



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA**
Unidad Azcapotzalco

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

VISUALIZACIÓN A TRAVÉS DEL RAZONAMIENTO CUALITATIVO: UN FENÓMENO DE ASTROFÍSICA

Eric Omar Torres Velasco
ORCID: 0000-0003-1452-5417

Tesis para optar por el Grado de Maestro en Diseño
Posgrado en Diseño y Visualización de la Información
Sistemas de Visualización en Información Científica

Miembros del Jurado:

Dr. Ana Lilia Laureano Cruces
Director de la Tesis

Dr. Alfredo J. Santillán González
Co-Director de la Tesis

Dr. José Gustavo Iván Garmendia Ramírez
Dr. Alfredo Garibay Suárez
Dr. Nora A. Morales Zaragoza

Ciudad de México, mayo de 2021

Agradecimientos

El logro de este proyecto de investigación fue posible, gracias al apoyo de personas talentosas a quienes admiro y deseo expresar mi reconocimiento.

Agradezco enormemente a Ana Lilia Laureano Cruces, Alfredo Santillán González, Iván Garmendia Ramírez, Alfredo Garibay Suárez, Gustavo de la Cruz Martínez, Diego Méndez Granados y Nora Morales Zaragoza.

A los profesores, directores y especialistas en la emergencia de la materia Martha Mora, Adán Ríos, Gilmar Ayala, Fernando Minaya, Lizbeth Gallardo, Jorge Sánchez de Antuñano, Blanca López, Roberto García Madrid, Bela Gold Kohan, María Olalde Ramos, Yadira Alatriste, Roman Anselmo, Rodrigo Ramírez, Alejandra Valeria, Yesica Álvarez y Yara Álvarez.

A mis amigos y familia Valeria Aguirre, Emilio Ocelotl, Marianne Teixido, Fernando Elizalde, Quetzalli Salcedo, Alejandra Mateos, Carlos Guerrero, Alejandro Reyes, Carlos Palacios, Mario Carranza, Guadalupe Velasco y Martha Velasco.

Sin más qué decir, gracias.

Resumen

En este trabajo se desarrolla la implementación de una *interfaz-interactiva* lúdica; teniendo como base teórica el *razonamiento cualitativo*. Para lograrlo, se utilizan técnicas de diseño y *visualización* de la información, así como ingeniería de software. Lo anterior se realiza con el propósito de mostrar la diferencia entre brillo real vs brillo aparente de una estrella.

El *razonamiento cualitativo*, propuesto por el Dr. Kenneth D. Forbus en 1996, representa una característica del humano para analizar los fenómenos físicos; lo cual permite comprender sus implicaciones al relacionarlas con las variables asociadas al: espacio, tiempo y cantidad. Forbus hace énfasis en el *razonamiento causal*, puesto que puede ser utilizado como instrumento para visualizar fenómenos, otorgándole el crédito a las hipótesis del comportamiento observado o postulado. Por lo que este tipo de razonamiento es una herramienta idónea para generar: explicaciones, mediciones, interpretaciones, planificación de experimentos y por extensión, la comprensión y el aprendizaje.

El caso de estudio implica la simulación de un proceso físico basado en su ecuación matemática (con 2 grados de libertad) que relaciona la distancia de una estrella con sus brillos absoluto y aparente, respectivamente. Aquí es donde se encuentra la aportación al campo de la *visualización* con la apertura de un punto de intersección, entre el diseño de interfaces interactivas y la simulación visual de procesos físicos.

Asimismo, uno de los objetivos de este trabajo es: generar conocimiento explotando nuestras capacidades de percepción visual al requerir de representación y presentación de datos o conceptos comúnmente abstractos o complejos en información clara, oportuna, valiosa, relevante, accesible, inteligible y concisa.

Palabras Clave: razonamiento cualitativo, razonamiento causal, diseño de información, visualización, interfaz-interactiva, módulo de distancia, magnitud aparente, magnitud absoluta, representación del conocimiento, estructuras cognitivas.

Índice general

Agradecimientos	ii
Resumen	iii
Capítulo 1	1
1. Introducción	1
1.1. Estructura de la memoria	3
Capítulo 2	6
2. Razonamiento como proceso cognitivo	6
Capítulo 3	9
3. Razonamiento cualitativo	9
3.1. Tipos de razonamiento cualitativo	11
3.2. Diseño conceptual del espacio cantidad	13
3.3. Caso de estudio	15
Capítulo 4	17
4. Módulo de distancia	17
4.1. Escala de magnitudes aparentes	18
4.2. Paralaje estelar	20
4.3. Magnitud Aparente	22
4.4. Magnitud Absoluta	23
4.5. Corrección por absorción	25
4.6. Misión espacial <i>Hipparcos</i>	26
Capítulo 5	29
5. Análisis y diseño de la visualización	29

5.1. Fases de la metodología general del diseño	29
5.2. Modelo anidado para el análisis y diseño de la visualización	30
5.2.1. Fases de validación.....	31
5.2.1.1. Dominio	32
5.2.1.2. Abstracción de tareas y datos	36
5.2.1.3. Codificación visual.....	40
5.2.1.4. Algoritmo.....	50
Capítulo 6	53
6. Conclusiones	53
6.1. Resultados previstos.....	53
6.2. Aportaciones potenciales	54
6.3. Trabajos futuros	55
Bibliografía y referencias	58
Índice de tablas y figuras	69
Anexos	73
Apéndice A. Rasgos técnicos de la plataforma de Processing	
Apéndice B. Resolución de problemas Módulo de distancia	
Apéndice C. Procesamiento de datos con Python	
<i>Curriculum Vitae</i>	

Capítulo 1

Introducción

La *visualización* en la ciencia inicia como un modo para estructurar conceptualmente el espacio en relación con un sistema blanco. Por ejemplo, para determinar la posición de los astros en la bóveda celeste, se podría utilizar la esfera armilar, un instrumento que permitió en la antigüedad representar la concepción del *sistema geocéntrico*, a partir de las observaciones de *Ptolomeo* en el siglo II.

Conforme este conocimiento evoluciona, se diseñan artefactos más sofisticados con el propósito de describir con precisión los sistemas existentes en la naturaleza. Por ello, los artistas y científicos contemporáneos están interesados en reconstruir fenómenos en la ciencia, trazando diversas herramientas de representación lógico visual no-lingüístico como la diagramática o las gráficas conceptuales (Allwein, Barwise, 1996; Greaves, 2002; Shin, 1994).

Paulatinamente, estos dispositivos diagramáticos se comenzaron a expandir por todo el mundo para responder, hoy en día, a esta asociación con el avance e innovación en la disciplina del diseño y las ciencias de la computación. De modo que la *visualización* en la ciencia no surge a partir del uso actual y constante de la tecnología que el siglo XXI nos provee, sino que la representación pictórica para el pensamiento ilustrado proviene de una antigua y venerable historia.

Hallazgos revolucionarios de la temprana Edad Moderna dan constancia de que se comenzaba ya a instrumentalizar la idea de arquitecturas conceptuales como resultado de la creencia empírica y determinista (Gómez, 2009). Muestra de lo anterior, está presente en los *Principia Mathematica* de Newton, publicados en 1687. En los que se ejemplifican, mediante el uso de diagramas geométricos, los fundamentos de la física y la astronomía moderna (Asimov, 1975; Carroll, Ostlie, 2014; Giere, 1999, Hawking, 1992).

Dentro del área de los modelos en la ciencia, la *visualización* o representación de una mediación pictórica desempeña un importante papel para la comprensión de las teorías científicas, por ejemplo: la representación del modelo del átomo, la doble hélice del ADN, la explicación de

la Deriva Continental, el *módulo de distancia* (caso de estudio), por mencionar algunas (Giere, 1999; Gómez, 2009; Weisberg, 2013).

Por lo que el diseño de interfaces interactivas, como artefactos cognitivos, potencializan y amplifican la cognición facilitando la comprensión que existe sobre un fenómeno en la naturaleza (Bertin, 1983; Cañas, Waerns, 2001; Card, Mackinlay, Shneiderman, 1999; McCormick, DeFanti, Brown, 1987; Norman, 1991, 1993; Meirelles, 2013; Munzner, 2014; Ware, 2013).

Este artefacto cognitivo de *visualización* posibilita la concepción de la noción teórica, debido a que reconstruye las dimensiones conceptuales de un dominio abstracto, expandiendo nuestras capacidades y revelando patrones o relaciones a partir de los principios del análisis, el diseño y la ciencia de datos (Meirelles, 2013; Munzner, 2014; Tory, Möller, 2005; Ware, 2013; Zhu, Chen, 2008).

Asimismo, este tipo de cognición implica el establecimiento de nuestras conexiones lógicas y causales para la resolución de problemas o toma de decisiones en el futuro. Lo anterior, con base en la *teoría del proceso cualitativo* de Kenneth Dale Forbus (1984) puesto que permite explicar cómo se realiza la comprensión de nuevas *estructuras cognitivas* mediante el uso del *razonamiento cualitativo*, en especial el *razonamiento causal*.

Por lo tanto, el concepto de *visualización* que se tomará para este trabajo de investigación es el siguiente:

La visualización es la internalización de una representación pictórica, principalmente, de datos o conceptos comúnmente abstractos o complejos. En información clara, oportuna, valiosa, relevante, accesible, inteligible y concisa.¹

¹ Es importante mencionar que la definición de *visualización* se acota a esta aproximación, debido a las condicionantes del proyecto. Por lo que, sin lugar a dudas, ‘la definición’ puede ser mucho más amplia de lo que exclusivamente se expone o presenta aquí.

Recientemente, nos enfrentamos a la aceleración en los procesos de producción durante la etapa post industrial de principios del siglo XXI. Por este motivo, los modelos que se utilizan para explicar, descubrir y predecir, con base en los datos de algún fenómeno en la ciencia, se han transformado debido al avance tecnológico y a la distribución de los contenidos como hiperconsumo.

Es decir, desde los años ochenta la evolución en el control y poder de cálculo del ordenador ha posibilitado la creación de mediaciones gráficas descriptivas o automatizadas ensamblando exuberantes cantidades de bases de datos públicas (Santillán-González, 2011; Santillán-González, Hernández-Cervantes, 2010; Santillán-González, Hernández-Cervantes, Franco, 2004).

Estas mediaciones podrían concebir la respuesta a la emergencia del descubrimiento científico o a la innovación teórica, puesto que desde los años noventa permiten describir e internalizar nuevos significados del conocimiento en el campo de la *visualización* por medio de los conceptos de interfaz, navegación e interacción (Card et al., 1999; Coates, Ellison, 2014; Earnshaw, Vince, Jones, 1997; Flores, 2007; Krug, 2005; Munzner, 2014; Sears, Jacko, 2009).

Como consecuencia de esto, una de las premisas fundamentales es determinar cómo la disciplina del diseño de manera sistemática nos aproxima a las técnicas y herramientas adecuadas para comprender, dirigir y situar las dimensiones conceptuales de un dominio abstracto, aun cuando el nivel de complejidad de los datos sea muy alto.

Estructura de la memoria

Con base en lo anterior, este trabajo de investigación se organiza a partir de la siguiente exposición de capítulos que ahondan en cada uno de los temas necesarios para responder al objetivo:

En el **segundo capítulo**, se define el razonamiento como un proceso cognitivo, el cual se encarga de la construcción interna del lenguaje y de la resolución de problemas de la vida experiencial. La razón opera mediante la construcción de esquemas de pensamiento lógicos,

válidos, probables o adaptables más allá de las relaciones mapeadas dadas entre sí, para estructuralmente deducir, inducir o abducir por medio del argumento en el lenguaje, la fundación de principios y *representación del conocimiento* acerca de los aspectos del mundo que nos rodea (Medin, Ross, Markman, 2005).

En el **tercer capítulo**, se describe la relación entre el *razonamiento cualitativo* y la *visualización* vista como un área en «donde se crean representaciones de aspectos continuos del mundo real, cuyas características implican espacio, tiempo y cantidad» (Forbus, 1996: 3). El empleo del *razonamiento cualitativo* provee la facultad para la creación de representaciones o *estructuras cognitivas* complejas, las cuales nos permiten razonar con los cambios que se producen en los valores de las variables continuas de un proceso físico.

En el **cuarto capítulo**, se revisa la explicación del *módulo de distancia*, con el objetivo de ubicar los conceptos de las variables o parámetros físicos del dominio que se requieren para visualizar la ecuación correspondiente en este trabajo.

En el **quinto capítulo**, se aborda el procedimiento metodológico mediante el proceso general del diseño involucrando la fase de implementación de la *interfaz-interactiva*, complementándolo con el modelo anidado para el análisis y diseño de la *visualización* (Munzner, 2014). Además, se integran las siguientes técnicas para la gestión de nuevas tecnologías de la información como: la *usabilidad* (Krug, 2005; Shackel, 1991), el *Diseño Centrado en el Humano* (Norman, 1991, 1993; Norman, Draper, 1986), la *Interacción Humano-Computadora* (Dix, Finlay, Abowd, Beale, 2004; Sears, Jacko, 2009), la *Ergonomía Cognitiva* (Cañas, Waerns, 2001; Gamboa, 2007) y el modelo emocional o análisis conductual para interfaces inteligentes (Laureano-Cruces, De Arriaga, García-Alegre, 2001; Laureano-Cruces, Terán-Gilmore, De Arriaga, 2004; Laureano-Cruces, Miranda-Rochín, Ramírez-Rodríguez, Mora-Torres, Sánchez-Guerrero, 2018).

En el **sexto capítulo**, se presenta el análisis de los resultados previstos y las aportaciones potenciales, además de las posibles futuras líneas de investigación para el área de *representación del conocimiento* científico.

Apéndice A. Se describen los rasgos técnicos de la plataforma informática y el lenguaje de *Processing*.

Apéndice B. Se muestran algunos ejercicios de resolución prácticos con la ecuación del *módulo de distancia*.

Apéndice C. Se presenta el procesamiento de datos con el catálogo de estrellas de la misión espacial *Hipparcos*.

Capítulo 2

Razonamiento como proceso cognitivo

El razonamiento es el proceso cognitivo con la función de reflexionar sobre la construcción sistémica de la realidad. Esta operación mental es la conducta que influyó a la tradición intelectual de la antigua Grecia con el fin de comprender los procesos de pensamiento lógicos y culturales.

En el Renacimiento y la Ilustración, grandes pensadores (Descartes, Locke, Kant) conceptualizaron la verdad empírica y dualista por medio de la *representación del conocimiento* y la capacidad procedimental del juicio humano para abstraer (Smith, Kosslyn, 2008).

Posteriormente, a finales del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX, la revolución cognitiva dió a un conjunto de nuevas disciplinas para el estudio teórico-empírico y experimental de la cognición como las ciencias cognitivas, la inteligencia artificial, entre otras.

Smith y Kosslyn (2008) consideran que pensar es: «el proceso de representación mental de algunos aspectos del mundo (incluyéndonos a nosotros mismos) y [a la] transformación de estas representaciones de tal modo que se generen nuevas representaciones útiles para nuestros fines u objetivos» (p. 434).

De modo que, el razonamiento es la facultad de ser conscientes durante el proceso de pensamiento. Así, pensamos mientras somos o estamos conscientes de que existimos y de que nos asociamos al espacio de manera conceptual en conjunto con las leyes de percepción y la evolución de la memoria humana. Por lo que,

«Pensar es con frecuencia (pero no siempre) un proceso consciente, en el cual somos conscientes del proceso de transformación de las representaciones mentales, y se puede recapacitar sobre la reflexión en sí misma» (Smith, Kosslyn, 2008: 434).

Del mismo modo, Pérez, Gutiérrez, García y Gómez (2005) relacionan la concepción del pensamiento como la habilidad de pensar. Así pues,

«(...) la propia capacidad de pensar [es] la prueba que sustenta la existencia del constructo hipotético conocido como mente (por ejemplo, English, 1951; Merani, 1976; Ferrater, 1981; Canda, 1999) convirtiéndose, por tanto, en el proceso cognitivo superior por antonomasia» (Pérez et al., 2005: 194).

El razonamiento es un ejemplo de un sistema terminológico conceptual complejo y, a su vez, una conducta con propiedades cognitivas que crea e intercambia diversas clases de sistemas de símbolos como el lenguaje. De manera que la mente puede «crear, corregir, transformar y recrear productos, sistemas y hasta universos de significado totalmente nuevos» (Gardner, 2006: 24–25).

Norman y Lindsay (1977) señalan que un requisito previo a la capacidad de pensar es la construcción de representaciones internas de eventos externos. Es decir, se mapean los procesos involucrados con la estructuración de la información percibida en esquemas sensoriomotores. De modo que estas estructuras internas estén siempre disponibles cuando los procesos de pensamiento se liberen de la dependencia del medio ambiente.

Por lo que, una representación interna del mundo puede anticipar una secuencia de eventos por medio de una simulación mental evitando la acción que determina sus consecuencias. La simulación mental es la esencia del pensamiento (Norman, Lindsay, 1977). Por ejemplo, existe la posibilidad de deducir esquemas de razonamiento válidos con la teoría de las *tablas de verdad*.

Esto es, transformar las estructuras conceptuales del lenguaje hacia la semántica de la lógica proposicional. Esta semántica declara literales simples de los argumentos como variables metafóricas con valores falsos y verdaderos, con la finalidad de componer expresiones lógicas de pensamiento válido o probables.

En resumen, el estudio de la actividad cognitiva del razonamiento permite comprender los procesos de transformación internos que existen para la comprensión del entorno, así como el funcionamiento del sistema nervioso en el cerebro (Gardner, 1985; Pueyo, 1996; Smith, Kosslyn, 2008).

Por lo que, en este trabajo es importante conocer cuáles son esos procesos y cómo se puede razonar cualitativamente enfatizando en el *razonamiento causal* para el desarrollo de una *interfaz-interactiva* que permita conocer la relación brillo y distancia de las estrellas como se verá a partir del siguiente capítulo.

Capítulo 3

Razonamiento cualitativo

El *razonamiento cualitativo* es un área «donde se crean representaciones de aspectos continuos del mundo real, cuyas características implican espacio, tiempo y cantidad» (Forbus, 1996: 3).

Kenneth D. Forbus² señala que, para comprender el razonamiento físico del sentido común, primero, hay que entender cómo razonar cualitativamente los procesos físicos. Un proceso físico es una secuencia de eventos ocurridos sobre un periodo de espacio-tiempo, en donde los parámetros continuos de los objetos provocan que estos se muevan, colisionen, fluyan, doblen, calienten, enfríen, estiren o evaporen.

Forbus (1984) contextúa que razonar los procesos físicos implica representar constantemente cantidades que expresan las cualidades eventuales de un sistema. Es decir, el *razonamiento cualitativo* consiste en pensar cómo ocurren dichos procesos desde la perspectiva de los cambios que suceden en sus propiedades físicas en diferentes instantes.

Por lo que al internalizar lo procedimental, se podrían generar explicaciones o trazar conclusiones. En cuanto a la concepción de ‘cambios’, el autor define ciertas convenciones (tiempo, espacio, historias y cantidad) para describir y modelar las propiedades de los objetos de una situación dada.

De tal modo que el tiempo es el conjunto de instantes asignados a algún orden global. Estos instantes asignados de manera secuencial permiten recrear o tejer un modelo cualitativo de estados de cambio sobre un proceso o fenómeno físico.

² Kenneth Dale Forbus, Dr. en Inteligencia Artificial por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Profesor de Ciencias de la Computación y profesor de Educación en la Universidad de Northwestern.

Esta definición será muy importante en este trabajo, debido a que determina las limitantes de espacio en relación con la comprensión del razonamiento físico del sentido común. Por este motivo, la representación más significativa que se tomará es la de Allen (citada en Forbus, 1984) la cual asume que:

«[...] time is composed of intervals that may be related in several ways, such as one interval being *before*, *after*, or *equal* to another. A novel feature of this representation is that two intervals can *meet*; that is, the start of one interval can be directly after the end of another interval, such that no interval lies between them (i. e., in this representation, time is not dense). Instants are represented as “very short” intervals which have zero duration but still have distinct beginnings and ends» (Forbus, 1984: 19).

A simple vista esta definición parece bastante completa, pero aún deja de lado la solución al problema del marco que menciona el autor. Por ello, se añade a esta inicialización la noción de historias propuesta por Hayes (citada en Forbus, 1984). Debido a que las historias no solo describen las extensiones de los objetos, sino que también limitan su espacialidad mediante el conjunto de episodios y eventos ocurridos en las propiedades físicas. Por lo que...

«[...] the history of an object is made up of episodes and events. Episodes and events differ in their temporal aspects. Events always last for an instant, while episodes usually occur over an interval of time. Each episode has a start and an end which are events that serve as its boundaries» (Forbus, 1984: 28).

En resumen, gracias a este encadenamiento y encapsulamiento de estados de razonamiento cualitativos, se reconocen los procesos que alteran o afectan a los parámetros físicos de los objetos: estos vistos como valores de cantidad extraídos de un rango continuo flujo de la realidad.

Asimismo, Hayes (citada en Forbus, 1984) introduce la clase parámetro de historia para atender el modo de cambio de un parámetro particular de un individuo en específico. Esto es que en cada historia del objeto se incluyen las historias de sus parámetros.

«The criteria for individuation, for breaking up time into episodes and events are changes in the values of quantities and their parts. The spatial component of parameter histories is inherited from the object they are a parameter of» (Forbus, 1984: 28).

Cuando se diseña una *interfaz-interactiva*, se debe tomar en consideración el *razonamiento cualitativo*. Es decir, se deben presentar los procesos de cambio de estados físicos sucedidos a partir de las propiedades continuas o los atributos mapeables del fenómeno científico a visualizar. De modo que en el momento que el usuario interactúa con la interfaz y modifica un valor, el parámetro de historia debe ser atendido en tiempo real.

Para ejemplificar el diseño de una *interfaz-interactiva* por medio del *razonamiento cualitativo*, lo podemos hacer a través de los parámetros de brillo y distancia de una estrella. De tal manera que el valor del número de la cantidad del parámetro brillo cambia en relación con el valor del número de la propiedad distancia. Dicho de otro modo, el valor es igual a la cantidad y la cantidad es igual al parámetro físico de un objeto dentro de un espacio gradiente de tolerancia.

Tipos de razonamiento cualitativo

El empleo del *razonamiento cualitativo* provee la facultad para la co-creación de *estructuras cognitivas* complejas. Estas representaciones permiten razonar en los cambios que se producen en los valores (cantidades) de las variables continuas de una entidad física.

Existen siete clases de *razonamiento cualitativo* (Forbus, 1984, 1996; Laureano-Cruces *et al.*, 2004), enfocadas en la actividad procedimental posibilitando la comprensión de nuevas *estructuras cognitivas*. A continuación, se presenta una breve explicación de los diferentes tipos de razonamiento:

1) Actividad definatoria: deduce qué es lo que está sucediendo en un determinado momento (el aquí y ahora). Este razonamiento es una operación básica que también funciona implícitamente en las otras tareas dentro de la dinámica cualitativa.

2) Predicción: define qué es lo que sucederá con un determinado hecho o fenómeno en el mundo físico a partir de información incompleta, imprecisa o abstracta para crear sus posibles descripciones en un cierto periodo. Lo anterior implica incertidumbre en el razonamiento e imprecisión en los datos. De aquí se presenta la posibilidad de generar diferentes futuros (Laureano-Cruces, Barceló-Aspeitia, 2003).

3) Postdicción: explica cómo un estado de cosas o una situación concreta pudo haber sucedido. La postdicción exige más que la predicción, debido al potencial para postular objetos y a la dificultad para encadenar los hechos hacia atrás con información incompleta. Si se tiene el conocimiento que se requiere para dicha situación y un control de la dinámica o mecánica, se sabrá qué objetos de ese estado se desvanecen y aparecen dentro de un fragmento de marcos conceptuales, a pesar de la existencia de muchas otras opciones que se podrían presentar para resolver dicha tarea.

Este razonamiento tiene dos fases: un conjunto de posibles explicaciones y una construcción de explicaciones (de estas se elige la mejor fase) como se muestra en la Tabla 3.1. Esta teoría también es conocida como lógica abductiva (Aliseda, 1997).

Tabla 3.1.

Ejemplo de Lógica abductiva

Eventos	Posibles explicaciones
El metro no avanza más de 40 minutos entre una y otra estación.	<ul style="list-style-type: none"> ● Hubo una marcha en la ciudad. ● Hay mucha gente.
Se apagan tanto las luces como el motor del vagón.	<ul style="list-style-type: none"> ● No hay electricidad. ● Hubo un corto circuito.

Fuente: elaboración propia

4) Análisis escéptico: determina la consistencia de una descripción acerca de un fenómeno físico, por ejemplo: evaluar el movimiento perpetuo de una máquina. Este tipo de razonamiento es esencial cuando se obtiene información inconsistente y teorías incipientes que buscan explicar

fragmentos del mundo abstracto. Por ejemplo, una inconsistencia de la *visualización*, en el caso de estudio, se determina con la falta de *representación del polvo cósmico* o con la incipiente resolución a nivel figurativo para representar las estrellas sin *vientos solares ni reacciones nucleares*.

5) Interpretación cuantitativa: infiere con respecto a una descripción parcial de una situación y algunas observaciones de su comportamiento: qué otras particularidades existen y qué más podría suceder. Lo anterior podría implicar modelos estadísticos.

6) Planificación experimental: planea acciones con base en el conocimiento de lo que es observado y manipulado para dar camino a mayor información acerca del fenómeno.

7) Razonamiento causal (causa-efecto): calcula la descripción de un comportamiento atribuido por cambios en los valores de los parámetros continuos. Este tipo de razonamiento es una herramienta para asignar el crédito a las hipótesis del comportamiento observado o postulado. Por ello, el *razonamiento causal* es indispensable para generar explicaciones, mediciones, interpretaciones y una planificación de experimentos a fin de que se logre la comprensión. Lo anterior implica la dependencia o independencia de variables en un fenómeno físico.

Por lo tanto, en este trabajo se utilizará el *razonamiento causal* como herramienta para visualizar el *módulo de distancia* de la astronomía por medio de una *interfaz-interactiva* lúdica.

Diseño conceptual del espacio cantidad

Bozzo y Fenves (1994) presentan el diseño conceptual del *espacio cantidad* a partir del *razonamiento cualitativo* de Forbus (1984) como metodología para un marco teórico centrado en el espacio y la descripción acerca del comportamiento de sistemas estructurales sujetos a cargas. Este marco incluye la representación topográfica y geométrica de una estructura.

Lo anterior quiere decir que, «para razonar sobre los sistemas estructurales, es más importante representar los cambios en el espacio que los cambios en el tiempo» (Bozzo, Fenves, 1994: 62). Razonar el comportamiento estructural de un sistema es calcular las relaciones entre las

magnitudes de sus parámetros (si su relación es mayor, igual o menor o si: se incrementa, disminuye o mantiene igual).

Asimismo, hay dos aproximaciones para representar la topología de una estructura. En la primera, se representan las conexiones entre los componentes. En la segunda, se representan los componentes entre las conexiones. Ambas describen la misma información topológica. Una puede ser expresada en términos de la otra (Bozzo, Fenves, 1994) como lo muestra la Figura 3.1.

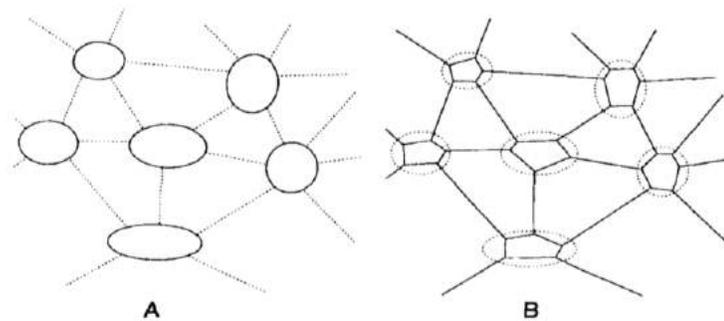


Figura 3.1. Topología de la misma estructura. Tomada de Capra (1996)

La Figura 3.2 señala trece direcciones cualitativas que describen la orientación de un vector en el espacio, así como el eje de un componente. Las trece orientaciones definen el número mínimo de direcciones cualitativas para representar cualquier vector. La eliminación de las orientaciones redundantes no reduce la expresividad de la descripción geométrica, pero aumenta la eficiencia de inferencia.

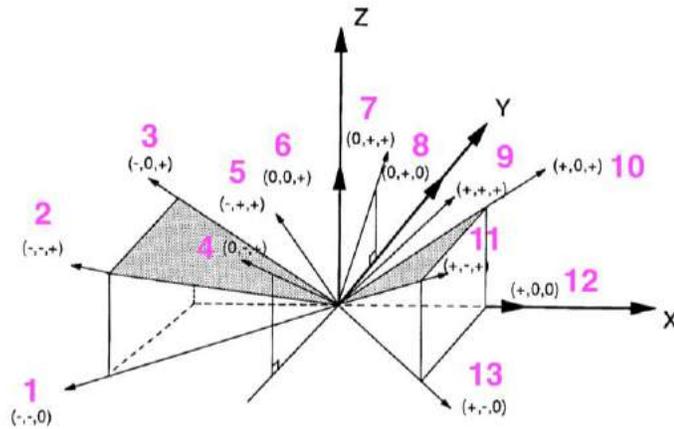


Figura 3.2. Trece orientaciones de un vector. Tomada de Bozzo y Fenves (1994)

Con esta representación, la orientación cualitativa para un vector tiene tres parámetros, uno para cada uno de los cosenos de dirección. Al igual que con otros parámetros cualitativos, las relaciones de parámetros conectan el valor absoluto de los cosenos de dirección para dos vectores (Bozzo, Fenves, 1994).

De modo que los elementos en un *espacio cantidad* están determinados por las comparaciones necesarias para establecer ciertos tipos de hechos. Como solo existe un número finito de elementos en un espacio cuantitativo razonable, entonces, solo existe un número finito de valores distinguibles.

En consecuencia, el valor de un parámetro es descrito en términos de su *espacio cantidad*. El *espacio cantidad* es una abstracción de valores de dicho parámetro sobre un conjunto de intervalos que son relevantes para el orden parcial del problema (Bozzo, Fenves, 1994; Forbus, 1984).

Caso de estudio

La geometría de una estructura se representa por medio de sus atributos o cualidades mapeables, por ejemplo: la longitud y la orientación. La longitud se define a través de un espacio simple

cuantificado o cualificado por los números reales y la orientación por medio de sus ejes a través de las conexiones o relaciones entre los componentes.

Estas relaciones se asocian a partir de las longitudes de los distintos parámetros físicos. Este es el caso de qué tan alejado está el *vector 1* del *vector 2* o qué tanto brilla la estrella A con respecto a la estrella B. Lo anterior permite que la relación del espacio con el objeto celeste sea por medio de su orientación y longitud alejado de un centro de referencia (el Sol).

La *interfaz-interactiva* traduce el conjunto de vectores en un *espacio cantidad* asignando las magnitudes de estos objetos sobre la base de una ecuación matemática en tres sistemas compuestos por: **1)** brillo aparente, **2)** brillo absoluto, y **3)** distancia. Expresando el comportamiento cualitativo de la relación que une a esta diferencia de magnitudes equivalente a una escala logarítmica de distancia.

Con respecto a la distancia, esta es representada mediante un sistema de coordenadas esféricas (RA: es la Ascensión Recta; DEC: es la Declinación; y R: es la distancia del Sol a la estrella) para su orientación y un sistema de coordenadas cartesianas (X, Y, Z) para su trazo en un espacio euclidiano tridimensional sobre una superficie bidimensional.

