión “beta”, contestada por “Profesor 3”.....	177
Apéndice 6: Respuestas Encuesta de Validación Guía N° 3 versión “beta”.....	179
Apéndice 6.A: Encuesta de Validación Guía N° 3 versión “beta”, contestada por “Profesor 1”.....	179
Apéndice 6.B: Encuesta de Validación Guía N° 3 versión “beta”, contestada por “Profesor 2”.....	181

Apéndice 7: Guía N° 1 versión Modificada.....	183
Apéndice 8: Respuestas Encuesta de Validación Guía N° 1 versión Modificada. ....	197
Apéndice 8.A: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión modificada, contestada por “Profesor 1”.....	197
Apéndice 8.B: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión modificada, contestada por “Profesor 2”.....	199
Apéndice 8.C: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión modificada, contestada por “Profesor 3”.....	201
Apéndice 9: Guías de trabajo en sus versiones Finales. ....	203
Apéndice 9.A: Guía N°1 versión Final.....	203
Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R.....	203
Apéndice 9.B: Guía N° 2, versión Final.....	217
Guía N° 2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal.....	217
Apéndice 9.C: Guía N° 3, versión Final.....	226
Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R .....	226
Apéndice 10: Guías de Indicaciones al Docente para Cada guía en su versión Final. ....	235
Apéndice 10.A: Guía de Indicación al Docente Guía N° 1, versión Final. ....	235
Apéndice 10.B: Guía de Indicaciones al Docente, Guía N° 2, versión Final. ....	237
Apéndice 10.C: Guía de Indicaciones al Docente Guía N° 3, versión Final. ....	242
Apéndice 11: Rubricas de Evaluación para Guías de trabajo en su versión Final. ....	245
Apéndice 11.A: Rúbrica de Evaluación Guía N° 1, versión Final.....	245
Apéndice 11.B: Rúbrica de Evaluación Guía N° 2, versión Final.....	248
Apéndice 10.C: Rubrica de Evaluación Guía N° 3 versión Final. ....	251
Anexos .....	257



## Índice de Tablas

Tabla 1.1.1: Implementación del Currículum Nacional, desde 2014 en adelante.....	6
Tabla 1.2.1: Organización Ciencias Naturales, según el Marco Curricular LOCE (1996).....	8
Tabla 1.2.2: Organización Ciencias Naturales, según ajuste curricular LGE (2009).....	8
Tabla 1.3.1: OA de la unidad Tierra y Universo, 7° y 8° Básico.....	9
Tabla 1.3.2: Comparación entre AE y OA, Tierra y Universo Primero Medio.....	10
Tabla 1.3.3: Comparación entre AE y OA, Tierra y Universo Segundo Medio.....	11
Tabla 1.3.4: Aprendizajes Esperados, Tierra y Universo 3° y 4° Medio.....	12
Tabla 1.3.5: Marco curricular Ajustado, Tierra y Universo 2018.....	13
Tabla 2.2.1: Ventajas y desventajas del uso de TIC.....	24
Tabla 2.3.1: Cuadro Comparativo entre enfoque europeo y enfoque estadounidense.....	27
Tabla 2.8.2.1: Tipos espectrales con sus características principales.....	47
Tabla 2.8.2.2: Tipos espectrales y sus características.....	48
Tabla 2.8.3.1: Clases de Luminosidad.....	51
Tabla 2.8.11.1: Etapas de fusión de elementos en una estrella de alta masa.....	58

## Índice de Ilustraciones

Imagen 2.1.1: Organización PISA por año.....	21
Imagen 2.1.2: Comparación de resultados PISA, Chile, años 2006-2015.....	22
Imagen 2.5.1: Actividad pág. 355.....	32
Imagen 2.5.2: Actividad pág. 357.....	32
Imagen 2.5.3: Actividad pág. 358.....	33
Imagen 2.5.4: Actividad pág. 360.....	33
Imagen 2.5.5: Evaluación de sección pág. 363.....	34
Imagen 2.5.6: Objetivos de la sección.....	35
Imagen 2.8.3.1: Líneas de Balmer para Distintas Estrellas A2.....	49
Imagen 2.8.4.1: Diagrama H-R .....	53
Imagen 3.2.1.1: Preguntas 2 y 6 Guía N° 1.....	64
Imagen 3.2.1.2: Pregunta 4 de la Guía N° 1.....	65
Imagen 3.2.1.3: Pregunta 8 de la Guía N° 1.....	65
Imagen 3.2.1.4: Pregunta 9, sección b) de la Guía N° 1.....	66
Imagen 3.2.1.5: Esquema de objetivos Primera Actividad Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R.....	67
Imagen 3.2.1.6: Estructura de objetivos de cada actividad en relación al objetivo general de la Guía N°1.....	68
Imagen 3.2.1.7: “¿Sabías que...?” página 2 de la Guía N° 1.....	69
Imagen 3.2.2.1: Actividad inicial.....	70
Imagen 3.2.2.2: Actividades para las 3 características, A.....	71
Imagen 3.2.2.3: Actividades para las 3 características, B.....	71
Imagen 3.2.2.4: Actividades para los colores.....	73
Imagen 3.2.2.5: Actividades de presiones.....	74
Imagen 3.2.2.6: Actividades con video.....	75
Imagen 3.2.2.7: Estructura de objetivos de cada actividad en relación al objetivo general de	

la Guía N°2.....	76
Imagen 3.2.3.1: Estructura de objetivos de cada actividad en relación al objetivo general de la Guía N°3.....	78
Imagen 3.4.1.1: Pregunta 6, Actividad Central, Guía N° 1 versión “beta”.....	81
Imagen 3.4.1.2: Pregunta 6, Guía N° 1 corregida.....	81
Imagen 3.4.1.3: Párrafo actividad final, Guía N° 1, versión “beta” erróneo.....	82
Imagen 3.4.1.4: Párrafo actividad final, Guía N° 1, corregido.....	82
Imagen 3.4.2.1: Orden de letras, Actividad Principal, Guía N° 2 versión “beta”.....	84
Imagen 3.4.2.2: Orden de letras, Segunda Actividad, Guía N° 2 corregida.....	84
Imagen 3.4.2.3: Ítems con interrogantes, Actividad Principal, Guía N° 2 “beta”.....	85
Imagen 3.4.2.4: Ítems sin interrogantes, Primera Actividad, Guía N° 2 corregida.....	86
Imagen 3.4.2.5: Pregunta confusa, Actividad Final, Guía N° 2 “beta”.....	86
Imagen 3.4.2.6: Pregunta Reformulada, Segunda Actividad, Guía N° 2 corregida.....	87
Imagen 3.4.2.7: Ítem por Reformular, Actividad Final, Guía N° 2 “beta”.....	87
Imagen 3.4.2.8: Ítem Reformulado (a), Segunda Actividad, Guía N° 2 corregida.....	88
Imagen 3.4.2.8: Ítem Reformulado (b), Segunda Actividad, Guía N° 2 corregida.....	88
Imagen 3.5.1.1: Indicadores de la Encuesta de Validación para la Guía N° 1.....	90
Imagen 3.5.1.2: Resultados Encuesta de Validación para Guía N° 1.....	91
Imagen 3.5.1.4: Pregunta 6, con la puesta en común agregada.....	93
Imagen 3.5.1.5: Pregunta 4 Guía N°1 versión final.....	94
Imagen 3.5.1.5: Pregunta 8, Guía N° 1 versión modificada.....	95
Imagen 3.5.1.6: Pregunta 10, Guía N° 1 versión final.....	95
Imagen 3.5.1.3: “¿Sabías que...?” página 9 Guía N°1.....	96
Imagen 3.5.2.1: Indicadores de la Encuesta de Validación para la Guía N° 2.....	97

Imagen 3.5.2.2: Grafico de respuestas de cada experto.....	98
Imagen 3.5.2.3: Primera actividad, versión inicial.....	99
Imagen 3.5.2.4: Primera Actividad, versión final.....	99
Imagen 3.5.2.5: Ítem sólo de masas.....	100
Imagen 3.5.2.6: Ítems para las tres características.....	101
Imagen 3.5.2.7: Cuadro “sabías que”.....	101
Imagen 3.5.3.1: Indicadores de la Encuesta de Validación para la Guía N° 3.....	102
Imagen 3.5.3.2: Resultados de las encuestas de validación para la Guía N° 3.....	103
Imagen 3.5.3.3: Comparación entre objetivo de guía versión “beta” y versión “final”.....	104
Imagen 3.5.3.4: Preguntas 1 y 2 Guía N° 3, versión “beta”.....	104
Imagen 3.5.3.5: Pregunta 1, Guía N° 3 versión “final”.....	105
Imagen 3.5.3.6: Pregunta 5, Guía N° 3, versión “beta”.....	105
Imagen 3.5.3.7: Pregunta 4, Guía N° 3, versión “final”.....	106
Imagen 3.5.3.8: Cambio en pregunta 3, actividad final, Guía N°3.....	106

## **Introducción.**

El presente Seminario de Grado tiene como finalidad presentar una propuesta didáctica para enseñar contenidos de la unidad Tierra y Universo de cuarto medio, en específico la sección dedicada a estrellas, complementando así el libro de texto de tercero y cuarto medio entregado por el MINEDUC<sup>1</sup>, el cual ha sido el único libro de texto disponible desde el ajuste curricular que hubo para estos cursos. En esta propuesta se ha utilizado un enfoque de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) en conjunto con tecnologías de la información y la comunicación (TIC), en vista a fomentar un proceso de alfabetización científica a través del material didáctico que se proporciona.

Este material didáctico pasó por un proceso evaluación por parte de lo que se denomina Expertos Validadores. Los expertos validadores quienes sometieron el material didáctico que se desarrolló en esta propuesta a una evaluación mediante encuestas tipo likert, son profesionales que llevan al menos cinco años de ejercicio laboral, es decir, docentes quienes han realizado clases en colegios por al menos cinco años y que dentro de esos cinco años han abordado la unidad de Tierra y Universo, que es el tema del cual trata el material didáctico. El propósito de este proceso fue el poder identificar las principales fortalezas presentes en el material didáctico, así como también identificar sus principales falencias. De esta manera, los evaluadores propusieron cambios y mejoras al material, obteniendo finalmente un material refinado, el cual cumple con los objetivos establecidos. Por otra parte, además de la evaluación mediante expertos, el material didáctico fue sometido a una implementación en el curso Astronomía en el Aula realizado en la Universidad de Santiago de Chile, el cual es impartido por la profesora Leonor Huerta Cancino y está conformado por estudiantes de la carrera de Pedagogía en Física y Matemática. El gran propósito de esta implementación fue poder recolectar información necesaria en lo que respecta a la aplicación del material, para así poder obtener conclusiones más precisas y ver las principales fallas y aciertos a la hora de implementar el material a un curso. Gracias a evaluación por expertos y la implementación, fue posible recolectar los datos e información que permitió perfeccionar en gran manera al material didáctico.

El material didáctico desarrollado en esta propuesta tiene principales objetivos a cumplir, y estos guiaron el desarrollo de esta misma, estos se presentan a continuación.

---

<sup>1</sup> Física III-IV Medio, editorial Zig-Zag, año 2012 Jimmy Muñoz Rodríguez

- **Objetivo General:**

El objetivo general de esta propuesta es elaborar una secuencia didáctica para el aprendizaje de evolución estelar usando el Diagrama Hertzsprung-Russell, con un enfoque CTS y uso de TIC para estudiantes de 4º Año Medio.

- **Objetivos Específicos:**

1. Elaborar guías de trabajo para el estudiante que faciliten el aprendizaje acerca de evolución estelar a través del uso didáctico del Diagrama Hertzsprung-Russell
2. Validar a través de la opinión de expertos las guías de trabajo para el estudiante
3. Elaborar guías con indicación al docente para apoyar la implementación de las actividades propuestas en las salas de clases.
4. Elaborar instrumentos de evaluación para cada guía de actividades.

El presente Seminario de Grado se encuentra compuesto por cuatro capítulos. En el primer capítulo: Marco de Antecedentes, se presentan los antecedentes curriculares de educación chilena, el cómo se han ido formando las leyes de educación en nuestro país; se exponen los cambios que ha sufrido el currículum nacional a través del tiempo, desde el año 1996, en donde se presenta por primera vez los conceptos de contenidos mínimos obligatorios, a partir de ahora CMO, y de objetivos fundamentales, a partir de ahora OF. Estos conceptos fueron el principio de una nueva manera de ver y entender a la educación chilena. A partir de este año, 1996, es en donde se comenzaron a hacer los primeros cambios en la ley que regía la educación chilena y los cambios que ha sufrido a lo largo de los años, destacando la Ley General de Educación (LGE) promulgada en el año 2009. Además, se analiza este proceso en el sector de ciencias naturales donde se expone cuáles son los propósitos y labores de este sector. Se observa cómo ha ido variando este sector a lo largo de años, junto con cada nueva ley que ha salido. También se analizan, bajo este punto de vista en el eje temático de Universo, cursos de séptimo a cuarto medio, revisando el estado de las bases curriculares y los marcos curriculares correspondientes, haciendo hincapié que para 2018 las bases curriculares deben estar completamente implementadas de 1º Básico a 2º Medio; y que para 3º y 4º Medio no hay nuevas bases curriculares, sin embargo existen propuestas educacionales para estos cursos, pero nada de manera oficial por parte del organismo educacional chileno, por lo tanto se sigue trabajando con lo planteado por el marco curricular 2009. Finalmente se presentan cuáles son los estándares orientadores que propone el MINEDUC, para los futuros egresados de carreras

pedagógicas, enfocándonos específicamente en el estándar número nueve, que es el que está trata sobre Tierra y Universo.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico en el cual se basó la secuencia didáctica. Primeramente se trata sobre la alfabetización científica, se dan a conocer diferentes definiciones que se han propuesto a través de diversos autores, además de la división en donde se presenta una alfabetización científica práctica, cívica y cultural. Luego se presenta la prueba PISA, prueba que mide la alfabetización científica en estudiantes de 15 años y se hace un profundo análisis acerca de cómo se encuentra nuestro país con respecto a la alfabetización científica, en comparación a otros países, cuando ha participado de pruebas internacionales que miden este concepto en estudiantes de octavo básico y como el MINEDUC considera la alfabetización científica. Luego se abarca el tema de las Tecnologías de la Información y la comunicación (TIC), abordando el qué son estas tecnologías y cuáles son las ventajas y desventajas de su uso en la sala de clases. También se detalla el por qué es importante incluir las TIC en la educación para finalmente hablar sobre los videos educativos y el uso que se les puede dar a estos videos para el desarrollo de guías de trabajo. Posteriormente se trata el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad, de ahora en adelante se abreviara a CTS, aquí se expone acerca de qué consiste esta corriente educativa, que con el pasar de los años se hace cada vez más popular en el ámbito escolar. También se expone las distintas corrientes que existen acerca de este enfoque CTS, destacando la corriente europea y la estadounidense, para luego observar la finalidad curricular que tiene, en las cuales se necesitan cinco fases a saber, las cuales son:

1. Formación de actitudes de responsabilidad personal.
2. Toma de conciencia e investigación de temas CTS específicos.
3. Toma de decisiones con relación un contexto.
4. Acciones individuales y sociales responsables.
5. Generalización a consideraciones más amplias de teorías y principios.

A su vez se presenta que el MINEDUC plantea dos grandes objetivos en sus bases curriculares con el fin de que los estudiantes aprendan ciencias con un enfoque CTS. En donde el conocimiento científico es contingente; aplicar habilidades; desarrollar actitudes personales y de trabajo en equipo; y vincular el conocimiento científico y sus aplicaciones con las exigencias de la sociedad. Los cuales se presentan a continuación:

- Motivar y acercar el estudio de las ciencias a los estudiantes.
- Comprender que las aplicaciones científicas y tecnológicas muchas veces provocan consecuencias en los ámbitos social, económico, político y ético.

Luego, en este capítulo se presenta el porqué es importante enseñar el contenido de estrellas en el contexto de nuestro país. Finalmente se presentan los contenidos teóricos sobre estrellas en los cuales se basó el material desarrollado en esta propuesta. Para esto se realizó un análisis a diversos textos especializados en el tema de evolución estelar, el cómo abordan dicho contenido, y el Diagrama H-R.

En el tercer capítulo se trata la propuesta didáctica en sí, se describen las diferentes guías de trabajo que conforman la secuencia didáctica. Se describe con detalle en qué consiste cada guía realizada, tanto en su estructura como en los contenidos que abarca y en los objetivos que esperan cumplir. Luego se describen la guías para el docente sobre la implementación del material didáctico y las rubricas asociadas a cada material. También se presenta en este capítulo el proceso de refinamiento de la guía. Primeramente se muestran cuáles fueron los cambios hechos a las guías, luego de haber sido implementadas en el curso de Astronomía en el Aula y finalmente se presenta como fue el proceso de validación de expertos, presentando como fueron los resultados de las encuestas que se les hicieron a los expertos validadores y sus sugerencias.

Finalmente, en el cuarto capítulo se presentan las conclusiones con respecto al trabajo realizado a lo largo de este Seminario de Grado, en donde se compara y contrasta el material didáctico con los objetivos planteados para el trabajo, junto con analizar los resultados de validación de material.



## Capítulo 1: Marco de Antecedentes

A lo largo de los años la educación chilena ha sufrido importantes revoluciones, cambios que han sido desarrollados para que la educación vaya creciendo y tenga una mejor calidad. Así como los tiempos van cambiando, es necesario que la educación vaya cambiando y adecuándose al momento en el que se encuentra de tal manera que los y las estudiantes sean capaces de generar aptitudes que les permitan desenvolverse efectivamente y participar activamente en el mundo que los rodea. A continuación se detalla cómo han ido variando las diferentes leyes y los diferentes programas de estudio a lo largo de los años, enfatizando en el cambio que ha ido sufriendo el sector de ciencias y cómo han ido variando los objetivos de aprendizaje en la asignatura de física para cada curso de educación media, así como también se presenta un análisis del texto de estudio entregado por el MINEDUC a estudiantes de tercero y cuarto medio. Por último se revisan también los estándares orientadores propuestos por el MINEDUC para los futuros egresados de carreras pedagógicas.

### 1.1 Antecedentes del Currículum Nacional

El currículum nacional para la educación es el conglomerado de leyes y decretos expuestos en documentos en los que se presentan el cómo se ha de regir el sistema educacional chileno. Es importante tener en cuenta que este currículum ha sufrido cambios conforme ha transcurrido el tiempo, los cuales implican la modificación o en algunos casos directamente el reemplazo de documentos que contienen las leyes y decretos. En estos documentos el MINEDUC, ha definido los contenidos mínimos obligatorios (CMO), “como los conocimientos específicos y prácticas para lograr destrezas y actitudes que los establecimientos deben obligatoriamente enseñar; y los Objetivos Fundamentales (OF) como las competencias que los alumnos deben lograr en los distintos períodos de su escolarización” (MINEDUC, 1996). También se definen los OF como “las competencias que los alumnos deben lograr en los distintos períodos de su escolarización, para cumplir con los fines y objetivos generales y requisitos de egreso de la Enseñanza Básica. (MINEDUC, 1996). Cabe destacar que estas definiciones están basadas en la Ley Orgánica Constitucional de Enseñanza (LOCE) en el decreto N° 40.

El currículum nacional chileno había estado regido absolutamente por la LOCE hasta el año 1996. A partir de dicho año esta ley comenzó a tener modificaciones, con el fin de mejorar y complementar dicha ley, hasta que llega el año 2009 en donde se dio paso a las nuevas bases curriculares promulgadas por la Ley N° 20.370, o Ley General de Educación (LGE). Estas bases

se comenzaron a implementar a partir del año 2012 y se espera tener una vigencia total para el año 2018.

En este marco curricular se distinguen ahora dos tipos de Objetivos Fundamentales. Primeramente se encuentran los Objetivos Fundamentales Verticales que “son los aprendizajes directamente vinculados a los sectores curriculares, o a las especialidades de la formación diferenciada en la Educación Media” (MINEDUC, 2009b). Por otra parte se encuentran los Objetivos Fundamentales Transversales que “son aquellos aprendizajes que tienen un carácter comprensivo y general, cuyo logro se funda en el trabajo formativo del conjunto del currículum, o de sub-conjuntos de éste que incluyan más de un sector o especialidad”. (MINEDUC, 2009b).

Esta reforma educacional, la LGE, trae consigo varios cambios para la educación chilena, uno de ellos es que la educación comienza a ser regida por las nuevas Bases Curriculares en lugar del Marco Curricular de la LOCE. En el año 2012 son aprobadas las Bases Curriculares para los cursos de 1º Básico a 6º Básico, mientras que en el año 2013 se aprueban las Bases Curriculares para 7º Básico a 2º Medio, dejando a los cursos 3º y 4º Medio bajo el Marco Curricular 2009.

La implementación de dichas bases curriculares están en pleno proceso. En la enseñanza Básica, desde 1º a 6º Básico, las bases curriculares están implementadas desde el año 2014, mientras que las bases curriculares para 7º y 8º Básico están implementadas desde el año 2016. Por otra parte, las bases curriculares para 1º Medio están implementadas a partir del 2017 y para 2º Medio serán implementadas en el año 2018, dejando a los cursos de 3º y 4º Medio bajo el marco curricular del año 2009.

A continuación se muestra una tabla que explica lo anteriormente señalado:

*Tabla 1.1.1: Implementación del Currículum Nacional, desde 2014 en adelante.*

Cursos/Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1º a 6º Básico	BC 439/433	BC 439/433	BC 439/433	BC 439/433	BC 439/433	BC 439/433	BC 439/433
7º Básico	MC/240		BC 614/*	BC 614/*	BC 614/*	BC 614/*	BC 614/*
8º Básico	AC/256						

1º Medio	MC/220	MC/220 AC/254				
2º Medio	AC/254		MC/220 AC/254			
3º Medios		MC/220 AC/254	MC/220 AC/254	MC/220 AC/254	**FD	**FD
4º Medio		BC FDTP 452	BC FDTP 452	BC FDTP 452		

(Tabla de elaboración propia construida en base a texto Nuevas Bases Curriculares y Programas de Estudio, 7º y 8º año de Educación Básica/ 1º y 2º año de Educación Media, MINEDUC 2015a)

Cabe mencionar que a pesar de que los cursos de 3º y 4º Medio seguirán siendo regidos por el marco curricular 2009, la formación diferencial tiene bases curriculares para el plan Técnico-Profesional y estas han sido implementadas a partir del año 2016.

Cabe destacar que en la *Tabla 1.1* la numeración corresponde a los decretos correspondientes a cada instrumento curricular, mientras que el símbolo “\*” representa a las bases curriculares que fueron aprobadas por el Consejo Nacional de Educación (CNED) pero sin decreto, mientras que el símbolo “\*\*\*” representa a que la propuesta aún no está definida.

## 1.2 Sector de Ciencias Naturales.

El sector de las Ciencias Naturales tiene como propósito “que los y las estudiantes desarrollen una comprensión del mundo natural y tecnológico, que los ayude a interesarse y entender el mundo a su alrededor, a ser reflexivos, escépticos y críticos de los planteamientos de otros sobre el mundo natural y tecnológico” (MINEDUC, 2009a p.1). A partir de eso, la asignatura de Ciencias Naturales ofrece una labor de guía para encaminar al estudiante en esa dirección, con los sub-sectores de Física, Química y Biología se ofrecen las herramientas necesarias al estudiante para poder impactar en este mundo globalizado, sin importar el futuro académico que estos quieran tomar. Es importante también entender que es necesario que la ciudadanía tenga una formación científica básica para poder desenvolverse en este mundo, por los siguientes motivos:

“El valor formativo intrínseco del entusiasmo, el asombro y la satisfacción personal puede provenir de entender y aprender acerca de la naturaleza, los seres vivos y la diversidad de aplicaciones tecnológicas que nos sirven en nuestra vida cotidiana. Por otra parte, las formas de pensamiento típicas de la búsqueda científica son crecientemente demandadas en contextos personales, de trabajo y socio-políticos de la vida contemporánea. También, el conocimiento científico de la naturaleza contribuye a una actitud de respeto y cuidado por ella, como sistema de soporte de la vida, que por primera vez en la historia, exhibe situaciones de riesgo global. Y por último, la formación en ciencias permite fortalecer una actitud informada y crítica frente a los cambios crecientes en materia de ciencia y tecnología y su impacto en la sociedad” (MINEDUC, 2009a p.1)

Esta formación científica va ocurriendo desde el inicio de la vida escolar del estudiante. Según el Marco Curricular de la LOCE, las ciencias naturales estaban organizados de la siguiente forma, tanto para el ciclo de Educación Básica y Media:

Tabla 1.2.1: Organización Ciencias Naturales, según el Marco Curricular LOCE (1996)

Educación Básica		Educación Media
Primer Ciclo	Segundo Ciclo	Ciencias Naturales: Biología Química Física
Comprensión del mundo natural, social y cultural.	Estudio y comprensión de la naturaleza	

(Tabla de elaboración propia basada en el texto *Fundamentos del Ajuste Curricular en el sector de Ciencias Naturales*, MINEDUC, 2009a).

Sin embargo, a partir de la reforma educacional del año 2009, la llamada LGE, tanto en los sectores de Educación Básica como en el de Educación Media, se decide llamar Ciencias Naturales para cada uno de los niveles, pero haciendo la distinción de los tres sub-sectores en Enseñanza Media, como se puede observar a continuación:

Tabla 1.2.2: Organización Ciencias Naturales, según ajuste curricular LGE (2009)

Educación Básica	Educación Media
------------------	-----------------

Ciencias Naturales	Ciencias Naturales: Biología Química Física
--------------------	--

*(Tabla de elaboración propia basada en el texto Fundamentos del Ajuste Curricular en el sector de Ciencias Naturales, MINEDUC, 2009a).*

### 1.3 Tierra y Universo en el currículum de Enseñanza Media

En un sentido más particular, la educación de las ciencias toma una mayor importancia a nivel mundial, debido a que las tecnologías y las innovaciones han ido adquiriendo una importancia cada vez mayor (MINEDUC, 2015a). Por eso es que la gran labor de la educación de las ciencias es de formar ciudadanos los cuales sean capaces de comprender el mundo en que viven, que sean parte de las decisiones y acciones que afectan a la sociedad en general.

A partir de lo anterior es que los documentos oficiales del MINEDUC sufren reformas cada cierto tiempo, con el fin de avanzar en conjunto con los cambios que se producen en la sociedad.

En el sector de Ciencias naturales, las bases curriculares están implementadas de 1º a 8º Básico. Para los cursos de 7º y 8º Básico el eje temático de importancia para nosotros es el de Física, y siendo aún más específico; la unidad de Tierra y Universo y sus respectivos Objetivos de Aprendizajes (OA) son los siguientes:

*Tabla 1.3.1: OA de la unidad Tierra y Universo, 7º y 8º Básico.*

	Séptimo Básico	Octavo Básico
	<p>9. Explicar, con el modelo de la tectónica de placas, los patrones de distribución de la actividad geológica (volcanes y sismos), los tipos de Interacción entre las placas (convergente, divergente y transformante) y su importancia en la teoría de la deriva continental.</p> <p>10. Explicar, sobre la base de evidencias y por medio de</p>	

Objetivos de Aprendizaje	<p>modelos, la actividad volcánica y sus consecuencias en la naturaleza y la sociedad.</p> <p>11. Crear modelos que expliquen el ciclo de las rocas, la formación y modificación de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, en función de la temperatura, la presión y la erosión.</p> <p>12. Demostrar, por medio de modelos, que comprenden que el clima en la Tierra, tanto local como global, es dinámico y se produce por la interacción de múltiples variables, como la presión, la temperatura y la humedad atmosférica, la circulación de la atmósfera y del agua, la posición geográfica, la rotación y la traslación de la Tierra.</p>	
--------------------------	--	--

*(Tabla de elaboración propia basada en el texto Bases Curriculares 7º Básico a 2º Medio, MINEDUC, 2015a).*

Cabe destacar, que para el curso de 8º Básico, no hay Objetivos de Aprendizaje relacionados con la unidad de interés, es decir, Tierra y Universo.

Para Primero Medio, las bases curriculares fueron implementadas en el año 2017. Por lo tanto, a partir de este periodo se llevó a cabo una transición desde los AE pertenecientes al Marco Curricular a los OA pertenecientes a las nuevas Bases Curriculares. A continuación un cuadro comparativo entre estos AE y OA, para la unidad de Tierra y Universo, eje de Física para 1º Medio.

*Tabla 1.3.2: Comparación entre AE y OA, Tierra y Universo Primero Medio.*

Aprendizajes Esperados (Marco Curricular)	Objetivos de Aprendizajes (Bases Curriculares)
01. Describir el origen, la dinámica y los	13. Describir el origen y la propagación,

<p>efectos de sismos y erupciones volcánicas en términos del movimiento de placas tectónicas y de la liberación y propagación de energía.</p> <p>02. Distinguir los parámetros que se usan para determinar la actividad sísmica y las medidas que se deben tomar ante este tipo de manifestaciones geológicas.</p>	<p>por medio del modelo ondulatorio, de la energía liberada en un sismo</p> <p>14. Crear modelos que expliquen los fenómenos astronómicos del sistema solar</p> <p>15. Describir y comparar diversas estructuras cósmicas, como meteoros, asteroides, cometas, satélites, planetas, estrellas, nebulosas, galaxias y cúmulo de galaxias</p> <p>16. Investigar y explicar sobre la investigación astronómica en Chile y el resto del mundo.</p>
--	--

(Tabla de elaboración propia basada en texto Bases Curriculares 7º Básico a 2º Medio, MINEDUC, 2015a; y MINEDUC, 2011a).

Para el curso de Segundo Medio las bases curriculares no estarán implementadas hasta el año 2018, por lo tanto se rigen actualmente por el marco curricular de la LGE del año 2009, por lo que en un futuro también habrá una transición desde AE a OA. A continuación una tabla comparativa entre los dichos AE y OA de la unidad de Tierra y Universo, del eje de Física para 2º Medio.

Tabla 1.3.3: Comparación entre AE y OA, Tierra y Universo Segundo Medio.

Aprendizajes Esperados (Marco Curricular)	Objetivos de Aprendizajes (Bases Curriculares)
<p>01. Analizar los modelos geocéntrico y heliocéntrico previos a Kepler y, a través de ellos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las limitaciones de las representaciones científicas</li> </ul>	<p>13. Demostrar que comprenden que el conocimiento del Universo cambia y aumenta a partir de nuevas evidencias, usando modelos como el geocéntrico y el heliocéntrico, y teorías como la del Big-Bang, entre otros.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• La influencia mutua del contexto socio-histórico y la investigación científica</li> </ul> <p>02. Aplicar las leyes de Kepler y Newton para realizar predicciones en el ámbito astronómico.</p> <p>03. Explicar cómo las características físicas y los movimientos de los distintos astros del Sistema Solar se relacionan con teorías acerca de su origen y evolución.</p>	<p>14. Explicar cualitativamente, por medio de las leyes de Kepler y la de gravitación universal de Newton.</p>
---	---

(Tabla de elaboración propia basada en texto Bases Curriculares 7º Básico a 2º Medio, MINEDUC, 2015a y MINEDUC, 2011b).

Por otra parte, en los cursos de Tercero Medio y Cuarto Medio, al igual que en los años anteriores, se siguen rigiendo por el marco curricular de la LGE del año 2009. Esto plantea una cierta incertidumbre sobre cómo se regirán los cursos de 3º y 4º Medio debido a que no hay bases curriculares para los cursos antes mencionados. Cabe mencionar que en el año 2017 el MINEDUC se encuentra en proceso de elaboración de las bases curriculares para estos dos cursos, pero hasta el día de hoy no hay información oficial sobre cómo serán dichas bases o cuando se implementarán.

Como estos cursos están bajo el marco curricular de la LGE, los aprendizajes esperados para 3º y 4º Medio en la unidad de Tierra y Universo, eje de Física son los siguientes.

Tabla 1.3.4: Aprendizajes Esperados, Tierra y Universo 3º y 4º Medio.

Aprendizajes Esperados	
Tercero Medio	Cuarto Medio
10. Describir el núcleo atómico y algunas de	07. Describir características generales de un



<p>sus propiedades.</p> <p>11. Describir las fuerzas al interior del núcleo atómico y algunas consecuencias, como la estabilidad de la materia.</p>	<p>imán, del campo magnético de la Tierra y de instrumentos como la brújula.</p> <p>12. Describir el origen y la evolución del universo considerando las teorías más aceptadas por la comunidad científica.</p> <p>13. Describir los procesos gravitacionales y nucleares que ocurren en las estrellas, explicando la emisión de radiación y la nucleosíntesis.</p>
---	---

(Tabla de elaboración propia basada en MINEDUC, 2015b y MINEDUC, 2015c).

Como ya se ha mencionado anteriormente, a partir del año 2017 se comienzan a implementar las nuevas bases curriculares para los niveles de primero y segundo medio correspondientes, en donde aparecen los OA (Objetivos de Aprendizaje), mientras que para los niveles de tercero y cuarto medio, seguirán siendo regidas por el marco curricular de la LGE con sus AE (Aprendizajes Esperados). En la Unidad de Tierra y Universo, los OA y AE correspondientes son los siguientes:

Tabla 1.3.5: Marco curricular Ajustado, Tierra y Universo 2018.

Objetivos De Aprendizaje		Aprendizajes Esperados	
Primero Medio	Segundo Medio	Tercero Medio	Cuarto Medio
<p>13. Describir el origen y la propagación, por medio del modelo ondulatorio, de la energía liberada en un sismo</p> <p>14. Crear modelos</p>	<p>13. Demostrar que comprenden que el conocimiento del Universo cambia y aumenta a partir de nuevas evidencias, usando modelos como el geocéntrico y el heliocéntrico, y</p>	<p>10. Describir el núcleo atómico y algunas de sus propiedades.</p> <p>11. Describir las fuerzas al interior del núcleo atómico</p>	<p>07. Describir características generales de un imán, del campo magnético de la Tierra y de instrumentos como la brújula.</p>

<p>que expliquen los fenómenos astronómicos del sistema solar</p> <p>15. Describir y comparar diversas estructuras cósmicas, como meteoros, asteroides, cometas, satélites, planetas, estrellas, nebulosas, galaxias y cúmulo de galaxias</p> <p>16. Investigar y explicar sobre la investigación astronómica en Chile y el resto del mundo.</p>	<p>teorías como la del Big-Bang, entre otros.</p> <p>14. Explicar cualitativamente, por medio de las leyes de Kepler y la de gravitación universal de Newton</p>	<p>y algunas consecuencias, como la estabilidad de la materia.</p>	<p>12. Describir el origen y la evolución del universo considerando las teorías más aceptadas por la comunidad científica.</p> <p>13. Describir los procesos gravitacionales y nucleares que ocurren en las estrellas, explicando la emisión de radiación y la nucleosíntesis.</p>
--	--	--	--

*(Tabla de elaboración propia basada en texto Bases Curriculares 7º Básico a 2º Medio, MINEDUC, 2015a; MINEDUC, 2015b y MINEDUC, 2015c).*

Finalmente es necesario mencionar que este Seminario de Grado está diseñado en pos de contribuir al AE 13 para Cuarto Año Medio, es decir, Describir los procesos gravitacionales y nucleares que ocurren en las estrellas, explicando la emisión de radiación y la nucleosíntesis.

#### 1.4 Estándares Orientadores

En concordancia con los objetivos de la educación chilena el MINEDUC elaboró ciertos estándares profesionales para quienes egresan de carreras de pedagogía en enseñanza media en las áreas de Lenguaje y Comunicación, Matemática, Historia, Geografía y Ciencias Sociales,

Biología Física y Química. El año 2012 se elaboraron estos estándares con el fin de servir para orientar a las instituciones encargadas de la formación de docentes, esta orientación apunta a los conocimientos y habilidades fundamentales para ejercer un efectivo proceso de enseñanza, respetando la diversidad existente de perfiles, requisitos, mallas curriculares, trayectorias formativas y sello propio, que caracterizan a cada una de dichas instituciones (MINEDUC, 2012). Estos estándares según el MINEDUC (2012) se definen como todo aquello que los docentes deben saber y ser capaces de hacer para permanecer como entes competentes en las distintas asignaturas ya mencionadas.

Los estándares se presentan diferenciados en dos categorías, existen los estándares pedagógicos que corresponden a áreas de competencia que son necesarias para el adecuado desarrollo del proceso de enseñanza, independientemente de la disciplina que se enseñe, tales como el conocimiento del currículo, diseño de procesos de aprendizaje y evaluación para el aprendizaje. Así también existen los estándares disciplinarios que definen las competencias específicas para enseñar cada una de las áreas ya mencionadas. Estos sugieren qué conocimientos y habilidades deben demostrar los futuros educadores y educadoras en las disciplinas respectivas y cómo ésta se enseña. Incluyendo el conocimiento del currículo específico, la comprensión sobre cómo aprenden los estudiantes cada una de las disciplinas y la capacidad para diseñar, planificar e implementar experiencias de aprendizaje, así como para evaluar y reflexionar acerca de sus logros (MINEDUC, 2012).

Dentro de estos estándares disciplinarios encontramos los que corresponden al área de física, los cuales están organizados en torno a las siguientes nueve áreas: Conocimiento científico y su aprendizaje; Movimiento y fuerza; Ondas: propiedades y fenómenos asociados; Comportamiento de fluidos; Modelos y principios termodinámicos; Campos eléctricos y magnéticos; Principios físicos a nivel atómico y subatómico; Tierra y universo, y Habilidades de pensamiento científico.

El estándar número nueve (ver anexo 1) nos dice que los futuros profesores deberán darse cuenta de que los fenómenos relacionados con la dinámica terrestre y los astronómicos han cobrado fuerza en este último tiempo debido a su importancia a el avance en cuanto a sus técnicas e instrumentos que permiten estudiarlos. Es por ello, que el futuro profesor o profesora debe comprender los conceptos, leyes, modelos y teorías que dan cuenta de los principales fenómenos que están relacionados a la formación, evolución, dinámica y características de la Tierra y de grandes estructuras del Universo. Deben ser capaces de cuantificar y establecer

relaciones entre los tamaños de los cuerpos y estructuras celestes, así como las distancias entre ellos. Deben conocer y utilizar analogías, modelos, problemas y estrategias. Estos deben ser capaces presentar desafíos y permitir la construcción y evidencia de aprendizajes, habilidades, contenidos y actitudes relacionadas con la formación y evolución de cuerpos y estructuras cósmicas, como también con la estructura y dinámica de la Tierra (MINEDUC, 2012).

Esto se manifiesta cuando él o la docente presenta las siguientes cualidades:

- Trabaja las escalas de distancia y tiempo a nivel astronómico, así como los órdenes de magnitud correspondientes, para caracterizar los diversos cuerpos y estructuras del universo.
- Describe en que se fundaron los distintos modelos del cosmos que han sido propuestos a lo largo de la historia, y maneja las teorías recientes de cómo se formó la Tierra, su atmósfera y sus mares.
- Relaciona los diversos movimientos que presentan la Tierra y su satélite natural, junto con sus posiciones relativas respecto al Sol, con fenómenos naturales como lo son las estaciones del año, el día y la noche, las fases de la Luna, los eclipses, los solsticios y las mareas, entre otros.
- Analiza, la estructura interna de la Tierra desde diversos puntos de vista, tales como origen, características mecánicas, composición química, y relaciona su dinámica con algunas de sus manifestaciones.
- Describe los procesos sísmicos y de erupción volcánica, en conjunto con sus características, las precauciones y medidas preventivas para la vida de las personas en caso de ocurrir alguno de estos fenómenos o la posibilidad de ocurrencia.
- Fundamenta las evidencias más importantes que sustentan la teoría del Big Bang, describe y comprende las principales etapas de la evolución de los diferentes tipos de estrellas, junto con su rol en la formación de distintos elementos químicos y su importancia en la evolución del universo.

- Implementa procedimientos que permiten identificar y localizar, a ojo desnudo y a través de instrumentos ópticos, diversos astros en el cielo.
- Describe las principales teorías de la formación de la Tierra y la Luna, en términos generales, cómo se formaron y qué características principales tienen los distintos cuerpos de nuestro sistema solar, estableciendo relaciones de tamaños y distancias entre ellos.
- Finalmente establece relaciones entre diversos procesos de transformación de la hidrósfera, litósfera y atmósfera, y procesos de intercambio de materia y energía.

#### 1.5 Texto del estudiante, Física 4º Medio, entregado por el MINEDUC.

El libro entregado por el MINEDUC, que está dirigido para cuarto medio en la enseñanza media, es el libro “Física III-IV Medio”, que fue editado por la editorial Zig-Zag y cuyo autor es Jimmy Muñoz Rodríguez (Licenciado en Física, Bachiller en Ciencias de la Pontificia Universidad Católica de Chile). Este libro de texto para el estudiante tuvo su primera edición para el año 2012, año en que fue entregado por primera vez a los colegios. Con el correr de los años, este libro no ha sido modificado y está siendo entregado hasta el día de hoy, año 2017, lo que conlleva que para este año se encuentra en su sexta edición.

Éste libro es utilizado para los cursos de 3º y 4º medio, dividiendo los contenidos en 2 unidades, las cuales son:

- Unidad 1: Fuerza y Movimiento.
- Unidad 2: Tierra y Universo.

Cada unidad está dividida en distintos capítulos que tienen como fin lograr que el estudiante sea capaz de dominar, entender y ejecutar los conocimientos tratados. Los capítulos para cada Unidad se muestran a continuación:

##### Unidad 1: Fuerza y Movimiento.

- Capítulo 1: Mecánica de los cuerpos en trayectorias curvilíneas.
- Capítulo 2: Mecánica de fluidos.
- Capítulo 3: Física de los cuerpos cargados.
- Capítulo 4: Física al interior del núcleo atómico.

Unidad 2: Tierra y Universo.

- Capítulo 1: Mecanismos fisicoquímicos y la acción humana que afectan a la Tierra.
- Capítulo 2: Nuestro Universo.

Cada Unidad tiene la misma estructura: primero hay un “Inicio de la Unidad” que presenta el propósito de la unidad, y los temas a tratar, a grandes rasgos, luego viene el “Inicio de capítulo” que presenta los objetivos de aprendizaje de la sección correspondiente, y la organización del capítulo. Luego aparece el “Desarrollo de Contenidos” que tiene como objetivo el desarrollar cada uno de los objetivos de aprendizajes presentados en la parte anterior, es decir, en el “Inicio de capítulo”. Además, cada capítulo tiene actividades y evaluaciones, tanto de capítulos y de unidad, que van ligadas a cumplir con cada objetivo establecido va en ayuda para poner en práctica los conocimientos vistos a lo largo de las partes ya mencionadas.

Este Seminario de Grado tiene como objetivo desarrollar material didáctico para el aprendizaje de la asignatura de Física, en la unidad de Tierra y Universo, en el eje temático de Estrellas para estudiantes de 4º Año Medio. Por lo tanto es necesario analizar cómo se presenta el contenido de Estrellas en este libro que se entrega oficialmente por el MINEDUC. Dicho análisis se realiza más adelante, en el Capítulo 2, en la sección *2.4 Contenido sobre estrellas en el texto del estudiante distribuido por el MINEDUC.*

## **Capítulo 2: Marco Teórico**

En este capítulo se presenta y explica en qué consisten algunas dimensiones de la educación que el MINEDUC propone como lo son el enfoque CTS, las tecnologías de la información y comunicación (TIC de ahora en adelante), y por último la alfabetización científica. Sobre este último se dan referencias a nivel nacional e internacional y se verá cuál es su definición según diferentes autores. Mientras que sobre CTS se trata en qué consiste y los dos enfoques importantes que hay: el europeo y el norteamericano. Y de TIC se habla de su importancia en la educación y sobre cómo usarlos, juntos con sus ventajas y desventajas, para luego mencionar el uso de videos educativos. Luego se presentan algunas razones que evidencian la importancia de enseñar el contenido de estrellas a los estudiantes de nuestro país.

Posteriormente se expone como está presentado el contenido de estrellas tanto en el libro de texto del estudiante de tercero y cuarto medio, así como en diversos libros especializados en astronomía. De estos libros también se muestra cómo presentan y cómo utilizan el Diagrama Hertzsprung-Russell (De aquí en adelante Diagrama H-R).

Finalmente se presenta los contenidos que se usan en la propuesta didáctica describiendo en qué consisten los distintos tipos de estrellas y cuerpos celestes, sus inicios evoluciones y posibles finales.

### **2.1 Alfabetización científica**

En la primera mitad del siglo XX los modelos didácticos que regían la educación eran de tipo conductistas y las preocupaciones curriculares en cuanto a la ciencia, estaban centradas principalmente en la adquisición de conocimientos científicos (citado en Sabariego & Manzanares, 2006), esto solo implicaba una memorización de información con el fin de que posteriormente los y las estudiantes pudieran repetir dicha información, generando educandos desprovistos de herramientas útiles a la hora de abordar situaciones o problemas de la vida cotidiana desde un punto de vista científico. La alfabetización científica nace en respuesta a esta realidad, buscando que los educandos adquieran conocimientos y herramientas que les permitan desenvolverse en la vida diaria de manera eficaz en cuanto al uso de recursos tecnológicos, decisiones que involucren la salud del individuo y/o de los que le rodean, entre otras cosas (citado en Sabariego & Manzanares, 2006).

Según el MINEDUC la alfabetización científica pretende lograr que todos los estudiantes puedan desarrollar la capacidad de usar el conocimiento científico, identificar problemas y que mediante un respaldo basado en la evidencia logren llegar a conclusiones para poder entender y participar de las decisiones que haya que tomar (MINEDUC, 2013).

La alfabetización científica es el proceso en el cual los educandos participan de una investigación la cual busca (re)construir el conocimiento científico y enfrentarse a problemas de relevancia, por medio de una aventura científica a cargo de un orientador, permitiendo un aprendizaje más eficiente y significativo, en vez del conocimiento ya elaborado que se transmite, reduciendo todo lo que hay de fondo en esos conocimientos (Sabariego & Manzanares, 2006).

A su vez este concepto de alfabetización científica se subdivide en diferentes aristas que varían según los autores. Según Shen (citado en Sabariego & Manzanares, 2006) existen tres tipos de alfabetización científica dentro de las cuales se encuentra una práctica, la cual involucra un conocimiento científico y tecnológico disponible de manera inmediata a la hora de resolver problemas relacionados con salud y supervivencia; una cívica, la cual implica tomar mayor conciencia de los problemas sociales y finalmente una cultural, la cual contribuye a ver la ciencia como un producto de la cultura de la humanidad.

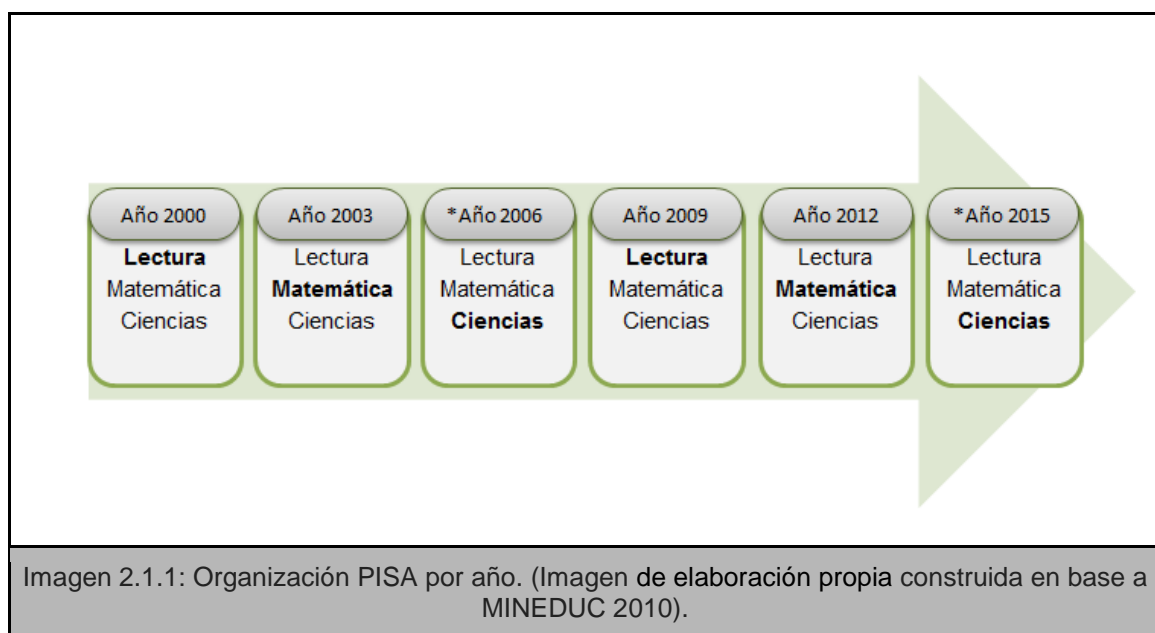
Para Hodson (citado en Sabariego & Manzanares, 2006) los elementos principales de la alfabetización científica son: Aprender ciencia mediante la adquisición y el desarrollo de conocimiento teórico y conceptual; aprender sobre ciencia mediante la comprensión de la naturaleza y de los métodos científicos, desarrollando una conciencia de la complejidad con que se relacionan la ciencia y la sociedad; finalmente hacer ciencia implicando y desarrollando experiencias de investigación científica y resolución de problemas.

Para Kemp (citado en Sabariego & Manzanares, 2006) la alfabetización científica comprende una dimensión conceptual, la cual implica conceptos científicos necesarios y su comprensión, junto con la relación entre ciencia y sociedad; una dimensión procedimental, la cual abarca los procedimientos, procesos, habilidades y capacidades del individuo, junto con rasgos tales como la obtención y el uso del conocimiento científico, la aplicación de la ciencia en la vida cotidiana y la utilización de la ciencia al público de tal forma que permita una clara comprensión; finalmente una dimensión afectiva, la cual está vinculada a emociones, actitudes, valores y disposición ante la alfabetización científica, apreciando a la ciencia y mostrando un interés por la ciencia y el conocimiento científico.



Existe una prueba internacional que mide la alfabetización científica en los estudiantes de 15 años, de diferentes países que están adheridos a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE de aquí en adelante), este es el Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA de aquí en adelante por sus siglas en inglés para Programme for International Student Assessment) (MINEDUC, 2010).

Esta prueba se aplica cada tres años, y cada vez con una mención diferente, entre Lectura, Matemática y Ciencias; esto implica que la prueba tiene más preguntas dedicadas a la asignatura en mención. El año 2006, la prueba PISA tuvo mención en Ciencias y Chile participó en ella, para la siguiente ocasión, el año 2009, la mención fue en Lectura, luego en el 2012 fue en Matemática y finalmente para el año 2015, nuevamente la mención fue en Ciencias y Chile también participó en esta prueba. A continuación presentamos un esquema que muestra la organización de lo anteriormente planteado.

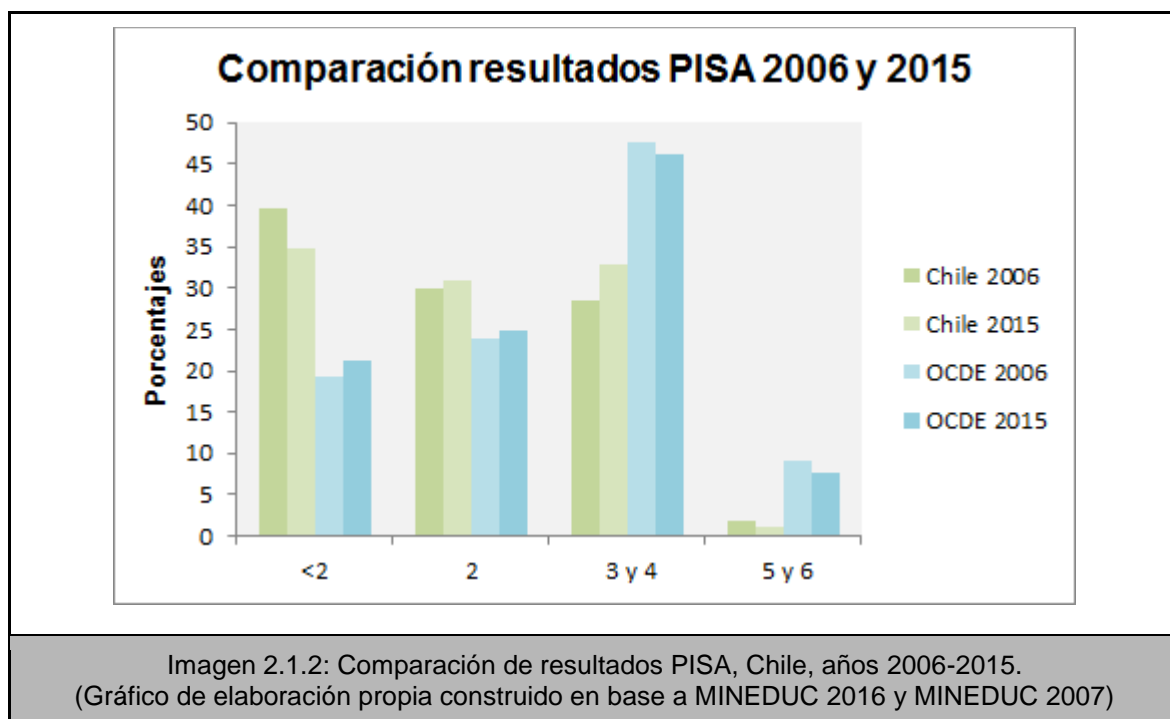


Para el año 2006, la prueba mostró que de los jóvenes que la rindieron, el 13% se encuentra bajo el nivel 1 (Larraín, 2009), significando que estos jóvenes según la OCDE (citado en Larraín, 2009) son incapaces de demostrar las competencias que se requieren para las tareas científicas más sencillas, y/o no pueden aplicar sus conocimientos básicos a tareas que son familiares y simples, y/o no pueden exponer explicaciones científicas de notable obviedad

que surgen explícitamente de las evidencias entregadas. Quedando estos jóvenes con severas desventajas a la hora de participar plenamente en la sociedad y en la economía.

En el nivel 1 se encuentra un 26,7% de los jóvenes. En el nivel 2 que es la cota base, los estudiantes demuestran que poseen competencias científicas que permitirán su participación activa en la sociedad y en actividades cotidianas que tengan relación con la ciencia y la tecnología, un 29,9% de los jóvenes se encuentra en este nivel. Finalmente, el 20% se encuentra en el nivel 3, el 8,4% en el nivel 4, el 1,8% en el nivel 5 y el 0,1% en el nivel 6. Comparando con los países OCDE, donde el 56,7% de los jóvenes se encuentran desde el nivel 3 hacia arriba, Chile presenta un 30,3% de estudiantes que se encuentran entre los niveles 3 y 6. Así también, un 1,9% de jóvenes chilenos se encuentran en los niveles 5 o 6, mientras que en los países OCDE se ve un 9% (Larraín, 2009).

Para el año 2015, 34,8% de los estudiantes chilenos que rindieron la prueba, se encuentran bajo el nivel 2, 31% se encuentra en el nivel 2, 32,9% se encuentra en los niveles 3 o 4; y finalmente solo un 1,2% se encuentra en los niveles 5 o 6. Con el fin de poder comparar estos resultados y así poder analizar más a fondo los datos que entregados anteriormente, se construyó el siguiente gráfico.



Estas cifras son preocupantes y es por esto que desde que se implementaron los ajustes en el Marco Curricular el año 2009, se ha incorporado en ellos el concepto de alfabetización científica. Los profesores y profesoras están llamados a enseñar ciencia en vista a que los estudiantes sean personas informadas científicamente de manera que puedan tener opinión y tomar decisiones con una base respaldada en la ciencia, implicando una enseñanza de las ciencias de manera más democrática y para la diversidad, integrando a todos los estudiantes. Este desafío implica la inclusión de más y mejores estrategias para todos los estudiantes y un esfuerzo por parte de ellos en lograr adoptar una actitud positiva hacia la ciencia y su aprendizaje; generando una propuesta curricular moderna donde el eje central no esté enfocado solo en los contenidos conceptuales, sino que esté en la integración de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, así también como en el desarrollar habilidades de investigación científica y de pensamiento científico que aborden la importancia de comprender la naturaleza de las ciencias. (MINEDUC, 2013).

## **2.2 Tecnologías de la Información y de la Comunicación**

Al lograr una alfabetización científica adecuada, los estudiantes podrán enfrentar desafíos y problemas en donde pueden poner en práctica los conceptos científicos los cuales fueron aprendidos (MINEDUC, 2015a). Por otra parte, los alumnos también se familiarizan con los recursos tecnológicos disponibles para poder realizar investigaciones y es aquí en donde el aporte realizado por las Tecnologías de la Información y de la Comunicación se considera clave tanto para la alfabetización científica como el enfoque CTS, el cual se detalla más adelante.

Las TIC, como nos menciona Gómez & Macedo (2010), nos brindan herramientas que favorecen a las escuelas que no cuentan con los suficientes recursos como para tener bibliotecas. A su vez, las TIC nos permiten entrar a un mundo tecnológico sin fronteras, un mundo lleno de información a disposición para quien desee tomarlo, por lo tanto en un mundo tecnológicamente avanzado, y que avanza día a día, es necesario incorporar estas herramientas en la educación de futuros integrantes activos de la sociedad. Para ello las TIC en la educación deben cumplir como función el ser un medio de comunicación, un canal de comunicación e intercambio de conocimiento y experiencias (Gómez & Macedo, 2010).

Asimismo Gómez & Macedo (2010) plantean tres grandes razones por la que se debe integrar las TIC en la educación. La primera razón hace referencia a una necesaria alfabetización digital, ya que es necesario que se eduquen personas que tengan las

competencias mínimas acerca del uso de estas herramientas tecnológicas, para que estos estudiantes puedan tener un rol activo en la sociedad que los rodea. Como segunda razón se plantea la Productividad, ya es posible aprovechar las ventajas que nos proporciona al momento de preparar clases y ejercicios, para el caso del docente, así como también al momento de buscar información acerca de diversos temas y la comunicación que se puede dar entre docentes o entre docentes y alumnos. Finalmente la tercera razón que se plantea es la Innovación en las Prácticas Docentes y éste hace referencia a realizar clases más llamativa para los estudiantes. Es de conocimiento público que las clases “tradicionales”, es decir, clases en pizarra con el profesor exponiendo, no motiva ni intriga a gran parte de los estudiantes, por lo tanto al incorporar TIC en clases se puede lograr un aprendizaje más cooperativo y más significativo, buscando así reducir los índices de deserción escolar. (Gómez & Macedo, 2010)

Sin embargo, como toda herramienta educativa, las TIC tienen ventajas y desventajas, las cuales varían desde razones técnicas a razones disciplinarias, a continuación se muestra una tabla con las ventajas y desventajas al usar TIC, desde la perspectiva del aprendizaje, es decir, cómo puede afectar al aprendizaje el uso de las TIC.

*Tabla 2.2.1: Ventajas y desventajas del uso de TIC.*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aumento en la motivación del estudiante</li> <li>● Hay una continua interacción entre los estudiantes</li> <li>● Se promueve un trabajo autónomo riguroso y metódico</li> <li>● Se produce una retroalimentación casi instantánea a los errores que puedan cometer los estudiantes.</li> <li>● Hay una mayor y mejor comunicación entre el docente y el alumno</li> <li>● Existe un aprendizaje cooperativo</li> <li>● Se concreta una alfabetización digital y audiovisual</li> <li>● Se desarrolla la habilidad de búsqueda y selección de información</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El estudiante puede distraerse fácilmente</li> <li>● Se puede malgastar tiempo en buscar información, al haber mucha información disponible</li> <li>● En Internet hay muchos sitios no fiables de información</li> <li>● Se puede producir un aprendizaje incompleto y superficial</li> <li>● Se produce una dependencia de unos estudiantes a otros, en donde, solo una porción del grupo de trabajo realmente trabaja, para el caso de grupos de muchos integrantes</li> </ul>

*(Tabla de elaboración propia construida en base a texto Importancia de las TIC en la Educación Básica Regular, Gómez & Macedo, 2010)*

Considerando todo estos factores, la inclusión de las TIC en los establecimientos educacionales es necesaria e inminente y los establecimientos deben contar con las condiciones mínimas que puedan garantizar su uso en las salas de clases. Específicamente, una de las TIC que más se

usa y posee una mayor capacidad para abarcar información y la entrega de una forma más atractiva para el estudiante, son los videos, o videos educativos.

Para poder definir lo que es un video educativo se analiza lo mencionado por Bravo (1996), en donde define al video educativo como como aquel que cumple un objetivo didáctico previamente formulado, sin embargo esta definición está tan abiertamente propuesta que prácticamente todos los videos pueden considerarse educativo. Dicho esto, Cebrián, el cual es citado en Bravo (1996), se distinguen cuatro tipos de videos diferentes, los cuales se detallan a continuación:

- Videos Curriculares: Aquellos que se adaptan expresamente a la programación de la asignatura. (Bravo, 1996)
- Videos de divulgación cultural: Aquellos cuyo objetivo es presentar a una audiencia dispersa aspectos relacionados con determinadas formas culturales. (Bravo, 1996)
- Videos de carácter científico-técnico: Aquellos donde se exponen contenidos relacionados con el avance de la ciencia y la tecnología o se explica el comportamiento de fenómenos de carácter físico, químico o biológico.(Bravo, 1996)
- Vídeos para la educación: Aquellos que, obedeciendo a una determinada intencionalidad didáctica, son utilizados como recursos didácticos y que no han sido específicamente realizados con la idea de enseñar. (Bravo, 1996)

Los videos más utilizados en las salas de clases son los videos curriculares y los videos para la educación ya que estos tienen una mayor flexibilidad para adaptarse a los objetivos específicos de cada asignatura. Por otra parte Schmidt, el cual también es citado en Bravo (1996), ofrece una clasificación distinta, la cual se basa en los objetivos que se pueden alcanzar con el uso de un video didáctico, las cuales se definen a continuación.

- Videos Instructivos: Son aquellos que buscan instruir que los alumnos dominen un determinado contenido. (Bravo, 1996)
- Videos Cognoscitivos: Son aquellos que buscan dar a conocer diferentes aspectos relacionados con el tema en cuestión. (Bravo, 1996)
- Videos Motivadores: Son aquellos que buscan disponer positivamente al estudiante hacia el desarrollo de una tarea. (Bravo, 1996)
- Videos Modelizadores: Son aquellos que presentan al estudiante modelos a imitar.(Bravo, 1996)

- Videos Lúdicos: Son aquellos los cuales están destinados a que los estudiantes aprender y comprender el lenguaje de los medios audiovisuales. (Bravo, 1996)

La importancia de ocupar estos tipos de videos en las salas de clases radica en la información que se presentan en ellos, sin embargo, la importancia radica en como se muestra este contenido más allá de cuánto contenido se ve en el video, por lo tanto Bravo (1996) nos propone el concepto de potencialidad expresiva la cual se define como la capacidad de que tiene un medio audiovisual para transmitir un contenido educativo completo, es decir, un video tendrá una mayor o menor potencialidad expresiva dependiendo de qué elementos audiovisuales se utilizan. El video tiene una baja potencialidad expresiva si contiene una sucesión de imágenes de bajo nivel de estructuración, es decir, las imágenes sirven de apoyo para la tarea del docente, pero no constituye por sí solo un programa con sentido completo, además el video está construido en base una sucesión de imágenes ordenadas, lo que se denominan Banco de Imágenes. Un video tiene una potencialidad expresiva mediana si esta sucesión de imágenes y sonidos transmite un mensaje completo y concreto, pero a su vez se carece de elementos que ayuden a la comprensión y retención de los conceptos e información que abarca el video en cuestión. Finalmente un video tiene una potencialidad expresiva alta si los videos están elaborados de tal forma que se plantean objetivos de aprendizajes que deben ser logrados una vez que el video finalice, en este tipo de potencialidad expresiva se pueden incluir los videos instructivos y modelizadores, los cuales menciona Schmidt (citado en Bravo, 1996), además este tipo de videos están especialmente diseñados para facilitar la comprensión del contenido y retención del mensaje en cuestión y contienen un alto nivel de estructuración el cual les otorga una estructura narrativa sencilla de asimilar y donde cada una de las secuencias o bloques temáticos están debidamente estructurados. (Bravo, 1996)

Finalmente, en un mundo globalizado en donde la tecnología está presente en la gran mayoría de los ámbitos de la vida diaria, es necesario aprovechar lo que estas tecnologías tienen para ofrecer. Es responsabilidad de los docentes de usar paradigmas educativos alternativos para hacer el aprendizaje del estudiante más motivador y significativo, sin embargo es deber de los establecimientos tener los implementos necesarios para poder ocupar estas TIC, ya que en un futuro no muy lejano serán esenciales para la educación a nivel mundial.

### **2.3 Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad**

Sin lugar a dudas se vive en un mundo que ha estado creciendo tecnológicamente a lo largo de los años, una sociedad que interactúa de manera constante con los avances de las

ciencias junto con los impactos que tiene ésta en el desarrollo humano. Es por esto que el currículum nacional busca enseñar las ciencias como algo cercano al estudiante, y no como algo solamente para especialistas o científicos.

El enfoque CTS es un movimiento que tiene como gran objetivo justamente el enseñar las ciencias como algo cercano al estudiante; por lo tanto constituye un paradigma alternativo de estudio para entender el fenómeno científico-tecnológico en el contexto social (Quintero, 2010). Según López (1998) este movimiento surge hace tres décadas a partir de nuevas corrientes de investigación empírica en filosofía y sociología, debido a un incremento en la sensibilidad social e institucional sobre la necesidad de una regulación pública del cambio científico-tecnológico.

Dentro de este movimiento CTS, es posible identificar dos enfoques o dos perspectivas diferentes para entenderlo, como lo son la perspectiva europea y la estadounidense. La primera esencialmente se centra en los antecedentes sociales de la ciencia o bien en las condicionantes sociales de la ciencia, mientras que el segundo enfoque básicamente se centra en las consecuencias sociales y ambientales de los productos tecnológicos, dejando de lado los antecedentes sociales de estos mismos. Las diferencias y similitudes entre estos dos enfoques del movimiento CTS se pueden observar en el siguiente cuadro comparativo:

*Tabla 2.3.1: Cuadro Comparativo entre enfoque europeo y enfoque estadounidense.*

Enfoque Europeo	Enfoque Estadounidense
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Institucionalización académica en Europa.</li> <li>● Énfasis en los factores sociales antecedentes</li> <li>● Atención a la ciencia y, secundariamente, a la tecnología.</li> <li>● Carácter técnico y descriptivo.</li> <li>● Marco explicativo: ciencias sociales (sociología, psicología, antropología, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Institucionalización administrativa y académica en Estados Unidos.</li> <li>● Énfasis en las consecuencias sociales.</li> <li>● Atención a la tecnología y secundariamente, a la ciencia.</li> <li>● Carácter práctico y valorativo.</li> <li>● Marco evaluativo: ética, teoría de la educación, etc.</li> </ul>

*(Tabla de elaboración propia construida en base a texto Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia; Quintero, 2010)*

Desde un punto de vista educativo, una de las principales quejas que se tiene en torno a la enseñanza de las ciencias en los colegios, es que se tiene esa visión tradicional en donde tanto la ciencia como la tecnología son entes aislados de los debates sociales que ocurren. En el mundo actual se requiere de una educación que muestre la conexión que existe entre la ciencia,

tecnología y sociedad; de una educación que se enseñen los contextos sociales que envuelven a los diferentes descubrimientos científicos, o también descubrimientos tecnológicos, así como también el impacto social que ha tenido cada uno de ellos.