A modo de resumen, la *teoría del proceso cualitativo* es utilizada en la creación de modelos cualitativos como aparatos integrales que permiten el acceso al conocimiento. Puesto que basamos nuestro conocimiento de la realidad trazando conclusiones acerca de fenómenos físicos, por medio de información incipiente al borde de la imprecisión y con la natural incertidumbre del ser.

Cabe resaltar que la *teoría del razonamiento cualitativo* es utilizada en varias áreas de investigación como son: **1)** la industrial donde se realiza el proceso de monitorización y diagnóstico de procesos físicos, **2)** el diseño de sistemas de tutoría inteligentes y ambientes de aprendizaje, **3)** el modelado cognitivo, entre otras (Bozzo, Fenves, 1994; Forbus, 1984, 1996; Laureano-Cruces *et al.*, 2004). Por lo que la teoría es abierta y flexible a integrarse o adaptarse a otras áreas de investigación; involucrando información más amplia o precisa.

Capítulo 4

Módulo de distancia

A diferencia de otras ciencias, en la astronomía es imposible hacer experimentación directa debido a diferentes factores. Por ejemplo, sería ilusorio medir las distancias, por métodos tradicionales, a las estrellas o diferentes objetos astronómicos, debido a que se localizan demasiado lejos de nosotros; o calcular in situ el tiempo de evolución que requiere una estrella en todo su ciclo de vida, desde que nace hasta que muere, que puede ser de varios millones de años.

No obstante, se puede recurrir a otras formas y tecnologías para obtener información y/o conocimiento de los objetos celestes; como el uso de telescopios terrestres y espaciales, o herramientas computacionales como las simulaciones numéricas o la creación de interfaces interactivas que nos permitan estudiar el Universo.

En el caso de estudio, se utilizan 3 cantidades típicas de las estrellas que son de gran utilidad para entender cómo están distribuidas en nuestra Galaxia: la *distancia* (d), la *magnitud aparente* (m) y la *magnitud absoluta* (M), las tres relacionadas por una ecuación conocida como el *módulo de distancia*.

Dicha ecuación que relaciona la diferencia entre la *magnitud aparente* menos la *magnitud absoluta*, con la distancia a un objeto celeste está dado por:

$$m - M = 5 \log(d) - 5$$

Donde la *magnitud absoluta* M es la magnitud o brillo convencional que tendría una estrella si estuviera a una distancia de 10 pc de la Tierra; cabe señalar que un pársec (1 pc), es una unidad de longitud o distancia equivalente a 3.086×10^{16} m. En tanto que, la *magnitud aparente* m es el brillo irreal o aparente de una estrella, es decir, tal y como la veríamos desde la Tierra; finalmente, d es la **distancia** al objeto celeste, medida en pársecs.

Cabe señalar que en astronomía se utilizan diferentes unidades de longitud dependiendo de la escala del sistema que se está estudiando, por ejemplo, a nivel del sistema planetario se utilizan las Unidades Astronómicas (AU , por sus siglas en inglés) que es la distancia promedio entre la Tierra y el Sol, equivalente a 149.6 millones de kilómetros, que en notación científica se escribe como 149.6×10^9 m.

En algunas ocasiones, se utiliza el **año luz** que se define como la distancia que recorre la luz durante un año terrestre (365 días) y es igual a 9.461×10^{15} m; por ejemplo, la estrella más cercana, después del Sol, es Próxima Centauri que se localiza aproximadamente a 4.2 años luz, es decir, que la luz que emite tarda 4.2 años en llegar a nosotros. Finalmente, en este trabajo utilizaremos como unidad de longitud los pársecs, puesto que es la que se utiliza en el *módulo de distancia*.

Escala de magnitudes aparentes

Antes del descubrimiento del telescopio, la contemplación del cielo nocturno a simple vista les permitió a los griegos clasificar a los objetos de la bóveda celeste de acuerdo a su brillo aparente en una escala dividida en 6 magnitudes.

Donde las estrellas más brillantes se clasificaron como objetos de primera magnitud ($m = +1$), mientras que las más débiles eran consideradas como sexta magnitud ($m = +6$), que es el límite del ojo humano para observar el objeto más débil sin la ayuda de un telescopio (ver Figura 4.1); en esta escala no se consideraba al Sol.

Aún cuándo este método fue popularizado por Ptolomeo, se piensa que Hiparco pudo haberlo creado. En esta escala hay un fenómeno curioso que es el hecho de que la respuesta del ojo humano a la luz es logarítmica, es decir, por naturaleza esta escala o clasificación también lo es. Fue hasta 1856, que Norman Robert Pogson, astrónomo inglés, formalizó esta escala definiendo que un objeto brillante del cielo con $m = +1$ es aquel que tiene 100 veces el brillo de un objeto con $m = +6$. Es decir, es una escala logarítmica, en la que la magnitud de una estrella es 2.512 veces superior a la de una estrella de magnitud $m + 1$, basta con calcular $(2.512)^5 = 100$.

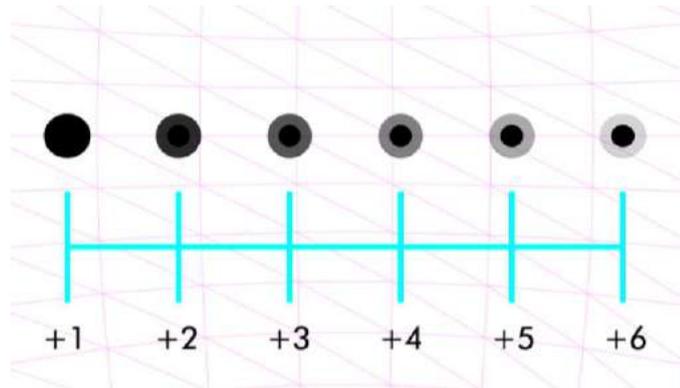


Figura 4.1. Representación de brillo estelar en seis categorías. Elaboración propia

El trabajo de observación de los astrónomos ha mejorado otorgando mayor precisión, debido a la evolución en los instrumentos de navegación –como el sextante, cuadrante y astrolabio– a partir de la época de Hypatia de Alejandría³ en el siglo IV E. C.⁴ hasta la de Tycho Brahe (1546-1601).

Esta actividad es conocida como astrometría y es una rama de la astronomía, puesto que se encarga de medir la posición y el movimiento de los astros a partir de sus propiedades continuas (Bernardi, Vecchiato, 2019; Evans, 1998; Natarajan, 2016; Tufte, 2001).

A principios de siglo XVII, Galileo Galilei (1609) apuntó con su telescopio óptico al cielo para presentar sus observaciones en su obra *Sidereus Nuncius*, publicada en 1610, en donde se ilustran los cráteres, valles y montañas de la Luna y se describen los cuatro satélites de Júpiter (Ío, Europa, Ganímedes y Calisto).

Asimismo, se publicaron sus hallazgos acerca de las fases de Venus, los anillos de Saturno, el planeta Neptuno, las manchas solares y los cúmulos de estrellas de la Vía Láctea. Estos

³ Filósofa, astrónoma y matemática neoplatónica de Egipto. Hypatia contribuyó con disertaciones de la obra Aritmética de Diofanto de Alejandría, los tratados sobre Secciones cónicas de Apolonio de Perga y Los Elementos de Euclides, las tablas astronómicas del *Almagest* de Ptolomeo, entre otros (Amenábar, 2009; Baldor, 1983; Watts, 2017).

⁴ Después de la Era Común.

acontecimientos fueron un punto de partida significativo para el nacimiento de la ciencia moderna (Carroll, Ostlie, 2014; Tufte, 1990; Seeds, Backman, 2011).

Por esta razón, la escala de brillo estelar se extendió hacia los valores de magnitud positivos para las estrellas menos brillantes y los valores de magnitud negativos para los objetos más brillantes como se ilustra en la Figura 4.2.

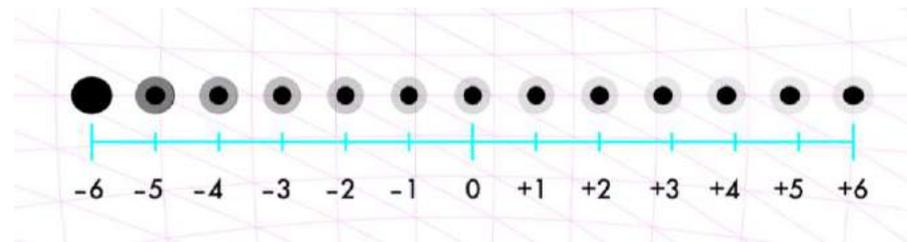


Figura 4.2. Representación de brillo escalar extendida. Elaboración propia

Paralaje estelar

Paralaje estelar es el efecto de perspectiva de nuestra línea de visión que provoca que las estrellas más cercanas parecieran moverse ligeramente en relación con las estrellas más lejanas hacia atrás. Este desplazamiento paraláctico es debido al movimiento de la Tierra alrededor del Sol.

Si se mide la variación de la posición de la estrella en perspectiva durante distintas épocas del año, entonces se puede calcular su distancia de manera directa utilizando el método de la paralaje trigonométrica, como lo muestra la Figura 4.3.

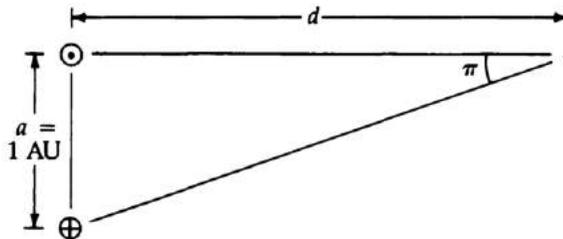


Figura 4.3. Método de la paralaje trigonométrica. Tomada de Zeilik y Gregory (1998)

Por ejemplo, si se considera que la estrella más cercana Próxima Centauri tiene una paralaje de 0.7687 segundos de arco, entonces su distancia d en pársecs sería igual a:

$$d = 1 / \pi'' = 1 / 0.7687 = 1.3 \text{ PC}$$

En 1838 Friedrich Wilhelm Bessel calculó por primera vez el valor de la paralaje estelar de 61 Cygni, Friedrich Georg Wilhelm von Struve detectó el de Vega (Alpha Lyrae) y Thomas Henderson el de Alpha Centauri.

A consecuencia de esto, se comenzó a especular sobre la inconsistencia del *modelo heliocéntrico* de Copérnico (Zeilik, Gregory, 1998). Puesto que la idea de que en una época del año la Tierra se encuentra a una distancia del Sol y en seis meses en otra, podría revelar que no somos el centro del Universo, así como la existencia de otros sistemas de estrellas que giran alrededor de cúmulos de galaxias más grandes o agujeros negros.

Posteriormente, en 1856 N. R. Pogson logró cuantificar la noción de una escala de brillo estelar verificando los hallazgos de William Herschel (1783). Por ello, se consideró que un primer orden de magnitud estelar es cien veces más brillante que un sexto orden de magnitud (Carroll, Ostlie, 2014; Seeds, Backman, 2011). Esto es, un intervalo de cinco magnitudes corresponde a un factor de:

$$100^{1/5} = 2.512$$

Lo anterior expresa la operación logarítmica que tiene la visión humana capaz de convertir proporciones iguales de intensidad real en intervalos iguales de intensidad percibida. Por lo que el ojo humano es un detector logarítmico por naturaleza.

De este modo, la luminosidad de las estrellas está sujeta a la ley que señala que el flujo lumínico de una estrella varía con el cuadrado inverso de la distancia. Como se presenta en la Figura 4.4.

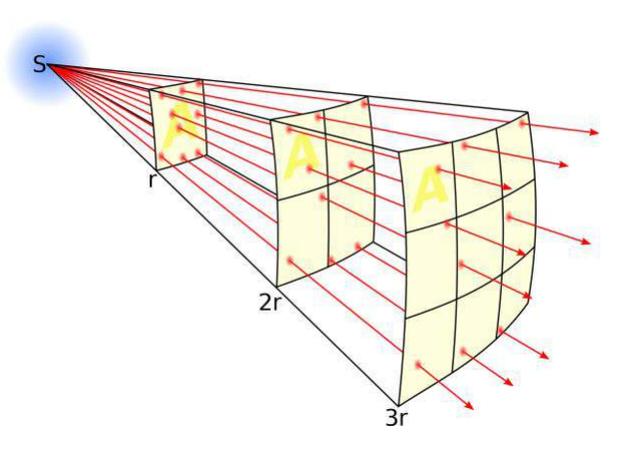


Figura 4.4. Ley del cuadrado inverso. Tomada de Wikipedia (2021)

Dicho de otra manera, si la luminosidad de una estrella se puede derivar del flujo observado, entonces la distancia de este objeto ondulatorio lumínico se puede determinar por medio de la ley de la inversa del cuadrado.

Magnitud Aparente

En algunas ocasiones, es mejor trabajar con logaritmos de base diez, en lugar de exponentes, para realizar la conversión de brillo a magnitud y viceversa (Zeilik, Gregory, 1998). Por ejemplo, si se consideran dos estrellas de magnitud m y n con sus respectivos flujos o brillos aparentes f_m y f_n . El cociente de sus brillos f_n/f_m es igual a la diferencia de sus magnitudes $m - n$. De modo que la diferencia del primer orden de magnitud corresponde a la proporción de brillo:

$$100^{1/5}$$

Por lo que, las magnitudes $m - n$ proporcionan la siguiente relación:

$$(100^{1/5})^{m-n} = 100^{(m-n)/5}$$

$$\Rightarrow fn/fm = 100^{(m-n)/5}$$

De este modo se toma como base logarítmica el número diez de ambos lados de la ecuación de la siguiente manera:

$$\log x^a = a \log x$$

$$\Rightarrow \log 10^a = a \log 10 = a,$$

$$\log (fn/fm) = [(m-n) / 5] \log (100)$$

$$= 0.4 (m-n)$$

$$m-n = 2.5 \log (fn/fm)$$

Esta última ecuación define la magnitud de brillo aparente, puesto que es la forma más común para referirse al flujo lumínico de una estrella. Es decir, la *magnitud aparente* es la medida de flujo lumínico o brillo estelar que vemos a simple vista desde la Tierra o el lugar de dónde nos encontremos viéndola.

Cabe señalar que la magnitud de m es mayor que n cuando el flujo de n es mayor que el de m ($m > n$ cuando $fn > fm$). Esto es, los objetos más brillantes tienen numéricamente valores de magnitud más pequeños. De modo que, una estrella muy luminosa parecería tenue si está lo suficientemente lejos y una estrella de baja luminosidad puede verse brillante si está lo suficientemente cerca. Si el Sol estuviera a la distancia de la siguiente estrella más cercana Alfa Centauri, el Sol parecería un poco menos brillante que Alfa Centauri (Zeilik, Gregory, 1998).

Magnitud Absoluta

La luminosidad de una estrella en su *magnitud absoluta* M es la luminosidad que tendría convencionalmente si su distancia fuese llevada a 10 pársecs del Sol (32.61 años luz). De tal manera

que la ley de la inversa del cuadrado relaciona el flujo f de una estrella a la distancia d para una luminosidad L .

Por ejemplo, si la estrella estuviera localizada a una distancia D igual a diez pársecs del Sol, la luminosidad real o intrínseca de una estrella se derivaría de:

$$L/f = (d/D)^2 = (d/10)^2$$

Si M corresponde a L y m corresponde a f , entonces la ecuación se deriva de la siguiente manera:

$$m - M = 2.5 \log(L/f)$$

$$m - M = 2.5 \log(d/10)^2$$

$$m - M = 5 \log(d/10)$$

Expandiendo esta última expresión, se obtienen las siguientes formas útiles:

$$m - M = 5 \log d - 5$$

$$m = M + 5 \log d - 5$$

$$M = m + 5 - 5 \log d$$

$$M = m + 5 + 5 \log \pi''$$

En donde d es igual a la distancia en pársecs y π'' es el ángulo de paralaje en segundos de arco. En otras palabras, la *magnitud aparente* menos la *magnitud absoluta* es igual a 5 por la escala logarítmica de la distancia menos 5.

Por este motivo al resultado de la diferencia de $m - M$ se le conoce como el *módulo de distancia*, puesto que relaciona la distancia de una estrella con su flujo lumínico (Catherine, Mosser, 2008; Zeilik, Gregory, 1998).

Corrección por absorción

La absorción interestelar es un efecto provocado por el polvo o gas cósmico que interfiere entre el objeto celeste y la línea de visión. A consecuencia de esto, los astrónomos sugieren corregir esta imprecisión añadiendo la variable absorción A a la ecuación del *módulo de distancia*.

De modo que este término tiene que ser positivo y no tomarlo en cuenta conduce a sobreestimar la *magnitud absoluta* o subestimar la luminosidad del objeto (Catherine, Mosser, 2008). Por lo que la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$m - M = 5 \log d - 5 + A$$

$$M = m - 5 \log d + 5 - A$$

Es importante mencionar que, a pesar de que existen medidas para representar la variable del polvo cósmico a cierta distancia en el Universo, la *interfaz-interactiva* no pretende presentar este grado de resolución cualitativo. Debido a las condicionantes primordiales del trabajo de investigación. Sin duda, es imperativo mencionarla para la comprensión espacial del dominio y su relación con el *razonamiento cualitativo*.

En otras palabras, no tiene sentido por ejemplo modelar el detalle de una estrella o nebulosa, puesto que no aporta gran significado a la representación del *módulo de distancia*. Lo anterior es cuestión de perspectiva y solo valdría la pena representarlo para fines estéticos y no meramente proposicionales.

Se puede diseñar, pero no es requerimiento de prioridad, pues el argumento teleológico de la *visualización* es para razonar sobre representaciones cualitativas. En este caso la del *módulo de distancia*: relación brillo y distancia de las estrellas.

Misión espacial *Hipparcos*

Nuevas aproximaciones al conocimiento se han realizado con el avance en el campo de la astrometría. Durante la década de los sesenta una comunidad de científicos consideró la idea de ir al espacio y colocar un satélite con el fin de acercarnos más a las estrellas.

La Agencia Espacial Europea (*ESA*, por sus siglas en inglés) envió al espacio, el 8 de agosto de 1989, el satélite recolector de paralaje de alta precisión (*Hipparcos*, por sus siglas en inglés) con el lanzamiento del cohete Ariane 4 vuelo v33. El satélite operó bajo una órbita geoestacionaria de 24 horas y realizaba una revolución cada dos horas durante los 500 km en el perigeo y los 36,000 km en el apogeo.

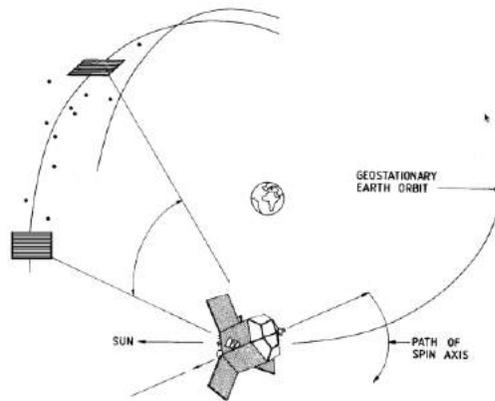


Figura 4.5. Órbita geoestacionaria de *Hipparcos*. Tomada de O'Flaherty (1997)

Este programa de observación astrométrico y fotométrico aportó los mayores resultados acorde a los datos del *Input Catalogue* con información acerca de la paralaje estelar y el movimiento propio de las estrellas (componente tangencial de la velocidad proyectadas en el cielo) en *The Hipparcos Catalogue* con 118,218 estrellas y en *Tycho Catalogue* con más de un millón de estrellas.

El equipo encargado de la misión anunció tres años y medio después de su lanzamiento (marzo de 1993) que la fase de operación y comunicación con el satélite había terminado. La publicación de los catálogos se registró en 1997 en el sitio de la *ESA* (<https://www.cosmos.esa.int/web/hipparcos/catalogues>) y el Centro de Datos Astronómicos de Estrasburgo (<http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/I/239>).

La misión espacial *Hipparcos* llevó a cabo esta difícil y muy importante tarea para revolucionar el conocimiento científico, debido a la inconsistencia que se tenía de cada observatorio de la Tierra causada por la turbulencia atmosférica y otros factores como la emisión de rayos cósmicos. Por lo que, *Hipparcos* captura sus observaciones a la medida de cada estrella con la definición del *módulo de distancia*.

Hoy en día se estima que la misión *GAIA* reduce la imprecisión angular en comparación con *Hipparcos* (de 10^{-3} a 10^{-5} segundo de arco) como lo presenta la Figura 4.6. Asimismo, su información es libre y abierta en el sitio web de la *ESA* (<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/home>) para ser utilizada mediante nuevas tecnologías que promuevan el descubrimiento y la exploración en la innovación teórica.

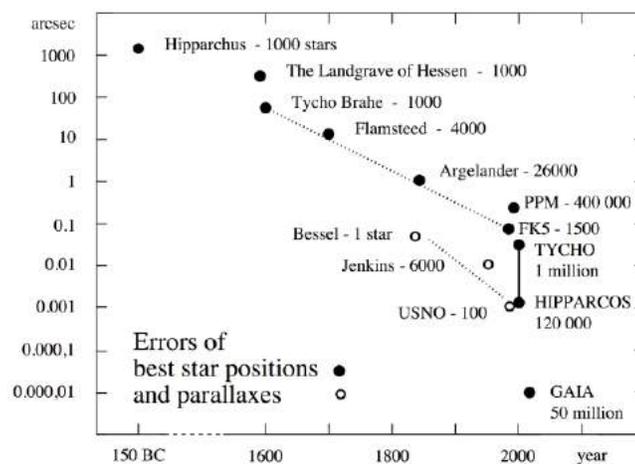


Figura 4.6. Mejora en la precisión angular. Tomada de O'Flaherty (1997)

Visualizar este fenómeno ayuda a desmitificar la idea de que: no porque una estrella brilla más que la otra significa que esta está más grande, sino que puede ser que la otra esté más lejos y brillar más en comparación con la primera que puede estar más cerca y brillar menos.

En otras palabras, una estrella poco luminosa puede verse brillante si está cerca de nosotros, o una estrella muy luminosa puede verse tenue si está muy lejos.

Capítulo 5

Análisis y diseño de la visualización

Este proyecto consiste de una investigación teórica-empírica para el diseño e implementación de una *interfaz-interactiva* lúdica que permita visualizar las relaciones causales de las distintas partes del *módulo de distancia*.

Es decir, se interactúa de manera didáctica con un conjunto de instrucciones para relacionar el brillo aparente, el brillo real y la distancia de una estrella u objeto celeste. Facilitando la comprensión de esta estructura cognitiva compleja proveniente del dominio de la astronomía.

Para lograrlo, primero se describen las cuatro fases de la metodología general del diseño (análisis, síntesis, prueba e implementación), con la finalidad de complementarlas con el modelo anidado para el análisis y diseño de la *visualización* de Tamara Munzner (2014).

Fases de la metodología general del diseño

La metodología sugiere asociar el proceso de creación de las ideas a la solución de problemas o determinación de hipótesis desde el plano superior de la mente. Por lo que, cada idea atraviesa por un proceso similar desde su particular punto de interés. A continuación, se describe cada fase:

a) Análisis: se examina en conjunto con la comunidad (usuarios, clientes, grupo de protocolo, comité y miembros del jurado) el problema de diseño sobre la aplicación de un escenario en específico. El caso de estudio se especializa sobre el campo del diseño y la *visualización* de la información.

Asimismo, se identifican los requerimientos y las complejidades necesarias para el modelado visual de la teoría desde la perspectiva del *razonamiento causal*. Con el fin de organizar un diagnóstico con los aspectos fundamentales del sistema de diseño y lenguaje visual. Esto es, se plantea la descripción gráfica de un evento relacionado con el cambio de valor en un proceso físico.

b) Síntesis: se conceptualizan los atributos y las propiedades mapeables del fenómeno en artefactos visuales, con el propósito de que el usuario pueda reconstruir una posible ruta de inferencia para la solución del problema o la tarea dada.

Una vez que el modelado de clases esté listo, se continuará hacia la fase de prueba. Si esto no se cumple satisfactoriamente, entonces es posible iterar hacia la fase de análisis, nuevamente, para pulir el diagnóstico y mejorar en el prototipo.

c) Prueba: se valida el diseño con pruebas ergonómicas y de usabilidad para recolectar las cualidades informativas de retroalimentación centradas en el usuario final. A partir del reporte de resultados, se decidirá si se regresa e itera hacia la fase de análisis o síntesis para su refinamiento, o si cumple con las pautas planteadas para la fase de implementación.

d) Implementación: se integra el artefacto cognitivo de *visualización* al sistema conceptual de representación y configuración del sitio (el museo); con el fin de que este esté en constante monetarización y mantenimiento. Lo anterior en función de posibles aproximaciones al conocimiento científico y a la toma de acciones en el futuro.

Modelo anidado para el análisis y diseño de la visualización

Para controlar la complejidad y el caos, la literatura sugiere diversas técnicas y herramientas, que formalizan el trabajo en el proceso del diseño a partir de sus objetivos, otorgando claridad hacia la etapa de implementación.

El modelo que mejor se adapta a las necesidades para la construcción de la aplicación interactiva es el que propone Tamara Munzner⁵ (2014). El cual recomienda trabajar bajo un marco para el análisis y diseño de la *visualización* a partir de las preguntas: **qué** datos o información se

⁵ Tamara Munzner, Dr. en Ciencias de la Computación por la Universidad de Stanford. Profesora en el Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Columbia Británica.

va a abstraer, **por qué** se va a abstraer y **cómo** se va a abstraer en términos de decisiones de diseño, como lo muestra la Figura 5.1.

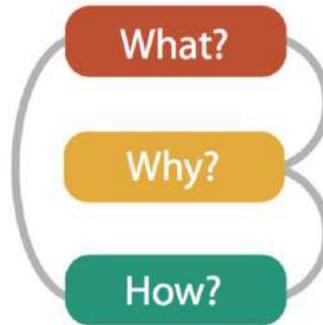


Figura 5.1. Marco para el análisis y diseño de la *visualización*. Tomada de Munzner (2014)

Fases de validación. Para la construcción del artefacto cognitivo, este modelo establece anidar cuatro fases de validación (dominio, abstracción de datos o tareas, codificación visual y algoritmo) que dividen las complejidades del problema en niveles en cascada como se observa en la Figura 5.2.

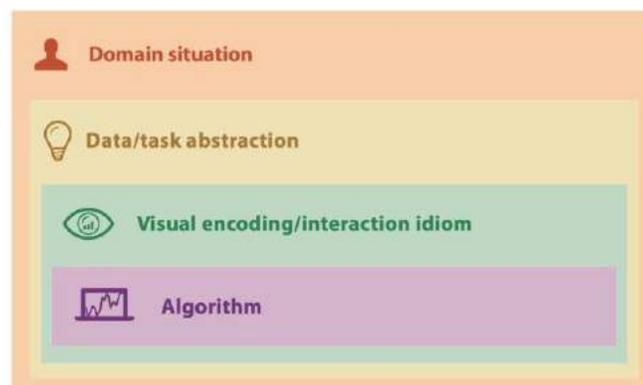


Figura 5.2. Modelo anidado. Tomada de Munzner (2014)

Dominio. En este nivel, se define el conocimiento de la situación y se considera cada detalle de la aplicación particular del caso de estudio, así como la semántica prevista por los atributos. Por lo que, la astronomía es el escenario en donde se aplica el trabajo de *visualización* bajo la base teórica del *razonamiento cualitativo* con la situación específica del *módulo de distancia*.

En esta fase, se planea el despliegue de la *interfaz-interactiva* facilitando la comprensión lógica de: cómo es que el brillo de una estrella que vemos desde la Tierra varía conforme cambia su distancia. Esto es, razonar acerca de las relaciones causales que existen en los cambios de las variables de los objetos según lo señala la teoría de Forbus.

De modo que, tanto el estado del arte del *razonamiento cualitativo* como la definición del fenómeno científico a visualizar, determinan las condiciones iniciales o la situación física en la que se encuentra el problema de la *visualización* a solucionar. Asimismo, se ubica el grupo o campo de interés de las personas quienes utilizarán dicha *interfaz-interactiva*.

La técnica de *personas* ayuda a consolidar descripciones arquetípicas acerca de los patrones de comportamiento de los usuarios en perfiles representacionales, que humanizan en forma de escenarios el enfoque del diseño y dirigen la comunicación (Martin, Hanington, 2012). Esta distinción crea objetivos de diseño útiles señalando el comportamiento de las personas.

En la Figura 5.3 se presentan cuatro descripciones arquetípicas representacionales. Cada una contiene el nombre, la edad, algunas fotografías acerca de sus gustos y un pequeño texto con aspectos claves que le dan valor al proyecto de investigación.



Figura 5.3. Personas. Elaboración propia

Para la implementación de la *interfaz-interactiva*, se toma en cuenta la etapa operacional concreta del desarrollo cognitivo de las personas que van a utilizar el artefacto. Con el fin de reducir el nivel de la carga cognitiva evitando la frustración.

En el caso de estudio, el público meta son niñas y niños de entre siete y diez años. Puesto que a esta edad se encuentran con la adquisición del pensamiento lógico, técnico, motriz, gráfico, social y emocional para adaptarse al espacio que los rodea (Levine, 2014; Liu, 2018).

De manera que, estas personas comienzan a utilizar la lógica mediante modelos mentales de conocimiento tácito e ideas concretas de eventos abstractos, al mismo tiempo que se habitúan con los símbolos o las representaciones complejas extrapolando su sentido a otras áreas de plasticidad neuronal.

Cabe mencionar que este público debe estar familiarizado con la tecnología, por medio de algún dispositivo móvil como el teléfono celular de un amigo o familiar. En otras palabras, ellos saben utilizar apps, sitios web e instrumentos como la computadora, el mouse, trackpad o teclado.

Adbul (2013), Levine (2014) y Liu (2018) señalan que los niños menores de 5 años tienen habilidades motoras limitadas, por lo que la interacción física con las pantallas táctiles debe ser muy simple. Después a la edad de 6 u 8 años sus habilidades permiten desempeñar gestos interactivos sencillos en laptops como: hacer clic o el tecleo básico. Estos niños prefieren utilizar una pantalla multitáctil abandonando el trackpad sobre el mouse.

Posteriormente a los 9 años se vuelven más expertos en técnicas de interacción avanzadas como el *dragging* o *scrolling*. Finalmente, a los 11 años, son capaces de utilizar la tecnología como adultos. La Tabla 5.1 describe los gestos interactivos dominados por la edad de estas personas.

Tabla 5.1.

Gestos interactivos dominados por edad

		Edad		
		3-5 años	6-8 años	9-12 años
Gestos dominados	Tap		Tap	Tap
	Swipe		Swipe	Swipe
	Drag		Drag	Drag
	Drop		Drop	Drop
	Flick		Flick (chascar un	Flick
	Slide		golpecito)	Slide
	Rotate		Slide	Rotate
			Rotate	Pinch
			Pinch (Pellizcar)	Spread
		Spread	Scroll con mouse y trackpad	
		Hacer clic con mouse y trackpad		

	Uso simple con teclado	Coordinación avanzada entre mouse y teclado
--	------------------------	---

Fuente: elaboración propia

Esta información permite determinar cuál sería el nivel de iconicidad y complejidad de la *interfaz-interactiva* para lograr la empatía en los niños. Por lo que, el lenguaje visual debe propiciar la construcción de analogías que ayuden como punto de partida, para la creación de un sistema de diseño dirigido a las características y comportamientos del público descrito en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2.

Características del usuario

Datos demográficos	Escenario
Edad: 7 a 10 años	Sala Universo del Museo de Ciencias
Sexo: masculino y femenino	<i>Universum</i> de la ciudad de México. Costo
Altura: 1.10 - 1.40 metros (aprox.)	de la entrada: MXN 90.00 Horario: 10:00-
Tamaño de la palma de la mano: 15 cm.	18:00 HRS.
Familia: mamá, papá o abuelos.	
Lugar: ciudad de México	Necesidades o motivaciones en el
Trabajo: estudiante	momento o escenario descrito
Nivel cultural: primaria	Tocar, jugar, aprender, divertirse, conocer.
Familiarizados con la interacción en tecnologías de pantalla multitáctil.	No correr, no gritar, no empujar.