En este ámbito el enfoque CTS, como menciona Quintero (2010), propone que las unidades curriculares necesitan alcanzar cinco fases a saber, las cuales se detallan a continuación:

1. Formación de actitudes de responsabilidad personal en relación con el ambiente natural y con la calidad de vida.
2. Toma de conciencia e investigación de temas CTS específicos, enfocados tanto en el contenido científico y tecnológico, como en los efectos de las distintas opciones lógicas, sobre el bienestar de los individuos y el bien común.
3. Toma de decisiones con relación a estas opciones, tomando en consideración factores científicos, técnicos y éticos, económicos y políticos.
4. Acciones individuales y sociales responsables, encaminadas a llevar a la práctica el proceso de estudio y toma de decisiones, generalmente en colaboración con grupos comunitarios.
5. Generalización a consideraciones más amplias de teorías y principios, incluyendo la naturaleza (sistémica) de la tecnología y sus impactos sociales y ambientales, la formulación de políticas en las democracias tecnológicas modernas, y los principios éticos que pueden guiar el estilo de vida y las decisiones políticas sobre el desarrollo tecnológico.

En el ámbito nacional, el MINEDUC espera que los estudiantes sean capaces de comprender las *grandes ideas de la ciencia* que organizan a la vez una gran parte del conocimiento científico. Por ejemplo, según lo que nos plantea MINEDUC (2015a), que los estudiantes sean capaces de comprender que el conocimiento científico es contingente; aplicar habilidades para realizar investigaciones científicas; desarrollar actitudes personales y de trabajo en equipo inherentes al quehacer científico; y vincular el conocimiento científico y sus aplicaciones con las exigencias de la sociedad. Para esto, el MINEDUC plantea dos grandes objetivos en las bases curriculares:

- Motivar y acercar el estudio de las ciencias a los estudiantes, pues les muestra una finalidad o un resultado práctico, concreto y cercano del conocimiento científico. (MINEDUC, 2015a)



- Comprender que las aplicaciones científicas y tecnológicas muchas veces provocan consecuencias en los ámbitos social, económico, político y ético; es decir, que la actividad científica, en conjunto con la tecnología, generan impactos en la sociedad y en la vida cotidiana de los individuos. (MINEDUC, 2015a)

#### **2.4 ¿Por qué es importante enseñar el contenido de estrellas?**

Muchas veces al enseñar disciplinas como historia, matemáticas, física, se entrelazan con la astronomía. Documentos sobre las Leyes de Kepler, que hablan de cómo se comportan los objetos que orbitan a otros de mayor masa, pueden ser leídos con interés histórico, literario o científico. En la escuela la astronomía se topa con todas las otras áreas del conocimiento. En el área de lenguaje hay muchos tópicos interesantes sobre los cuales los niños pueden escribir, así como también hay varios artículos interesantes sobre los que pueden leer, en biología y química se puede abordar el tema de los elementos que hay en la Tierra o en nuestros cuerpos mediante la astronomía. Así también el arte, las tecnologías actuales que están al alcance de todos, nos permiten ver imágenes de objetos astronómicos con los cuales los estudiantes se pueden maravillar y pueden también intentar recrearlos, en pinturas, maquetas, etc. (Educarchile, 2014).

Esta interdisciplinaridad de la astronomía también puede aplicarse a la evolución estelar, los niños pueden leer y escribir sobre estrellas, supernovas, etc. Así como también en biología pueden aprender que el hierro presente en sus cuerpos, proviene originalmente de nuestro Sol, así como también muchos de los otros elementos de la tabla periódica; en arte, pueden pintar o recrear, supernovas, estrellas de neutrones, sistemas de estrellas, etc.

La práctica de la astronomía de la escuela permite a los estudiantes oportunidades para el fortalecimiento de la personalidad, así como el desarrollo de habilidades cognitivas, les permite plantear y analizar situaciones que requieren de cierto nivel de abstracción y esto se ha logrado con niños de tercero y cuarto año básico. En esta edad los estudiantes muestran una gran curiosidad y a veces se preguntan cosas con respecto a estos temas, ¿Por qué el cielo es azul? ¿Por qué el Sol es redondo?, son algunas preguntas que más de algún profesor ha escuchado y también son preguntas a las cuales debemos responder. Al estudiar estos tópicos los estudiantes también adquieren una visión más profunda y toman mayor conciencia sobre el lugar que ocupan en el universo y reciben herramientas para protegerse de mitos y

supersticiones que están muy presentes en la vida cotidiana y a la que nos somete la prensa sensacionalista de nuestro país (Educarchile, 2014).

En cuanto a la realidad astronómica de nuestro país, específicamente el área de estrellas, el estudio de las Estrellas Pulsantes ha permitido a los astrónomos recolectar información de los interiores y distancias estelares. Esto repercute en la comprensión en áreas como la estructura de la Vía Láctea y la tasa de expansión del universo (Catelán, 2017)

El estudio de las pulsaciones estelares ha sido principalmente gracias al satélite Kepler, de la NASA. Sin embargo los observatorios terrestres han hecho un aporte sumamente importante, sobre todo cuando hay que monitorear grandes áreas en el cielo y por tiempos prolongados. Es aquí donde Chile adquiere protagonismo, ya que nuestro país lidera justamente uno de estos proyectos que estudian a las Estrellas Pulsantes. El Variables Vista en la Vía Láctea (VVV de aquí en adelante) a diferencia de otros proyectos anteriores en esta área, tiene la ventaja de utilizar la parte infrarroja del espectro electromagnético, ya que en el infrarrojo la atenuación de la luz provocada por el polvo interestelar se ve significativamente reducida, permitiendo así estudiar las zonas más centrales de la Vía Láctea (Catelán, 2017).

En este contexto es que en diciembre del año 2016 se realizó en nuestro país la 22ª edición del tradicional congreso internacional sobre estrellas pulsantes en San Pedro de Atacama, con la asistencia de más de 130 expertos mundiales de 25 países diferentes. Anteriormente estos congresos habían sido en países como Italia, Canadá, EE.UU., entre otros. El hecho de que se haya podido realizar este congreso en nuestro país, es muestra clara de cómo se ha desarrollado esta disciplina en Chile (Catelán, 2017).

Pero ¿qué nos dicen los textos acerca de estos objetos? Lo primero que se puede analizar para la educación chilena es el texto entregado por el MINEDUC, y ver cómo trata el tema de estrellas a través de éste libro de texto para el estudiante. Otra pregunta interesante es ¿Cómo se diferencia de los libros especialistas? Al tomar un libro de astronomía y comenzar a leerlo es prácticamente inevitable encontrarse con páginas dedicadas a las estrellas, cómo nacen, de que están formadas, cuales son los procesos que ocurren en su interior, cómo evolucionan, entre mucha otra información. A continuación se pretende analizar cómo presentan la información distintos libros, de distinto nivel, algunos de divulgación científica, otros de nivel universitario, e incluso de posgrado.

## **2.5 Contenido sobre estrellas en el texto del estudiante distribuido por el MINEDUC.**

Como ya se ha mencionado en el Capítulo 1, sección *1.5 Análisis general de Libro del Estudiante de Cuarto Año de enseñanza Media*, es necesario analizar cómo se presenta el contenido de Estrellas en el libro “Física III-IV Medio”, que es entregado oficialmente por el MINEDUC. Este libro, presenta el tema de estrellas en la Unidad 2, Capítulo 2, en la sección 2 llamada Formas en el Cielo, a partir de la página 354.

Al principio se presenta un texto y una imagen que tiene como propósito introducir el tema a tratar, pero lo hace de una manera más interactiva al hacer preguntas que hacen que el alumno cuestione situaciones muy cotidianas como es, por ejemplo, mirar el cielo nocturno. En un costado de esta página se le presentan al estudiante los objetivos de la sección, así como también los prerrequisitos y los conceptos claves para comprender lo que se verá.

Luego viene el primer tema a tratar en esta sección, el *tema 1: cielo diurno y cielo nocturno*. Primero se menciona lo que se puede observar a “simple vista” en el cielo, dependiendo de si se está de día o de noche, se introduce el concepto de estrella y de cómo se puede observar que hay unas más brillantes que otras haciendo hincapié a que la distancia es un factor a considerar. También se introduce el concepto del Sol y que a esta estrella es la única que hemos podido observar los detalles en su superficie, y el cómo afecta al color del cielo que observamos.

A continuación trata el tema de las constelaciones, con una introducción contextualizada históricamente, en cómo las constelaciones han sido creadas por las distintas culturas de la humanidad, con un propósito de organización. Luego menciona el movimiento aparente de las estrellas y cómo algunas estrellas quedan siempre a la vista sobre el horizonte sin explicar el porqué, todo esto expuesto de una manera cotidiana.

Luego, viene la primera actividad propuesta por el libro de texto, la cual se muestra en la siguiente imagen.

**Actividad**

- La siguiente imagen corresponde a la constelación de Orión:  
Busca los nombres de las dos estrellas principales de la constelación ( $\alpha$  y  $\beta$  Orionis) y determina sus posiciones en la imagen.
- El siguiente listado corresponde a las cinco estrellas más brillantes vistas desde la Tierra:
  - Sirio            • Canopus            • Alfa Centauri
  - Arcturus        • Vega
 Busca a qué constelación pertenece cada una de ellas.



**Figura 2.21**  
La constelación de Orión.

Imagen 2.5.1: Actividad pág. 355

Esta actividad viene a reforzar lo visto antes de constelaciones mediante ejemplos, como es el caso de la constelación de Orión, y el listado que se muestra en la pregunta 2. Después de esta actividad, se comienza a estudiar estrellas en profundidad, partiendo por explicar cuál es la rama de la astronomía que estudia dichos objetos astronómicos. Luego entrega una definición de estrellas para después hablar del nacimiento de estas y su vida o evolución. Luego, se presenta una actividad de reconocimiento de imágenes.

**Actividad de análisis de imágenes**

Las siguientes imágenes de la **Figura 2.22** corresponden a la nebulosa Cabeza de Caballo y la Gran Nebulosa de Orión. ¿A qué tipo de nebulosa corresponde cada una?



**Figura 2.22**



**Figura 2.23**  
Gran nebulosa de Orión.

Imagen 2.5.2: Actividad pág. 357

El propósito de esta actividad es reconocer los distintos tipos de nebulosas que existen. El libro muestra dos tipos de nebulosas, las nebulosas oscuras y nebulosas de emisión. A continuación, se aborda el tema de clasificación de estrellas, para las cuales hay dos distintos catálogos para caracterizarlas, el catálogo de Henry Daper (HD) realizado en la universidad de Harvard, que determina el "Tipo Espectral", y el catálogo del Observatorio Yerkes que determina la "Clase de Luminosidad". Luego se presenta una actividad de reconocimiento.

**Actividad de reconocimiento**

- ¿Qué estrellas tienen mayor temperatura...las azules o las rojas?  
Piensa en la cocina cuando el fuego está "alto" o "bajo"... ¿de qué colores son las llamas en cada caso?
- ¿Por qué las personas se tornan rojizas cuando tienen calor, y azuladas cuando tienen frío?

Imagen 2.5.3: Actividad pág. 358

En la pregunta "¿Por qué las personas se tornan rojizas cuando tiene calor...?", en la información entregada por el libro, no es suficiente para responder. Sin embargo este tipo de preguntas tiene como objetivo que el estudiante responda desde la cotidianidad, que el alumno piense en los sucesos de su vida que tengan relación a lo preguntado, por lo que se puede observar un pequeño guiño a la Educación CTS.

Luego se habla de las propiedades que tienen en general las estrellas, y se entregan conceptos como masa molecular, temperatura, densidad, presión, sin ninguna actividad de por medio. Después explica lo que es el equilibrio hidrostático y la energía gravitacional con su respectiva fórmula, para dar una pequeña actividad, que no es más que un mero cálculo.

**Actividad de reconocimiento**

- Calcula la cantidad de energía potencial gravitacional de:  
**a) El Sol**                      **b) Júpiter**

Suponiendo que la densidad de ambos es aproximadamente constante ( $k = 0,6$ ).

Imagen 2.5.4: Actividad pág. 360

Por último se habla del tema de los procesos nucleares en las estrellas, destacando la fusión de hidrógeno, el ciclo carbono-nitrógeno-oxígeno y el proceso triple alfa, sin ninguna

actividad de por medio, para finalmente proponer una evaluación de sección, la cual se muestran a continuación.

**Evaluación de sección**

1. ¿Qué es una estrella?
2. ¿Cómo se puede medir la luminosidad de una estrella?
3. ¿Por qué las estrellas se observan en colores?
4. ¿Cuál es la utilidad de la ecuación de estado, en el estudio de las estrellas?
5. ¿Cómo se puede calcular la presión al interior de una estrella?
6. Observa la siguiente tabla y responde:

Nombre	Paralaje Medido ( $\pi''$ )
Próxima	0,772
Sirio	0,377
Procyon	0,287
Vega	0,126

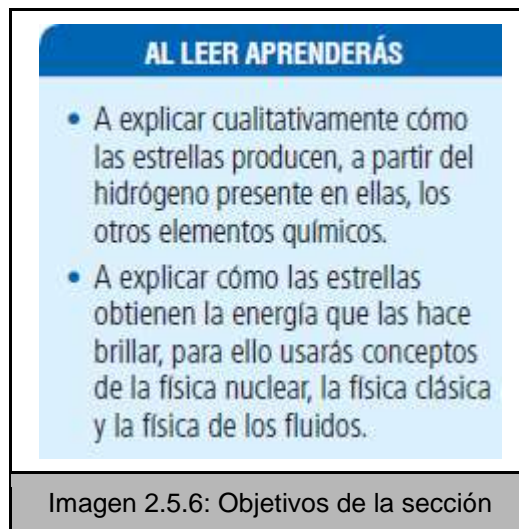
- a) ¿Cuál de las estrellas está más cerca de la Tierra?
- b) ¿Cuál de las estrellas está más lejos de la Tierra?
- c) ¿Cuál de ellas tiene mayor luminosidad? Utiliza el brillo del Sol como referencia.

Imagen 2.5.5: Evaluación de sección pág. 363

En esta evaluación de sección no hay mayor problema para desarrollarla, pero en la pregunta 6, con lo visto durante toda la sección no hay como poder responder correctamente lo pedido.

- ¿Se cumplen los objetivos planteados?

Según el libro de texto entregado por el MINEDUC los objetivos de la sección son los siguientes:



Para ambos objetivos planteados, el libro de texto entregado por el MINEDUC expone los conocimientos de manera clara, pero sin reforzar estos conocimientos mediante actividades que permitan al estudiante aplicar lo aprendido.

El MINEDUC plantea como aprendizaje esperado para esta unidad en la sección de estrellas, el AE 13, el cual es *Describir los procesos gravitacionales y nucleares que ocurren en las estrellas, explicando la emisión de radiación y la nucleosíntesis*. Como conclusión referente a los objetivos que plantea el MINEDUC en el Marco Curricular se puede apreciar que en el aspecto de la explicación de la nucleosíntesis el libro cumple a cabalidad el objetivo correspondiente, ya que explica los principales procesos internos de las estrellas para transformar hidrógeno en helio y esto lo logra a través de explicaciones que a su vez se apoyan en diferentes ilustraciones que muestran como son los procesos.

Por otra parte, se puede concluir que el libro presenta los procesos gravitacionales referentes a la energía potencial gravitacional y el equilibrio hidrostático (página 360). El libro los define muy vagamente a ambos y en el caso de energía potencial gravitacional el libro hace realizar a los estudiantes unos cálculos que posteriormente nunca se mencionan.

Algo no menor y que merece una mención es que en toda la sección relacionada con el tema de estrellas, no se muestra y ni siquiera menciona lo que es el Diagrama H-R, muy por el contrario a lo que ocurre con gran parte de los textos que están dedicados al tema, algo que se podrá observar a continuación cuando se analicen distintos libros especializados sobre el tema. Finalmente nos centramos en evolución estelar y cómo el libro nos presenta dicho tema y es importante decir que en el libro se dedica solamente dos párrafos y un total de 15 líneas en

donde solamente se describe a grandes rasgos lo que ocurre con la estrella dependiendo de su masa para terminar como enana blanca, estrella de neutrones o como agujero negro, sin embargo no se realiza ninguna actividad con respecto a evolución estelar.

## **2.6 Contenido sobre estrellas en textos especializados.**

Junto con analizar al libro entregado por el MINEDUC para estudiantes de 3º y 4º medio, también se analiza cómo presenta el contenido de estrellas diversos textos especializados en el tema, los cuales se observan a continuación.

- *Atlas visual de Astronomía (Ed. Océano, 1999):*

Este libro es de divulgación científica y se divide en las siguientes secciones:

- i. Características de las Estrellas
- ii. Evolución Estelar
- iii. Agrupaciones Estelares
- iv. El Medio Interestelar
- v. La Vía Láctea
- vi. Las Galaxias

De estas secciones nos centraremos en las dos primeras, que son las de nuestro interés porque tratan contenidos sobre estrellas. En la primera sección, se presenta la clasificación de las estrellas, las clases espectrales y clases de luminosidad, para finalmente llegar al diagrama H-R, en donde se presenta una imagen de dicho diagrama en una página completa.

En la segunda sección, se exponen las teorías de formación de estrellas, las estrellas de la secuencia principal, así como también de los diversos cuerpos celestes que son resultados de estas estrellas una vez que han acabado su combustible o que están relacionados con estas, como lo son las Enanas Blancas, Gigantes Rojas, Supergigantes, Enanas Marrones, Nebulosas Planetarias, Pulsares y Agujeros Negros. También se mencionan los distintos tipos de Supernovas y de la nucleosíntesis Estelar. Es importante destacar que a lo largo del capítulo el libro expone variadas imágenes para apoyar lo que está escrito y para explicar otras cosas como por ejemplo los procesos protón-protón, el ciclo CNO y la formación de elementos pesados dentro de las estrellas. Este libro trata todos estos temas durante dieciséis páginas.

- *Curso de Astronomía (Abad et al, 2002):*



Este libro está dirigido a estudiantes de nivel universitario (pregrado) y presenta el tema de estrellas en el Capítulo 2 (*Breves nociones de radiación*) y en el Capítulo 8 (*Estrellas Dobles*). El primer capítulo mencionado, es decir, el Capítulo 2 se divide en las cuatro siguientes secciones:

Capítulo 2: Breves nociones de radiación.

- i. Introducción
- ii. Radiación de Cuerpo Negro
- iii. Magnitudes Estelares
- iv. Espectro Atómico y Clasificación Espectral

En este capítulo, de estrellas propiamente tal no encontramos la misma información que en otros libros, este libro es mucho más “matemático”, es decir, tiene mucha fórmula, demostración y cálculo. Por ejemplo, en la parte de Magnitudes estelares, se presentan los temas de brillo, ley de Feschner, ley de Pogson, de magnitudes aparentes y magnitudes absolutas. Como se mencionó anteriormente, tiene mucho cálculo y demostraciones de ecuaciones.

Luego en la parte de Espectro atómico y clasificación espectral, se muestra una serie de demostraciones de ecuaciones para poder calcular el espectro atómico de las estrellas, hasta así llegar a lo que es el diagrama H-R y termina con la clasificación en familias de luminosidad.

Como se mencionó anteriormente, el libro retoma el concepto de Estrellas en el Capítulo 8, pero no trata más que de dichas estrellas y hay aún más cálculos para diversas cosas, como por ejemplo el cálculo de efemérides y cálculo de órbitas, entre otros. Este capítulo se divide en las siguientes secciones.

Capítulo 8: Estrellas Dobles.

- i. Introducción
- ii. Estrellas Dobles Visuales
- iii. Fórmulas Fundamentales
- iv. Cálculo de Órbitas
- v. Método de Kowalsky
- vi. Método de Thiele-Innes\_van de Bos
- vii. Cálculo de Efemérides

Como ya se ha mencionado anteriormente, es un libro que entrega mucho cálculo y mucha

demostración lo que lo hace ser un libro no recomendado para gente que no está internalizado en la materia.

- Introducción a la Astrofísica (Battaner, 1999):

Este es un libro que va dirigido para estudiantes universitarios (pregrado) y expone el tema de estrellas en el Capítulo 2 (*Estrellas*). Este capítulo se divide en 12 secciones que abarcan el contenido de estrellas, los cuales nombramos a continuación.

### Capítulo 2: Estrellas.

- i. Clasificación Estelar
- ii. Estrellas dobles y masas Estelares
- iii. ¿Por qué brilla una estrella?
- iv. El interior de una estrella normal
- v. Estrellas de la Secuencia Principal
- vi. Enanas Blancas
- vii. Enana Blanca Relativista
- viii. Estrellas de Neutrones
- ix. Estrellas Masivas
- x. Estrellas Marrones
- xi. Evolución Estelar
- xii. Agujeros Negros

En este capítulo, como se mencionó anteriormente, es acerca de Estrellas en donde primeramente se exponen los tipos de estrellas y nos define cuáles son estos. Además el libro también presenta otros cuerpos celestes que existen en el universo.

Luego se presenta las nociones de brillo, luminosidad para así llegar al concepto de clasificación estelar, además también nos presentan cuales son las distintas clasificaciones que tienen las estrellas.

Además se muestran características más endógenas de las estrellas, es decir, de sus características internas, de cómo están compuestas y cómo funcionan en su interior, para luego ya presentar las estrellas de la secuencia principal y qué les sucede a medida de que avanza el tiempo.

Por último se avanza al tema de evolución estelar. Esta sección trata de cómo las estrellas van quemando su combustible y que les sucede en ciertos puntos de su vida dependiendo de su masa llegando a la supernova.

Cabe mencionar que en este libro es posible encontrar el Diagrama H-R y lo presenta en alrededor de tres páginas. De dicho diagrama se mencionan cuáles son las componentes de dicho diagrama, indicando que arriba están las más brillantes, abajo las más débiles, a la derecha las más frías y a la izquierda las más calientes. Indicando una desventaja de este diagrama con respecto a la medición de la magnitud de una estrella.

- *Universe 5th Edition (Kauffmann & Freedman, 1998).*

Este libro va dirigido para estudiantes de universidad (pregrado) y presenta el tema de estrellas en el Capítulo 3 (*Stars and Stellar Evolution*), lo que traducido al español quiere decir *Estrellas y Evolución estelar*. Este capítulo se divide en siete secciones que abarcan en gran manera el contenido de estrellas, los cuales explicaremos a continuación:

#### Capítulo 3: Stars and Stellar Evolution.

- i. "Our Star, the Sun" (Nuestra Estrella, el Sol)
- ii. "The Nature of Stars" (La Naturaleza de las Estrellas)
- iii. "The Birth of Stars" (El Nacimiento de las Estrellas)
- iv. "Stellar Evolution: After the Main Sequence" (Evolución Estelar: Luego de la Secuencia Principal)
- v. "Stellar Evolution: The Dearth of Stars" (Evolución Estelar: La Muerte de las Estrellas)
- vi. "Neutron Stars" (Estrellas de Neutrones)
- vii. "Black Holes" (Agujeros Negros)

La primera sección, Our Star, the Sun, se presentan las características de, como dice el título, de nuestra estrella, el Sol. Se muestran datos como la distancia que hay entre el Sol y la Tierra, de su radio, masa y densidad, entre otras características. También se menciona las capas que componen a las estrellas, tales como la fotosfera, cromosfera, corona, núcleo, etc. y de los diferentes procesos que ocurren dentro del Sol para transformar helio en hidrógeno.

La segunda sección, The nature of Stars, se presentan temas que tienen que ver con

características para las estrellas en general como por ejemplo el paralaje, distancias, brillo aparente, luminosidad, color y lo que implica para la temperatura superficial, las clases espectrales, los tamaños, para así mostrar lo que es el diagrama H-R y luego abarca lo que son las estrellas binarias.

La tercera sección, *The Birth of Stars*, básicamente expone cómo se forman las estrellas, partiendo de una protoestrella, de cuando alcanzan la secuencia principal, de las nebulosas planetarias, de cómo una supernova puede afectar indirectamente en la formación estelar.

La cuarta sección, *Stellar Evolution: After the Main Sequence*, presenta a las gigantes rojas, de qué sucede cuando se comienza a quemar el helio y también de que tiene que ocurrir para que las estrellas dejen la secuencia principal, además abarca temas de estrellas de Población I y II con sus características y por último presenta a las estrellas pulsantes.

La quinta sección, *Stellar Evolution: The Dearth of Stars*, muestra el destino que tienen las estrellas que se salen de la secuencia principal tales como las enanas blancas, las supernovas, y las características de cada una de ellas, también se menciona a los neutrinos.

La sexta sección, *Neutron Stars*, presenta a las estrellas de neutrones, pulsares, y las características de estas, tanto interiores como exteriores.

Por último, en la sección *Black Holes*, abarca temas como la teoría especial de la relatividad, relatividad general, el horizonte de sucesos, el radio de Schwarzschild y también agujeros de gusanos.

- *The Physical Universe: an introduction to astronomy (Shu, 1982).*

Este es un libro que va dirigido para estudiantes de universidad (postgrado) y presenta el tema de estrellas en lo que se denomina "Part II". Esta sección se divide en seis capítulos que abarcan en gran manera el contenido de estrellas, los cuales explicaremos a continuación:

### Part II: The Stars

5. "The Sun as a Star" (EL Sol como una Estrella)
6. "Nuclear Energy and Synthesis of the Elements" (Energía nuclear y síntesis de los elementos)

7. "The End States of Stars" (Los estados finales de las estrella)
8. "Evolution of the Stars" (Evolución de las estrellas)
9. "Star Clusters and the Hertzsprung-Russell Diagram" (Agrupaciones de estrellas y el diagrama Hertzsprung-Russell)
10. "Binary Stars" (Estrellas Binarias)

El Capítulo 5, The sun as a Star, expone básicamente las características que componen a nuestra estrella el Sol. Abarca temas tales como la atmósfera y de las capas interiores que la componen, así como también de las capas exteriores como lo son la cromosfera y la corona; y por último se menciona cómo afecta esta estrella, el Sol, y las demás estrellas a nosotros en el planeta Tierra.

El Capítulo 6, Nuclear Energy and Synthesis of the Elements, se muestra lo que ocurre en el interior de las estrellas, tales como el material plasmático que la forman y se mencionan las cuatro fuerzas fundamentales que existen las cuales son: las fuerzas nucleares débiles, las fuerzas nucleares fuertes, la fuerza de gravedad y la fuerza electromagnética. También, a partir de las fuerzas nucleares, se muestran las reacciones nucleares que ocurren dentro de la estrella, para que estas puedan fusionar helio en hidrógeno.

El Capítulo 7, The End States of Stars, se presentan los destinos finales que tienen las estrellas cuando éstas salgan de la secuencia principal. Estos posibles destinos pueden ser que se convierten en enanas blancas, estrellas de neutrones o agujeros negros. A su vez también se mencionan las características que tiene cada uno de los objetos anteriormente mencionados, y que es lo que debe pasar para que se llegue a cada uno de ellos.

El Capítulo 8, Evolution of the Stars, trata de cómo van evolucionando las distintas estrellas dependiendo de la masa. En este capítulo se presenta el diagrama H-R teórico para poder así referirse a las estrellas que se encuentran en la secuencia principal y que sucede con ellas a medida de que avanzan los años. Este capítulo se centra más que nada en la evolución estelar de las estrellas de la secuencia principal.

El Capítulo 9, Star Clusters and the Hertzsprung-Russell Diagram, se muestra un diagrama H-R observacional. Presenta los factores que inciden para calcular la luminosidad de las estrellas, tales como el brillo aparente y la distancia. También nos presenta las distintas clasificaciones para las estrellas como lo son la clasificación espectral y las clases de luminosidad. Por último nos muestra distintos diagramas H-R tanto como para las estrellas

cercanas (Nearby Stars) y las agrupaciones estelares (Star Clusters) y las características de estas últimas.

El Capítulo 10, Binary Stars, abarca como lo dice su título, el tema de las estrellas binarias o los sistemas binarios de estrellas. Presenta la clasificación de las estrellas binarias observacional, de cómo se forman dichas estrellas, de la evolución de la órbita debido a los efectos de marea (Tidal Effects), de la clasificación de estrellas binarias basado en el modelo Roche y de la evolución de los sistemas semi-desconectados junto con las características de cada uno.

## **2.7 El diagrama H-R en los textos revisados.**

- *Atlas visual de Astronomía (Ed. Océano, 1999):*

El libro presenta el Diagrama H-R en las páginas 32 y 33 en la sección Clasificación estelar. Antes de llegar a tratar el diagrama, se presentan los tipos de clasificación de estrellas. A partir de esto se llega al diagrama presentándose como una manera de clasificar las estrellas analizando la relación entre la clasificación espectral y la luminosidad.

Luego, el análisis que se hace acerca de este diagrama es muy sencillo. El autor del libro nos expone acerca del diagrama lo siguiente:

“La mayor parte de estrellas se sitúan en la banda que va desde arriba a la izquierda hasta abajo a la derecha. Otras regiones donde se acumula un número importante de estrellas son las supergigantes, las gigantes y las enanas blancas” (p.32)

Básicamente el libro presenta los tipos de estrellas que se encuentran en el diagrama H-R. En la página 33 del texto se muestra una ilustración del diagrama.

- *Curso de Astronomía (Abad et al, 2002):*

El libro presenta el Diagrama H-R en las páginas 43 y 45 en el Capítulo 2, en la sección Espectro Atómico y Clasificación Espectral. El diagrama se presenta luego de abarcar el tema de clasificación espectral, y lo expone a partir de la necesidad de relacionar las clases espectrales con la magnitud aparente que fue lo que realizó Hertzsprung. Por otra parte también menciona que Russell construye un diagrama que asocia las estrellas cercanas al Sol en

función de su magnitud absoluta obteniendo un diagrama muy similar al construido por Hertzsprung, naciendo así el Diagrama H-R.

Luego el libro menciona que alrededor de un 90% de las estrellas se encuentran en una diagonal llamada Secuencia Principal, que el 7% están dispersas por encima de la diagonal mencionada y el resto se encuentra en la esquina inferior izquierda, además nombra a que estrellas representan estas estrellas que no se encuentran en la secuencia principal. En la página 45 hay un esquema del Diagrama H-R.

- *Introducción a la Astrofísica (Battaner, 1999):*

El libro presenta el Diagrama H-R en las páginas 34,35 y 36, en el Capítulo 2 en la sección Clasificación Estelar. El libro presenta el diagrama como una consecuencia de comparar dos clasificaciones estelares, las cuales corresponden a la magnitud absoluta e índice espectral. Explica que el eje de las magnitudes está invertido y además menciona que la mayoría de las estrellas se encuentran en una curva llamada Secuencia Principal. Las estrellas que están fuera de la secuencia principal no son menos importantes mencionando así a las Gigantes Rojas y las Enanas Blancas, además de sus características.

También el libro menciona desventajas importantes del diagrama, la cual es el hecho de que la magnitud no se obtiene directamente ni se refiere a propiedades intrínsecas de las estrellas, ya que dependen mucho de la distancia. Otra desventaja que se menciona es el corrimiento al rojo de las estrellas que están más lejos, por ejemplo, el autor menciona que al observar una estrella de tipo F0 no se sabe si es efectivamente una estrella F0 cercana o una B5 lejana que se ve enrojecida.

- *Universe 5th Edition (Kauffmann & Freedman, 1998).*

El libro presenta el Diagrama H-R en las páginas 474-478, en el Capítulo 3 en la sección The Nature of the Stars. El autor primeramente nos enseña las necesidades de crear un gráfico de estas características y explicando cuales son las propiedades a analizar entre sí, las cuales son la luminosidad y la temperatura superficial.

A partir de las investigaciones de Ejnar Hertzsprung se puede observar que hay un patrón regular cuando se graficaba las magnitudes absolutas de una estrella versus sus colores. Luego, dos años más tarde, Henry Russell descubrió una regularidad similar utilizando los tipos

espectrales en vez de los colores. Combinando los dos gráficos realizados por los astrónomos anteriormente mencionados es que nace lo que se conoce el Diagrama H-R.

A partir de este diagrama, en donde se presenta una ilustración en la página 475, el libro explica cómo se ubican las distintas estrellas, es decir, que las estrellas más luminosas están hacia la parte superior del diagrama y las menos luminosas hacia la parte inferior, además las estrellas más calientes están hacia la izquierda y las más frías hacia la derecha. Luego nos presenta las distintas regiones o secciones que se encuentran inmersos en este diagrama, las cuales son las estrellas de la Secuencia Principal, las Gigantes y las Enanas Blancas.

A su vez, el autor nos menciona que a través del Diagrama H-R se puede evidenciar que estrellas con la misma temperatura superficial pueden tener luminosidades diferentes. Luego el libro asocia a las clases de luminosidad con las estrellas presentes en este diagrama dando como resultado una ilustración que podemos encontrar en la página 477. Por otra parte, menciona que la información de los tipos espectrales y las clases de luminosidad combinados con la información del diagrama H-R permite a los astrónomos estimar a qué distancias están las estrellas de la Tierra, este método se denomina Paralaje Espectroscópico y es una técnica increíblemente poderosa ya que no importa que tan lejos esté la estrella, esta técnica permite determinar su distancia conociendo solamente su espectro y brillo aparente. Esta técnica expande el rango de determinación de distancias astronómicas por un factor de por lo menos  $10^5$ . Por último el libro presenta las limitaciones de esta técnica la cual consiste en que las distancias a las estrellas individuales que son determinadas usando este método tienen una precisión de máximo 10%. La razón es que incluso sabiendo el tipo espectral y la clase de luminosidad de la estrella hay una cierta inseguridad en la luminosidad que leemos en el diagrama H-R. Aun así, el Paralaje Espectroscópico es el único medio que tienen los astrónomos para medir distancias para las estrellas remotas.

- *The Physical Universe: an introduction to astronomy (Shu, 1982).*

El libro presenta el tópico de Diagrama H-R en el Capítulo 8 en la sección llamada *Theoretical H-R Diagram*. Primeramente menciona que es una herramienta útil para discutir propiedades estelares y a su vez la define como un gráfico que compara la luminosidad con la temperatura efectiva de las estrellas, también indica que la mayoría de las estrellas se encuentran en una región llamada Secuencia principal y además nombra las características químicas y los procesos que ocurren en el interior de éstas estrellas. Luego el libro comienza a



describir en mayor detalle lo que sucede con dichas estrellas estando en la secuencia principal o fuera de ella.

A continuación el libro retoma el tópico de Diagrama H-R en el Capítulo 9 en la sección llamada *The Observational H-R Diagram*. En esta parte se ocupa el diagrama H-R ilustrando sobre este las clases de luminosidad de las estrellas. Por otra parte, en la sección *The H-R Diagram of Nearby Stars* se presentan a las estrellas cercanas y que es posible construir el diagrama calculando la luminosidad y la temperatura efectiva de estas. En esta sección también se muestra una figura que muestra el diagrama H-R para estas estrellas, en donde se puede observar como se ve marcada una banda que corresponde a la secuencia principal. Por último, el libro presenta el diagrama H-R para agrupaciones estelares, en donde nos definen lo que son y además se muestra cómo se distribuye este diagrama para dos agrupaciones diferentes, la NGC2362 y Praesepe. Por lo general, el libro presenta al diagrama H-R como una herramienta muy útil para clasificar y analizar los datos que nos entregan las estrellas como lo son la luminosidad y la temperatura efectiva.

## **2.8 Contenidos sobre estrellas en el marco de la propuesta didáctica.**

El material didáctico que se desarrolla en la siguiente propuesta considera alguno de los elementos que se pudo observar en la revisión de los textos especializados. En gran parte los contenidos de estrellas en los cuales se trabaja en la propuesta didáctica tienen como base los textos *The Physical Universe: an introduction to astronomy* escrito por Frank Shu y *Universe 5th Edition* escrito por Kauffmann & Freedman, además la información que se observa en los siguientes apartados se basan también en los textos ya mencionados.

### **2.8.1 Clasificación de estrellas.**

Por cientos de años el hombre ha escudriñado el cielo nocturno en busca de su comprensión, con diversas conclusiones a lo largo de la historia, unas más aceptadas que otras y unas que han perdurado más que otras, pero a pesar de todos los años que el cielo se ha estudiado, aún no se termina de comprenderlo a cabalidad. Este estudio se ha hecho principalmente mediante las estrellas, ya que son prácticamente lo que más hay en el cielo. Pero el estudio de estos cuerpos celestes es de una importancia no menor, ya que el estudiar las estrellas nos permite conocer más de nuestro universo, de nuestros posibles orígenes y de nuestros posibles futuros.

Una de las características más notorias de las estrellas que aparece con solo dar un vistazo es su brillo. Si observamos el cielo, podemos darnos cuenta de que no todas las estrellas brillan con la misma intensidad, unas parecieran ser más brillantes que otras, así mismo, pero no tan evidentemente, si observamos con la suficiente minuciosidad podremos darnos cuenta de que tampoco todas son exactamente del mismo color, hay unas más azuladas, otras más rojizas, lo que llevó a los astrónomos a preguntarse si estas características nos entregan distintas propiedades para distintas estrellas. De esta manera el mundo astronómico ha podido clasificar a las estrellas dependiendo de dos grandes características: la luminosidad y el espectro.

### 2.8.2 Clasificación Espectral

Al mirar el cielo nocturno es posible diferenciar algunas estrellas con colores distintos. Dependiendo del color de la estrella, estas nos entregan distinta información acerca de datos como frecuencias, longitud de onda, etc., pero sin duda, la característica más fundamental es la posibilidad de distinguir los distintos espectros para cada estrella; esto no es posible hacerlo a simple vista.

No fue sino hasta finales del siglo XIX que el astrónomo Angelo Secchi pudo medir los espectros para las estrellas más brillantes, gracias a los avances instrumentales de la época. A partir de dichas mediciones, Secchi puso en evidencia la existencias de diferentes tipos de estrellas las cuales pueden ser distinguidas debido a sus características espectrales. Estos espectros se pueden diferenciar gracias a su morfología o por la repartición de las líneas de absorción. Para las líneas de absorción, a pesar de que tienen similitudes en cuanto a la posición, pueden tener diferencias en la anchura de este, pero de esto hablaremos más adelante.

Básicamente, la idea de la clasificación espectral es que una cierta composición química en este caso de una estrella, está determinada por el patrón de las líneas de absorción; a su vez estas líneas dependen de la temperatura y de la presión que hay en la fotosfera, ya que es aquí donde se forma el patrón de líneas de absorción. Además, esta variación en las líneas de absorción entrega información acerca de la temperatura de la estrella, por lo tanto, como una primera aproximación el tipo espectral de una estrella entrega una estimación de la temperatura (Shu, 1982). Los tipos espectrales fueron asignados de manera alfabética y en un orden que fue determinado según las fuerzas de las líneas de absorción, además cabe mencionar que el orden de los tipos espectrales fue hecho de manera decreciente. Este orden fue realizado por Edward Charles Pickering y Annie Jump Cannon.

La clasificación de tipo espectral, se basa en la abundancia de las líneas de hidrógeno en las líneas de absorción, por lo que las clasificaciones correspondientes son las siguientes: Las estrellas tipo A son abundantes en líneas de hidrógeno, las estrellas tipo B son las siguientes más abundantes y así sigue el orden sucesivamente; sin embargo, luego se dieron cuenta que esta asignación no ordenaba a las estrellas según la temperatura de éstas. Gracias al trabajo de Meghnad Saha, un astrónomo Indio que es reconocido por su desarrollo de la ecuación de Saha la cual permite describir las condiciones físicas y químicas de las estrellas, aprendieron que las estrellas de tipo O son las menos abundantes en líneas de hidrógeno mientras que las estrellas tipo M tienen pocas líneas de hidrógeno pero por una razón diferente.

La razón de que las estrellas tipo O tengan pocas líneas de hidrógeno se debe a que su fotosfera es tan caliente que el hidrógeno está casi completamente ionizado, por otra parte, las estrellas tipo M tienen pocas líneas de hidrógeno debido a que su fotosfera es muy fría, por lo que hay pocos átomos de hidrógeno en la primera fase de excitación, que es donde la absorción de un fotón estelar produce una línea de hidrógeno de la serie de Balmer que es visible mediante el espectro óptico. (Shu, 1982).

Al ordenar la clasificación espectral de forma decreciente en la temperatura efectiva de las estrellas, en vez de la abundancia de las líneas de hidrógeno en las líneas de absorción se obtiene la siguiente sigla:

O B A F G K M

Cada uno de estos tipos de estrellas están subdivididas en diez partes, es decir, cada clasificación se enumera de 0 a 9, en donde diferencian las características de las líneas de los espectros electromagnéticos para estrellas del mismo tipo. Por ejemplo, para las estrellas tipo G se subdivide en G0, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8 y G9. A continuación se presenta un gráfico explicando con más detalle los tipos espectrales y sus características principales.

*Tabla 2.8.2.1: Tipos espectrales con sus características principales.*

Tipo	Características Principales
O	Las líneas de helio ionizado una vez están en absorción o emisión. Fuerte radiación ultravioleta continua.
B	Líneas de helio neutral en absorción.

A	Líneas de hidrógeno con fuerza máxima para estrellas A0, luego decrecen,
F	Líneas metálicas comienzan a ser notables.
G	Tipo espectral del Sol. Líneas de absorción de átomos e iones metálicos aumentan en su fuerza.
K	Dominan las líneas metálicas. Continua radiación azul débil.
M	Bandas moleculares de óxido de titanio notables.

(Tabla de elaboración propia basada en el libro *The Physical Universe*, Shu, 1982)

También es posible saber otro tipo de características para las estrellas que pertenecen a un tipo espectral, tales como la temperatura, los radios, la masa, etc. A continuación se presenta una tabla que presenta las características anteriormente mencionadas para las estrellas que pertenecen a los distintos tipos espectrales, para estrellas de la secuencia principal, las cuales veremos en profundidad más adelante.

*Tabla 2.8.2.2: Tipos espectrales y sus características.*

Tipo Espectral	O	B	A	F	G	K	M
Temperatura (K)	40.000	20.000	8.500	6.500	5.700	4.500	3.200
Radio (Sol = 1)	10	5	1,7	1,3	1,0	0,5	0,3
Masa (Sol = 1)	50	10	2,0	1,5	1,0	0,7	0,2
Luminosidad (Sol = 1)	100.000	1.000	20	4	1,0	0,2	0,01
Vida (millones de años)	10	100	1.000	5.000	10.000	50.000	100.000
Abundancia	0,00001 %	0,1%	0,7%	2%	3,5%	7%	80%

(Tabla de elaboración propia basada en: Powell, 2017. Recuperada de URL: <http://www.atlasoftheuniverse.com/startype.html>)

Sin embargo, la clasificación original de Annie J. Cannon incluye otros tipos espectrales que en la sigla anterior no se mencionan, estos son R, N y S. Estos tipos espectrales tienen un espectro diferente no porque sean más frías que las estrellas tipo M, sino que la diferencia la hace la presencia de elementos más pesados. Las estrellas tipo N y R son abundantes en carbón y tienen temperaturas que son comparables a las estrellas tipo K y M. Las estrellas tipo

Son similares a las estrellas tipo M, a excepción de que los óxidos en su espectro son formados por metales que pertenecen al quinto periodo de la tabla periódica en vez del cuarto periodo como las estrellas tipo M (Shu, 1982). Finalmente, las clases adicionales N, R y S son frecuentemente puestas en paréntesis de los tipos espectrales principales.

O B A F G K M (N R S)

### 2.8.3 Clases de Luminosidad

Como acabamos de ver, podemos clasificar las estrellas dentro de distintos tipos espectrales, pero también los astrónomos se dieron cuenta que dentro de un mismo tipo espectral, habían diferencias en cuanto a las intensidades de las líneas de Balmer, por ejemplo tenemos líneas de Balmer para diferentes estrellas de tipo espectral A2.

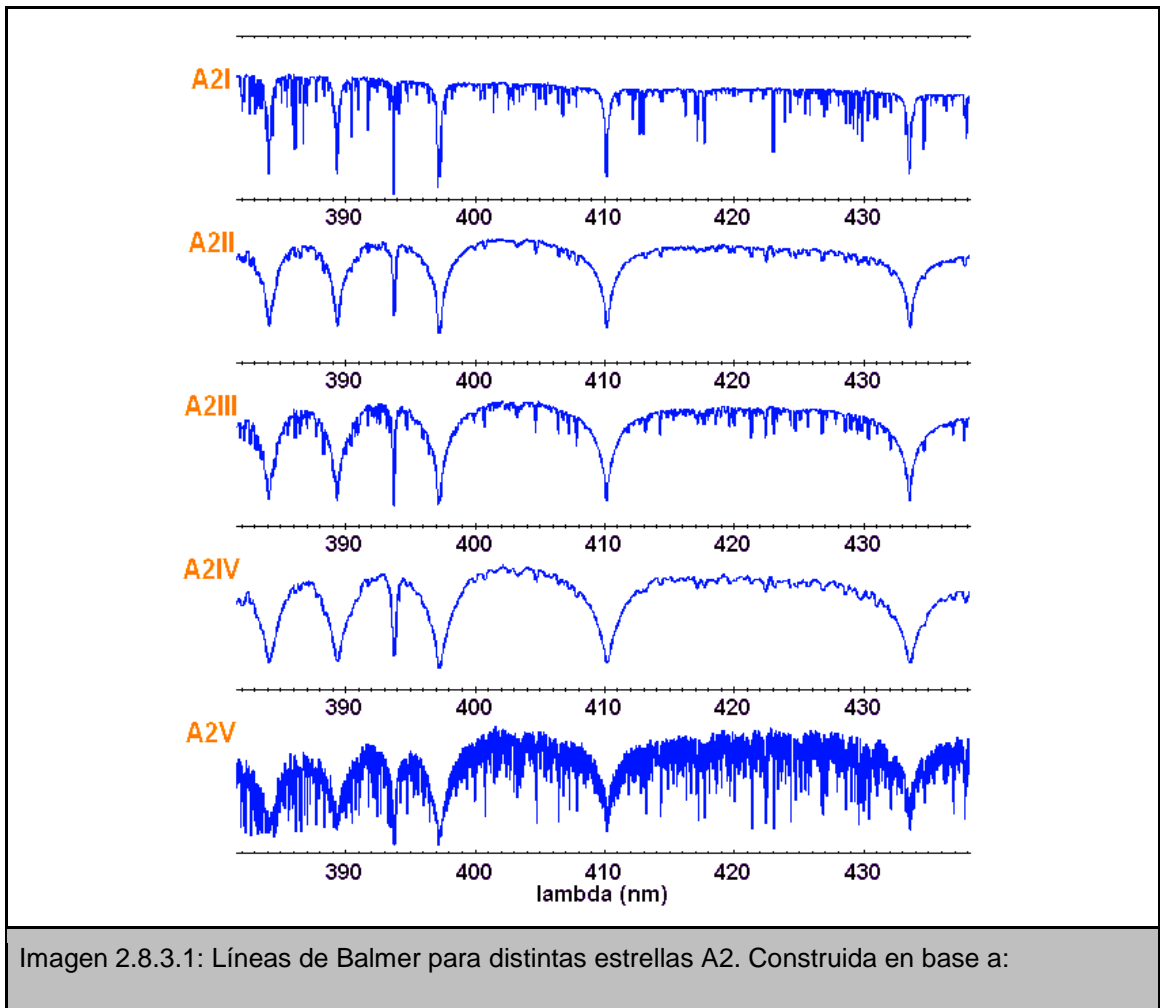


Imagen 2.8.3.1: Líneas de Balmer para distintas estrellas A2. Construida en base a:

Como podemos observar, las líneas de Balmer no son del mismo grosor para las cinco estrellas, las dos de los extremos tienen líneas considerablemente más gruesas que las tres del centro, cuyas líneas son más finas.

Desde 1913, se ha podido demostrar que estas diferencias en las anchuras de las líneas espectrales corresponden a diferencias de luminosidades de las estrellas; esto fue posible gracias a los trabajos y estudios hechos por los científicos Hertzsprung y Russell. Si tomamos como ejemplo estrellas de un mismo tipo espectral, las cuales tienen la misma temperatura efectiva, podemos encontrar distintas luminosidades, esto implica también una diferencia en los radios de dichas estrellas. (L'Observatoire de Paris, 2017)

Para obtener la luminosidad de una estrella es necesario hacer dos mediciones. Necesitamos medir el brillo aparente de una estrella, esto nos indicará la energía por unidad de tiempo y área, que la Tierra recibe de la estrella. En el caso del Sol esta cantidad de energía se le llama "constante solar" y es el punto de referencia para describir el brillo de las demás estrellas. La otra medición que se necesita es la distancia a la que se encuentra dicha estrella con respecto a la Tierra. Para las estrellas que está a alrededor de tres años luz de distancia, se puede utilizar el método de paralaje, y para las estrellas más distantes es necesario utilizar otros métodos más indirectos.

Las luminosidades estelares para un mismo tipo espectral se han clasificado dentro de cinco categorías principales enumeradas con números romanos, las estrellas de tipo I están subdivididas en Ia y Ib, se les denomina como estrellas Supergigantes, sus espectros son de líneas muy finas. También tenemos las de tipo II y III, las cuales son gigantes. Las estrellas de tipo IV son sub gigantes y las de tipo V corresponden a las estrellas enanas, de la secuencia principal. A esta clasificación se han agregado las de tipo 0, las cuales se denominan como Hipergigantes, no por tener necesariamente más volumen, si no que principalmente más masa que las Supergigantes. Finalmente también se han agregado las de tipo VI y VII; estas últimas no suelen utilizarse mucho y corresponden a sub enanas y enanas blancas respectivamente. Podemos ver esta clasificación en la siguiente tabla.

Tabla 2.8.3.1: Clases de Luminosidad

Clase	Magnitud
0	Hipergigantes
Ia	Supergigantes
Ib	Supergigantes
II	Gigantes Luminosas
III	Gigantes
IV	Sub-gigantes
V	Enanas
VI	Sub-enanas
VII	Enanas Blancas

(Tabla de elaboración propia construida en base a: EcuRed, 2017. Recuperado de URL [https://www.ecured.cu/Clasificaci%C3%B3n\\_estelar](https://www.ecured.cu/Clasificaci%C3%B3n_estelar))

#### 2.8.4 Diagrama Hertzsprung-Russell

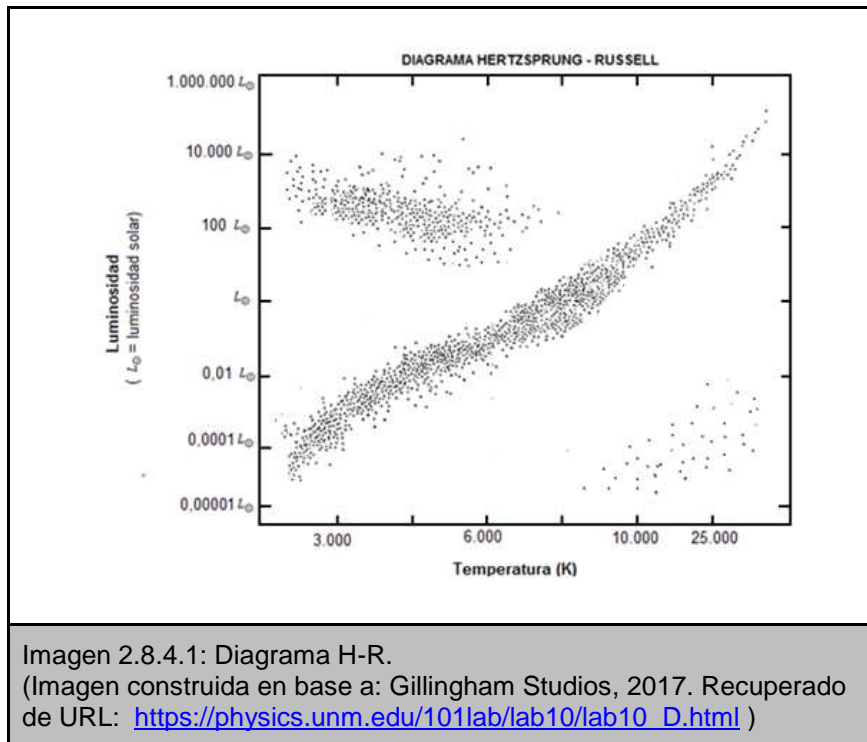
A lo largo de los años se ha recolectado mucha información entregada por estas estrellas, algo que los astrónomos han sido capaces de hacer, pero como todo buen científico, han buscado formas en que esas puedan ser analizadas para así buscar tendencias y principios fundamentales (Kaufmann & Freedman, 1998). A partir de las investigaciones realizadas se ha podido llegar a diversas conclusiones, como por ejemplo que la mayoría de las estrellas tienen composiciones químicas muy similares, sin embargo, hay propiedades que varían a la hora de comparar las estrellas, entre ellas están los radios, posición y velocidades a las que se desplazan, aunque estas no son las más importantes. Hay otras dos propiedades que son importantes para analizar más a fondo las estrellas, éstas son la Luminosidad y la Temperatura Superficial (Kaufmann & Freedman, 1998).

Una de las mejores maneras de buscar lo anteriormente mencionado, es decir, buscar tendencias y principios, es ver como una variable depende de otra, así fue como para el año 1911 el ingeniero y astrónomo danés Ejnar Hertzsprung trazó un diagrama en donde se mostraba cómo se relacionan la magnitud absoluta de una estrella y el color de la misma; dicha magnitud absoluta es una forma de representar la luminosidad de una estrella mientras que el color determina la temperatura de una estrella. En dicho diagrama, Hertzsprung mostró que

cuando se graficaba las magnitudes absolutas de una estrella versus sus colores, aparecía un patrón regular, es decir, los puntos no se repartían de forma aleatoria por el diagrama. Luego, dos años más tarde, para el año 1913, de forma totalmente independiente un astrónomo americano llamado Henry Russell descubrió una regularidad similar utilizando la luminosidad de las estrellas y los tipos espectrales, es decir, temperatura superficial en vez de los colores, a partir del método de paralaje (Kaufmann & Freedman, 1998).

A partir de los diagramas construidos tanto por Hertzsprung y Russell nace lo que se conoce como el diagrama H-R, las siglas corresponden a los apellidos de los astrónomos ya mencionados, el cual se considera como uno de los diagramas más importantes para la astronomía y ayuda a entender el ciclo de vida de las estrellas, es decir, el cómo se forman, evolucionan y mueren (Kaufmann & Freedman, 1998). En dicho diagrama cada punto representa una estrella a una cierta luminosidad y a una cierta temperatura, por lo tanto, a un cierto tipo espectral, en donde las estrellas más luminosas se encuentran hacia la parte superior del diagrama mientras que las estrellas menos luminosas se encuentran hacia la parte inferior de este. Por otra parte las estrellas que tienen una alta temperatura se encuentran hacia la derecha mientras que las de menor temperatura se encuentran hacia la izquierda de éste diagrama. Esta descripción corresponde a la versión americana del diagrama, ya que para este diagrama se acostumbra ubicar las temperaturas aumentando hacia la izquierda. Sin embargo convencionalmente construye el siguiente Diagrama H-R, en donde la temperatura aumenta hacia la derecha, como se puede observar a continuación.





En la *imagen 2.8.4.1* se puede observar el diagrama H-R, como se puede apreciar, las estrellas no aparecen de forma aleatoria, sino que se agrupan en distintas regiones, lo que es una evidencia de que las magnitudes absolutas y el tipo espectral de una estrella están relacionadas entre sí. La primera gran región que se nota en el diagrama es una región grande que prácticamente cruza de izquierda a derecha en diagonal todo el diagrama, dicha sección se denomina “Secuencia Principal”.

#### 2.8.5 Estrellas de la Secuencia Principal.

Ésta región del diagrama H-R contiene una gran variedad de estrellas que comienzan en la zona superior derecha del diagrama donde se encuentran las estrellas a mayor temperatura y brillantes de color azul; hasta la zona inferior izquierda donde se encuentran las estrellas a menor temperatura y menos brillantes, las cuales tienen un color rojizo. Ésta región contiene a la mayoría de las estrellas que se encuentran en el universo. Las estrellas que pertenecen a esta secuencia tienen dos propiedades que las caracterizan según lo que nos dice Frank H Shu en su libro “The Physical Universe an introduction to astronomy”, las cuales son:

- Las estrellas son químicamente homogéneas.

- La fusión de hidrógeno en el núcleo.

En otras palabras, las estrellas que forman parte de la secuencia principal son de una composición química similar y además transforman hidrógeno en helio al interior de sus núcleos, mediante diversos procesos nucleares, tales como la cadena CNO, la cadena protón-protón y el proceso triple alfa.

Sin embargo, esto no significa que las estrellas que forman parte de la secuencia principal sean exactamente igual en todos los ámbitos, ya que como se puede ver en el diagrama esta sección ocupa una larga línea demarcada en el centro de éste. Entonces ¿Qué es lo que hace diferentes a las estrellas de la secuencia principal entre sí? Frank H Shu nos dice que dentro de las causas de que haya estrellas en distinta posición a lo largo de la secuencia principal, se encuentran las siguientes:

- Una diferente cantidad inicial de elementos más pesados que el hidrógeno y helio.
- La cantidad de hidrógeno usado en el núcleo.

Sin embargo estos sucesos varían en muy poco la posición de las estrellas en la secuencia principal. El mayor factor que influye dentro de las estrellas que forman parte de dicha secuencia es la masa que tiene cada una de ellas. Si la estrella está conformada por una gran masa, va a quemar su combustible mucho más rápido que las estrellas que tienen una masa menor.

Cabe destacar que nuestro Sol forma parte de esta secuencia principal al ser una estrella tipo G2 en la clasificación de tipo espectral con luminosidad 1 y magnitud absoluta +4,8, el significado de estos valores se verá más adelante. Por último cabe mencionar que las estrellas más fáciles de observar yacen en la secuencia principal, y a estas, la información sobre su temperatura y luminosidad se les puede extraer de manera más fácil (Kaufmann y Freedman, 1998).

#### 2.8.6 Más allá de la Secuencia Principal.

Otra sección que se puede notar en el diagrama H-R es la zona que podemos encontrar en la parte superior izquierda de éste, se puede ver que las estrellas de dicha zona son más brillantes y de menor temperatura que las demás. Es posible analizar con más detalle qué información nos entregan estas propiedades, gracias a la ley de Stefan-Boltzmann se puede saber que un objeto que se encuentra a una menor temperatura irradiar menos luz que otro objeto que se encuentran a una alta temperatura, por lo tanto para que estas estrellas sean tan

brillantes a pesar de la temperatura baja que tienen implica que tienen dimensiones muy grandes en comparación con otras estrellas, de ahí su nombre de Gigantes.

Estas estrellas tienen un tamaño muy superior al del Sol, en una proporción que va desde 10 a 100 veces más grandes y la mayoría de éstas son alrededor de 100 a 1.000 veces más luminosas. Además tienen temperaturas superficiales que van desde los 3.000 a 6.000 Kelvin. Dentro de esta sección del diagrama H-R es posible distinguir dos grupos distintos: Las Gigantes Rojas y las Supergigantes.

#### 2.8.7 Gigantes Rojas.

De esta agrupación de estrellas ubicadas en la parte superior izquierda del diagrama H-R, las que tienen temperaturas de 3.000 a 4.000 Kelvin se denominan Gigantes Rojas.

Éstas aparecen cuando la estrella, que anteriormente pertenecían a la secuencia principal, ha consumido en gran parte el hidrógeno de su núcleo y además, la masa es de por lo menos la mitad a la correspondiente a la masa del Sol. Al irse comprimiendo la estrella el hidrógeno que queda y que se encuentra cerca del núcleo va a ir aumentando su temperatura, lo que provoca que la fusión, que se había detenido porque la temperatura no era suficiente para realizarla, se active, haciendo que la estrella aumente su temperatura, por lo tanto, comience a expandirse. La estrella se va a expandir hasta un punto en que será enorme, pero a medida de que esto sucede, va disminuyendo su temperatura, hasta llegar un punto de equilibrio en donde se detendrá la expansión, dejando a la gigante roja tal y como se conoce. Cabe mencionar que al aumentar su tamaño estas estrellas tendrán una densidad muy baja en comparación a cuando pertenecían a la secuencia principal.

Entre las estrellas más conocidas que pertenecen a este grupo de las Gigantes Rojas, se encuentran Aldebarán que pertenece a la constelación de Taurus y Arcturus que pertenece a la constelación de Boötes, además estas estrellas mencionadas pueden ser vistas a ojos desnudos.

#### 2.8.8 Supergigantes.

Como se mencionó anteriormente, existe otro grupo perteneciente a estas estrellas brillantes y de bajas temperaturas, las Supergigantes. Estas estrellas son incluso más grandes y más brillantes que las gigantes rojas y tienen un radio alrededor de 1.000 veces el radio del Sol. Por otra parte este tipo de estrellas tienen procesos termonucleares que ocurren sus interiores, sin embargo las características de estas reacciones y el lugar en donde ocurren dentro de la

estrellas, al igual que en las Gigantes Rojas, son diferentes a las de las estrellas que pertenecen a la secuencia principal.

Entre las estrellas más conocidas que pertenecen a este grupo se encuentran Betelgeuse de la constelación de Orión y Antares de la constelación de Escorpión, además estas estrellas mencionadas pueden ser observadas a simple vista sin la ayuda de telescopios.

#### 2.8.9 Enanas Blancas.

Finalmente, en la parte inferior derecha del diagrama H-R se encuentra la última agrupación de estrellas que se puede observar en dicho diagrama, esta agrupación de estrellas se llaman enanas blancas. Estas estrellas tienen como propiedad el tener temperaturas muy altas, pero con luminosidades bajas, esto implica que tienen que ser de dimensiones pequeñas, de ahí el nombre de enanas, sus tamaños son similares al tamaño de nuestro planeta Tierra.

Estas estrellas, que antes pertenecían a la secuencia principal, aparecen cuando se consume la mayor parte de su hidrógeno, y a diferencia de lo que sucedía para las Gigantes Rojas, estas estrellas tienen una masa menor a la mitad de la masa correspondiente al Sol. Como estas estrellas van consumiendo su hidrógeno, la presión que ejerce el núcleo se va debilitando por lo que no hay una presión radial hacia afuera que compense a la presión gravitatoria que se ejerce debido a la masa de la estrella, por lo tanto esta estrella se va a ir comprimiendo para convertirse en una estrella muy pequeña y densa.

La estrella se comprime cada vez más hasta llegar a un punto en que los electrones están tan juntos que se comienzan a mover muy rápido lo que hace que colisionen unos con otros, cumpliendo con el principio de exclusión de Pauli. De esta manera los electrones ejercen una presión radial hacia fuera, de manera que se equilibra dicha presión con la presión gravitatoria ejercida por la masa de la estrella. Si esto no ocurriese, la estrella seguiría colapsándose hasta convertirse en un Agujero Negro.

Otro dato importante a considerar es que mientras más masa tiene la estrella, la Enana Blanca resultante será más pequeña. Además para que el movimiento de electrones sea capaz de compensar la presión ejercida por la presión gravitatoria, la enana blanca debe tener una masa de a lo más 1,4 masas solares, este valor se conoce como el Límite de Chandrasekhar.

#### 2.8.10 Más allá del Diagrama H-R

Como hemos visto en los apartados anteriores, hay una gran variedad de estrellas que se encuentran ubicadas dentro del Diagrama H-R ya sea como estrellas de la Secuencia Principal,

como Gigantes Rojas o como Enanas Blancas. Sin embargo estas estrellas sufren cambios a lo largo de su vida, cambios con los que dichas estrellas terminan transformándose en objetos astronómicos que no se encuentran representados en el Diagrama H-R, dichos objetos son conocidos como Supernova Tipo II, Estrellas de Neutrones y Agujeros Negros. A continuación se detalla en qué consisten cada uno de estos objetos astronómicos y bajo qué condiciones una estrella termina en alguno de estos estados.

#### 2.8.11 Supernova Tipo II

Durante la vida de las estrellas de baja masa, es decir, de una cantidad menor a 4 masas solares, sólo dos reacciones termonucleares ocurren en el núcleo, la fusión de hidrógeno y la fusión de helio dando paso así a elementos más pesados como el carbono y oxígeno. Sin embargo las estrellas de alta masa, superior a 4 masas solares, comienzan con estas mismas reacciones, pero llevando estos procesos termonucleares a etapas posteriores, las cuales involucran la fusión del carbono, la fusión del oxígeno y otros componentes más pesados. Por lo tanto, estas estrellas de alta masa tienen un final diferente a las estrellas de baja masa.

Si una estrella tiene menos de 4 masas solares y luego de fusionar los elementos más pesados, termina con una masa final de al menos 1,4 masas solares, lo que se conoce como límite de Chandrasekhar, la estrella finalmente se convertirá en una Enana Blanca. Por el caso contrario, si la estrella es de una masa superior a 4 masas solares y termina con una masa final superior a 1,4 masas solares, la estrella tendrá una mayor presión gravitatoria, lo que hará que se comprima la estrella al punto de que el núcleo alcance una temperatura de aproximadamente 600 millones de kelvin, esto activa la fusión de carbono dejando como resultado un núcleo compuesto por neón. Luego si el núcleo alcanza una temperatura de aproximadamente de un billón de kelvin, el neón comienza a fusionarse incrementando las concentraciones de oxígeno y magnesio en el núcleo de la estrella. Al finalizar la fusión del neón, la estrella vuelve a contraerse por lo que nuevamente la temperatura del núcleo aumenta hasta llegar a una temperatura de 1,2 billones de kelvin en donde comienza la fusión de oxígeno. Una vez que se termina la fusión del oxígeno, el núcleo se vuelve a contraer hasta que el núcleo alcanza una temperatura de 2,7 billones de kelvin en donde comienza la fusión del silicio produciendo un núcleo con elementos desde el azufre hasta el hierro. A continuación se puede observar una tabla con lo explicado anteriormente.