Fuente: elaboración propia

Abstracción de tareas y datos. En este nivel, se mapean los problemas específicos del dominio en formas útiles para agilizar el trabajo de estructuración y arquitectura de la información. Lo anterior ayuda a decidir las acciones, tareas o metas que el sistema, el usuario y la interfaz van a realizar. Por ello la abstracción de tareas puede y debe guiar la abstracción de datos.

Estas opciones describen la función de la *visualización* para analizar datos ya existentes o producir información adicional con el fin de verificar una hipótesis (Munzner, 2014). En el caso de estudio, el usuario debe realizar una acción como la de modificar la distancia de una estrella mediante el objetivo previamente definido. De modo que, se busca responder a: ¿cómo va a suceder esto; mediante qué acciones, eventos o tareas con la *interfaz-interactiva* se va a cumplir?

Por ejemplo: leer, trazar, dibujar datos o información permitiendo la interacción con estos por medio del controlador (botones o gestos interactivos). En otras palabras, ¿cuál sería el diseño de la actividad total?, para que estas personas logren cambiar el valor del estado cualitativo del fenómeno, propiciando la comprensión entre el brillo aparente vs brillo absoluto.

Un mapa cognitivo conceptual consta de visualizar el proceso de construcción mental de sentido del usuario para cumplir con esta tarea, por medio de un conjunto de ideas en nodos relacionados o asociados a causas y efectos. Asimismo, esta técnica es ideal para planificar la toma de decisiones cuando el problema del espacio es complejo o abstracto.

Cuando se trata de crear un mapa entre varias personas, este modelo es una herramienta idónea para el consenso grupal, puesto que permite conectar distintos puntos de vista (Martin, Hanington, 2012). A continuación, se presenta dicho recorrido mental de la actividad mediante el cúmulo de acciones o eventos de navegación posibles:

A. Seleccionar una estrella

(a) Modificar su Distancia

(i) Aumentar Distancia

(ii) Disminuir Distancia

- (b) **Modificar su Magnitud Aparente**
 - (i) **Aumentar Brillo Aparente**
 - (ii) **Disminuir Brillo Aparente**
- (c) **Modificar su Magnitud Absoluta**
 - (i) **Aumentar Brillo Absoluta**
 - (ii) **Disminuir Brillo Absoluta**
- (d) **Seleccionar otra estrella**
- (e) **Añadir más estrella a la selección**
- (f) **Pulsar fuera del área para deseleccionar**
- (g) **Explorar el espacio rotando la cámara**

B. Conocer el brillo real de todas las estrellas

C. Explorar el espacio

Un modelo afectivo-motivacional o análisis conductual relaciona mediante una matriz causal la comprensión de estados anímicos de una situación predicha para la tarea de decisión. Esto es, desmenuzar o desmembrar el comportamiento a partir de las relaciones causales.

Por este motivo, se crean los modelos mentales acerca de lo que se quiere llevar a una realidad computacional. Posteriormente, se genera la estructura afectiva-emocional. En el caso de estudio, se considera la arquitectura afectiva-motivacional propuesta en Mora-Torres, Laureano-Cruces, Gamboa-Rodríguez, Ramírez-Rodríguez, Sánchez-Guerrero (2014) para el diseño de la *interfaz-interactiva*.

En esta arquitectura se involucran los conceptos del proceso de enseñanza-aprendizaje como los objetivos, los eventos, las acciones del usuario o agente, las reglas y los afectos. Estos conceptos están ligados a las facetas de motivación como el esfuerzo, la latencia, persistencia y decisión, como lo representa la Figura 5.4.

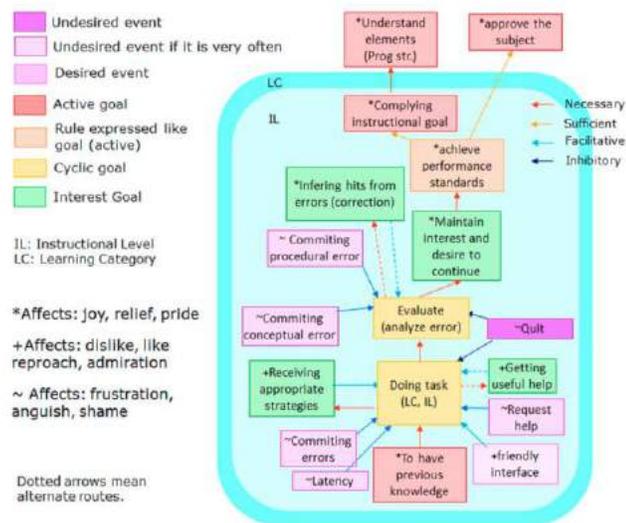


Figura 5.4. Estructura afectivo-motivacional. Tomada de Mora-Torres *et al.* (2014)

De modo que, dependiendo de la tarea o tipo de *razonamiento causal* acerca del *módulo de distancia*, se crean los requerimientos para el comportamiento-acción del artefacto sobre un contexto determinado. En nuestro caso el descrito en el Capítulo 4.

Es decir, si se cambia el valor de un parámetro dentro una representación cualitativa, tal como la relación entre la brillantez de las estrellas y su distancia, se podría causar el efecto de incremento o decremento en las dimensiones conductuales de la *interfaz-interactiva* (*, +, ~).

Posteriormente, se generan una serie de escenarios en mapas de viaje que responden a: ¿cuál sería el posible siguiente estado de decisión emocional de la persona a partir de la matriz de causalidad?

Por ejemplo, al modificar la distancia de las estrellas, se facilita la comprensión para el brillo de dos estrellas aparentemente juntas añadiendo sus magnitudes absolutas y reconstruyendo las cualidades significativas que describen dicho fenómeno.

El usuario podría calcular la descripción de este comportamiento atribuido, si cambia los valores de las propiedades m o distancia de las estrellas.

Sobre la base de este modelo se podría asegurar la comprensión de que: no porque veamos que aparentemente una estrella brilla menos que la otra significa que es más pequeña, sino que existe la posibilidad de que brille más, pero que su luz tarda más tiempo en recorrer el espacio sideral desde su origen hacia los ojos de quien se encuentre viéndola.

Un *journey map* consiste en visualizar esquemáticamente las experiencias que estas personas tienen al interactuar con un producto o servicio, de modo que cada momento se pueda evaluar y mejorar individualmente. Esta representación debe ser honesta con la experiencia. Por ello, debe incluir momentos de indecisión, confusión, frustración, así como el deleite y cierre (Martin, Hanington, 2012).



Figura 5.5. Journey map de la *interfaz-interactiva*. Abreviaciones: ~, afecto negativo; +, afecto positivo; *, afecto satisfactorio. Elaboración propia

Codificación visual. En este nivel, se especifica el enfoque del idioma que va a codificar visualmente la interacción. El lenguaje visual para el controlador de diálogo debe de ir de la mano con las cualidades objeto-eventuales del sistema que se va a representar. Por lo que, se define un grado específico de resolución a nivel de datos y uno figurativo a nivel de los objetos presentados. Esto, a partir del conjunto de relaciones ordinales que dan el siguiente paso de resolución en la construcción de la *visualización* o *interfaz-interactiva*.

Un *sistema de diseño* es el conjunto de patrones conectados y prácticas compartidas (guías de estilo, librerías de patrones, reglas de componentes, entre otros), organizados de manera coherente para servir a los propósitos de un producto digital (Kholmatova, 2017). A continuación, se presenta una breve descripción de las prácticas y patrones que se consideran para el lenguaje visual de la guía de estilo de la *interfaz-interactiva* lúdica:

1) Estructura: se utiliza el diseño de un sistema de retícula fluida que responde a 12 columnas, separadas por un medianil o *gutter* de 24px a 16px. Con un margen de 40px que se adapta a la composición física del layout sobre una pantalla de 28”, 8” o 6” con resolución óptima HD a 1280 x 720 píxeles. Como se muestra en la Figura 5.6.

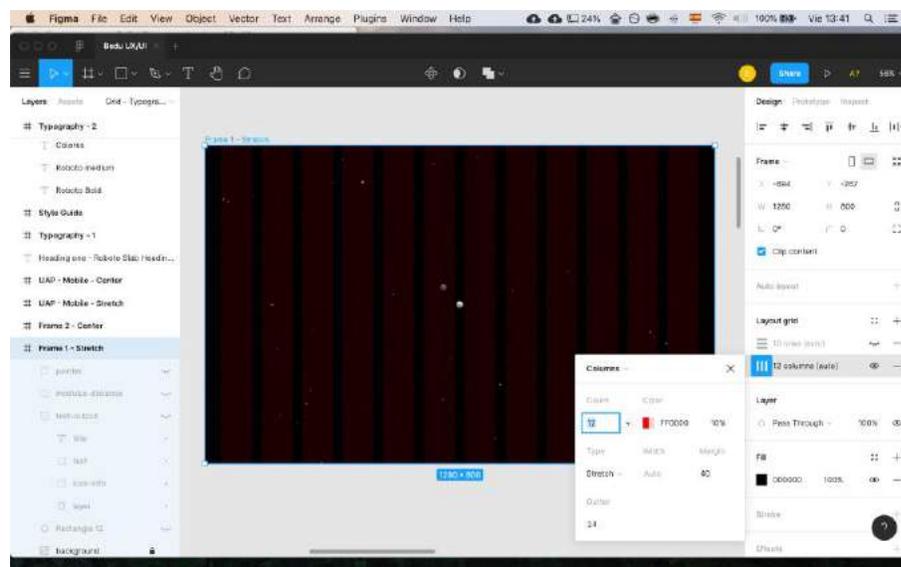


Figura 5.6. Sistema de retícula. Elaboración propia

2) Color: Shedroff y Noessel (2012) señalan la tendencia del color azul en el diseño de las interfaces de ciencia ficción en el cine como se muestra en la Figura 5.7. Por este motivo, se considera el color hexadecimal #2BB6FF para la paleta primaria, el color verde #58E610 para la paleta secundaria de contraste y el color gris #EAEBED para los elementos neutrales.

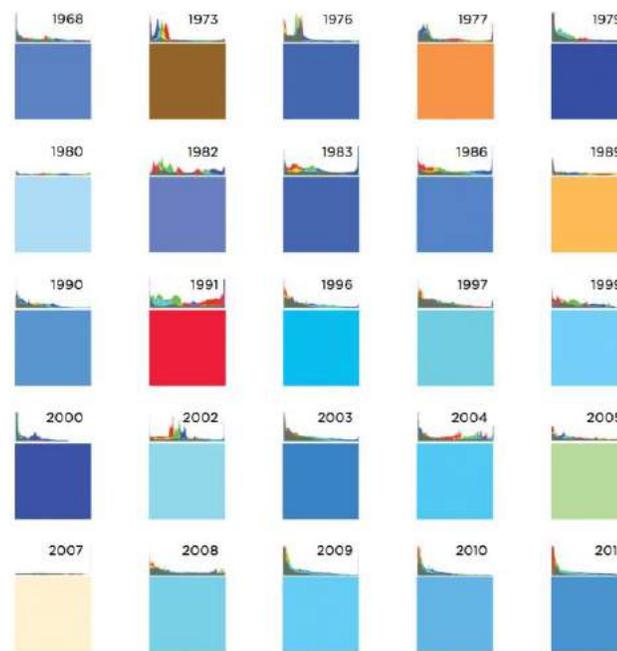


Figura 5.7. Los colores de sci-fi. Tomada de Shedroff y Noessel (2012)

Las Figuras 5.8 y 5.9 presentan la paleta de colores y selección de colores que llenan el espectro, para promover el interés sin sobreestimar la motivación de las personas a utilizar algo nuevo, tecnológico, sofisticado y futurista. Con tonos empáticos, variables y adaptables para el brillo en dispositivos android, web e iOS.

Del mismo modo, se integra la posibilidad de personalizar un sistema de color con el siguiente tono más usado en el diseño de interfaces de ciencia ficción como el amarillo o verde. Proponiendo la inclusión del morado y rosa con la finalidad de empatizar con la mayor diversidad de muestra con la *interfaz-interactiva*.

Primary – Blue		Secondary – Cyan		Secondary – Green	
500	#2BB6FF	500	#0BFF9C	500	#58E610
100	#D5F0FF	100	#CEFFEB	100	#DEFACF
200	#AAE2FF	200	#9DFFD7	200	#BCF59F
300	#80D3FF	300	#6DFFC4	300	#9BF070
400	#55C5FF	400	#3CFFB0	400	#79EB40
500	#2BB6FF	500	#0BFF9C	500	#58E610
600	#2089BF	600	#08BF75	600	#42AD0C
700	#165B80	700	#06804E	700	#2C7308
800	#0B2E40	800	#034027	800	#163904
900	#000000	900	#000000	900	#000000



Primary –Yellow		Accent – Pink		Accent – Purple	
500	#FFE61E	500	#FF1E74	500	#8E11FF
100	#FFFAD2	100	#FFD2E3	100	#E8CFFF
200	#FFF5A5	200	#FFA5C7	200	#D2A0FF
300	#FFF078	300	#FF78AC	300	#BB70FF
400	#FFE64B	400	#FF4B90	400	#A541FF
500	#FFE61E	500	#FF1E74	500	#8E11FF
600	#BFAD16	600	#BF1657	600	#6B0DBF
700	#80730F	700	#800F3A	700	#470980
800	#403908	800	#40081D	800	#240440
900	#000000	900	#000000	900	#000000

Figura 5.8. Paleta de colores. Elaboración propia

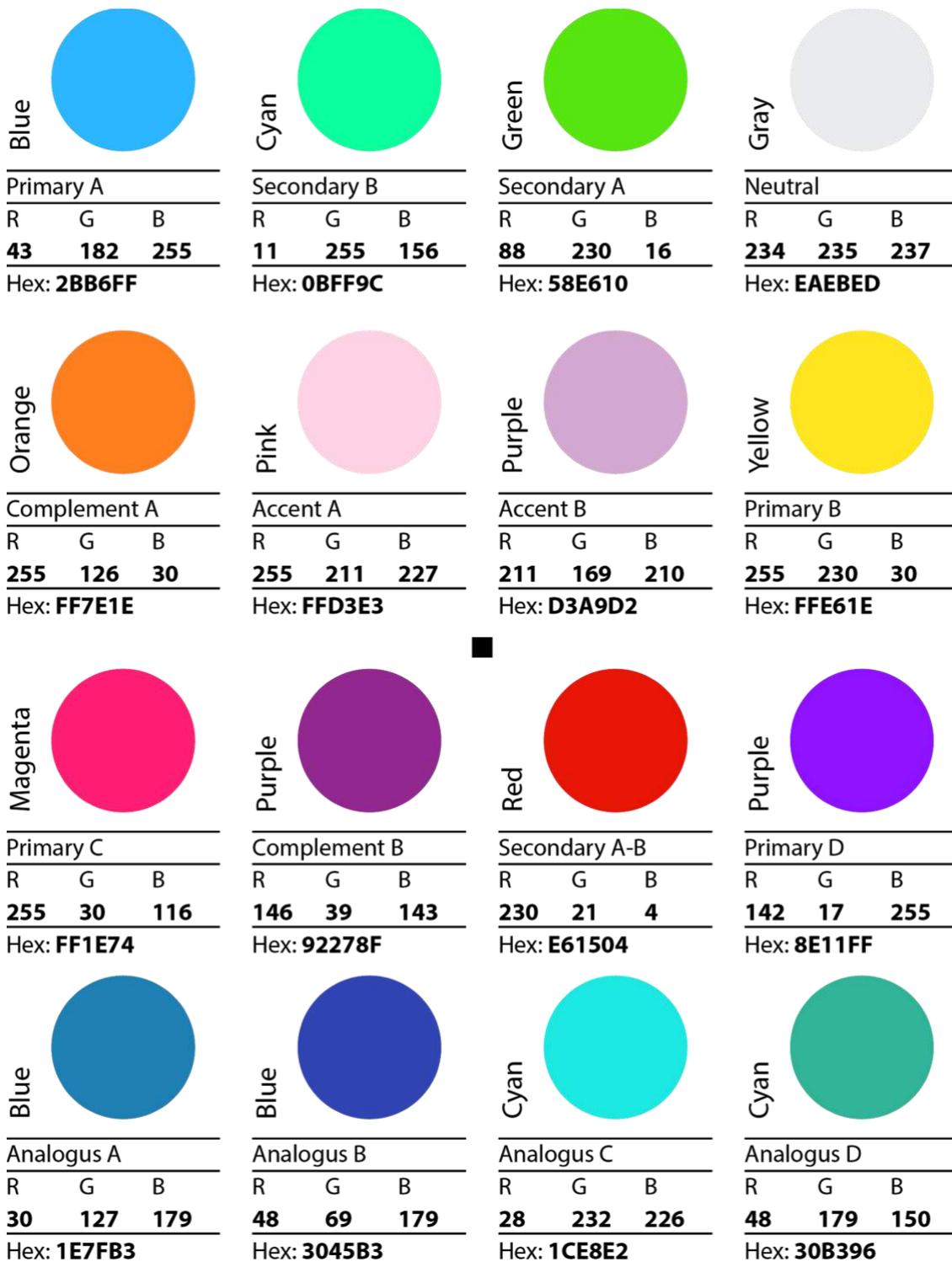


Figura 5.9. Selección de colores. Elaboración propia

3) Tipografía: se compone de las fuentes Roboto Bold, Roboto Medium y Baloo Tamma. Debido a que las tipografías *sans serif* resultan más adecuadas para los lectores infantiles por sus trazos geométricos simples y legibles para la enseñanza y el aprendizaje de la escritura. Estas son tomadas de la siguiente liga de internet (<https://fonts.google.com/>) y adecuadas para el caso de estudio.



Figura 5.10. Tipografías. Elaboración propia

4) Iconografía: se asocian pictóricamente los conceptos de *magnitud aparente*, *magnitud absoluta* y distancia. Además de las acciones para sumar y restar valor, ocultar y mostrar el controlador de diálogo, ayuda o información, selección de estrella y cerrar ventana. Tomados de la siguiente liga de internet (<https://www.flaticon.com/>) y adecuados para el caso de estudio.

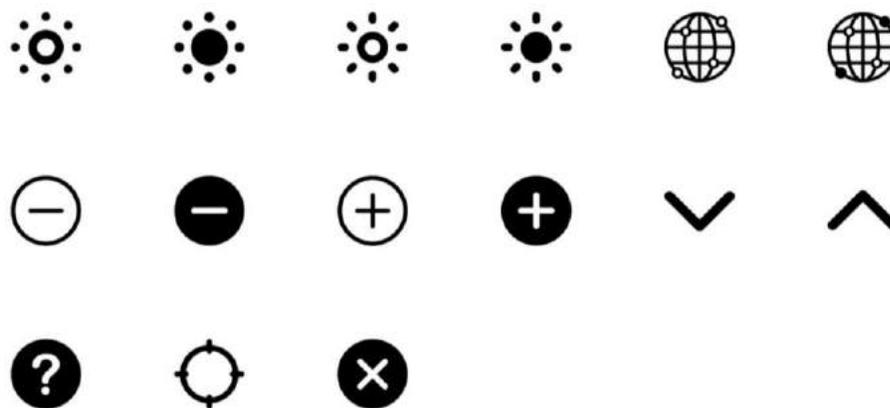


Figura 5.11. Iconografía. Elaboración propia

Los símbolos son las primeras cosas que las niñas y los niños tienden a identificar fácilmente, debido a la conexión que encuentran con los elementos de la realidad que conocen y la de sus sueños como los personajes fantásticos o las aventuras extraordinarias. Esto promueve la comprensión de la imagen gráfica adquiriendo confianza con mayor rapidez.

5) Componentes interactivos: se escalan los botones, las cajas de mensajes y pantallas esqueleto a tres tamaños (pequeño, mediano y grande) con los bordes redondos.

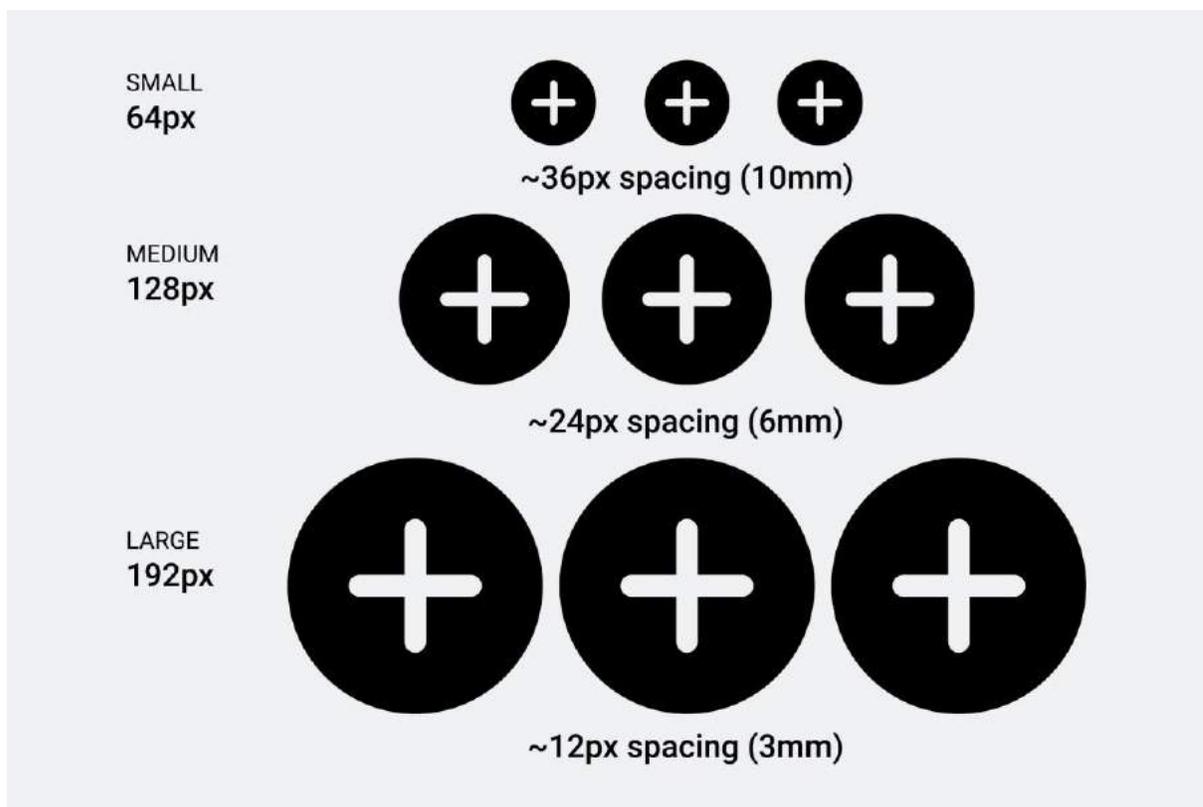


Figura 5.12. Escalas y espaciado de los botones. Elaboración propia

Los estados de los botones de iconos del controlador de diálogo pueden estar: *enabled*, *active*, *focus* y *pressed*. Como se muestra en la Figura 5.13.

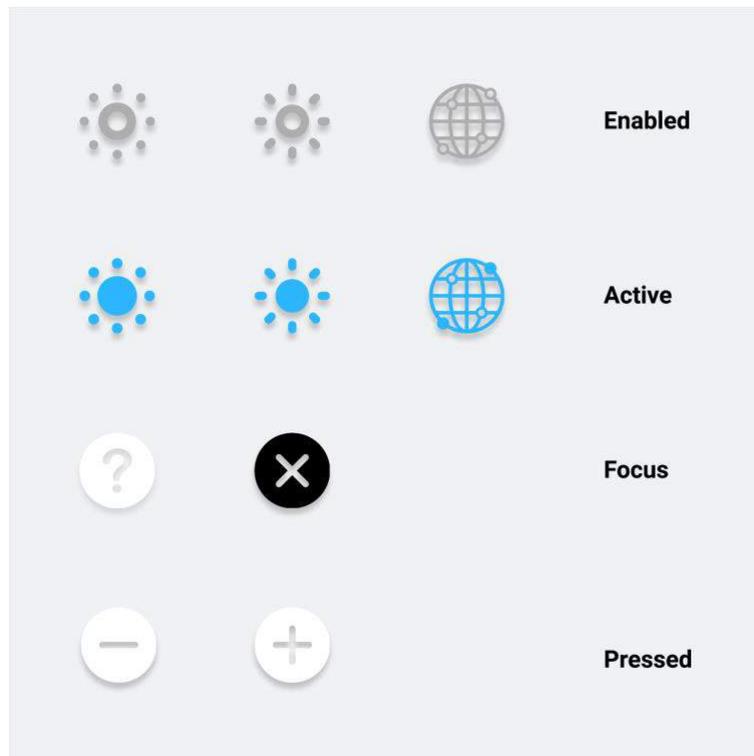


Figura 5.13. Estados de los botones. Elaboración propia

La Figura 5.14 y 5.15 muestran el diseño de las cajas de mensajes con la bienvenida y las instrucciones o información de ayuda.



Figura 5.14. Caja de mensaje con la bienvenida. Elaboración propia

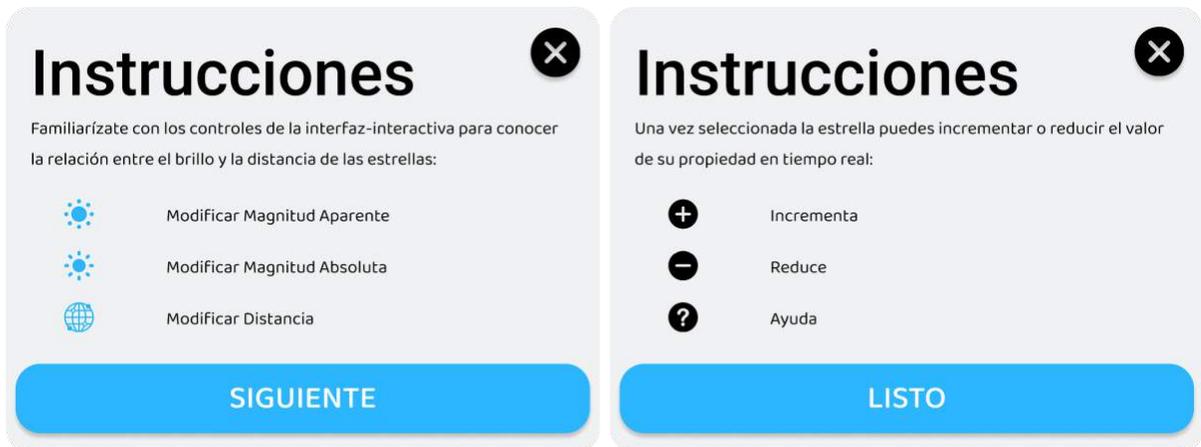


Figura 5.15. Cajas de mensajes con instrucciones. Elaboración propia

La Figura 5.16 presenta la propuesta para la pantalla esqueleto de la interfaz de texto que se retroalimenta de los valores reales de los objetos seleccionados en tiempo real.

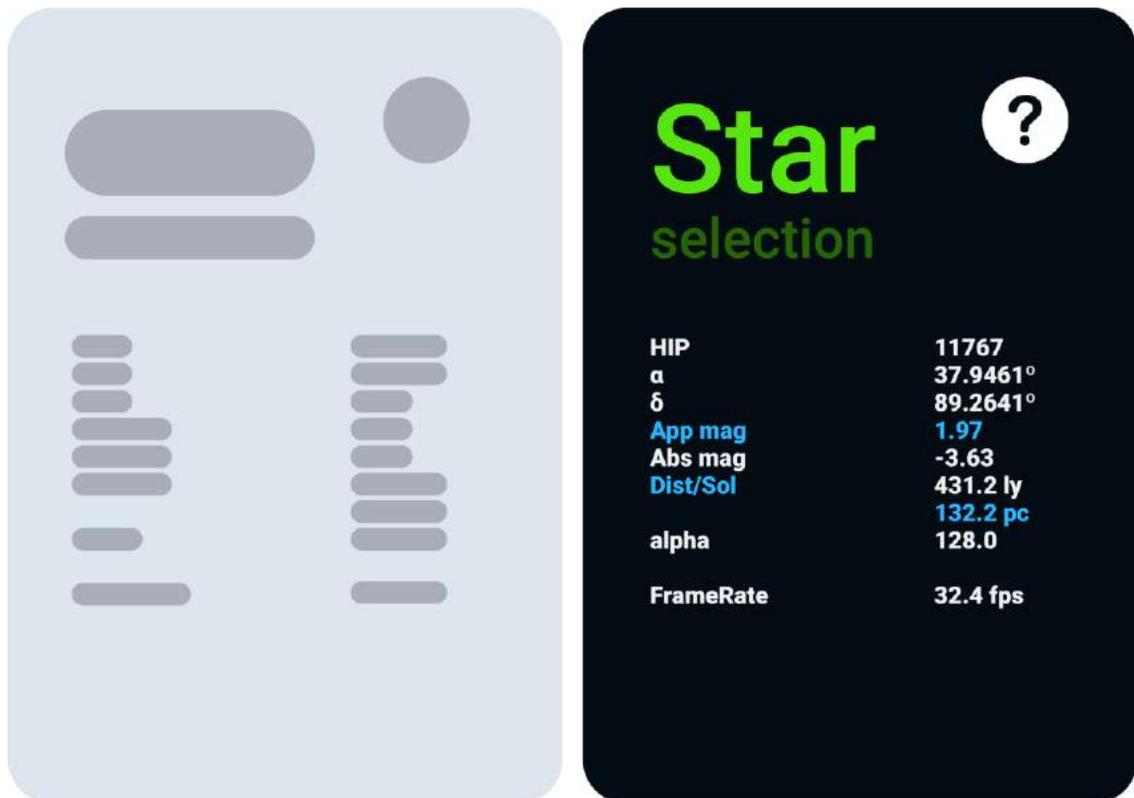


Figura 5.16. Pantalla esqueleto. Elaboración propia

Se tomaron cinco variables del catálogo de *Hipparcos*: **1)** HIP, es el indicador de los objetos celestes que utiliza el catálogo de *Hipparcos*; **2)** RAdeg, es la coordenada del astro en grados relacionada con la longitud, conocida como Ascensión Recta; **3)** DEdeg, es la coordenada del astro en grados relacionada con la latitud, conocida como Declinación; **4)** Appmag, es la *magnitud aparente* relacionada con alfa; **5)** Dist/Sol, es la distancia de la estrella de milisegundos de arco a pársecs y años luz. De la cuarta y quinta variable se obtiene la propiedad Absmag (*magnitud absoluta*) mediante la ecuación del *módulo de distancia*. FrameRate, indica los cuadros que se reproducen por segundo durante el despliegue y ejecución de la *interfaz-interactiva*.

La animación de onda retroalimenta la actividad durante la interacción de presionar un botón para modificar un valor o cuando se toca cualquier punto de la pantalla. Como lo presenta la Figura 5.17.