Tabla 2.8.11.1: Etapas de fusión de elementos en una estrella de alta masa

Etapa	Temperatura en el Núcleo (k)	Duración de la Etapa
Fusión de Hidrógeno	70 millones	70 millones de años
Fusión de Helio	200 millones	1 millón de años
Fusión de Carbono	600 millones	mil años
Fusión de Neón	1 billón	3 años
Fusión de Oxígeno	1,2 billones	4 meses
Fusión de Silicio	2,7 billones	1 semana

(Tabla de elaboración propia basada en Kaufmann & Freedman, 1998)

El hierro es el fin del camino con respecto a los procesos termonucleares para estas estrellas. Durante este proceso los elementos fusionados van tomando lugar en capas alrededor de la estrella desde el menos pesado en la capa más externa hasta el más pesado en el núcleo, la. Debido a que su masa final del núcleo es superior al límite de Chandrasekhar la estrella no es capaz de mantener su estructura por la presión de degeneración de los electrones, además las capas externas de la estrella adelgazan lo suficientemente y se rompen, permitiendo que la energía escape “violentamente” en un estallido de luz, a esta explosión se le conoce como Supernova. En esta explosión se forman otros elementos más pesados que el hierro, y que se encuentran en la naturaleza ya que estos necesitan energía para formarse a diferencia de los elementos que se forman en el núcleo los cuales liberan energía para formarse. Luego de que ocurre la Supernova, queda un núcleo de partículas elementales, electrones, protones y neutrones, lo que les sucede a estos dependerá de su masa y lo veremos a continuación.

#### 2.8.12 Estrellas de Neutrones

Si luego de la explosión de una supernova queda un núcleo de más de 1,4 y menos de 3 masas solares. Esta masa comienza a comprimirse más que una enana blanca. En ciertas zonas los electrones son forzados a fusionarse con los protones de los núcleos atómicos, formando neutrones. Esta masa de neutrones que queda es conocida como estrella de neutrones.

Una relación masa-radio válida para estas estrellas está dada por el siguiente modelamiento matemático:

$$R = 0,114 \frac{h^2}{Gm_p^{8/3}} M^{-1/3}$$

En donde R y M son el radio y la masa de la estrella de neutrones. Para una masa igual a 1,4 masas solares, la ecuación de arriba lleva a un radio de  $1,5 * 10^6$  cm, o sea 15 Km. Podemos ver que una estrella de neutrones tiene un tamaño más pequeño que una ciudad como Santiago de Chile.

Esta masa de neutrones está tan comprimida que los neutrones casi llegan a “tocarse” unos con otros. Podríamos decir entonces que una estrella de neutrones es un gran núcleo atómico, salvo por dos diferencias. Primero, lo que mantiene unido a los neutrones es la gravedad que ejerce la estrella misma, en vez de la interacción nuclear fuerte que ocurre en un átomo normal. Segundo, el “peso atómico” de una estrella de neutrones es de  $10^{57}$ , mientras que en los átomos más pesados se encuentran pesos atómicos de  $10^2$ .

Veamos cómo ha de ser la gravedad de una estrella de neutrones. A pesar de que una estrella de neutrones tiene un tamaño un poco mayor al de una montaña grande, tiene una masa comparable a la del Sol. Situémonos por un momento en el ascenso de una montaña. Cuando escalamos una montaña, esta tiene tras de ella toda la fuerza gravitacional de Tierra actuando sobre nosotros, podríamos hacer el ascenso y descenso de la montaña cien mil veces y gastar la misma energía que nos tomaría escalar un centímetro de una estrella de neutrones. Otra medición que podemos hacer con respecto a la gravitación de las estrellas de neutrones, es la velocidad que un cohete debería alcanzar para escapar de la atracción gravitacional de su superficie. Es más de la mitad de la velocidad de la luz, claramente la gravedad en la superficie de una estrella de neutrones es tan grande que no tenemos cohetes que puedan escapar de ella.

En 1967 Bell y Hewish descubrieron una fuente de radio de pulsación regular a la cual denominaron como Pulsar. Dichos cuerpos astronómicos ya habían sido propuestos hipotéticamente por Baade y Zwicky; y calculados como plausibles por Landau y por Oppenheimer y Volkoff. En investigaciones posteriores, Gold dedujo que los pulsares debían ser estrellas de neutrones que se encuentran girando y que están magnetizadas. Tales estrellas pueden producir un haz de radio con una rotación que lleva a una serie de pulsos regulares cuando se observan por alguien que se encuentra en el camino de dicho haz. El efecto no es muy diferente al de un faro.

¿Cuál es el mecanismo de radiación de los pulsares? Este es un punto controversial y solo recientemente la astrofísica ha ido convergiendo en una misma solución. Un punto importante fue establecido por Goldreich y Julian en 1969, propusieron que una combinación de una rotación rápida junto con un campo magnético intenso deberían, según las ecuaciones de Maxwell, inducir campos eléctricos intensos cerca de la superficie de la estrella. Estos campos eléctricos deberían forzar a las cargas eléctricas a fluir desde la superficie. Al tener partículas cargadas que aceleran para seguir las trayectorias de las líneas de campo, de los campos magnéticos, se produce la radiación que se observa salir de los pulsares. Las altas energías y densidades del campo de radiación resultante deberían permitir un fenómeno conocido como creación de pares en el espacio que rodea a la estrella, en donde electrones y positrones son creados y aniquilados en grandes cantidades. Astrónomos especialistas en rayos gamma, esperan detectar los fotones resultantes de estas aniquilaciones para probar la validez de este modelo.

En el centro de la Nebulosa del Cangrejo ubicada en la constelación de Tauro, se puede encontrar el Pulsar del Cangrejo. La Nebulosa misma es una nube de gas que se encuentra en donde tomó lugar una explosión gigante observada y registrada por astrónomos chinos en 1054. Esta relación entre la Nebulosa del Cangrejo y el remanente de una supernova era bien conocido mucho antes de saber que existía el Pulsar del Cangrejo.

¿Cómo podríamos determinar cuánta masa tienen estas estrellas de neutrones? Para calcular la masa de un objeto estelar de manera fidedigna, los astrónomos deben medir las propiedades orbitales de algún otro objeto que esté cercano al objeto del cual se quiere conocer su masa. Por lo general los pulsares son estrellas solitarias. A pesar de esto hay ciertos sistemas binarios de estrellas en los que se cree que existen estrellas de neutrones, por lo que es posible en algunos casos medir sus masas. A pesar de los errores asociados a dichas mediciones, se indica consistentemente que las masas de todas las estrellas de neutrones que se han formado recientemente son de 1,4 veces la masa del Sol. La coincidencia de este número y el límite de Chandrasekhar para la masa de las enanas blancas es probablemente una pista para el proceso por el cual las estrellas de neutrones son producidas en el transcurso de la evolución de estrellas súper masivas.

### 2.8.13 Agujeros Negros.

Como vimos en el apartado anterior, los remanentes de supernova que tienen más de 1,4 masas solares se comprimen hasta cierto punto formando una estrella de neutrones, en ellas la velocidad de escape de la superficie es mayor a la mitad de la velocidad de la luz, por lo que



podríamos hacernos un par de preguntas: ¿Es posible que la masa remanente de la supernova, se comprima más allá que una estrella de neutrones? ¿Que radio debería tener un objeto de cierta masa para que la velocidad de escape en su superficie sea igual a la velocidad de la luz? La respuesta a estas interrogantes está relacionada con el siguiente modelamiento matemático:

$$R_{Sch} = \frac{2GM}{c^2}$$

Donde G es la constante gravitacional, M la masa del objeto y  $R_{Sch}$  el radio de Schwarzschild, este radio, es el radio límite que puede tener un objeto ya que cualquier objeto cuyo radio sea menor que el radio de Schwarzschild asociado a su masa, está condenado a colapsar en un solo punto. No se conoce fuerza alguna que pueda resistir este colapso, la masa comienza a condensarse hacia un solo punto, en donde el radio tiende a cero y por ende su densidad tiende a infinito. Lo que se obtiene finalmente es una singularidad en el espacio-tiempo de radio cero y densidad infinita conocida como agujero negro.

El espacio tiempo se distorsiona mucho en las vecindades de un agujero negro, de hecho no hay manera de medir el radio de un agujero negro, lo que si podemos hacer es medir la circunferencia del horizonte de eventos. El horizonte de eventos es la superficie en donde los fotones que pasan por la parte externa de dicha superficie son apenas capaces de escapar del tirón gravitacional. Cerca del horizonte de eventos la geometría euclidiana pierde su validez ya que el espacio-tiempo se encuentra curvado.

La superficie de un agujero negro es proporcional a la masa elevada a dos, del agujero negro. La energía y la materia solamente pueden caer dentro del agujero, nunca salir, por lo tanto la masa de un agujero negro solamente puede aumentar, nunca decrecer. Esto nos lleva al siguiente postulado: "En un proceso natural el área superficial del horizonte de eventos de un agujero negro siempre aumenta o se mantiene constante, nunca decrece". Esta superficie es también proporcional a la entropía del agujero negro, por lo que los agujeros negros son considerados como cuerpos térmicos.

## Capítulo 3: Propuesta Didáctica

La propuesta didáctica que fue desarrollada a lo largo de este Seminario de Grado tiene como principal objetivo el crear material didáctico para el aprendizaje de la asignatura de Física, en la unidad de Tierra y Universo para estudiantes correspondientes a Cuarto Año Medio. Para la realización de este material didáctico se toma en cuenta los aprendizajes esperados que planteados por el MINEDUC en el Marco Curricular del año 2009, ya que como se pudo observar en el capítulo 1, en los cursos de 3º y 4º años medios siguen siendo regidas por este plan de estudios, a pesar de que para los demás cursos ya hay implementadas bases curriculares.

El material desarrollado en esta propuesta didáctica abarca el tema de estrellas para la unidad de Tierra y Universo. Es importante destacar que todo este material fue desarrollado tomando en cuenta los conceptos vistos en el *Marco Teórico*, es decir, los conceptos de alfabetización científica, las tecnologías de información y comunicación (TIC), y el enfoque CTS.

Finalmente, en el siguiente capítulo se presentan las diferentes guías de trabajo que fueron desarrolladas para esta propuesta didáctica. Se describe con detalle en qué consiste cada guía elaborada, tanto en aspectos de cómo está construida, como en los temas que abarca y los objetivos que esperan cumplir. Por otra parte cada una de las guías para el estudiante atravesó un proceso de refinación, ya que fueron implementadas en un curso universitario, a excepción de la Guía N°3; y fueron evaluadas mediante lo que se conoce como Validación por Opinión de expertos.

### 3.1 Descripción General de la propuesta

Para esta propuesta, el material didáctico que se desarrolló para cumplir con el objetivo establecido, es decir, elaborar una propuesta didáctica para el aprendizaje de evolución estelar usando el Diagrama Hertzsprung-Russell, utilizando el enfoque CTS y uso de TIC para estudiantes de 4º Año Medio; consiste en 3 guías para los estudiantes. Cabe mencionar en la Guía N°2 y Guía N°3 se utilizan unos videos que pertenecen a una serie de YouTube llamada "La vida privada de las Estrellas" y es realizada por El Tamiz.

La primera guía tiene como nombre "Conociendo el Diagrama H-R". Esta es una guía introductoria para el estudiante, y como se puede deducir de su nombre, abarca el tema del

Diagrama Hertzsprung-Russell. El propósito de esta guía es que el alumno se familiarice y entienda la información que el diagrama entrega.

La segunda guía tiene como nombre “Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal”. Con esta guía los estudiantes desarrollan diversas actividades para conocer las diferentes características entre las estrellas de distinto tipo espectral dentro de la secuencia principal y finalmente ven dos posibles finales de las estrellas de la secuencia principal.

La tercera guía tiene como nombre “Más allá del Diagrama H-R”. En esta guía se busca reconocer e identificar los fenómenos o eventos que ocurren a las estrellas cuando éstas dejan el Diagrama H-R, es decir, se busca abarcar los temas de Supernova Tipo II, Estrellas de Neutrones y Agujeros Negros.

Cabe mencionar que cada guía tiene una estructura similar, primero se presenta una pequeña introducción acerca del tema del cual se trata la guía, este espacio está diseñado de manera que no sea muy extenso ni muy complicado para el estudiante. A continuación de esta introducción se procede con las actividades que cada guía contiene, las cuales están diseñadas para que sean dinámicas y atractivas para los alumnos, evitando hacer cálculos que puedan generar rechazo por parte de los estudiantes, estas actividades se describen para cada guía más adelante. Por otra parte se decide que cada guía se desarrolla en grupos de tres personas ya que según lo que plantea el enfoque CTS, que el aprendizaje se construye en base a sociedad, por lo tanto con las preguntas se intenta generar discusiones y debates entre los integrantes, para así obtener una respuesta consensuada por parte de cada uno de los estudiantes pertenecientes al grupo.

### **3.2 Detalle de la Propuesta**

Como se ha mencionado anteriormente, se diseñaron tres guías para el estudiante en las cuales se abarca el tema de evolución estelar en toda su extensión. Para dos de estas guías se utilizan videos de una serie llamada “La vida privada de las Estrellas”, la cual es propiedad de El Tamiz, esta serie puede ser encontrada la plataforma Youtube. En los siguientes apartados se presenta en detalle las actividades que cada guía trae, en qué consisten y cuáles son los propósitos de los ítems.

### 3.2.1 Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R.

Esta es una guía introductoria a la materia de estrellas, tiene como propósito que el estudiante sea capaz de comprender la información que el diagrama H-R entrega, y sea capaz de relacionar las variables que en él aparecen. Para ello la guía contiene tres actividades las cuales están pensadas para que sean desarrolladas en un tiempo de dos horas pedagógicas, es decir, 90 minutos. Además esta guía se desarrolla de manera grupal, en donde cada grupo puede tener entre dos o tres integrantes. Esta guía, en su versión final, puede ser encontrada en el Apéndice 9.A.

La primera actividad tiene como nombre “¡Analicemos el Diagrama H-R!”, el propósito de esta actividad es analizar la información que el diagrama entrega. Para ello las preguntas que se le realizan al estudiante van enfocadas para que se produzca el análisis requerido, por ejemplo, la primera pregunta va enfocada para que el alumno pueda distinguir las distintas zonas en donde se pueden observar ciertas agrupaciones de estrellas. Luego las preguntas 2, 3, 5 y 6 van enfocadas para que el alumno sea capaz de identificar qué estrellas del diagrama tienen una mayor temperatura o cuales son las estrellas que tienen una menor temperatura, así como también para que identifiquen las estrellas que tienen una mayor luminosidad y las estrellas que tienen una baja luminosidad, como las que se pueden observar en la siguiente imagen.

<p>2-. Observando el diagrama H-R ¿Dónde se ubican las estrellas con mayor temperatura? Dibujen círculos alrededor de estas estrellas.</p> <p>6-. En el diagrama H-R ¿Dónde se ubican las estrellas con menor luminosidad? Dibujen círculos alrededor de estas estrellas.</p>
<p>Imagen 3.2.1.1: Preguntas 2 y 6 Guía N° 1</p>

Por otra parte, las preguntas 4 y 7 tienen como finalidad que el alumno sea capaz de hacer una comparación entre sus respuestas con la respuestas de sus compañeros y con la respuesta correcta, la cual será entregada por el profesor luego de hacer una puesta en común, como se puede observar en la siguiente imagen.

4-. A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

- a) ¿Coincide la zona de estrellas de mayor temperatura que identificó tu grupo con lo que ha expuesto el profesor(a)?



- b) Respecto a la zona de estrellas de menor temperatura que identificó tu grupo ¿Coincide con lo que ha expuesto el profesor(a)?



Imagen 3.2.1.2: Pregunta 4 de la Guía N° 1

Luego, las preguntas 8, 9, 10 y 11 tienen como finalidad que el estudiante sea capaz de relacionar las variables que entrega el diagrama, es decir, la temperatura y la luminosidad, para ello se le pide al estudiante que identifique aquellas estrellas que tienen iguales temperaturas pero luminosidades diferentes y luego las estrellas que tienen luminosidades iguales pero temperaturas diferentes. El objetivo de estas preguntas es que el alumno sea capaz de comprender que hay estrellas que tienen una de las variables parecidas, o aproximadamente iguales, mientras que la otra variable es muy distinta, y cómo eso afecta a su posición dentro del diagrama. A continuación se puede observar una de estas preguntas.

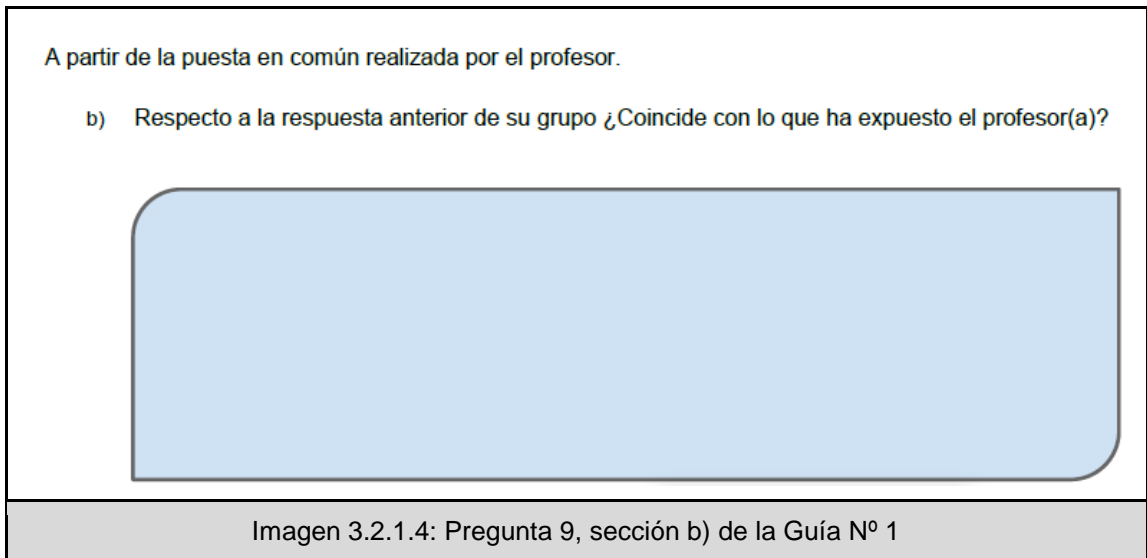
8-. Al mirar el diagrama, es posible encontrar estrellas que tengan temperaturas similares pero luminosidades diferentes.

- a) Dibujen círculos en el siguiente diagrama para el caso de estrellas de alta  $T^\circ$  y alta luminosidad (rotule con  $L^+$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de alta  $T^\circ$  y baja luminosidad (rotule con  $L^-$ )

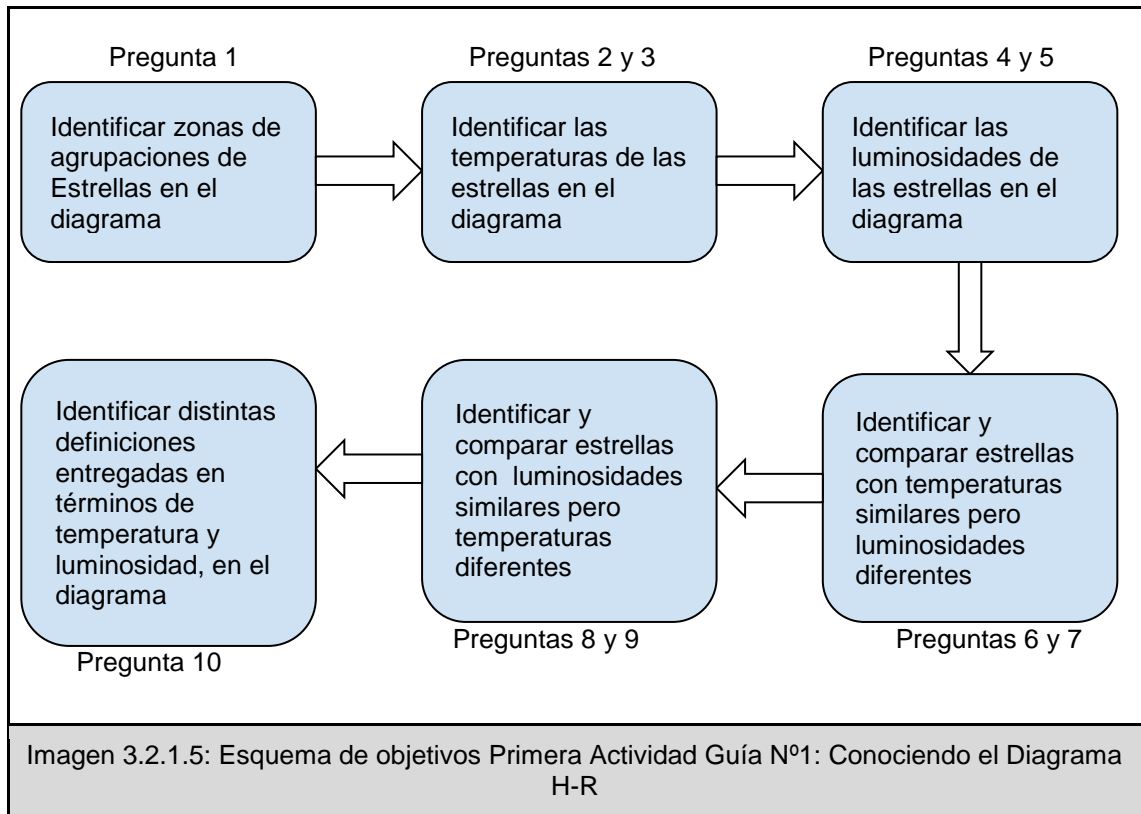
Imagen 3.2.1.3: Pregunta 8 de la Guía N° 1

Por último, en la pregunta 12 se presentan tres definiciones diferentes y se les pide al alumno que identifiquen al concepto del cual habla cada definición y la ubiquen dentro del diagrama, es decir, la finalidad de esta pregunta es que los alumnos sean capaces de identificar las descripciones de cada zona para finalmente darles el nombre que corresponde (Enana Blanca, Secuencia Principal y Gigantes Rojas).

Cabe mencionar que en todas las preguntas de esta actividad se utiliza el Diagrama H-R para que los estudiantes respondan sobre este. Por otra parte, a partir de la pregunta 8, cada pregunta se divide en dos partes, primero se encuentra la pregunta que el alumno tiene que desarrollar en base al Diagrama H-R. Luego se encuentran espacios para que el profesor pueda realizar una puesta en común, la cual se realiza a partir de las respuestas entregadas por todos los grupos, y luego se da la explicación por parte del profesor. A partir de la explicación entregada por el docente se pide contrastar las respuestas del grupo dicha explicación, para así poder sacar conclusiones en base a dicho contraste entre respuestas. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de este tipo de pregunta.



A partir de lo descrito anteriormente para cada pregunta, es necesario destacar que esta primera actividad está organizada de tal forma que los alumnos deben ser capaces de leer la información entregada por el Diagrama H-R, por lo tanto cada pregunta tiene un orden especial dentro de este objetivo. A continuación se puede observar un esquema que muestra dicha organización de la guía, en los pasos que va siguiendo esta, junto con lo que se espera lograr en las preguntas propuestas.



La segunda actividad, la Actividad Complementaria I, se llama “Estrellas Famosas en el Diagrama H-R” y es una actividad bastante sencilla. Su propósito es que los alumnos sean capaz de identificar a qué grupo o zona del diagrama pertenecen distintas estrellas, las cuales se encuentran en el diagrama, es decir, lo que tienen que realizar los alumnos en esta actividad es identificar qué estrellas pertenecen a las Enanas Blancas, a las estrellas de la Secuencia Principal y cuáles pertenecen a las Gigantes Rojas. Para ello tienen que tener claro el nombre de cada zona o agrupación que se encuentran en el diagrama H-R. La respuesta de los alumnos se contesta en una tabla entregada por la guía en donde pueden clasificar las distintas estrellas.

La tercera Actividad, la Actividad Complementaria II, se llama “Reconociendo el tipo de estrella” y es una actividad que no debiese tener mayor dificultad en realizarse por parte de los alumnos. En esta actividad se presenta un listado de estrellas junto con sus luminosidades y temperaturas, por otra parte también se entrega el Diagrama H-R que se desarrolló durante toda la “Primera Actividad”. El propósito de esta actividad es que los alumnos sean capaces de ubicar cada estrella entregada en el Diagrama H-R, cabe mencionar que al momento de ubicar

las distintas estrellas en el diagrama se pide una aproximación ya que el diagrama no está hecho a escala. Luego de que ubican las distintas estrellas en el Diagrama H-R, los alumnos tienen que identificar a qué grupo de estrella pertenecen, es decir, si pertenecen a la Secuencia Principal, Enana Blanca o Gigante Roja, por lo tanto el objetivo de esta actividad, al igual que la “Segunda Actividad” es identificar a qué grupo o zona del diagrama pertenecen distintas estrellas, y también que sean capaces de ubicar a partir de los datos entregados a qué parte del diagrama pertenece cada estrella. Estas dos últimas actividades son complementarias, las cuales pueden ser desarrolladas en clases o en los hogares, como se detalla en la Guía de indicaciones al docente encontrada en el apéndice 10.A.

Finalmente, esta guía queda estructurada de tal forma que a partir de los objetivos específicos para cada actividad, se pretende cumplir con el objetivo general planteado en la guía, tal y como se puede observar a continuación en la siguiente figura.

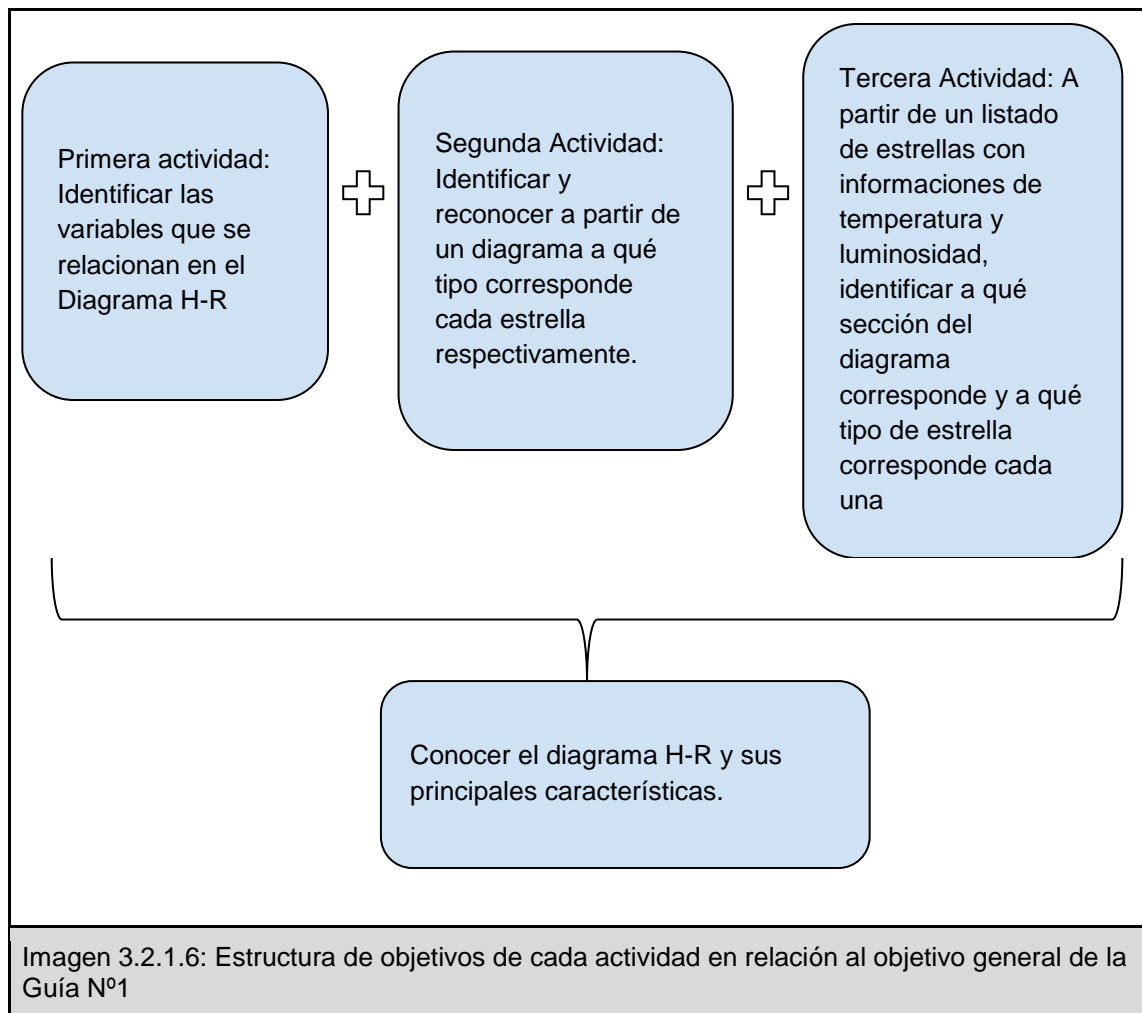


Imagen 3.2.1.6: Estructura de objetivos de cada actividad en relación al objetivo general de la Guía N°1



Con el fin de cumplir con los propósitos del enfoque CTS, también se incluyen ciertos cuadros con información. Esta información están netamente dirigidos para que el alumno vea la relación entre las variables vistas en esta guía, luminosidad y temperatura, con la estrella de mayor interés para la sociedad, el Sol, además se entrega información acerca del Sol la cual para el alumno pueda ser interesante, como podemos observar a continuación.

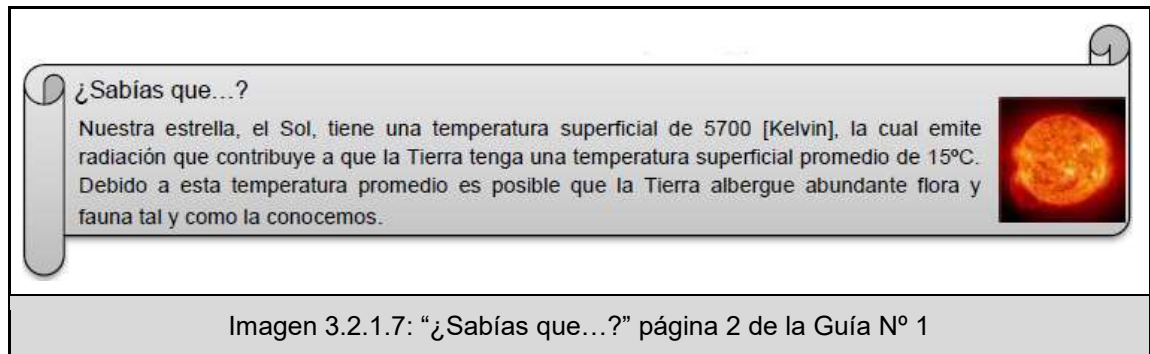


Imagen 3.2.1.7: “¿Sabías que...?” página 2 de la Guía N° 1

Es importante mencionar que esta descripción realizada en este apartado corresponde a la versión “final” de la Guía N° 1. Más adelante en este mismo capítulo se describe con mayor detalle el cómo se llegó desde la versión “beta” a esta versión que finalmente queda como definitiva.

### 3.2.2 Guía N°2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal.

Esta guía tiene como propósito, que los estudiantes conozcan la clasificación de estrellas por su espectro, pero centrándose solo en las estrellas de la secuencia principal. La guía está hecha para ser desarrollada en grupos de dos o tres estudiantes y dentro de dos horas pedagógicas. La guía comienza con una introducción que sirve para ayudar a relacionar el espectro electromagnético de la luz emitida por átomos con la clasificación espectral de las estrellas, dando una muy breve reseña histórica para finalizar con las letras con las que se designan los diferentes tipos de estrellas. Esta guía, en su versión final, puede ser encontrada en el Apéndice 9.B.

Luego se hace la primera actividad: El cielo Nocturno, esta actividad se propone para que el profesor y posteriormente los y las estudiantes conozcan cuáles son sus ideas previas con respecto a color, temperatura, brillo y luminosidad de las estrellas, con tres ítems que son de respuesta rápida.

1-. Completa la siguiente tabla según cómo crees que se relacionan el color de una estrella y su temperatura (alta, media, baja)

Color de la estrella	Temperatura
Rojo	
Azul	
Amarillo	
Naranja	

2- ¿Qué diferencia hay entre brillo y luminosidad?



3-. Nombra la estrella más brillante que se puede observar a simple vista en el cielo nocturno



Imagen 3.2.2.1: Actividad inicial

A continuación se presenta la segunda actividad: Diversidad estelar, para esta actividad se adjunta una hoja con diferentes círculos que representan estrellas de la secuencia principal, primeramente se les da a los alumnos una tabla con información de que radio en proporción al sol, corresponde a cada espectro, para que luego los y las estudiantes escriban sobre las representaciones de las estrellas las letras correspondientes al tipo de cada una de ellas, Luego el profesor hace una puesta en común en donde recoge, las respuestas de todos los grupos para en base a estas, generar una respuesta definitiva, esto se puede apreciar en la guía con indicaciones para el docente.

Luego la guía informa que dichas estrellas tienen distintas masas, luminosidades y temperatura entre ellas, y se insta a los y las estudiantes a intentar predecir en grupo, llegando a un consenso sobre cuales tendrán más y menos masa, luminosidad y temperatura; explicando la lógica que utilizaron para llegar su respuesta. El propósito de estas preguntas es que los estudiantes puedan generar debate, especular, generar hipótesis y llegar a acuerdos colectivamente.

- 2- Todas estas estrellas tienen distinta masa, luminosidad y temperatura entre ellas. Discutan esto en tu grupo y ordenen de mayor a menor, dichas características, escribiendo su tipo espectral en cada espacio de la siguiente tabla.

Masa	Luminosidad	Temperatura

- 3- Expliquen qué argumento usaron para decidir qué el orden de mayor a menor de las características anteriores.

Masa	Luminosidad	Temperatura

Imagen 3.2.2.2: Actividades para las 3 características, A

A continuación el profesor hace una puesta en común, recolectando las respuestas de los distintos grupos para luego generar con el curso una respuesta final. Luego el profesor da los datos correspondientes a las masas, luminosidades y temperaturas, y los y las estudiantes deben anotarlos en una tabla. Finalmente se pide a los estudiantes que relacionen los conceptos de Masa y tamaño, luminosidad y tamaño, y temperatura y masa. Cabe destacar que las letras de los tipos espectrales se presentan siempre en orden alfabético, es decir, A-B-F-G-K-M-O, para que ellos al ordenar las estrellas con respecto a las características que se les propone, generen la sigla O-B-A-F-G-K-M.

- 4- Respecto a la masa de las estrellas: ¿coincide la respuesta del grupo con lo planteado por el profesor? ¿Y para la luminosidad? ¿Y para la temperatura? Escriban sus respuestas en la siguiente tabla

Masa	Luminosidad	Temperatura

5- Con los datos entregados por su profesor(a), completen la siguiente tabla con la masa, luminosidad y temperatura de los distintos tipos espectrales.

Tipo Espectral	A	B	F	G	K	M	O
Masa (Sol = 1)							
Luminosidad (Sol=1)							
Temperatura (K)							

6- Usando los datos de la tabla anterior, describan en el siguiente recuadro cómo se relaciona, para una estrella de la secuencia principal: (a) el tamaño y la masa, (b) la masa y la temperatura, (c) el tamaño y la luminosidad

(a) Masa y Tamaño	(b) Luminosidad y Tamaño	(c) Temperatura y Masa

Imagen 3.2.2.3: Actividades para las 3 características, B

Luego se trabaja la característica de color, para lo cual se presenta un espectro electromagnético visible, con la letra “G” sobre el color amarillo. Los y las estudiantes deben colocar sobre el espectro las demás letras de los tipos espectrales, esto a manera de predicción, luego el profesor hace una puesta en común con las respuestas de los distintos grupos, para generar una respuesta final. Luego los grupos deben comparar y contrastar sus respuestas con las del curso y luego con la definitiva, para finalmente analizar sus predicciones.

- 7- El Sol es una estrella de tipo espectral G, y su color característico es amarillo. En la figura 3, pinta la estrella que corresponde al Sol de color amarillo.
- 8- En la figura 1, escribe las letras de cada tipo espectral sobre el color que crees que corresponde (por ejemplo, al tipo espectral G le corresponde el color amarillo).

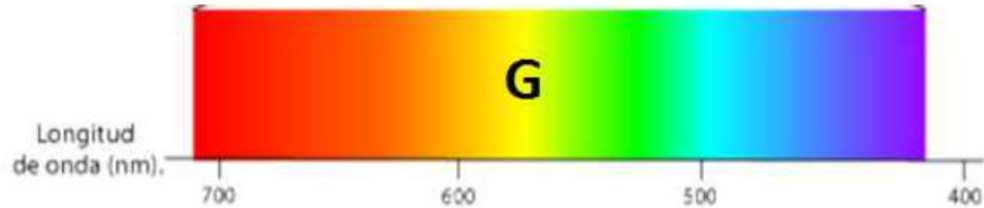


Figura 1: Espectro Electromagnético Visible.

Luego de que su profesor(a) realice la puesta en común con el curso:

¿Cuáles fueron las principales diferencias y similitudes entre su respuesta y la de su profesor(a)?

Imagen 3.2.2.4: Actividades para los colores

El último ítem de esta actividad se presenta el diagrama H-R utilizado en la guía anterior, pero en esta ocasión los grupos deben, rotular la letras de los tipos espectrales sobre la secuencia principal, utilizando los datos de los ítems anteriores y el diagrama H-R.

Finalmente se realiza la tercera actividad: Saliendo de la secuencia principal. Se da una pequeña introducción para que los grupos tengan la idea de que saldremos de la secuencia principal. Primero se les presenta una esfera con flechas concéntricas, dichas flechas representan la presión gravitacional y la presión debida a los procesos nucleares. Se les pide identificar a los grupos, cuál es cuál. Luego se presenta una esfera vacía y se les pide dibujar las presiones, si esa esfera es una estrella que ha dejado de fusionar hidrógeno. Luego, en base a eso se les propone predecir que creen que sucederá con la estrella si sucede la diferencia de presiones.

- 1- En la imagen que se muestra a continuación, se representan las presiones que se encuentran en equilibrio mientras la Estrella está en la Secuencia Principal. De las presiones representadas en la imagen una es conocida como la presión gravitacional mientras que la otra es la presión debido a los procesos nucleares. Marca con color rojo la presión gravitacional y con color azul la presión por procesos nucleares.

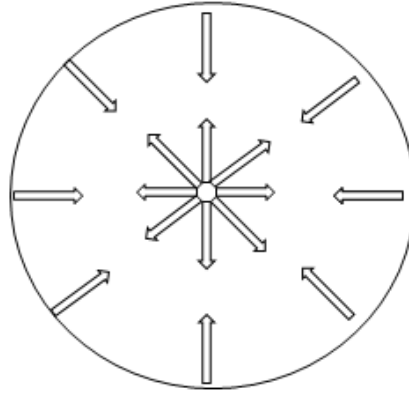


Imagen 3.2.2.5: Actividades de presiones

Luego se les propone un video que deben ver, este video corresponde al capítulo seis de la serie “La vida privada de las estrellas”, este trata sobre las enanas blancas, para esto se les facilita un código QR, para que con un celular los grupos puedan ver el video, también se les indica que parte del video deben ver. Con la información que entrega el video, los grupos deben responder sobre cuándo una estrella sale de la secuencia principal y luego completar un texto sobre cómo una estrella de la secuencia principal se convierte en una Enana Blanca. Este último ítem también se hace con el capítulo siete de la serie, que trata sobre Gigantes Rojas.

**Instrucciones (Video 2):** A continuación, observa con atención el [video 2](#).

Si lo prefieren, pueden escanear el siguiente código QR para ver el video, reproduzcan el video hasta los 4:38

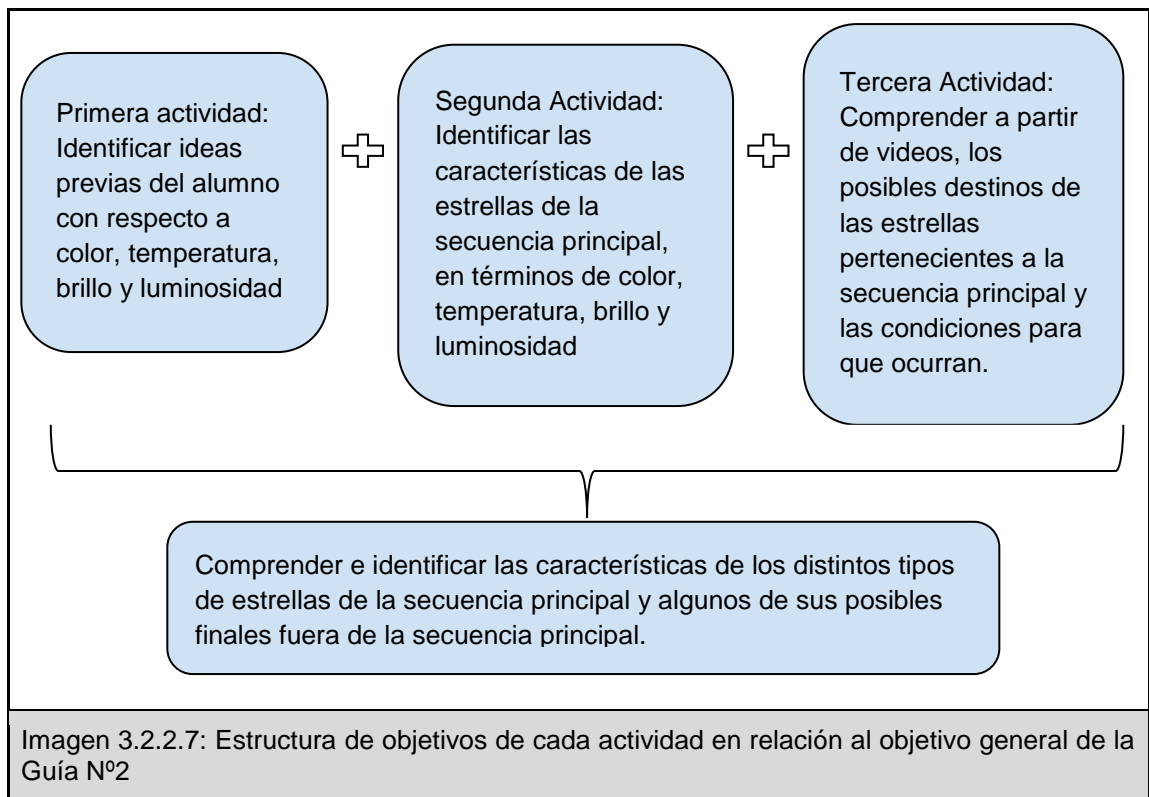


6- Completen el siguiente texto sobre cómo una estrella de la secuencia principal se transforma en una Gigante Roja. Rellenen los espacios con la información que falta.

“Cuando en el núcleo de la estrella se agota \_\_\_\_\_, esto genera una descompensación entre \_\_\_\_\_ y la estrella comienza a \_\_\_\_\_, luego sucede que la estrella vuelve a \_\_\_\_\_, entonces la estrella comienza a \_\_\_\_\_, la temperatura de la estrella \_\_\_\_\_ y finalmente la estrella se convierte en una \_\_\_\_\_”.

Imagen 3.2.2.6: Actividades con video

Finalmente, esta guía queda estructurada de tal forma que a partir de los objetivos específicos para cada actividad, se pretende cumplir con el objetivo general planteado en la guía, tal y como se puede observar a continuación en la siguiente figura.



### 3.2.3 Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R.

Esta última guía es la conclusión (o término) del tópico de estrellas visto en la educación chilena. Este desarrolla los temas acerca de los eventos que ocurren con las estrellas cuando éstas dejan de pertenecer tanto a la secuencia principal y al Diagrama H-R, es decir, las Supernova tipo II, las estrellas de neutrones y los agujeros negros. Para ello la guía contiene cuatro actividades las cuales están pensadas para que sean desarrolladas en un tiempo de dos horas pedagógicas, es decir, 90 minutos. Es importante mencionar que en tres de las cuatro actividades presentadas en esta guía de trabajo, es necesario ver capítulos de una serie de YouTube llamada “La vida privada de las estrellas” y es una serie creada por El Tamiz. Además esta guía se desarrolla de manera grupal, donde cada grupo puede tener entre dos o tres integrantes. Esta guía, en su versión final, puede ser encontrada en el Apéndice 9.C.

La primera actividad tiene como nombre “Conociendo a las Supernovas Tipo II” y tal como dice su nombre, tiene como propósito el que los alumnos se familiaricen y conozcan qué son las supernovas tipo II, que sean capaces de comprender cómo se forma este evento y las posibles consecuencias de este. Para ello los estudiantes tienen que ver un video de la serie “La vida



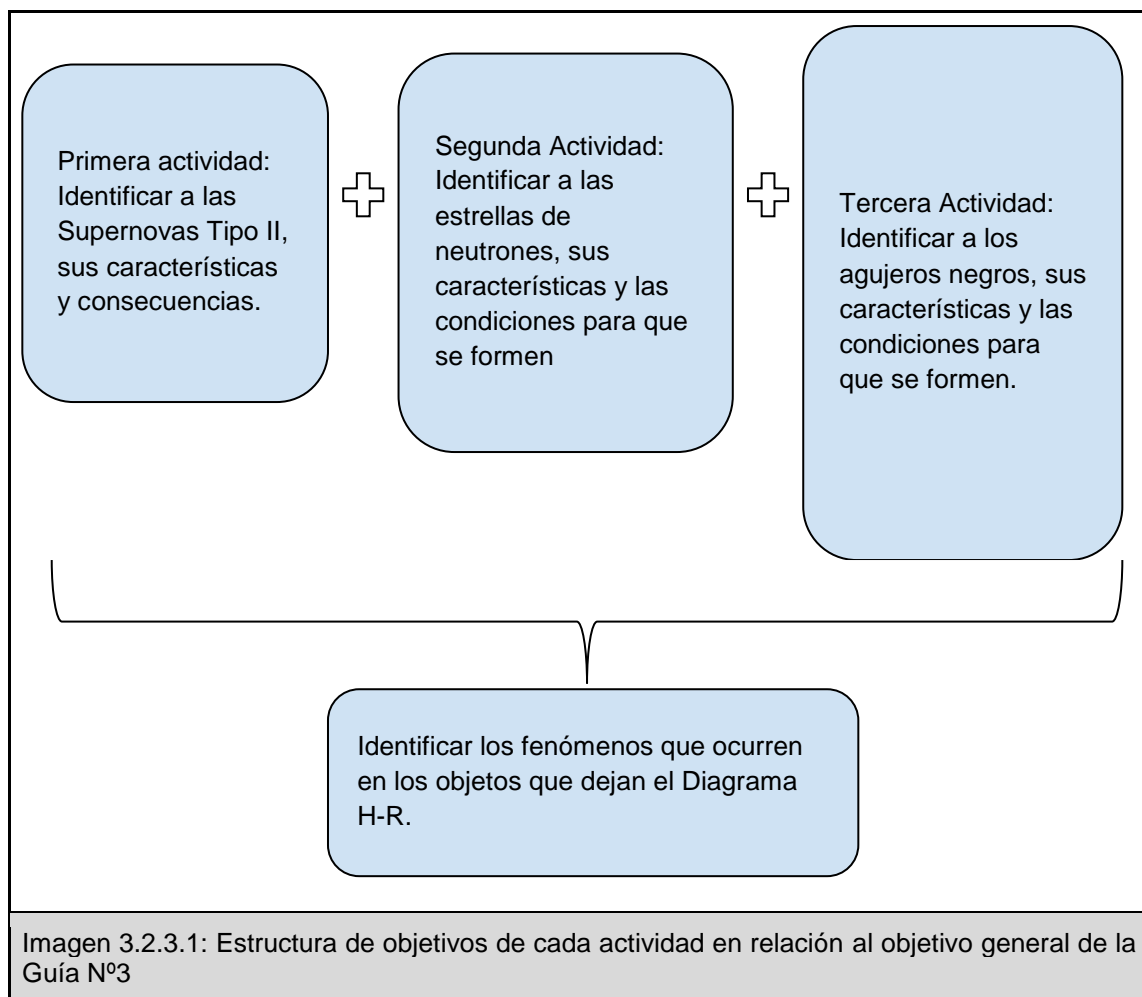
privada de las estrellas” el capítulo “Supernovas de tipo II”. Este video tiene una duración de 11 minutos con 23 segundos y a partir de dicho video se les pide a los estudiantes contestar cuatro preguntas, las cuales van enfocadas de tal manera para que los alumnos puedan ser capaces de responder las características de las supernovas tipo II, qué son, cómo se forman, qué sucede dentro de las estrellas para que ocurran y qué ocurre después de este evento.

La segunda actividad tiene como nombre “Estrellas de Neutrones” y al igual que la actividad anterior, tiene una estructura idéntica, es decir, para poder desarrollar esta actividad, los alumnos deben ver un video de la serie “la vida privada de las estrellas” el capítulo “Las estrellas de neutrones”. Este video tiene una duración de 14 minutos con 46 segundos y a partir de este video se le pide a los estudiantes contestar cuatro preguntas que van enfocadas a las características de estas estrellas, de cómo se forman y cómo es posible encontrar evidencias de ellas en el universo. Principalmente el propósito de esta actividad es que el alumno sea capaz de comprender y reconocer las características principales de una estrella de neutrones, de las condiciones que debe tener una estrella para que tenga este destino estelar.

La tercera actividad tiene como nombre “Agujeros Negros” y tiene como finalidad que el alumnos sea capaz de comprender y reconocer las características de los agujeros negros, el cómo se forman, el por qué no se pueden observar, etc. Al igual que en las dos actividades previas, para poder desarrollar esta actividad es necesario que los alumnos vean un video de la serie de Youtube “La vida privada de las estrellas” el capítulo “Agujeros Negros”. Este video tiene una duración de 23 minutos con 16 segundos, sin embargo, para desarrollar la actividad es necesario que vean solamente los primeros 12 minutos con 39 segundos y a partir de éste se le pide al estudiante que responda cuatro preguntas que van enfocadas de tal manera que cumplan con la finalidad establecida, es decir, ser capaces de comprender las características de los agujeros negros tales como el radio de Schwarzschild y el horizonte de sucesos, el cómo se forman y el por qué no se pueden observar.

Por último se tiene la Actividad Final que tiene como nombre “¡Pongamos a Prueba lo aprendido!”. Esta es una actividad de cierre para esta guía y básicamente es una especie de resumen de todo lo visto en las actividades anteriores, se busca que los alumnos puedan responder a preguntas acerca del destino de las estrellas y las condiciones para que eso ocurra, también se busca que puedan dibujar el recorrido de una estrella a lo largo del diagrama hasta que sale de este y finalmente se encuentra un mapa conceptual, en donde los alumnos deben completar con la información faltante. Es importante mencionar que este mapa conceptual tiene información tanto de la Guía N° 2 y de la Guía N° 3.

Finalmente, esta guía queda estructurada de tal forma que a partir de los objetivos específicos para cada actividad, se pretende cumplir con el objetivo general planteado en la guía, tal y como se puede observar a continuación en la siguiente figura.



### 3.3 Guías de indicaciones al Docente

Como objetivo específico fue planteado el hacer guías para el docente (ver Apéndice 10), de manera que quienes quieran implementar la secuencia didáctica tengan un material para estar bien preparados a la hora de la implementación y sepan cómo abordar algunos ítems y que intervenciones hacer. Para esta secuencia didáctica se hicieron una guía para el docente, por cada guía de trabajo y consideran los siguientes puntos:

- Indicaciones previas al comienzo de la clase, estas indicaciones son similares para las tres guías y están enfocadas en revisar que estén todos los materiales disponibles para la implementación de la clase.
- Desarrollo de la guía de actividades, estas indicaciones son más específicas y variables entre las guías ya que son de diferentes índoles, la primera está más relacionada con analizar un diagrama, en este caso, el Diagrama H-R; la segunda guía está más relacionada con la especulación en base a cierta información proporcionada y la tercera está más relacionada a recolectar información de unos videos documentales.
- Cierre de la clase, aquí se da recomendaciones a los docentes sobre la recapitulación de lo visto en la clase y en las anteriores.
- También se van sugiriendo los tiempos ideales para cada proceso de la clase, de manera que las guías puedan ser aplicadas en dos horas pedagógicas.

Una de las indicaciones más fundamentales, corresponde a instrucciones de como el docente puede intervenir en momentos claves durante el desarrollo de la guía, estas intervenciones se hacen en vista a que el docente inste en cada grupo a que cada participante opine, que lleguen a un consenso y que luego escriban dicha respuesta. También estas intervenciones son en momentos específicos donde el docente debe entregarle a los estudiantes las respuestas que se consideran como válidas, para ello se recomienda que el docente haga al curso participe de esto, de lograr construir el conocimiento, recolectando las preguntas de cada grupo, examinando cuales fueron las cosas en común para finalmente armar la respuesta final.

Para el caso en que el docente que ha implementado las guías quisiese evaluar el desarrollo de las guías, se han elaborado rubricas para cada una de las guías (ver Apéndice 11), en ellas se detalla como puntuar cada una de las preguntas de las guías, considerando respuestas correctas, incompletas e incorrectas.

### **3.4 Refinamiento de la propuesta**

La propuesta didáctica desarrollada se someterá a una implementación. Dicha implementación se realizó en un curso llamado Astronomía en el Aula. Este curso se imparte en la Universidad de Santiago de Chile y consiste en alumnos correspondiente a la carrera de Pedagogía en Física y Matemáticas. Estas implementaciones sirven para refinar las guías ya propuestas, y se detalla a continuación. Cabe mencionar que esta implementación fue aplicada

en una versión “beta” de cada guía correspondiente, en donde a partir los resultados de dicha implementación en conjunto con una validación por opinión de expertos, se realizaron los cambios correspondientes para lograr la versión “final” cada guía. Finalmente, es importante añadir que la Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R no fue implementada en este curso, ya que para el tiempo que estuvo lista para la implementación, el curso ya había terminado de impartirse por el semestre.

#### 3.4.1 Implementación Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R.

La implementación de esta guía se realizó el día 15 de Junio del año 2017 en un curso de grado universitario llamado Astronomía en el Aula de la Universidad de Santiago de Chile. El curso consta de ocho estudiantes por lo tanto, a pesar de que la guía está pensada para ser realizada en grupos de dos o tres personas, en esta ocasión fue desarrollada de manera individual. Cabe mencionar que para este día, a dicho curso asistió un total de seis alumnos. Es importante destacar que esta implementación fue realizada a una versión “beta” de la Guía N°1 y dicha versión “beta” de esta guía se puede encontrar en el Apéndice 1.A.

En esta sección del capítulo solamente se habla de los cambios que se han propuesto a partir de la implementación de esta guía, pero no se aborda en detalle el análisis de cada pregunta y las respuestas entregadas por parte de los alumnos. Este análisis detallado de la implementación se puede encontrar en el Apéndice 3.A.

Lo primero a destacar que en esta implementación, la cual es a una versión “beta” de la guía, es que la guía implementada consiste en dos actividades, es decir, la versión “beta” de la guía consiste en la primera y segunda actividad, las cuales fueron descritas en la sección anterior *3.2 Detalle de la Propuesta*. Primeramente, a partir de la implementación, la principal conclusión es que es una guía muy básica y muy corta, ya que los alumnos se demoraron muy poco tiempo en desarrollar esta guía en su totalidad, entre 15 a 32 minutos y esta guía estaba pensada para ser realizada en un periodo de 2 horas pedagógicas, es decir, 90 minutos por lo que puso en entredicho tanto la duración como la dificultad de la misma.

En la primera actividad, que en la versión “beta” de la Guía N° 1 se llamaba “Actividad Central: ¡Analicemos el Diagrama H-R!” no se pudo observar mayor dificultad a la hora de responder las preguntas pedidas, sin embargo, hubo varios casos en los que se encontraron respuestas incompletas, es decir, respuestas que no estaban correctas, pero no del todo incorrectas, solamente cumplieron con una parte de lo que se consideraba una respuesta

correcta. En el Apéndice 3.A se puede observar con mayor detalle a qué se refiere con respuesta “incompleta”. Por otra parte, hubieron preguntas que llevaron a la confusión a algunos de los alumnos, por ejemplo, hay preguntas que inicialmente contienen una interrogante y varios de los alumnos preguntaron en qué parte se respondía esa interrogante. Dicha interrogante no cumplía una función importante, solamente para guiar al estudiante para que pudiese responder la pregunta de manera correcta, a continuación se puede apreciar un ejemplo de este tipo de pregunta.

6-. ¿Es posible encontrar estrellas que tengan temperaturas similares pero luminosidades diferentes en este diagrama? Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta  $T^{\circ}$  y alta luminosidad (rotule con  $L^{+}$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de alta  $T^{\circ}$  y baja luminosidad (rotule con  $L^{-}$ )

Imagen 3.4.1.1: Pregunta 6, Actividad Central, Guía N° 1 versión “beta”

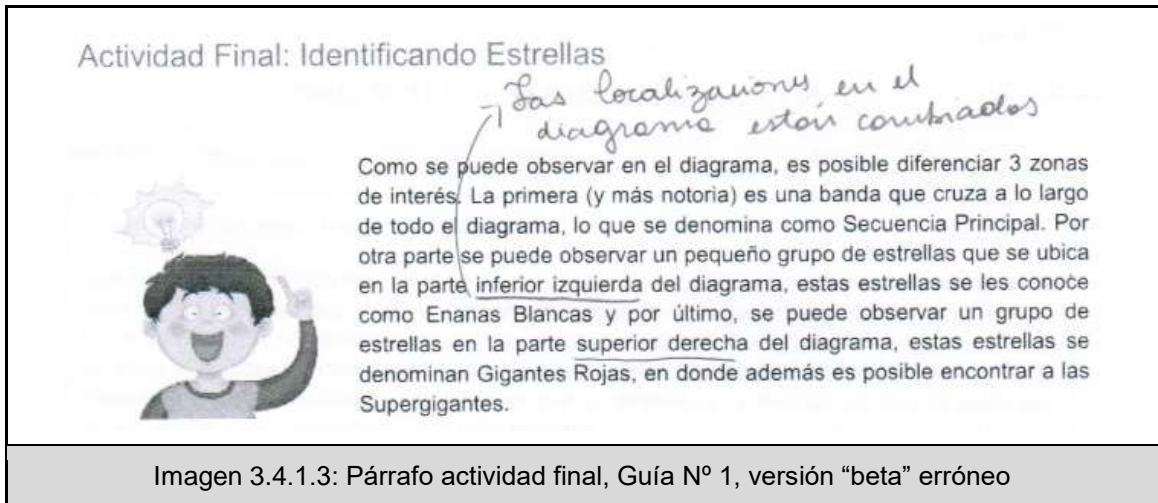
En la *Imagen 3.4.1.1* se puede observar que al comienzo de la pregunta 6 se encuentra una interrogante y ésta llevó a la confusión de parte de algunos alumnos, por lo que se decidió remover esa interrogante inicial y cambiarla por una sentencia que no tenga carácter interrogativo, como se puede observar a continuación.

6-. Encuentra estrellas que tengan temperaturas similares pero luminosidades diferentes en este diagrama. Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta  $T^{\circ}$  y alta luminosidad (rotule con  $L^{+}$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de alta  $T^{\circ}$  y baja luminosidad (rotule con  $L^{-}$ )

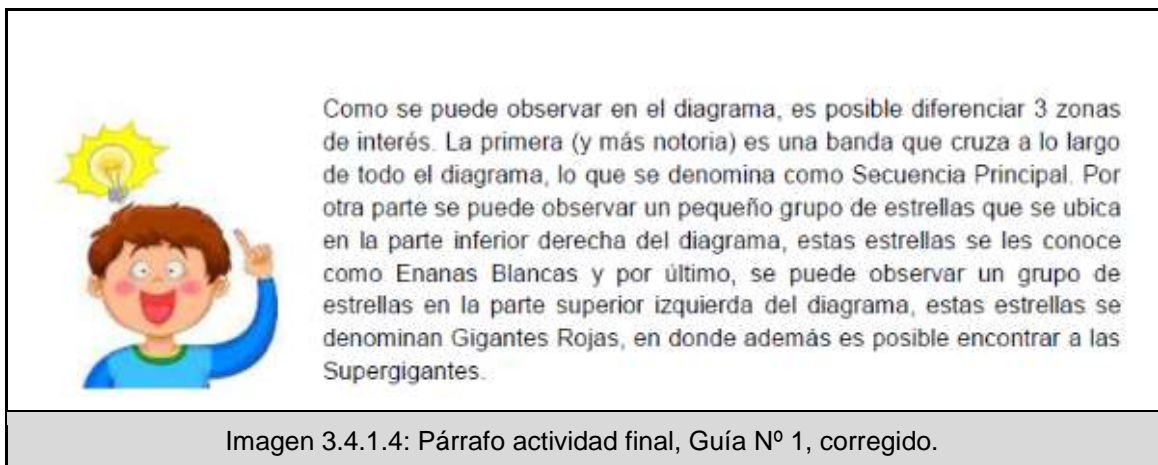
Imagen 3.4.1.2: Pregunta 6, Guía N° 1 corregida

Como se puede observar, se removió la interrogante inicial para no dejar espacio a la confusión. Es importante mencionar que este mismo procedimiento se realizó para las preguntas 7, 8 y 9, sin embargo no mostraremos los resultados por preguntas en este capítulo, esto puede ser encontrado en el Apéndice 3.A.

Para la segunda actividad, que en la versión “beta” de la Guía N° 1 se llamaba “Actividad Final: Identificando Estrellas” se cometió un error grave. En esta parte de la guía se entrega un diagrama y se describe en las instrucciones, sin embargo, se describieron cosas de una cierta manera y en el diagrama se encontraban de otra manera, lo que llevó a que todos los alumnos nos escribieran en la guía acusando este error. A continuación se muestra el error cometido.



Se puede observar que el alumno indica que está mal el párrafo introductorio de esta actividad final. A continuación se muestra el párrafo corregido.



En términos de la resolución de la actividad pedida, no hubo mayores problemas a excepción de una parte de los alumnos que con la instrucción mal anotada, tuvieron errores que fueron comprensibles ya que le guía entregaba mal la explicación, pero una vez que se les dice y se corrige verbalmente el error son capaces de responder bien la actividad. En términos de dificultad no hubo problema.

A partir de todos los datos entregados por esta implementación y de la validación por opinión de expertos, lo cual se detalla en el apartado 3.5 *Validación de la propuesta*, se obtiene

la versión modificada para esta guía. Cabe destacar que a partir de la validación por opinión de expertos se incorporaron más cambios a la guía, y esta versión modificada se puede encontrar en el apéndice 7.

#### 3.4.2 Implementación Guía N°2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal.

La implementación de esta guía se realizó el día 22 de Junio del año 2017 en un curso de grado universitario llamado Astronomía en el Aula de la Universidad de Santiago de Chile. El curso consta de ocho estudiantes de los cuales fueron solo seis, por lo que a pesar de que la guía está pensada en grupo, se realizó de manera individual. Cabe destacar que esta implementación fue realizada a una versión “beta” de la Guía N° 2 y dicha versión de esta guía se puede encontrar en el Apéndice 1.B.

Al igual que para el análisis de la guía uno, en esta sección sólo se tratan los cambios hechos a la guía a partir de su implementación en el curso de Astronomía en el Aula, mientras que el detalle sobre las desarrollo de los estudiantes se expondrá en el Apéndice 3.B.

La guía está pensada para abarcar una clase de dos horas pedagógicas, en esta implementación los y las estudiantes demoraron aproximadamente una hora y diez minutos, por lo que su duración fue óptima, dejando quince minutos para hacer un cierre de la clase.

En la “Actividad Principal”, llamada así en la versión “beta”, sucedió que muchos no contestaban cuando se les pedía justificar su predicción. También en el ítem donde debían afirmar o refutar su predicción y luego dar una respuesta “correcta”, se saltaban el paso de afirmar o refutar, paso que es importante ya que permite al alumno reconocer su error o su acierto, y en el fondo tener un poco de autocrítica, una de las habilidades blandas que son importantes en un ser humano. Por lo que esto se ha tenido en cuenta para agregar en la guía para el docente, una instrucción en la que se deba recordar al curso la importancia de redactar la lógica que utilizarán para la predicción y también el avalar o refutar dicha predicción.

Específicamente las modificaciones que se hicieron en la llamada Actividad Principal, fue modificar el orden de los tipos espectrales en las tablas, inicialmente estaban en el orden de la sigla O-B-A-F-G-K-M, pero sucedió que a los estudiantes se les pedía ordenar las estrellas de mayor a menor masa, luminosidad y temperatura, con esto los estudiantes podrían darse cuenta de que el orden era el que venía en las tablas, por lo que se optó por ordenar los tipos

espectrales en orden alfabético. Esto también se cambió en la introducción. A continuación se muestran imágenes de dichos cambios:

1- Los círculos de la figura 3 representan distintos tipos de estrellas. Escribe en el centro de cada estrella el tipo espectral al que corresponde, utilizando la siguiente información:

Tipo Espectral	O	B	A	F	G	K	M
Radio en proporción al Sol (Sol = 1)	10	5	1,7	1,3	1,0	0,5	0,3

2- ¿Las estrellas de la figura 3 tendrán la misma masa entre ellas? En el caso de que no sea así, ordénenlas de mayor a menor masa, escribiendo su tipo espectral en el siguiente recuadro:

O - B - A - F - G - K - M.

Imagen 3.4.2.1: Orden de letras, Actividad Principal, Guía N° 2 versión "beta"

En la *imagen 3.4.2.1* se puede observar que el orden de la tabla coincide con el orden de la respuesta del ítem siguiente.

1- Los círculos de la figura 3 representan distintos tipos de estrellas. Escribe en el centro de cada estrella el tipo espectral al que corresponde, utilizando la siguiente información sobre los radios de los distintos tipos de estrellas (según su espectro):

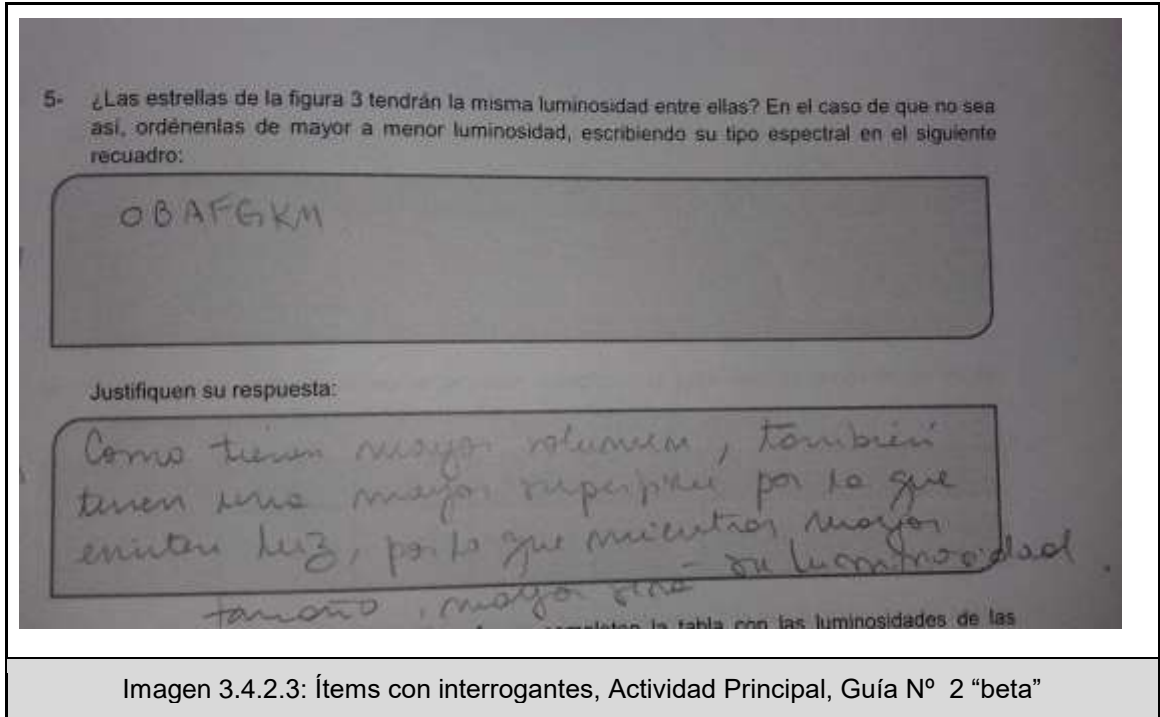
Tipo Espectral	A	B	F	G	K	M	O
Radio en proporción al Sol (Sol = 1)	1,7	5	1,3	1,0	0,5	0,3	10

Imagen 3.4.2.2: Orden de letras, Segunda Actividad, Guía N° 2 corregida

En la *imagen 3.4.2.2* se puede apreciar que se cambió el orden de las letras, de manera que no coincidiera con la respuesta del ítem siguiente, esto se hizo en todas las tablas.



Lo segundo que se modificó fueron los ítems que comenzaban con una pregunta que no tenía la intención de ser respondida, esto se hizo en base a la misma modificación que se hizo en la guía N° 1, en donde los y las estudiantes sugirieron hacer dicho cambio.



5- ¿Las estrellas de la figura 3 tendrán la misma luminosidad entre ellas? En el caso de que no sea así, ordénalas de mayor a menor luminosidad, escribiendo su tipo espectral en el siguiente recuadro:

OBAFGKM

Justifiquen su respuesta:


Como tienen mayor volumen, también tienen una mayor superficie por lo que emiten luz, por lo que encuentran mayor tamaño, mayor área de luminosidad.

... en la tabla con las luminosidades de las

Imagen 3.4.2.3: Ítems con interrogantes, Actividad Principal, Guía N° 2 “beta”

En la *imagen 3.4.2.3* se puede apreciar que la pregunta cinco comienza con una pregunta a la cual no se pide responder, por lo que se modificó su enunciado.

5- Las estrellas de la figura 3 no tienen la misma luminosidad entre ellas. Discute esto con tus compañeros en grupo y ordenen de mayor a menor luminosidad dichas estrellas, escribiendo su tipo espectral en el siguiente recuadro:



Expliquen qué lógica utilizaron decidir qué tipo de estrella es más luminosa que otra:




Imagen 3.4.2.4: Ítems sin interrogantes, Primera Actividad, Guía N° 2 corregida

En la *imagen 3.4.2.4* se puede observar que el enunciado del ítem cinco ya no tiene la pregunta, además se ve cómo se modificó el enunciado de la sección destinada a la justificación de la predicción de manera que incite al alumno a responder.

En la “Actividad Final”, lo primero que se modificó fue la redacción del ítem cuatro, ya que esta incitaba al error y no quedaba claro que es lo que se quería como respuesta.

4- ¿Qué es lo que indica que una estrella ha abandonado la secuencia principal?

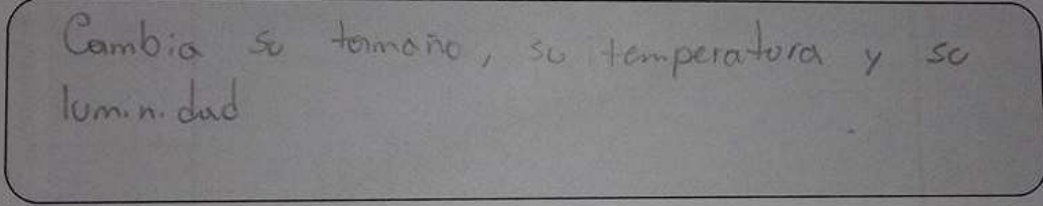


Imagen 3.4.2.5: Pregunta confusa, Actividad Final, Guía N° 2 “beta”

La *imagen 3.4.2.5* muestra el ítem cuatro en su estado inicial, además de una pregunta incorrecta que probablemente fue inducida por lo confuso de la pregunta.

4- ¿Cuál es la condición que se debe cumplir para que una estrella abandone la secuencia principal?




Imagen 3.4.2.6: Pregunta Reformulada, Segunda Actividad, Guía N° 2 corregida

En la *imagen 3.4.2.6* se puede apreciar cómo se modificó la pregunta para apuntar más a que una estrella que sale de la secuencia principal, es aquella que ha dejado de fusionar hidrógeno en su núcleo.

Finalmente lo último que se cambió fue la reformulación del ítem seis de la “Actividad Final”, ya que quedaba como un ítem muy abierto y nadie contestó lo que se esperaba, por lo que se optó por hacer un ítem de manera más guiada, en este caso, completar un texto con las palabras o conceptos que faltan.

6- Describa cómo llegan a estos finales.

<p><i>enana blanca</i></p> <p>Se acaba el hidrógeno, se comprime la <math>\star</math> por la fuerza gravitatoria, los átomos se mueven a grandes velocidades y temperatura...</p>	<p><i>gigante roja</i></p> <p>se acaba el hidrógeno</p>
--	---

Imagen 3.4.2.7: Ítem por Reformular, Actividad Final, Guía N° 2 “beta”

En la *imagen 3.4.2.7* se puede apreciar que el enunciado del ítem seis está muy incompleto y abierto, por lo que se optó por reformular todo el ítem.

5- Completen el siguiente texto sobre cómo una estrella de la secuencia principal se transforma en una Enana Blanca. Rellenen los espacios con la información que falta

"Cuando en el núcleo de la estrella se agota \_\_\_\_\_, esto genera una descompensación entre \_\_\_\_\_ y la estrella comienza a \_\_\_\_\_. luego esto se detiene debido a \_\_\_\_\_, la cual queda en equilibrio con la presión \_\_\_\_\_, la temperatura de la estrella ha \_\_\_\_\_ y finalmente la estrella se convierte en una \_\_\_\_\_".

Imagen 3.4.2.8: Ítem Reformulado (a), Segunda Actividad, Guía N° 2 corregida

6- Completen el siguiente texto sobre cómo una estrella de la secuencia principal se transforma en una Gigante Roja. Rellenen los espacios con la información que falta.

"Cuando en el núcleo de la estrella se agota \_\_\_\_\_, esto genera una descompensación entre \_\_\_\_\_ y la estrella comienza a \_\_\_\_\_. luego sucede que la estrella vuelve a \_\_\_\_\_, entonces la estrella comienza a \_\_\_\_\_, la temperatura de la estrella \_\_\_\_\_ y finalmente la estrella se convierte en una \_\_\_\_\_".

Imagen 3.4.2.8: Ítem Reformulado (b), Segunda Actividad, Guía N° 2 corregida

En las *imágenes 3.4.2.7 y 3.4.2.8* se puede apreciar cómo se modificó el ítem número seis en dos ítems que quedan más guiados.

Estos fueron los cambios hechos a la guía a partir de su implementación en el curso de Astronomía en el Aula, no obstante se está a la espera de los resultados que arrojen las respuestas de los profesores expertos en la encuesta de validación por lo que se modificará aún más esta guía.

### 3.5 Validación de la propuesta

La propuesta didáctica desarrollada se someterá también a una validación por parte de profesionales expertos, los que de ahora en adelante llamaremos expertos evaluadores. Estos

expertos validadores tienen como requisito ser profesionales que llevan al menos cinco años de ejercicio laboral, es decir, docentes quienes han realizado clases en colegios por al menos cinco años y que dentro de esos cinco años hayan abordado el tema de estrellas. Cabe mencionar que esta validación se realiza primeramente para una versión “beta” de cada guía correspondiente, y a partir de la retroalimentación obtenida en conjunto con la implementación realizada, la cual se explica en detalle en el punto anterior (véase *3.4 Refinamiento de la Propuesta*) se propusieron cambios con los cuales se obtuvo como resultado cada guía en su versión “final”.

Para poder realizar esta validación por opinión de expertos es necesario realizar lo que se llama una Encuesta de Validación. Esta encuesta consiste en diversos indicadores, los cuales consisten en describir aspectos de la guía, ya sean aspectos formales, estructurales o de comprensión de la misma. A su vez también se indican ciertas valoraciones que ellos deben marcar para cada indicador según ellos piensen que les corresponde, estas valoraciones se encuentran establecidas de la siguiente forma:

- 1 = Completamente en Desacuerdo
- 2 = En Desacuerdo
- 3 = Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
- 4 = De Acuerdo
- 5 = Completamente De Acuerdo

Finalmente, se le entrega un espacio al experto validador para que anote sus respectivas observaciones de la guía, principalmente para que el experto nos explique el porqué de las valoraciones que tienen un valor de 2 o menor. Estas observaciones son de suma importancia ya que a partir de estas se pueden realizar grandes cambios y se puede mejorar en gran parte al material que se ha desarrollado. En los apartados que se observan a continuación se detallan los resultados de la validación para cada guía correspondiente.

### 3.5.1 Validación por Opinión de Expertos Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R.

En esta validación por parte de expertos para la Guía N° 1 se obtuvieron cuatro respuestas por parte de cuatro profesores, los cuales cumplen con el perfil para ser considerados expertos validadores, que contestaron la Encuesta de Validación , la cual se puede encontrar en el Apéndice 2.A, a continuación se muestran los indicadores de la encuesta..

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	
ii	Las instrucciones de la guía son claras	
iii	La introducción de la guía no resulta abrumador para el estudiante	
iv	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	
x	La guía tiene un enfoque CTS	
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	

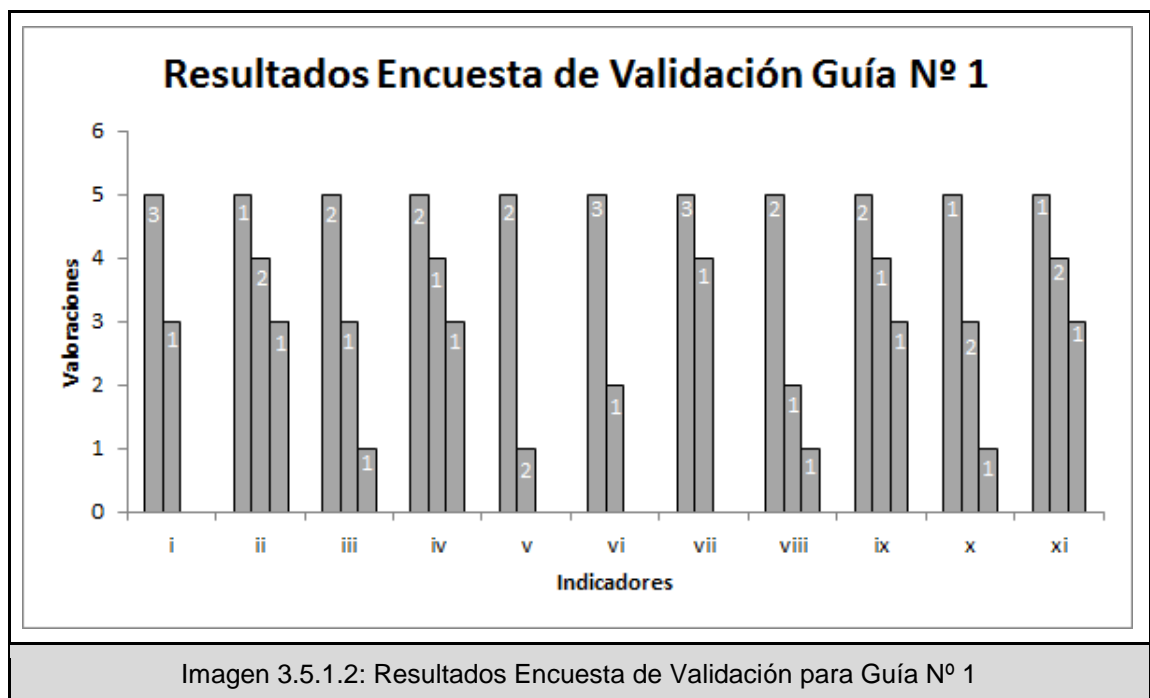
Imagen 3.5.1.1: Indicadores de la Encuesta de Validación para la Guía N° 1

Cabe mencionar que esta encuesta validadora corresponde para la versión “beta” de la guía N° 1 y que a partir de los comentarios y valoraciones para cada indicador se fue modificando esta versión “beta” para así obtener la versión final de la guía N°1 (Esta versión final de la guía puede encontrarse en el Apéndice 9.A).

Como se puede apreciar en la *Imagen 3.5.1.1*, se observan once distintos indicadores, los cuales buscan obtener información acerca de diversos aspectos de la guía y a su vez ver cuáles de estos aspectos están bien desarrollados o por el contrario cuáles están mal planteados o mal desarrollados. Los indicadores i, ii, iii y iv buscan identificar si la guía está bien redactada y si el formato utilizado estructuralmente para la guía es correcto y no lleva a la confusión de los estudiantes, en otras palabras, se espera obtener una retroalimentación guiada a los aspectos formales de la guía. Los indicadores v, vi, vii, viii y ix hacen referencia a los aspectos de la guía relacionadas con la realización de la misma como por ejemplo el tiempo para desarrollar la guía, el espacio para responder, etc. Estos indicadores van en busca de una retroalimentación guiada

a los aspectos del desarrollo de la guía para responder a la pregunta “¿Se puede desarrollar esta guía en 90 minutos?”. Finalmente los indicadores x y xi hacen referencia a los aspectos de diseño de la guía, solamente para identificar si es que la guía contiene imágenes llamativas u información que sea llamativa al estudiante y que invita al alumno a participar en ella de manera activa.

Es necesario destacar que en este apartado del capítulo solo se muestra a grandes rasgos los cambios que se realizaron a la Guía N° 1. Además es posible encontrar cada encuesta realizada por cada profesor para la Guía N°1 en el Apéndice 4. A continuación presentan los resultados arrojados por las respuestas entregadas por parte de los expertos validadores.



La *Imagen 3.5.1.2* muestra en un gráfico los resultados para cada indicador en las distintas encuestas que fueron a los profesores expertos. En esta imagen se muestra cuales son las valoraciones que obtuvo cada indicador en donde para cada indicador se encuentran 4 respuestas, por ejemplo, en el indicador “i” se obtuvieron tres valoraciones de 5 y una de 1.

A partir de esta *Imagen 3.5.1.2* es posible obtener las siguientes conclusiones. La guía tiene una buena y clara redacción, además sus instrucciones están bien redactadas y son adecuadas para las diferentes actividades. Por otra parte la introducción de la guía tiene una extensión adecuada y no lleva a la confusión por parte del estudiante, sin embargo, por una

observación realizada por uno de los profesores expertos se decide cambiar el título de la introducción debido a que usar como título “¿Qué es el Diagrama H-R?” no parece correcto, que las preguntas que se encuentran en el texto introductorio es suficiente para ir introduciendo el tema, además se decide agregar la explicación de qué significa cada punto en el diagrama.

Con respecto a los aspectos formales de la guía, se puede concluir que los títulos e imágenes correspondientes a cada actividad están correctamente escogidos y apropiados con respecto a la actividad que se desarrollan, además se tiene suficiente espacio para poder contestar cada pregunta requerida. Sin embargo también se puede concluir que la dificultad de esta guía no es muy alta por lo tanto no justifica que se realice en grupos. A su vez, como la complejidad de esta guía no es alta, también se concluye que dos horas pedagógicas es mucho tiempo para desarrollar la guía en su totalidad. Por otra parte uno de los expertos validadores nos menciona que no es posible observar un enfoque CTS en la guía, por lo que otorga una valoración de 1 para este indicador.

Con respecto a las observaciones, se indica por parte de un experto que no está el objetivo de la guía escrito en la guía, por lo que es un cambio que se puede observar en la versión “modificada”. Por otra parte otro de los expertos indica que hay una falta de espacio para una puesta en común, por lo que cada pregunta ahora se dividió en tres, la pregunta a) que justamente es la pregunta original y a esta se le suman las preguntas “b)” y “c)” las cuales se contestan luego de una puesta en común realizada por el profesor. Las preguntas “b)” contrastan las respuestas del grupo con las de sus compañeros, mientras que las preguntas “c)” se contrasta la respuesta del grupo con la explicación entregada por el profesor. A continuación, usando el ejemplo mostrado en la *Imagen 3.4.1.2* vista en la sección anterior, es decir, en la sección *3.3 Refinamiento de la propuesta* en el apartado *3.4.1 Implementación Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R*, se visualiza la misma pregunta, pero con las dos nuevas preguntas agregadas, como ya se describió anteriormente.



6-. Encuentren estrellas que tengan temperaturas similares pero luminosidades diferentes en este diagrama.

- a) Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta  $T^{\circ}$  y alta luminosidad (rotule con  $L^{+}$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de alta  $T^{\circ}$  y baja luminosidad (rotule con  $L^{-}$ )

A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

- b) ¿En qué se diferencia tu respuesta anterior con la del resto del curso?

- c) ¿En qué se diferencia tu respuesta con la explicación del profesor(a)?

Imagen 3.5.1.4: Pregunta 6, con la puesta en común agregada.

Este cambio se puede apreciar en todas las preguntas, a excepción de la primera pregunta ya que esta solamente se pide contrastar lo respondido con la explicación entregada por el profesor. Finalmente el mismo experto nos explica que sería una buena idea dar datos de luminosidad y temperatura para que ellos graficaran y obtener ellos el Diagrama H-R, pero se consideró que es muy complicado que los alumnos construyan el diagrama, ya que para ello se necesitan datos de un número muy grande de estrellas. Sin embargo, esta indicación dio pie a la creación de otra nueva actividad, la que se denominó “Reconociendo el tipo de estrella” y consiste en entregar datos de algunas estrellas, datos como nombre, temperatura y luminosidad, y hacerlos ubicar dichos estrellas en el diagrama, para luego identificar a qué zona, agrupación pertenecen, es decir, si pertenecen a la secuencia principal, si es una enana blanca o una gigante roja.

A partir, tanto de los cambios realizados por la implementación la cual fue vista en detalle en la sección 3.4 *Refinamiento de la propuesta* como en los cambios vistos en la validación por opinión de expertos, la cual fue desarrollada en extenso a lo largo de este apartado, se llega a la versión modificada de la Guía N° 1: Conociendo el Diagrama H-R, y esta versión de la guía puede ser encontrada en el Apéndice 7.

- Resultados Encuestas Guía N° 1: Conociendo el Diagrama H-R, versión “modificada”.

Esa versión modificada de la Guía N° 1 fue enviada a distintos profesores validadores junto con su encuesta correspondiente y se propusieron algunos cambios los cuales se detallan a continuación.

Se modifica las puestas en comunes para las preguntas que abarcan solamente una característica, ya sea de luminosidad o temperatura, a la vez, haciendo una puesta en común que abarque a todas esas preguntas, es decir, se crea una pregunta adicional, la pregunta 4, la cual es una puesta en común para las preguntas 2 y 3, y una pregunta 7 la cual es una puesta en común para las preguntas 5 y 6, a continuación se muestra una de estas preguntas.

4-. A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

a) ¿Coincide la zona de estrellas de mayor temperatura que identificó tu grupo con lo que ha expuesto el profesor(a)?

b) Respecto a la zona de estrellas de menor temperatura que identificó tu grupo ¿Coincide con lo que ha expuesto el profesor(a)?

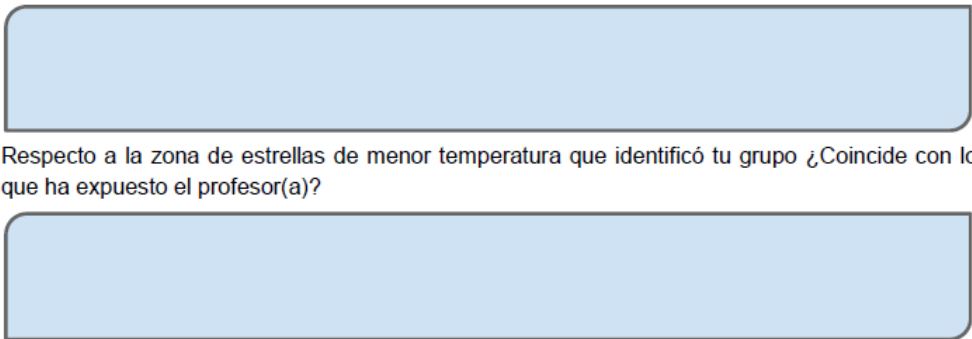


Imagen 3.5.1.5: Pregunta 4 Guía N°1 versión final.


Luego, las preguntas 8, 9, 10 y 11 contienen puestas en comunes a continuación de responderlas. Se modifica que las preguntas que corresponden a las puestas en común, en donde el gran cambio se puede observar que solamente se pedirá un contraste entre la respuesta de los alumnos con la del profesor, y no entre respuestas con las de los otros grupos. Además se modifica la redacción de preguntas para que no confundan a los estudiantes, a continuación mostramos un ejemplo

8-. Encuentren estrellas que tengan similares luminosidades pero temperaturas diferentes en este diagrama.

a) Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$ ) y encierre en rectángulos a las estrellas de alta luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ ).

A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

b) ¿Cuáles son las principales diferencias y similitudes con las respuestas de tus compañeros?



c) ¿Cuáles son las principales diferencias y similitudes con la explicación del profesor(a)?




Imagen 3.5.1.5: Pregunta 8, Guía N° 1 versión modificada

Cómo se agregaron dos preguntas antes de esta, en la versión final de la guía esta pregunta se transforma en la número 10.

10-. Al mirar el diagrama, es posible encontrar estrellas que tengan similares luminosidades pero temperaturas diferentes.

a) Dibujen círculos en el siguiente diagrama para el caso de estrellas de alta luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$ ) y encierre en rectángulos a las estrellas de alta luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ ).

A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

b) ¿En qué coincide tu respuesta anterior con la explicación dada por del profesor(a)?


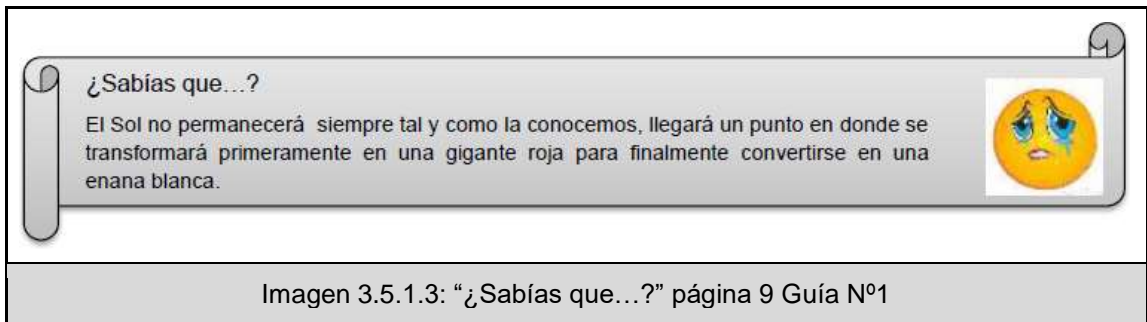


Imagen 3.5.1.6: Pregunta 10, Guía N° 1 versión final

Para la primera versión de la guía un experto menciona que no existía enfoque cts en esta guía, por lo tanto, bajo esta observación y valoración de 1 para el enfoque CTS que otorgó este docente, se propuso un gran cambio el cual puede ser observado en las tres guías de trabajos desarrolladas en este Seminario de Grado. Se decide crear una sección llamada “¿Sabías que...?” la cual consiste en entregar información acerca del tópico de estrellas pero vista de una perspectiva cultural y social, para así cumplir con el objetivo de incluir este enfoque en las guías de trabajo. A continuación se puede observar un ejemplo de esta nueva sección, la cual se puede encontrar en la parte inferior de ciertas hojas de la guía.



Esta versión “final” de la Guía N° 1 se puede encontrar en el Apéndice 9.A. Asimismo es posible encontrar la rúbrica de evaluación para esta guía y las indicaciones al docente, la cual sirve como ayuda para poder realizar la guía de una completa y mejor manera, en los Apéndices 11.A y 10.A correspondientemente.

### 3.5.2 Validación por Opinión de Expertos Guía N°2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal.

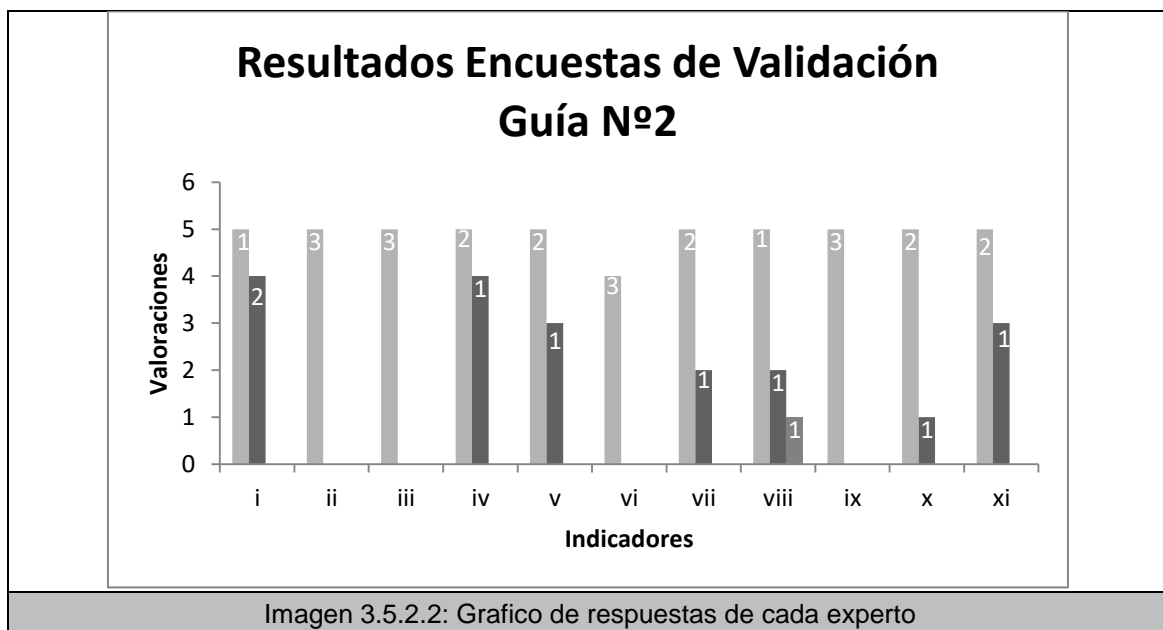
Para la guía N° 2 se tuvieron tres opiniones de expertos. A continuación se muestran los indicadores de la encuesta que los expertos validadores respondieron para esta guía. La Encuesta de Validación para esta guía puede ser encontrada en el Apéndice 2.B.

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	
ii	Las instrucciones de la guía son claras	
iii	La introducción de la guía es de una extensión adecuada	
iv	La actividad inicial permite obtener los conocimientos previos del estudiante	
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía.	
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	
viii	La extensión de la guía es adecuada para una clase de dos horas pedagógicas	
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	
x	La guía tiene un enfoque CTS	
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	

Imagen 3.5.2.1: Indicadores de la Encuesta de Validación para la Guía N° 2

Es importante mencionar que esta encuesta de validación corresponde para la versión “beta” de la guía N° 2 y al igual que en la Guía N° 1 se pueden apreciar once distintos indicadores.

En esta sección se abordan los cambios principales que se le hicieron a la guía N° 2, para ver las encuestas completas respondidas por los expertos, ver Apéndice 5. A continuación se presenta una tabla que representa las respuestas a los 11 indicadores, de todos los expertos.



A partir de esta *Imagen 3.5.2.2* es posible obtener las siguientes conclusiones. La guía tiene una buena y clara redacción, sus instrucciones están bien redactadas. Por otra parte la introducción de la guía tiene una extensión adecuada sin embargo, por la observación realizada por uno de los profesores expertos se cambia la frase “desde menor temperatura y luminosidad, a mayor temperatura y luminosidad” por “desde estrellas de baja temperatura y luminosidad, a estrellas de alta temperatura y luminosidad”

Con respecto a la actividad inicial de la guía, los profesores mostraron estar de acuerdo con que permiten obtener conocimientos previos de los estudiantes. Cabe destacar que uno de los profesores sugirió unir las preguntas 1 y 2, y las preguntas 3 y 4. Como se muestra a continuación:

1- Menciona al menos tres colores que hayas observado en las estrellas.

2- ¿Cuál de esos colores crees tú que representa una mayor temperatura? Ordena los tres colores de mayor a menor temperatura:

3- ¿Qué diferencia hay entre brillo y luminosidad?

4- Nombra la estrella más brillante que se puede observar a simple vista en el cielo nocturno

Imagen 3.5.2.3: Primera actividad, versión inicial

1-. Completa la siguiente tabla según cómo crees que se relacionan el color de una estrella y su temperatura (alta, media, baja)

Color de la estrella	Temperatura
Rojo	
Azul	
Amarillo	
Naranja	

2- ¿Qué diferencia hay entre brillo y luminosidad?

3-. Nombra la estrella más brillante que se puede observar a simple vista en el cielo nocturno

Imagen 3.5.2.4: Primera Actividad, versión final

La mayoría de los profesores estuvo de acuerdo con que el trabajo en grupo facilita el desarrollo de la guía. Con respecto a la redacción de cada ítem de la guía los tres profesores estuvieron de acuerdo con que las preguntas están planteadas de manera que a los estudiantes les sea fácil entenderlas. Con respecto al espacio dado a los estudiantes para responder los ítems, dos profesores estuvieron muy de acuerdo y el tercero estuvo en desacuerdo, esto sucedió porque al tercero se envió una guía en donde dichos espacios habían sido modificados sin intención y quedaron desajustados, por lo que para la versión final se aseguró de que los espacios tuviesen su extensión correcta. Con respecto a la extensión de la guía la mayoría de los profesores estuvieron en desacuerdo con que la guía puede implementarse en una clase de dos horas pedagógicas. Para enmendar esto, se siguió los consejos de un profesor, y la se procedió a juntar todos los ítems que era similares, por ejemplo habían cuatro ítems que trataban sobre la masa de las estrellas, y luego venían cuatro ítems en donde se hacían las mismas actividades pero ahora para la luminosidad de las estrellas y finalmente cuatro ítems de la misma índole pero ahora para la temperatura de las estrellas.

- 2- Las estrellas de la figura 3 no tienen la misma masa entre ellas. Discutan esto en tu grupo y ordenen de mayor a menor las masas de dichas estrellas, escribiendo su tipo espectral en el siguiente recuadro:



Expliquen en qué se basaron para decidir qué tipo de estrella es más masiva que otra:



Imagen 3.5.2.5: Ítem sólo de masas.

Por lo que el profesor sugirió juntar todos los ítems similares, quedando entonces de la siguiente manera:



- 2- Todas estas estrellas tienen distinta masa, luminosidad y temperatura entre ellas. Discutan esto en tu grupo y ordenen de mayor a menor, dichas características, escribiendo su tipo espectral en cada espacio de la siguiente tabla.

Masa	Luminosidad	Temperatura

- 3- Expliquen qué argumento usaron para decidir qué el orden de mayor a menor de las características anteriores.

Masa	Luminosidad	Temperatura

Imagen 3.5.2.6: Ítems para las tres características

Con respecto a las imágenes utilizadas en la guía, los tres profesores estuvieron de acuerdo con que son adecuadas para la guía. Según la mayoría de los profesores la guía es llamativa e invita a los estudiantes a desarrollarla. Finalmente se pudo observar que la guía no tiene un enfoque CTS claro. Por lo que se procedió a agregar recuadros llamados “sabías que” en donde se le entrega a los estudiantes información contextualizada a nuestro Sol, o galaxia, etc. Sobre los conceptos y conocimientos que están aprendiendo en la guía. Por ejemplo cuando se trata en la guía sobre enanas blancas, aparece un cuadro que muestra cuál fue la primera enana blanca que se descubrió y quien la descubrió.

¿Sabías que...?

La primera enana blanca en ser descubierta fue 40 Eridani b, la cual fue vista por William Herschel el 31 de enero de 1783.




Imagen 3.5.2.7: Cuadro “sabías que”

A partir, tanto de los cambios realizados por la implementación la cual fue vista en detalle en la sección 3.4 *Refinamiento de la propuesta* como en los cambios vistos en la validación por

opinión de expertos, la cual fue desarrollada en extenso a lo largo de este apartado, se llega a la versión definitiva de la Guía N° 2, y esta versión de la guía puede ser encontrada en el Apéndice 9.B. Asimismo es posible encontrar las indicaciones al docente, la cual sirve como ayuda para poder realizar la guía de una completa y mejor manera y la rúbrica de evaluación para esta guía en los Apéndices 10.B y 11.B correspondientemente.

### 3.5.3 Validación por Opinión de Expertos Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R.

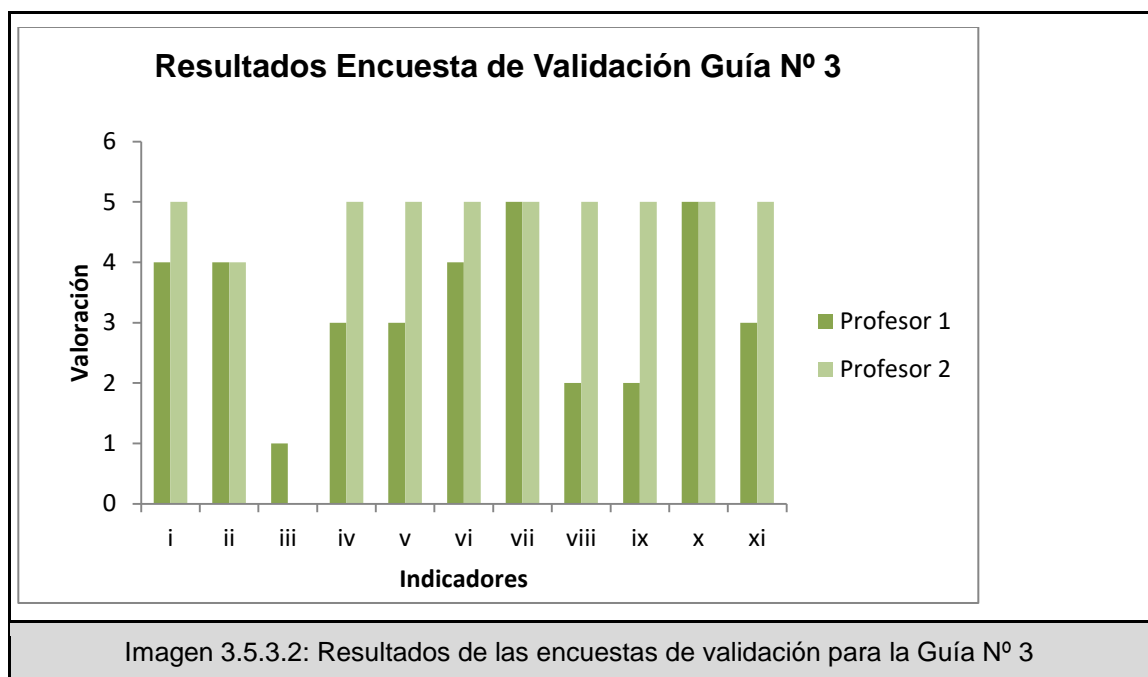
En esta validación por opinión de expertos para la Guía N° 3 se han obtenido dos respuestas, las cuales corresponden a profesores que cumplen con los requisitos para ser considerados como profesores expertos, a continuación se muestran los indicadores de la encuesta, la cual puede ser encontrada en Apéndice 2.C, que los expertos validadores deben responder.

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	
ii	Las instrucciones de la guía son claras	
iii	La introducción de la guía resulta abrumador para el estudiante	
iv	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	
x	Los videos utilizados son de ayuda al momento de contestar las preguntas en las que se requieren	
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	

Imagen 3.5.3.1: Indicadores de la Encuesta de Validación para la Guía N° 3

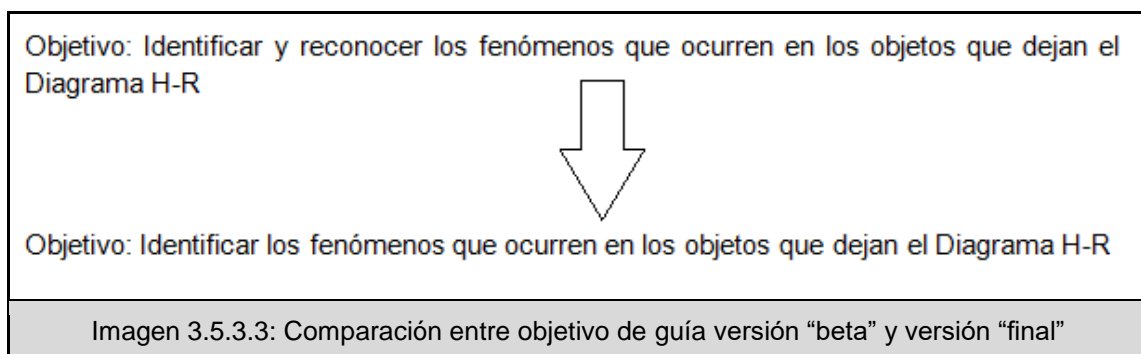
Cabe mencionar que esta encuesta validadora corresponde para la versión “beta” de la guía N° 3. Como se puede apreciar en la *Imagen 3.5.3.1*, se observan once distintos indicadores, los cuales buscan obtener información acerca de diversos aspectos de la guía y a su vez ver cuáles de estos aspectos están bien desarrollados o por el contrario cuáles están mal planteados o mal desarrollados. Los indicadores i, ii, iii y iv buscan identificar si la guía está bien redactada y si el formato utilizado estructuralmente para la guía es correcto y no lleva a la confusión de los estudiantes, en otras palabras, se espera obtener una retroalimentación guiada a los aspectos formales de la guía. Los indicadores v, vi, vii, viii y ix hacen referencia a los aspectos de la guía relacionadas con la realización de la misma como por ejemplo el tiempo para desarrollar la guía, el espacio para responder, etc. El indicador x hace referencia a si los videos utilizados son apropiados para que el alumno pueda responder correctamente las preguntas planteadas. Finalmente el indicador xi hace referencia a los aspectos de diseño de la guía, solamente para identificar si es que la guía contiene imágenes llamativas u información que sea llamativa al estudiante y que invita al alumno a participar en ella de manera activa.

Es necesario destacar que en este apartado del capítulo solo se muestra a grandes rasgos los cambios que se realizaron a la Guía N° 3. Además es posible encontrar cada encuesta realizada por cada profesor para la Guía N°3 en el Apéndice 6. A continuación presentan los resultados arrojados por las respuestas entregadas por parte de los expertos validadores.



A partir de esta *Imagen 3.5.3.2* es posible obtener las siguientes conclusiones. La guía tiene una buena y clara redacción al igual que las instrucciones. Por otra parte el párrafo introductorio se encuentra confeccionado de tal manera que no resulta abrumador para el estudiante, esto en base a una sola respuesta por parte de los profesores, ya que uno de ellos no respondió ese indicador por un problema de redacción. Además se puede concluir que los títulos y los recursos visuales utilizados (Vídeos e imágenes) correspondientes a cada actividad están correctamente escogidos y apropiados con respecto a la actividad que se desarrollan, además las preguntas están planteadas de tal forma que son fáciles de entender para el estudiante y se tiene suficiente espacio para poder contestarlas. Por último, ambos expertos validadores están de acuerdo en que el trabajo en grupo facilita la realización de esta guía, sin embargo uno de los profesores comenta que no es posible desarrollar esta guía en el tiempo estipulado, ya que es una guía muy extensiva y faltaría tiempo para terminarla.

Con respecto a las observaciones, uno de los profesores expertos nos plantea que no queda clara la diferencia entre identificar y reconocer en el objetivo de la guía, por lo tanto se toma la decisión de modificar el objetivo, como se puede observar en la siguiente imagen.



Otro cambio propuesto es el de juntar las preguntas 1 y 2 de la primera actividad en una sola, y se opta por realizar este cambio para así esperar por parte del estudiante una respuesta más completa, quedando de la siguiente manera.

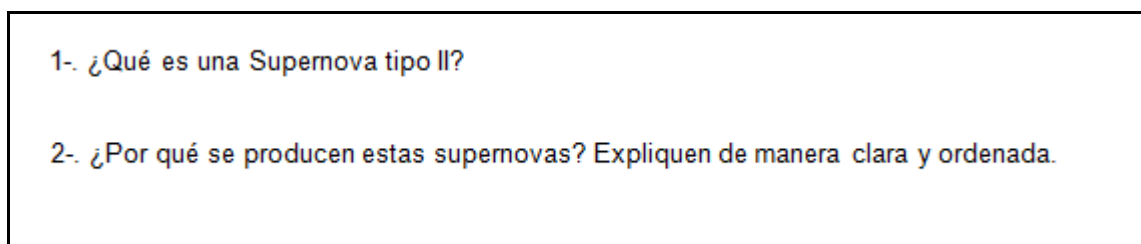


Imagen 3.5.3.4: Preguntas 1 y 2 Guía N° 3, versión “beta”

La cual fue cambiada a:

1- ¿Qué es una Supernova tipo II? ¿Por qué se producen estas supernovas? Expliquen de manera clara y ordenada.

Imagen 3.5.3.5: Pregunta 1, Guía N° 3 versión “final”

Se realiza el mismo cambio para las preguntas 1 y 2 de la tercera actividad, la de agujeros negros, por lo tanto se toman y se juntan en una sola, dando un resultado similar al que se puede observar en la *Imagen 3.5.3.5*. Este cambio se puede observar en la guía en su versión final.

A partir de una observación hecha por un experto para la Guía N° 2, se decide cambiar la pregunta 4 de la primera actividad debido a que es una pregunta poco guiada y el alumno puede escribir como respuesta algo que no se espera, por lo tanto reemplaza la pregunta por un mapa conceptual, como se puede observar a continuación.

5- ¿Qué le sucede a la estrella después de que explota como Supernova tipo II? Escriba los posibles resultados de la supernova y cuál es la condición de que eso ocurra

Imagen 3.5.3.6: Pregunta 5, Guía N° 3, versión “beta”

Como en la versión “final” de la guía se juntaron las preguntas 1 y 2 en una sola, ahora esta pregunta 5 pasa a ser la pregunta 4, como se puede observar en la siguiente imagen.

4-. Completa el siguiente mapa, con respecto a lo que sucede con el remanente de una supernova.

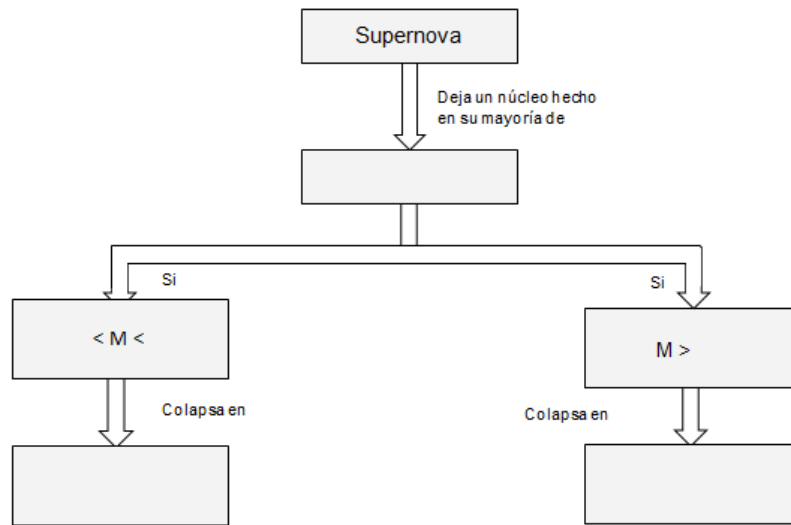
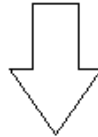


Imagen 3.5.3.7: Pregunta 4, Guía N° 3, versión "final"

Otro cambio propuesto por los expertos validadores se realiza en la pregunta 3 de la Actividad Final, en ella se pide que se escriba el recorrido de una estrella a lo largo de la secuencia principal hasta su destino final, sin embargo, se sugiere que se indique en el enunciado de la pregunta una estrella para que los alumnos indiquen su recorrido. Finalmente se decide cambiar la instrucción y preguntar por el recorrido del Sol una vez que comienza a salir de la secuencia principal, como se puede observar a continuación.

3-. Describa detalladamente con sus palabras el recorrido que tiene una estrella desde cuándo se encuentra representada en el Diagrama H-R hasta cuando sale de este. (Dibuje en el diagrama que se muestra a continuación el recorrido de una estrella).



3-. Describa detalladamente con sus palabras el recorrido que tiene el sol desde el momento que deja de fusionar hidrógeno hasta llegar a su destino final. (Recuerde que el la masa corresponde a 1 [Masa Solar] y tiene una temperatura de 5700 kelvin)

Imagen 3.5.3.8: Cambio en pregunta 3, actividad final, Guía N°3

Finalmente se decide complementar el mapa conceptual que se encuentra en la actividad final, pregunta 4. Este cambio ocurre porque hace falta información en el mapa acerca de las gigantes rojas, la cual se considera importante para el desarrollo de este Seminario de Grado, resultando el mapa conceptual que se puede observar en la versión “final”.

A partir de todo estos cambios propuestos por los expertos validadores es que se modifica la Guía N° 3 en su versión “beta” con el fin de llegar a una versión perfeccionada y mejorada, la cual denominamos Guía N°3 versión “final”. Estas versiones pueden ser encontradas en la sección de los Apéndices, la guía en su versión “beta” se encuentra en el Apéndice 1.C y la guía en su versión final en el Apéndice 9.C. Asimismo es posible encontrar las indicaciones al docente, la cual sirve como ayuda para poder realizar la guía de una completa y mejor manera, y la rúbrica de evaluación para esta guía, en los Apéndices 10.C y 11.C.

## Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones correspondientes a este Seminario de Grado sobre el desarrollo de la propuesta didáctica para la enseñanza de contenidos sobre evolución estelar relacionados con el AE13 del sector de Física para cuarto año medio, en el marco del currículum nacional vigente. Aquí se contrastan el objetivo general y los objetivos específicos con los recursos teóricos, el material generado, las implementaciones y sus validaciones por parte de expertos. Dentro de los objetivos específicos encontramos el elaborar guías de trabajo para los estudiantes de manera que estas les faciliten el aprendizaje de evolución estelar usando como base el Diagrama H-R. Refinar el material didáctico a través de la validación por expertos de dicho material para finalmente elaborar guías de indicaciones para los docentes sobre el material didáctico y herramientas de evaluación de dicho material de manera que con estos objetivos específicos se vea cumplido a cabalidad el objetivo general de elaborar una propuesta didáctica para el aprendizaje de evolución estelar usando el Diagrama H-R, con un enfoque CTS y con el uso de herramientas TIC en vista a una alfabetización científica para estudiantes de 4° Año Medio.

Esta propuesta surge del análisis del principal recurso que tienen los estudiantes de 4° Año Medio, el libro Física III-IV Medio otorgado gratuitamente por el MINEDUC desde el año 2012, en el cual como se vio anteriormente en el análisis del libro (*capítulo 2.4*), presenta los contenidos de evolución estelar de manera muy vaga, sin actividades de por medio y a pesar de que se presentan las clasificaciones espectrales y luminosas, se omite el Diagrama H-R, en contraste con los libros especializados en contenidos de estrellas (*capítulo 2.5*), donde siempre se menciona el Diagrama H-R y se dedican varias páginas para tratar evolución estelar. Es así como nace esta propuesta didáctica con base a lo que el MINEDUC exige actualmente en la enseñanza de la ciencia.

Con respecto a los objetivos específicos, el primero objetivo: Elaborar guías de trabajo para el estudiante para que faciliten el aprendizaje sobre evolución estelar a través del uso didáctico del Diagrama H-R. Este objetivo fue logrado, ya que efectivamente se construyó material didáctico en el cual los estudiantes deben trabajar con el Diagrama H-R de manera que esto les facilita el aprendizaje de evolución estelar, trabajando además en grupos en donde se insta a que los integrantes de cada grupo participen, den su opinión y discutan con el fin de llegar a un consenso en algunas preguntas que están presentes a lo largo de la secuencia didáctica, aportando así al desarrollo de habilidades relacionadas con el enfoque CTS, que plantea el MINEDUC para la enseñanza de las ciencias, en donde se pretende formar individuos participes



en la toma de decisiones de la sociedad en la que viven, es así como en el desarrollo de estas actividades se generan espacios de opiniones y toma de decisiones en esta mini-sociedad que son los grupos y también el conjunto de los grupos ya que como se puede observar en las guías para el docente, se le sugiere al docente que consensue respuestas recolectando el trabajo hecho por todos los grupos del curso. También con respecto al enfoque CTS, en las guías se incorporaron recuadros de “¿Sabías que...?”, en donde se llevan algunos conceptos y contenidos de las guías a parámetros más cercanos a la realidad de los estudiantes, por ejemplo cuando se habla sobre pulsares, se menciona que en nuestro país fue parte de uno de los más grandes proyectos de observación de pulsares, o cuando se habla sobre características de las estrellas, se contextualizan a la estrella más importante para el alumno, el Sol. Dentro de las guías también se pueden encontrar recursos que ameritan el uso de tecnologías que forman parte de la cotidianidad de los estudiantes, como lo son el uso de sus celulares para poder escanear los códigos QR que llevan a videos documentales alojados en la plataforma YouTube, que también es una plataforma muy popular y que como vemos se le puede sacar provecho. Las guías no tienen ejercicios matemáticos ya que están orientadas para ser más cercanas al estudiante y a su vez hay ejercicios que invita a que los estudiantes generen hipótesis, expliquen el razonamiento detrás de dichas hipótesis y luego validen o refuten dichas hipótesis, esto también aporta desde una dimensión personal, autocritica y de análisis para los estudiantes, de manera que puedan ver que el equivocarse también es parte del aprendizaje. Todos estos componentes juntos con el enfoque CTS y el uso de TIC se complementan en el proceso de alfabetizar científicamente a los estudiantes que desarrollen las guías.

En cuanto al segundo objetivo específico: Validar las guías mediante la opinión de expertos también fue cumplido satisfactoriamente ya que las guías fueron revisadas por profesores que tienen más de 5 años de experiencia con estudiantes de enseñanza media y ellos nos señalaron las fortalezas de las guías, y como se puede apreciar la mayoría de los indicadores en las encuestas hechas a los expertos tenían valoración 4 o 5, lo que implica que estaban de acuerdo o muy de acuerdo con las características favorables de las guías y en el caso de las debilidades, o sea las valoraciones que resultaron ser 1,2 o 3, nos hicieron las sugerencias pertinentes las cuales fueron aplicadas a las guías, obteniendo así una versión refinada de la guía con una extensión más adecuada, redacción correcta y orientada a estudiantes de enseñanza media y de manera que cumplieran los objetivos planteados en este Seminario de Grado.

En cuanto al tercer objetivo específico: Elaborar guías con indicaciones para el docente, para apoyar la implementación de las guías. Este se cumplió, ya que para cada guía se elaboraron

unas guías con instrucciones para el docente, de manera que la implementación del material didáctico sea de la manera más propicia posible, indicando los tiempos ideales para cada una de las diferentes etapas de cada clase, la preparación previa a la implementación y las mejores maneras de implementar las guías en los cursos incitando al profesor a crear un ambiente participativo y de construcción del conocimiento.

Con respecto al cuarto objetivo específico: Elaborar instrumentos de evaluación para cada guía de actividades. Se cumplió ya que para cada guía se desarrolló un rúbrica, de manera que el docente que quiera evaluar las guías de actividades tenga una guía confiable para hacerlo, evaluando no solo conocimientos, ni que también, capacidades para plantear hipótesis, habilidades de análisis, capacidades para comparar y contrastar, validar y refutar ideas.

El logro del conjunto de objetivos específicos nos permite verificar que efectivamente el objetivo general del presente Seminario de Grado se ha cumplido a cabalidad, se logró elaborar una propuesta didáctica para el aprendizaje de evolución estelar usando el Diagrama H-R, con un enfoque CTS y el uso de TIC para estudiantes de 4° Año Medio. El diagrama H-R es utilizado como la base para las tres guías, y se utiliza de una manera didáctica que ayuda a la comprensión tanto del mismo como de evolución estelar de una manera poco complicada y entretenida para los estudiantes. El enfoque CTS se ve fuertemente en el desarrollo de las guías, en como los estudiantes deben interactuar entre ellos para generar hipótesis, validarlas o refutarlas, analizar información y construir el conocimiento. Estos factores son grandes fortalezas del material didáctico de este Seminario de Grado.

Finalmente lo que queda pendiente es la implementación de las guías en su versión final, ya que se logró implementar versiones primitivas de las dos primeras guías, pero luego de eso estas sufrieron varios cambios afectando esto mayormente en su extensión, a pesar de que los expertos nos dieron sus opiniones en cuanto a esto, la mejor prueba para este aspecto se obtiene directamente en la práctica. Para la tercera guía no se logró implementar ninguna de las versiones de dicha guía, por lo que también queda pendiente esta mejora para esta guía y para la secuencia didáctica en general.

## Referencias Bibliográficas.

Abad, A., Docobo, J. & Elipe, A. (2002). Curso de Astronomía.

Autores Varios. (1999). Atlas visual de Astronomía. Editorial Océano.

Battaner, E. (1999). Introducción a la Astrofísica

Bravo, J. (1996). ¿Qué es el vídeo educativo?

Catelán, M. (04 de Enero de 2017). Las estrellas pulsan en los cielos de Atacama. El Mercurio. Recuperado de: <http://www.emol.com/noticias/Tecnologia/2017/01/04/835836/Columna-de-Astronomia--Las-estrellas-pulsan-en-los-cielos-de-Atacama.html# =>

EcuRed (2017). Clasificación Estelar. Recuperado de: [https://www.ecured.cu/Clasificaci%C3%B3n\\_estelar](https://www.ecured.cu/Clasificaci%C3%B3n_estelar)

Educarchile (2014). ¿Por qué enseñar astronomía en la escuela?. Recuperado de: <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=224737>

El Tamiz. (07 de agosto de 2016). La vida privada de las estrellas [título se la serie]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=BUBwOOOkVOs&list=PL4kmE5gLF24o6V4uyfczQa2TcB8EcNxxQ>

Gillingham Studios (2017). Recuperado de: [https://physics.unm.edu/101lab/lab10/lab10\\_D.html](https://physics.unm.edu/101lab/lab10/lab10_D.html) (20/12/2017)

Gómez, L. & Macedo J. (2010). Importancia de las TIC en la Educación Básica Regular.

Kaufmann, W & Freedman, R. (1998). Universe 5th Edition.

L'Observatoire de Paris (2017). Clases de Luminosidad. Recuperado de: <https://media4.obspm.fr/public/VAU/temperatura/diagrama/clasificacion-espectral/clase-de-luminosidad/OBSERVER.html>

Larrain, A. (2009). El Rol de la Argumentación en la Alfabetización Científica.

Ministerio de Educación de Chile (1996). Establece Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios para la Educación Básica y Fija Normas Generales para su Aplicación.

Ministerio de Educación de Chile (2007). PISA 2006. Rendimientos de estudiantes de 15 años en Ciencias, Lectura y Matemática

Ministerio de Educación de Chile (2009a). Fundamentos del Ajuste Curricular en el sector de Ciencias Naturales.

Ministerio de Educación de Chile (2009b). Modifica Decreto Supremo N°220, de 1998, del Ministerio de Educación Que Establece Los Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Media y Fija Normas Generales Para su Aplicación

Ministerio de Educación de Chile (2010). Resumen de Resultados PISA 2009 Chile.

Ministerio de Educación. (2011a). Física. Programa de Estudio. Primero Año Medio.

Ministerio de Educación. (2011b). Física. Programa de Estudio. Segundo Año Medio.

Ministerio de Educación de Chile (2012). Estándares Orientadores Para Carreras de Pedagogía en Educación Media.

Ministerio de Educación de Chile (2013). Módulos Didácticos, Ciencias Naturales.

Ministerio de Educación de Chile (2015a). Bases Curriculares 7° Básico a 2° Medio

Ministerio de Educación. (2015b). Física. Programa de Estudio, Tercer Año Medio.

Ministerio de Educación. (2015c). Física. Programa de Estudio, Cuarto Año Medio.

Ministerio de Educación de Chile (2016). PISA 2015. Programa para la evaluación Internacional de Estudiantes OCDE.

Muñoz, J. (2015). Física III-IV Medio, Texto del Estudiante, Cuarta Edición.

Powell, Richard (2017). The Classification of Stars. Recuperado de:

<http://www.atlasoftheuniverse.com/startype.html>

Quintero, C. (2010). Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia

Sabariego del Castillo, J. & Manzanares, M. (2006) Alfabetización Científica.

Shu, F. (1982). The Physical Universe.

## **Apéndices**

En el siguiente capítulo se presenta cada uno de los apéndices mencionados en los capítulos los cuales conforman este Seminario de Grado. A Continuación se presentará el título de cada uno de estos con una breve descripción.

Apéndice 1: Guías de trabajo en sus versiones “beta”. Aquí se contienen todas las guías desarrolladas en la propuesta pero en sus primeras versiones.

Apéndice 2: Encuestas de Validación para la Propuesta. Aquí se contienen las encuestas de validaciones para cada guía correspondientemente en sus versiones “beta”.

Apéndice 3: Implementaciones Guías versiones “beta” en curso Universitario. Aquí se contienen los análisis detallados de las implementaciones de las guías N° 1 y N° 2 en un curso universitario.

Apéndice 4: Respuestas de Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”.

Apéndice 5: Respuestas Encuestas de Validación Guía N° 2 versión “beta”.

Apéndice 6: Respuestas Encuesta de Validación Guía N° 3 versión “beta”.

Apéndice 7: Guía N° 1 versión Modificada.

Apéndice 8: Respuestas Encuesta de Validación Guía N° 1 versión Modificada.

Apéndice 9: Guías de trabajo en sus versiones Finales. Aquí se contienen todas las guías desarrolladas en la propuesta pero en sus versiones finales.

Apéndice 10: Guías de Indicaciones al Docente para Cada guía en su versión Final.

Apéndice 11: Rubricas de Evaluación para Guías de trabajo en su versión Final.

Apéndice 1: Guías de trabajo en sus versiones “beta”.

Apéndice 1.A: Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R, versión “beta”.

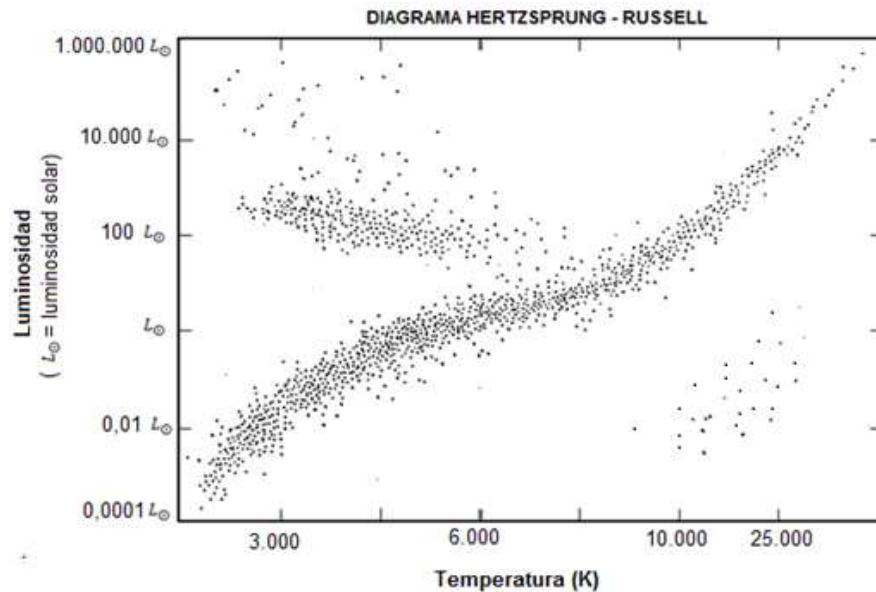
## Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R

Nombre: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_

¿Qué es el diagrama Hertzsprung-Russell?

¿Se han preguntado qué son los objetos que vemos en el cielo nocturno? Estamos hablando de esos puntos brillantes que se observan por las noches. Si su respuesta son las estrellas están en lo cierto, pero ¿Se han preguntado si acaso son todas las estrellas iguales entre sí? Por cientos de años el hombre ha investigado y buscado información acerca de estos objetos con el fin de responder a dicha pregunta, para saber en qué se diferencian y también en que se asemejan estas estrellas que observamos en el cielo nocturno.

El estudio acerca de las Estrellas es de una importancia no menor ya que permite la comprensión del universo, de sus posibles orígenes y de lo que puede suceder en el futuro a nuestro propio sistema solar. En estas estrellas las características más notorias, que se pueden observar a simple vista el brillo y su color. Así es como en el año 1911 el ingeniero y astrónomo danés Ejnar Hertzsprung trazó un diagrama con el color y luminosidad, mientras que en año 1913 un astrónomo americano llamado Henry Russell realizó un diagrama con la luminosidad de las estrellas y temperatura superficial de las estrellas. A partir de estos dos aporte se crea un diagrama que es de suma importancia para la comunidad astronómica, el Diagrama H-R.

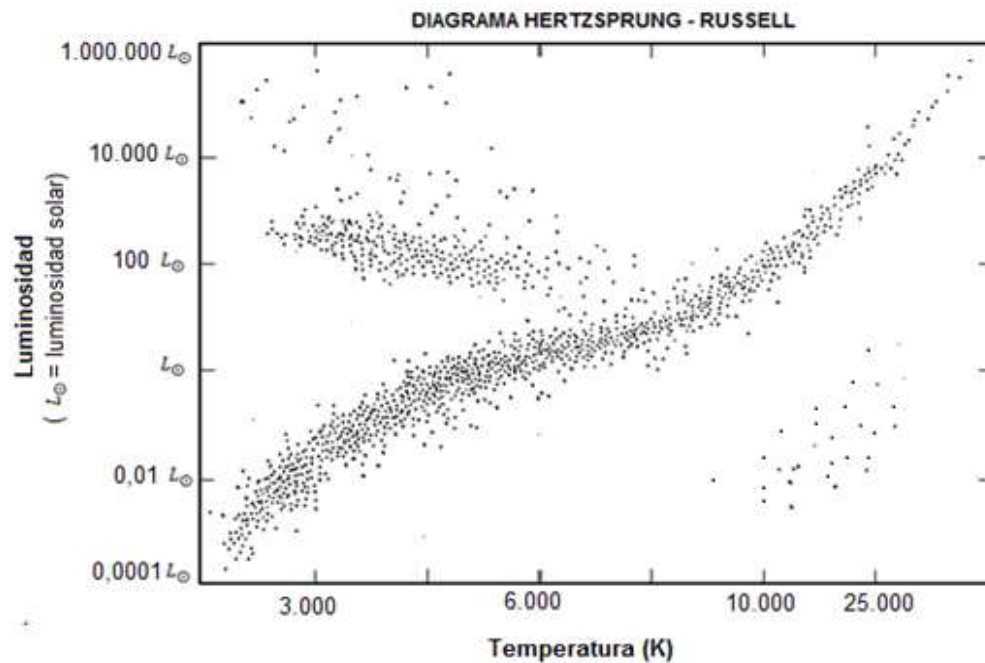


## Actividad Central: ¡Analicemos el Diagrama H-R!

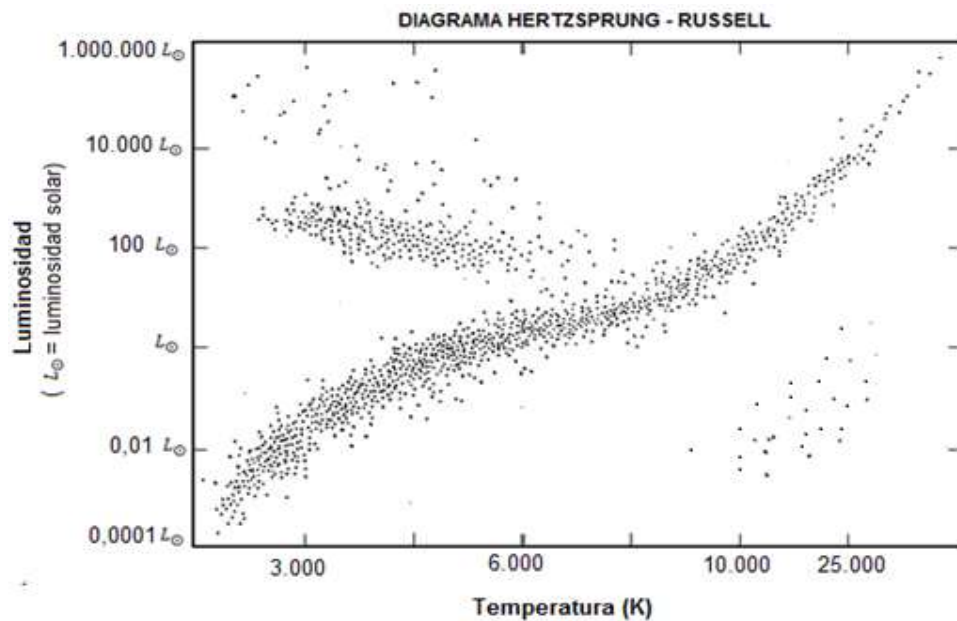
Instrucciones: La siguiente guía se trabaja en grupos de hasta 3 personas, lea atentamente cada pregunta y discútanlas en grupo antes de responder en el lugar que corresponde.