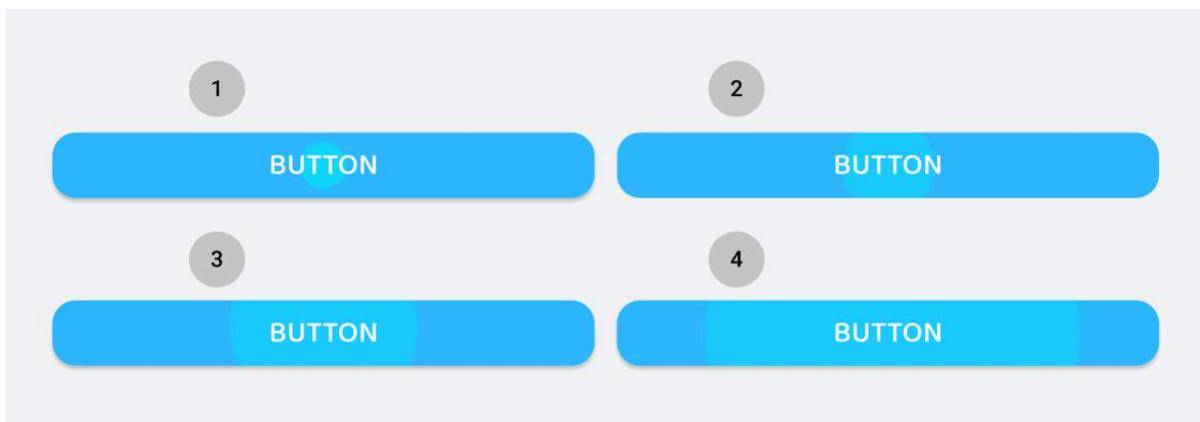


Figura 5.17. Animación de onda. Elaboración propia

Dicho lo anterior, se realiza la construcción del controlador de diálogo, a partir de la actividad dinámica de manipular la representación visual desde el diseño del bloque de datos y tareas abstractas. Esto es, el agente inteligente guía las acciones del sistema a partir de la interacción con una actividad predeterminada.

El *prototipo* es la creación tangible de artefactos en diferentes niveles de resolución (*sketches, wireframes, mockups, animaciones, interactivos o coded*) para el desarrollo y prueba de ideas dentro de equipos de diseño con clientes y usuarios (Martin, Hanington, 2012).

La Figura 5.18 expone lo que la *interfaz-interactiva* traduce mediante sus componentes visuales. Si es que la primera acción que se toma del usuario es seleccionar una estrella haciendo referencia al journey map de la Figura 5.5. Procurando mantener una estructura estética o apariencia vistosa, con una composición atractiva, limpia y jerárquica que guíe a las personas a cumplir con el objetivo señalado.

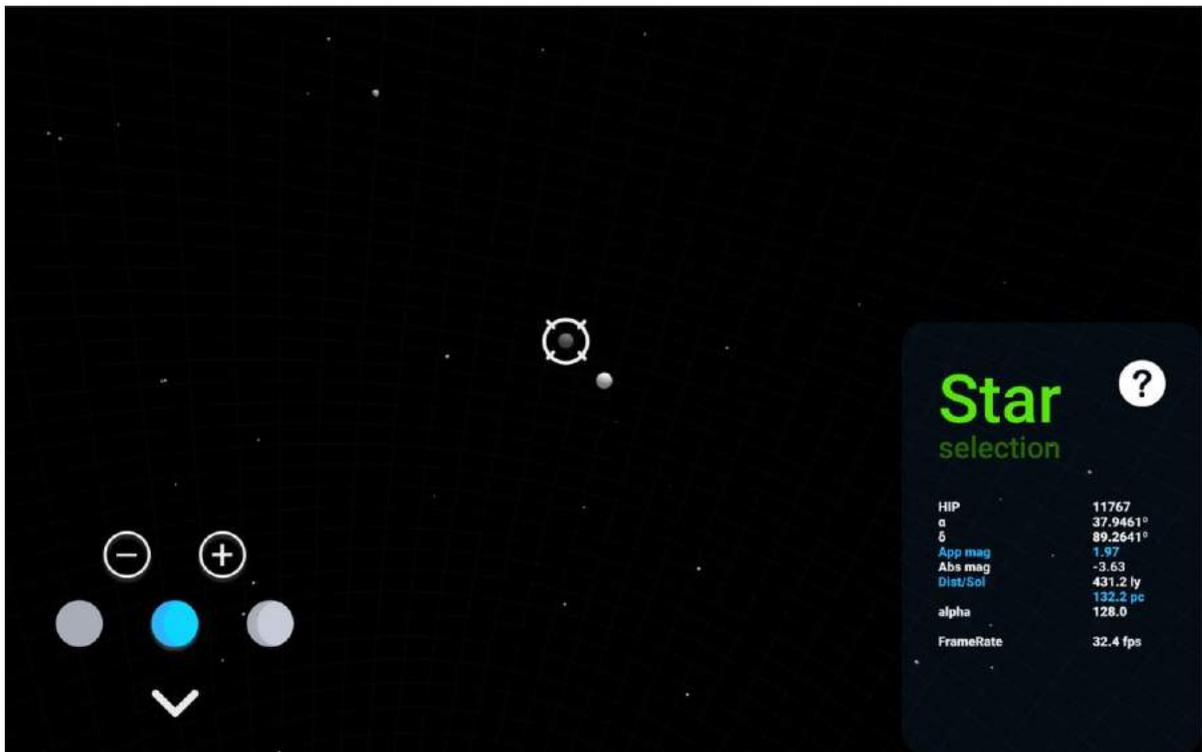


Figura 5.18. Vista de la aplicación sobre un espacio 3D. Elaboración propia

La fase de *visualización* es una fase flexible e iterativa. De modo que, si existe la necesidad de iterar hacia un nivel anterior para optimizar el resultado del proceso del diseño, se puede realizar tomando en cuenta que la información obtenida del bloque presente servirá de entrada hacia el

nivel próximo. Esto puede ser: **1**) de arriba hacia abajo (*upstream*), o **2**) de abajo hacia arriba (*downstream*) en el modelo.

En el caso de estudio, la *visualización* se construye a partir del problema (*top down*) y no de la técnica (*bottom up*), para representar cualitativamente un fenómeno científico que explica la relación entre brillo y distancia de las estrellas. Por este motivo, se deben mapear las propiedades con los valores reales acerca del fenómeno (brillo aparente, brillo absoluto y distancia).

Algoritmo. En este nivel, se implementa el algoritmo con instrucciones para instanciar y automatizar el proceso de codificación. Éste debe hacer énfasis en el mapeo de la representación cualitativa del flujo lumínico de una estrella, con la capacidad optimizable de los recursos del hardware para calcular y recorrer instrucciones.

En el caso de estudio, el operador incrementa o disminuye el valor alfa de un objeto sólido en el sistema de color RGBA (*rojo, verde, azul, alfa*). En otras palabras, se realiza el escalamiento continuo de cero a doscientos cincuenta y cinco (0, 255) en alfa, en relación con la *magnitud aparente* o luminosidad estelar, proyectado sobre un espacio euclidiano tridimensional virtual.

Por esta razón, se toman en cuenta los conceptos gráficos de relación espacial e imágenes esquema para silogismos expresados en el diseño de diagramas Euler (Allwein, Barwise, 1996). Los atributos o las propiedades mapeables de estos objetos celestes se podrían representar como esferas sólidas, transparentes, en superposición o con opacidad, como lo muestra la Figura 5.19.

En donde B_s representa la propiedad de brillo traducida en el valor de la cantidad del parámetro alfa para ambas magnitudes (*aparente vs real*), C_s la masa de la estrella a una sola unidad y A_s otro objeto o cosa en el espacio bidimensional.



Figura 5.19. Relación espacial e imágenes esquema. Tomada de Allwein y Barwise (1996)

Con respecto a la distancia, se vectoriza la posición de las estrellas mediante las fórmulas de conversión del sistema esférico al sistema cartesiano presentadas en la Figura 5.20. Esto, para trasladar el espacio acorde a tres dimensiones (X, Y, Z) desde de sus propiedades de: **1)** ascensión recta, **2)** declinación y **3)** radio (RA, DEC, R).

$$x = r \sin \theta \cos \varphi, \quad y = r \sin \theta \sin \varphi, \quad z = r \cos \theta,$$

Figura 5.20. Conversión de coordenadas esféricas a cartesianas. Tomada de Arfken y Weber (2005)

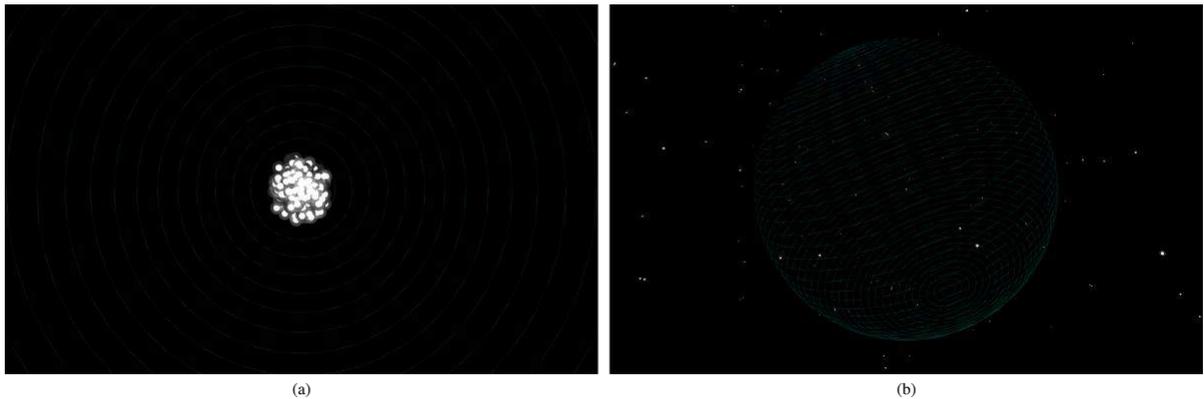


Figura 5.21. Normalización. Se normaliza la distancia de las estrellas de pársecs a píxeles (1:100) como se muestra en (b), para evitar la superposición de todas estas como se muestra en (a). Elaboración propia

En el Apéndice C se extiende el conocimiento de cada paso y función procedimental y funcional del que se compone el algoritmo de dicha *interfaz-interactiva*.

Actualmente, se desarrolló el prototipo de la *interfaz-interactiva*, el cual puede ser visto en la siguiente liga de internet (https://www.dropbox.com/s/7bo4miefhgx5l4u/video_1.mov?dl=0) y en el repositorio de (<https://github.com/ciretorres/thesis-project>) donde se encuentra el proyecto con el código abierto de Processing y *Jupyter Notebook*.

Capítulo 6

Conclusiones

Este trabajo surge a partir de la noción de que, tanto las fórmulas matemáticas como las gráficas y la diagramática son un modo de representación conceptual de la semántica que se encargan de presentar dominios abstractos existentes en la naturaleza.

Por ello, se plantea determinar que, –a pesar de que las representaciones abstractas dificultan la comprensión de nuevas *estructuras cognitivas* complejas. La *visualización* de fenómenos en astronomía propicia el *razonamiento cualitativo*, puesto que el diseño de interfaces interactivas y la simulación visual facilita la reconstrucción conceptual del sentido.

El objetivo de la *visualización* es la representación de un concepto abstracto o complejo. La *visualización* de un fenómeno astronómico se coloca en un *interfaz-interactiva* lúdica determinando la consistencia de una analogía visual.

La interfaz es esa relación que existe en el cambio del valor del número de la cantidad de la propiedad física del objeto continuo. ¿Cómo se traduce este cambio? Mediante la interacción con el controlador de diálogo que reconstruye las semánticas del objeto. Por lo que la interfaz es ese punto medio entre lo representado y el representante. Este intermedio es el símil de la comprensión, con el cual se asimila la diferencia o el cambio entre las magnitudes.

Resultados previstos

Los resultados pueden ser trasladados a otras áreas científicas como la biología, la geografía o la química, por mencionar algunas. *Debido a que las matemáticas son extrapolables para modelar fenómenos en distintos dominios.* En este caso, la astrofísica es el escenario de estudio invitado.

La realización de un sistema de diseño durante la codificación visual señala la importancia de organizar todos los componentes de la experiencia dentro del proceso del diseño. Sin una planificación de todos estos elementos, sería difícil abstraer los resultados en un tiempo parcial. Por lo que, el sistema de diseño facilita la solución a los problemas de codificación.

La causalidad se refleja tanto en la acción-interacción estimulada de la persona para pulsar un botón en la pantalla, como en la incidencia para el cambio de los valores de las magnitudes. Como si fuera una red o un conjunto de conexiones entre sus componentes. *Pudiendo esta idea traspolarse a otros dominios con distintas variables.*

Aportaciones potenciales

Debido a que el caso de estudio implica la simulación de un proceso físico basado en su ecuación matemática, este trabajo aporta al campo de la *visualización* la apertura de un punto de intersección, entre el diseño de interfaces interactivas y la simulación visual de fenómenos físicos.

El análisis y diseño puede ser utilizado en el nivel de abstracción más alto para la construcción de otra interfaz interactiva. *La experiencia de este proyecto vislumbra la posibilidad de trabajar en un ambiente genérico; el cual nos proporcionaría un grado de amplitud en el uso de dominios.*

El aporte pedagógico es la enseñanza de comprender la relación que existe entre el brillo y la distancia de las estrellas. Desmitificando la idea de que, –no porque una estrella brilla más que otra significa que es más grande, sino que puede ser que la otra esté más lejos y brillar más en relación con la primera que puede estar más cerca y brillar menos.

Los ojos nos pueden engañar y lo que no se está tomando en cuenta es la variable de distancia. Por ello existen modelos que ayudan a explicar lo que sucede realmente. Así, la *visualización* se utiliza como herramienta heurística para la comprensión de fenómenos complejos.

Trabajos futuros

Se pueden incluir otros tipos de razonamiento cualitativo. Por ejemplo, el usuario puede hacer un análisis escéptico si determina la consistencia de la información dada en la interfaz en los siguientes aspectos: **a)** trazo de coordenadas; **b)** número de estrellas; **c)** comportamiento de la estrella; **d)** flujo o brillo de la estrella; **e)** absorción interestelar; por mencionar algunos.

De igual modo, se puede hacer una planificación experimental creando pequeños tutoriales que impliquen elegir un conjunto de estrellas o una constelación, con el fin de comparar alguna de sus estrellas con el brillo del Sol.

Con respecto a la *representación del conocimiento*, el reto fue la representación del brillo o cómo diseñar el modelo de luminosidad de una estrella mediante el ordenador. De manera que, se emprendió una búsqueda en la definición del concepto de brillo desde diferentes posturas científicas y artísticas o provenientes del área del diseño.

En resumen, se reconoce que ambas definiciones guardan una relación en la forma como se proyecta o presenta el brillo. Sin embargo, para llevarlo a una realidad computacional, se sometieron dos sistemas con propiedades para manipular el punto de luz o color en la pantalla:

El **primero**, representa las capacidades del color mediante las propiedades de: tono, saturación y luminosidad. Con valores que van del 0 al 100 en brillantez. El **segundo** las representa mediante las propiedades de luz: rojo, verde y azul. Con valores de 0 a 255 en alfa o transparencia.

Ambas representaciones pueden llegar al mismo resultado visual en escalas de grises, pero con la diferencia de que el segundo sistema permite asociar no solo la dimensión del color, sino que también la dimensión espacial del objeto físico en cuestión. Esto es, la esfera o figura geométrica que limita el conocimiento material de un objeto ondulatorio lumínico.

En cuanto a la parte computacional, el reto fue cómo manejar el cálculo de una base de datos con 118,218 estrellas con su despliegue, debido a que los recursos del ordenador en la cual

se diseñó son limitados. De modo que, valdría la pena probarlo con una infraestructura computacional más robusta como un clúster de servidores con mayor capacidad y poder de cálculo o con otro tipo de configuración más eficiente de búsqueda como la programación en paralelo.

Asimismo, se puede trabajar en una implementación que considere el despliegue en un servidor web para que personas de todo mundo la utilicen desde sus dispositivos. Lo anterior implica un estudio del artefacto para poder ser implementado en línea. Puede programarse mediante tecnologías basadas en web para diseñar gráficos en 3D como *WEBGL* o la librería *Three.js*.

En relación con el sistema de la *visualización*, se puede programar el evento de seleccionar el icono de *magnitud absoluta* para disminuir o aumentar el valor, con la finalidad de cambiar la posición de la cámara hacia otra estrella con dicho valor asignado conociendo así, los distintos elementos de la *interfaz-interactiva*.

Sobre la evaluación y prueba con los usuarios, la *interfaz-interactiva* se puede instalar en los museos de ciencia como el UNIVERSUM de la ciudad de México o en el Aula del Futuro del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT). Con el fin de que esté en constante actualización y mantenimiento mejorando la interacción personalizada y posibles aproximaciones al conocimiento o toma de acciones en el futuro.

Finalmente, se debe considerar como herramienta los sistemas de inmersión (realidad virtual, aumentada, mixta) para promover el soporte de la enseñanza en el actual contexto de la educación desde el enfoque de los estudios prospectivos. Fomentando la colaboración y fortaleciendo vínculos entre diversas áreas del conocimiento.

Reconocimientos: este trabajo forma parte del proyecto de investigación que lleva a cabo Eric O. Torres-Velasco para obtener el grado de Maestro en Diseño y Visualización de la Información-Sistemas de Visualización en Información Científica en la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Apoyado por la beca UAM para estudios de posgrado; así como por el proyecto

divisional *Diseño de interfaces inteligentes para la simulación de conductas de organismos vivos o animados: sección de visualización de la información*; de la misma Universidad.

Bibliografía y referencias

- Abdul, N. (2013). Children's interaction with tablet applications: gestures and interface design. *International Journal of Computer and Information Technology*, vol. 2, Issue 3, pp. 447–450. Recuperado de: <https://ijcit.com/archives/volume2/issue3/Paper020314.pdf>
- Abramson, G. (2013). La estrella más lejana. En el cielo las estrellas. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de: <https://guillermoabramson.blogspot.com/2013/09/la-estrella-mas-lejana.html>
- Adhikari, A., DeNero, J. (2018). Computational and Inferential Thinking: The Foundations of Data Science. Recuperado de: <https://inferentialthinking.com>
- Aísa, M. (2019). Diseña y programa responsive skeleton screens. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de: <https://marinaaisa.com/blog/disena-programa-skeletons-screens>
- Aliseda, A. (1997). *Seeking explanations: abduction in logic, philosophy of science and artificial intelligence*. Amsterdam: ILLC-Publications.
- Allwein, G., Barwise, J. (1996). *Logical Reasoning with Diagrams*. USA: Oxford University Press.
- Amenábar, A. (2009). Agora. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.imdb.com/title/tt1186830/>
- Anderson, M., Cheng, P., Haarslev, V. (2000). *Theory and application of diagrams*. USA: Springer.
- Andrienko, N., Andrienko, G. (2006). *Exploratory analysis of spatial and temporal data: a systematic approach*. USA: Springer.
- Antuñano, J. S., Gutiérrez, M. L., Dussel, E., Ocejo, T., Toca, A., de Carmona, M. S., et al. (1992). *Contra un diseño dependiente: un modelo para la autodeterminación nacional*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Arfken, G. B., Weber, H. J. (2005). *Mathematical method for physicist*. USA: Elsevier.
- Arnaz, J. A. (1989). *Iniciación a la lógica simbólica*. México: Trillas.
- Asimov, I. (1975). *Breve historia de la química*. España: Alianza.
- Atkin, K. (2018). Units in astronomy: time for a clean sweep? *Astronomy & Geophysics*, vol. 59, issue 2, pp. 2.32.–2.33. doi: <https://doi.org/10.1093/astrogeo/aty085>
- Avila-Reese, V. (2006). *Understanding Galaxy Formation and Evolution*. México: UNAM. doi: 10.1007/978-1-4020-5575-1_4
- Avila-Reese, V. (2011). En el mundo de las galaxias. *Revista digital universitaria*, vol. 12, no. 5. Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num5/art50/index.html>
- Babich, N. (2019). A beginner's guide to user journey mapping. *UX Planet*. [Sitio web]. Recuperado de: <https://uxplanet.org/a-beginners-guide-to-user-journey-mapping-bd914f4c517c>
- Baldor, A. (1983). *Álgebra*. México: Publicaciones Cultural.
- Barsalou, L. W. (2010). *Grounded cognition: past, present, and future*. USA: Cognitive Science Society, Inc. Department of Psychology, Emory University. doi: 10.1111/j.1756-8765.2010.01115.x

- Brajdic, A. (2019). Understanding mental and conceptual models in product design. *UX Collective*. [Sitio web]. Recuperado de: <https://uxdesign.cc/understanding-mental-and-conceptual-models-in-product-design-7d69de3cae26>
- Bernardi, G., Vecchiato, A. (2019). *Understanding GAIA: a mission to map the galaxy*. Suiza: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11449-7>
- Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics: diagrams, networks, maps*. USA: University of Wisconsin Press.
- Bertini, E., Stefaner, M. (22 de diciembre de 2014). A podcast on data visualization: Tamara Munzner. (Entrevistador Data Stories) [Archivo de audio]. Recuperado de: <http://datastori.es/data-stories-44/#t=6:11.020>
- Biro, S. (2004). *Para calcular el universo: las computadoras en la astronomía*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bouwer, A., Bredeweg, B. (1996). Visualization of qualitative models. *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis '96)*, pp. 13–20. Recuperado de: http://www.qrg.northwestern.edu/papers/Files/qr-workshops/QR00/Bouwer_2000_Visualization_Qualitative_Models.pdf
- Bozzo, L. M. (1994). El razonamiento cualitativo en ingeniería. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, vol. 10, pp. 99–110. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/41785297.pdf>
- Bozzo, L. M., Barbat, A., Torres, L. (1998). Application of qualitative reasoning in engineering. *Applied Artificial Intelligence*, vol. 12, pp. 29–48. doi: 10.1080/088395198117893
- Bozzo, L. M., Fenves, G. L. (1994). Qualitative reasoning and the representation of fundamental principles in structural engineering. *Research in Engineering Design*, vol. 6, pp. 61–72. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01579984>
- Cairo, A. (2008). *Infografía 2.0: visualización interactiva de información en prensa*. España: Alamut.
- Cairo, A. (2011). *El arte funcional: infografía y visualización de información*. España: Alamut.
- Cañas, J. J., Waerns, Y. (2001). *Ergonomía cognitiva: aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información*. España: Editorial Médica Panamericana.
- Capra, F. (1996). *La trama de la vida: una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: Anagrama.
- Card, S. K., Mackinlay, J. D., Shneiderman, B. (1999). *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. USA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Carroll, B. W., Ostlie, D. A. (2014). *An introduction to modern astrophysics*. USA: Pearson.
- Casanueva, M., Bolaños, B. (Coords.). (2009). *El giro pictórico: epistemología de la imagen*. Barcelona, España: Anthropos Editorial.
- Catherine, G., Mosser, B. (2008). Magnitud absoluta. *L'Observatoire de Paris*. [Sitio web]. Recuperado de: <https://media4.obspm.fr/public/VAU/temperatura/radiacion/luminosidad/magnitud-absoluta/APPRENDRE.html>

- Chapekar, M. (17 de octubre 2019). How to convert a point from spherical to cartesian coordinate system. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Ca-Rz6rZ2Hw>
- Chapman, C. (s.f.). The principles of design and their importance. *Toptal*. [Sitio web]. Recuperado de: <https://www.toptal.com/designers/ui/principles-of-design>
- Chibana, N. (2016). 11 Rules of composition for non-designers. *Visme*. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de: <https://visme.co/blog/composition-rules-for-non-designers/>
- Craig, J., Scala, I. K., Bevington, W. (2006). *Designing with type: the essential guide to typography* (5ta ed.). USA: Watson-Guptill.
- Coates, K, Ellison, Andy. (2014). *Introducción al diseño de información*. España: Parramón Paidotribo.
- Conrad, B., Oakley, D., Shadforth, I. (2014). *Building bioinformatics solutions with Perl, R and MySQL*. USA: Oxford University Press.
- Dade-Roberton, M. (2011). *The architecture of information: architecture interaction design and the patterning of digital information*. Abingdon, Oxon: Routledge.
- Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 5, no. 2. Recuperado de: <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html>
- Diderot, D., Marrinan, M., Diderot, D., Bender, J. (2010). *The culture of diagram*. USA: Stanford University Press.
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D., Beale, R. (2004). *Human-Computer interaction* (3ra ed.). Europa: Prentice-Hall.
- Dutkevitch, D. (1998). Magnitudes and distance. *The Northwestern University*. [Sitio web]. Recuperado de: <http://astro.wku.edu/labs/m100/>
- Earnshaw, R. A., Vince, J. A., Jones, H. (1997). *Visualization and modeling*. USA: Academic Press.
- Elam, K. (2001). *Geometry of design: studies in proportion and composition*. USA: Princeton Architectural Press.
- Elkins, J. (2003). *Visual Studies: a skeptical introduction*. USA: Routledge.
- Evans, J. (1998). *The History and Practice of Ancient Astronomy*. USA: Oxford University Press.
- Forbus, K. D. (1984). *Qualitative Process Theory*. USA: The MIT. Recuperado de: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a148987.pdf>
- Forbus, K. D. (1996). Qualitative reasoning. *The Computer Science and Engineering Handbook*. USA: CRC Press. Recuperado de: <http://www.qrg.northwestern.edu/papers/Files/crc7.pdf>
- Flores, C. (2001). *Ergonomía para el diseño*. México: Librería.
- Flores, C. (2007). *Diseño y usuario: aplicaciones de la ergonomía*. México: Designio.
- Frost, B. (2016). *Atomic Design*. Pennsylvania: Brad Frost. Recuperado de: <https://atomicdesign.bradfrost.com/>
- Gamboa, F. (2007). Ergonomía cognitiva: diseño y aplicaciones interactivas. En C. Flores (auth.), *Diseño y usuario: aplicaciones de la ergonomía* (pp. 129–143). México: Designio.
- García, C., Espinosa, M. (2015). *Contexto educativo no-formales: el museo y la apropiación del conocimiento científico*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

- Garmendia-Ramírez, G. I., Palomera-Briseño, R. M. (2014). Modelo heurístico para la visualización de información médica. Año 10, no. 20. pp. 23-32. México. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Gärdenfors, P. (2004). *Conceptual spaces: the geometry of thought*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Gärdenfors, P., Zenker, F. (2011). Using Conceptual Spaces to Model the Dynamics of Empirical Theories. En Olsson E., Enqvist S. (eds), *Belief Revision meets Philosophy of Science* (pp. 137–153). The Netherlands: Springer. doi: 10.1007/978-90-481-9609-8_6
- Gardner, H. (1985). *La nueva ciencia de la mente: historia de la revolución cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Gardner, H. (2006). *Arte, mente y cerebro: una aproximación cognitiva a la creatividad*. Barcelona: Paidós.
- Gattis, M. (2003). *Spatial Schemas and Abstract Thought*. USA: The MIT Press.
- Giere, R. (1999). *Science without laws*. USA: The University of Chicago Press.
- Gómez, S. (2009). La ilustración científica y el engaño de los sentidos. En M. Casanueva, B. Bolaños. (Coords.), *El giro pictórico: epistemología de la imagen* (pp. 39–71). España: Anthropos Editorial.
- Greaves, M. (2002). *The philosophical status of diagrams*. USA: CSLI Publications.
- Guerra, M. (2010). *Manual de publicaciones de la American Psychological Association* (3a ed.). México: El Manual Moderno.
- Guerrero, S. Y. (s.f.). Procesos cognitivos: memoria, pensamiento y lenguaje. Universidad Particular de Chiclayo. Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela de Psicología. [Sitio web]. Recuperado de: <https://www.monografias.com/trabajos92/trabajo-investigacion-procesos-cognitivos/trabajo-investigacion-procesos-cognitivos.shtml>
- Hacq, A. (2018). Everything you need to know about design systems. *UX Collective*. [Sitio web]. Recuperado de: <https://uxdesign.cc/everything-you-need-to-know-about-design-systems-54b109851969>
- Hassan-Montero, Y., Ortega-Santamaría, S. (2009). Informe APEI sobre Usabilidad. *No solo usabilidad*. [Sitio web]. Recuperado de: <http://www.nosolousabilidad.com/manual/index.htm>
- Hawking, S. W. (1992). *Historia del tiempo: del big bang a los agujeros negros*. España: Editorial Crítica.
- Heath, J. E. (1999). Distance modulus. *Austin community college*. [Sitio web]. Recuperado de: <http://www.austincc.edu/jheath/Stellar/Hand/dmod.htm>
- Hernández, F. (2011). Proceso cognitivo: análisis de la asignatura historia de la educación secundaria. *Maestría Felix*. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de: <http://maestriafelix.blogspot.com/2011/03/proceso-cognitivo-analisis-de-la.html>
- Holten, D. (2006). Hierarchical edge bundles: visualization of adjacency relations in hierarchical data. *IEEE Transactions on visualization and computer graphics*, vol. 12, no. 5, pp. 741–748. doi: 10.1109/TVCG.2006.147.
- Hooper, K. (1986). Architectural Design. En D. A. Norman, S. W. Draper (comps.), *User Centered System Design: new perspectives on human-computer interaction* (pp. 31–61). Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.

- Ibarra, A., Zubia, E. (2009). Las imágenes en la astrofísica: mediadores numéricos entre observaciones y teoría. En M. Casanueva, B. Bolaños. (Coords.), *El giro pictórico: epistemología de la imagen* (pp. 171–188). Barcelona: Anthropos Editorial.
- Jacobson, R. E. (1999). *Information Design*. USA: The MIT Press.
- Kaler, J. B. (2019). Meet the stars next door. *Astronomy*. [Sitio web]. Recuperado de: https://astronomy.com/magazine/2019/10/meet--the-stars-next-door?utm_source=asyfb&utm_medium=social&utm_campaign=asyfb
- Kholmatova, A. (2017). *Design Systems: a practical guide to creating design languages for digital products*. Alemania: Smashing Media AG.
- Klesman, A. (2018). It is time for a new astronomical yardstick? *Astronomy*. [Sitio web]. Recuperado de: <https://astronomy.com/news/2018/04/is-it-time-for-a-new-astronomical-yardstick>
- Klesman, A. (2020). Why is a parsec 3.26 light-years? *Astronomy*. [Sitio web]. Recuperado de: https://astronomy.com/magazine/ask-astro/2020/02/why-is-a-parsec-326-light-years?utm_source=asyfb&utm_medium=social&utm_campaign=asyfb
- Krug, S. (2005). *No me hagas pensar: una aproximación a la usabilidad en la web*. USA: New Riders Press.
- Kuipers, B. (1984). Commonsense reasoning about causality: deriving behavior from structure. *Artificial Intelligence*, vol. 24, issues 1-3, pp. 169–204 doi: [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(84\)90039-0](https://doi.org/10.1016/0004-3702(84)90039-0)
- Lakoff, G., Núñez, R. (1986). *Metaphors we live by*. España: Ediciones Cátedra.
- Lakoff, G., Núñez, R. (2000). *Where mathematics comes from: how the embodied mind brings mathematics into being*. USA: Basic Books.
- Landry, E. (2017). *Categories for the working philosopher*. UK: Oxford University Press.
- Latour, B. (1986). Visualization and cognition: drawing things together. *Philosophical Literary Journal Logos*, vol. 6, no. 2, pp. 1–40. Recuperado de: <http://www.bruno-latour.fr/sites/default/files/21-DRAWING-THINGS-TOGETHER-GB.pdf>
- Latour, B. (2001). *La esperanza de pandora: ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Barcelona, España: Gedisa editorial.
- Laureano-Cruces, A. L., De Arriaga, F., García-Alegre, M. (2001). Cognitive Task Analysis: a proposal to model reactive behaviors. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, vol. 13, pp. 227–239.
- Laureano-Cruces, A. L., Barceló-Aspeitia, A. A. (2003). Formal Verification of Multi-Agent Systems Behaviour Emerging from Cognitive Task Analysis. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, vol. 15, no. 4, pp. 407–413.
- Laureano-Cruces, A. L., Terán-Gilmore, A., De Arriaga, F. (2004). A Learning Model Based on a Didactic Cognitive Approach: The Case of Single-Degree-of-Freedom Systems. *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 12, no. 3, pp. 152–164.