1-. A partir del diagrama H-R ¿Es posible diferenciar zonas en las cuales se agrupan las estrellas? De ser así ubíquelas dibujando un círculo sobre cada zona en el diagrama.

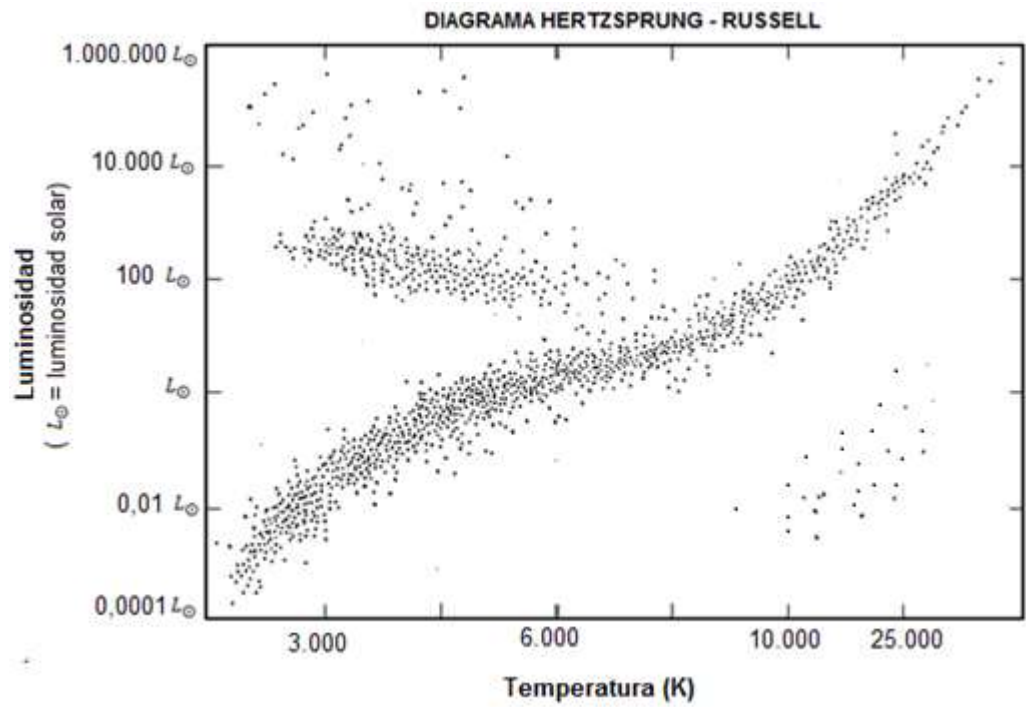


2-. Observando el diagrama H-R ¿Dónde se ubican las estrellas con mayor temperatura? Dibujen un círculo alrededor de estas estrellas.

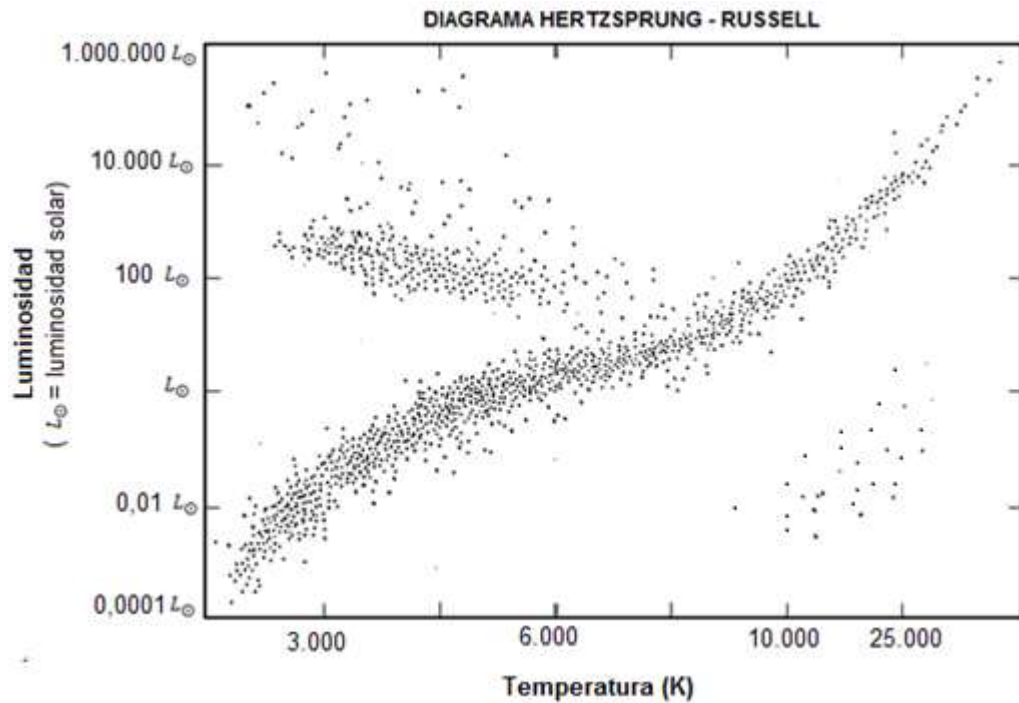




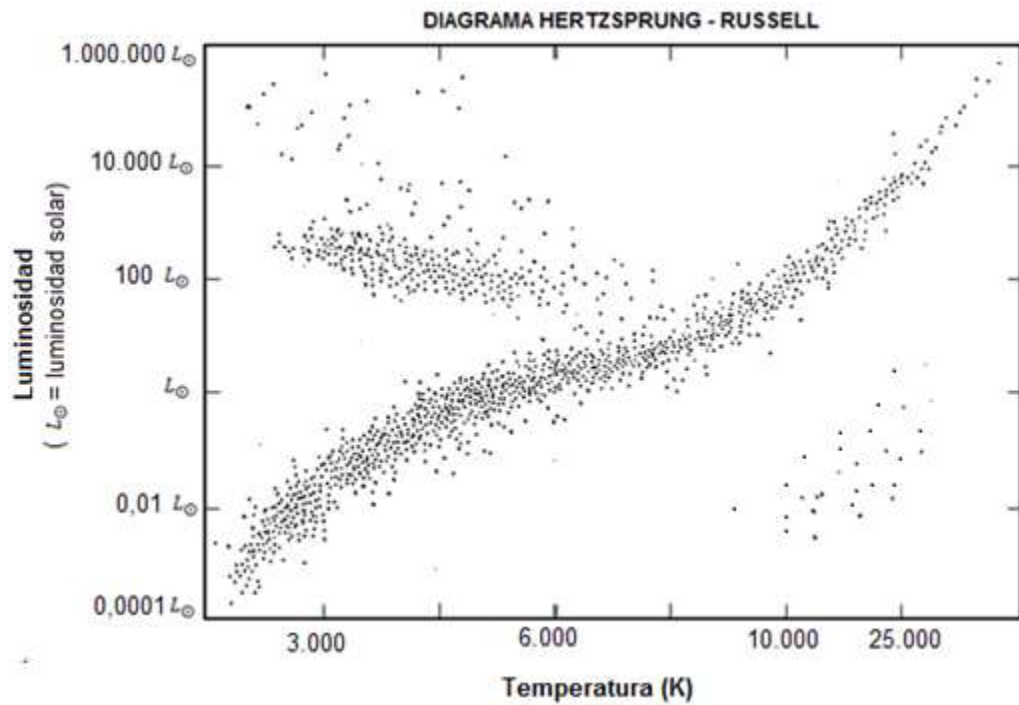
3-. Observando el diagrama H-R ¿Dónde se ubican las estrellas con menor temperatura? Dibujen un círculo alrededor de estas estrellas.



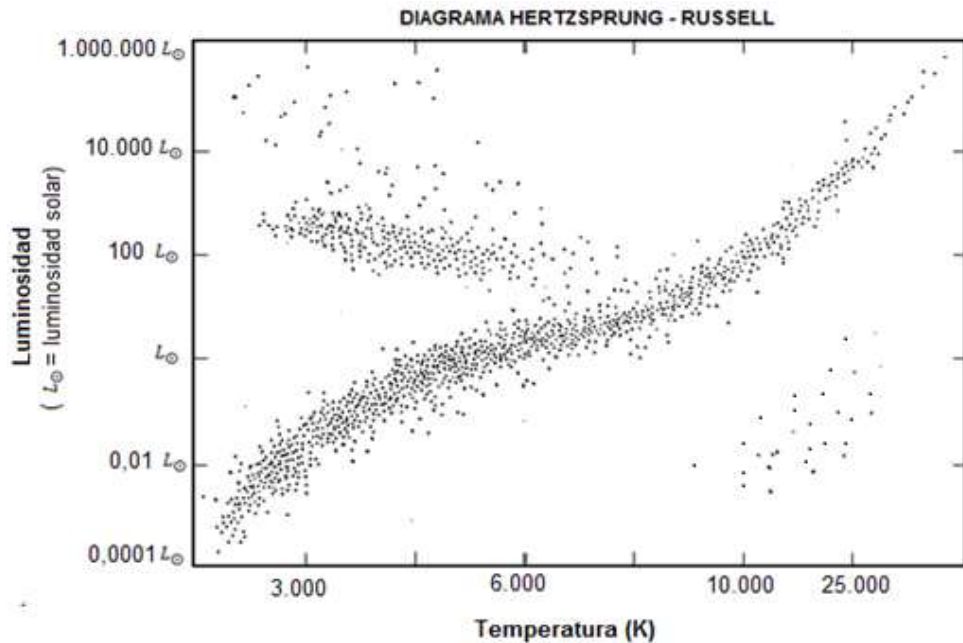
4-. En el diagrama H-R ¿Dónde se ubican las estrellas con mayor luminosidad? Dibujen un círculo alrededor de estas estrellas.



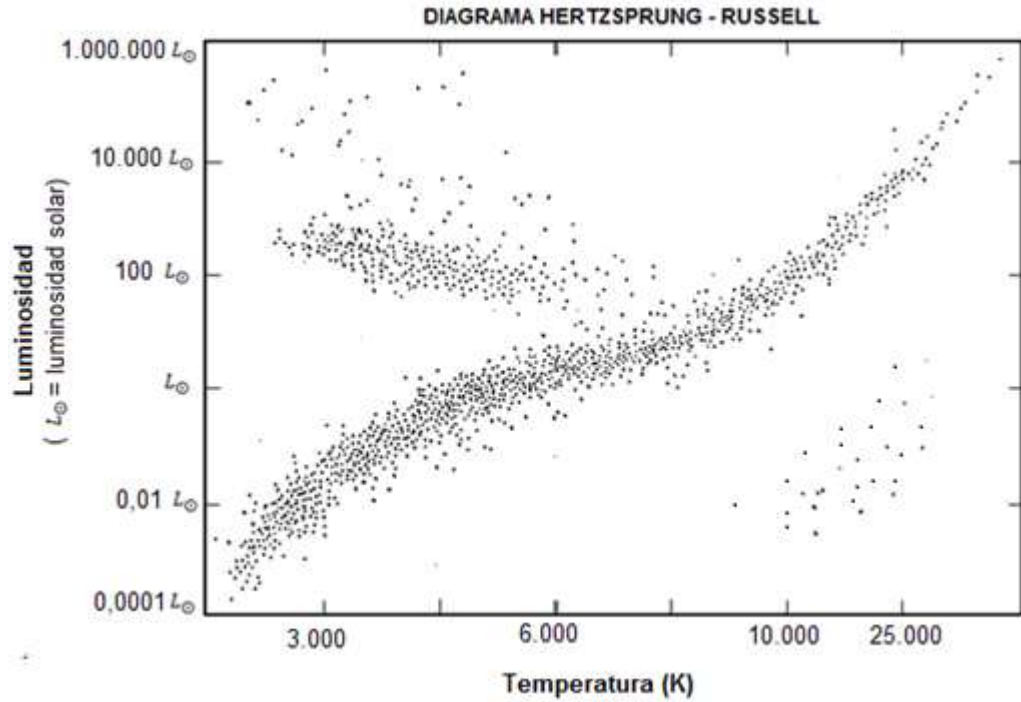
5-. En el diagrama H-R ¿Dónde se ubican las estrellas con menor luminosidad? Dibujen un círculo alrededor de estas estrellas.



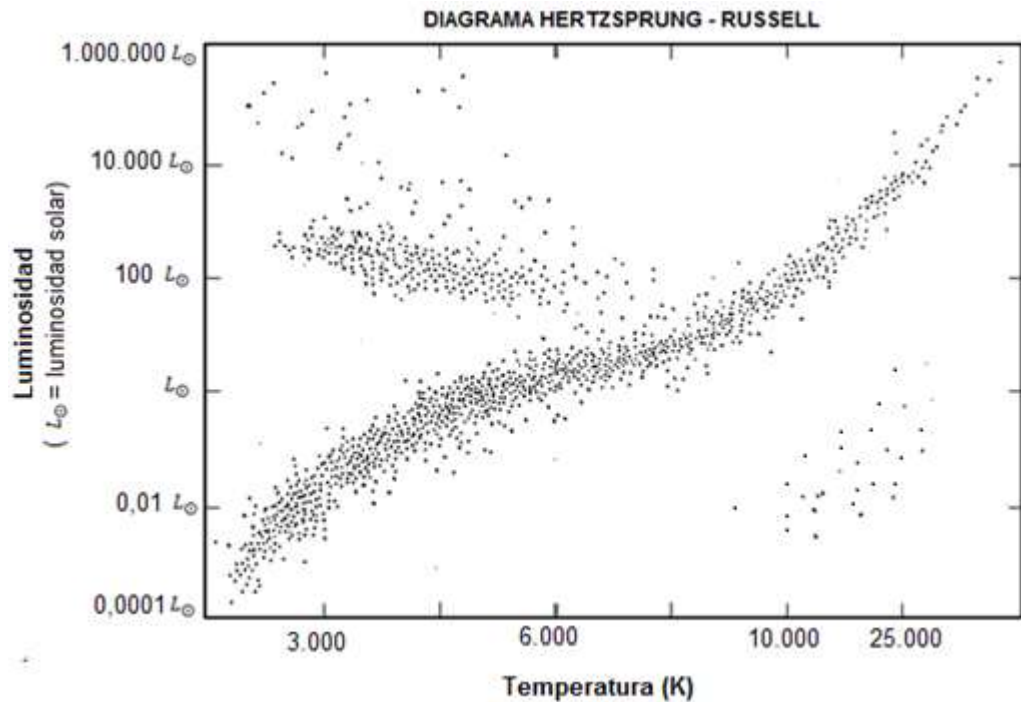
6-. ¿Es posible encontrar estrellas que tengan temperaturas similares pero luminosidades diferentes en este diagrama? Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta  $T^{\circ}$  y alta luminosidad (rotule con  $L^{+}$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de alta  $T^{\circ}$  y baja luminosidad (rotule con  $L^{-}$ )



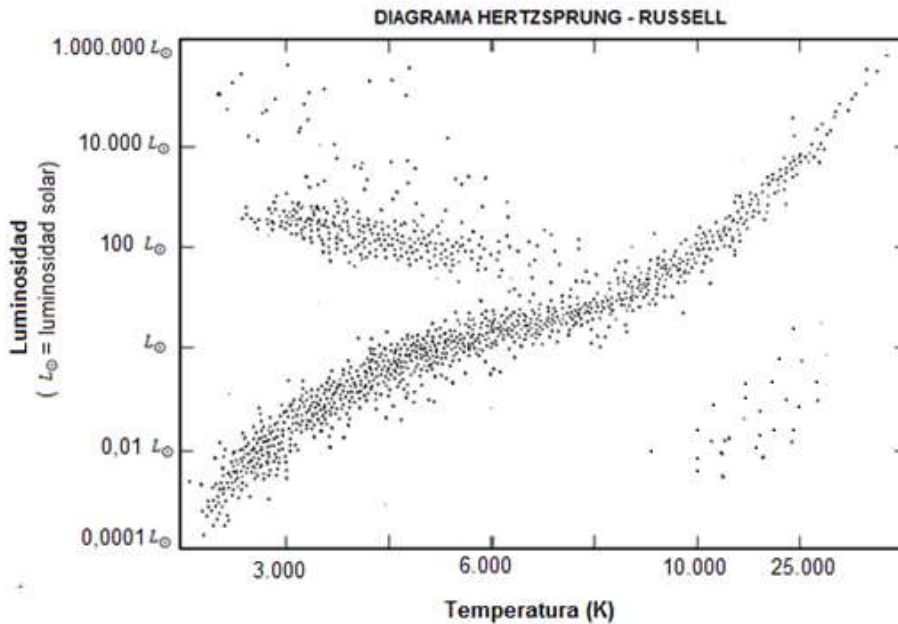
7-. A partir de lo anterior ¿Hay estrellas con bajas  $T^{\circ}$  y luminosidades diferentes? Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de baja  $T^{\circ}$  y alta luminosidad (rotule con  $L^{+}$ ). Encierren en rectángulos a las estrellas de baja  $T^{\circ}$  y baja luminosidad (rotule con  $L^{-}$ )



8-. ¿Es posible encontrar estrellas que tengan similares luminosidades pero temperaturas diferentes en este diagrama? Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$  y encierre en rectángulos a las estrellas de alta luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ ).



9-. A partir de lo anterior ¿Hay estrellas con bajas luminosidades y  $T^{\circ}$  diferentes? Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de baja luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$ ) y encierran en rectángulos a las estrellas de baja luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ )



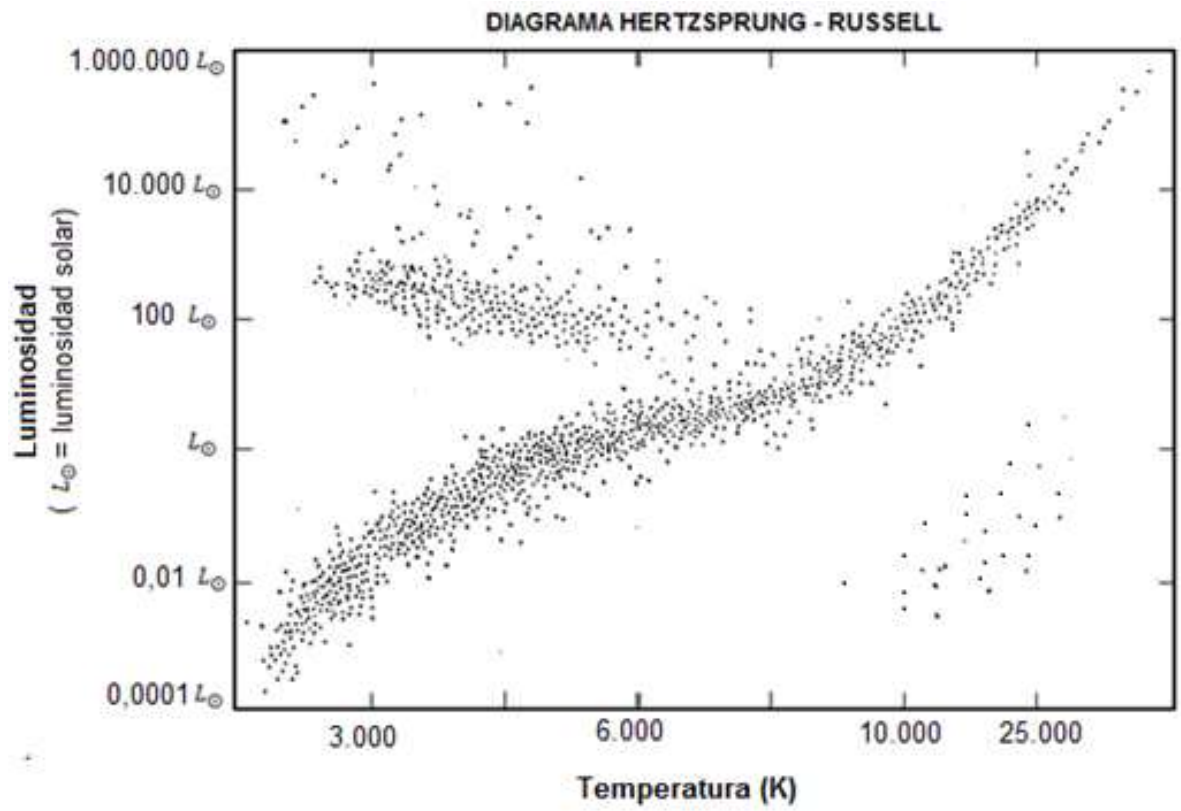
10-. A partir de las siguientes definiciones:

*Definición N°1: Zona que se encuentra en el interior del diagrama en la cual se encuentran la mayoría de las estrellas. En esta podemos encontrar estrellas con variadas temperaturas y luminosidades.*

*Definición N°2: Estrellas muy grandes y de bajas temperaturas. Su tamaño, que puede llegar a unos pocos cientos de veces el radio del Sol, las hace merecedoras del término “gigantes”. Su elevado número, junto con su gran brillo (porque la superficie que emite es muy grande) hace que sean una parte muy importante de la luz que vemos en nuestra Galaxia.*

*Definición N°3: Estrellas de altas temperaturas y pequeñas, generalmente como del tamaño de la Tierra, por lo que su luminosidad es muy baja. Se cree que son los residuos presentes en el centro de las nebulosas planetarias.*

Identifiquen en el Diagrama H-R a qué zonas o agrupaciones de estrellas se refiere cada definición. Enciérrenlas dibujando un círculo alrededor e indiquen a qué definición pertenece la sección demarcada.

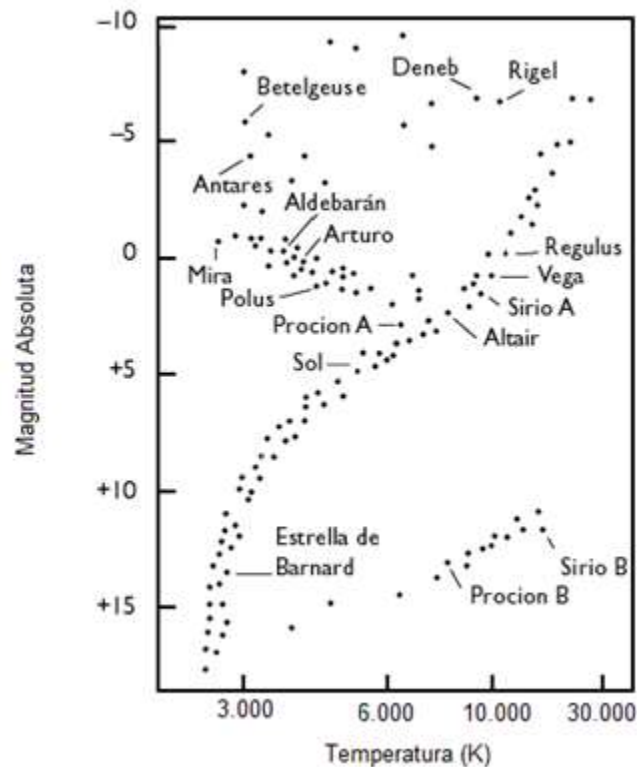


## Actividad Final: Identificando Estrellas



Como se puede observar en el diagrama, es posible diferenciar 3 zonas de interés. La primera (y más notoria) es una banda que cruza a lo largo de todo el diagrama, lo que se denomina como Secuencia Principal. Por otra parte se puede observar un pequeño grupo de estrellas que se ubica en la parte inferior izquierda del diagrama, estas estrellas se les conoce como Enanas Blancas y por último, se puede observar un grupo de estrellas en la parte superior derecha del diagrama, estas estrellas se denominan Gigantes Rojas, en donde además es posible encontrar a las Supergigantes. Analizando el siguiente Diagrama H-R, clasifique las estrellas a los respectivos grupos que pertenecen.

Escribe los nombres de las estrellas que aparecen en el diagrama anterior, en la siguiente tabla, dependiendo del tipo de estrella que corresponda:



Enana Blanca	Secuencia Principal	Gigante Roja

**Apéndice 1.B: Guía N°2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal, versión “beta”.**

**Guía N°2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal**

Nombre: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_

Como vimos en la actividad anterior, las estrellas tienen diferentes cualidades, y la mayoría sigue una tendencia llamada secuencia principal. Las estrellas de esta secuencia van desde menor temperatura y luminosidad, a mayor temperatura y luminosidad. Las estrellas al igual que los elementos químicos emiten luz de determinadas longitudes de onda, la cual se puede medir y ver a qué parte del espectro electromagnético pertenece.

No fue sino hasta finales del siglo XIX que el astrónomo Angelo Secchi pudo medir los espectros para algunas estrellas, gracias a los avances instrumentales de la época. A partir de dichas mediciones, el astrónomo Secchi puso en evidencia la existencia de diferentes tipos de estrellas las cuales pueden ser distinguidas debido a sus características espectrales.

Los tipos espectrales fueron asignados de manera alfabética y en un orden que fue determinado según las fuerzas de las líneas de absorción. Al ordenar la clasificación espectral de las estrellas se obtiene la siguiente sigla:

O-B-A-F-G-K-M

**Actividad Inicial:** ¿Has mirado el cielo nocturno con detención?

**Instrucción:** En grupos, trabajen en las siguientes actividades. Todas las preguntas deben ser discutidas previamente por el grupo, si no se logra un consenso en la respuesta, dividan las casillas y escriban las diferentes respuestas.



Al mirar el cielo nocturno...

- Menciona al menos tres colores que hayas observado en las estrellas.

- ¿Cuál de esos colores representa mayor temperatura? Ordena de mayor a menor temperatura:

- ¿Cuál es la diferencia entre brillo y luminosidad?

- ¿Cuál es la estrella más brillante que se puede observar a simple vista en el cielo nocturno?

### Actividad Principal: Diversidad estelar

Instrucciones: En la guía pueden encontrar las figuras 1, 2 y 3. En la figura 1 se representa el espectro electromagnético, en la figura 2 se presenta el diagrama H-R y en la figura 3 (en la última página) se representan estrellas de distintos tamaños. Cada grupo debe desarrollar paso a paso las siguientes actividades.

- 1- Los círculos de la figura 3 representan distintos tipos de estrellas. Escribe en el centro de cada estrella el tipo espectral al que corresponde, utilizando la siguiente información:

Tipo Espectral	O	B	A	F	G	K	M
Radio en proporción al Sol (Sol = 1)	10	5	1,7	1,3	1,0	0,5	0,3



- 2- ¿Las estrellas de la figura 3 tendrán la misma masa entre ellas? En el caso de que no sea así, ordénelas de mayor a menor masa, escribiendo su tipo espectral en el siguiente recuadro:

Justifiquen su respuesta:

- 3- Con los datos entregados por el profesor, completen la siguiente tabla con las masas de las distintas estrellas de la secuencia principal en relación a la masa del Sol.

Tipo Espectral	O	B	A	F	G	K	M
Masa (Sol = 1)							

- 4- ¿Cómo fueron sus predicciones? ¿Cómo se relaciona el tamaño y la masa de una estrella de la secuencia principal

- 5- ¿Las estrellas de la figura 3 tendrán la misma luminosidad entre ellas? En el caso de que no sea así, ordénelas de mayor a menor luminosidad, escribiendo su tipo espectral en el siguiente recuadro:

Justifiquen su respuesta:

- 6- Con los datos entregados por el profesor, completen la tabla con las luminosidades de las distintas estrellas de la secuencia principal en relación a la luminosidad del Sol.

Tipo Espectral	O	B	A	F	G	K	M
Luminosidad (Sol = 1)							

- 7- ¿Cómo fueron sus predicciones? ¿Cómo se relaciona el volumen y la luminosidad de una estrella de la secuencia principal?

- 8- ¿Las estrellas de la figura 3 tendrán la misma temperatura entre ellas? En el caso de que no sea así, ordénelas de mayor a menor temperatura, escribiendo su tipo espectral en el siguiente recuadro

Justifiquen su respuesta:

- 9- Con los datos entregados por el profesor, completen la tabla con las temperaturas de las distintas estrellas de la secuencia principal.

Tipo Espectral	O	B	A	F	G	K	M
Temperatura (K)							

- 10- ¿Cómo fueron sus predicciones? ¿Cómo se relaciona la masa y la temperatura de una estrella de la secuencia principal?

- 11- Las estrellas de tipo espectral G, por lo general son de un color amarillo, como nuestro Sol. En la figura 3, pinta la estrella que corresponde al Sol de color amarillo

- 12- En la figura 1, escribe las letras de los espectros sobre el color que crees que tienen las estrellas de cada espectro.

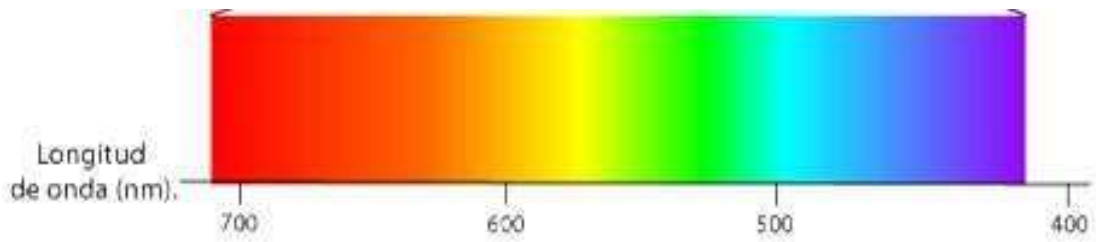


Figura 1: Espectro Electromagnético Visible.

13- Con los datos entregados por el profesor, completen la tabla con los colores de las distintas estrellas de la secuencia principal.

Tipo Espectral	O	B	A	F	G	K	M
Color							

14- ¿Cómo fueron sus predicciones? ¿Cómo se relaciona el color y la temperatura de una estrella de la secuencia principal?

15- En la figura 2 que presenta el diagrama H-R trabajado en la guía anterior, utilizando la información sobre las estrellas de los distintos tipos espectrales, rotulen sobre la secuencia principal del diagrama H-R las letras correspondientes a los tipos espectrales y pinten cada zona con el color correspondiente al tipo espectral.

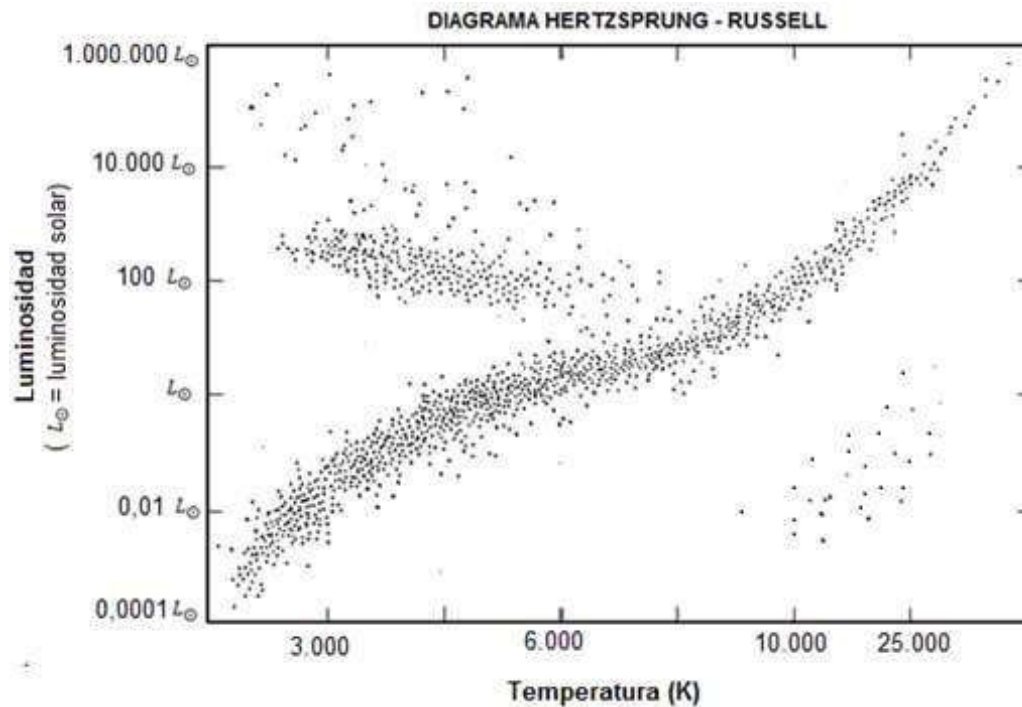


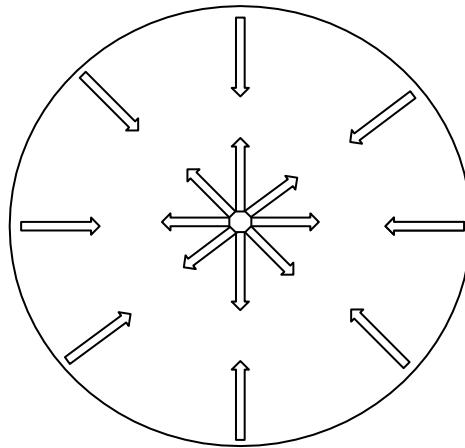
Figura 2: Diagrama H-R.

### Actividad Final: Fuera de la Secuencia Principal.

Hasta ahora hemos visto las estrellas desde un punto de vista exterior por lo que aún no se ha mencionado que en el interior de todas estas estrellas están ocurriendo procesos nucleares en los que fusionan principalmente hidrógeno para formar helio. Las estrellas de la secuencia principal permanecen en esta etapa durante millones de años, lo que es la mayor parte de su “vida”.

Sin embargo, como es muy común en la naturaleza, los recursos no son ilimitados, lo que hace que se plantee la siguiente pregunta ¿Qué es lo que sucede cuando comienza a acabarse el hidrógeno que se fusiona en el interior de las estrellas?

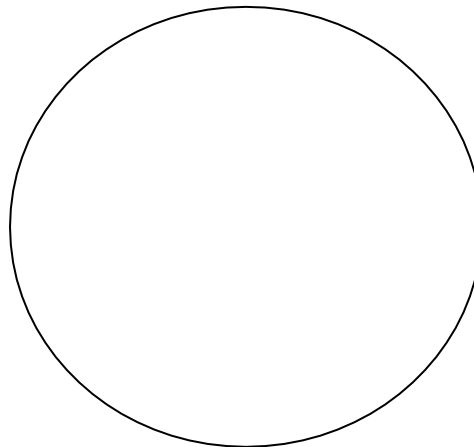
En la imagen que se muestra a continuación, se representan las presiones que se encuentran en equilibrio mientras la Estrella se encuentra en la Secuencia Principal.



De las presiones representadas en la imagen una es conocida como la presión gravitacional mientras que la otra es la presión debido a los procesos nucleares.

1- Marca con color rojo la presión gravitacional y con color azul la presión por procesos nucleares.

2- A partir de lo contestado anteriormente ¿Qué crees que sucederá con la presión si la estrella ya no tiene más hidrógeno para fusionar? Dibuja en el siguiente círculo como crees que quedarían las presiones.



3-. Al haber este desequilibrio de presiones ¿que crees que comenzará a suceder con la estrella?



Explica detalladamente el porqué de tu respuesta.

Para responder las preguntas siguientes, deben visitar estos links:

<https://www.youtube.com/watch?v=czu7smJHav8&t=77s>

Reproduzcan el video hasta los 10:26

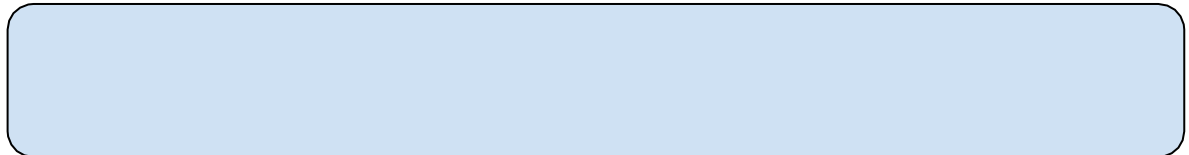
<https://www.youtube.com/watch?v=cBd1aL07gQ>

Reproduzcan el video hasta los 4:38

4- ¿Qué es lo que indica que una estrella ha abandonado la secuencia principal?

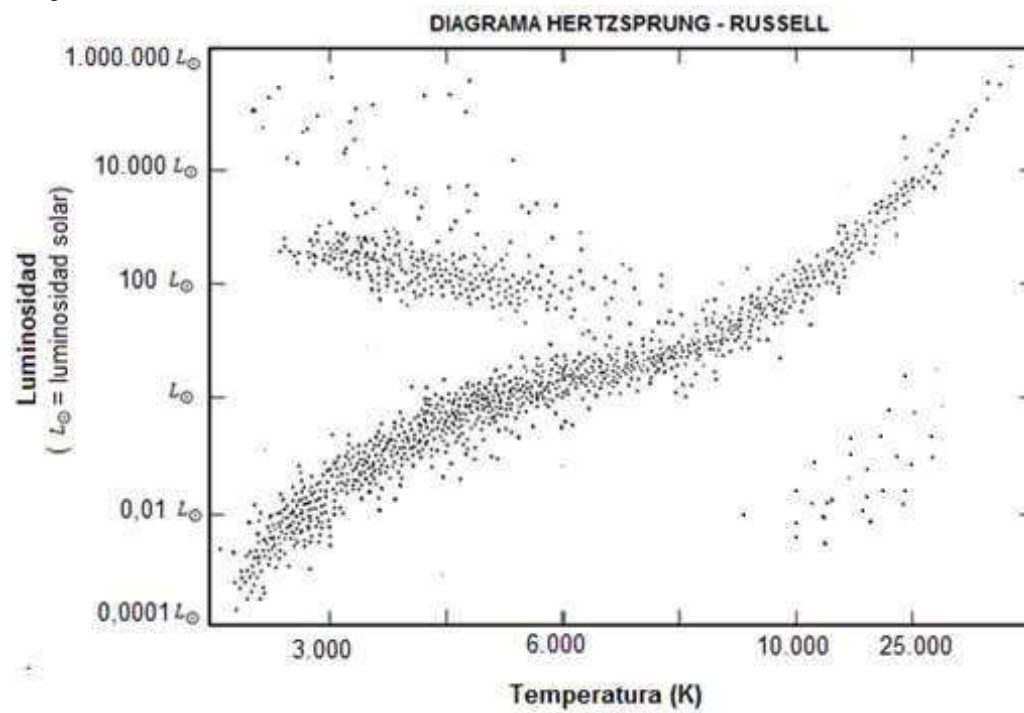


5- ¿Cuáles son las dos posibilidades en que se pueden transformar estas estrellas que salen de la secuencia principal?

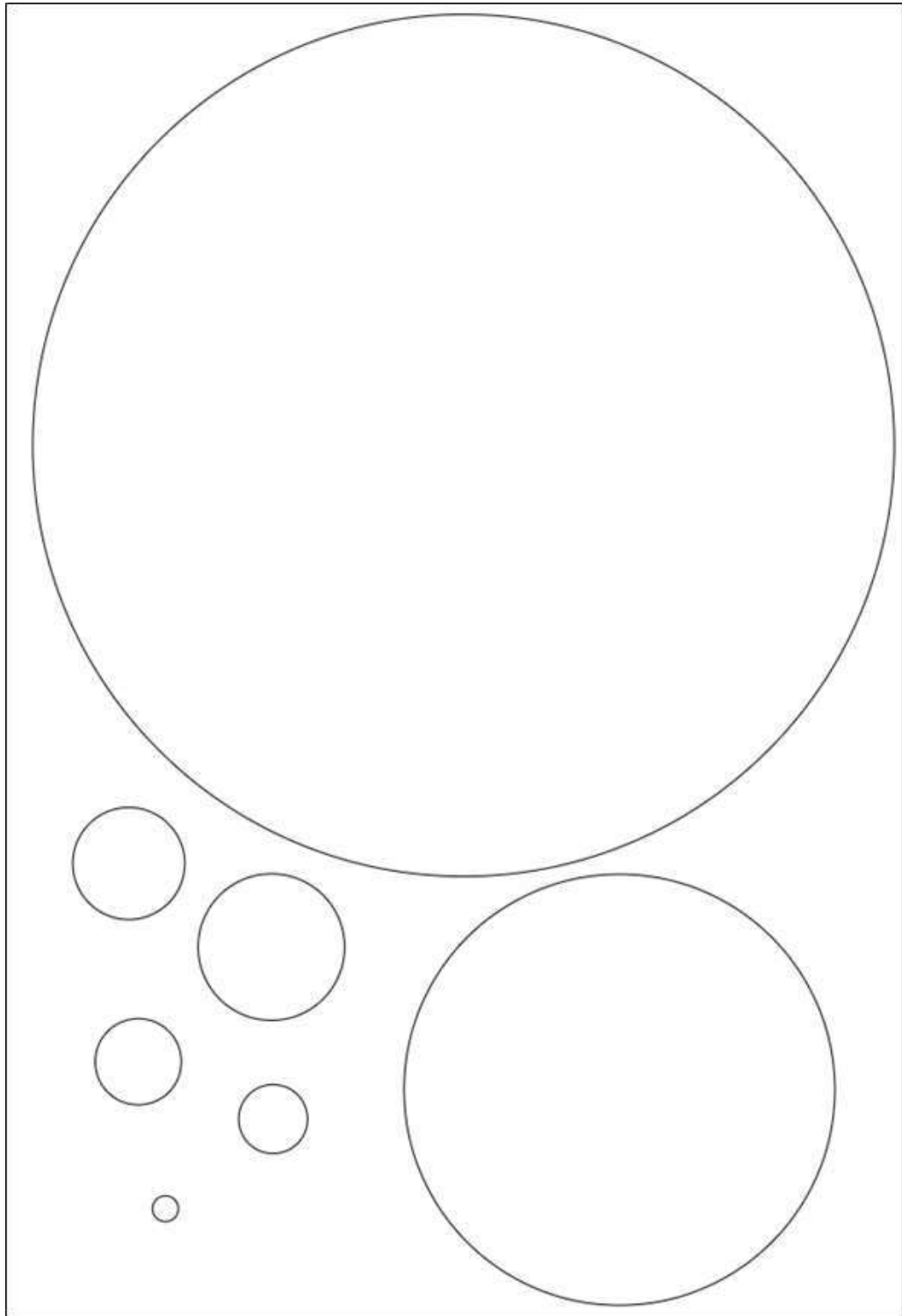


6- Describa cómo llegan a estos finales.

7- Tomando en cuenta los datos de temperatura y luminosidad, encierre en un círculo celeste las enanas blancas y en un círculo rojo las gigantes rojas que aparecen en el siguiente diagrama H-R







*Figura 3: Tamaños a Escala de Estrellas de la Secuencia Principal.*

**Apéndice 1.C: Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R, versión “beta”.**

## Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R

Nombre: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Objetivo: Identificar y reconocer los fenómenos que ocurren en los objetos que dejan el Diagrama H-R

### ¿Existen Otros Objetos Estelares del Fuera Diagrama H-R?

En las guías anteriores se han podido observar distintas estrellas que se encuentran dentro del Diagrama H-R. Se vio su ubicación en dicho diagrama y su respectiva clasificación espectral, esto hace que se plantee la siguiente pregunta ¿sólo esas estrellas existen? ¿existen estrellas sólo dentro del diagrama H-R?

En la presente guía se abordarán a las estrellas que al avanzar de los años van cambiando sus características, de tal manera que el resultado final de estas no pueden estar representado en el Diagrama H-R como son los casos de los agujeros negros, las estrellas de neutrones y un estado de algunas estrellas llamado Supernova Tipo II. A continuación se muestran representaciones de dichos casos respectivamente.



[Fuente](#)



[Fuente](#)



[Fuente](#)

### Primera Actividad: Conociendo a las Supernovas Tipo II

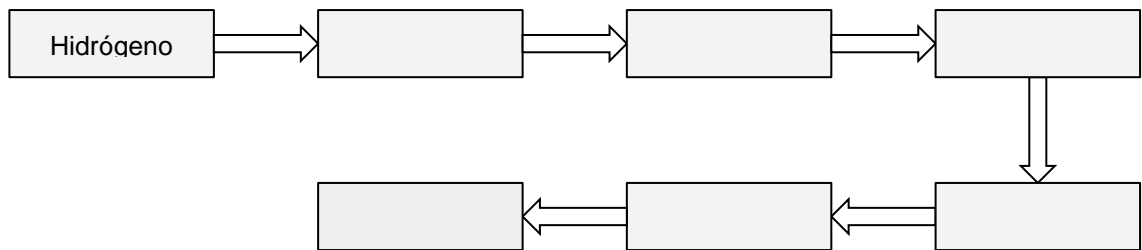
Instrucciones: Con sus mismos grupos, miren con atención el video que se encuentra en el siguiente [Link](#) o escaneen el código QR que se muestra a continuación con sus celulares. A partir de la información entregada por dicho video, contesten las preguntas que se muestran a continuación.



1- ¿Qué es una Supernova tipo II?

2- ¿Por qué se producen estas supernovas? Expliquen de manera clara y ordenada.

3- De acuerdo a lo que aparece el video, escriban en la siguiente figura el orden en los que se van fusionando los elementos en el interior de las estrellas hasta llegar al elemento que no se puede fusionar, en el período de vida de las estrellas masivas.



4- ¿Cómo se producen los demás elementos químicos, si dentro de las estrellas se forman apenas una decena de ellos?

5- ¿Qué le sucede a la estrella después de que explota como Supernova tipo II? Escriba los posibles resultados de la supernova y cuál es la condición de que eso ocurra

--	--

## Segunda Actividad: Estrellas de Neutrones

Instrucciones: Con sus mismos grupos, miren con atención el video que se encuentra en el siguiente [Link](#) o escaneen el código QR que se muestra a continuación con sus celulares. A partir de la información entregada por dicho video, contesten las preguntas que se muestran a continuación.



1- ¿Qué es una Estrella de Neutrones? ¿Por qué se les conoce con este nombre?

--

2- ¿Cómo se producen las Estrellas de Neutrones?

--

3- ¿Por qué estas estrellas giran con una velocidad tan grande? Explique con sus propias palabras al principio físico que lo provoca

4- Explique cuales son las evidencias de estas estrellas, y como pueden ser observadas desde la Tierra.

### Tercera Actividad: Agujeros Negros

Instrucciones: Con sus mismos grupos, miren con atención el video que se encuentra en el siguiente [Link](#) (Hasta el min 12:39) o escaneen el código QR que se muestra a continuación con sus celulares. A partir de la información entregada por dicho video, contesten las preguntas que se muestran a continuación.



1- ¿Qué es un Agujero Negro?

2-. ¿Cómo se producen los agujeros negros?

3-. Explique detalladamente por qué no se pueden observar los agujeros negros

4-. ¿Qué es el Radio de Schwarzschild?

5-. ¿Qué es el horizonte de sucesos?

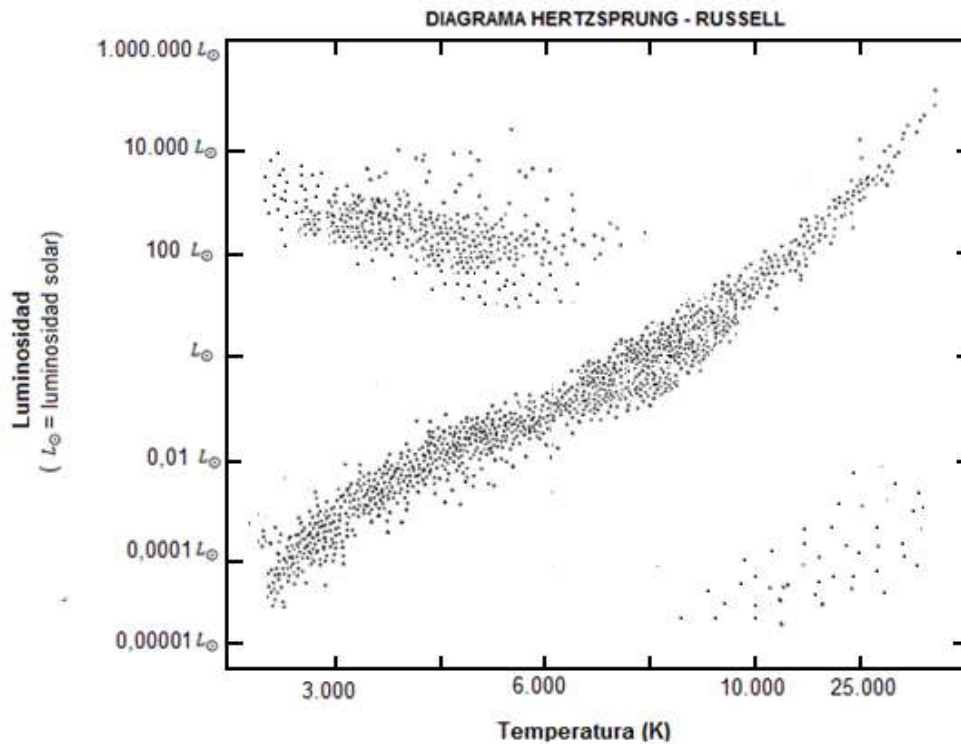
### Actividad Final: ¡Pongamos a prueba lo aprendido!

Instrucciones: A partir de lo visto en clases, tanto los videos como en la guía, respondan las siguientes preguntas:

1-. ¿De qué dependen los distintos destinos que tienen las estrellas?

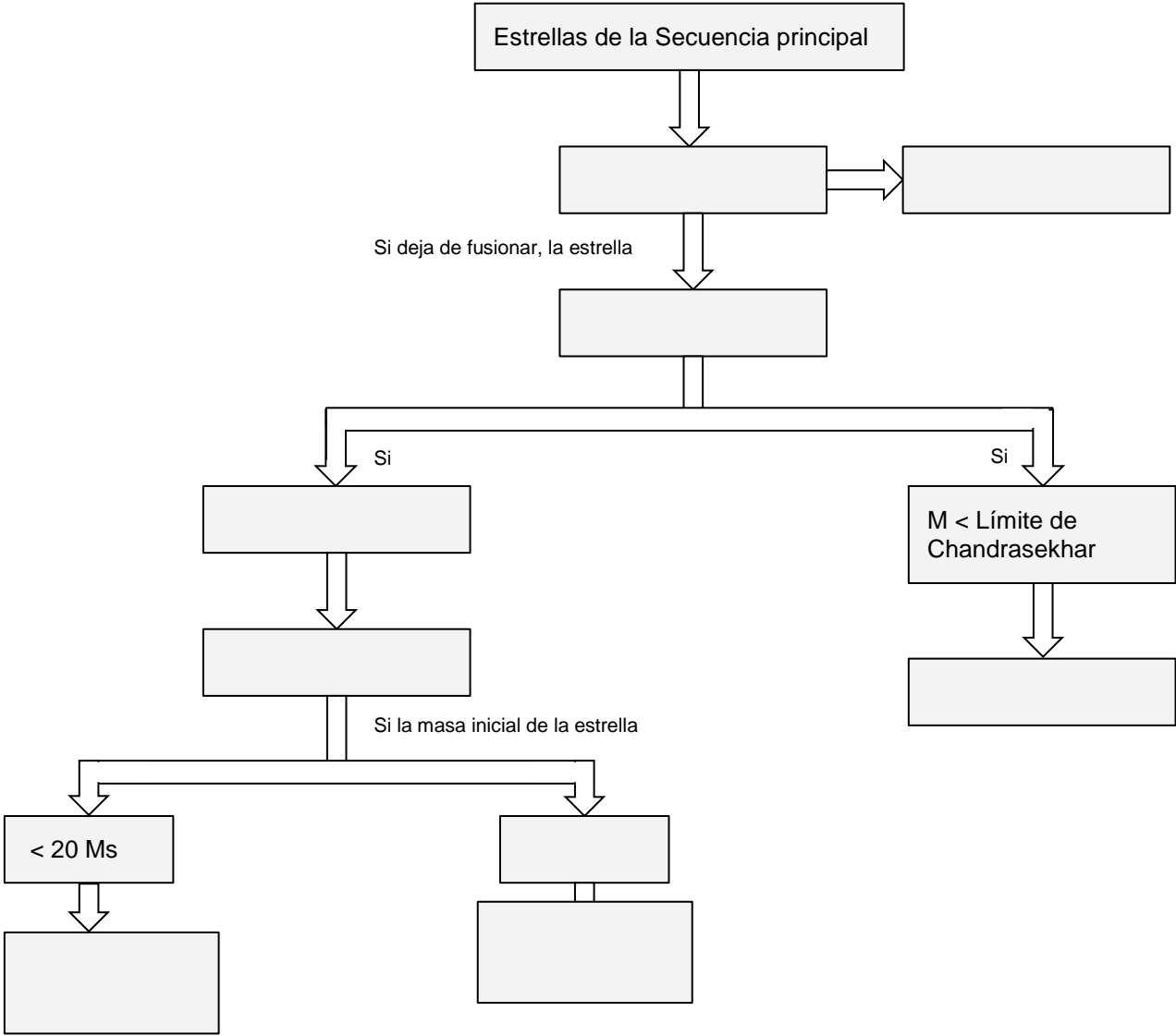
2-. Nombra cuáles son los posibles finales a los que pueden llegar las estrellas.

3-. Describa detalladamente con sus palabras el recorrido que tiene una estrella desde cuando se encuentra representada en el Diagrama H-R hasta cuando sale de este. (Dibuje en el diagrama que se muestra a continuación el recorrido de una estrella).



En el siguiente recuadro, escriba con sus propias palabras el recorrido de la estrella que representó en el diagrama anterior

4-. Complete el siguiente Mapa Conceptual





## Apéndice 2: Encuestas de Validación para la Propuesta.

### Apéndice 2.A: Encuesta de Validación para Guía N° 1, versión “beta”.

#### Encuesta de Validación: “Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R”

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

#### Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	
ii	Las instrucciones de la guía son claras	
iii	La introducción de la guía no resulta abrumador para el estudiante	
iv	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	
x	La guía tiene un enfoque CTS	
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Nombre	
Títulos y Grado	
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	
Años de Ejercicio Docente	
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	

## Apéndice 2.B: Encuesta de Validación para Guía N° 2, versión “beta”.

### Encuesta de Validación: “Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal”

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

#### Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	
ii	Las instrucciones de la guía son claras	
iii	La introducción de la guía no resulta abrumador para el estudiante	
iv	La actividad inicial es permiten obtener los conocimientos previos del estudiante	
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía.	
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	
x	La guía tiene un enfoque CTS	
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Nombre	
Títulos y Grado	
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	
Años de Ejercicio Docente	
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	

## Apéndice 2.C: Encuesta de Validación Guía N° 3, versión “beta”.

### Encuesta de Validación: “Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R”

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

#### Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	
ii	Las instrucciones de la guía son claras	
iii	La introducción de la guía resulta abrumador para el estudiante	
iv	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	
x	Los videos utilizados son de ayuda al momento de contestar las preguntas en las que se requieren	
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Nombre	
Títulos y Grado	
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	
Años de Ejercicio Docente	
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	

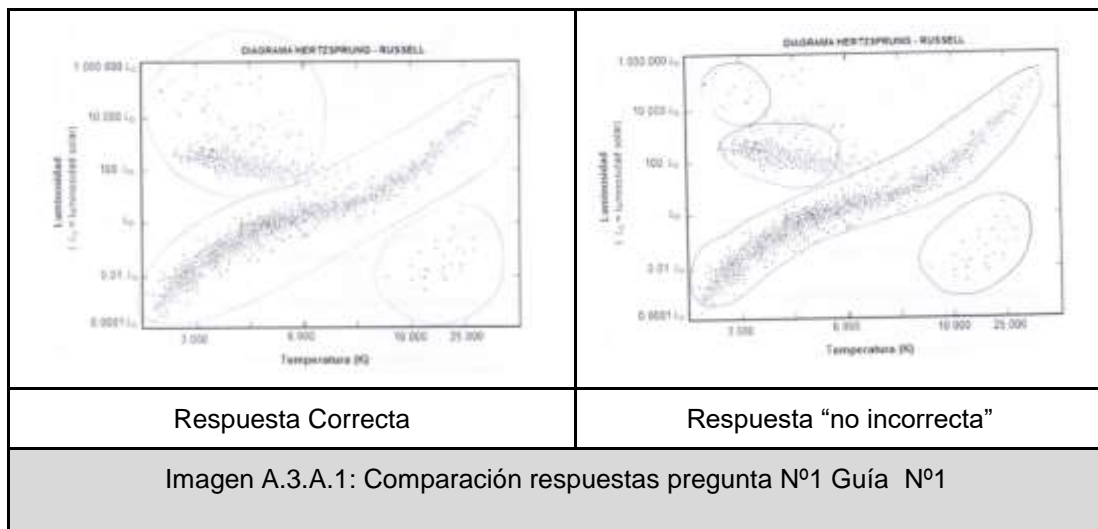
**Apéndice 3: Implementaciones Guías versiones “beta” en curso Universitario.**

**Apéndice 3.A: Análisis de la implementación de la Guía N° 1 versión “beta” en curso Universitario.**

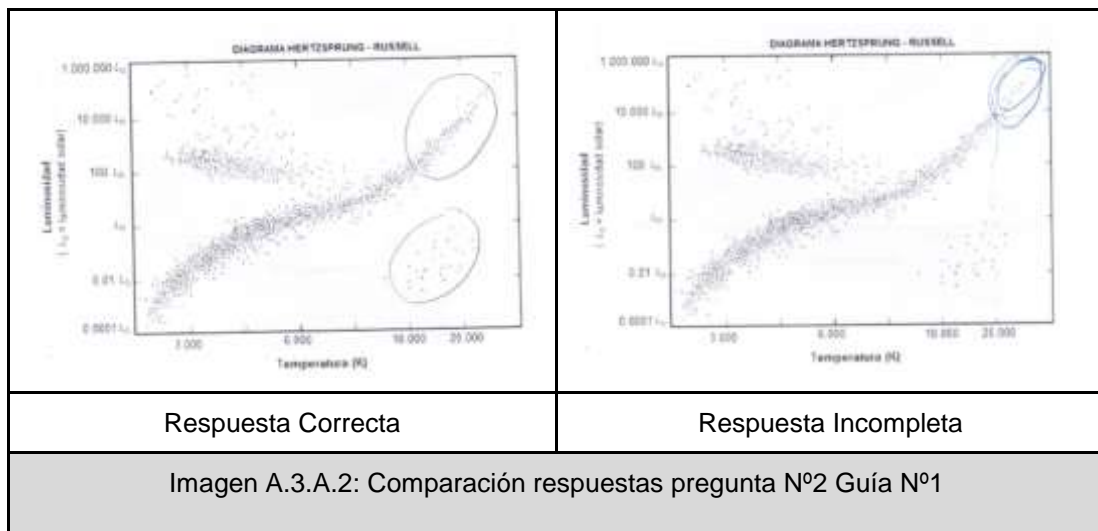
La implementación de esta guía se realizó el día 15 de Junio del año 2017 en un curso de grado universitario llamado Astronomía en el Aula de la Universidad de Santiago de Chile. El curso consta de ocho estudiantes por lo tanto, a pesar de que la guía está pensada para ser realizada en grupos de dos o tres personas, en esta ocasión fue desarrollada de manera individual. Cabe mencionar que para este día, a dicho curso asistió un total de seis alumnos. Es importante destacar que esta implementación fue realizada a una versión “beta” de la Guía N°1 y dicha versión “beta” de esta guía se puede encontrar en el Apéndice 1.

Lo primero a destacar en esta implementación es el tiempo en que se desarrolló la guía por parte del estudiante, en donde se demoró en un intervalo de tiempo de entre 15 y 32 minutos. Como esta guía estaba pensada en ser desarrollada en el transcurso de dos horas pedagógicas, es decir, 90 minutos; se proponen dos opciones, reducir el tiempo para desarrollar la guía a una hora pedagógica, es decir 45 minutos, o agregar más actividades para que el estudiante desarrolle.

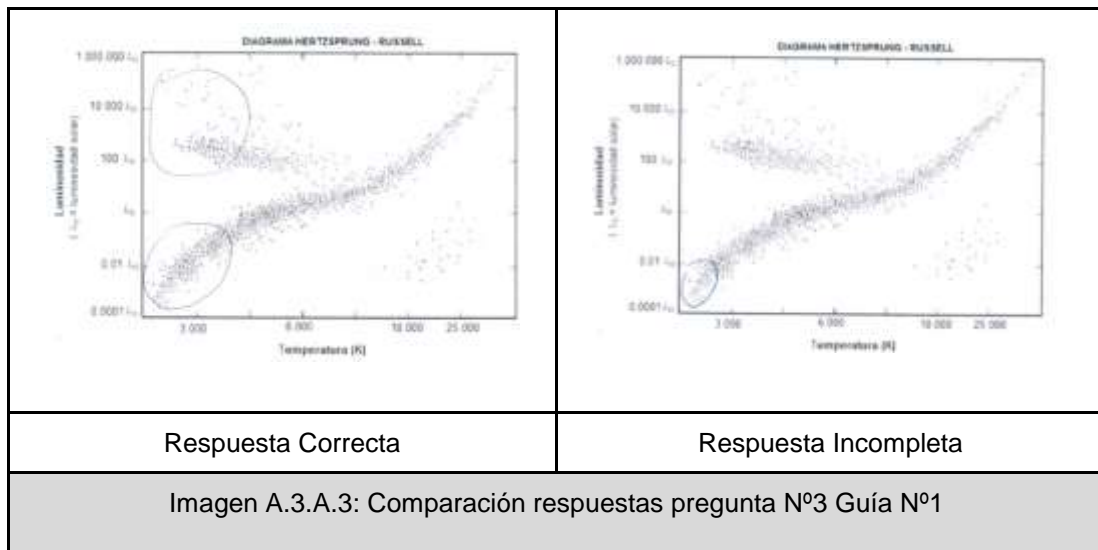
Analizaremos lo que ocurre para la primera actividad, es decir, la actividad llamada “¡Analicemos el Diagrama H-R!”. Para la primera pregunta, la gran mayoría de los estudiantes contestaron bien la pregunta propuesta, sin embargo hubieron respuestas que no estaban incorrectas, pero no era exactamente lo que se pedía, como mostraremos a continuación.



Para la segunda y tercera pregunta, la mayoría de los alumnos respondió correctamente la pregunta propuesta, sin embargo hubo gente que no respondió lo pedido, ya que se pedía identificar estrellas con altas temperaturas y algunos no identificaron las dos zonas del gráfico en donde se podrían encontrar. Mientras que en la tercera pregunta se preguntaba por estrellas de bajas temperaturas y como ocurrió con la pregunta dos, algunos no identificaron las dos zonas del gráfico en donde se podrían encontrar. Por lo que a este tipo de respuestas se les consideró como incompletas. A continuación mostraremos una comparación entre una pregunta correcta y una incompleta para cada pregunta mencionada.



Mientras que para la tercera pregunta se tiene:

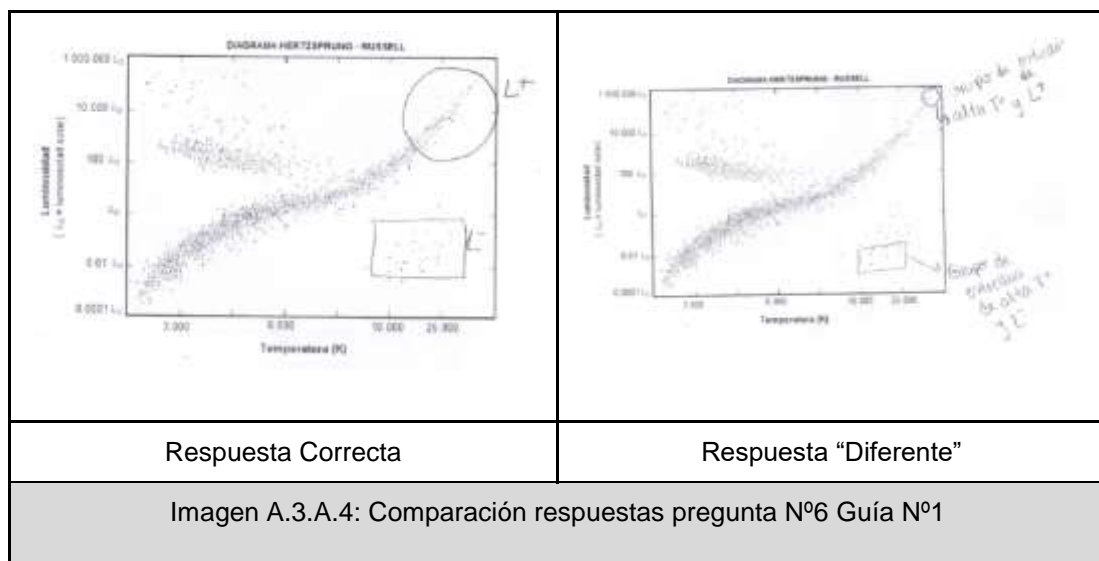




El hecho de que se obtenga respuesta como las respuestas incompletas que se muestran en las ilustraciones anteriores hace que se analice si está bien planteada la pregunta. Si bien las preguntas hacen hincapié en si hay estrellas de altas y bajas temperaturas, se considera que no hay problemas con la pregunta ya que solo hubo un estudiante que respondió incompletamente.

Para la pregunta cuatro absolutamente todos los alumnos contestaron de manera correcta, por lo que a esa pregunta no se le realizará ningún cambio. En la pregunta cinco todos contestaron de manera correcta ya que lograron identificar las zonas en donde se encuentran las estrellas que tienen una luminosidad baja pero distintas temperaturas entre sí, por lo que no se propone ningún cambio.

En la pregunta número seis, la mayoría de los estudiantes respondieron correctamente, ya que fueron capaces de comparar estrellas que tienen temperaturas altas y luminosidades diferentes, sin embargo hubo una respuesta que no comparaba estrellas que cumplieran los requisitos mencionados anteriormente, a continuación mostramos una ilustración que compara una respuesta correcta con la respuesta “diferente”.



El hecho de obtener esta respuesta por parte de un estudiante y debido a que muchos de los estudiantes contestaban a la pregunta con palabras en un costado de la guía, nos hace replantear la pregunta, la cual estaba formulada de la siguiente forma:

6- ¿Es posible encontrar estrellas que tengan temperaturas similares pero luminosidades diferentes en este diagrama? Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta  $T^{\circ}$  y alta luminosidad (rotule con  $L^{+}$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de alta  $T^{\circ}$  y baja luminosidad (rotule con  $L^{-}$ )

Imagen A.3.A.5: Pregunta N°6 antes de la modificación

Se decide eliminar la pregunta inicial ya que causó confusión en los alumnos a los cuales participaron de la implementación, en su lugar se incorporó una sentencia que indique claramente que se busca comparar agrupaciones de estrellas con temperaturas similares (altas) y luminosidades diferentes. Finalmente la pregunta quedó de la siguiente manera.

6-. Encuentra estrellas que tengan temperaturas similares pero luminosidades diferentes en este diagrama. Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta  $T^{\circ}$  y alta luminosidad (rotule con  $L^{+}$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de alta  $T^{\circ}$  y baja luminosidad (rotule con  $L^{-}$ )

Imagen A.3.A.6: Pregunta N°6 Modificada.

Tanto para las preguntas siete, ocho y nueve, los alumnos tuvieron respuestas correctas a excepción de una respuesta en la pregunta nueve, que nuevamente no compara agrupaciones de estrellas de características similares. Tal como sucedió en la pregunta seis, se realizaron cambios en la pregunta siete, ocho y nueve, debido a que se produce una confusión con unas preguntas que se encuentran respectivamente en las preguntas siete, ocho y nueve, las cuales comentaremos a continuación.

Para la pregunta siete, se cambia la pregunta que se encontraba planteada de la siguiente forma:

7-. A partir de lo anterior ¿Hay estrellas con bajas  $T^{\circ}$  y luminosidades diferentes? Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de baja  $T^{\circ}$  y alta luminosidad (rotule con  $L^{+}$ ). Encierren en rectángulos a las estrellas de baja  $T^{\circ}$  y baja luminosidad (rotule con  $L^{-}$ )

Imagen A.3.A.7: Pregunta N°7 antes de la modificación

Se decide eliminar la pregunta inicial ya que causó confusión en los alumnos a los cuales participaron de la implementación, en su lugar se incorporó una sentencia que indique claramente que se busca comparar agrupaciones de estrellas con temperaturas similares (bajas) y luminosidades diferentes. Finalmente la pregunta quedó de la siguiente manera.

7-. A partir de lo anterior encuentra estrellas con bajas  $T^{\circ}$  y luminosidades diferentes. Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de baja  $T^{\circ}$  y alta luminosidad (rotule con  $L^{+}$ ). Encierren en rectángulos a las estrellas de baja  $T^{\circ}$  y baja luminosidad (rotule con  $L^{-}$ )

Imagen A.3.A.8: Pregunta N°7 Modificada

Para la pregunta ocho se cambia la pregunta que inicialmente se encontraba planteada de la siguiente forma:

8-. ¿Es posible encontrar estrellas que tengan similares luminosidades pero temperaturas diferentes en este diagrama? Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$ ) y encierre en rectángulos a las estrellas de alta luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ ).

Imagen A.3.A.9: Pregunta N°8 antes de la modificación

En esta pregunta, faltó incorporar un paréntesis, se puede evidenciar que este alumno nos dice "ojo" ya que faltaba el paréntesis que cerraba la frase. Luego, se decide eliminar la pregunta inicial ya que causó confusión en los alumnos a los cuales participaron de la implementación, en su lugar se incorporó una sentencia que indique claramente que se busca comparar agrupaciones de estrellas con luminosidades similares (altas) y temperaturas diferentes. Finalmente la pregunta quedó de la siguiente manera.

8-. Encuentra estrellas que tengan similares luminosidades pero temperaturas diferentes en este diagrama. Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$ ) y encierre en rectángulos a las estrellas de alta luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ ).

Imagen A.3.A.10: Pregunta N°8 Modificada

Para la pregunta nueve se cambia la pregunta que inicialmente se encontraba planteada de la siguiente forma:

9-. A partir de lo anterior ¿Hay estrellas con bajas luminosidades y  $T^{\circ}$  diferentes? Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de baja luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de baja luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ )

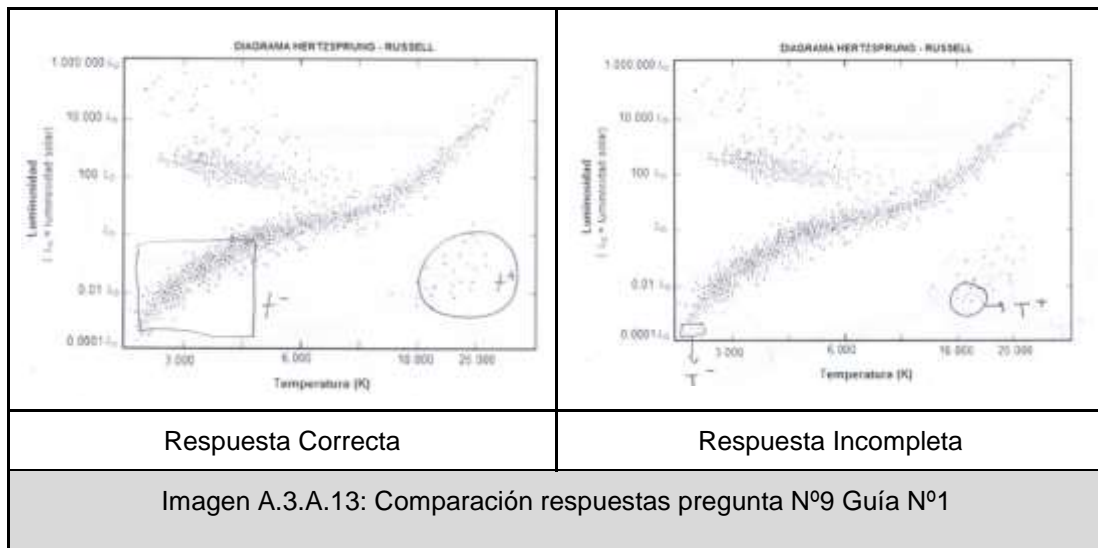
Imagen A.3.A.11: Pregunta N°9 antes de la modificación

Se decide eliminar la pregunta inicial ya que causó confusión en los alumnos a los cuales participaron de la implementación, en su lugar se incorporó una sentencia que indique claramente que se busca comparar agrupaciones de estrellas con luminosidades similares (altas) y temperaturas diferentes. Finalmente la pregunta quedó de la siguiente manera.

9-. A partir de lo anterior encuentra estrellas con bajas luminosidades y  $T^{\circ}$  diferentes. Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de baja luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de baja luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ )

Imagen A.3.A.12: Pregunta N°9 Modificada

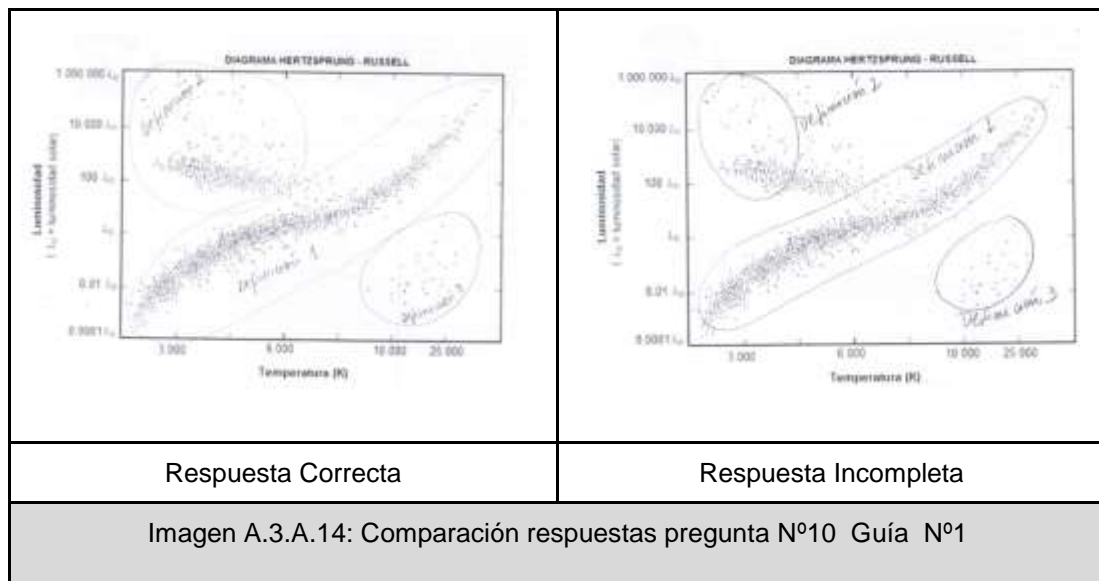
Como se mencionó anteriormente, para esta pregunta se obtuvo una respuesta que no compara agrupaciones de estrellas de características similares, por lo tanto esta respuesta se considera una respuesta incompleta. A continuación mostramos una comparación entre una respuesta correcta y esta pregunta incompleta en la pregunta nueve.



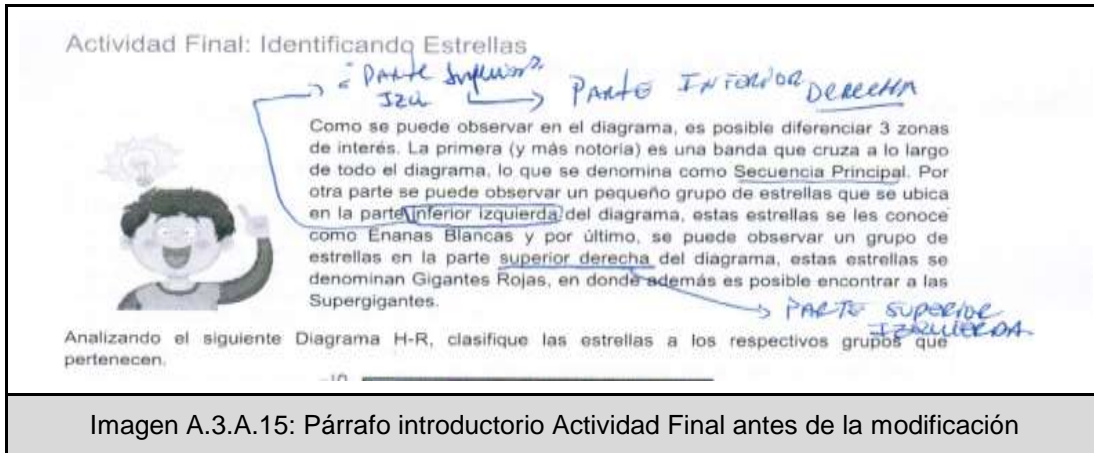
El hecho de obtener una respuesta cómo mostrada en la *Ilustración 3.3.1.7* y debido a que muchos de los estudiantes contestaban a la pregunta con palabras en un costado de la guía,

nos hace replantear la pregunta, el cual fue uno de los factores que llevó al cambio de planteamiento de la pregunta obteniendo el resultado que se observó en la *Ilustración 3.3.1.13*.

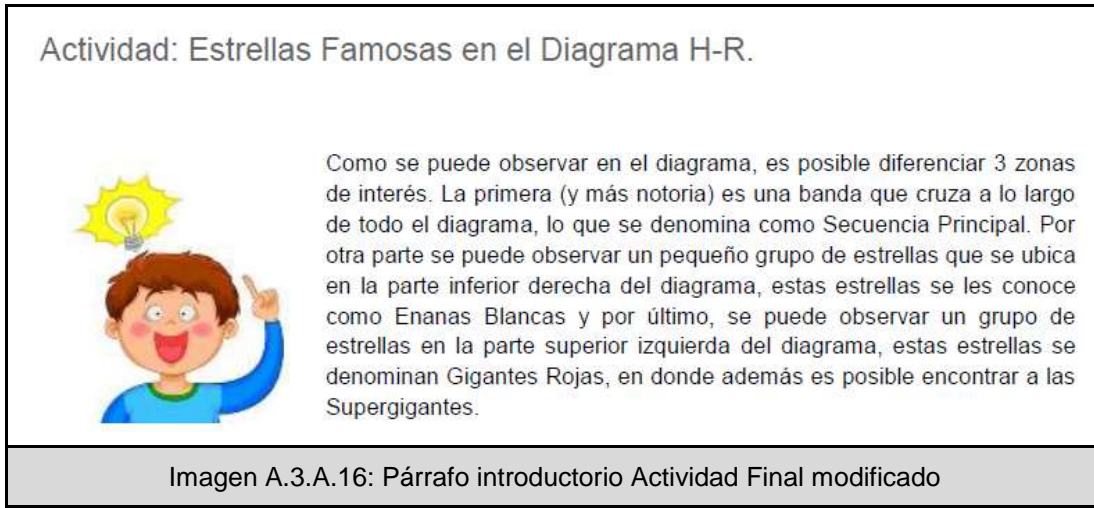
Para la pregunta número diez se obtuvieron respuestas no incorrectas, sin embargo no era lo que se buscaba con la pregunta. Cabe mencionar que solo un grupo quedó completamente identificado, que es el grupo de las gigantes rojas, mientras que las enanas blancas y la secuencia principal fueron correctamente identificadas por parte de los alumnos. A continuación mostramos una comparación entre la respuesta correcta y la respuesta que entregaron la mayoría de los alumnos.



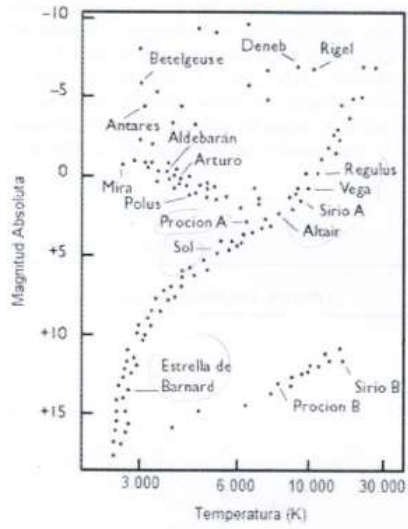
En la última actividad, es decir, la actividad llamada “Identificando Estrellas”, se proponen los siguientes cambios, basado en lo ocurrido en la implementación con el curso. Primeramente en el párrafo introductorio hay una descripción del diagrama el cual está invertido, es decir, se indica erróneamente donde se encuentran los grupos de estrellas en el diagrama, a continuación mostraremos a que se refiere.



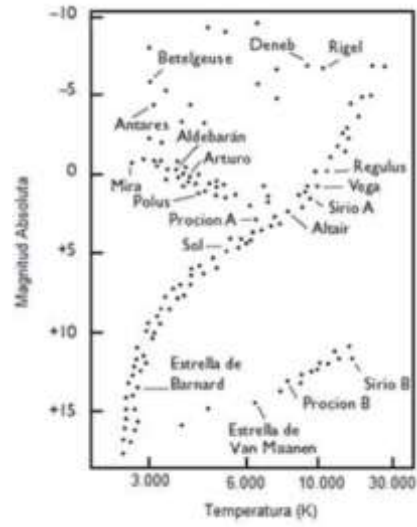
Se puede observar que el alumno indica que está mal indicado en el párrafo introductorio. En este se menciona que las enanas blancas se encuentran en la parte inferior izquierda y las gigantes rojas se encuentran en la parte superior derecha. Esto es incorrecto ya que en el diagrama las enanas blancas se encuentran en la parte inferior derecha y las gigantes rojas en la parte superior izquierda. Además se cambia el nombre de la actividad con el fin de que se vea más llamativo. Finalmente el párrafo introductorio quedó de la siguiente manera.



Con respecto a la actividad, la mayoría de los alumnos tuvieron respuestas correctas. Cabe mencionar que se considera correcto si logran identificar dos estrellas por grupos, y en el diagrama mostrado solo se mencionan dos enanas blancas, por lo tanto, se decide agregar una enana blanca más al diagrama. Como la actividad en sí tuvo una alta aprobación, no se le realiza más cambios más que el mencionado anteriormente, a continuación se muestra el cambio.



Antes de la modificación



Después de la modificación

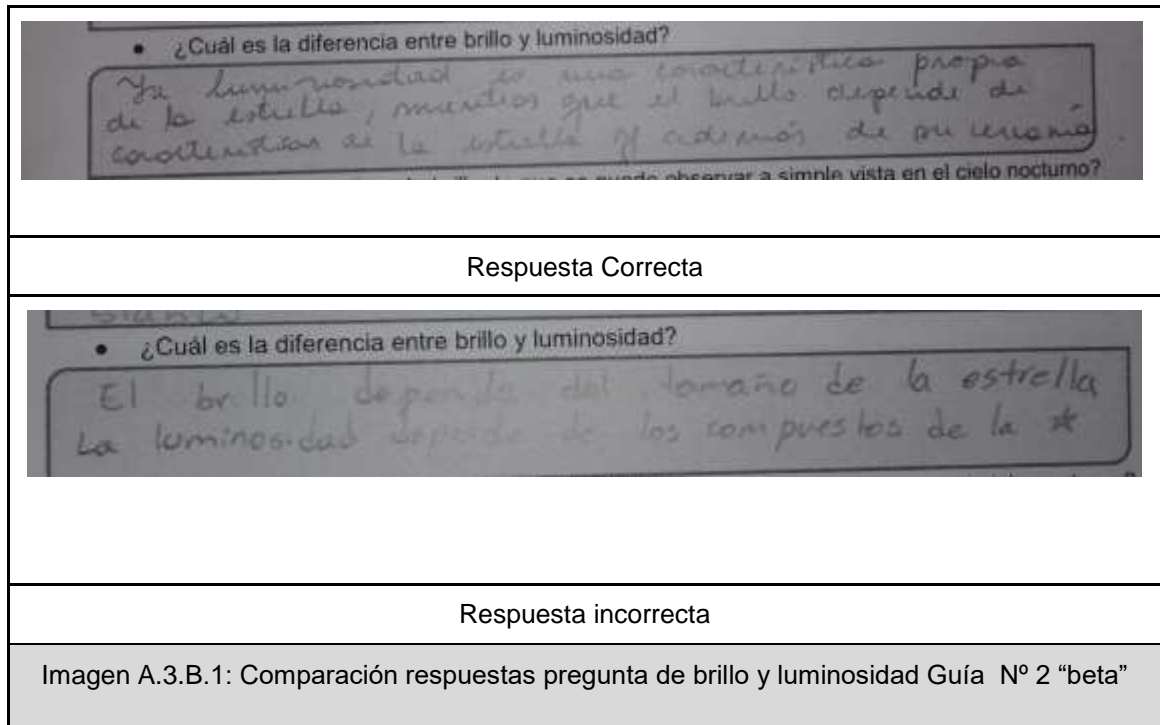
Imagen A.3.A.17: Comparación entre el diagrama utilizado en la actividad final



### Apéndice 3.B: Análisis de la implementación de la Guía N° 2 versión “beta” en curso Universitario.

La implementación de esta guía se realizó el día 22 de Junio del año 2017 en un curso de grado universitario llamado Astronomía en el Aula de la Universidad de Santiago de Chile. El curso consta de ocho estudiantes de los cuales fueron solo seis, por lo que a pesar de que la guía está pensada en grupo, se realizó de manera individual. Cabe destacar que esta implementación fue realizada a una versión “beta” de la Guía N° 2.

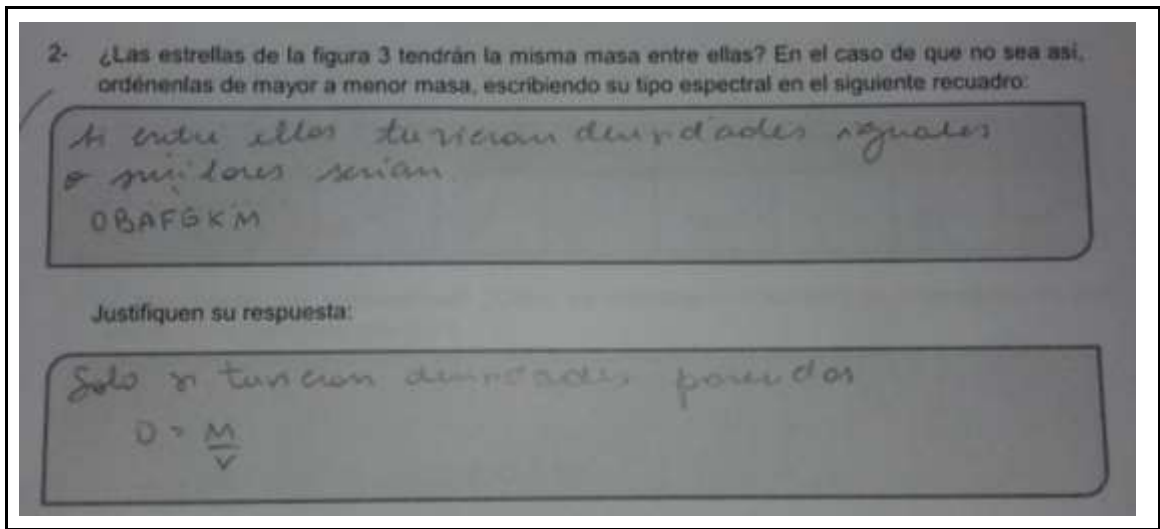
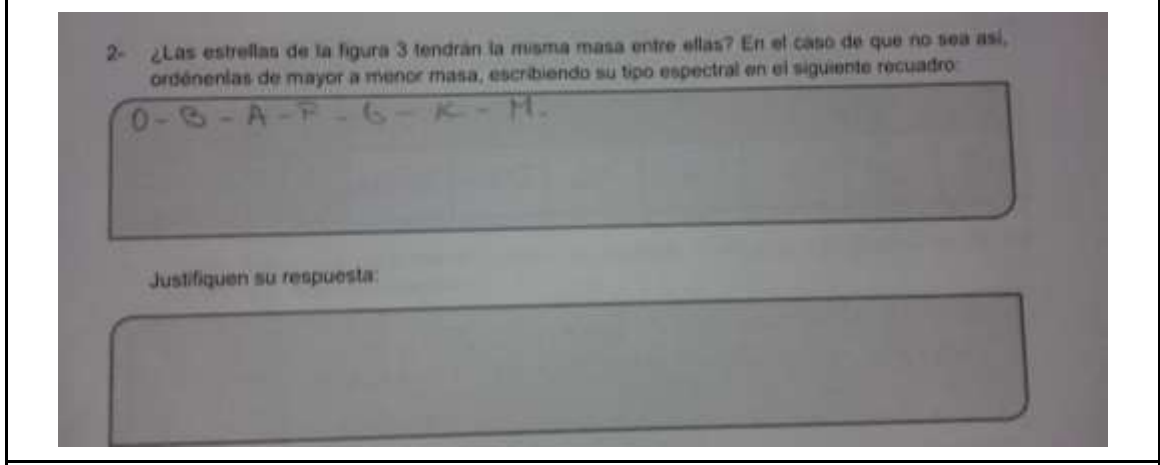
La guía está pensada para abarcar una clase de dos horas pedagógicas, en esta implementación los y las estudiantes demoraron aproximadamente una hora y diez minutos, por lo que su duración fue óptima, dejando quince minutos para hacer un cierre de la clase. En la “Actividad Inicial”, la cual es una actividad para conocer ideas previas de los y las estudiantes, para el primer ítem los colores que más repitieron fueron el blanco, amarillo y celeste, luego la mayoría los ordenó correctamente, luego para el tercer ítem la mayoría describió correctamente la diferencia entre brillo y luminosidad. A continuación se presenta una respuesta correcta y una incorrecta para este ítem.



Para el cuarto y último ítem de esta actividad, solo una persona contestó que la estrella más brillante del cielo nocturno es Sirio, los demás contestaron que no lo sabían.

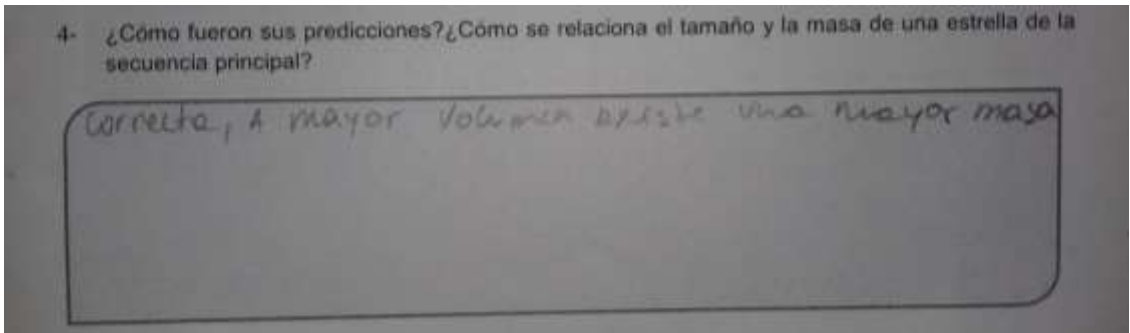
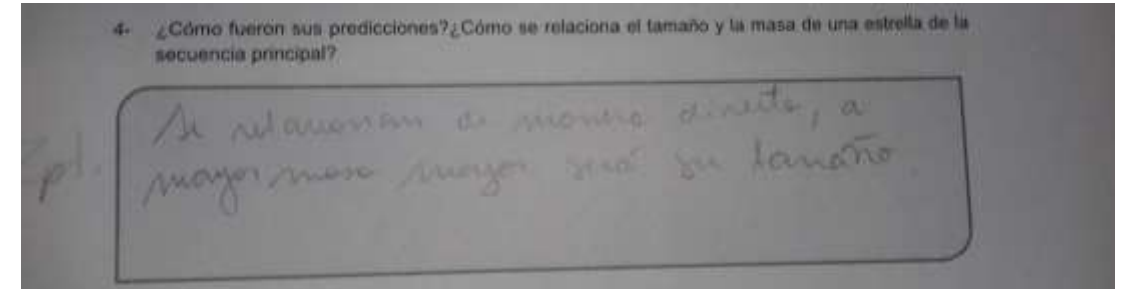


Para la “Actividad Principal” el ítem uno, todos lo contestaron correctamente, rotulando las estrellas de la “figura 3”. El ítem dos algunos los respondían completo y otros solo una parte, dejando sin justificar su predicción, a continuación se muestra una respuesta completa y una incompleta, cabe destacar que las respuestas que escribieron estaban todas correctas, pero el ítem estaba incompleto ya que muchos se saltaron la parte de justificar.


<p>Respuesta Completa</p>

<p>Respuesta incompleta</p>
<p>Imagen A.3.B.2: Comparación respuestas ítem 2, Actividad Principal, Guía N° 2 “beta”</p>

Otra cosa importante que cabe mencionar es que esto sucedió para los ítems cinco y ocho, además del dos, ya que tienen el mismo formato.

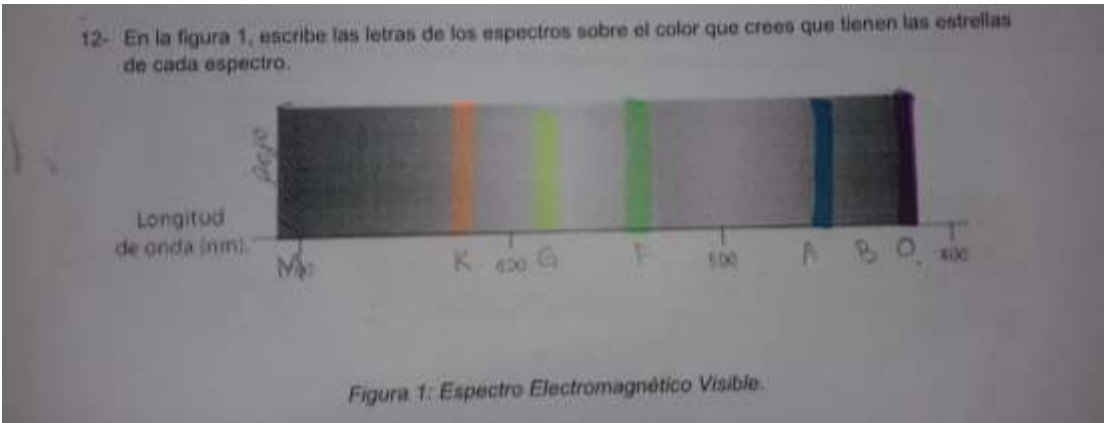
Para el ítem número tres, todos contestaron correctamente y esto también sucedió para todas las demás tablas que debían rellenar, esto es, los ítems seis, nueve y trece además del tres. Para el ítem cuatro, en el que debían aprobar o refutar su predicción y luego relacionar las características indicadas, la mayoría no aprobó ni refutó su predicción, solo relacionaron las características pedidas.

 <p>4- ¿Cómo fueron sus predicciones? ¿Cómo se relaciona el tamaño y la masa de una estrella de la secuencia principal?</p> <p>Correcta, a mayor volumen existe una mayor masa</p>
<p>Respuesta Completa</p>
 <p>4- ¿Cómo fueron sus predicciones? ¿Cómo se relaciona el tamaño y la masa de una estrella de la secuencia principal?</p> <p>pl. Se relacionan de manera directa, a mayor masa mayor será su tamaño.</p>
<p>Respuesta incompleta</p>
<p>Imagen A.3.B.3: Comparación respuestas ítem 4, Actividad Principal, Guía N° 2 "beta"</p>

Cabe mencionar que esto también sucedió para los ítems siete, diez y catorce además del ítem cuatro; esto debido a que los ítems tienen la misma estructura.

El ítem trece consiste en pintar el sol de color amarillo, por lo que esto no trae mayor complicación. El ítem doce todos lo contestaron correctamente, al igual que el ítem quince, a continuación se muestran unas respuestas de estos ítems

12- En la figura 1, escribe las letras de los espectros sobre el color que crees que tienen las estrellas de cada espectro.



Longitud de onda (nm): M, K, G, F, A, B, O

Figura 1: Espectro Electromagnético Visible.

Imagen A.3.B.4: Respuestas ítem 13, Actividad Principal, Guía N° 2 “beta”

15- En la figura 2 que presenta el diagrama H-R trabajado en la guía anterior, utilizando la información sobre las estrellas de los distintos tipos espectrales, rotulen sobre la secuencia principal del diagrama H-R las letras correspondientes a los tipos espectrales y giran cada zona con el color correspondiente al tipo espectral.

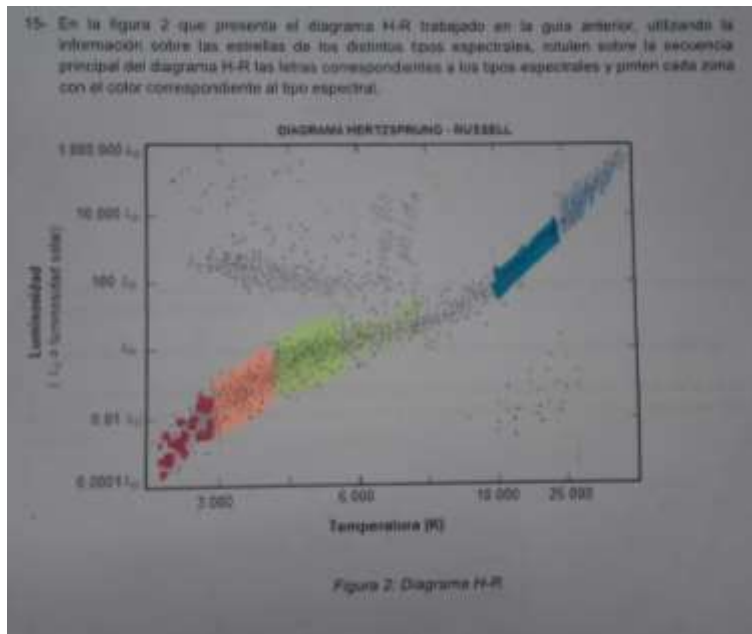


DIAGRAMA HERTZSPRUNG - RUSSSELL



Luminosidad ( $L_{\odot}$  o luminosidad solar)

Temperatura (K)

Figura 2: Diagrama H-R

Imagen A.3.B.5: Respuestas ítem 15, Actividad Principal, Guía N° 2 “beta”

Para la “Actividad Final” El ítem uno fue contestado correctamente por todos mientras que el ítem dos, fueron contestados correctamente por la mayoría, a continuación se presenta una respuesta correcta y una incorrecta

<p>2- A partir de lo contestado anteriormente ¿Qué crees que sucederá con la presión si la estrella ya no tiene más hidrógeno para fusionar? Dibuja en el siguiente círculo como crees que quedarían las presiones</p> 	
<p>Respuesta Correcta</p>	
<p>2- A partir de lo contestado anteriormente ¿Qué crees que sucederá con la presión si la estrella ya no tiene más hidrógeno para fusionar? Dibuja en el siguiente círculo como crees que quedarían las presiones</p> 	
<p>Respuesta incorrecta</p>	
<p>Imagen A.3.B.6: Comparación respuestas ítem 2, Actividad Final, Guía N° 2 “beta”</p>	

Para el ítem tres, a pesar de que la mayoría tuvo los ítems uno y dos correctos, la gran mayoría tuvo incorrecto este ítem, a continuación se presentan una respuesta correcta y unas incorrectas.

3- Al haber este desequilibrio de presiones, que crees que comenzará a suceder con la estrella?

Como la presión gravitacional sea mayor, comenzará a disminuir su tamaño, y si tiene la masa suficiente, comenzará a realizar nuevas fusiones nucleares.

Respuesta Correcta

3- Al haber este desequilibrio de presiones, que crees que comenzará a suceder con la estrella?

yo creo que la estrella colapsará por la presión gravitacional, de adentro hacia afuera.

3- Al haber este desequilibrio de presiones, que crees que comenzará a suceder con la estrella?

La estrella comenzará a expandirse.

Respuestas incorrectas

Imagen A.3.B.7: Comparación respuestas ítem 3, Actividad Final, Guía N° 2 "beta"

El ítem cuatro la mayoría lo respondió correctamente, pero la redacción de la pregunta incitaba al error y no quedaba claro que es lo que se quería como respuesta.

4- ¿Qué es lo que indica que una estrella ha abandonado la secuencia principal?

Cambia su tamaño, su temperatura y su luminosidad

Imagen A.3.B.8: Respuesta ítem 4, Actividad Final, Guía N° 2 "beta"

El ítem cinco todos lo respondieron correctamente. El ítem seis, la mayoría lo respondió de manera incompleta ya que quedó como un ítem muy abierto y casi nadie contestó lo que se esperaba.

6- Describa cómo llegan a estos finales.

Enana Blanca:	Gigante Roja
<ul style="list-style-type: none"><li>- Se acaba de fusionar el Hidrógeno</li><li>- Presión gravitacional supera las fusiones nucleares, comenzando a reducir su tamaño</li><li>- Empieza a aumentar su temperatura hasta llegar a ser una enana blanca</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Una vez finalizado la fusión del hidrógeno, comienza a aumentar su temperatura y reduce su tamaño</li><li>- Se inicia una nueva fusión del hidrógeno y la estrella aumenta de tamaño más aún con una mayor cantidad de masa</li></ul>

Respuesta completa

6- Describa cómo llegan a estos finales.

enana blanca	gigante roja
<ul style="list-style-type: none"><li>- Se acaba el hidrógeno</li><li>- se comprime la <math>\star</math> por la fuerza gravitatoria</li><li>- los átomos se movien a grandes velocidades y</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- se acaba el hidrógeno</li></ul>

Respuesta incompleta

Imagen A.3.B.9: Respuesta ítem 6, Actividad Final, Guía Nº 2 "beta"

Finalmente el ítem siete fue respondido correctamente por todos los y las estudiantes, a continuación se presenta una respuesta de este ítem

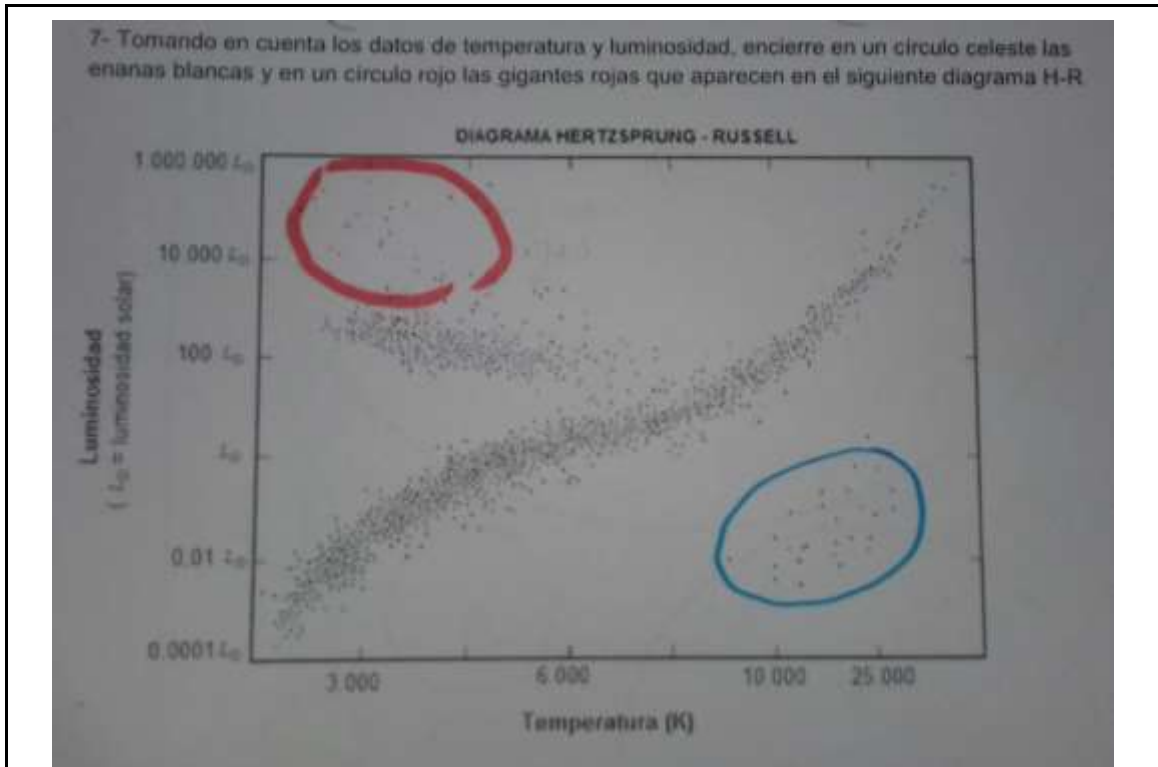


Imagen A.3.B.10: Comparación respuestas ítem 7, Actividad Final, Guía Nº 2 "beta"

#### Apéndice 4: Respuestas de Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”.

##### Apéndice 4.A: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”, contestada por “Profesor 1”.

###### Encuesta de Validación: “Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R”

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

###### Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	5
ii	Las instrucciones de la guía son claras	5
iii	La introducción de la guía no resulta abrumador para el estudiante	5
iv	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	4
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	5
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	5
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	5
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	2
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	4
x	La guía tiene un enfoque CTS	3



xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	5
----	--	---

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
<p>SOLAMENTE OTORGUÉ VALOR 2 AL INDICADOR DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LA GUÍA. CREO QUE SE PUEDE LOGRAR PERO DADO QUE LA ACTIVIDAD ES GRUPAL, A VECES TARDAN UN POCO MÁS DE LO ESTABLECIDO, YA QUE COMENTAN Y DEBATEN MÁS LOS ESTUDIANTES.</p> <p>CONSIDERO OTRO PUNTO IMPORTANTE. TAMBIEN... LA GUIA ESTÁ BIEN FORMULADA, LAS ACTIVIDADES Y PREGUNTAS COHERENTES. SOLAMENTE CREO QUE SE ABORDA POCO SOBRE LA IMPORTANCIA DEL "COLOR" (AUNQUE CLARAMENTE ESTÁ DADO POR LA TEMPERATURA) PERO FALTA EXPLICAR Y HACER UN ENLACE CON CONTENIDOS PREVIOS DE LOS ALUMNOS, COMO POR EJEMPLO FRECUENCIA, TEMPERATURA Y COLOR, QUE DEBIESEN RELACIONARLO DE FORMA MUY RÁPIDA. SOLAMENTE PONDRÍA UNA PREGUNTA DE INFERENCIA RESPECTO A LOS COLORES QUE SE OBSERVAN LAS ESTRELLAS, DADO TAMBIEN QUE SE MENCIONA EN LA INTRODUCCIÓN DE LA GUÍA. OTRO PUNTO ES EL OBJETIVO DE LAS GUÍA, NO SE ESPECIFICA CLARAMENTE, SE PUEDE INFERIR, PERO NO SE HACE EXPLÍCITO.</p>

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Lic. En Física y Matemática
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Particular subvencionado
Años de Ejercicio Docente	5
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	SI

**Apéndice 4.B: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”, contestada por “Profesor 2”.**

**Encuesta de Validación: “Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R”**

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	5
ii	Las instrucciones de la guía son claras	3
iii	La introducción de la guía no resulta abrumador para el estudiante	1
iv	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	3
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	1
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	5
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	5
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	5
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	3
x	La guía tiene un enfoque CTS	1
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	3

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
<p>En el inicio usar la pregunta ¿Qué es el diagrama HR? No me parece. Basta con las preguntas del texto para ir introduciendo el tema.</p> <p>En el diagrama HR decir que son los puntos.</p> <p>Comentarios por pregunta.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) (1) ¿es posible diferencia zonas? Claro que sí, pero bajo qué criterio quieres que identifique las zonas? Esta pregunta no le veo el uso.</li> <li>2) A la 9) preguntas de identificar.</li> <li>3) Uso de las definiciones. Es identificar.</li> <li>4) En la actividad final está la ubicación descrita al revés.</li> <li>5) Falta un espacio para generar puesta en común y conclusión de la actividad. Esto para usar la actividad de las preguntas de la uno a la nueve.</li>   <li>6) Yo lo trabajaría al contrario, le daría datos de L y T de varias estrellas y que las graficaran y que luego lo comparamos con los datos de tamaño y color. Para luego concluir con los tres grupos y obtener el diagrama HR. Esto da pie para comentar los otros temas del currículo.</li> </ol> <p>El trabajo en grupo se justifica si la habilidad a trabajar es más potente que identificar.            Un trabajo donde es identificar tomara un corto período de tiempo.            No se aprecia CTS</p>

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Profesor de Estado / Magíster
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Municipal
Años de Ejercicio Docente	10
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	Si

**Apéndice 4.C: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”, contestada por “Profesor 3”.**

**Encuesta de Validación: “Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R”**

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	3
ii	Las instrucciones de la guía son claras	4
iii	La introducción de la guía no resulta abrumador para el estudiante	5
iv	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	5
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	1
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	5
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	5
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	1
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	5
x	La guía tiene un enfoque CTS	3
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	4

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
<p>Con respecto al punto v, creo que no es necesario realizar la actividad en grupo, ya que las actividades son súper claras en las instrucciones y la dificultad de ellas, según mi criterio, es medio.</p> <p>El punto viii, creo que el desarrollo de esta guía debería contar con un tiempo máximo de 45 minutos y no las dos horas pedagógicas sugeridas, por lo mismo que argumento en el punto anterior, el nivel de dificultad no es alto y los alumnos van a terminarla en poco tiempo.</p>

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Licenciatura en Educación de Física y Matemática.
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Particular pagado.
Años de Ejercicio Docente	7 años.
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	Sí, todas las unidades de Tierra y Universo que se deben estudiar actualmente según los planes y programas de IMINEDUC.

**Apéndice 4.D: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión “beta”, contestada por “Profesor 4”.**

**Encuesta de Validación: “Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R”**

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	5
ii	Las instrucciones de la guía son claras	4
iii	La introducción de la guía no resulta abrumador para el estudiante	3
iv	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	5
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	5
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	4
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	4
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	5
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	5
x	La guía tiene un enfoque CTS	5
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	4

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
<p>En la introducción se podría agregar cuáles son los usos del diagrama en los actuales estudios astronómicos o para qué es ocupado el diagrama.</p> <p>Y en la actividad final, la instrucción para mí es confusa, ya que según lo que ahí se detalla, yo entiendo que las enanas blancas y gigantes rojas también pertenecen a la secuencia principal.</p>

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Licenciado en pedagogía en Física y Matemática.
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Particular Subvencionado.
Años de Ejercicio Docente	4
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	Si.

## Apéndice 5: Respuestas Encuestas de Validación Guía N° 2 versión “beta”.

### Apéndice 5.A: Encuesta de Validación Guía N° 2 versión “beta”, contestada por “Profesor 1”.

#### Encuesta de Validación: “Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal”

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

#### Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	4
ii	Las instrucciones de la guía son claras	5
iii	La introducción de la guía es de una extensión adecuada	5
iv	La actividad inicial permite obtener los conocimientos previos del estudiante	5
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía.	5
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	4
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	5
viii	La extensión de la guía es adecuada para una clase de dos horas pedagógicas	5
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	5
x	La guía tiene un enfoque CTS	5



xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	5
----	--	---

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
<p>Respecto de las preguntas de tipo:  “¿Cuáles fueron las principales diferencias y similitudes entre sus respuestas y las de su profesor(a)?”  No me queda claro hacia a donde apunta esta pregunta, (y todas las otras de este tipo) ¿qué aporte significativo - más allá de verificar si está en lo correcto, o equivocado en su respuesta - aportaría esta pregunta?</p>

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Profesor de Estado en Física y Matemática Licenciado en Educación en Física y Matemática
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Universidad
Años de Ejercicio Docente	18
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	No

**Apéndice 5.B: Encuesta de Validación Guía N° 2 versión “beta”, contestada por “Profesor 2”.**

**Encuesta de Validación: “Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal”**

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópic de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	4
ii	Las instrucciones de la guía son claras	5
iii	La introducción de la guía es de una extensión adecuada	5
iv	La actividad inicial permite obtener los conocimientos previos del estudiante	4
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía.	5
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	4
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	5
viii	La extensión de la guía es adecuada para una clase de dos horas pedagógicas	2
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	5
x	La guía tiene un enfoque CTS	5
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	5

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
<p><i>Observación General:</i> Sí este Instrumento Pedagógico se realiza en "aula", se debe tener como insumo previo:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Celular por parte de los Estudiantes con línea internet o la Unidad Educativa red de conexión.</li></ul> <p><i>Observaciones Específicas del Instrumento:</i></p> <p><u>Observación Específica N°1:</u> Como vimos en la Guía N° 1: Conociendo el Diagrama H-R, las estrellas tienen diferentes cualidades, y la mayoría sigue una tendencia llamada secuencia principal. Las estrellas de <u>esta secuencia van desde menor temperatura y luminosidad, a mayor temperatura y luminosidad</u>, Las estrellas al igual que los elementos químicos emiten luz de determinadas longitudes de onda, la cual se puede medir y ver a qué parte del espectro electromagnético pertenece. [Información dónde se establece sólo las diferencias de temperaturas, pero no se destaca la diferencia de luminosidad de las estrellas.]</p> <p><u>Observación Específica N°2:</u> Se establece rápidamente una tercera "variable", el <u>tamaño de la Estrella</u>. Para relacionar esta tercera variable, los Estudiantes previamente deberían conocer a través de una tabla los diferentes volúmenes de las estrellas en la secuencia Principal, que aparece como ámbito de análisis o a través del valor del radio, calcular el volumen de las estrellas. Por lo tanto como requisito o conducta de entrada previo a estos contenidos, debería ser que los Estudiantes tengan adquirida la competencia en relación al manejo del modelo geométrico de volumen de una esfera. [Debería existir una Actividad previa, dónde el Estudiante conozca inicialmente cómo las variables; temperatura, luminosidad y volumen están relacionadas con el comportamiento y vida de una estrella, para poder diferenciar, por ejemplo: La luminosidad se refiere a la cantidad de energía de la luz emitida o radiada por igual en todas las direcciones desde una fuente de luz, como una bombilla o el sol. El brillo se mide en lúmenes por metro cuadrado (Lux) o en vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>), lo que significa que mide la cantidad que cae sobre un objeto o un campo de aproximadamente un metro cuadrado de superficie. ¿Por qué varía el volumen de una estrella? ¿Qué significa que se expanda o comprima? ¿Qué relación existe entre el hidrógeno y el helio?, etc.]</p> <p><u>Observación Específica N°3:</u> Los vídeos son muy interesantes y muy apropiados para el logro de los objetivos que se pretende lograr con los Estudiantes, pero deben ser retroalimentados, posteriormente por el Profesor. También se debe tener la certeza <u>que los Estudiantes tuvieron acceso a ver los vídeos</u>.</p> <p><u>Observación Específica N°4:</u> Dentro de la clasificación de los Tipos de Instrumento Pedagógicos, esta sería una Guía interactiva, que obedecería a un modelo Pedagógico: Profesor-Estudiantes-Profesor. Esto significa que las horas destinadas para su completo desarrollo y revisión serían mayores a dos horas Pedagógicas. (Justificación de la valoración, categorización: 2) <u>Excelente material</u>.</p>

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Dra. (c) en Ciencias Física Educativa ( <b>IPN, México</b> ) Profesor de Estado en Física <b>Universidad de Chile</b> . Magíster en Pedagogía & Magíster en Educación. Orientadora Educacional de Educación Media.
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Particular Subvencionado
Años de Ejercicio Docente	30 años.
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	Si.

**Apéndice 5.C: Encuesta de Validación Guía N° 2 versión “beta”, contestada por “Profesor 3”.**

**Encuesta de Validación: “Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal”**

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

- Completamente en Desacuerdo
- En Desacuerdo
- Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
- De Acuerdo
- Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	5
ii	Las instrucciones de la guía son claras	5
iii	La introducción de la guía es de una extensión adecuada	5
iv	La actividad inicial permite obtener los conocimientos previos del estudiante	5
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía.	3
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	4
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	2
viii	La extensión de la guía es adecuada para una clase de dos horas pedagógicas	1
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	5
x	La guía tiene un enfoque CTS	1
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	3

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones					
<p>Cambiar esta frase “desde menor temperatura y luminosidad, a mayor temperatura y luminosidad”</p> <p>Definir la cantidad de personas en los grupos</p> <p>“representa una mayor temperatura?” quizás cambiar la secuencia de preguntas (preguntas 1 y 2) por una tabla de actividad solicitando a los estudiantes que relacionen directamente color y temperatura</p> <p>Ejemplo:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Color de la estrella</th> <th>Temperatura (alta – media- baja)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Azul</td> <td>alta</td> </tr> </tbody> </table>		Color de la estrella	Temperatura (alta – media- baja)	Azul	alta
Color de la estrella	Temperatura (alta – media- baja)				
Azul	alta				
<p>Así mismo la pregunta 3 y 4 se pueden unir.</p> <p>Describan además cómo se relaciona el tamaño y la masa de una estrella de la secuencia principal. <b>(ver figura 2)</b></p> <p>Creo que esta clase llega hasta la página 5 de actividades.</p> <p>La “Tercera Actividad: Saliendo de la Secuencia Principal” no darían los tiempos.</p> <p>Quizás para optimizar, dado que las secuencias de preguntas son similares, podrían tener formato de llenado de tablas.</p>					

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Profesor
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Municipal
Años de Ejercicio Docente	10
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	SI

## Apéndice 6: Respuestas Encuesta de Validación Guía N° 3 versión “beta”.

### Apéndice 6.A: Encuesta de Validación Guía N° 3 versión “beta”, contestada por “Profesor 1”.

#### Encuesta de Validación: “Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R”

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

#### Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	4
ii	Las instrucciones de la guía son claras	4
iii	La introducción de la guía resulta abrumador para el estudiante	1
iv	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	3
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	3
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	4
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	5
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	2
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	2

x	Los videos utilizados son de ayuda al momento de contestar las preguntas en las que se requieren	5
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	3

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
<p>Diferencia entre “identificar y reconocer” en las actividades de la guía.</p> <p>Pregunta 1 y 2 juntas, de la actividad tipo “ver video y contestar”</p> <p>Pregunta del recorrido del futuro de una estrella, señalar cual. Luego que describa la trayectoria que propone el estudiante.</p>

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Profesor Estado
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Municipal
Años de Ejercicio Docente	10
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	SI



**Apéndice 6.B: Encuesta de Validación Guía N° 3 versión “beta”, contestada por “Profesor 2”.**

**Encuesta de Validación: “Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R”**

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	5
ii	Las instrucciones de la guía son claras	4
iii	La introducción de la guía resulta <b>abrumador¿¿ ?? (no corresponde esta redacción, me parece incorrecta)</b> para el estudiante	
iv	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	5
v	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	5
vi	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	5
vii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	5
viii	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	5
ix	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	5
x	Los videos utilizados son de ayuda al momento de contestar las preguntas en	5

	las que se requieren	
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	5

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
Sólo habría que modificar alguna de las preguntas indicadas con amarillo En general me parece muy bien

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Profesor de Estado en Física y Matemática Licenciado en Educación en Física y Matemática
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Universidad
Años de Ejercicio Docente	18
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	No

## Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R

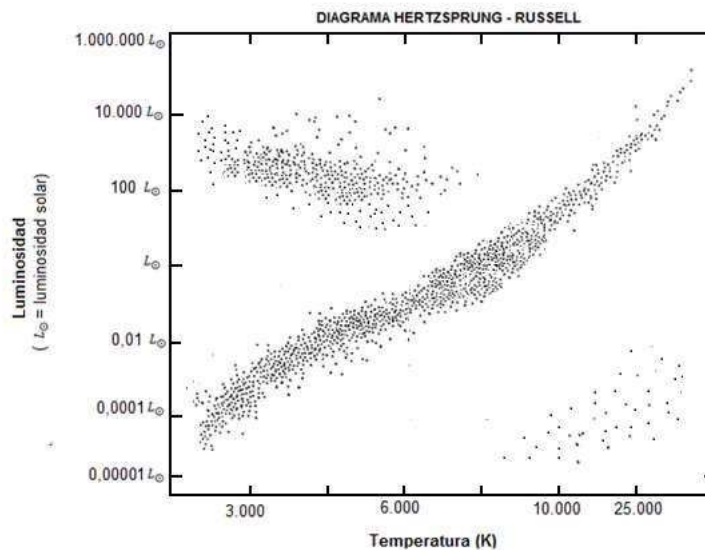
Nombre: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Objetivo: Conocer el diagrama H-R y sus principales características.

### El diagrama Hertzsprung-Russell

A simple vista que es posible encontrar diversos puntos en el cielo nocturno, sin embargo hay un grupo de dichos objetos que resulta de gran interés para la comunidad científica. Dicho grupo de objetos pertenecen a las Estrellas, las cuales ocupan la gran mayoría del cielo nocturno, ya que también se pueden encontrar algunos planetas como Marte, Júpiter, Saturno y Venus, además de algún satélite. Sin embargo ¿serán todas las estrellas iguales entre sí? Por cientos de años el hombre ha investigado y buscado información acerca de las estrellas con el fin de responder a dicha pregunta, para saber en qué se diferencian y también en que se asemejan estas estrellas que observamos en el cielo nocturno.

Estudiar a las Estrellas es de gran importancia para la comunidad científica ya que permite en gran parte la comprensión del universo, de sus posibles orígenes y de lo que puede suceder en el futuro a nuestro propio sistema solar. En estas estrellas las características más notorias, que se pueden observar a simple vista el brillo y su color. Así es como en el año 1911 el ingeniero y astrónomo danés Ejnar Hertzsprung trazó un diagrama con el color y luminosidad de distintos tipos de estrellas, mientras que en año 1913 un astrónomo americano llamado Henry Russell realizó un diagrama con la luminosidad de las estrellas y su temperatura superficial. A partir de estos dos aportes se crea el diagrama Hertzsprung-Russell (Diagrama H-R), en el que cada punto representa una estrella según su temperatura (eje X) y luminosidad (eje Y). La temperatura se presenta en Kelvin mientras que la luminosidad se expresa como factor de la luminosidad de nuestro Sol.

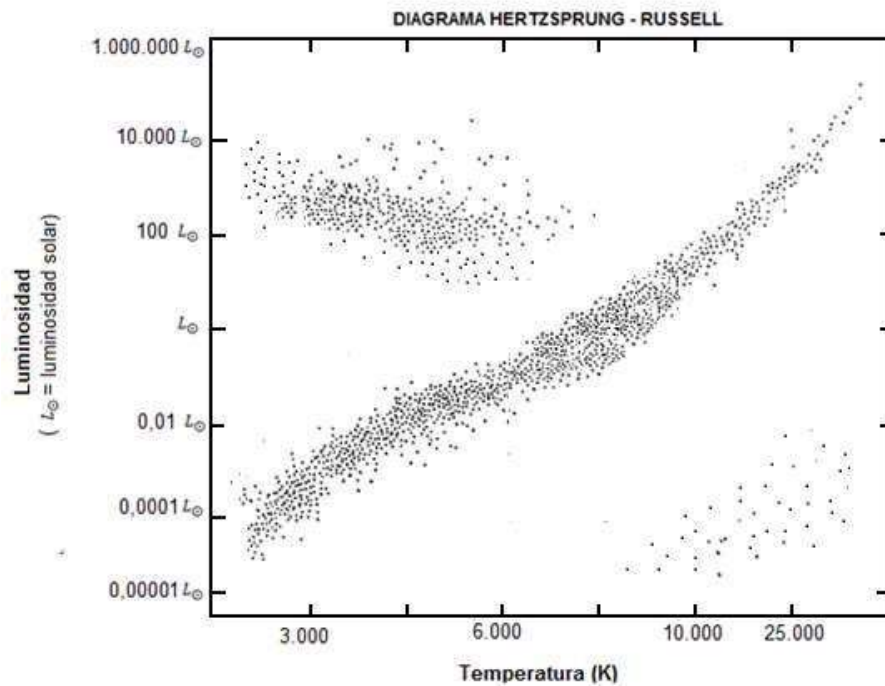


## Primera Actividad: ¡Analicemos el Diagrama H-R!

Instrucciones: La siguiente guía se trabaja en grupos de hasta tres personas, lean atentamente cada pregunta y discútanlas en grupo antes de responder la guía



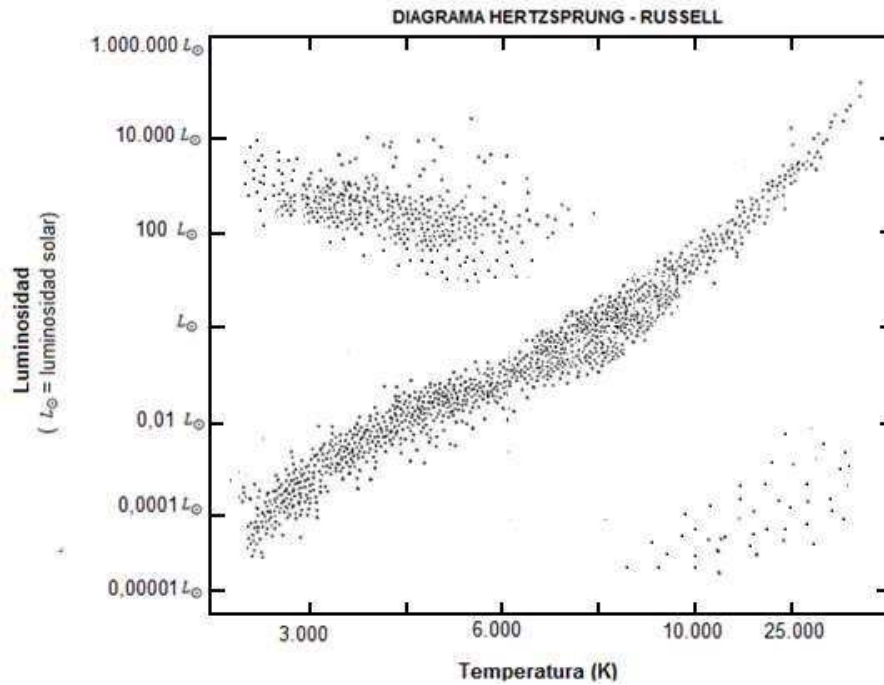
1-. En el diagrama H-R es posible observar tres zonas en las cuales se agrupan las estrellas: Dibujen una línea alrededor de cada una de esas zonas en la siguiente imagen:



Luego de escuchar la puesta en común por parte del profesor, ¿cómo se comparan tus respuestas con las planteadas por el profesor(a)?

2-. Observando el diagrama H-R

- a) ¿Dónde se ubican las estrellas con mayor temperatura? Dibujen círculos alrededor de estas estrellas.



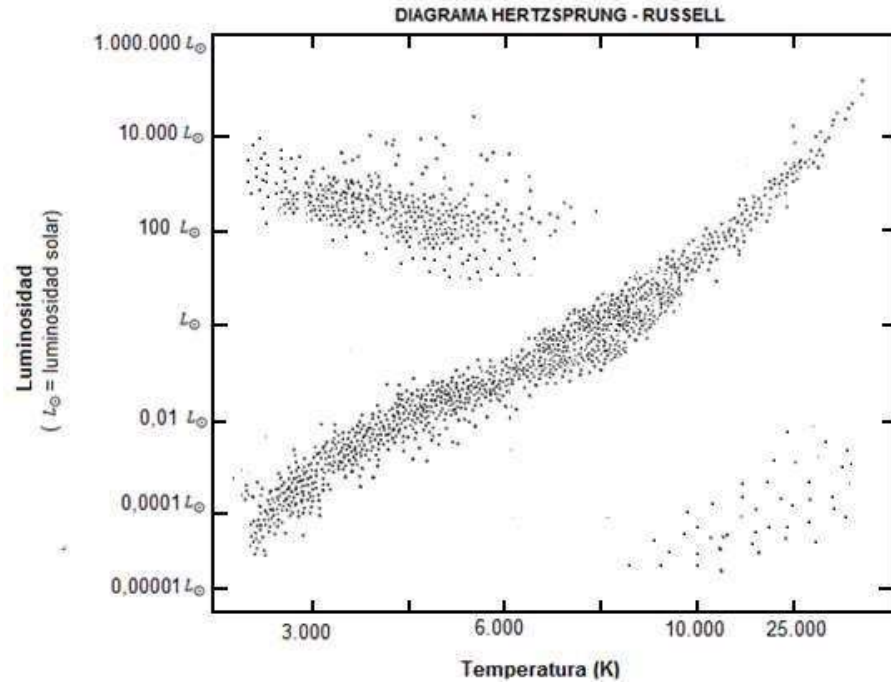
A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

- b) ¿Qué diferencias hay entre tu respuesta anterior con la del resto del curso?

- c) ¿Qué diferencias hay entre tu respuesta con la explicación del profesor(a)?

3-. Observando el diagrama H-R

- a) ¿Dónde se ubican las estrellas con menor temperatura? Dibujen círculos alrededor de estas estrellas.



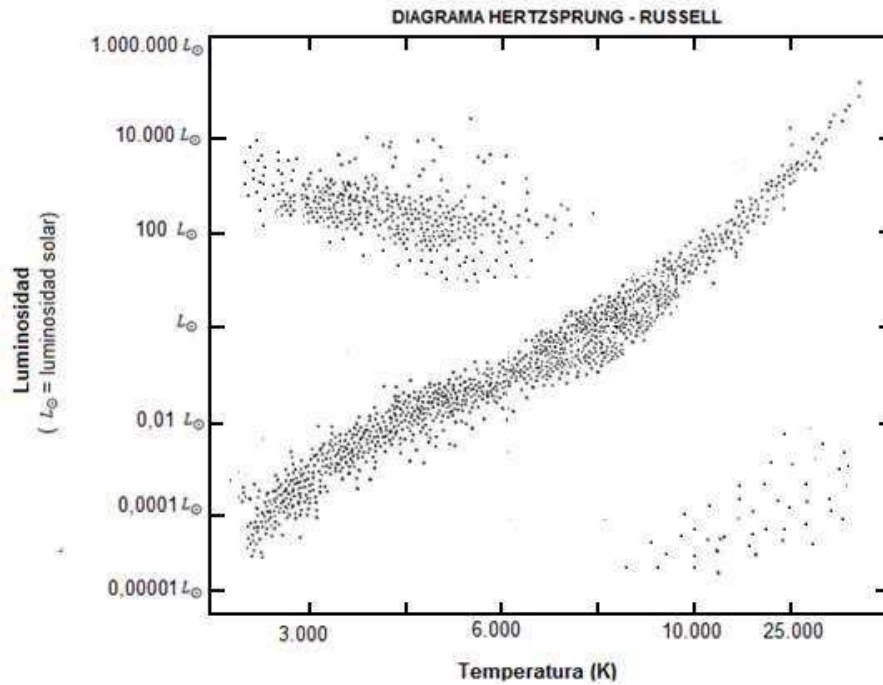
A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

- b) Contrasta tu respuesta anterior con el resto del curso

- c) Contrasta tu respuesta con la explicación del profesor(a)

4-. En el diagrama H-R

- a) ¿Dónde se ubican las estrellas con mayor luminosidad? Dibujen círculos alrededor de estas estrellas.



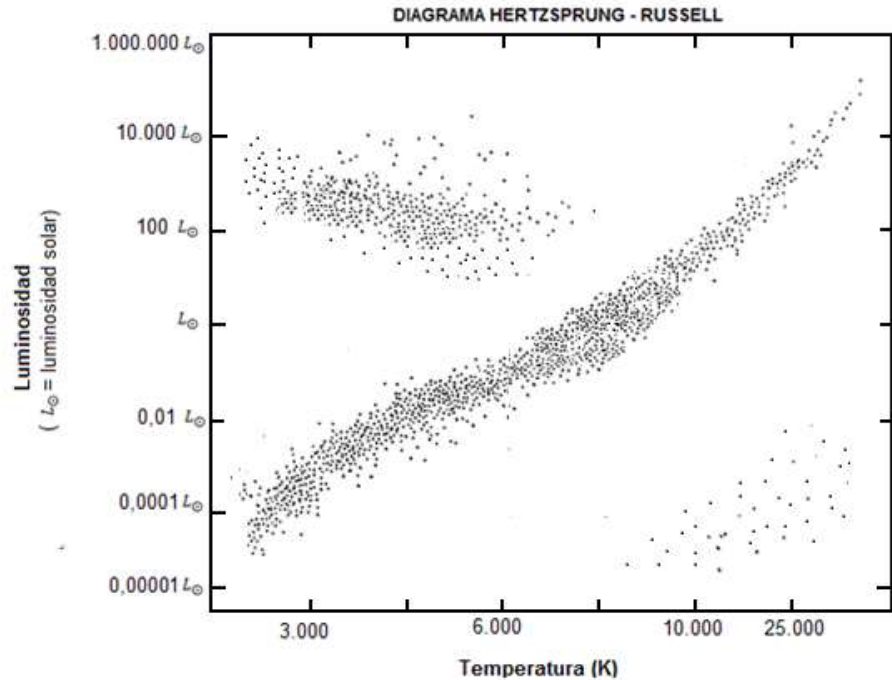
A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

b) ¿Cuáles son las principales diferencias y similitudes con las respuestas de tus compañeros?

c) ¿Cuáles son las principales diferencias y similitudes con la explicación del profesor(a)?

5-. En el diagrama H-R

a) ¿Dónde se ubican las estrellas con menor luminosidad? Dibujen círculos alrededor de estas estrellas.