- Laureano-Cruces, A. L., Miranda-Rochín, E., Ramírez-Rodríguez, J., Mora-Torres, M., Sánchez-Guerrero, L. (2018). Emotion, Implicit Information that Allows the Conscious Phenomenon. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, pp. 55–77, vol. 5, no. 10, October.
- Leal, E. M. (2018). Atomic Design / Diseño Atómico. *Prototypr.io*. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de: <https://blog.prototypr.io/atomic-design-dise%C3%B1o-at%C3%B3mico-113411bc7816>
- Levin, D. (2014). *Designing for kids: digital products for playing and learning*. USA: Rosenfeld Media.
- Levine, L., Munsch, J. (2017). *Child development: an active learning approach*. USA: Sage Publications, Inc.
- Li, H., Fu, C., Li, Y., Hanson, A. J. (2007). Visualizing Large-Scale Uncertainty in Astrophysical Data. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 13, no. 6, pp. 1640–1647. doi: 10.1109/TVCG.2007.70530
- Liu, F. (2018). Designing for kids: cognitive considerations. *Nielsen Norman Group*. [Artículo]. Recuperado de: <https://www.nngroup.com/articles/kids-cognition/>
- Liu, F. (2018). Design for kids based on their stage of physical development. *Nielsen Norman Group*. [Artículo]. Recuperado de: <https://www.nngroup.com/articles/children-ux-physical-development/>
- Liu, F. (2019). Designing for children. *Nielsen Norman Group*. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.nngroup.com/videos/designing-children/>
- Manovich, L. (2005). *The language of new media*. España: Paidós.
- Manovich, L. (2011). What is visualization. *Visual Studies*, vol. 26, no. 1, pp. 36–49. doi: 10.1080/1472586X.2011.548488
- Martin, B., Hanington, B. (2012). *Universal methods of design: 100 Ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*. USA: Rockport Publishers.
- McCormick, B. H., DeFanti, T. A., Brown, M. D. (1987). Visualization in scientific computing. *Advances in Computers*, vol. 21, no. 6, pp. 1–14. New York: ACM SIGGRAPH.
- McGhee, G. (2010). Journalism in the age of data. *Stanford*. [Archivo de video]. Recuperado de: <http://datajournalism.stanford.edu/>
- Medin, D. L., Ross, D. H., Markman, A. B. (2005). *Cognitive psychology*. USA: John Wiley & Sons.
- Meirelles, I. (2013). *Design for information: an introduction to the histories, theories and best practices behind effective information visualizations*. USA: Rockport publishers.
- Miller, J., Quammen, C., Fleenor, M. (2006). Interactive Visualization of Intercluster Galaxy Structures in the Horologium-Reticulum Supercluster. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 12, no. 5, pp. 1149–1156. doi: 10.1109/TVCG.2006.155
- Modroño, T. (2017). Metodologías de UX: evaluación heurística (PARTE I). *Interactius UX*. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de: <https://blog.interactius.com/metodolog%C3%ADas-de-ux-evaluaci%C3%B3n-heur%C3%ADstica-parte-i-b5d02b566987>
- Montfort, N. (2016). *Exploratory programming for arts and humanities*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

- Mora-Torres, M., Laureano-Cruces, A. L., Gamboa-Rodríguez, F., Ramírez-Rodríguez, J., Sánchez-Guerrero, L.. (2014). An Affective-Motivational Interface for a Pedagogical Agent. *International Journal of Intelligence Science*, vol. 4, no. 1, pp. 17–23. doi: 10.4236/ijis.2014.41003
- Morales, N. (2014). Etnografía aplicada al diseño: observación y otras herramientas de investigación. En O. Salinas, A. Losada. (Editores), *Diseño centrado en el usuario: métodos e interacciones* (pp. 51–64). México: Designio.
- Morales, N., Negrete, S. (2015). Aprendices y maestros: colaboración creativa en la producción de medios. En J. Elizondo. (Editor), *Cultura visual y sistemas de significación: dando sentido a los algoritmo, los medios y la creatividad en el espacio de la comunicación* (pp. 29–56). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Müller-Brockmann, J. (2012). *Sistemas de retículas: un manual para diseñadores gráficos* (3ra ed.). España: Editorial Gustavo Gili.
- Munzner, T. (2009). A Nested Model for Visualization Design and Validation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 15, issue 6. doi: 10.1109/TVCG.2009.111.
- Munzner, T. (2014). *Visualization Analysis & Design*. USA: CRC Press.
- Natarajan, Priyamvada. (2016). *Mapping the Heavens: The Radical Scientific Ideas That Reveal the Cosmos*. USA: Yale University Press.
- Negrete, S., Morales, N. (2013). e-Motion for the development of creative animatics. *Proceedings of the Fourth International Conference on Computational Creativity*, pp. 184–188. Sydney, New South Wales, Australia: ICC2013.
- Nielsen, J. (2020). 10 Usability heuristics for User Interface Design. *Nielsen Norman Group*. [Artículo]. Recuperado de: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Norman, D. A. (1986). Cognitive Engineering. En D. A. Norman, S. W. Draper (comps.), *User Centered System Design: new perspectives on human-computer interaction* (pp. 31–61). Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- Norman, D. A. (1988). *La psicología de los objetos cotidianos*. España: Nerea.
- Norman, D. A. (1991). Cognitive artifacts. *Designing interaction*, John M. Carroll (Ed.). Cambridge University Press, New York, NY, USA 17–38.
- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart: defending human attributes in the age of the machine*. USA: Addison Wesley Publishing Company.
- Norman, D. A. (2011). *Living with complexity*. London: The MIT Press.
- Norman, D. A., Draper, S. W. (comps.). (1986). *User Centered System Design: new perspectives on human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- Norman, D. A., Lindsay, P. H. (1977). *Human information processing: an introduction to psychology (2nd ed.)*. USA: Academic Press.

- Olalde, M. T. (2018). *La composición visual en el aprendizaje virtual: su influencia en la comprensión de la información* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma Metropolitana, México. Recuperado de: <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/5886>
- O'Flaherty, K. S. (1997). The Hipparcos Satellite Operations. *The Hipparcos Satellite Operations: astrometric and photometric star catalogues derived from the ESA Hipparcos Space Astrometry Mission*, volume 2, The Netherlands: European Space Agency. Recuperado de: https://www.cosmos.esa.int/documents/532822/552851/vol2_all.pdf/ae20969e-b6e9-47eb-8057-7b2cdb1111c4
- Papanek, V. J. (2000). *Design for the real world: human ecology and social change*. USA: Pantheon books.
- Pazhoumand-Dar, H. (2018). Fuzzy association rule mining for recognising daily activities using Kinect sensors and a single power meter. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 9, issue 5, pp. 1497–1515. doi: <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0571-8>
- Pérez, V. J., Gutiérrez, M. T., García, A., Gómez, J. (2005). *Procesos psicológicos básicos: un análisis funcional*. España: Pearson Prentice Hall.
- Pernice, K. (31 de Agosto de 2018). Design Systems and their benefits. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=3TpiNrZlzt4&feature=youtu.be>
- Perryman, M. A. C. (1997). Introduction and Guide to the Data. *The Hipparcos Satellite Operations: astrometric and photometric star catalogues derived from the ESA Hipparcos Space Astrometry Mission*, volume 1, The Netherlands: European Space Agency. Recuperado de: https://www.cosmos.esa.int/documents/532822/552851/vol2_all.pdf/ae20969e-b6e9-47eb-8057-7b2cdb1111c4
- Perryman, M. A. C. (2010). *The Making of History's Greatest Star Map*. Alemania: Springer. Recuperado de: <https://www.springer.com/us/book/9783642116018>
- Perryman, M. A. C. (2012). The History of Astrometry. *The European Physical Journal H*, vol. 37, issue 5, Alemania: Springer. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1140%2Fepjh%2Fe2012-30039-4>
- Pueyo, A. A. (1996). *Inteligencia y cognición*. España: Paidós.
- Ramírez-Laureano, E., Laureano-Cruces, A. L., Ledo-Mezquita, Y., Flores-Mendoza, C. (2018). Conscious interfaces: a shared responsibility. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, pp. 98–112, vol. 5, issue 1, January.
- Richards, C. (2002). *The fundamental design variables of diagramming from Diagrammatic Representation and Reasoning*. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0109-3>
- Sampieri, R. (2014). *Ciencia y metáfora: una perspectiva desde la filosofía de la ciencia*. México: Universidad Autónoma Nacional de México.
- Santillán-González, A. J. (2011). Videojuegos en la astrofísica computacional del siglo XXI. *Revista Digital Universitaria*, vol. 12, no. 6. Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num6/art63/index.html>

- Santillán-González, A. J., Araya, I., Cure, M., ud-Doula, A. (2011). Soluciones a modelos hidrodinámicos de vientos estelares en estrellas masivas. [Artículo]. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/258488323_Soluciones_a_modelos_hidrodinamicos_de_vientos_estelares_en_estrellas_masivas
- Santillán-González, A. J., Hernández-Cervantes, L. (2008). Computational platform of the Mexican Virtual Solar Observatory. [Artículo]. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/26530167_Computational_platform_of_the_Mexican_Virtual_Solar_Observatory
- Santillán-González, A. J., Hernández-Cervantes, L. (2010). El poder del Supercómputo en la Astrofísica Teórica. *Revista Digital Universitaria*, vol. 11, no. 3. Recuperado de:
<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num3/art25/int25.htm>
- Santillán-González, A. J., Hernández-Cervantes, L., Franco, J. (2004). Simulaciones numéricas en astrofísica. *Revista Digital Universitaria*, vol. 5, no. 4. Recuperado de:
<http://www.revista.unam.mx/vol.5/num4/art24/art24.htm>
- Santillán-González, A. J., Hernández-Cervantes, L., González-Ponce, A. (2009). Observatorios virtuales astrofísicos. *Revista digital universitaria*, vol. 10, no. 10. Recuperado de:
<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num10/art62/int62.htm>
- Santillán-González, A. J., Magaña, J., Sánchez-Salcedo, F. (2011). Materia y energía oscuras. *Revista digital universitaria*, vol. 12, no. 5. Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num5/art51/index.html>
- Santillán-González, A. J., Sánchez-Salcedo, F. (2009). Desafíos De la astrofísica contemporánea. *Revista digital universitaria*, vol. 10, no. 10. Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num10/art61/int61.htm>
- Santillán-González, A. J., Sánchez-Salcedo, F., González, A. (2008). Mexican Virtual Solar Observatory: Hydrodynamic simulations of the evolution of CMEs. [Artículo]. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/26530165_Mexican_Virtual_Solar_Observatory_Hydrodynamic_simulations_of_the_evolution_of_CMEs
- Sears, A., Jacko, J. A. (eds.). (2009). *Human-Computer Interaction: fundamentals*. USA: CRC Press.
- Seeds, M. A., Backman, D. (2011). *Foundations of Astronomy*. Canada: Brooks/Cole.
- Selles, T. S., Jordan, S. (2018). Visualising the Gaia data with Gaia Sky. *ESA*. [Sitio web]. Recuperado de:
https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/gaiadr2_gaiasky
- Serrano, S. (2017). Sistemas de diseño. *Saraclip*. [Sitio web]. Recuperado de: <https://www.saraclip.com/sistemas-de-disenio/>
- Serrano, S. (2017). Elementos de un sistema de diseño. *Saraclip*. [Sitio web]. Recuperado de:
<https://www.saraclip.com/elementos-de-un-sistema-de-disenio/>
- Shackel, B. (1991). Usability – context, framework, definition, design and evaluation. En B. Shackel, S. Richardson (eds.), *Human factors for informatics usability* (pp. 21–37). USA: Cambridge University Press.
- Shedroff, N., Noessel, C. (2012). *Make it so: interaction design lessons from science fiction*. USA: Rosenfeld.

- Shin, S. (1994). *The logical status of diagrams*. USA: Cambridge University Press.
- Smith, E. E., Kosslyn, S. M. (2008). *Procesos cognitivos: modelos y bases neurales*. España: Pearson.
- Sowa, J. F. (1984). *Conceptual structures: information processing in mind and machine*. USA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Sowa, J. F. (2000). *Knowledge representation: logical, philosophical, and computational foundations*. USA: Brooks/Cole.
- Steele, J., Illinsky, N. (2010). *Beautiful visualization: looking at data through the eyes of experts*. Canadá: O'Reilly.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual Revolutions*. USA: Princeton University.
- Torres-Velasco, E. O., Laureano-Cruces, A. L., Santillán-González, A. J. (Diciembre de 2019). La visualización en la astrofísica como aproximación a la innovación teórica. En I. Garmendia (Presidencia), *De los Métodos y las Maneras*. Ponencia llevada a cabo en el VI Coloquio de Metodología en el Posgrado de Diseño, Ciudad de México, México. Artículo de investigación en prensa – UAM.
- Tory, M., Möller, T. (2004). Human factors in visualization research. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 10, no. 1, pp. 72–84. doi: 10.1109/TVCG.2004.1260759.
- Tufte, E. R. (1990). *Envisioning Information*. USA: Graphics Press.
- Tufte, E. R. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information*. USA: Graphics Press.
- Tulp, J. W. (2017). How to create inspiring data. Europython. Rimini Italy. [Archivo de video]. Recuperado de: https://youtu.be/D6kU7kJeX_s
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P. (2014). *Constructing representations to learn in science*. Rotterdam: SensePublishers.
- Ungar, S. (2000). Knowledge, ignorance and the popular culture: climate change versus the ozone hole. *Public understanding of science*, vol. 9, no. 3. Recuperado de: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1088/0963-6625/9/3/306>
- van Leeuwen, F., Lindegren, L., Mignard, F. (1997). Construction of the Hipparcos Catalogue. *The Hipparcos Satellite Operations: astrometric and photometric star catalogues derived from the ESA Hipparcos Space Astrometry Mission*, volume 3, The Netherlands: European Space Agency. Recuperado de: https://www.cosmos.esa.int/documents/532822/552851/vol3_all.pdf/dca04df4-dc6f-4755-95f2-b1217e539926
- Velarde, O. (2017). A visual guide to the anatomy of typography [Infographic]. *Visme*. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de: <https://visme.co/blog/type-anatomy/>
- Visocky, J., Visocky K. (2008). *The information design handbook*. Cincinnati, Ohio: How eBooks.
- Wagner, R. (14 de octubre 2017). ASTR 104 Video Distance Modulus Calculation. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=MEnD7LWXHpA>
- Wagner, W. (2007). Vernacular science knowledge: its role in everyday life communication. *Public understanding of science*, vol. 16, no. 1. Recuperado de: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0963662506071785>
- Ware, C. (2013). *Information visualization: perception for design*. USA: Morgan Kaufmann.

- Watts, E. J. (2017) *Hypatia: the life and legend of an ancient philosopher*. USA: Oxford University Press
- Weisberg, M. (2013). *Simulation and similarity: using models to understand the world*. USA: Oxford University Press.
- Yablonski, J. (2021). *Laws of UX: design principles for persuasive and ethical products*. USA: O'Reilly.
Recuperado de: <https://lawsofux.com/>
- Yañez-Castillo, A. (2016). *De lo efectivo a lo afectivo: diseño de elementos interactivos visuales con la finalidad de favorecer la interacción entre adultos mayores y la computadora personal* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana, México. Recuperado de:
http://kali.azc.uam.mx/clc/02_publicaciones/tesis_dirigidas/Tesis_JYC.pdf
- Yañez-Castillo, A., Laureano-Cruces, A. L., Garmendia-Ramírez, G. I. (2017). Diseño emocional de elementos interactivos visuales: una perspectiva para mejorar la interacción de los inmigrantes digitales con la computadora personal. *Revista Tecnología & Diseño*, no. 8, pp. 37–55.
- Zeilik, M., Gregory, S. A. (1998). *Introductory astronomy and astrophysics*. USA: Cengage Learning.
- Zelazny, G. (2001). *Say it with charts: the executive's guide to visual communication*. USA: McGraw-Hill.
- Zhu, B., Chen, H. (2008). Information visualization for decision support. En F. Burstein, C. W. Holsapple (ed.), *Handbook on decision support systems* (pp. 699–722). Alemania: Springer-Verlag.

Índice de tablas y figuras

Capítulo 3	9
3. Razonamiento cualitativo	9
Tabla 3.1. Ejemplo de Lógica abductiva	12
Figura 3.1. Topología de la misma estructura. Tomada de Capra (1996)	14
Figura 3.2. Trece orientaciones de un vector. Tomada de Bozzo y Fenves (1994)	15
Capítulo 4	17
4. Módulo de distancia	17
Figura 4.1. Representación de brillo estelar en seis categorías. Elaboración propia	19
Figura 4.2. Representación de brillo escalar extendida. Elaboración propia	20
Figura 4.3. Método de la paralaje trigonométrica. Tomada de Zeilik y Gregory (1998) .	20
Figura 4.4. Ley del cuadrado inverso. Tomada de Wikipedia (2021)	22
Figura 4.5. Órbita geoestacionaria de <i>Hipparcos</i> . Tomada de O’Flaherty (1997)	26
Figura 4.6. Mejora en la precisión angular. Tomada de O’Flaherty (1997)	27
Capítulo 5	29
5. Análisis y diseño de la visualización	29
Figura 5.1. Marco para el análisis y diseño de la visualización. Tomada de Munzner (2014)	31
Figura 5.2. Modelo anidado. Tomada de Munzner (2014)	31
Figura 5.3. Personas. Elaboración propia	33
Tabla 5.1. Gestos interactivos dominados por edad	34
Tabla 5.2. Características del usuario	35
Figura 5.4. Estructura afectivo-motivacional. Tomada de Mora-Torres et al. (2014)	38
Figura 5.5. Journey map de la interfaz-interactiva. Elaboración propia	39
Figura 5.6. Sistema de retícula. Elaboración propia	40
Figura 5.7. Los colores de sci-fi. Tomada de Shedroff y Noessel (2012)	41
Figura 5.8. Paleta de colores. Elaboración propia	42

Figura 5.9. Selección de colores. Elaboración propia	43
Figura 5.10. Tipografías. Elaboración propia	44
Figura 5.11. Iconografía. Elaboración propia	44
Figura 5.12. Escalas y espaciado de los botones. Elaboración propia	45
Figura 5.13. Estados de los botones. Elaboración propia	46
Figura 5.14. Caja de mensaje con la bienvenida. Elaboración propia	46
Figura 5.15. Cajas de mensajes con instrucciones. Elaboración propia	47
Figura 5.16. Pantalla esqueleto. Elaboración propia	47
Figura 5.17. Animación de onda. Elaboración propia	48
Figura 5.18. Vista de la aplicación sobre un espacio 3D. Elaboración propia	49
Figura 5.19. Relación espacial e imágenes esquema. Tomada de Allwein y Barwise (1996)	51
Figura 5.20. Conversión de coordenadas esféricas a cartesianas. Tomada de Arfken y Weber (2005)	51
Figura 5.21. Normalización. Elaboración propia	52

Apéndice A 74

Rasgos técnicos de la plataforma de Processing	74
Figura A1. Entorno de desarrollo en modo Java. Tomada de Processing (2021)	75
Figura A2. Sistema de coordenadas de Processing. Tomada de Processing (2021)	77
Figura A3. Método setup 1. Elaboración propia	78
Figura A4. Método setup 2. Elaboración propia	79
Figura A5. Método draw. Elaboración propia	80
Figura A6. Constructor del objeto clase tipo Estrella. Elaboración propia	81
Figura A7. Método render de la clase Star 1. Elaboración propia	82
Figura A8. Método render de la clase Star 2. Elaboración propia	83
Figura A9. Métodos increase_app_mag, decrease_app_mag y modifies_app_mag 1. Elaboración propia	84
Figura A10. Métodos increase_app_mag, decrease_app_mag y modifies_app_mag 2. Elaboración propia	85

Figura A11. Métodos <code>increase_distance</code> , <code>decrease_distance</code> y <code>modifies_distance</code> 1. Elaboración propia	86
Figura A12. Métodos <code>increase_distance</code> , <code>decrease_distance</code> y <code>modifies_distance</code> 2. Elaboración propia	87
Figura A13. Parse de la base de datos. Elaboración propia	88
Figura A14. Métodos <code>apparent_magnitude</code> , <code>distance</code> y <code>calculate_alpha</code> . Elaboración propia	89
Figura A15. Conversión de coordenadas esféricas a cartesianas. Elaboración propia	90
Apéndice C	93
Procesamiento de datos con Python	93
Figura C1. Módulos de Python. Elaboración propia	95
Figura C2. Métodos para calcular. Elaboración propia	96
Figura C3. Lectura de 118,218 estrellas. Elaboración propia	97
Figura C4. Selección de variables. Para calcular su posición y su magnitud absoluta. Se convierte el paralaje de microsegundo de arco a pársecs. Elaboración propia	98
Figura C5. Calculo de magnitud absoluta y Error 421. Elaboración propia	99
Figura C6. Visualización del Error 421 con 263 elementos en la misma situación. Elaboración propia	100
Figura C7. Asignación de 117,955 elementos a tabla. Elaboración propia	101
Figura C8. Calculo de magnitud absoluta y Error Paralaje cuando es negativo o cero. Elaboración propia	102
Figura C9. Visualización del Error Paralaje y análisis de 4,196 con valor negativo y 49 en cero. Elaboración propia	103
Figura C10. Asignación de 113,710 elementos a tabla. Elaboración propia	104
Figura C11. Calcula la magnitud absoluta y los mínimos y máximos valores. Elaboración propia	105
Figura C12. Agrega nueva variable a la tabla y exporta. Elaboración propia	106

Figura C13. Calcula la distancia real de las estrellas y agrega nueva variable a la tabla. Elaboración propia	107
Figura C14. Conversión de RA, DEC, R a X, Y, Z. Elaboración propia	108
Figura C15. Agrega nuevas variables y se etiqueta el nombre de las columnas. Elaboración propia	109
Figura C16. Despliegue de 113,710. Elaboración propia	110
Figura C17. Ordena ascendentemente la tabla con elementos menores a 10 pc. Elaboración propia	111
Figura C18. Ordena ascendentemente la tabla con elementos menores a 100 pc. Elaboración propia	112
Figura C19. Despliegue de 183 elementos. Elaboración propia	113

Anexos

Apéndice A. Rasgos técnicos de la plataforma de Processing

Processing es un lenguaje y un entorno de programación que promueve la literacidad del código en el contexto de las artes visuales. Processing es de descarga libre y código abierto.

Processing inició con Ben Fry y Casey Reas (2001) basaron la idea de Processing con la sintaxis del lenguaje Java y con el léxico de gráficos primitivos inspirados en OpenGL, Postscript, Design by Numbers, entre otros. Con el incremento gradual de interfaces de programación alternativas –como en el caso de Javascript, Python y Ruby–, Processing no es un solo lenguaje, sino que también es un enfoque orientado a las artes para aprender, enseñar y hacer cosas con código. Este es el sitio web de Processing (<https://processing.org/>).

Processing contiene cuatro procesadores de pantalla o *renderers* incorporados. El procesador P2D es rápido, pero menos preciso para dibujar formas en dos dimensiones. El procesador P3D es para dibujar geometría en tres dimensiones, permitiendo controlar los movimientos de un objeto de tipo cámara, iluminación o los materiales. Los renderers P2D y P3D se aceleran si el ordenador contiene una tarjeta gráfica OpenGL compatible. La extensión PDE de los archivos de Processing proviene del acrónimo de *Processing Development Environment*.

La comunidad de Processing contribuye con librerías que pueden añadirse a los *sketch* para habilitar la reproducción de sonidos, visión por computadora y geometría 3D avanzada. Además, Processing tiene distintos modos (Android, Python, entre otros) para hacer posible el despliegue de los *sketch* en diferentes plataformas y lenguajes. El lenguaje por defecto para programar es Java.

Entorno de desarrollo de Processing

El entorno de desarrollo de Processing (*PDE*, por sus siglas en inglés) se constituye de un editor de textos simple para escribir código, un área de mensajes y consola, pestañas para administrar archivos, un compilador, una ventana de visualización y una barra de herramientas con botones para acciones comunes como se presenta en la Figura A1.

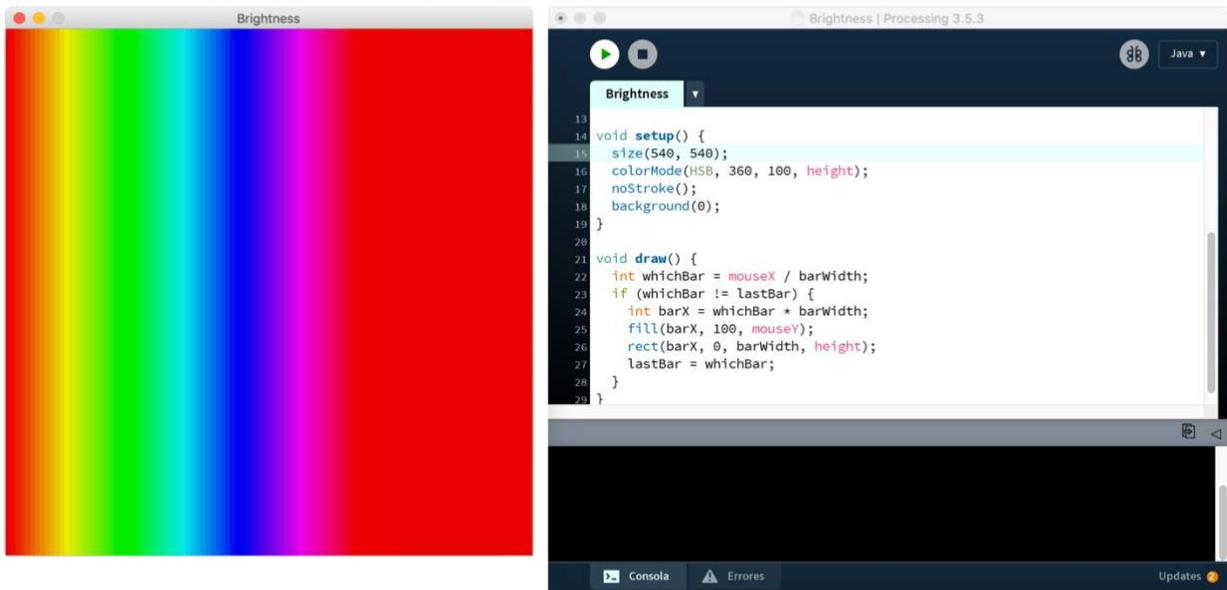


Figura A1. Entorno de desarrollo en modo Java. Tomada de Processing (2021)

El entorno de Processing permite cortar, pegar, buscar y reemplazar escritos en el editor de textos. El área de mensajes da retroalimentación cuando se guarda y se exporta un proyecto. La consola muestra mensajes de error completos y texto de salida provenientes de los programas llamados *sketch* mediante las funciones `print()` y `println()`. Los botones en la barra de herramientas pueden correr y detener programas escritos:



Run

Ejecuta el *sketch*. En modo Java compila el código y abre una nueva ventana.



Stop

Termina de ejecutar el *sketch*.

Renderers

Si el *render* no se define, entonces se utiliza el *renderer* por defecto. El tipo de *renderer* para cada *sketch* se especifica sobre la función `size()` como lo muestra el siguiente programa:

```
void setup() {  
  size(200, 200);  
}  
  
void draw() {  
  background(204);  
  line(width/2, height/2, mouseX, mouseY);  
}
```

Para cambiar el *renderer*, se añade un tercer parámetro a la función `size()`. Por ejemplo:

```
void setup() {  
  size(200, 200, P3D);  
}  
  
void draw() {  
  background(204);  
  sphere(10);  
}
```

Coordenadas

Processing utiliza un sistema de coordenadas cartesiano que inicia a partir de la esquina superior izquierda de la ventana de visualización como se muestra en la Figura A2. Si el sketch es de 320 píxeles de ancho por 240 de alto, la coordenada (0, 0) está en el píxel superior izquierdo y la coordenada (320, 240) está en el píxel inferior derecho.

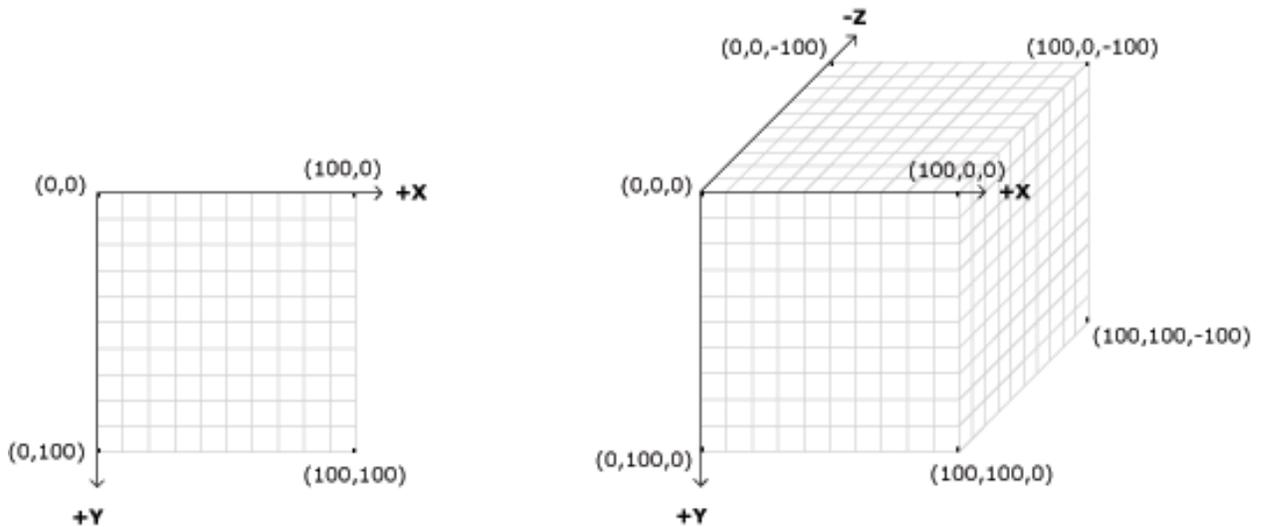


Figura A2. Sistema de coordenadas de Processing. Tomada de Processing (2021)

El último píxel visible en la esquina inferior derecha de la pantalla está en la posición (319, 239), debido a que los píxeles se dibujan hacia a la derecha y debajo de la coordenada.

En el sistema de coordenadas de tres dimensiones P3D, la coordenada Z es cero en la superficie de la imagen mediante valores negativos en Z se mueve hacia atrás en el espacio. En el caso de la cámara, el espacio se posiciona en el centro de la ventana.

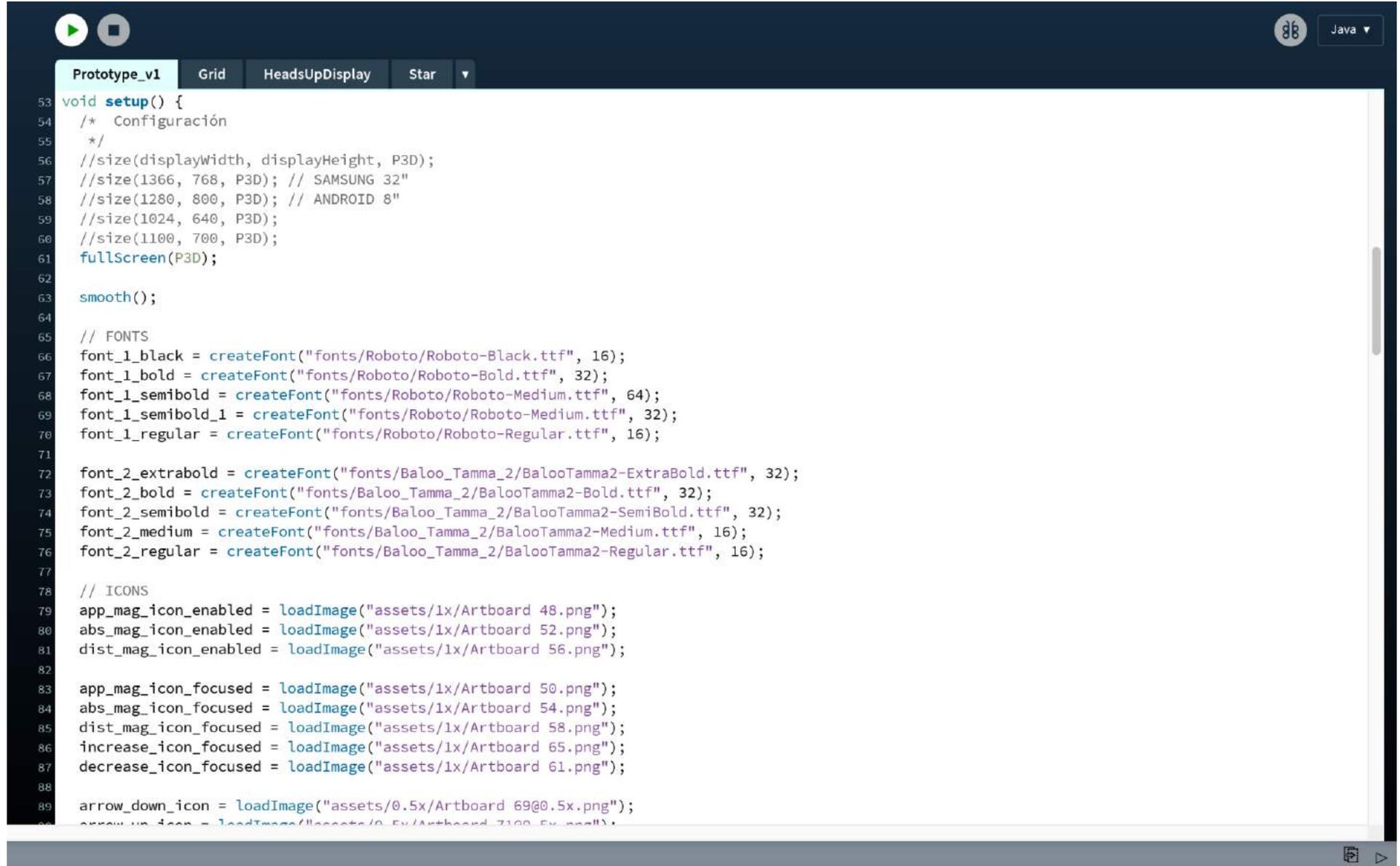
Depurador

El depurador de Processing es una herramienta que permite diagnosticar problemas con los *sketch*. Al activarse permite pausar un *sketch* en ejecución y avanzar a través del código línea por línea o detenerse en los puntos de interrupción asignados.

Modo de programación Java

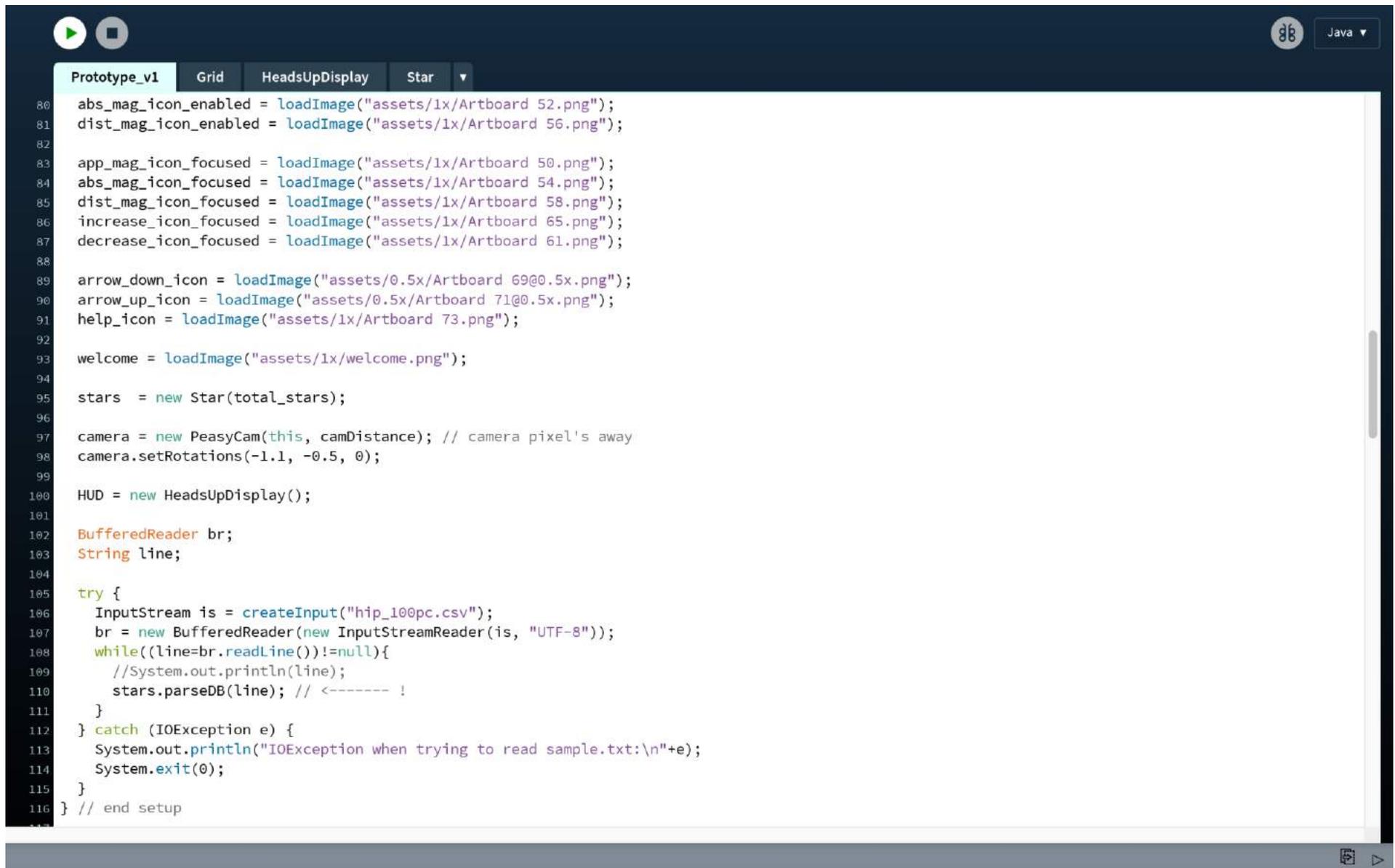
Este modo permite escribir programas cortos o complejos en el lenguaje de programación Java. Estos pueden ser exportados en aplicaciones Java para ejecutarse en sistemas operativos como Linux, Mac OS X o Windows.

Visualización de datos con Processing



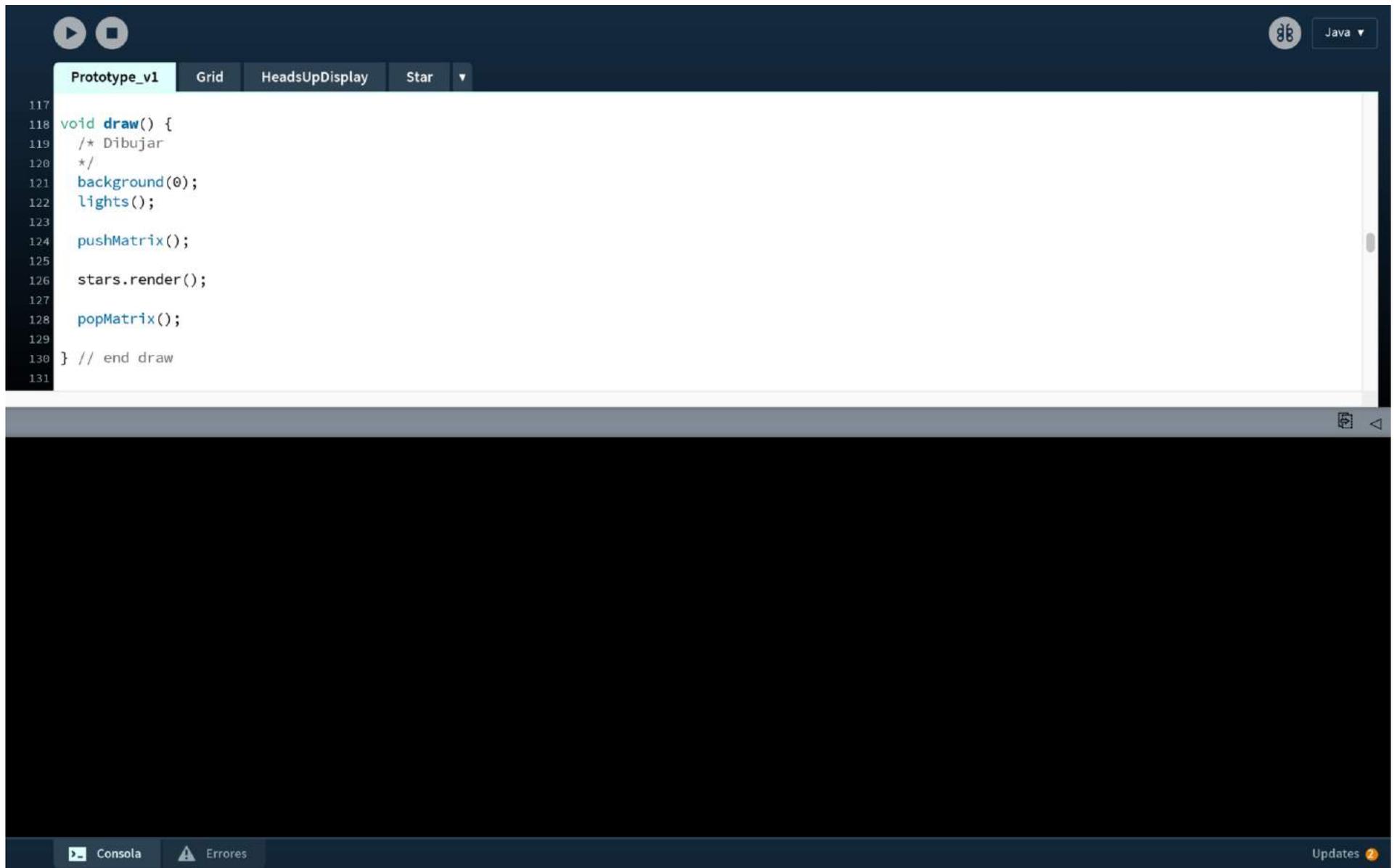
```
53 void setup() {
54   /* Configuración
55    */
56   //size(displayWidth, displayHeight, P3D);
57   //size(1366, 768, P3D); // SAMSUNG 32"
58   //size(1280, 800, P3D); // ANDROID 8"
59   //size(1024, 640, P3D);
60   //size(1100, 700, P3D);
61   fullscreen(P3D);
62
63   smooth();
64
65   // FONTS
66   font_1_black = createFont("fonts/Roboto/Roboto-Black.ttf", 16);
67   font_1_bold = createFont("fonts/Roboto/Roboto-Bold.ttf", 32);
68   font_1_semibold = createFont("fonts/Roboto/Roboto-Medium.ttf", 64);
69   font_1_semibold_1 = createFont("fonts/Roboto/Roboto-Medium.ttf", 32);
70   font_1_regular = createFont("fonts/Roboto/Roboto-Regular.ttf", 16);
71
72   font_2_extrabold = createFont("fonts/Baloo_Tamma_2/BalooTamma2-ExtraBold.ttf", 32);
73   font_2_bold = createFont("fonts/Baloo_Tamma_2/BalooTamma2-Bold.ttf", 32);
74   font_2_semibold = createFont("fonts/Baloo_Tamma_2/BalooTamma2-SemiBold.ttf", 32);
75   font_2_medium = createFont("fonts/Baloo_Tamma_2/BalooTamma2-Medium.ttf", 16);
76   font_2_regular = createFont("fonts/Baloo_Tamma_2/BalooTamma2-Regular.ttf", 16);
77
78   // ICONS
79   app_mag_icon_enabled = loadImage("assets/1x/Artboard 48.png");
80   abs_mag_icon_enabled = loadImage("assets/1x/Artboard 52.png");
81   dist_mag_icon_enabled = loadImage("assets/1x/Artboard 56.png");
82
83   app_mag_icon_focused = loadImage("assets/1x/Artboard 50.png");
84   abs_mag_icon_focused = loadImage("assets/1x/Artboard 54.png");
85   dist_mag_icon_focused = loadImage("assets/1x/Artboard 58.png");
86   increase_icon_focused = loadImage("assets/1x/Artboard 65.png");
87   decrease_icon_focused = loadImage("assets/1x/Artboard 61.png");
88
89   arrow_down_icon = loadImage("assets/0.5x/Artboard 69@0.5x.png");
90   arrow_up_icon = loadImage("assets/0.5x/Artboard 71@0.5x.png");
```

Figura A3. Método setup 1. Elaboración propia



```
80 abs_mag_icon_enabled = loadImage("assets/1x/Artboard 52.png");
81 dist_mag_icon_enabled = loadImage("assets/1x/Artboard 56.png");
82
83 app_mag_icon_focused = loadImage("assets/1x/Artboard 50.png");
84 abs_mag_icon_focused = loadImage("assets/1x/Artboard 54.png");
85 dist_mag_icon_focused = loadImage("assets/1x/Artboard 58.png");
86 increase_icon_focused = loadImage("assets/1x/Artboard 65.png");
87 decrease_icon_focused = loadImage("assets/1x/Artboard 61.png");
88
89 arrow_down_icon = loadImage("assets/0.5x/Artboard 69@0.5x.png");
90 arrow_up_icon = loadImage("assets/0.5x/Artboard 71@0.5x.png");
91 help_icon = loadImage("assets/1x/Artboard 73.png");
92
93 welcome = loadImage("assets/1x/welcome.png");
94
95 stars = new Star(total_stars);
96
97 camera = new PeasyCam(this, camDistance); // camera pixel's away
98 camera.setRotations(-1.1, -0.5, 0);
99
100 HUD = new HeadsUpDisplay();
101
102 BufferedReader br;
103 String line;
104
105 try {
106     InputStream is = createInput("hip_100pc.csv");
107     br = new BufferedReader(new InputStreamReader(is, "UTF-8"));
108     while((line=br.readLine())!=null){
109         //System.out.println(line);
110         stars.parseDB(line); // <----- !
111     }
112 } catch (IOException e) {
113     System.out.println("IOException when trying to read sample.txt:\n"+e);
114     System.exit(0);
115 }
116 } // end setup
```

Figura A4. Método setup 2. Elaboración propia

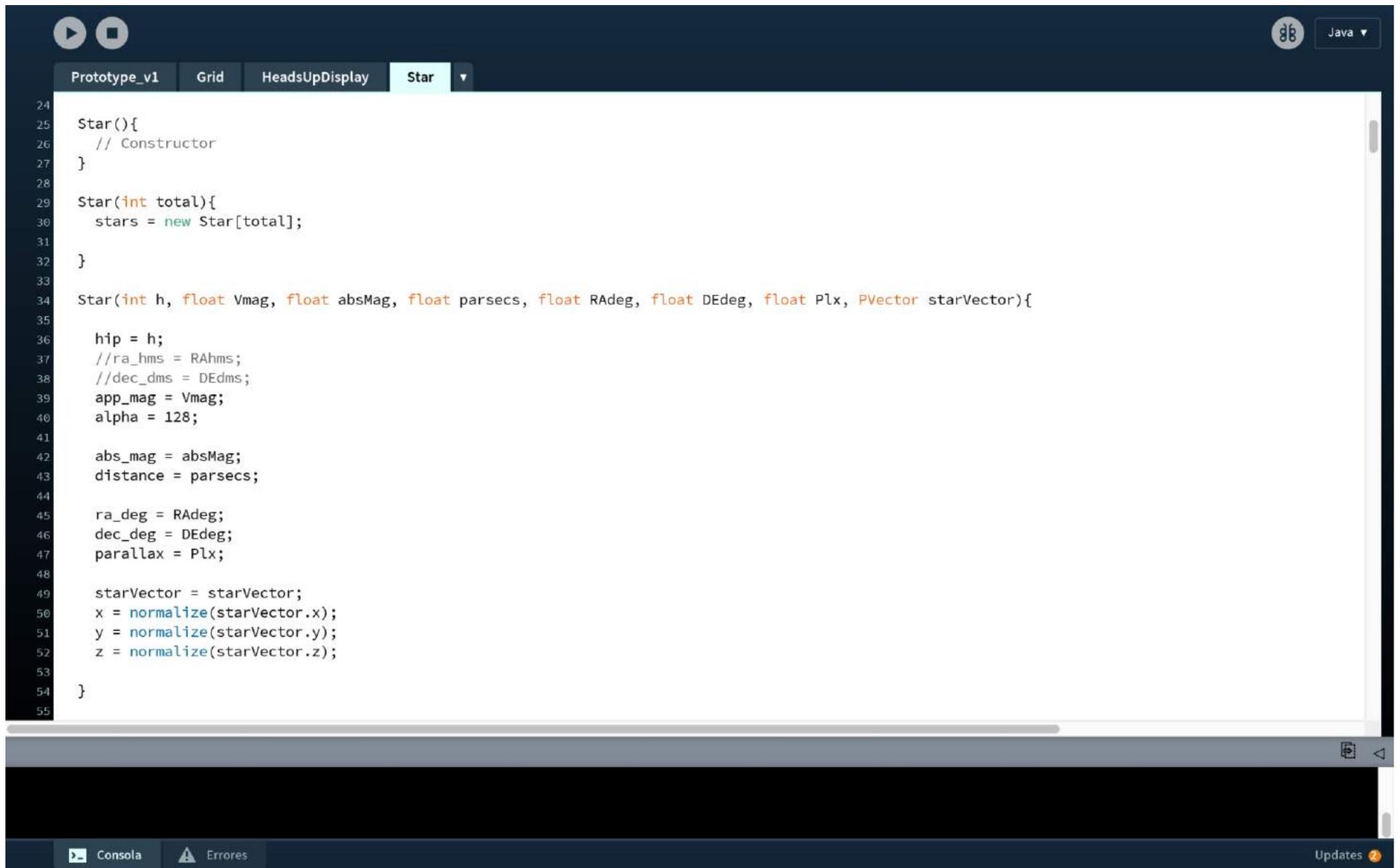


The image shows a code editor window with a dark theme. At the top, there are navigation icons (play, stop) and a language dropdown set to 'Java'. Below the navigation bar, there are tabs for 'Prototype_v1', 'Grid', 'HeadsUpDisplay', and 'Star'. The main editor area contains the following code:

```
117
118 void draw() {
119     /* Dibujar
120     */
121     background(0);
122     lights();
123
124     pushMatrix();
125
126     stars.render();
127
128     popMatrix();
129
130 } // end draw
131
```

At the bottom of the editor, there is a status bar with 'Consola', 'Errores', and 'Updates' (with a notification icon).

Figura A5. Método draw. Elaboración propia



The image shows a screenshot of an IDE window with a dark theme. At the top, there are navigation icons (play, stop) and a language dropdown set to 'Java'. Below that, a tab bar shows 'Prototype_v1', 'Grid', 'HeadsUpDisplay', and 'Star'. The main editor area displays the following Java code for the 'Star' class:

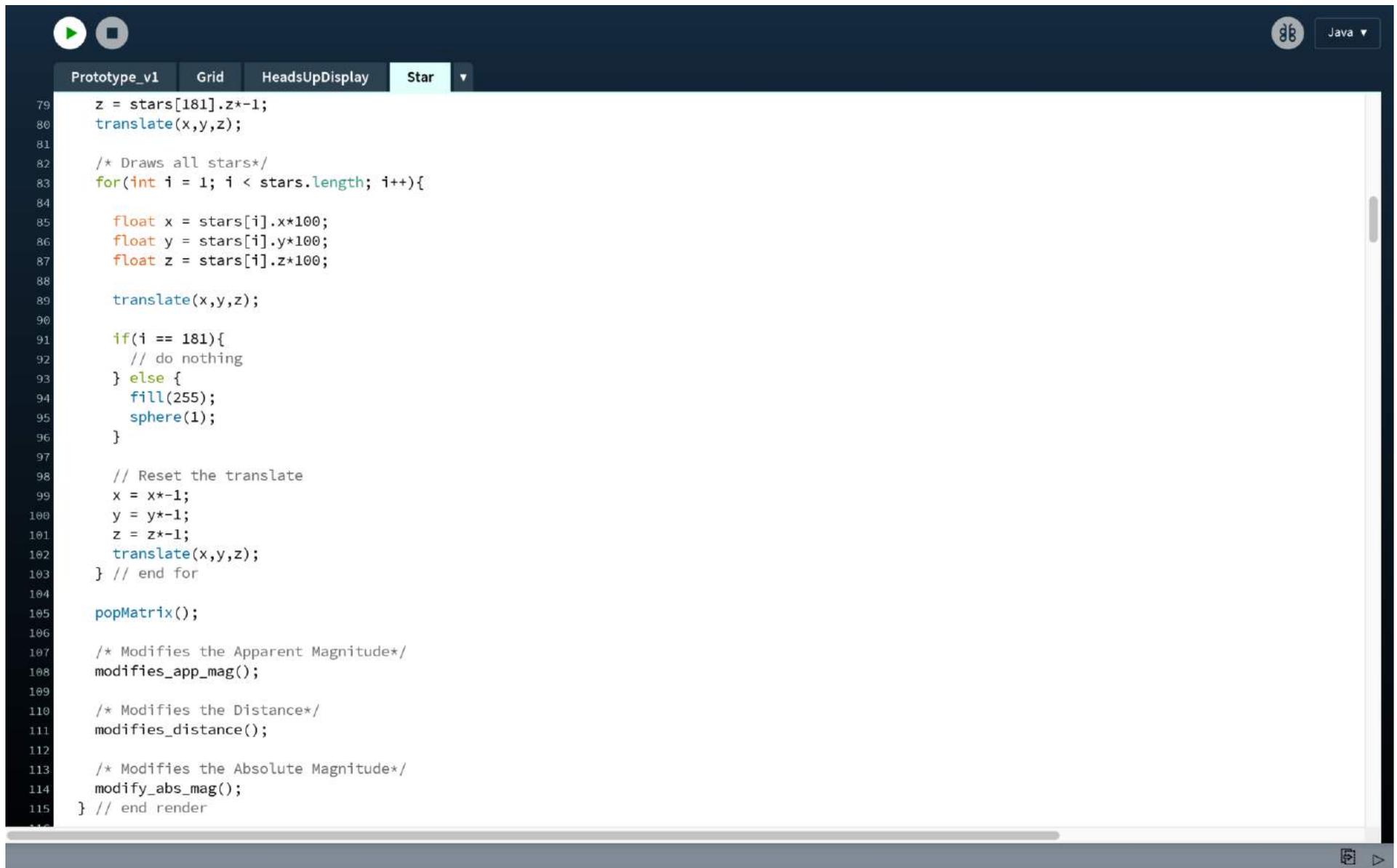
```
24
25 Star(){
26     // Constructor
27 }
28
29 Star(int total){
30     stars = new Star[total];
31
32 }
33
34 Star(int h, float Vmag, float absMag, float parsecs, float RAdeg, float DEdeg, float Plx, PVector starVector){
35
36     hip = h;
37     //ra_hms = RAhms;
38     //dec_dms = DEdms;
39     app_mag = Vmag;
40     alpha = 128;
41
42     abs_mag = absMag;
43     distance = parsecs;
44
45     ra_deg = RAdeg;
46     dec_deg = DEdeg;
47     parallax = Plx;
48
49     starVector = starVector;
50     x = normalize(starVector.x);
51     y = normalize(starVector.y);
52     z = normalize(starVector.z);
53
54 }
55
```

At the bottom of the IDE, there is a console area with tabs for 'Consola' and 'Errores', and an 'Updates' indicator with a notification icon.

Figura A6. Constructor del objeto clase tipo Estrella. Elaboración propia

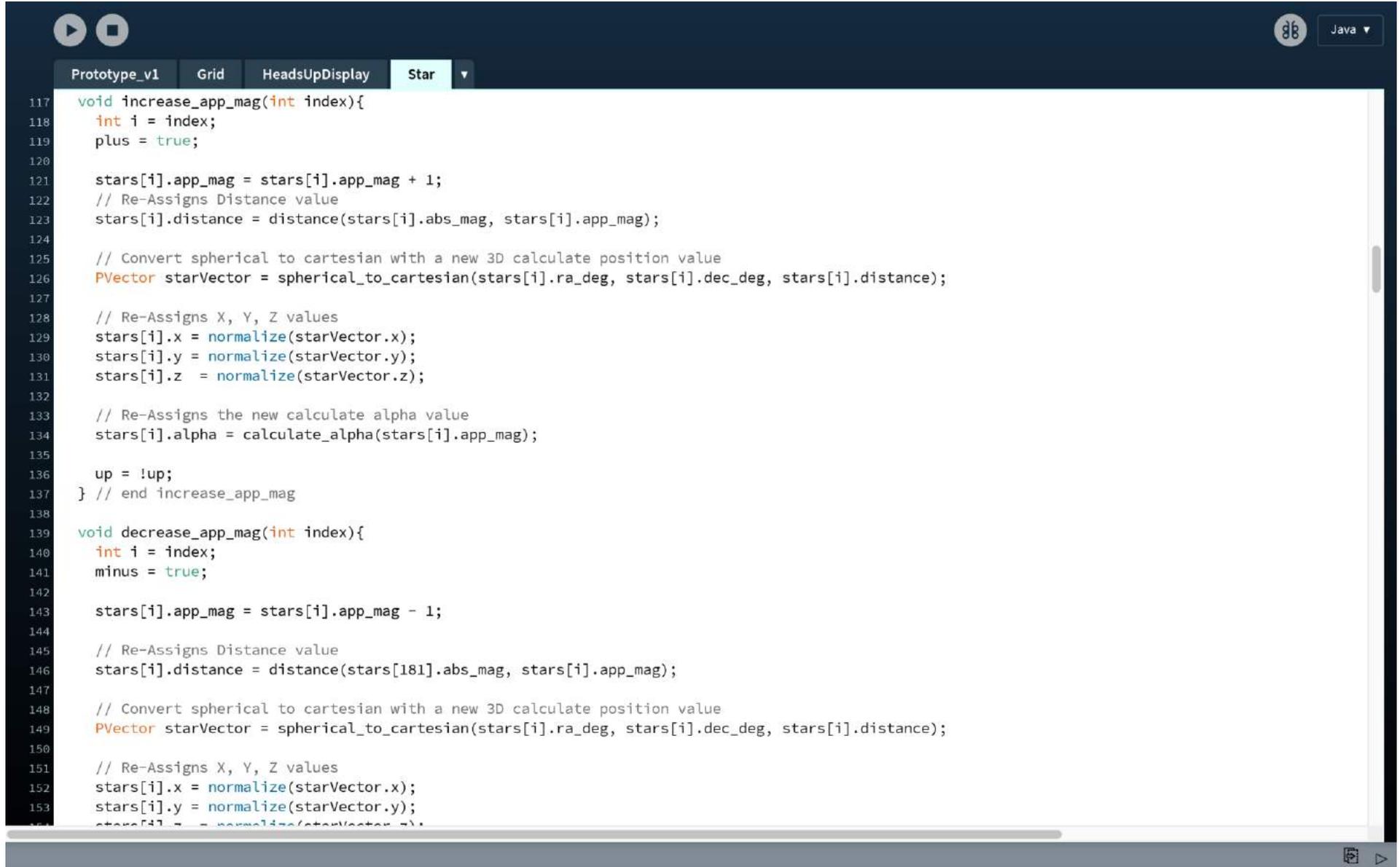
```
56 void render(){
57     /* Draws the geometrical representation
58     */
59     pushMatrix();
60     noStroke();
61     fill(255);
62     translate(0,0, 0);
63
64     sphere(1); // The sun
65
66     // Draws Star 181 HIP: 85665
67     fill(stars[181].alpha);
68     translate(stars[181].x, stars[181].y, stars[181].z);
69     sphere(1);
70
71     // Shows Stars Info in HeadsUpDisplay
72     HUD.show(stars[181].hip, stars[181].abs_mag, stars[181].app_mag,
73             stars[181].distance, stars[181].ra_deg, stars[181].dec_deg,
74             stars[181].x, stars[181].y, stars[181].z, stars[181].alpha);
75
76     // Reset the translate
77     x = stars[181].x*-1;
78     y = stars[181].y*-1;
79     z = stars[181].z*-1;
80     translate(x,y,z);
81
82     /* Draws all stars*/
83     for(int i = 1; i < stars.length; i++){
84
85         float x = stars[i].x*100;
86         float y = stars[i].y*100;
87         float z = stars[i].z*100;
88
89         translate(x,y,z);
90
91         if(i == 181){
92             // do nothing
93         } else {
```

Figura A7. Método render de la clase Star 1. Elaboración propia



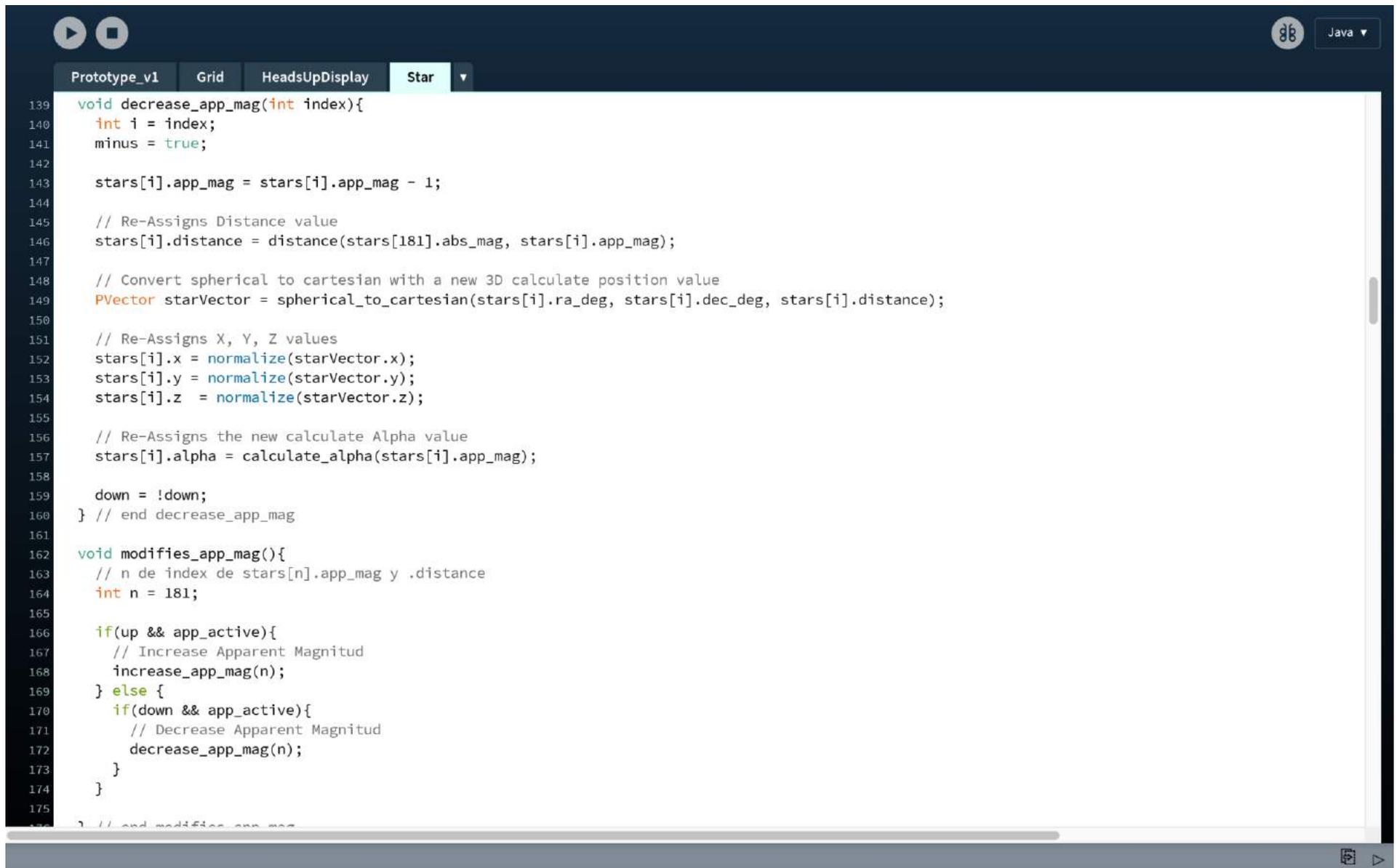
```
79     z = stars[181].z*-1;
80     translate(x,y,z);
81
82     /* Draws all stars*/
83     for(int i = 1; i < stars.length; i++){
84
85         float x = stars[i].x*100;
86         float y = stars[i].y*100;
87         float z = stars[i].z*100;
88
89         translate(x,y,z);
90
91         if(i == 181){
92             // do nothing
93         } else {
94             fill(255);
95             sphere(1);
96         }
97
98         // Reset the translate
99         x = x*-1;
100        y = y*-1;
101        z = z*-1;
102        translate(x,y,z);
103    } // end for
104
105    popMatrix();
106
107    /* Modifies the Apparent Magnitude*/
108    modifies_app_mag();
109
110    /* Modifies the Distance*/
111    modifies_distance();
112
113    /* Modifies the Absolute Magnitude*/
114    modify_abs_mag();
115    } // end render
```