A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

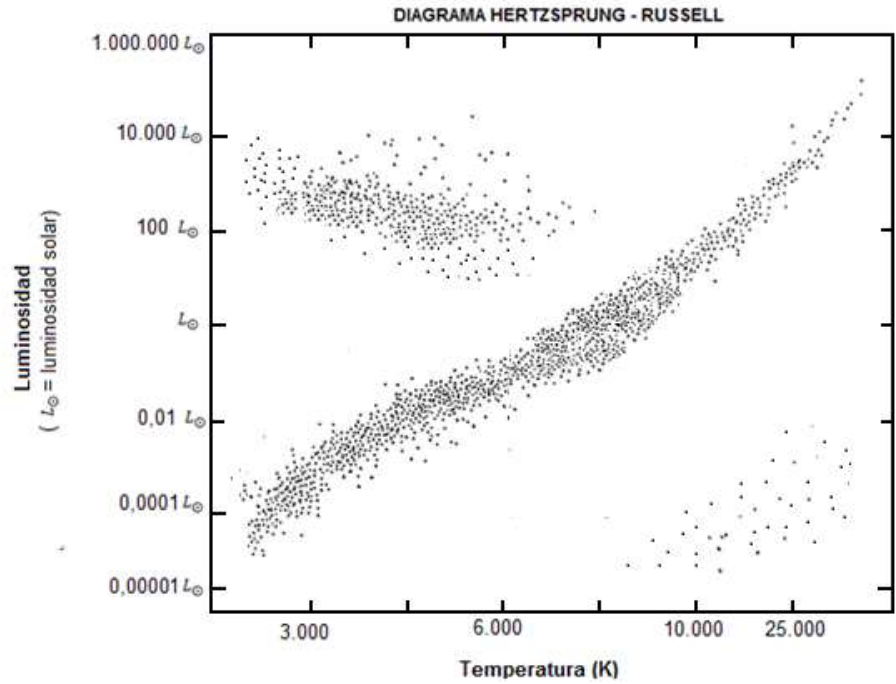
- a) Contrasten la respuesta anterior con las del resto del curso

- b) Contrasten la respuesta con la explicación del profesor(a)

6-. Encuentren estrellas que tengan temperaturas similares pero luminosidades diferentes en este diagrama.

- a) Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta T<sup>o</sup> y alta luminosidad (rotule con L<sup>+</sup>) y encierren en rectángulos a las estrellas de alta T<sup>o</sup> y baja luminosidad (rotule con L<sup>-</sup>)





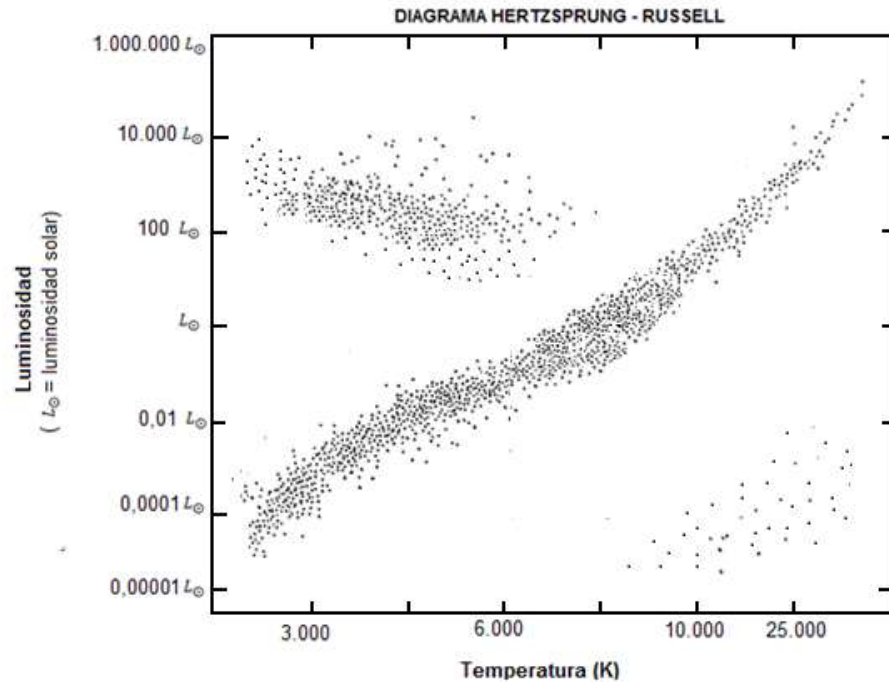
A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

- b) ¿En qué se diferencia tu respuesta anterior con la del resto del curso?

- c) ¿En qué se diferencia tu respuesta con la explicación del profesor(a)?

7-. A partir de lo anterior encuentren estrellas con bajas T<sup>0</sup> y luminosidades diferentes.

- a) Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de baja T<sup>0</sup> y alta luminosidad (rotule con L<sup>+</sup>). Encierren en rectángulos a las estrellas de baja T<sup>0</sup> y baja luminosidad (rotule con L<sup>-</sup>)



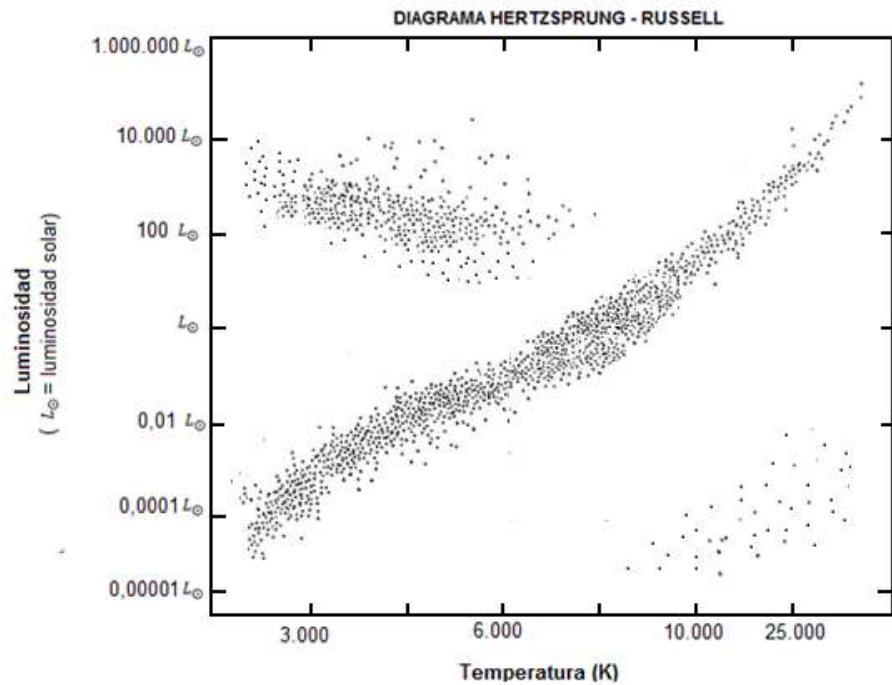
A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

- b) ¿Qué diferencias hay entre tu respuesta anterior con la del resto del curso?

- c) ¿Qué diferencias hay entre tu respuesta con la explicación del profesor(a)?

8-. Encuentren estrellas que tengan similares luminosidades pero temperaturas diferentes en este diagrama.

- a) Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de alta luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$ ) y encierre en rectángulos a las estrellas de alta luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ ).



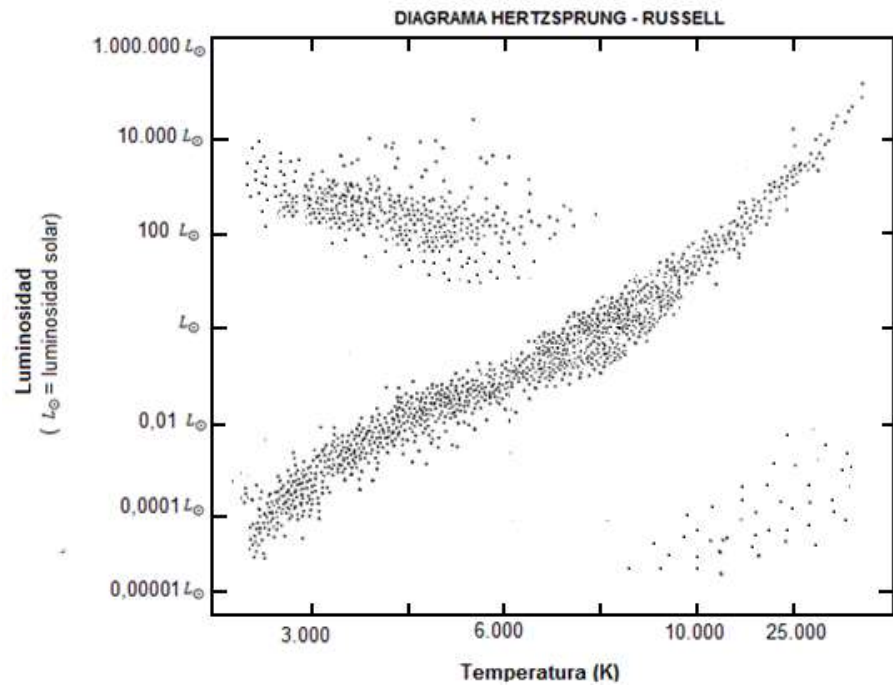
A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

- b) ¿Cuáles son las principales diferencias y similitudes con las respuestas de tus compañeros?

- c) ¿Cuáles son las principales diferencias y similitudes con la explicación del profesor(a)?

9-. A partir de lo anterior encuentren estrellas con bajas luminosidades y T<sup>o</sup> diferentes.

- a) Dibujen círculos en dicho diagrama para el caso de estrellas de baja luminosidad y alta T<sup>o</sup> (rotule con T<sup>+</sup>) y encierren en rectángulos a las estrellas de baja luminosidad y baja T<sup>o</sup> (rotule con T<sup>-</sup>)



A partir de la puesta en común realizada por el profesor

- b) Contrasten la respuesta anterior con las del resto del curso.

- c) Contrasten la respuesta anterior con la explicación del profesor(a).

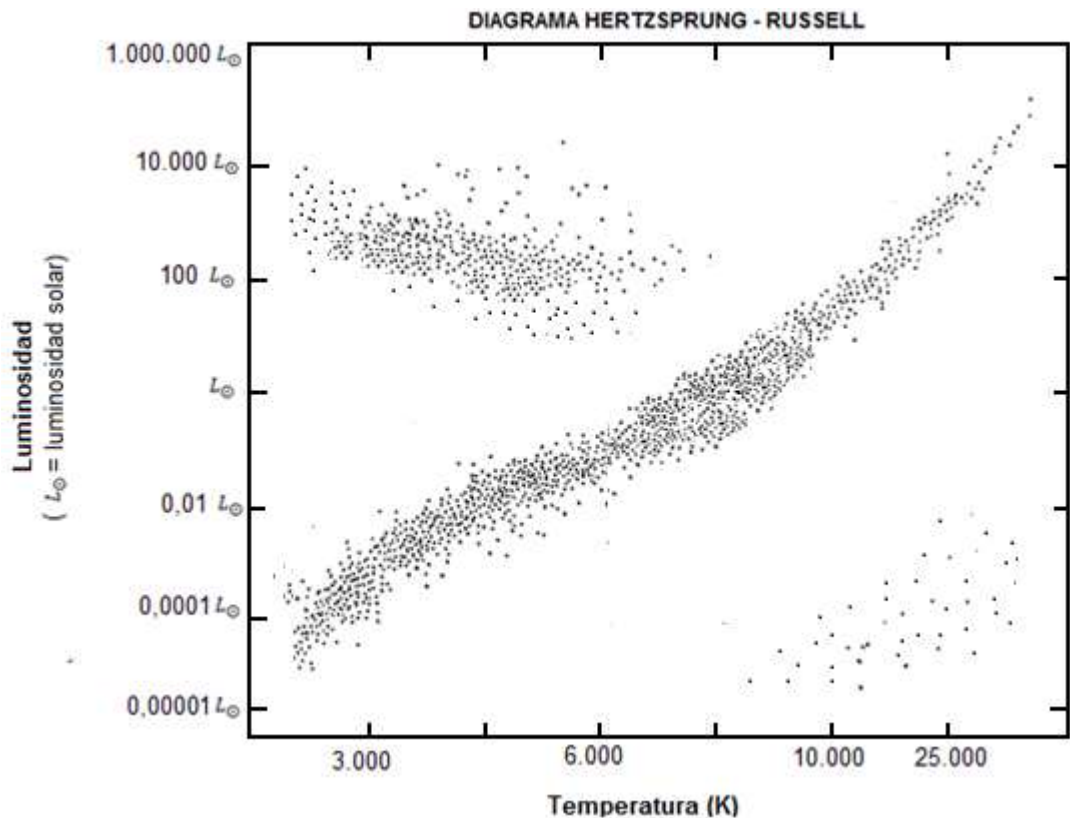
10-. A partir de las siguientes definiciones:

*Definición N°1: Zona que se encuentra en el interior del diagrama en la cual se encuentran la mayoría de las estrellas. En esta podemos encontrar estrellas con variadas temperaturas y luminosidades.*

*Definición N°2: Estrellas muy grandes y de bajas temperaturas. Su tamaño, que puede llegar a unos pocos cientos de veces el radio del Sol, las hace merecedoras del término "gigantes". Su elevado número, junto con su gran brillo (porque la superficie que emite es muy grande) hace que sean una parte muy importante de la luz que vemos en nuestra Galaxia.*

*Definición N°3: Estrellas de altas temperaturas y pequeñas, generalmente como del tamaño de la Tierra, por lo que su luminosidad es muy baja. Se cree que son los residuos presentes en el centro de las nebulosas planetarias.*

- a) Identifiquen en el Diagrama H-R a qué zonas o agrupaciones de estrellas se refiere cada definición. Enciérrenlas dibujando un círculo alrededor e indiquen el número de definición correspondiente.



A partir de la puesta en común realizada por el profesor

- b) Contrasten la respuesta anterior con las del resto del curso

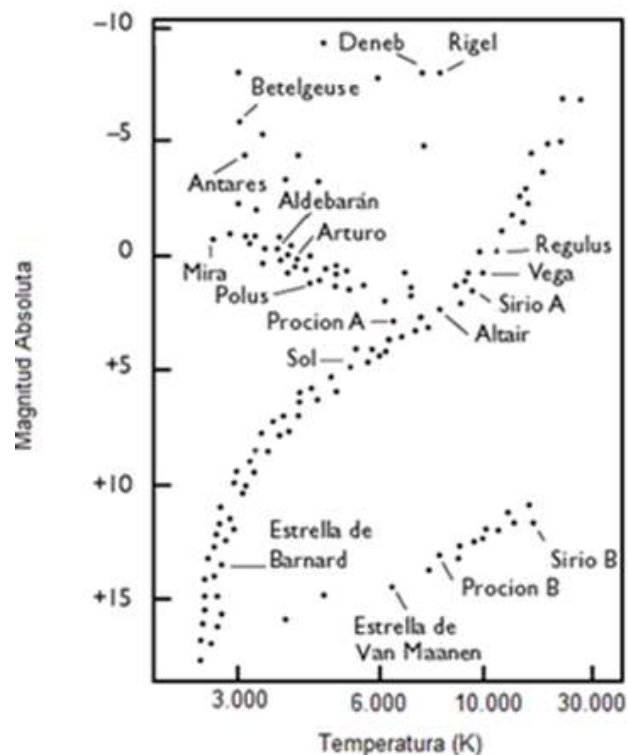
- c) Contrasten la respuesta anterior con la explicación del profesor(a)

## Segunda Actividad: Estrellas Famosas en el Diagrama H-R.



Como se puede observar en el diagrama, es posible diferenciar 3 zonas de interés. La primera (y más notoria) es una banda que cruza en diagonal a lo largo de todo el diagrama, que se denomina como Secuencia Principal. Por otra parte se puede observar un pequeño grupo de estrellas que se ubica en la zona de las estrellas que tienen altas temperaturas y bajas luminosidades, a estas estrellas se les conoce como Enanas Blancas y por último, se puede observar un grupo de estrellas en zona en donde las estrellas tienen una alta luminosidad y baja temperatura, a estas estrellas se les denominan como Gigantes Rojas, en donde además es posible encontrar a las Supergigantes.

Analizando el siguiente diagrama, clasifiquen las estrellas a los respectivos grupos que pertenecen.



En la siguiente tabla, escriban los nombres de al menos dos estrellas por grupo que aparecen en el diagrama anterior, dependiendo a la zona a la cual pertenece:

Enana Blanca	Secuencia Principal	Gigante Roja

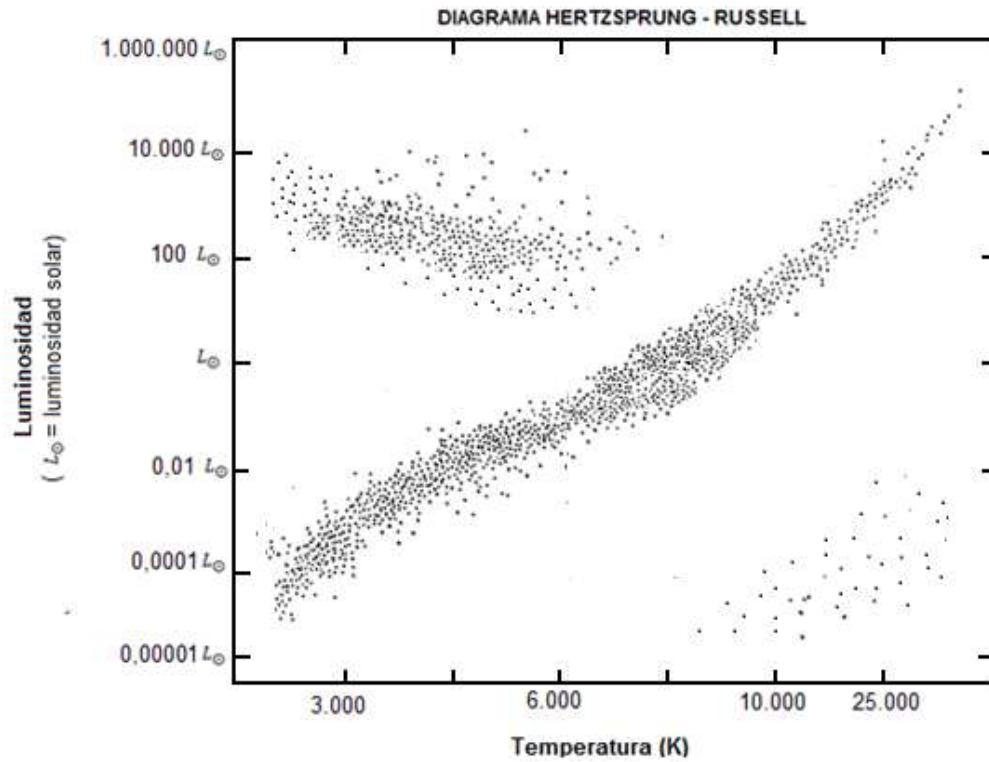
### Tercera Actividad: Reconociendo el tipo de estrellas.

Como se ha visto en las actividades anteriores, las estrellas pertenecen a distintos grupos estelares, los cuales ya han sido mencionados. A continuación se entregará un listado de estrellas junto con sus respectivas luminosidades y temperaturas.



Nombre de la Estrella	Luminosidad ( $L_{\odot}$ )	Temperatura (K)
40 Eridani B	0,0141	16.500
Alphecca	60	10.000
Beta Centauri	11.200	25.000
Cástor A	30	10.300
Enif	6.700	4.460
Mira	9.360	3.192
LP 145-141	0,00054	8.500
Stein 2051 B	0,0003	7.050
Suhail	11.000	4.000

- a) En el diagrama que se presenta a continuación ubiquen las estrellas del listado en el sitio en donde corresponda (aproximadamente ya que el diagrama no se encuentra a escala). Rotulen escribiendo el nombre de la estrella correspondiente.



- b) Con ayuda de la pregunta anterior, clasifiquen las estrellas en la agrupación que corresponda, es decir, en enana blanca, secuencia principal y/o gigante roja.

Enana Blanca	Secuencia Principal	Gigante Roja



## Apéndice 8: Respuestas Encuesta de Validación Guía N° 1 versión Modificada.

### Apéndice 8.A: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión modificada, contestada por “Profesor 1”.

#### Encuesta de Validación: “Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R”

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

#### Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	4
ii	Las instrucciones de la guía son claras	4
iii	La introducción de la guía es adecuada y tiene una extensión apropiada para que sea de fácil entendimiento para el estudiante.	5
iv	La guía cumple con los objetivos establecidos	5
v	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	5
vi	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	5
vii	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	4
viii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	5
ix	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	5

x	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	3
xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	4

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
Algunas preguntas tienen – a mi parecer – una estructura muy abierta, quizá sería más claro plantearlas como: ¿Cuáles son las principales diferencias y similitudes con las respuestas de...?

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Profesor de Estado en Física y Matemática Licenciado en Educación, en Física y Matemática
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Universidad
Años de Ejercicio Docente	19
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	No

**Apéndice 8.B: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión modificada, contestada por “Profesor 2”.**

**Encuesta de Validación: “Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R”**

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	4
ii	Las instrucciones de la guía son claras	5
iii	La introducción de la guía es adecuada y tiene una extensión apropiada para que sea de fácil entendimiento para el estudiante.	4
iv	La guía cumple con los objetivos establecidos	5
v	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	4
vi	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	5
vii	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	4
viii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	5
ix	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	2
x	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	4

xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	5
----	--	---

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
<p>A pesar de existir otro “insumo Pedagógico”, que mida que la información de los contenidos está adquiridos por los Estudiantes, esta guía necesita <i>más</i> de dos horas Pedagógicas para terminar su desarrollo.</p> <p><i>Otras observaciones Guía N° 1</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El diagrama Hertzsprung-Russell: Falta completar correctamente: Universo.</li> <li>✓ En la Información no se especifica dónde se realiza el análisis. ¿Es una galaxia en donde se realiza el análisis? ¿Se puede inferir que es la Vía Láctea, ya que se menciona la estrella el Sol de Nuestro Sistema Solar?, ¿Es el universo en toda su magnitud?</li> <li>✓ No se especifica cual es el <i>factor</i> de luminosidad del Sol, sólo se puede interpretar las magnitudes de luminosidad por el incremento con respecto al eje de las ordenadas. En astrofísica, la <i>luminosidad solar</i> es la unidad de luminosidad utilizada convencionalmente para expresar la luminosidad de las estrellas Es igual a la que tiene el Sol. Su valor, expresado en <u>vattios</u> (W), es:    <math display="block">L = 3,846 \times 10^{26} \text{ w}</math> </li> <li>✓ Con respecto a la Actividad de Aprendizaje N° 10, La palabra definiciones 1,2 y 3, correspondería a la palabra <i>descripciones</i> de determinadas zonas del diagrama. Por lo tanto sería :Descripción diagrama zona (1), descripción diagrama zona (2)...3</li> </ul>

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Dra. (c) en Ciencias Física Educativa (IPN, México) Profesor de Estado en Física <b>Universidad de Chile</b> . Magíster en Pedagogía & Magíster en Educación. Orientadora Educacional de Educación Media.
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Particular Subvencionado
Años de Ejercicio Docente	30 años
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	Sí.

**Apéndice 8.C: Encuesta de Validación Guía N° 1 versión modificada, contestada por “Profesor 3”.**

**Encuesta de Validación: “Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R”**

El propósito de esta encuesta es que validar una propuesta didáctica para estudiantes de Cuarto Año Medio de enseñanza para el contenido de estrellas de la unidad “Tierra y Universo”, siendo más específicos en el tópico de Diagrama H-R.

De antemano agradecemos su cooperación y opiniones que nos puedan entregar, ya que como en calidad de experto lo que nos digan nos ayudará a poder mejorar esta propuesta.

Instrucciones.

Para cada Indicador escoja una valoración en la cual usted crea correspondiente. Las valoraciones las mostramos a continuación.

1. Completamente en Desacuerdo
2. En Desacuerdo
3. Ni en Desacuerdo Ni de Acuerdo
4. De Acuerdo
5. Completamente De Acuerdo

Nº	Indicador	Valoración
i	La guía tiene una clara y buena redacción	5
ii	Las instrucciones de la guía son claras	5
iii	La introducción de la guía es adecuada y tiene una extensión apropiada para que sea de fácil entendimiento para el estudiante.	3
iv	La guía cumple con los objetivos establecidos	4
v	Los títulos de las actividades son apropiados con respecto a las actividades que presentan	3
vi	El trabajo en grupo facilita la realización de la guía	3
vii	Las preguntas de la guía están planteadas de manera que sea de fácil entendimiento para el estudiante	5
viii	Los alumnos tienen suficiente espacio para responder cada pregunta	4
ix	Es posible desarrollar la guía en su totalidad en un tiempo de dos horas pedagógicas	4
x	Las imágenes utilizadas en la guía son apropiadas para las actividades y de fácil entendimiento	4

xi	La guía es llamativa al estudiante e invita a participar en ella	3
----	--	---

Si en algunas de los indicadores le otorgó una valoración de 2 o menor, a continuación tiene un cuadro en donde puede dar sus respectivas observaciones.

Observaciones
<p>Los espacios de puesta en comun que son dos recuadros, podrian unirlos dejando solo uno.</p> <p>Las actividades "mas simples" como por ejemplo donde se busca una sola caracterisitica, podrian acumularse y hacer sólo una puesta en comun.</p> <p>Poner imágenes de estrellas.</p>

Finalmente, le solicitamos que nos entregue los siguientes datos personales.

Títulos y Grado	Profesor
Tipo de establecimiento en el que se desempeña (particular pagado, particular subvencionado, municipal)	Municipal
Años de Ejercicio Docente	10
¿Ha enseñado en enseñanza media contenidos sobre Tierra y Universo en los últimos cinco años?	SI

**Apéndice 9: Guías de trabajo en sus versiones Finales.**

**Apéndice 9.A: Guía N°1 versión Final.**

**Guía N°1: Conociendo el Diagrama H-R**

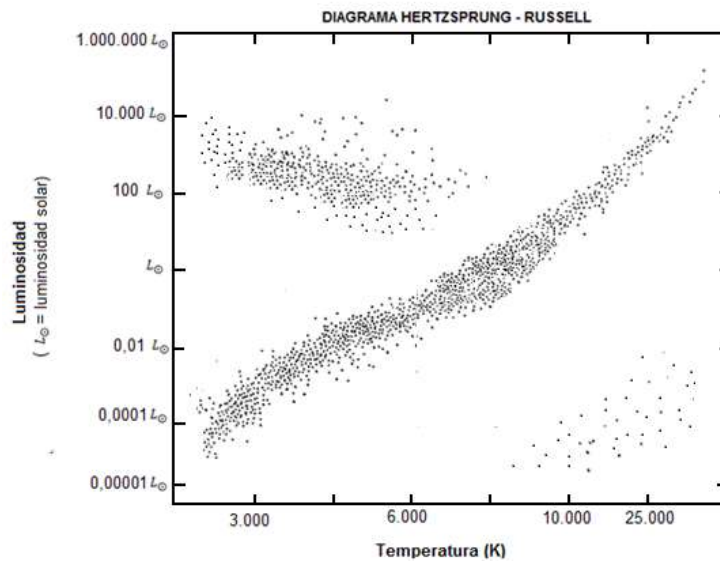
Nombre: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Objetivo: Conocer el diagrama H-R y sus principales características.

El diagrama Hertzsprung-Russell

A simple vista que es posible encontrar diversos puntos en el cielo nocturno, sin embargo hay un grupo de dichos objetos que resulta de gran interés para la comunidad científica. Dicho grupo de objetos corresponden a las estrellas, las cuales ocupan la gran mayoría del cielo nocturno, ya que también se pueden encontrar algunos planetas como Marte, Júpiter, Saturno y Venus, además de algún satélite. Sin embargo ¿serán todas las estrellas iguales entre sí? Por cientos de años el hombre ha investigado y buscado información acerca de las estrellas con el fin de responder a dicha pregunta, para saber en qué se diferencian y también en que se asemejan estas estrellas que observamos en el cielo nocturno.

Estudiar a las Estrellas es de gran importancia para la comunidad científica ya que permite en gran parte la comprensión del universo, de sus posibles orígenes y de lo que puede suceder en el futuro a nuestro propio sistema solar. En estas estrellas las características más notorias, que se pueden observar a simple vista el brillo y su color. Así es como en el año 1911 el ingeniero y astrónomo danés Ejnar Hertzsprung trazó un diagrama con el color y luminosidad de distintos tipos de estrellas, mientras que en año 1913 un astrónomo americano llamado Henry Russell realizó un diagrama con la luminosidad de las estrellas y su temperatura superficial. A partir de estos dos aportes se crea el diagrama Hertzsprung-Russell (Diagrama H-R), en el que cada punto representa una estrella según su temperatura (eje X) y luminosidad (eje Y). La temperatura se presenta en Kelvin mientras que la luminosidad se expresa como factor de la luminosidad de nuestro Sol.

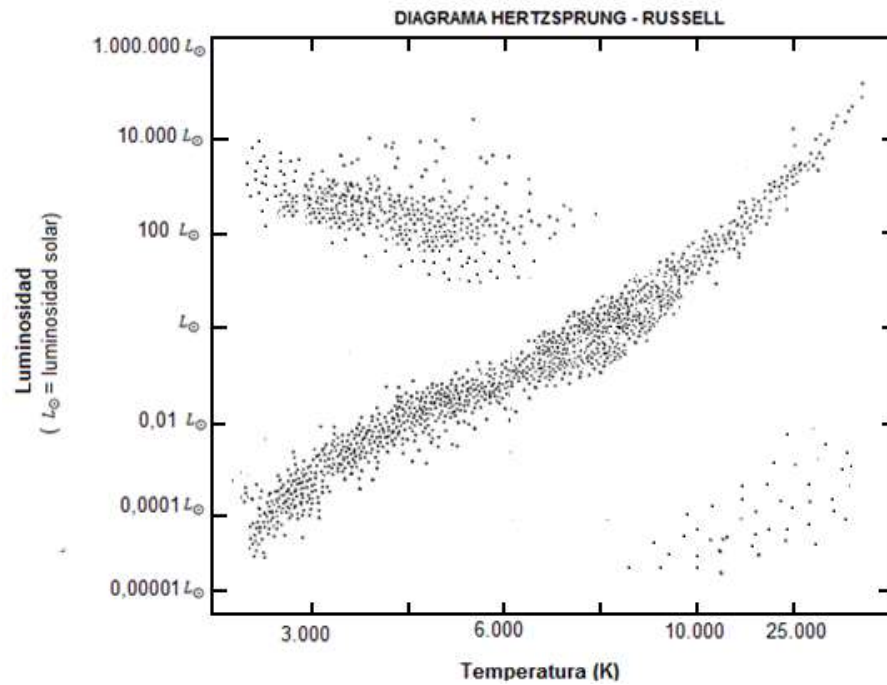


## Primera Actividad: ¡Analicemos el Diagrama H-R!

Instrucciones: La siguiente guía se trabaja en grupos de hasta tres personas, lean atentamente cada pregunta y discútanlas en grupo antes de responder la guía



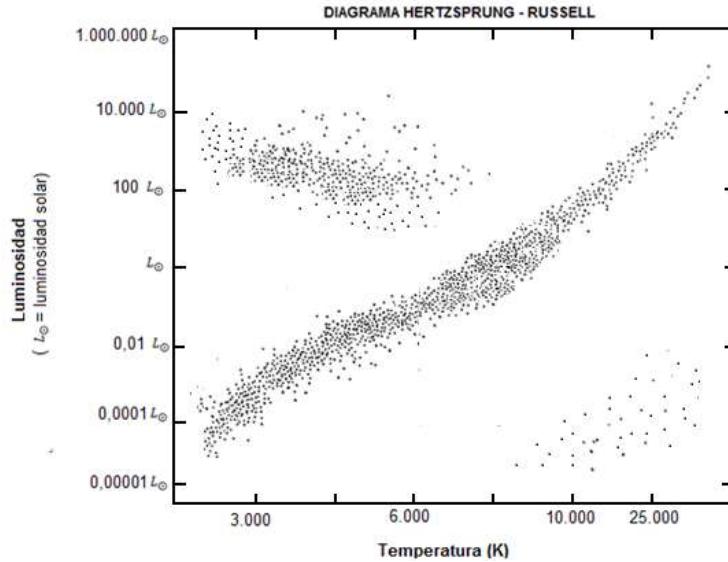
1-. En el diagrama H-R es posible observar tres zonas en las cuales se agrupan las estrellas: Dibujen una línea alrededor de cada una de esas zonas en la siguiente imagen:



Luego de escuchar la puesta en común por parte del profesor, ¿qué zonas demarcadas por ustedes (el grupo) coinciden con las expuestas por tu profesor(a)?



2-. Observando el diagrama H-R ¿Dónde se ubican las estrellas con mayor temperatura? Dibujen círculos alrededor de estas estrellas.

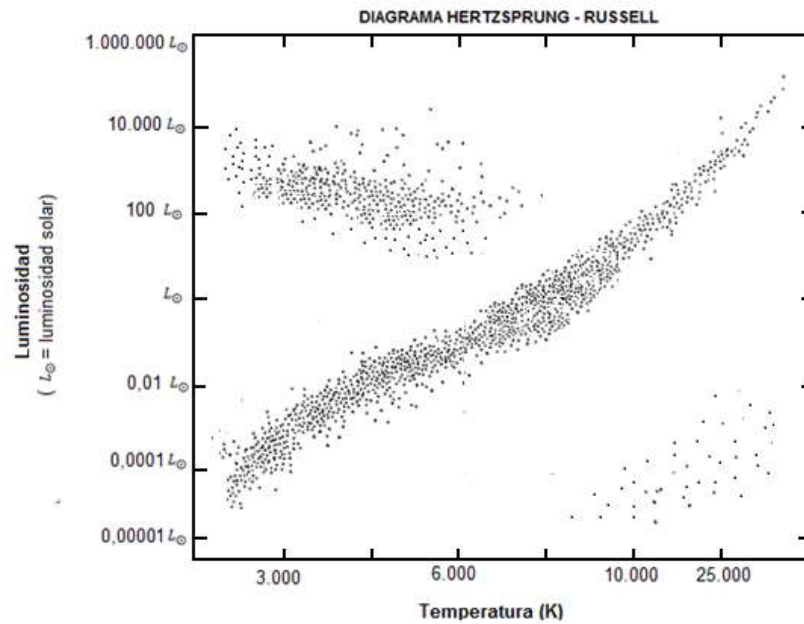


¿Sabías que...?

Nuestra estrella, el Sol, tiene una temperatura superficial de 5700 [Kelvin], la cual emite radiación que contribuye a que la Tierra tenga una temperatura superficial promedio de 15°C. Debido a esta temperatura promedio es posible que la Tierra albergue abundante flora y fauna tal y como la conocemos.



3-. Observando el diagrama H-R ¿Dónde se ubican las estrellas con menor temperatura? Dibujen círculos alrededor de estas estrellas.

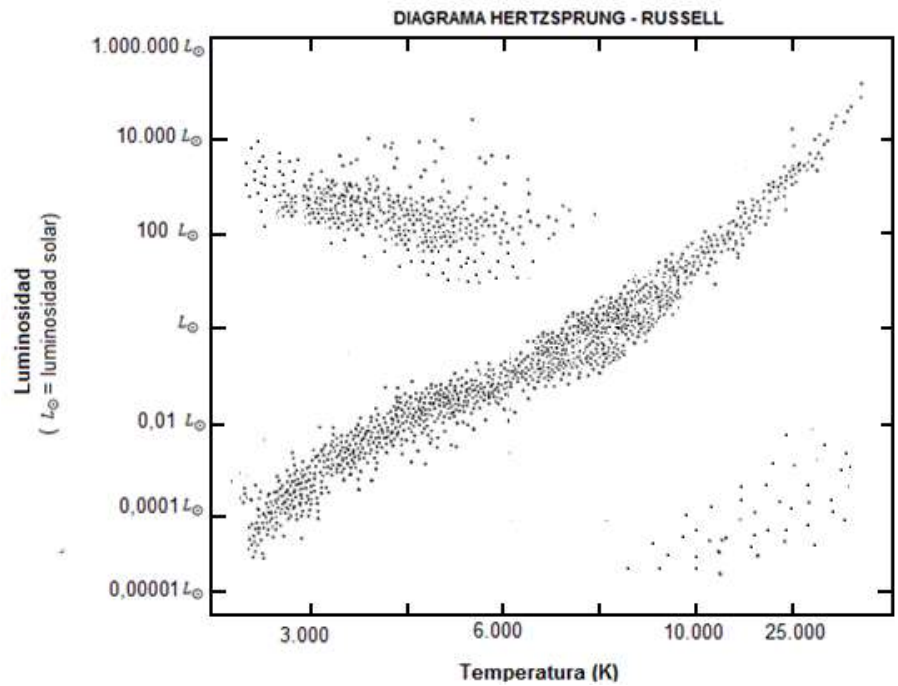


4-. A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

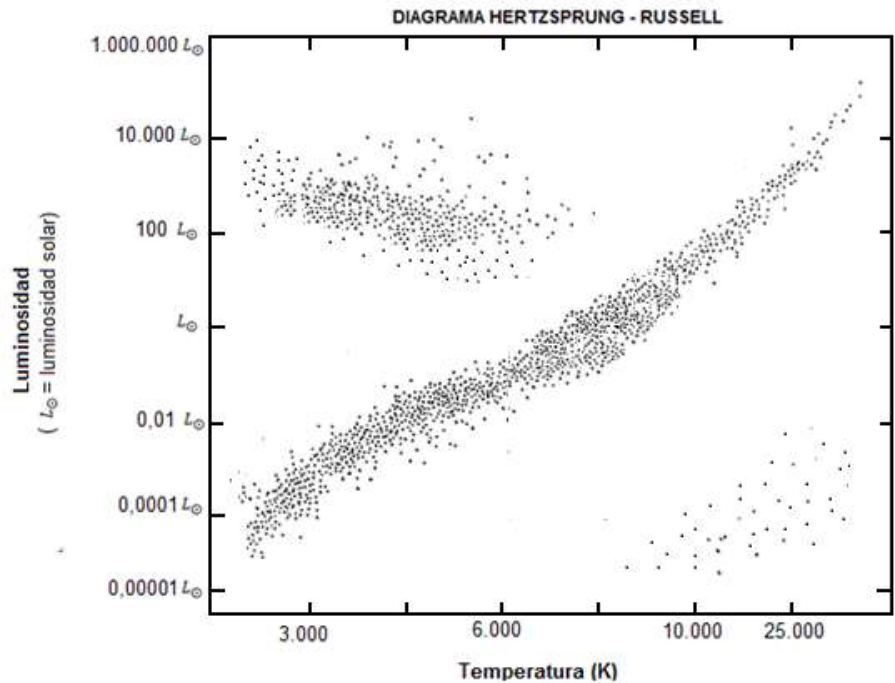
- a) ¿Coincide la zona de estrellas de mayor temperatura que identificó tu grupo con lo que ha expuesto el profesor(a)?

- b) Respecto a la zona de estrellas de menor temperatura que identificó tu grupo ¿Coincide con lo que ha expuesto el profesor(a)?

5-. En el diagrama H-R ¿Dónde se ubican las estrellas con mayor luminosidad? Dibujen círculos alrededor de estas estrellas.



6-. En el diagrama H-R ¿Dónde se ubican las estrellas con menor luminosidad? Dibujen círculos alrededor de estas estrellas.



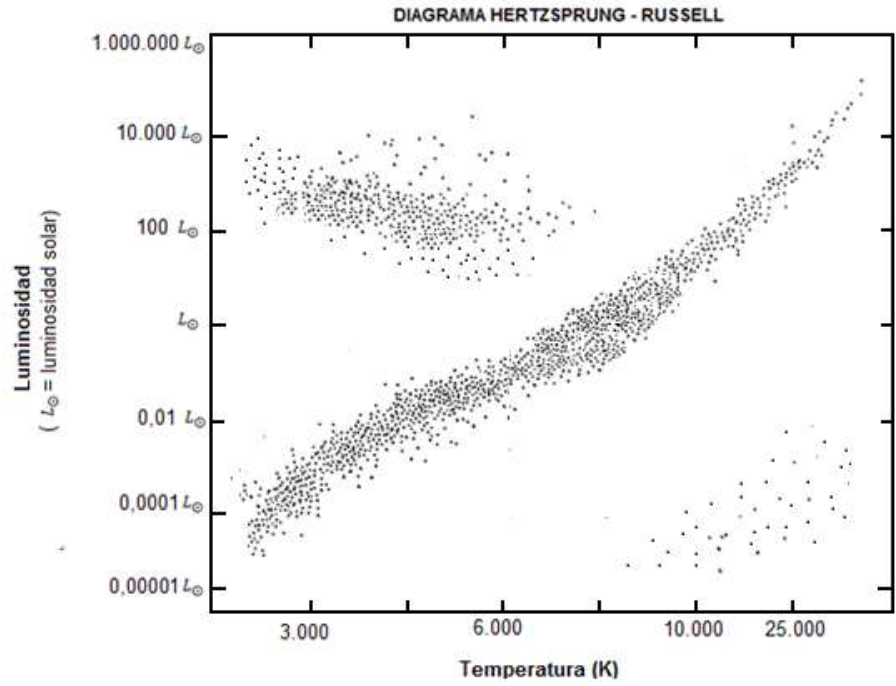
7) A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

- a) ¿Coincide la zona de estrellas de mayor temperatura que identificó tu grupo con lo que ha expuesto el profesor(a)?

- b) Respecto a la zona de estrellas de menor luminosidad que identificó tu grupo ¿Coincide con lo que ha expuesto el profesor(a)?

8-. Al mirar el diagrama, es posible encontrar estrellas que tengan temperaturas similares pero luminosidades diferentes.

- a) Dibujen círculos en el siguiente diagrama para el caso de estrellas de alta  $T^0$  y alta luminosidad (rotule con  $L^+$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de alta  $T^0$  y baja luminosidad (rotule con  $L^-$ )

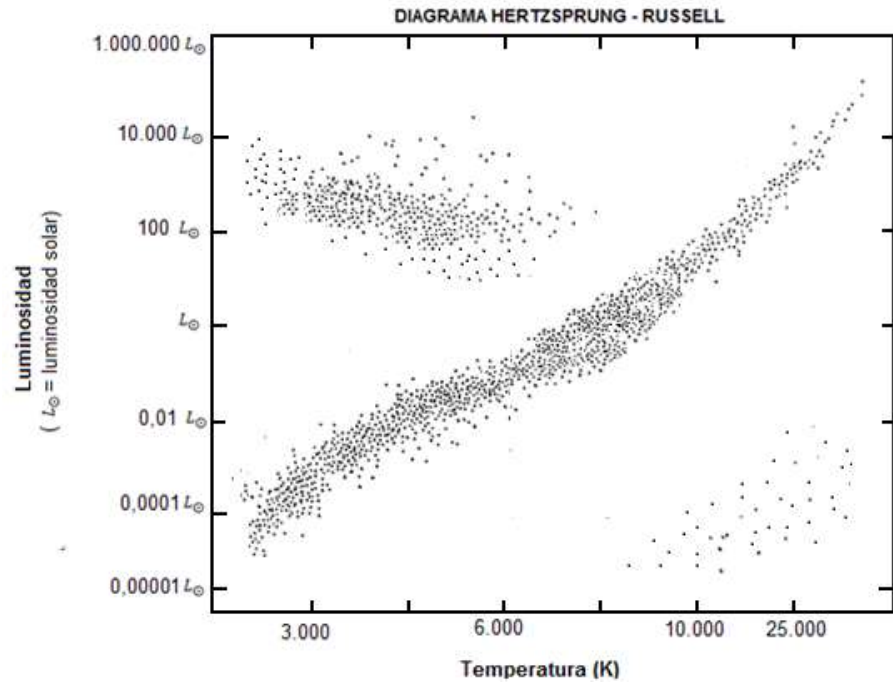


A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

b) ¿En qué coincide tu respuesta anterior con la explicación dada por del profesor(a)?

9-. A partir de lo anterior encuentren estrellas con bajas  $T^0$  y luminosidades diferentes.

- a) Dibujen círculos en el siguiente diagrama para el caso de estrellas de baja  $T^0$  y alta luminosidad (rotule con  $L^+$ ). Encierren en rectángulos a las estrellas de baja  $T^0$  y baja luminosidad (rotule con  $L^-$ )



A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

- b) Respecto a la respuesta anterior de su grupo ¿Coincide con lo que ha expuesto el profesor(a)?

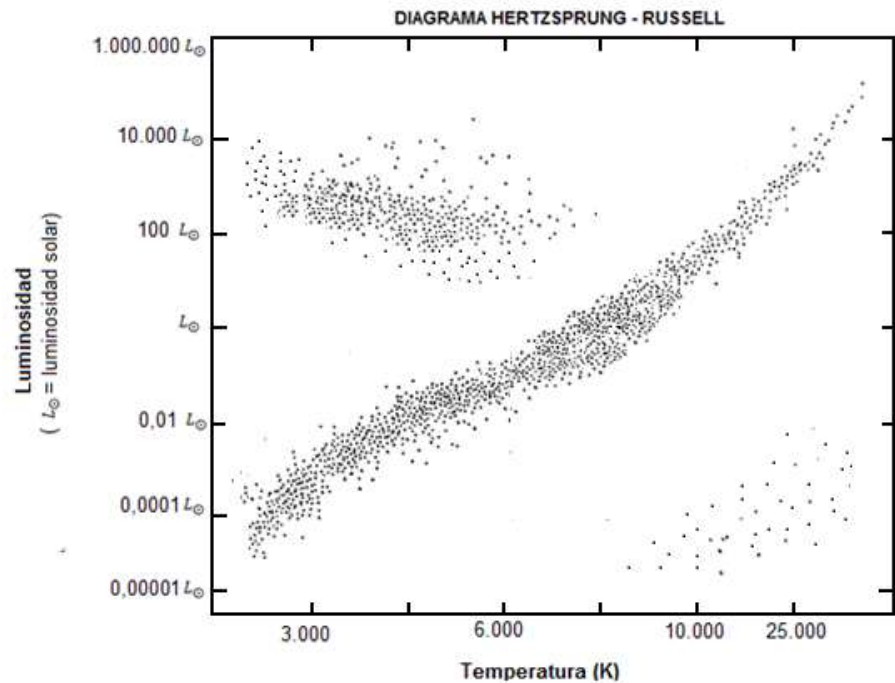
¿Sabías que...?

La luminosidad de las distintas estrellas se miden en comparación con la luminosidad del Sol, es decir, se toma la luminosidad del Sol como un factor de cantidad. Por ejemplo, la estrella Sirio tiene una luminosidad de 25,4 soles.



10-. Al mirar el diagrama, es posible encontrar estrellas que tengan similares luminosidades pero temperaturas diferentes.

- a) Dibujen círculos en el siguiente diagrama para el caso de estrellas de alta luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$ ) y encierre en rectángulos a las estrellas de alta luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ ).

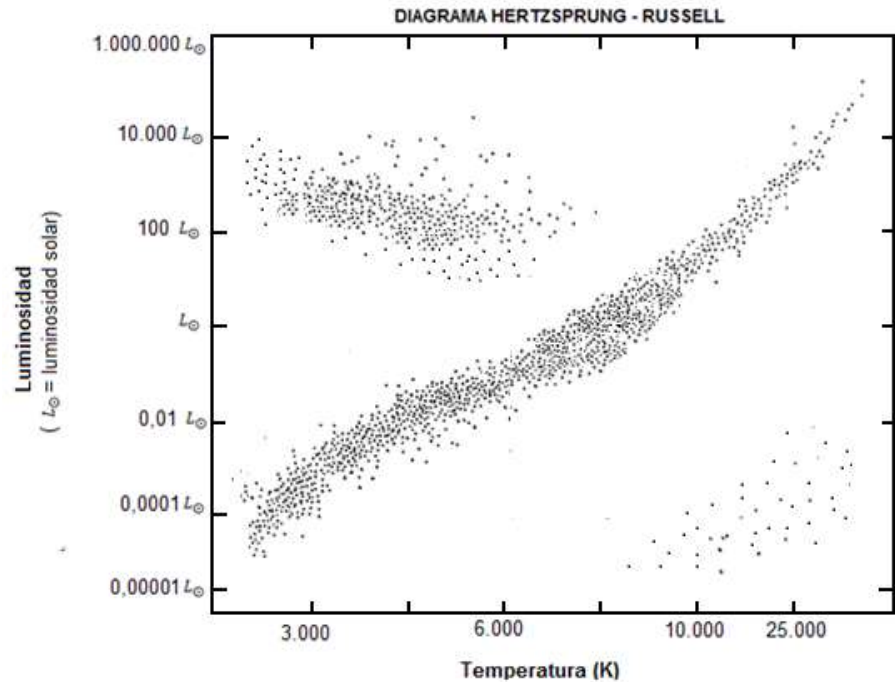


A partir de la puesta en común realizada por el profesor.

- b) ¿En qué coincide tu respuesta anterior con la explicación dada por el profesor(a)?

11-. A partir de lo anterior encuentren estrellas con bajas luminosidades y  $T^{\circ}$  diferentes.

- a) Dibujen círculos en el siguiente diagrama para el caso de estrellas de baja luminosidad y alta  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{+}$ ) y encierren en rectángulos a las estrellas de baja luminosidad y baja  $T^{\circ}$  (rotule con  $T^{-}$ )



A partir de la puesta en común realizada por el profesor

- b) Respecto a la respuesta anterior de su grupo ¿Coincide con lo que ha expuesto el profesor(a)?

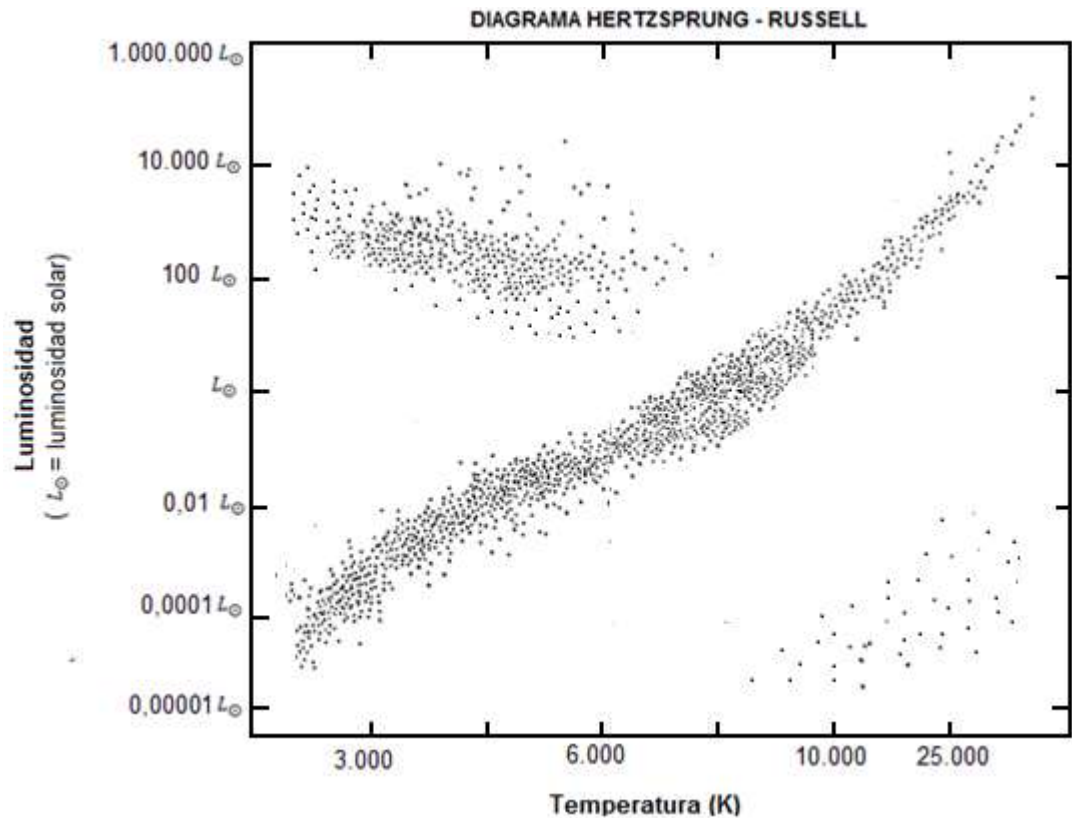
12-. A partir de las siguientes descripciones:

*Descripción N° 1:* Zona que se encuentra en el interior del diagrama en la cual se encuentran la mayoría de las estrellas. En esta podemos encontrar estrellas con variadas temperaturas y luminosidades.

*Descripción N° 2:* Estrellas muy grandes y de bajas temperaturas. Su tamaño, que puede llegar a unos pocos cientos de veces el radio del Sol, las hace merecedoras del término “gigantes”. Su elevado número, junto con su gran brillo (porque la superficie que emite es muy grande) hace que sean una parte muy importante de la luz que vemos en nuestra Galaxia.

*Descripción N° 3:* Estrellas de altas temperaturas y pequeñas, generalmente como del tamaño de la Tierra, por lo que su luminosidad es muy baja. Se cree que son los residuos presentes en el centro de las nebulosas planetarias.

- a) Identifiquen en el Diagrama H-R a qué zonas o agrupaciones de estrellas se refiere cada descripción de zonas del diagrama. Enciérrenlas dibujando un círculo alrededor e indiquen el número de descripción correspondiente.



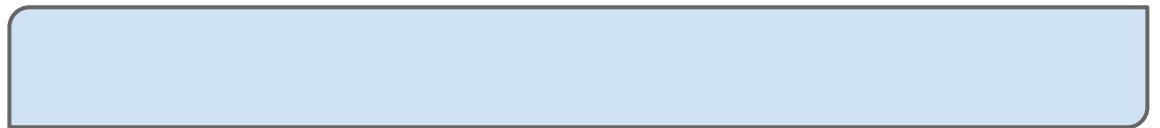


A partir de la puesta en común realizada por el profesor

- b) Contrasten la respuesta anterior con las del resto del curso



- c) Contrasten la respuesta anterior con la explicación del profesor(a)

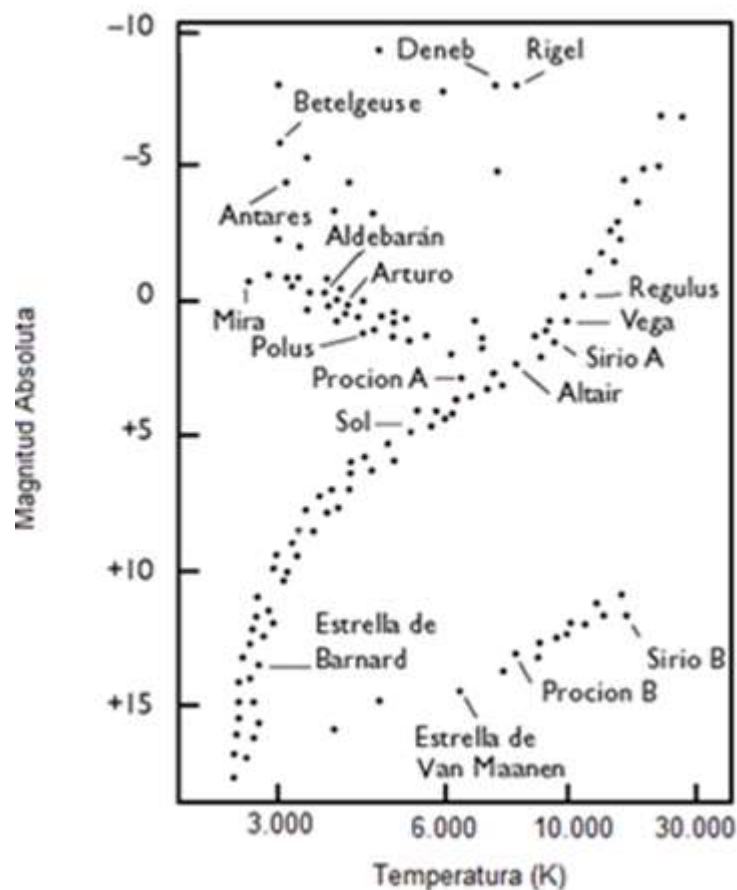


## Actividad Complementaria I: Estrellas Famosas en el Diagrama H-R.



Como se puede observar en el diagrama, es posible diferenciar 3 zonas de interés. La primera (y más notoria) es una banda que cruza en diagonal a lo largo de todo el diagrama, que se denomina como Secuencia Principal. Por otra parte se puede observar un pequeño grupo de estrellas que se ubica en la zona de las estrellas que tienen altas temperaturas y bajas luminosidades, a estas estrellas se les conoce como Enanas Blancas y por último, se puede observar un grupo de estrellas en zona en donde las estrellas tienen una alta luminosidad y baja temperatura, a estas estrellas se les denominan como Gigantes Rojas, en donde además es posible encontrar a las Supergigantes.

Analizando el siguiente diagrama, clasifiquen las estrellas a los respectivos grupos que pertenecen.



En la siguiente tabla, escriban los nombres de al menos dos estrellas por grupo que aparecen en el diagrama anterior, dependiendo a la zona a la cual pertenece:

Enana Blanca	Secuencia Principal	Gigante Roja

¿Sabías que...?

El Sol no permanecerá siempre tal y como la conocemos, llegará un punto en donde se transformará primeramente en una gigante roja para finalmente convertirse en una enana blanca.



## Actividad Complementaria II: Reconociendo el tipo de estrellas.

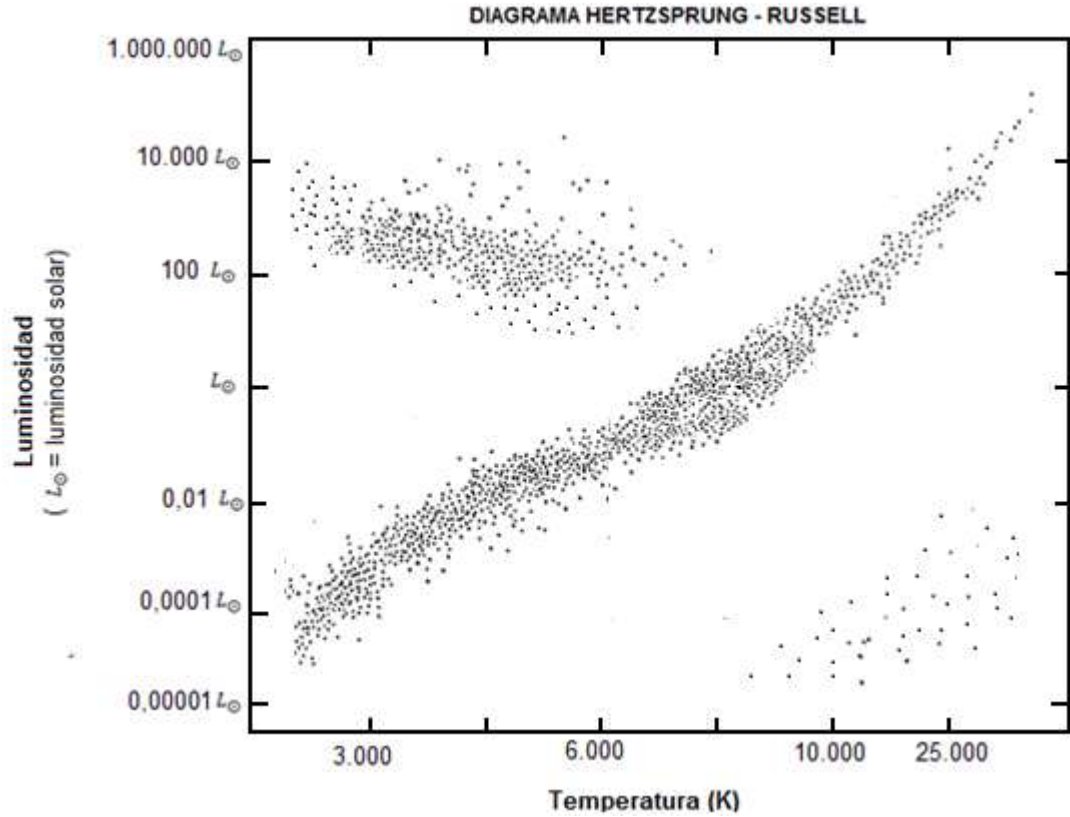
Como se ha visto en las actividades anteriores, las estrellas pertenecen a distintos grupos estelares, los cuales ya han sido mencionados. A continuación se entregará un listado de estrellas junto con sus respectivas luminosidades y temperaturas.



Nombre de la Estrella	Luminosidad ( $L_{\odot}$ )	Temperatura (K)
40 Eridani B	0,0141	16.500
Alphecca	60	10.000
Beta Centauri	11.200	25.000
Cástor A	30	10.300
Enif	6.700	4.460
Mira	9.360	3.192
LP 145-141	0,00054	8.500

Stein 2051 B	0,0003	7.050
Suhail	11.000	4.000

a) En el diagrama que se presenta a continuación ubiquen las estrellas del listado en el sitio en donde corresponda (aproximadamente ya que el diagrama no se encuentra a escala). Rotulen escribiendo el nombre de la estrella correspondiente.



Con ayuda de la pregunta anterior, clasifiquen las estrellas en la agrupación que corresponda, es decir, en enana blanca, secuencia principal y/o gigante roja.

Enana Blanca	Secuencia Principal	Gigante Roja

## Guía N° 2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal

Nombre: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Objetivo: Comprender e identificar las características de los distintos tipos de estrellas de la secuencia principal y algunos de sus posibles finales fuera de la secuencia principal.

Como vimos en la Guía N° 1: *Conociendo el Diagrama H-R*, hay estrellas que forman parte de la secuencia principal del diagrama. Las estrellas de esta secuencia van desde estrellas de baja temperatura y luminosidad, a estrellas de alta temperatura y luminosidad. Las estrellas están formadas por distintos elementos químicos, los que se pueden identificar al analizar la radiación emitida por éstas (su espectro de radiación).

No fue sino hasta finales del siglo XIX que el astrónomo Angelo Secchi pudo medir los espectros para algunas estrellas, gracias a los avances instrumentales de la época. A partir de dichas mediciones, Secchi puso en evidencia la existencia de diferentes tipos de estrellas las cuales pueden ser distinguidas debido a sus características espectrales.

Los tipos espectrales de las estrellas fueron denotados de manera alfabética con las siguientes letras:

A-B-F-G-K-M-O

### Primera Actividad: El cielo nocturno

Instrucciones: En grupos, trabajen en las siguientes actividades. Todas las preguntas deben ser discutidas previamente por el grupo, si no se logra un consenso en la respuesta, dividan las casillas y escriban las diferentes respuestas.

1-. Completa la siguiente tabla según cómo crees que se relacionan el color de una estrella y su temperatura (alta, media, baja)

Color de la estrella	Temperatura
Rojo	
Azul	
Amarillo	
Naranja	

2- ¿Qué diferencia hay entre brillo y luminosidad?

3- Nombra la estrella más brillante que se puede observar a simple vista en el cielo nocturno

## Segunda Actividad: Diversidad estelar

Instrucciones: En la guía encontrarán tres figuras. En la figura 1 se representa el espectro electromagnético, en la figura 2 se presenta el diagrama H-R y en la figura 3 (en la última página de esta guía) se representan estrellas de distintos tamaños. Cada grupo debe desarrollar paso a paso las siguientes actividades:

1- Los círculos de la figura 3 representan distintos tipos de estrellas. Escribe en el centro de cada estrella el tipo espectral al que corresponde, utilizando la siguiente información sobre los radios de los distintos tipos de estrellas (según su espectro):

Tipo Espectral	A	B	F	G	K	M	O
Radio en proporción al Sol (Sol = 1)	1,7	5	1,3	1,0	0,5	0,3	10

Luego de que su profesor(a) realice la puesta en común con el curso:

¿Cuáles fueron las principales diferencias y similitudes entre su respuesta y las de su profesor(a)?

2-. Todas estas estrellas tienen distinta masa, luminosidad y temperatura entre ellas. Discutan esto en tu grupo y ordenen de mayor a menor, dichas características, escribiendo su tipo espectral en cada espacio de la siguiente tabla.

Masa	Luminosidad	Temperatura

3-. Expliquen qué argumento usaron para decidir qué el orden de mayor a menor de las características anteriores.

Masa	Luminosidad	Temperatura

4-. Respecto a la masa de las estrellas: ¿coincide la respuesta del grupo con lo planteado por el profesor? ¿Y para la luminosidad? ¿Y para la temperatura? Escriban sus respuestas en la siguiente tabla

Masa	Luminosidad	Temperatura

¿Sabías que...?

Una de las energías más amigables con el ecosistema es la energía que se aprovecha del Sol. La energía solar se capta en paneles solares donde se transforma en energía eléctrica, sin provocar daños en el medioambiente.



5-. Con los datos entregados por su profesor(a), completen la siguiente tabla con la masa, luminosidad y temperatura de los distintos tipos espectrales.

Tipo Espectral	A	B	F	G	K	M	O
Masa (Sol = 1)							
Luminosidad (Sol=1)							
Temperatura (K)							

6-. Usando los datos de la tabla anterior, describan en el siguiente recuadro cómo se relaciona, para una estrella de la secuencia principal: (a) el tamaño y la masa, (b) la masa y la temperatura, (c) el tamaño y la luminosidad

(a) Masa y Tamaño	(b) Luminosidad y Tamaño	(c) Temperatura y Masa

7-. El Sol es una estrella de tipo espectral G, y su color característico es amarillo. En la figura 3, pinta la estrella que corresponde al Sol de color amarillo.

8-. En la figura 1, escribe las letras de cada tipo espectral sobre el color que crees que corresponde (por ejemplo, al tipo espectral G le corresponde el color amarillo).

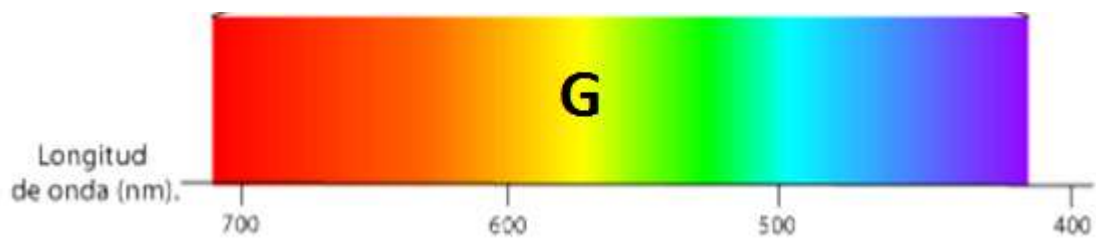


Figura 1: Espectro Electromagnético Visible.

Luego de que su profesor(a) realice la puesta en común con el curso:

¿Cuáles fueron las principales diferencias y similitudes entre su respuesta y la de su profesor(a)?



¿Sabías que...?

El Sol se formó hace aproximadamente 4.600 millones de años y se espera que permanezca en la secuencia principal por unos 5.000 millones de años más.