Figura A8. Método render de la clase Star 2. Elaboración propia

The image shows a screenshot of an IDE window with a dark theme. At the top, there are navigation icons (play, stop) and a language dropdown set to 'Java'. Below the IDE title bar, there are tabs for 'Prototype_v1', 'Grid', 'HeadsUpDisplay', and 'Star'. The 'Star' tab is active. The main editor area contains Java code with line numbers from 117 to 154. The code defines two methods: 'increase_app_mag' and 'decrease_app_mag'. Both methods take an 'index' parameter and modify a 'stars' array. The 'increase_app_mag' method increments the 'app_mag' property, recalculates the 'distance' based on 'abs_mag' and 'app_mag', converts spherical coordinates to Cartesian using 'spherical_to_cartesian', and normalizes the X, Y, Z values. It also updates the 'alpha' value using 'calculate_alpha'. The 'decrease_app_mag' method follows a similar pattern but decrements the 'app_mag' property. The code is syntax-highlighted with colors for keywords, comments, and variable names.

```
117 void increase_app_mag(int index){
118     int i = index;
119     plus = true;
120
121     stars[i].app_mag = stars[i].app_mag + 1;
122     // Re-Assigns Distance value
123     stars[i].distance = distance(stars[i].abs_mag, stars[i].app_mag);
124
125     // Convert spherical to cartesian with a new 3D calculate position value
126     PVector starVector = spherical_to_cartesian(stars[i].ra_deg, stars[i].dec_deg, stars[i].distance);
127
128     // Re-Assigns X, Y, Z values
129     stars[i].x = normalize(starVector.x);
130     stars[i].y = normalize(starVector.y);
131     stars[i].z = normalize(starVector.z);
132
133     // Re-Assigns the new calculate alpha value
134     stars[i].alpha = calculate_alpha(stars[i].app_mag);
135
136     up = !up;
137 } // end increase_app_mag
138
139 void decrease_app_mag(int index){
140     int i = index;
141     minus = true;
142
143     stars[i].app_mag = stars[i].app_mag - 1;
144
145     // Re-Assigns Distance value
146     stars[i].distance = distance(stars[181].abs_mag, stars[i].app_mag);
147
148     // Convert spherical to cartesian with a new 3D calculate position value
149     PVector starVector = spherical_to_cartesian(stars[i].ra_deg, stars[i].dec_deg, stars[i].distance);
150
151     // Re-Assigns X, Y, Z values
152     stars[i].x = normalize(starVector.x);
153     stars[i].y = normalize(starVector.y);
154     stars[i].z = normalize(starVector.z);
```

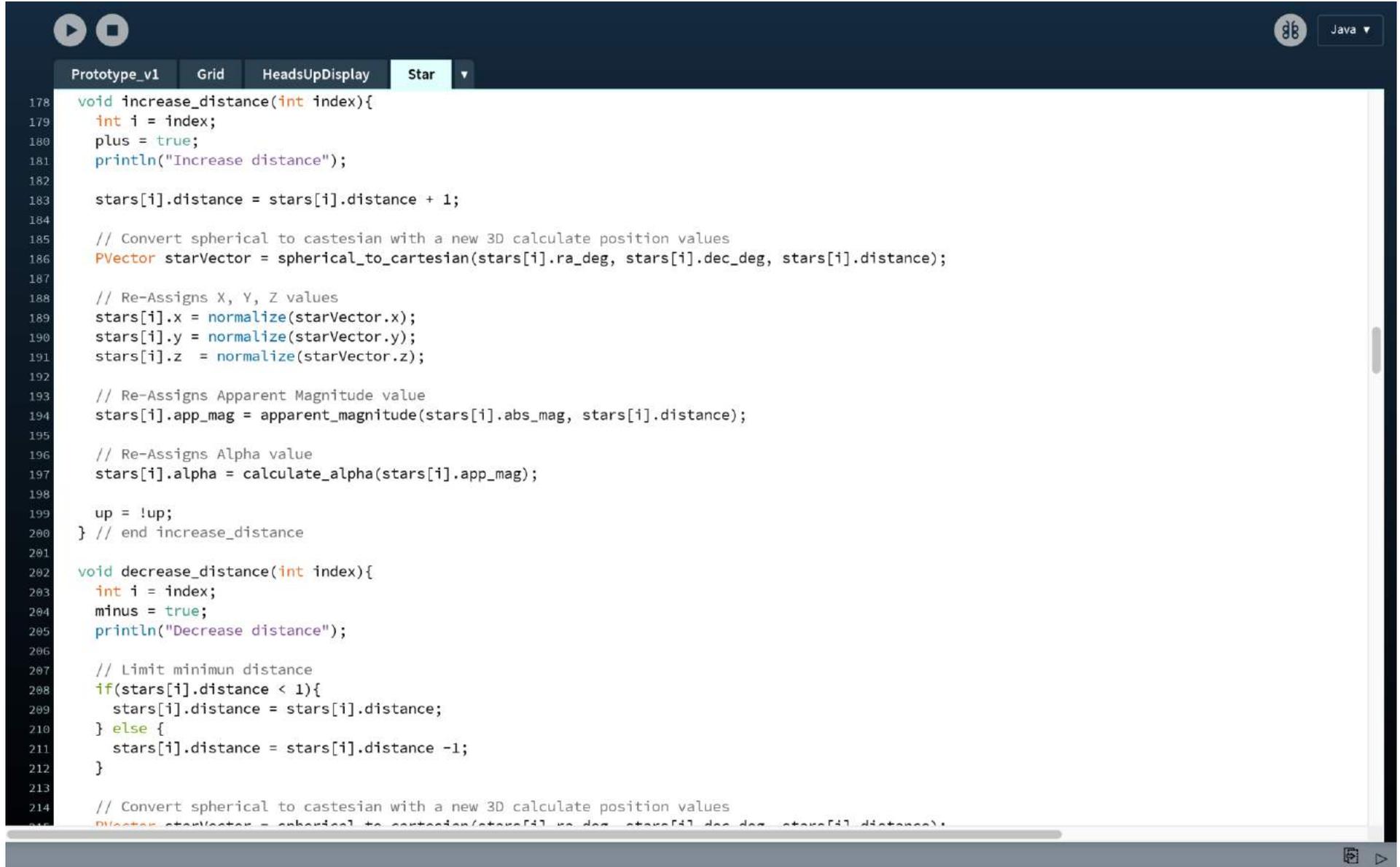
Figura A9. Métodos increase_app_mag, decrease_app_mag y modifies_app_mag 1. Elaboración propia



The image shows a screenshot of an IDE window with a dark theme. At the top, there are navigation icons (play, stop) and a language dropdown set to 'Java'. Below the navigation bar, there are tabs for 'Prototype_v1', 'Grid', 'HeadsUpDisplay', and 'Star'. The 'Star' tab is active, displaying the following Java code:

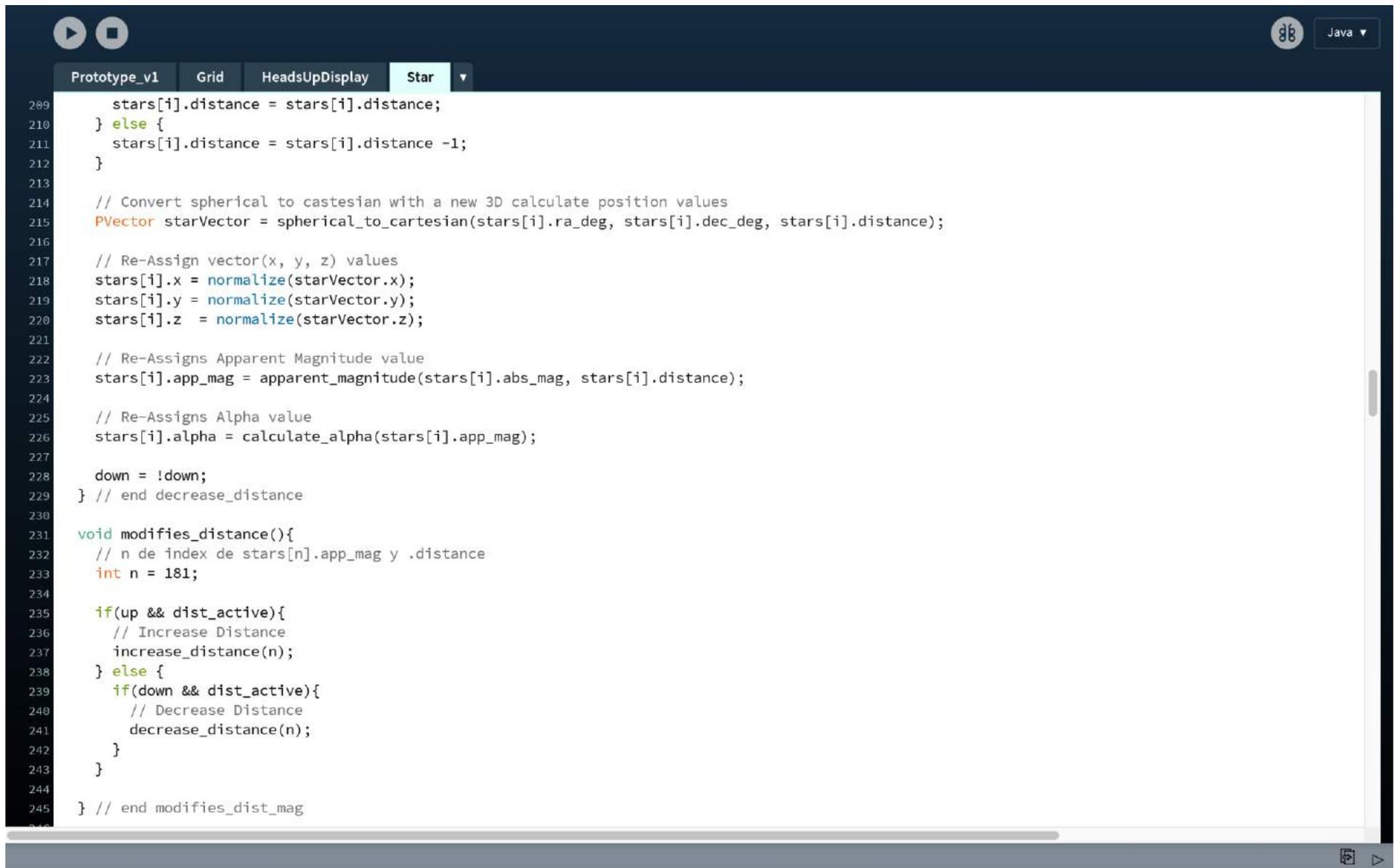
```
139 void decrease_app_mag(int index){
140     int i = index;
141     minus = true;
142
143     stars[i].app_mag = stars[i].app_mag - 1;
144
145     // Re-Assigns Distance value
146     stars[i].distance = distance(stars[181].abs_mag, stars[i].app_mag);
147
148     // Convert spherical to cartesian with a new 3D calculate position value
149     PVector starVector = spherical_to_cartesian(stars[i].ra_deg, stars[i].dec_deg, stars[i].distance);
150
151     // Re-Assigns X, Y, Z values
152     stars[i].x = normalize(starVector.x);
153     stars[i].y = normalize(starVector.y);
154     stars[i].z = normalize(starVector.z);
155
156     // Re-Assigns the new calculate Alpha value
157     stars[i].alpha = calculate_alpha(stars[i].app_mag);
158
159     down = !down;
160 } // end decrease_app_mag
161
162 void modifies_app_mag(){
163     // n de index de stars[n].app_mag y .distance
164     int n = 181;
165
166     if(up && app_active){
167         // Increase Apparent Magnitud
168         increase_app_mag(n);
169     } else {
170         if(down && app_active){
171             // Decrease Apparent Magnitud
172             decrease_app_mag(n);
173         }
174     }
175
176 } // end modifies_app_mag
```

Figura A10. Métodos increase_app_mag, decrease_app_mag y modifies_app_mag 2. Elaboración propia

The image shows a screenshot of an IDE window with a dark theme. At the top, there are navigation icons (play, stop) and a language dropdown set to 'Java'. Below that, there are tabs for 'Prototype_v1', 'Grid', 'HeadsUpDisplay', and 'Star'. The 'Star' tab is active, displaying Java code. The code is organized into two main methods: 'increase_distance' and 'decrease_distance'. The 'increase_distance' method (lines 178-200) takes an 'index' and increments the distance of the star at that index by 1. It includes comments about converting spherical coordinates to Cartesian and normalizing the resulting X, Y, Z values. The 'decrease_distance' method (lines 202-214) takes an 'index' and decrements the distance, with a check to ensure it doesn't go below 1. It also includes a comment about converting spherical coordinates to Cartesian. The code is color-coded: keywords in blue, comments in green, and strings in purple. Line numbers are visible on the left side of the editor.

```
178 void increase_distance(int index){
179     int i = index;
180     plus = true;
181     println("Increase distance");
182
183     stars[i].distance = stars[i].distance + 1;
184
185     // Convert spherical to castesian with a new 3D calculate position values
186     PVector starVector = spherical_to_cartesian(stars[i].ra_deg, stars[i].dec_deg, stars[i].distance);
187
188     // Re-Assigns X, Y, Z values
189     stars[i].x = normalize(starVector.x);
190     stars[i].y = normalize(starVector.y);
191     stars[i].z = normalize(starVector.z);
192
193     // Re-Assigns Apparent Magnitude value
194     stars[i].app_mag = apparent_magnitude(stars[i].abs_mag, stars[i].distance);
195
196     // Re-Assigns Alpha value
197     stars[i].alpha = calculate_alpha(stars[i].app_mag);
198
199     up = !up;
200 } // end increase_distance
201
202 void decrease_distance(int index){
203     int i = index;
204     minus = true;
205     println("Decrease distance");
206
207     // Limit minimun distance
208     if(stars[i].distance < 1){
209         stars[i].distance = stars[i].distance;
210     } else {
211         stars[i].distance = stars[i].distance -1;
212     }
213
214     // Convert spherical to castesian with a new 3D calculate position values
215     PVector starVector = spherical_to_cartesian(stars[i].ra_deg, stars[i].dec_deg, stars[i].distance);
```

Figura A11. Métodos increase_distance, decrease_distance y modifies_distance 1. Elaboración propia



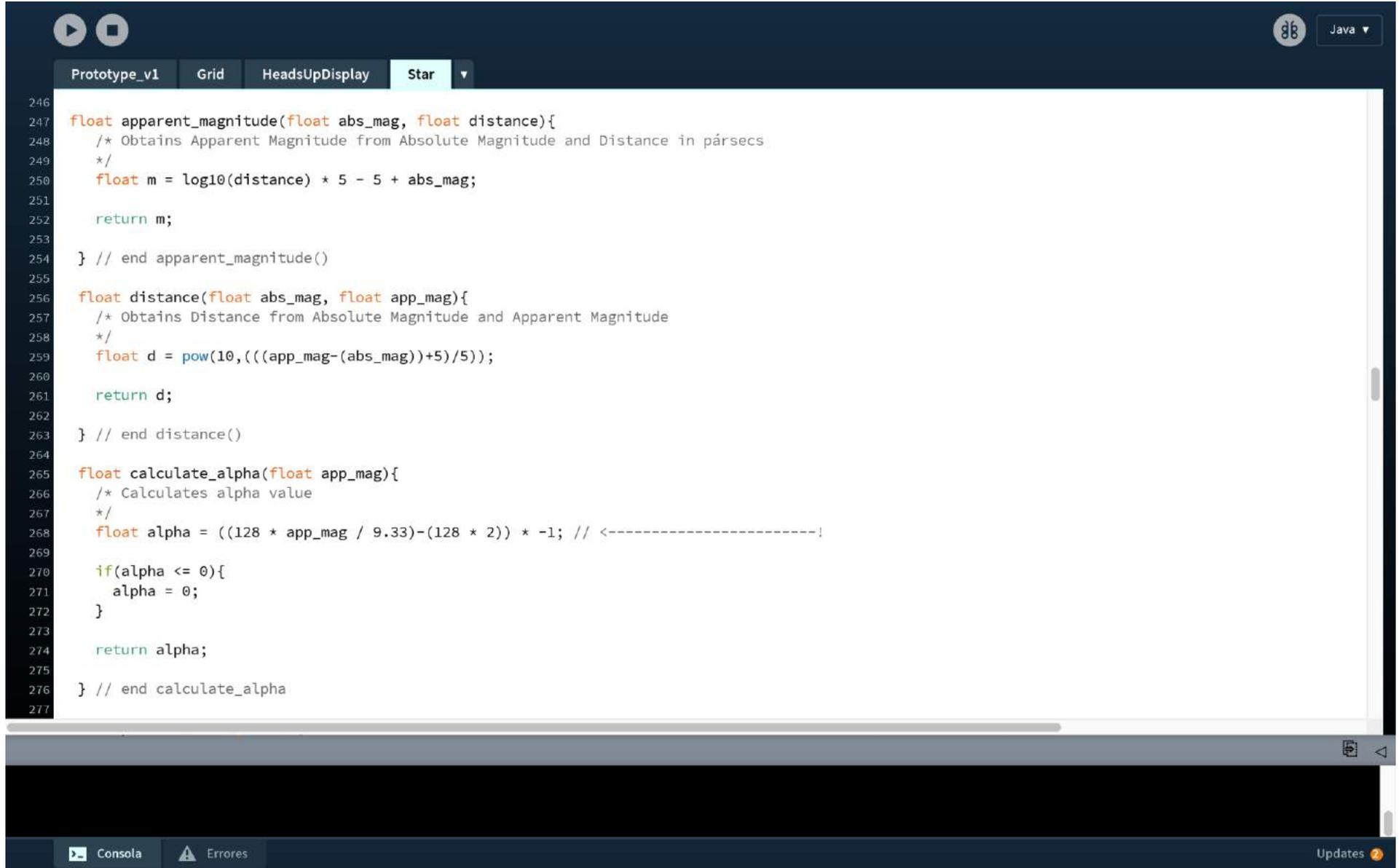
The image shows a screenshot of an IDE window with a dark theme. At the top, there are navigation icons (back, forward, search) and a language dropdown set to 'Java'. Below the navigation bar, there are tabs for 'Prototype_v1', 'Grid', 'HeadsUpDisplay', and 'Star'. The 'Star' tab is active. The main area contains Java code with line numbers from 209 to 245. The code defines methods for updating star distance and magnitude based on user input (up/down) and includes calculations for converting spherical coordinates to Cartesian and normalizing vector components.

```
209     stars[i].distance = stars[i].distance;
210 } else {
211     stars[i].distance = stars[i].distance -1;
212 }
213
214 // Convert spherical to castesian with a new 3D calculate position values
215 PVector starVector = spherical_to_cartesian(stars[i].ra_deg, stars[i].dec_deg, stars[i].distance);
216
217 // Re-Assign vector(x, y, z) values
218 stars[i].x = normalize(starVector.x);
219 stars[i].y = normalize(starVector.y);
220 stars[i].z = normalize(starVector.z);
221
222 // Re-Assigns Apparent Magnitude value
223 stars[i].app_mag = apparent_magnitude(stars[i].abs_mag, stars[i].distance);
224
225 // Re-Assigns Alpha value
226 stars[i].alpha = calculate_alpha(stars[i].app_mag);
227
228     down = !down;
229 } // end decrease_distance
230
231 void modifies_distance(){
232     // n de index de stars[n].app_mag y .distance
233     int n = 181;
234
235     if(up && dist_active){
236         // Increase Distance
237         increase_distance(n);
238     } else {
239         if(down && dist_active){
240             // Decrease Distance
241             decrease_distance(n);
242         }
243     }
244
245 } // end modifies_dist_mag
```

Figura A12. Métodos increase_distance, decrease_distance y modifies_distance 2. Elaboración propia

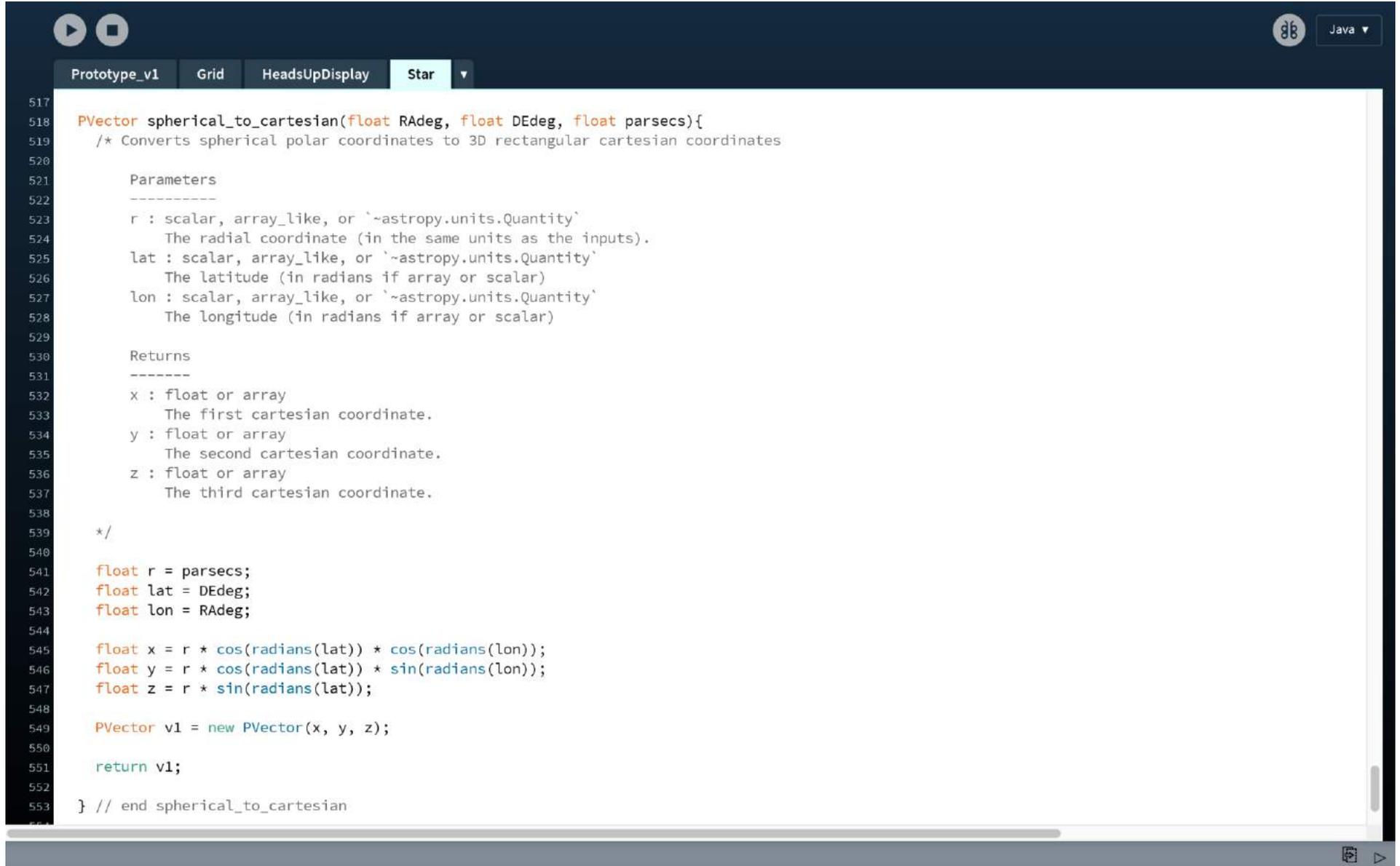
```
272 void parseDB(String line){
273     //System.out.println(line);
274
275     String d = line;
276     //System.out.println(d);
277
278     String[] column = split(d, ',');
279     //println(column[0], column[1], column[2], column[3], column[4]);
280     //println(column[0]);
281
282     int h = int(column[0]);
283     float RAdeg = float(column[1]);
284     float DEdeg = float(column[2]);
285     float Vmag = float(column[3]);
286     float Plx = float(column[4]);
287
288     float parsecs = parallax_to_parsecs(Plx);
289
290     float absMag = distance_modulus(Vmag, parsecs);
291
292     PVector star_vector = spherical_to_cartesian(RAdeg, DEdeg, parsecs);
293
294     //println(parsecs);
295
296     if(h != 0 && n < 184){
297         println(n, h, Vmag, absMag, parsecs, RAdeg, DEdeg, Plx, star_vector);
298         //print(n);
299         stars[n-1] = new Star(h, Vmag, absMag, parsecs, RAdeg, DEdeg, Plx, star_vector);
300     }
301     n++;
302
303 } // end parseDB
```

Figura A13. Parse de la base de datos. Elaboración propia



```
246
247 float apparent_magnitude(float abs_mag, float distance){
248     /* Obtains Apparent Magnitude from Absolute Magnitude and Distance in pársecs
249     */
250     float m = log10(distance) * 5 - 5 + abs_mag;
251
252     return m;
253
254 } // end apparent_magnitude()
255
256 float distance(float abs_mag, float app_mag){
257     /* Obtains Distance from Absolute Magnitude and Apparent Magnitude
258     */
259     float d = pow(10,(((app_mag-(abs_mag))+5)/5));
260
261     return d;
262
263 } // end distance()
264
265 float calculate_alpha(float app_mag){
266     /* Calculates alpha value
267     */
268     float alpha = ((128 * app_mag / 9.33)-(128 * 2)) * -1; // <-----!
269
270     if(alpha <= 0){
271         alpha = 0;
272     }
273
274     return alpha;
275
276 } // end calculate_alpha
277
```

Figura A14. Métodos `apparent_magnitude`, `distance` y `calculate_alpha`. Elaboración propia



The image shows a screenshot of an IDE window with a dark theme. At the top, there are navigation icons (play, stop) and a language dropdown menu set to 'Java'. Below the IDE title bar, there are tabs for 'Prototype_v1', 'Grid', 'HeadsUpDisplay', and 'Star'. The main editor area displays Java code for a method named 'spherical_to_cartesian'. The code includes a docstring with parameters (r, lat, lon) and returns (x, y, z). The implementation uses trigonometric functions to calculate the Cartesian coordinates from spherical coordinates.

```
517
518 PVector spherical_to_cartesian(float RAdeg, float DEdeg, float parsecs){
519     /* Converts spherical polar coordinates to 3D rectangular cartesian coordinates
520
521     Parameters
522     -----
523     r : scalar, array_like, or `~astropy.units.Quantity`
524         The radial coordinate (in the same units as the inputs).
525     lat : scalar, array_like, or `~astropy.units.Quantity`
526         The latitude (in radians if array or scalar)
527     lon : scalar, array_like, or `~astropy.units.Quantity`
528         The longitude (in radians if array or scalar)
529
530     Returns
531     -----
532     x : float or array
533         The first cartesian coordinate.
534     y : float or array
535         The second cartesian coordinate.
536     z : float or array
537         The third cartesian coordinate.
538
539     */
540
541     float r = parsecs;
542     float lat = DEdeg;
543     float lon = RAdeg;
544
545     float x = r * cos(radians(lat)) * cos(radians(lon));
546     float y = r * cos(radians(lat)) * sin(radians(lon));
547     float z = r * sin(radians(lat));
548
549     PVector v1 = new PVector(x, y, z);
550
551     return v1;
552
553 } // end spherical_to_cartesian
```

Figura A15. Conversión de coordenadas esféricas a cartesianas. Elaboración propia

Apéndice B. Resolución de problemas Módulo de distancia

A partir de los resultados capturados por el satélite *Hipparcos*. ¿Cuál es la magnitud absoluta M_v de Alpha Centauri siendo que su paralaje es de 772.33" milisegundos de arco y su magnitud aparente es de +11.01?

$$M = m + 5 + 5 \log \pi''$$

$$M = 11.01 + 5 + 5 (\log (772.33 / 1000))$$

$$M = 11.01 + 5 + 5 (\log (0.77233))$$

$$M = 11.01 + 5 + 5 * (- 0.11219)$$

$$M = 11.01 + 5 + (- 0.56098)$$

$$M = 11.01 + 4.43901$$

$$\mathbf{M = 15.44901}$$

¿Cuál sería la distancia en pársecs de Alpha Centauri si su magnitud absoluta proviene del resultado anterior?

$$m - M = 5 - 5 \log d$$

$$11.01 - (+15.44) = 5 - 5 \log d$$

$$- 4.43 + 5 = 5 \log d$$

$$0.57 / 5 = \log d$$

$$0.114 = \log d$$

$$d = 10^{0.114}$$

$$\mathbf{d = 1.30016}$$

El cúmulo de estrellas Pléyades ubicado en la constelación de Tauro tiene una magnitud aparente de +1.6 y una distancia de 442.1 años luz. ¿Cuál sería su magnitud absoluta si 442.1 años luz equivalen a 135.64 pársecs?

$$m - M = 5 \log d - 5$$

$$1.6 - M = 5 (\log (135.64)) - 5$$

$$1.6 - M = (5 * 2.13) - 5$$

$$1.6 - M = 10.66 - 5$$

$$1.6 - M = 5.66$$

$$1.6 - 5.66 = M$$

$$\mathbf{M = - 4.06}$$

Apéndice C. Procesamiento de datos con Python

El catálogo de *Hipparcos* cuenta con 78 variables que describen diversas propiedades (paralaje estelar, movimiento propio, fotometría) de los 118,218 elementos potenciales como cuerpos ondulatorios luminosos o estrellas.

Este catálogo se realiza por medio de un *catálogo de entrada* desarrollado para la misión con información recolectada de catálogos estelares más antiguos. Por lo que éste dirige y controla la misión del satélite de recolector de paralaje de alta precisión *Hipparcos*.