9-. En el siguiente recuadro escriban las letras de los tipos espectrales de las estrellas, de mayor a menor temperatura. Comparen sus predicciones de la primera actividad respecto a qué color representa mayor temperatura y cuál representa menor temperatura

10-. En la figura 2 que presenta el diagrama H-R con el cual trabajaron en la Guía N° 1 (Conociendo el Diagrama H-R). Utilizando sus conocimientos, escriban sobre la secuencia principal del diagrama H-R las letras correspondientes a cada tipo espectral y pinten cada parte de la secuencia principal con el color correspondiente:

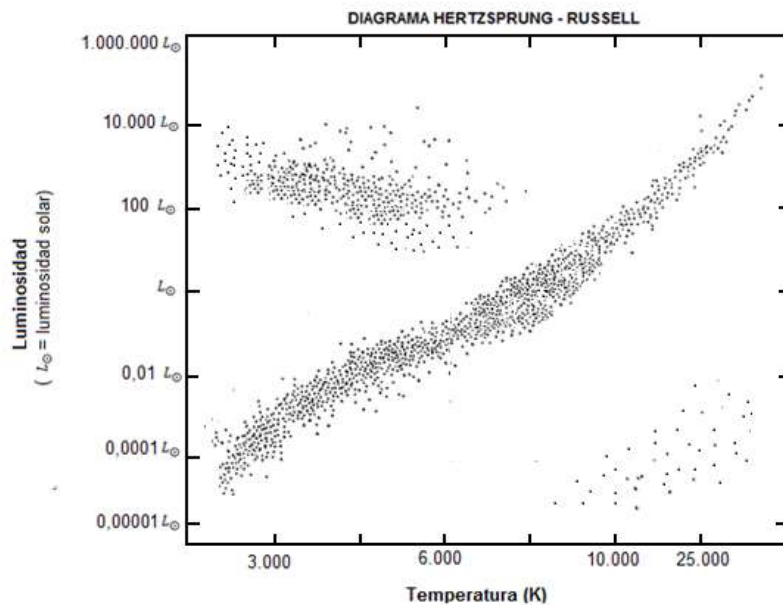


Figura 2: Diagrama H-R.

¿Sabías que...?

La distancia entre la Tierra y el Sol es de aproximadamente 150 millones de Km. La luz que sale del Sol tarda aproximadamente 8 minutos en llegar a nuestro planeta

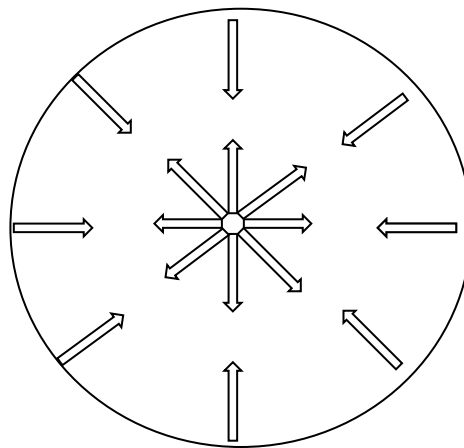


### Tercera Actividad: Saliendo de la Secuencia Principal.

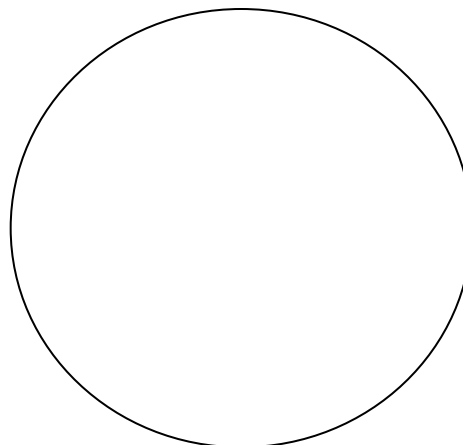
Hasta ahora hemos visto las estrellas desde un punto de vista exterior por lo que aún no se ha mencionado que en el interior de todas estas estrellas están ocurriendo procesos nucleares en los que fusionan principalmente Hidrógeno para formar Helio. Las estrellas de la secuencia principal permanecen en esta etapa durante millones de años, lo que es la mayor parte de su “vida”.

Sin embargo, como es muy común en la naturaleza, los recursos no son ilimitados, lo que hace que se plantee la siguiente pregunta ¿Qué es lo que sucede cuando comienza a acabarse el hidrógeno que se fusiona en el interior de las estrellas?

1-. En la imagen que se muestra a continuación, se representan las presiones que se encuentran en equilibrio mientras la Estrella está en la Secuencia Principal. De las presiones representadas en la imagen una es conocida como la presión gravitacional mientras que la otra es la presión debido a los procesos nucleares. Marca con color rojo la presión gravitacional y con color azul la presión por procesos nucleares.



2-. A partir de lo contestado anteriormente ¿Qué crees que sucederá con el equilibrio entre las presiones si la estrella ya no tiene más Hidrogeno para fusionar?



3-. Cuando ya no quede Hidrógeno para fusionar en Helio: ¿qué crees que comenzará a suceder con la estrella?

**Instrucciones (Video 1):** Para desarrollar los ítems 4 y 5, mira el [video 1](#):  
Si lo prefieren, pueden escanear el siguiente código QR para ver el video, reproduzcan el video hasta los 10:26



4-. De acuerdo a lo presentado en el video: ¿cuál es la condición que se debe cumplir para que una estrella abandone la secuencia principal?

5-. Completen el siguiente texto sobre cómo una estrella de la secuencia principal se transforma en una Enana Blanca. Rellenen los espacios con la información que falta

“Cuando en el núcleo de la estrella se agota \_\_\_\_\_, esto genera una descompensación entre las \_\_\_\_\_ y la estrella comienza a \_\_\_\_\_, luego esto se detiene debido a \_\_\_\_\_, la cual queda en equilibrio con la presión \_\_\_\_\_, la temperatura de la estrella ha \_\_\_\_\_ y finalmente la estrella se convierte en una \_\_\_\_\_”.

**Instrucciones (Video 2):** A continuación, observa con atención el [video 2](#). Si lo prefieren, pueden escanear el siguiente código QR para ver el video, reproduzcan el video hasta los 4:38



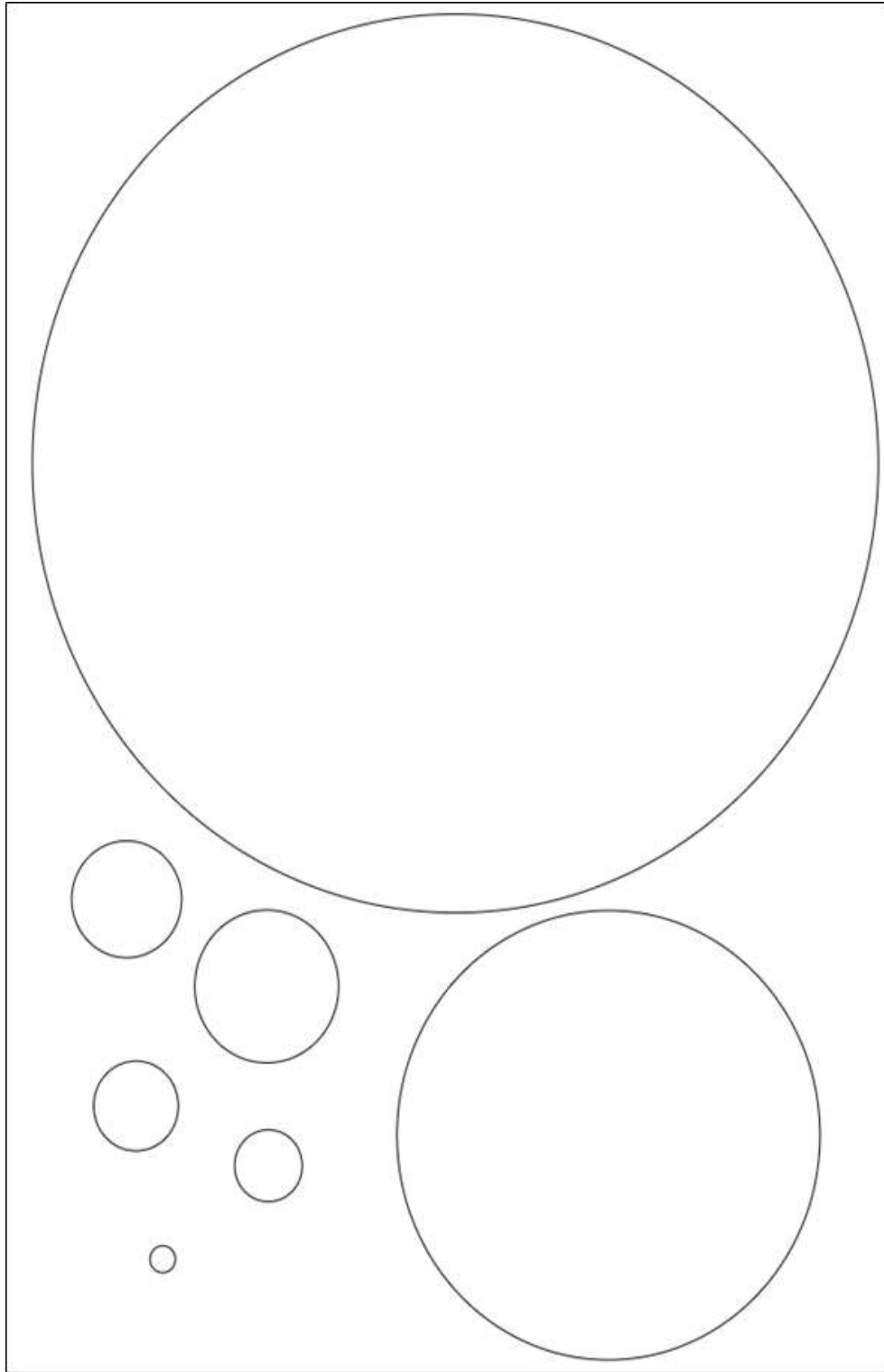
6-. Completen el siguiente texto sobre cómo una estrella de la secuencia principal se transforma en una Gigante Roja. Rellenen los espacios con la información que falta.

“Cuando en el núcleo de la estrella se agota \_\_\_\_\_, esto genera una descompensación entre \_\_\_\_\_ y la estrella comienza a \_\_\_\_\_, luego sucede que la estrella vuelve a \_\_\_\_\_, entonces la estrella comienza a \_\_\_\_\_, la temperatura de la estrella \_\_\_\_\_ y finalmente la estrella se convierte en una \_\_\_\_\_”.

#### ¿Sabías que...?

La primera enana blanca en ser descubierta fue 40 Eridani b, la cual fue vista por William Herschel el 31 de enero de 1783. Herschel también fue el responsable de descubrir el planeta Urano





*Figura 3: Tamaños a Escala de Estrellas de la Secuencia Principal.*

### Guía N°3: Más allá del Diagrama H-R

Nombre: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Objetivo: Identificar lo que le ocurre a los objetos que dejan el Diagrama H-R

#### ¿Existen Otros Objetos Estelares Fuera del Diagrama H-R?

En las guías anteriores se ha observado la ubicación de distintas estrellas dentro del Diagrama H-R, así como también sus clasificaciones espectrales, pero ¿existen estrellas que no se encuentran representadas en el diagrama H-R?

En la presente guía se estudiarán objetos astronómicos que son resultado de la evolución de algunas de las estrellas de la secuencia principal, y que por sus características estos objetos no pueden estar representados en el Diagrama H-R, como son los casos de los agujeros negros, las estrellas de neutrones y las Supernova Tipo II. A continuación se muestran representaciones de dichos casos respectivamente.



[Fuente](#)



[Fuente](#)



[Fuente](#)

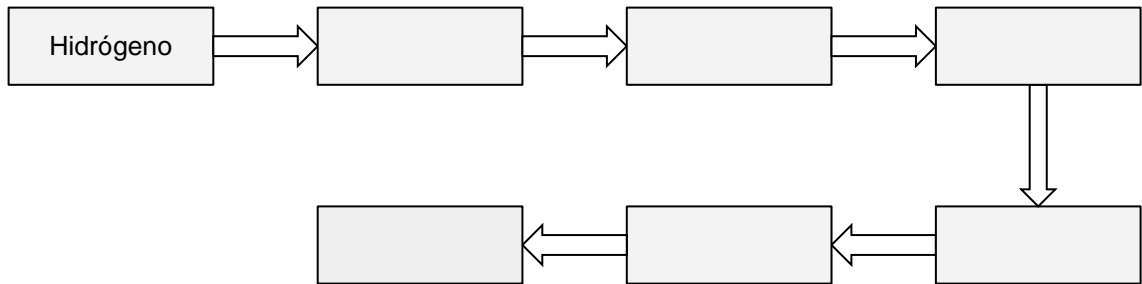
#### Primera Actividad: Conociendo a las Supernovas Tipo II

Instrucciones (Video 1): Con sus mismos grupos, miren con atención el video 1 que se encuentra en el siguiente [Link](#) o si lo prefieren, pueden escanear el código QR que se muestra a continuación con sus celulares. A partir de la información entregada por dicho video, contesten las preguntas que se muestran a continuación.



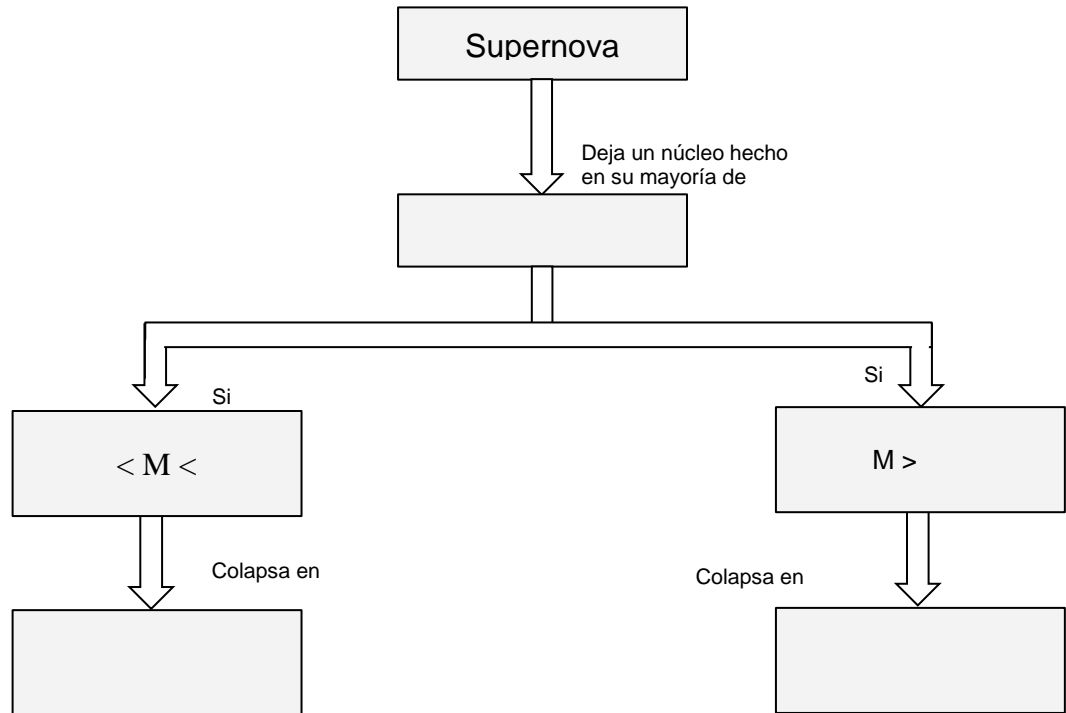
1- ¿Qué es una Supernova tipo II? ¿Por qué se producen estas supernovas? Expliquen de manera clara y ordenada.

2- De acuerdo a lo que aparece el video, escriban en la siguiente figura el orden en los que se van fusionando los elementos en el interior de las estrellas hasta llegar al elemento que no se puede fusionar, en el período de vida de las estrellas masivas.



3- ¿Cómo se producen los demás elementos químicos, si dentro de las estrellas se forman apenas una decena de ellos?

4-. Completa el siguiente mapa, con respecto a lo que sucede con el remanente de una supernova.



### ¿Sabías que...?

La última supernova que fue observada sin un telescopio o cualquier instrumento de observación fue SN1604, o también conocida como Supernova de Kepler, la cual fue estudiada por el astrónomo alemán Johannes Kepler el 17 de Octubre de 1604. Casualmente esta es la última supernova observada en nuestra propia galaxia hasta la fecha.





## Segunda Actividad: Estrellas de Neutrones

Instrucciones (Video 2): Con sus mismos grupos, miren con atención el video 2 que se encuentra en el siguiente [Link](#) o si lo prefieren, pueden escanear el código QR que se muestra a continuación con sus celulares. A partir de la información entregada por dicho video, contesten las preguntas que se muestran a continuación.



1-. ¿Qué es una Estrella de Neutrones? ¿Por qué se les conoce con este nombre?

2-. ¿Cómo se producen las Estrellas de Neutrones?

3-. ¿Por qué estas estrellas giran con una velocidad tan grande? Explique con sus propias palabras al principio físico que lo provoca

4-. Explique cuáles son las evidencias de estas estrellas, y como pueden ser observadas desde la Tierra.

¿Sabías que...?

El pulsar Vela es fue la prueba directa de que las estrellas de neutrones son resultados de una supernova. Este descubrimiento fue realizado por astrónomos de la Universidad de Sídney en 1968, quienes asociaron este pulsar con el resto de Supernova Vela.



### Tercera Actividad: Agujeros Negros

Instrucciones (Video 3): Con sus mismos grupos, miren con atención el video 3 que se encuentra en el siguiente [Link](#) (Hasta el min 12:39) o si lo prefieren, pueden escanear el código QR que se muestra a continuación con sus celulares. A partir de la información entregada por dicho video, contesten las preguntas que se muestran a continuación.



1-. ¿Qué es un Agujero Negro? ¿Cómo se producen los agujeros negros?

2-. Explique detalladamente por qué no se pueden observar directamente los agujeros negros

Empty rounded rectangular box for the answer to question 2.

3-. ¿Qué es el Radio de Schwarzschild?

Empty rounded rectangular box for the answer to question 3.

4-. ¿Qué es el horizonte de sucesos?

Empty rounded rectangular box for the answer to question 4.

¿Sabías que...?

En 1974 los astrónomos Bruce Balick y Robert Brown descubrieron que en el centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, se encuentra una poderosa fuente de ondas de radio al cual llamaron Sagitario A\* y que según las investigaciones posteriores corresponde a un agujero negro supermasivo.



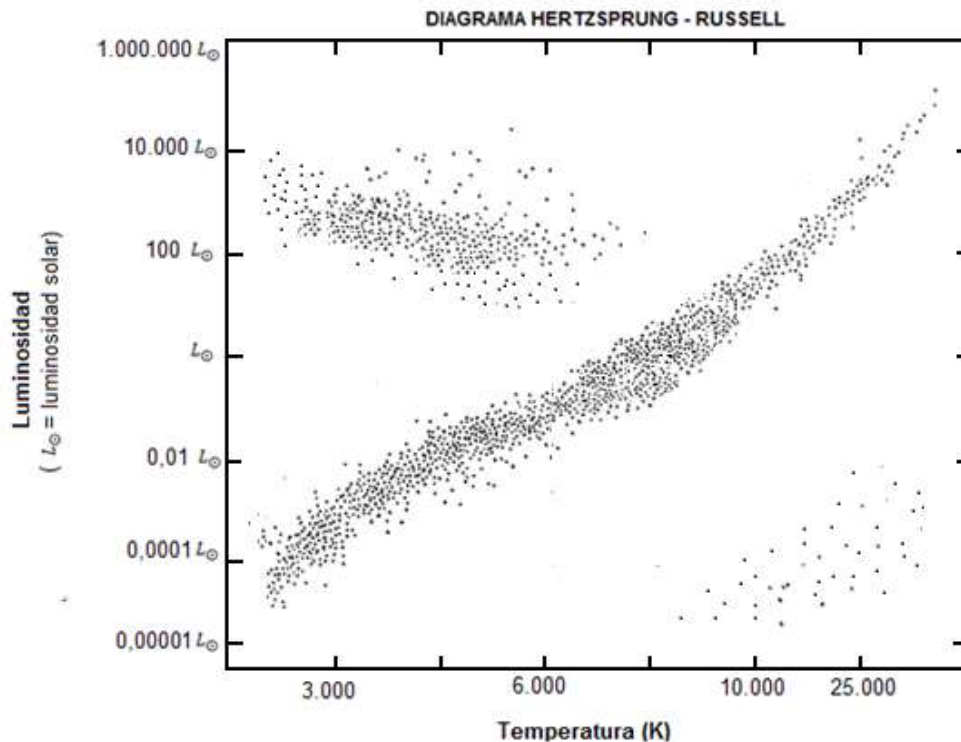
## Actividad Final: ¡Pongamos a prueba lo aprendido!

Instrucciones: A partir de lo visto en clases, tanto los videos como en la guía, respondan las siguientes preguntas:

1- ¿De qué dependen los distintos destinos que tienen las estrellas?

2- Nombra cuáles son los posibles finales a los que pueden llegar las estrellas.

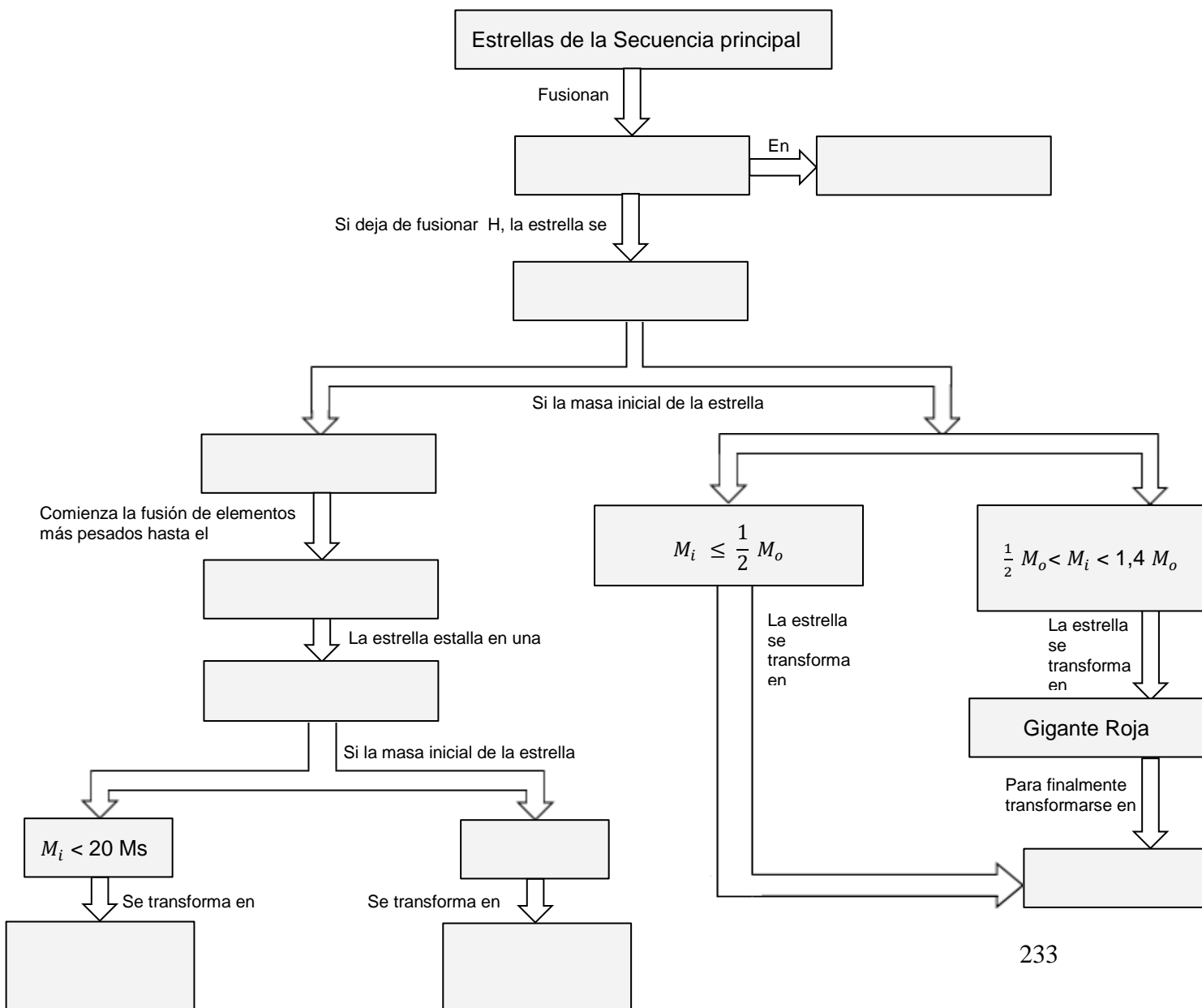
3- Describa detalladamente con sus palabras el recorrido que tiene el sol desde el momento que deja de fusionar hidrógeno hasta llegar a su destino final. (Recuerde que el la masa corresponde a 1 [Masa Solar] y tiene una temperatura de 5700 kelvin)



En el siguiente recuadro, describa el recorrido que destacó en el diagrama H-R



4-. Complete el siguiente mapa conceptual



¿Sabías que...?

Chile formó parte de uno de los proyectos líderes, entre los años 2010 y 2014 en el mundo acerca de la observación de pulsares, el proyecto Vista Variables in the Via Láctea, también conocido como VVV.



## **Apéndice 10: Guías de Indicaciones al Docente para Cada guía en su versión Final.**

### **Apéndice 10.A: Guía de Indicación al Docente Guía N° 1, versión Final.**

#### **Indicaciones al Docente: Guía N° 1: Conociendo el Diagrama H-R.**

Las siguientes indicaciones se proponen como auxilio para el docente con el fin de que se pueda realizar la guía de actividades de manera tranquila, completa y ordenada durante el transcurso de la clase. Es necesario recordar que esta es la primera guía de una secuencia didáctica la cual está compuesta de tres guías de actividades, por lo que se agradece al docente la disposición de realizar esta propuesta didáctica tomando en cuenta estas indicaciones, ya que fue diseñada para facilitar el aprendizaje de estrella y a su vez para lograr el Aprendizaje Esperado 13 de Física para cuarto año medio de enseñanza.

#### **Indicaciones para el desarrollo de la clase.**

##### **1. Antes de comenzar la clase.**

- Verifique que posee todos los implementos para poder proyectar la guía en la pizarra de clases, ya que se necesitará un diagrama H-R en el cual el profesor pueda ir dibujando o dar indicaciones según requiera la pregunta.

##### **2. Inicio de la Clase:**

- El docente debe explicar de manera general los conceptos en los cuales trabajará la guía. A su vez debe explicar también que esta es una guía de tres en total las cuales abarcarán en su totalidad el tema de estrellas.
- El docente debe explicar sin entrar en mayor detalle lo que es el diagrama H-R, para ello puede proyectar la imagen del diagrama que se presenta en la guía. Para apoyar esta explicación el docente puede utilizar parte, o su totalidad, la información que aparece en la introducción de la guía.
- El inicio de la clase no debe prolongarse por un tiempo mayor a 10 minutos.

##### **3. Desarrollo de la Clase.**

- Junto con seguir las indicaciones generales que se encuentran indicadas en la misma guía, el docente debe hacer puestas en común según corresponda. Para ello el docente puede ocupar una imagen del diagrama proyectado en pizarra para así poder dibujar

encima de esta imagen. Se aconseja que primero el docente reciba las distintas respuestas de los grupos de estudiantes y anotarlas en un costado de la pizarra, para luego el dar la explicación correcta, de esta manera, los alumnos pueden contrastar sus respuestas con la explicación del docente, para poder lograr que los alumnos destaquen sus principales diferencias y similitudes entre sus respuestas con la respuesta correcta.

- Las puestas en común se realizan en las preguntas 1, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12 de la Primera Actividad
- La segunda y tercera actividad son complementarias y pueden ser actividades que los alumnos desarrollen en sus casas, sin embargo los alumnos que terminen más rápido y les quede tiempo para trabajar mientras los demás grupos terminan, pueden realizarlas durante la clase. Aquí el docente cumple el rol como guía, en donde puede contestar dudas, pero no entregar información que pueda interferir con la respuesta del alumno.
- El desarrollo de la clase no debe prolongarse por un tiempo mayor a 80 minutos.

#### 4. Cierre de la Clase.

- El docente debe hacer una recapitulación de lo visto en la guía e indicar el tema que se verá en la guía siguiente. Para ello se aconseja explicar con el diagrama proyectado como apoyo, las zonas de interés que se encuentran visible en el diagrama, explicando sus características, por ejemplo, mencionar a las gigantes rojas indicando que son estrellas de bajas temperaturas y altas luminosidades, a las enanas blancas indicando que son estrellas de altas temperaturas y bajas luminosidades, y por último mencionar a las estrellas de la secuencia principal mencionando que de ellas se tratará la guía siguiente.
- El cierre de la clase no debe prolongarse por un tiempo mayor a 10 minutos.

#### 5. Evaluación de las guías entregadas por los estudiantes.

- Para evaluar las guías entregadas por los estudiantes se recomienda utilizar la rúbrica de evaluación correspondiente.
- Se recomienda anotar los errores más comunes para poder retroalimentar al estudiante.



## **Apéndice 10.B: Guía de Indicaciones al Docente, Guía N° 2, versión Final.**

### **Indicaciones al Docente: Guía N° 2: Clasificando Estrellas de la Secuencia Principal.**

Las siguientes indicaciones se proponen como ayuda y guía para los docentes que deseen implementar esta guía en sus clases. Se agradece al docente la disposición de realizar esta propuesta didáctica tomando en cuenta estas indicaciones, ya que fue diseñada para facilitar el aprendizaje de estrella y a su vez para lograr el Aprendizaje Esperado 13 de Física para cuarto año medio de enseñanza.

#### Indicaciones para el desarrollo de la clase.

##### 1. Antes de comenzar la clase.

- Verifique que los Link de los videos se encuentran activos y que los códigos QR se encuentran activos.
- Verifique que cada grupo tiene acceso a internet y pueden escanear el código QR

##### 2. Inicio de la Clase:

- El docente debe hacer una recapitulación general de lo visto en la guía anterior.
- El docente debe leer junto con los estudiantes las instrucciones e indicar a los estudiantes que en ciertos puntos de la guía se harán consensos entre todo el curso o se darán datos (preguntas 1, 4, 5, y 8)
- El docente debe pedir que se formen los mismos grupos de la guía anterior.
- El inicio de la clase no debe prolongarse por un tiempo mayor a 5-10 minutos.

##### 3. Desarrollo de la Clase.

###### Primera Actividad

- Primero el docente debe indicarles a los estudiantes que hagan la primera actividad de la guía, para el ítem 1, el docente debe indicar a los estudiantes que más adelante (ítem 9 de la segunda actividad) se verificarán sus respuestas. Para el ítem 2 el docente debe preguntar a cada grupo cuales fueron sus respuestas y luego de haberlas escuchado

debe aclarar la diferencia entre luminosidad y brillo, si puede hacerlo con las respuestas que dieron los estudiantes (ya sea modificándolas, uniéndolas, etc) sería ideal, en caso contrario el docente debe aclarar que el brillo es una magnitud aparente observada desde un punto de referencia, mientras que la luminosidad es una magnitud absoluta que tiene que ver con la cantidad de luz por área de superficie que emite un objeto. Finalmente en cuanto al ítem 3, se recomienda recolectar las respuestas y en caso de que no se encuentre, aclarar que la estrella más brillante del cielo nocturno es Sirio y volver a lo anterior y es la más brillante, por lo que es la que se observa con una mayor luminosidad, pero no es necesariamente la estrella más luminosa.

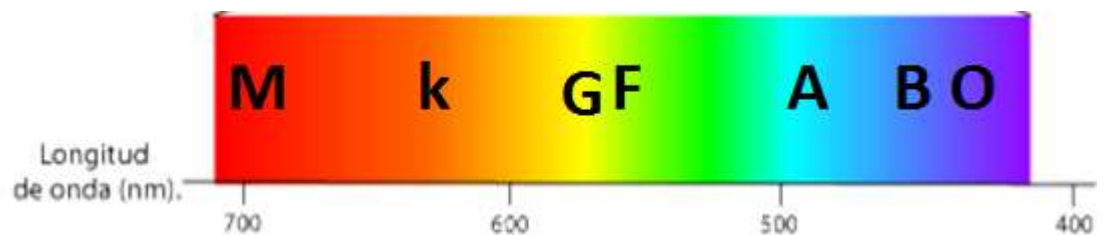
- La primera actividad no debe tardar más de 10 minutos

### Segunda Actividad

- El docente lee las instrucciones iniciales y hace que los estudiantes vean la imagen 3 que se encuentra al final de la guía y les insta a comenzar a trabajar y que para cada respuesta que deben escribir, esta tiene que ser primero discutida por todos y deben haber llegado a un consenso antes de escribirla.
- Para el ítem 1 el profesor debe recolectar las respuestas de todos los grupos y con ellas construir la respuesta definitiva. Luego los estudiantes deben comparar y contrastar la respuesta definitiva y sus respuestas.
- Luego el profesor indica a los grupos que deben hacer los ítems 2 y 3.
- Para el ítem 4 el profesor debe recolectar las respuestas de todos los grupos y construir una respuesta definitiva, para luego indicar a los estudiantes que comparen y contrasten sus respuestas, también se recomienda que los estudiantes corrijan su respuesta inicial con la respuesta definitiva, en el caso de que estuviese incorrecta.
- Se recomienda al docente leer el cuadro de ¿Sabías que...? Para todo el curso, o que algún alumno lo lea.
- Para el ítem 5 el profesor debe proporcionar los siguientes datos:

Tipo Espectral	A	B	F	G	K	M	O
Masa (Sol = 1)	2	10	1,5	1	0,7	0,2	50
Luminosidad (Sol=1)	20	1.000	4	1	0,2	0,01	100.000
Temperatura (K)	8.500	20.000	6.500	5.700	4.500	3.200	40.000

- Para el ítem 6, se recomienda hacer un consenso con las respuestas y llegar así a la respuesta definitiva, que los alumnos deben utilizar para completar sus respuestas iniciales para este ítem.
- Luego de que los estudiantes los ítems 7 y 8, el profesor debe recolectar las respuestas de todos los grupos, para la puesta en común, en caso de que todos o la gran mayoría haya colocado a las estrellas O en el lado rojo y a las M en el lado azul o violeta del espectro, se sugiere que el docente indague más en esto, a que temperaturas relacionan el color azul y el color rojo, pedir que los estudiantes den ejemplos, el docente puede dar el ejemplo del cuerpo humano, como se pone cuando está con bajas y altas temperaturas. Finalmente en este ítem debe dar una respuesta consensuada , puede guiarse de lo siguiente:



Luego se recomienda que el docente vuelva al ítem 1 de la primera actividad y haga que los estudiantes contrasten y comparen sus respuestas.

- Se recomienda al docente leer el cuadro de ¿Sabías que...? Para todo el curso, o que algún alumno lo lea.

- Para el ítem 9 y 10 se recomienda que el docente haga un consenso con las respuestas de todos los grupos.
- Se recomienda al docente leer el cuadro de ¿Sabías que...? Para todo el curso, o que algún alumno lo lea
- Esta actividad no debe tardar más de 30 minutos

#### Tercera Actividad

- Para la tercera actividad se recomienda que el docente o algún estudiante lea la introducción.
  - El docente debe dar 5 o 10 minutos para que los estudiantes realicen los ítems 1,2 y 3; luego el docente debe recolectar las respuestas de los grupos y llegar a una consenso por respuestas definitivas.
  - A continuación el docente puede proyectar los videos para todo el curso, o que cada grupo escanee el código QR con un celular, en caso de que estén trabajando la guía de manera digital, pueden pinchar la palabra Video 1 y Video 2 para abrir los videos con el navegador de internet.
  - A continuación el profesor les recuerda a los estudiantes hasta que minuto deben ver cada video para que contesten los ítems 4,5 y 6.
  - Finalmente el profesor recolecta las respuestas de los grupos i genera una respuesta definitiva, incitando a los estudiantes que tuvieron respuestas incorrectas, a corregirlas. Se recomienda leer también el recuadro de ¿Sabías que...?
  - Esta actividad no debe tomar más de 30 minutos.
4. Cierre de la Clase.
- El docente debe hacer una recapitulación de lo visto en la guía. Se recomienda que el docente haga el resumen haciendo participar a los estudiantes, haciéndoles preguntas, etc.
  - El cierre de la clase no debe prolongarse por un tiempo mayor a 10 minutos.
5. Evaluación de las guías entregadas por los estudiantes.

- Para evaluar las guías entregadas por los estudiantes se recomienda utilizar la rúbrica de evaluación correspondiente.
- Se recomienda anotar los errores más comunes para poder retroalimentar al estudiante.

## **Apéndice 10.C: Guía de Indicaciones al Docente Guía N° 3, versión Final.**

### **Indicaciones al Docente: Guía N° 3: Mas allá del Diagrama H-R.**

Las siguientes indicaciones se proponen como auxilio para el docente con el fin de que se pueda realizar la guía de actividades de manera tranquila, completa y ordenada durante el transcurso de la clase. Es necesario recordar que esta es la última guía de una secuencia didáctica la cual está compuesta de tres guías de actividades, por lo que se agradece al docente la disposición de realizar esta propuesta didáctica tomando en cuenta estas indicaciones, ya que fue diseñada para facilitar el aprendizaje de estrella y a su vez para lograr el Aprendizaje Esperado 13 de Física para cuarto año medio de enseñanza.

### **Indicaciones para el desarrollo de la clase.**

#### **1. Antes de comenzar la clase.**

- Verifique que posee todos los implementos para poder proyectar la guía en la pizarra de clases y para poder reproducir los videos requeridos en clases, de ser necesario.
- Recordar a los alumnos que deben de utilizar sus celulares para visualizar los diferentes videos en clases.
- Se recomienda visualizar los videos utilizados en la guía antes de realizar la clase.
- Verifique que los Link de los videos se encuentran activos y que los códigos QR se encuentran activos.

#### **2. Inicio de la Clase:**

- El docente debe hacer una recapitulación general de lo visto en las dos guías anteriores. A su vez debe explicar también que esta es la última guía de trabajo para la secuencia didáctica de estrellas.
- El docente debe explicar de manera muy general los temas a ver en la guía de trabajo. Para ello el docente debe explicar que las estrellas tienen distintos finales según dadas ciertas circunstancias, para así introducir los conceptos de Supernova Tipo II, Estrellas de Neutrones y Agujeros Negros. Para ello el docente puede utilizar la información que aparece en la introducción de la guía.
- El inicio de la clase no debe prolongarse por un tiempo mayor a 5-10 minutos.

#### **3. Desarrollo de la Clase.**

- Junto con seguir las indicaciones generales que se encuentran indicadas en la misma guía, el profesor debe indicar que se verán 3 videos en la clase.
- El docente debe indicar que los videos se deben ver a través de dispositivos celulares.  
En
- El docente debe pedir que se formen los mismos grupos con los cual se trabajó en las dos guías anteriores.
- Antes de visualizar cada video, el docente debe pedir a los estudiantes que anoten sus apuntes correspondientes a cada video en su cuaderno
- Los videos deben reproducirse ininterrumpidamente y en el orden que aparecen mencionados en la guía.
- Para la primera actividad se recomienda que tenga una duración de aproximadamente 20 minutos. El docente debe recomendar a los alumnos que pongan especial atención en la parte del orden en que se van fusionando los elementos, ya que es una pregunta que aparece en la guía.
- Para la segunda actividad se recomienda que tenga una duración de aproximadamente 20 minutos. Se recomienda que el docente sea un guía en lo que los alumnos deben anotar como apunte, para ello se recomienda al docente leer las preguntas y obtener apuntes propios para poder contestarlas preguntas requeridas.
- Para la tercera actividad se recomienda que tenga una duración de aproximadamente 20 minutos. Se recomienda que el docente sea un guía en lo que los alumnos deben anotar como apunte, para ello al igual que lo pedido en la segunda actividad, se recomienda al docente leer las preguntas y obtener apuntes propios para poder contestarlas preguntas requeridas.
- Para la actividad Final se recomienda que tenga una duración de aproximadamente 20 minutos. Como esta es una actividad de cierre y una recapitulación de todo lo visto en la guía se aconseja que el docente sea un apoyo y resuelva las dudas que puedan tener los estudiantes.
- El docente puede contestar dudas, pero no puede entregar información que afecte a las respuestas de los estudiantes.

#### 4. Cierre de la Clase.

- El docente debe hacer una recapitulación de lo visto en la guía. Además de hacer un resumen conciso y preciso de lo visto a lo largo de la secuencia didáctica, para finalmente dar un cierre definitivo al concepto de estrellas.

- El cierre de la clase no debe prolongarse por un tiempo mayor a 5 minutos.

5. Evaluación de las guías entregadas por los estudiantes.

- Para evaluar las guías entregadas por los estudiantes se recomienda utilizar la rúbrica de evaluación correspondiente.
- Se recomienda anotar los errores más comunes para poder retroalimentar al estudiante.
- Para los mapas conceptuales pedidos tanto en la primera actividad como en la actividad final, se esperan las siguientes respuestas.



**Apéndice 11: Rubricas de Evaluación para Guías de trabajo en su versión Final.**

**Apéndice 11.A: Rúbrica de Evaluación Guía N° 1, versión Final.**

**Rubrica de Evaluación:** Guía N° 1: Conociendo el Diagrama H-R.

- Primera Actividad: ¡Analicemos el Diagrama H-R!

	Logrado (3 Puntos)	Medianamente Logrado (2 Puntos)	No Logrado (1 Punto)	Puntaje
Pregunta N°1	Reconoce tres distintas zonas en el diagrama, una zona que recorre gran parte del diagrama, una zona en donde se ubican estrellas de luminosidades bajas pero de temperaturas altas y otra de temperaturas bajas pero luminosidades muy altas.	Reconoce al menos 2 zonas de interés en el diagrama H-R	Reconoce menos de 2 zonas de interés en el Diagrama H-R.	
Pregunta N°2	Identifican que las estrellas que se encuentran en la esquina superior derecha e inferior derecha del diagrama H-R son las de mayor temperatura	Identifica solo un grupo de estrellas de mayor temperatura.	No identifican zonas de estrellas a mayor temperatura.	
Pregunta N°3	Identifican que las estrellas que se encuentran en la esquina superior izquierda e inferior izquierda del diagrama H-R son las de menor temperatura	Identifica solo un grupo de estrellas de menor temperatura.	No identifican zonas de estrellas a menor temperatura.	
Pregunta N°4	Contrasta correctamente las principales diferencias y similitudes entre sus respuestas con la de los otros grupos y la explicación entregada por el profesor	Contrasta de manera incompleta las principales diferencias y similitudes entre sus respuestas con la de los otros grupos y la explicación entregada por el profesor.	No contrasta su respuestas con la de los otros grupos y la explicación entregada por el profesor	
Pregunta N°5	Identifican que las estrellas que se encuentran en la esquina superior derecha y superior izquierda del diagrama H-R son las de mayor luminosidad	Identifica solo un grupo de estrellas con altas luminosidades.	No identifican zonas de estrellas con altas luminosidades.	

Pregunta N°6	Identifican que las estrellas que se encuentran en la esquina inferior derecha e inferior izquierda del diagrama H-R son las de menor luminosidad	Identifica solo un grupo de estrellas con bajas luminosidades.	No identifican zonas de estrellas con bajas luminosidades.	
Pregunta N°7	Contrasta correctamente las principales diferencias y similitudes entre sus respuestas con la de los otros grupos y la explicación entregada por el profesor	Contrasta de manera incompleta las principales diferencias y similitudes entre sus respuestas con la de los otros grupos y la explicación entregada por el profesor.	No contrasta su respuestas con la de los otros grupos y la explicación entregada por el profesor	
Pregunta N°8	Distingue y compara entre estrellas de temperaturas similares (altas) y luminosidades diferentes y de clasificar en los rótulos pedidos.	Distinguen vagamente y/o comparan estrellas de temperaturas no similares entre sí. O no rotulan correctamente	No distingue y no compara entre estrellas de temperaturas (altas) similares y luminosidades diferentes y de clasificar en los rótulos pedidos.	
Pregunta N°9	Distingue y compara entre estrellas de temperaturas similares (bajas) y luminosidades diferentes y de clasificar en los rótulos pedidos.	Distinguen vagamente y/o comparan estrellas de temperaturas no similares entre sí. O no rotulan correctamente	No distingue ni compara entre estrellas de temperaturas (bajas) similares y luminosidades diferentes y de clasificar en los rótulos pedidos.	
Pregunta N°10	Distingue y compara entre estrellas de luminosidades similares (altas) y temperaturas diferentes y de clasificar en los rótulos pedidos.	Distinguen vagamente y/o comparan estrellas de luminosidades no similares entre sí. O no rotulan correctamente	No distingue y no comparar entre estrellas de luminosidades similares (altas) y temperaturas diferentes y de clasificar en los rótulos pedidos.	
Pregunta N°11	Distingue y compara entre estrellas de luminosidades similares (bajas) y temperaturas diferentes y de clasificar en los rótulos pedidos.	Distinguen vagamente y/o comparan estrellas de luminosidades no similares entre sí. O no rotulan correctamente	No distingue y no compara entre estrellas de luminosidades similares (bajas) y temperaturas diferentes y de clasificar en los rótulos pedidos.	

Pregunta N°12	Identifica correctamente las tres zonas de interés en el diagrama a partir de las definiciones entregadas	Identifica al menos dos zonas de interés en el diagrama a partir de las definiciones entregadas	Identifica menos de dos zonas de interés en el diagrama a partir de las definiciones entregadas.	
---------------	---	---	--	--

- Actividad Complementaria I: Estrellas Famosas en el Diagrama H-R.

Clasifican de manera correcta al menos dos estrellas por grupos estelares, es decir, dos enanas blancas, dos estrellas pertenecientes a la secuencia principal y dos estrellas gigantes rojas.  3 pts.	Clasifican de manera correcta en al menos dos grupos estelares, dejando estrellas sin clasificar en una de los grupos.  2 pts.	Clasifican de manera incorrecta más de la mitad de las estrellas entregadas en el diagrama H-R.  1 pto.
--	--	---

- Actividad Complementaria II: Reconociendo el tipo de estrellas.

Ubican correctamente en el diagrama H-R tres estrellas por cada grupo estelar y reconocen correctamente a cuál grupo estelar corresponde cada una de ellas.  3 pts.	Ubican correctamente en el diagrama H-R al menos 2 estrellas por cada grupo estelar y reconocen correctamente a cuál grupo estelar corresponde cada una de ellas.  2 pts.	Ubican correctamente en el diagrama H-R solamente una estrella por cada grupo estelar y reconocen correctamente a cuál grupo estelar corresponde cada una de ellas.  1 pto.
---	---	---

Puntaje Total Guía N°1 = 42 Puntos.

**Apéndice 11.B: Rúbrica de Evaluación Guía N° 2, versión Final.**

Segunda Actividad: Diversidad Estelar				
Puntaje	3	2	1	0
Ítem N°1a		Identifica y rotula correctamente los tipos espectrales para cada estrella	Identifica y rotula correctamente algunos de los tipos espectrales para cada estrella	No identifica y rotula correctamente los tipos espectrales para cada estrella
Ítem N°1b			Escriben las diferencias y similitudes entre las respuestas	Omiten este ítem
Ítem N°2	Escriben el orden para las 3 características (independiente de si está correcto o no)	Escriben el orden para 2 características (independiente de si está correcto o no)	Escriben el orden para 1 característica (independiente de si está correcto o no)	Omiten este ítem
Ítem N°3	Escriben el razonamiento e utilizado en el ítem anterior para las 3 características (independiente de si está correcto o no)	Escriben el razonamiento e utilizado en el ítem anterior para 2 características (independiente de si está correcto o no)	Escriben el razonamiento e utilizado en el ítem anterior para 1 característica (independiente de si está correcto o no)	Omiten este ítem
Ítem N°4			Escriben las principales diferencias entre las respuestas	Omiten este ítem
Ítem N°5			Completa la tabla correctamente	No completa la tabla
Ítem N°6	Relacionan correctamente los 3 propuestos	Relacionan correctamente 2 propuestos	Relacionan correctamente 1 propuesto	No relacionan correctamente las propuestos
Ítem N°7				

Ítem N°8a			Coloca las letras sobre el espectro (independientemente de que estén correctas o no)	Omite este ítem
Ítem N°8b			Escribe las similitudes y diferencias entre las respuestas	Omite este ítem
Ítem N°8c			Escribe las similitudes y diferencias entre las respuestas	Omite este ítem
Ítem N°9		Validan o refutan su predicción y relacionan correctamente temperatura y color	Validan o refutan su predicción o relacionan correctamente temperatura y color	No validan o refutan su predicción ni relacionan correctamente temperatura y color.
Ítem N°10	Identifica en el diagrama correctamente los siete tipos espectrales.	Identifica en el diagrama correctamente cinco o seis tipos espectrales	Identifica en el diagrama correctamente desde uno a cuatro tipos espectrales	No identifica en el diagrama correctamente ninguno de los tipos espectrales.
Tercera Actividad: Saliendo de la Secuencia Principal				
Ítem N°1			Colorea correctamente las presiones	Colorea incorrectamente las presiones
Ítem N°2			Dibuja correctamente las presiones	Dibuja incorrectamente las presiones
Ítem N°3		Deduce Correctamente lo que le sucede a la estrella		Deduce incorrectamente lo que le sucede a la estrella
Ítem N°4		Identifica que la razón es que la estrella deja de fusionar el H que tiene en su núcleo		No identifica correctamente la razón

Para los ítems 5 y 6, se le asigna un punto a cada concepto correcto y cero puntos a los incorrectos. Los correctos son los siguientes:

<p style="text-align: center;">Ítem N°5</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hidrogeno</li><li>• Presiones</li><li>• Comprimirse</li><li>• La presión por electrones degenerados<ul style="list-style-type: none"><li>• Gravitacional</li><li>• Aumentado</li><li>• Enana Blanca</li></ul></li></ul>	<p style="text-align: center;">Ítem N°6</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hidrogeno</li><li>• Presiones</li><li>• Comprimirse</li><li>• Fusionar Hidrogeno<ul style="list-style-type: none"><li>• Expandirse</li><li>• Disminuye</li><li>• Gigante Roja</li><li>•</li></ul></li></ul>
---	---

**Apéndice 10.C: Rubrica de Evaluación Guía N° 3 versión Final.**

**Rubrica de Evaluación:** Guía N° 3: Más allá del Diagrama H-R.

- Primera Actividad: Conociendo a las Supernovas Tipo II

	Logrado (3 Puntos)	Medianamente Logrado (2 Puntos)	Levemente Logrado (1 Punto)	No Logrado (0 Puntos)	Puntaje
Pregunta N°1	Identifica y describe correctamente lo que es una supernova tipo II, además describe correctamente la formación de estas.	Describe correctamente al menos uno de las preguntas requeridas, es decir, describe correctamente lo que es una supernova tipo II o la formación de estas.	Describe incompletamente ambos fenómenos requeridos	Describe de manera insuficiente los conceptos mínimos acerca de los fenómenos requeridos.	
Pregunta N°2	Ubica correctamente los seis elementos según se van formando dentro de las estrellas.	Ubica correctamente al menos cuatro elementos en el diagrama de orden de fusión de elementos	Ubica correctamente al menos dos elementos en el diagrama de orden de fusión de elementos	Ubica correctamente menos de dos elementos en el diagrama de orden de fusión de elementos	
Pregunta N°3	Explica correctamente que la energía liberada en una supernova permite que los átomos de algunos elementos se fusionen en otros más pesados	Explica incompletamente el por qué se generan los elementos más pesados.	Explica incorrectamente el por qué se generan los elementos más pesados, sin embargo, muestra nociones muy básicas de entender	No explica que la energía liberada en una supernova permite que los átomos de algunos elementos se fusionen en otros más pesados	
Pregunta N°4	Véase el diagrama de la pregunta 4 – Primera Actividad para el puntaje que se le debe asignar al mapa conceptual.				

- Segunda Actividad: Estrellas de Neutrones

	Logrado (3 Puntos)	Medianamente Logrado (2 Puntos)	Levemente Logrado (1 Punto)	No Logrado (0 Puntos)	Puntaje
Pregunta N°1	Describe correctamente lo que es una estrella de neutrones y comprende por qué se les conoce con este nombre	Describe correctamente lo que es una estrella de neutrones o comprende por qué se les conoce con este nombre, es decir, es capaz de responder correctamente una de las preguntas	Describe incompletamente lo que es una estrella de neutrones y no comprende, en su totalidad, por qué se les conoce con este nombre	No describe correctamente lo que es una estrella de neutrones ni comprende por qué se les conoce con este nombre	
Pregunta N°2	Describe las condiciones para que la estrella de neutrones se forme, mencionando que la masa de la estrella debe ser superior al límite de Chandrasekhar y menor a 40 masas solares	Describe incompletamente las condiciones para la formación de las estrellas de neutrones, faltando así datos claves para su comprensión	Describe incorrectamente las condiciones para la formación de una estrella de neutrones, sin embargo es capaz de describir nociones simples de esta.	No describe las condiciones para que la estrella de neutrones se forme	
Pregunta N°3	Explica correctamente el porqué de las grandes velocidades de rotación de las estrellas de neutrones e identifica correctamente al principio físico que lo provoca	Explica correctamente el porqué de las grandes velocidades de rotación de las estrellas de neutrones/ identifica correctamente al principio físico que lo provoca	Explica incompletamente el porqué de las grandes velocidades de rotación de las estrellas de neutrones y no identifica completamente al principio físico que lo provoca	No explica correctamente el porqué de las grandes velocidades de rotación de las estrellas de neutrones ni identifica correctamente al principio físico que lo provoca	
Pregunta N°4	Explica correctamente las dos evidencias por las cuales pueden ser observadas desde la Tierra	Explica correctamente al menos una de las dos evidencias por las cuales pueden ser observadas desde la Tierra	Explica de manera incompleta las dos evidencias por las cuales pueden ser observadas desde la Tierra	No explica correctamente las dos evidencias por las cuales pueden ser observadas desde la Tierra	



- Tercera Actividad: Agujeros Negros

	Logrado (3 Puntos)	Medianamente Logrado (2 Puntos)	Levemente Logrado (1 Punto)	No Logrado (0 Puntos)	Puntaje
Pregunta Nº1	Identifica y describe correctamente lo que es un agujero negro, además describe correctamente la formación de estas.	Describe correctamente al menos uno de las preguntas requeridas, es decir, describe correctamente lo que es un agujero negro o la formación de estas.	Describe incompletamente ambos fenómenos requeridos	Describe de manera insuficiente los conceptos mínimos acerca de los fenómenos requeridos.	
Pregunta Nº2	Explica correctamente por qué no se pueden observar los agujeros negros, explicando la función de la velocidad de escape	Explica incompletamente por qué no se pueden observar los agujeros negros	Describe incorrectamente la razón por la cual no se pueden observar los agujeros negros, sin embargo, muestra nociones básicas al respecto	No explica el por qué no se pueden observar los agujeros negros	
Pregunta Nº3	Explica correctamente qué es el radio de Schwarzschild	Explica incompletamente qué es el radio de Schwarzschild, faltando información clave	Explica incorrectamente qué es el radio de Schwarzschild, sin embargo, muestra nociones básicas al respecto	No explica qué es el radio de Schwarzschild	

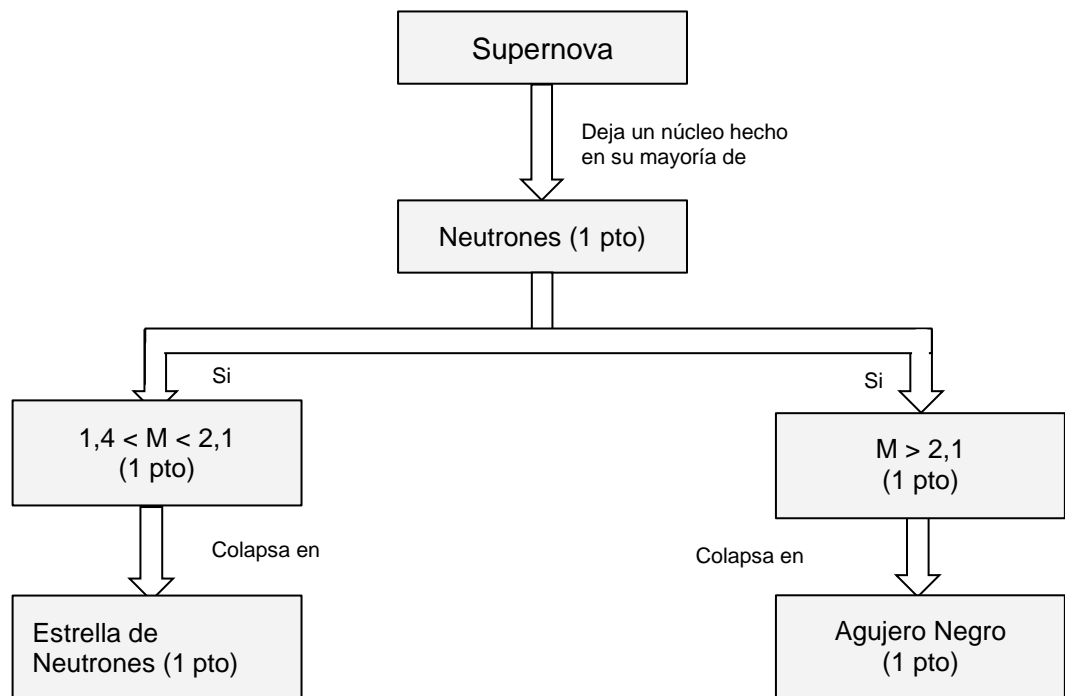
Pregunta N°4	Explica correctamente qué es el horizonte de sucesos	Explica incompletamente qué es el horizonte de sucesos faltando información clave	Explica incorrectamente qué es el horizonte de sucesos, sin embargo, muestra nociones básicas al respecto	No explica qué es el horizonte de sucesos	
--------------	--	---	---	---	--

• Actividad Final: ¡Pongamos a Prueba lo Aprendido!

	Logrado (3 Puntos)	Medianamente Logrado (2 Puntos)	Levemente Logrado (1 Punto)	No Logrado (0 Puntos)	Puntaje
Pregunta N°1	Describen correctamente como las variables de masa, fusión de hidrogeno, temperatura, etc, afecta al destino final de la estrella	Describen incompletamente como las variables de masa, fusión de hidrogeno, temperatura, etc, afecta al destino final de la estrella	Describen incorrectamente como las variables de masa, fusión de hidrogeno, temperatura, etc, afecta al destino final de la estrella, sin embargo, muestra nociones básicas al respecto	No describen como las variables de masa, fusión de hidrogeno, temperatura, etc, afecta al destino final de la estrella	
Pregunta N°2	Describe correctamente las condiciones para que se formen las estrellas de neutrones y agujeros negros. (Paso por supernova tipo II, masas iniciales y límite de Chandrasekhar)	Describe correctamente las condiciones para al menos uno de los destinos finales de las estrellas, es decir, estrellas de neutrones y agujeros negros.	Describe incompletamente las condiciones para que se formen las estrellas de neutrones y/o agujeros negros.	No describe las condiciones para que se formen las estrellas de neutrones ni agujeros negros.	

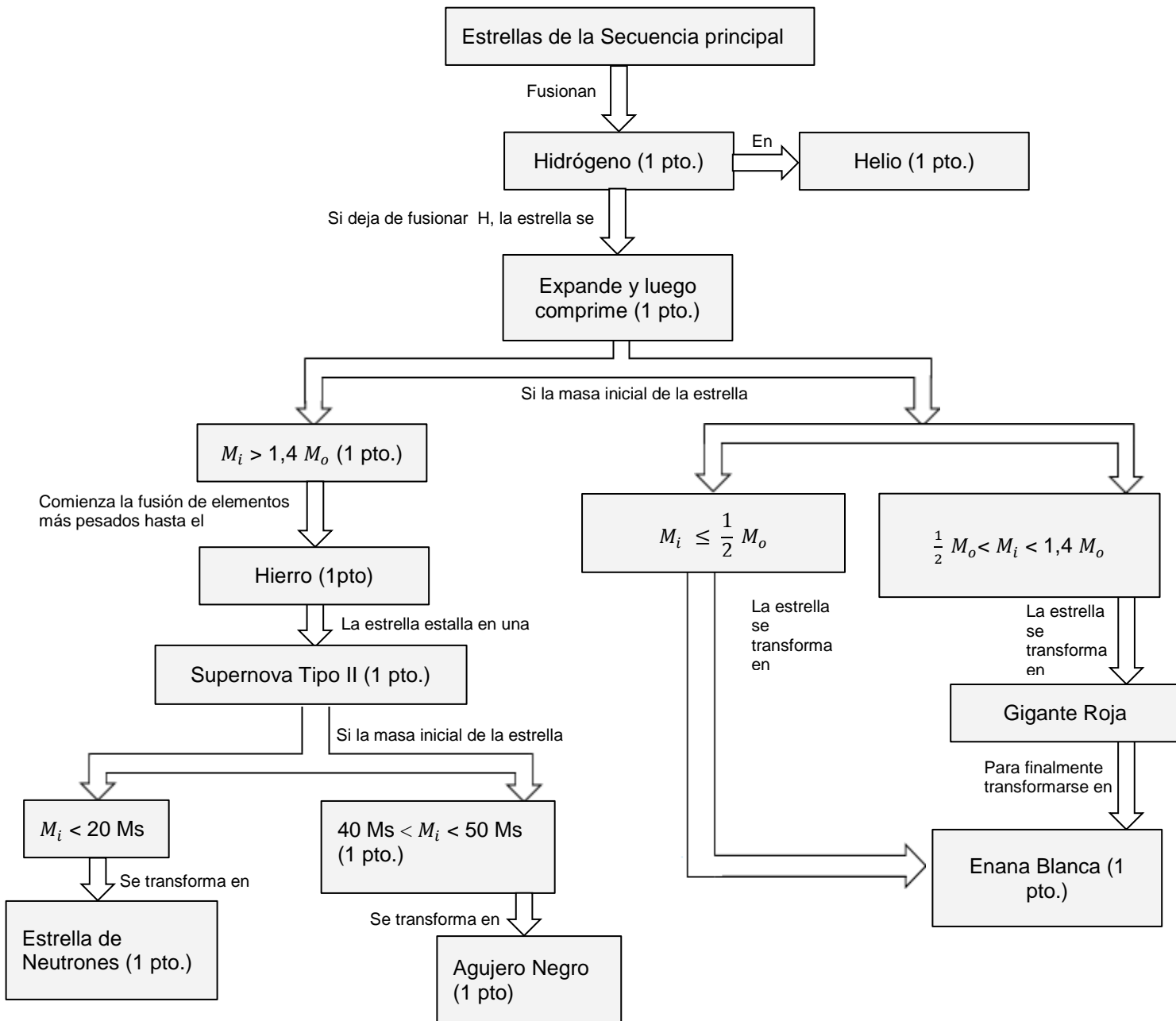
Pregunta N°3	Explica correctamente mediante el diagrama y en su explicación escrita, el transcurso del sol desde que deja de fusionar hidrógeno hasta convertirse en enana blanca	Explica correctamente mediante el diagrama o en su explicación escrita, el transcurso del sol desde que deja de fusionar hidrógeno hasta convertirse en enana blanca	Explica incompletamente mediante el diagrama y/o en su explicación escrita, el transcurso del sol desde que deja de fusionar hidrógeno hasta convertirse en enana blanca	No explica ni mediante el diagrama ni en su explicación escrita, el transcurso del sol desde que deja de fusionar hidrógeno hasta convertirse en enana blanca	
Pregunta N°4	Véase el diagrama de la pregunta 4 – Actividad Final para el puntaje que se le debe asignar al mapa conceptual.				

- Diagrama Pregunta 4 – Primera Actividad



Puntaje total: 5 pts.

- Asignación de puntos Pregunta 4 – Actividad Final



Puntaje total: 10 pts.

**Puntaje total Guía: 57 pts.**

## **Anexos**

### **Anexo 1: Estándares orientadores para carreras de pedagogía en educación media.**

El siguiente texto presenta el estándar número nueve de Tierra y Universo.

#### **Tierra y Universo**

Estándar 9: Describe y comprende los aspectos principales asociados a la formación evolución de cuerpos y estructuras cósmicas, así como la estructura y dinámica de la Tierra.

El futuro profesor o profesora comprende que los fenómenos astronómicos y aquellos relacionados con la dinámica terrestre han cobrado fuerza en los últimos años, tanto por su importancia como por el avance que han tenido las técnicas y los instrumentos asociados a su estudio. Por ello, el futuro profesor o profesora comprende los conceptos, leyes, modelos y teorías que dan cuenta de los principales fenómenos asociados a la formación, evolución, dinámica y características de la Tierra y de grandes estructuras del Universo. Es capaz de cuantificar y establecer relaciones entre los tamaños de los cuerpos y estructuras celestes, así como las distancias entre ellos. Conoce y utiliza analogías, modelos, problemas y estrategias desafiantes que permitan construir y evidenciar aprendizajes, habilidades, contenidos y actitudes relacionadas con la formación y evolución de cuerpos y estructuras cósmicas, así como la estructura y dinámica de la Tierra.

Lo que se manifiesta cuando:

1. Utiliza escalas de tiempo y distancia a nivel astronómico, así como los órdenes de magnitud correspondientes, para caracterizar diversos cuerpos y estructuras del universo.
2. Describe los fundamentos de los diferentes modelos del sistema solar que se han sucedido a lo largo de la historia, así como de las teorías actuales respecto de la formación de la Tierra, su atmósfera y sus mares.
3. Relaciona diversos movimientos de la Tierra y de la Luna y sus posiciones relativas respecto al Sol, con fenómenos naturales como día-noche, estaciones del año, fases de la Luna, eclipses, mareas y solsticios, entre otros.

4. Analiza la estructura interna de la Tierra desde diversas perspectivas (origen, características mecánicas, composición química) y relaciona su dinámica con algunas de sus manifestaciones.
5. Describe los procesos sísmicos y de erupción volcánica, junto con sus características y las precauciones y medidas preventivas para la vida de las personas ante su ocurrencia o la posibilidad de ella.
6. Fundamenta las principales evidencias que sustentan la teoría del Big Bang, describe y comprende las principales etapas de la evolución de diferentes tipos de estrellas, y su rol en la formación de elementos químicos y la evolución del universo.
7. Implementa procedimientos para identificar y localizar, a simple vista y por medio de instrumentos ópticos, diversos astros en el cielo nocturno.
8. Describe las principales teorías acerca de la formación de la Tierra y la Luna y, en términos generales, el proceso de formación y las principales características de los diversos cuerpos del Sistema Solar, estableciendo relaciones de tamaño y distancia entre ellos.
9. Establece relaciones entre diversos procesos de transformación de la hidrósfera, litósfera y atmósfera, y procesos de intercambio de materia y energía.

Fuente: Elaboración propia con base en información oficial (MINEDUC 2012).