En el caso de estudio, se tomaron 5 variables para la *visualización*: **1)** HIP, es el indicador de la estrella; **2)** RAdeg, es la coordenada esférica del astro en relación con la longitud en grados; **3)** DEdeg, es la coordenada esférica del astro en relación con la latitud del ecuador celeste; **4)** Vmag, es la magnitud o brillo aparente; **5)** Par, es la paralaje en milisegundos de arco.

Los datos de *Hipparcos* están disponibles en CDS mediante consultas a las bases de datos relacionales del repositorio web en Vizier (<http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/I/239>). La ruta es la siguiente:

```
> https://www.esa.int/  
  > https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Mission_navigator  
    > https://sci.esa.int/web/hipparcos  
      > https://www.cosmos.esa.int/web/hipparcos  
        > https://www.cosmos.esa.int/web/hipparcos/catalogues  
          > http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/I/239
```

Del acceso al ftp se descargó el archivo “hip_main.dat”. Posteriormente, se trabajó en el ambiente de desarrollo *Jupyter Notebook* de Anaconda para analizar la información utilizando el lenguaje de programación Python. Debido a que resuelve con la agilidad de una calculadora el resultado de un análisis provisto.

Asimismo, se utiliza el módulo *datascience* desarrollado por la Universidad de California, Berkeley (<http://data8.org/datascience/>) para la documentación del curso “Foundations of Data Science: Computational Thinking with Python”. Este módulo es sencillo de utilizar, puesto que implementa los procedimientos básicos para resolver tareas computacionales en el campo de la ciencia de datos.

A comparación de otros módulos (como *pandas* o *seaborn*), *datascience* es flexible, aunque limitado a tareas muy específicas como la introducción de aspectos más complejos del lenguaje y la programación de acceso a los datos desde un documento tabular o no. Esto permite responder preguntas con mayor rapidez acerca de los fenómenos presentados.

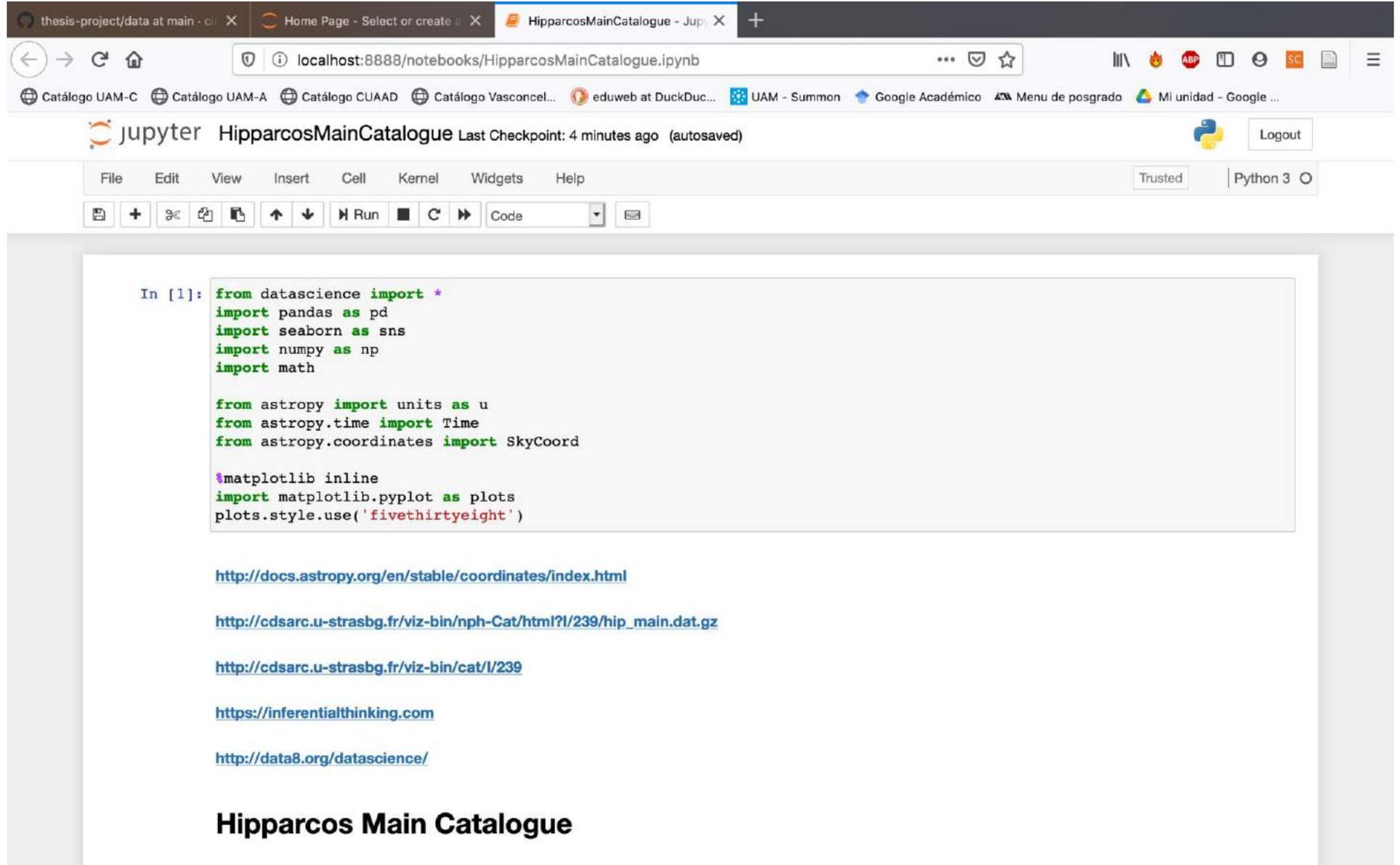
Los resultados de los cálculos que se muestran en este trabajo se verificaron con ochenta y cuatro estrellas a las que ya se les ha calculado la distancia evitando así, calcular a ciegas. El ejercicio se puede encontrar en la siguiente liga de internet (<https://github.com/ciretorres/thesis-project/blob/main/data/AnexoEstrellasProminentes.ipynb>).

Del mismo modo, se responde la pregunta: ¿Cuál será la estrella más lejana visible a simple vista? Basada en la entrada del siguiente blog (<https://guillermoabramson.blogspot.com/2013/09/la-estrella-mas-lejana.html>). El código puede ser consultado en el siguiente enlace (<https://github.com/ciretorres/thesis-project/blob/main/data/EnElCieloLasEstrellasHipparcos.ipynb>).

También se responde la pregunta: ¿Cuántas estrellas brillan similares al Sol? La hoja de aplicación de Python puede encontrarse en la siguiente liga (<https://github.com/ciretorres/thesis-project/blob/main/data/AbsMagSimilarToSun.ipynb>).

Finalmente, se realizaron diversos ejercicios para practicar con los módulos de Python los cuales pueden ser consultados en el siguiente repositorio de GitHub (<https://github.com/ciretorres/thesis-project>).

Análisis y procesamiento de datos con Python



The image shows a Jupyter Notebook interface in a web browser. The browser tabs include 'thesis-project/data at main', 'Home Page - Select or create', and 'HipparcosMainCatalogue - Jupy'. The address bar shows 'localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb'. The Jupyter interface includes a menu bar (File, Edit, View, Insert, Cell, Kernel, Widgets, Help) and a toolbar with icons for file operations and execution. The notebook content shows a code cell with the following Python code:

```
In [1]: from datascience import *
import pandas as pd
import seaborn as sns
import numpy as np
import math

from astropy import units as u
from astropy.time import Time
from astropy.coordinates import SkyCoord

%matplotlib inline
import matplotlib.pyplot as plots
plots.style.use('fivethirtyeight')
```

Below the code cell, there are five hyperlinks:

- <http://docs.astropy.org/en/stable/coordinates/index.html>
- http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/nph-Cat/html?!/239/hip_main.dat.gz
- <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/I/239>
- <https://inferentialthinking.com>
- <http://data8.org/datascience/>

At the bottom of the notebook, the title **Hipparcos Main Catalogue** is displayed.

Figura C1. Módulos de Python. Elaboración propia

The image shows a Jupyter Notebook interface in a web browser. The browser tabs include 'thesis-project/data at main', 'Home Page - Select or create', and 'HipparcosMainCatalogue - Jup'. The address bar shows 'localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb'. The notebook title is 'HipparcosMainCatalogue' with a 'Last Checkpoint: 9 minutes ago (autosaved)' status. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Insert, Cell, Kernel, Widgets, Help) and a toolbar with icons for file operations, running, and cell execution. The main content area displays the following Python code:

```
In [4]: def calculate_abs_mag(app_mag, mas):
        """ Calcular magnitud absoluta:  $M = m + 5 + 5 \log \pi$ 
        """
        arcsec = mas/1000
        abs_mag = (math.log(arcsec, 10) * 5) + 5 + app_mag
        return abs_mag

def calculate_distance(app_mag, abs_mag):
    """ Calcular distancia:  $d = 10^{((m - M + 5) / 5)}$ 
    """
    log = (float(app_mag) - float(abs_mag) + 5) / 5
    dist = 10**log
    return dist # parsecs

def distance_modulus(app_mag, abs_mag): # Distance modulus
    """ Calcular módulo distancia:  $m - M = 5 \log * d - 5$ 
    """
    d = app_mag - abs_mag
    log = (d + 5) / 5
    dist = 10**log
    if d < 0:
        print("The distance is less than 10 pc")
    else:
        print("The distance is less than 10 pc")
    return dist # parsecs

def log(arcsec):
    """ Escala logaritmica de base 10
    """
    log = 10**arcsec
    return log
```

Figura C2. Métodos para calcular. Elaboración propia

thesis-project/data at main · [X](#) Home Page - Select or create [X](#) HipparcosMainCatalogue - Jup [X](#) +

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

Catálogo UAM-C Catálogo UAM-A Catálogo CUAAD Catálogo Vasconcel... eduweb at DuckDuc... UAM - Summon Google Académico Menu de posgrado Mi unidad - Google ...

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: 5 minutes ago (autosaved) [Logout](#)

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

Code

Reading data 118,218 stars

```
In [2]: dat = Table.read_table("hip_main.dat", sep='|')
dat.show(5)
```

/opt/anaconda3/lib/python3.7/site-packages/IPython/core/interactiveshell.py:3254: DtypeWarning: Columns (5,44,45) have mixed types.Specify dtype option on import or set low_memory=False.
if (await self.run_code(code, result, async_=asy)):

H 1	00 00 00.22	+01 05 20.4	9.10 .1	H.1	000.00091185	+01.08901332	.2	3.54	-5.20	-1.88	1.32	0.74	1.39	1.36	0.81	0.32	-0.07	-0.11	-0.24	0.09	-0.01
H 2	00 00 00.91	-19 29 55.8	9.27	G	000.00379737	-19.49883745	+	21.90	181.21	-0.93	1.28	0.70	3.10	1.74	0.92	0.12	-0.14	-0.24	-0.29	0.01	0.21
H 3	00 00 01.20	+38 51 33.4	6.61	G	000.00500795	+38.85928608		2.81	5.24	-2.91	0.53	0.40	0.63	0.57	0.47	0.06	0.09	0.04	0.43	-0.01	-0.06
H 4	00 00 02.01	-51 53 36.8	8.06	H	000.00838170	-51.89354612		7.75	62.85	0.16	0.53	0.59	0.97	0.65	0.65	-0.22	-0.09	-0.03	0.24	0.20	0.08
H 5	00 00 02.39	-40 35 28.4	8.55	H	000.00996534	-40.59122440		2.87	2.53	9.07	0.64	0.61	1.11	0.67	0.74	0.10	0.24	0.06	0.26	-0.10	0.20
H 6	00 00 04.35	+03 56 47.4	12.31	G	000.01814144	+03.94648893		18.80	226.29	-12.84	4.03	2.18	4.99	6.15	3.20	0.35	-0.01	0.03	-0.11	-0.02	0.47

... (118212 rows omitted)

Figura C3. Lectura de 118,218 estrellas. Elaboración propia

thesis-project/data at main · [Home Page - Select or create](#) [HipparcosMainCatalogue - Jup](#)

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

Catálogo UAM-C Catálogo UAM-A Catálogo CUAAD Catálogo Vasconcel... eduweb at DuckDuc... UAM - Summon Google Académico Menu de posgrado Mi unidad - Google ...

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: 12 minutes ago (autosaved) Logout

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

Code

Selecting variables 'HIP', 'RAdeg', 'Dedeg', 'Vmag', 'Plx'

```
In [7]: data = dat.select(1, 8, 9, 5, 11)
data.show()
```

1	000.00091185	+01.08901332	9.10	3.54
2	000.00379737	-19.49883745	9.27	21.90
3	000.00500795	+38.85928608	6.61	2.81
4	000.00838170	-51.89354612	8.06	7.75
5	000.00996534	-40.59122440	8.55	2.87
6	000.01814144	+03.94648893	12.31	18.80
7	000.02254891	+20.03660216	9.64	17.74
8	000.02729160	+25.88647445	9.05	5.17
9	000.03534189	+36.58593777	8.59	4.81
10	000.03625309	-50.86707360	8.59	10.76
11	000.03729695	+46.94000154	7.34	4.29
12	000.04091756	-35.96022482	8.43	4.06

Loading functions

$m - M = 5 \log d - 5$

Figura C4. Selección de variables. Para calcular su posición y su magnitud absoluta. Se convierte el paralaje de microsegundo de arco a pársecs. Elaboración propia

Calculate Absolute Magnitude

Error in 421 element

The element 421 doesn't has RAdeg, DEdeg, neither Plx

```
In [5]: abs_mag = []

for i in range(0, 420, 1):
    abs_mag.append(calculate_abs_mag(float(data.column(3)[i]), float(data.column(4)[i])))

abs_mag[:5]

-----
ValueError                                Traceback (most recent call last)
<ipython-input-5-bb730dca3d6d> in <module>
      2
      3 for i in range(0, 420, 1):
----> 4     abs_mag.append(calculate_abs_mag(float(data.column(3)[i]), float(data.column(4)[i])))
      5
      6 abs_mag[:5]

<ipython-input-4-289b6720dbf4> in calculate_abs_mag(app_mag, mas)
      4     """
      5     arcsec = mas/1000
----> 6     abs_mag = (math.log(arcsec, 10) * 5) + 5 + app_mag
      7     return abs_mag
      8

ValueError: math domain error
```

Figura C5. Calculo de magnitud absoluta y Error 421. Elaboración propia

thesis-project/data at main · [X](#) Home Page - Select or create [X](#) HipparcosMainCatalogue - Jup [X](#) +

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

Catálogo UAM-C Catálogo UAM-A Catálogo CUAAD Catálogo Vasconcel... eduweb at DuckDuc... UAM - Summon Google Académico Menu de posgrado Mi unidad - Google ...

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: 11 minutes ago (unsaved changes) Logout

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

Code

Visualize the error

In [8]: `data.take([418,419,420])`

Out[8]:

1	000.00091185	+01.08901332	9.10	3.54
420	001.28166779	-52.15142338	7.53	23.90
421			8.83	
422	001.28675856	+67.84002075	7.41	2.53

263 elements are in the same situation

In [9]: `data.where(2, data.take(419).column(2)).show(2)`

`/opt/anaconda3/lib/python3.7/site-packages/datascience/predicates.py:261: SyntaxWarning: Do not pass an array or list to a predicate. If you are trying to find rows where two columns are the same, use table.where('c', are.equal_to, table.column('d')) instead of table.where('c', are.equal_to(table.column('d'))).`
 SyntaxWarning)

1	000.00091185	+01.08901332	9.10	3.54
421			8.83	
1338			9.2	

... (261 rows omitted)

In [10]: `data.where(1, data.take(419).column(1)).show(2)`

Figura C6. Visualización del Error 421 con 263 elementos en la misma situación. Elaboración propia

thesis-project/data at main · d... Home Page - Select or create HipparcosMainCatalogue - Jup...

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

[Catálogo UAM-C](#)
[Catálogo UAM-A](#)
[Catálogo CUAAD](#)
[Catálogo Vasconcel...](#)
[eduweb at DuckDuc...](#)
[UAM - Summon](#)
[Google Académico](#)
[Menu de posgrado](#)
[Mi unidad - Google ...](#)

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: 22 minutes ago (autosaved) Logout

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

Visualize the error

```
In [14]: data_a.where(0, are.equal_to(40))
```

```
Out[14]:
```

1	000.00091185	+01.08901332	9.10	3.54
40	000.12196971	+67.21679125	10.61	-3.40

Parse Plx column to float to analyze

```
In [15]: plx = []

for i in range(0, len(data_a.column(4)), 1):
    plx.append(float(data_a.column(4)[i]))

data_b = data_a.select(0, 1, 2, 3).with_columns(
    '3.54', plx
)
```

How many elements have negative and zero value in Plx

4,196 elements have negative Plx y 49 elements have zero in Plx

```
In [16]: print(data_b.where(4, are.below(0))) # Below
print()
print(data_b.where(4, are.equal_to(0))) # Equal to
```

1 | 000 00091185 | +01 08901332 | 9 10 | 3 54

Figura C9. Visualización del Error Paralaje y análisis de 4,196 con valor negativo y 49 en cero. Elaboración propia

thesis-project/data at main · [X](#) Home Page - Select or create [X](#) HipparcosMainCatalogue - Jup [X](#) +

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

Catálogo UAM-C Catálogo UAM-A Catálogo CUAAD Catálogo Vasconcel... eduweb at DuckDuc... UAM - Summon Google Académico Menu de posgrado Mi unidad - Google ...

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: a few seconds ago (unsaved changes) Logout

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

38180 | 117.36222436 | -76.01168198 | 11.64 | 0
... (39 rows omitted)

Asigning new table without those elements

113,710 stars

```
In [19]: data_c = data_b.where(4, are.above(0))
data_c.show()
```

1	000.00091185	+01.08901332	9.10	3.54
2	000.00379737	-19.49883745	9.27	21.9
3	000.00500795	+38.85928608	6.61	2.81
4	000.00838170	-51.89354612	8.06	7.75
5	000.00996534	-40.59122440	8.55	2.87
6	000.01814144	+03.94648893	12.31	18.8
7	000.02254891	+20.03660216	9.64	17.74
8	000.02729160	+25.88647445	9.05	5.17
9	000.03534189	+36.58593777	8.59	4.81
10	000.03625309	-50.86707360	8.59	10.76
11	000.03729695	+46.94000154	7.34	4.29
12	000.04091756	-35.96022482	8.43	4.06

Figura C10. Asignación de 113,710 elementos a tabla. Elaboración propia

thesis-project/data at main · Home Page - Select or create HipparcosMainCatalogue - Jup.

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

Catálogo UAM-C Catálogo UAM-A Catálogo CUAAD Catálogo Vasconcel... eduweb at DuckDuc... UAM - Summon Google Académico Menu de posgrado Mi unidad - Google ...

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: 2 minutes ago (unsaved changes) Logout

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

Code

Calculate Absolute Magnitude

```
In [20]: calculate_abs_mag(float(data_c.labels[3]), float(data_c.labels[4]))
```

```
Out[20]: 1.8450163101289405
```

```
In [26]: abs_mag = []

for i in range(0, data_c.num_rows, 1):
    """ Implementa la función calculate_abs_mag()
        enviando de parámetros los valores de las variables Vmag y Plx.
    """
    abs_mag.append(float(calculate_abs_mag(float(data_c.column(3)[i]), float(data_c.column(4)[i])))

abs_mag[:7]
```

```
Out[26]: [5.972220574200591,
-1.1464684004745989,
2.5065085125315534,
0.8394094836699644,
8.680789246318401,
5.8847680774785385,
2.617452715469714]
```

Calculate MIN - MAX abs_mag values

```
In [23]: min(abs_mag), max(abs_mag) # Proxima Centauri
```

```
Out[23]: (-13.309999999999999, 15.449014523417619)
```

Figura C11. Calcula la magnitud absoluta y los mínimos y máximos valores. Elaboración propia

thesis-project/data at main · Home Page - Select or create HipparcosMainCatalogue - Jup.

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

Catálogo UAM-C Catálogo UAM-A Catálogo CUAAD Catálogo Vasconcel... eduweb at DuckDuc... UAM - Summon Google Académico Menu de posgrado Mi unidad - Google ...

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: 2 minutes ago (unsaved changes) Logout

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

Code

Adding new abs_mag variable to new table

```
In [29]: data_d = data_c.with_columns(
         '1.84502', abs_mag
         )
         data_d.show(10)
```

1	000.00091185	+01.08901332	9.10	3.54	1.84502
2	000.00379737	-19.49883745	9.27	21.9	5.97222
3	000.00500795	+38.85928608	6.61	2.81	-1.14647
4	000.00838170	-51.89354612	8.06	7.75	2.50651
5	000.00996534	-40.59122440	8.55	2.87	0.839409
6	000.01814144	+03.94648893	12.31	18.8	8.68079
7	000.02254891	+20.03660216	9.64	17.74	5.88477
8	000.02729160	+25.88647445	9.05	5.17	2.61745
9	000.03534189	+36.58593777	8.59	4.81	2.00073
10	000.03625309	-50.86707360	8.59	10.76	3.74906
11	000.03729695	+46.94000154	7.34	4.29	0.502286

... (113699 rows omitted)

Exporting to CSV

```
In [28]: #data_d.to_csv('data_d.csv')
```

Figura C12. Agrega nueva variable a la tabla y exporta. Elaboración propia

thesis-project/data at main · [X](#) Home Page - Select or create [X](#) HipparcosMainCatalogue - Jup [X](#) +

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

Catálogo UAM-C Catálogo UAM-A Catálogo CUAAD Catálogo Vasconcel... eduweb at DuckDuc... UAM - Summon Google Académico Menu de posgrado Mi unidad - Google ...

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: 6 minutes ago (unsaved changes) Logout

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

+

Calculate real distance to 113,710 stars

$d = 10^{((m - M + 5) / 5)}$

In [30]: `calculate_distance(data_d.labels[3], data_d.labels[5])`

Out[30]: 282.4853956929445

In [31]: `distance = data_d.apply(calculate_distance, 3, 5)`
`distance[:5]`

Out[31]: `array([45.66210046, 355.87188612, 129.03225806, 348.43205575,`
`53.19148936])`

Adding new variables to new table

In [33]: `data_e = data_d.with_columns(`
`'282.486', distance`
`)`
`data_e.show(3)`

1	000.00091185	+01.08901332	9.10	3.54	1.84502	282.486
2	000.00379737	-19.49883745	9.27	21.9	5.97222	45.6621
3	000.00500795	+38.85928608	6.61	2.81	-1.14647	355.872
4	000.00838170	-51.89354612	8.06	7.75	2.50651	129.032

... (113706 rows omitted)

Figura C13. Calcula la distancia real de las estrellas y agrega nueva variable a la tabla. Elaboración propia

thesis-project/data at main · or · X Home Page - Select or create · X HipparcosMainCatalogue - Jup · X +

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

Catálogo UAM-C Catálogo UAM-A Catálogo CUAAD Catálogo Vasconcel... eduweb at DuckDuc... UAM - Summon Google Académico Menu de posgrado Mi unidad - Google ...

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: 9 minutes ago (unsaved changes) Logout

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

Converting astronomic coordinates

From RA, DEC, R to X, Y, Z

```
In [34]: SkyCoord(ra=float(data_e.labels[1])*u.degree, dec=float(data_e.labels[2])*u.degree, distance=float(data_e.labels[6])*u.
```

```
Out[34]: <CartesianRepresentation (x, y, z) in pc
(282.43497591, 0.00449489, 5.36885085)>
```

Important!

The next code takes its time to load

```
In [35]: x = []
y = []
z = []
dist = []

for i in range(data_e.num_rows):
    e = SkyCoord(ra=float(data_e.column(1)[i])*u.degree, dec=float(data_e.column(2)[i])*u.degree, distance=float(data_e.column(6)[i])*u.degree)
    x.append(str(e.x)[-3])
    y.append(str(e.y)[-3])
    z.append(str(e.z)[-3])

len(x)
```

```
Out[35]: 113709
```

Figura C14. Conversión de RA, DEC, R a X, Y, Z. Elaboración propia

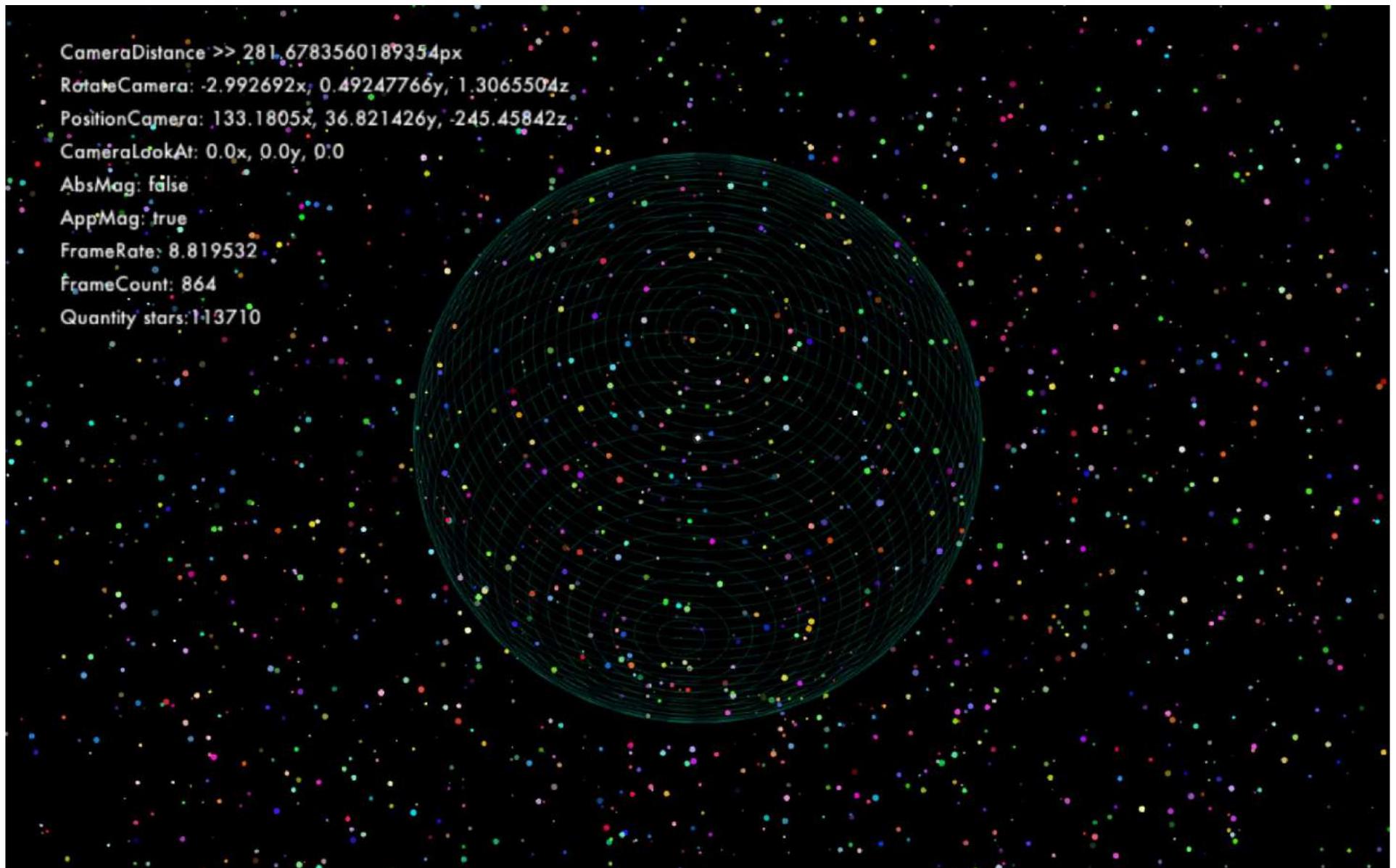


Figura C16. Despliegue de 113,710 elementos. Elaboración propia

thesis-project/data at main · [X](#) Home Page - Select or create [X](#) HipparcosMainCatalogue - Jup [X](#) +

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

Catálogo UAM-C Catálogo UAM-A Catálogo CUAAD Catálogo Vasconcel... eduweb at DuckDuc... UAM - Summon Google Académico Menu de posgrado Mi unidad - Google ...

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: 19 minutes ago (autosaved) [Logout](#)

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

Sort_10

In [48]: `data_sort_10 = data_g.where(6, are.below_or_equal_to(10.0)).sort(6, descending = False)`
`data_sort_10.show(3)`

HIP	RAdeg	DEdeg	Vmag	Plx	Absmag	Dist	x	y	z
70890	217.44894751	-62.68135207	11.01	772.33	15.449	1.29478	-0.4717535040256578	-0.3613218057584357	-1.1503734283807339
71681	219.91412833	-60.83947139	1.35	742.12	5.70237	1.34749	-0.5035983605252765	-0.42128462746271006	-1.1767072163671957
71683	219.92041034	-60.83514707	-0.01	742.12	4.34237	1.34749	-0.5036202775891513	-0.42139683077676704	-1.1766576588469129

... (179 rows omitted)

Calculate MIN - MAX Vmag values

In [45]: `float_Vmag2 = []`
`for i in range(data_sort_10.num_rows):`
`float_Vmag2.append(float(data_sort_10.column(3)[i]))`
`min(float_Vmag2), max(float_Vmag2)`

Out[45]: (-1.44, 12.48)

Exporting to CSV

In []: `#data_sort.to_csv('data_sort.csv')`

Figura C17. Ordena ascendentemente la tabla con elementos menores a 10 pc. Elaboración propia

thesis-project/data at main · [X](#) Home Page - Select or create [X](#) HipparcosMainCatalogue - Jup [X](#) +

localhost:8888/notebooks/HipparcosMainCatalogue.ipynb

Catálogo UAM-C Catálogo UAM-A Catálogo CUAAD Catálogo Vasconcel... eduweb at DuckDuc... UAM - Summon Google Académico Menu de posgrado Mi unidad - Google ...

jupyter HipparcosMainCatalogue Last Checkpoint: 21 minutes ago (unsaved changes) Logout

File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help Trusted Python 3

Code

Sort_100

In [52]: `data_sort_100 = data_g.where(6, are.below_or_equal_to(100.0)).sort(6, descending = False)`
`data_sort_100.show(7)`

HIP	RAdeg	DEdeg	Vmag	Plx	Absmag	Dist	x	y	z
70890	217.44894751	-62.68135207	11.01	772.33	15.449	1.29478	-0.4717535040256578	-0.3613218057584357	-1.1503734283807339
71681	219.91412833	-60.83947139	1.35	742.12	5.70237	1.34749	-0.5035983605252765	-0.42128462746271006	-1.1767072163671957
71683	219.92041034	-60.83514707	-0.01	742.12	4.34237	1.34749	-0.5036202775891513	-0.42139683077676704	-1.1766576588469129
87937	269.45402305	+04.66828815	9.54	549.01	13.2379	1.82146	-0.017299028654093218	-1.815335484428573	0.14824298471758227
54035	165.83588409	+35.98146424	7.49	392.4	10.4586	2.54842	-1.9995062055819004	0.5046205999477699	1.4972566167617076
32349	101.28854105	-16.71314306	-1.44	379.21	1.4544	2.63706	-0.49439852617125085	2.476800792705197	-0.7583666751249952
92403	282.45398321	-23.83576457	10.37	336.48	13.0048	2.97194	0.5862507907344742	-2.6544938427658313	-1.2010114842361703

... (22975 rows omitted)

Calculate MIN - MAX Vmag values

In [50]: `float_Vmag3 = []`
`for i in range(data_sort_100.num_rows):`
`float_Vmag3.append(float(data_sort_100.column(3)[i]))`
`min(float_Vmag3), max(float_Vmag3)`

Out[50]: (-1.44, 13.39)

Figura C18. Ordena ascendentemente la tabla con elementos menores a 100 pc. Elaboración propia

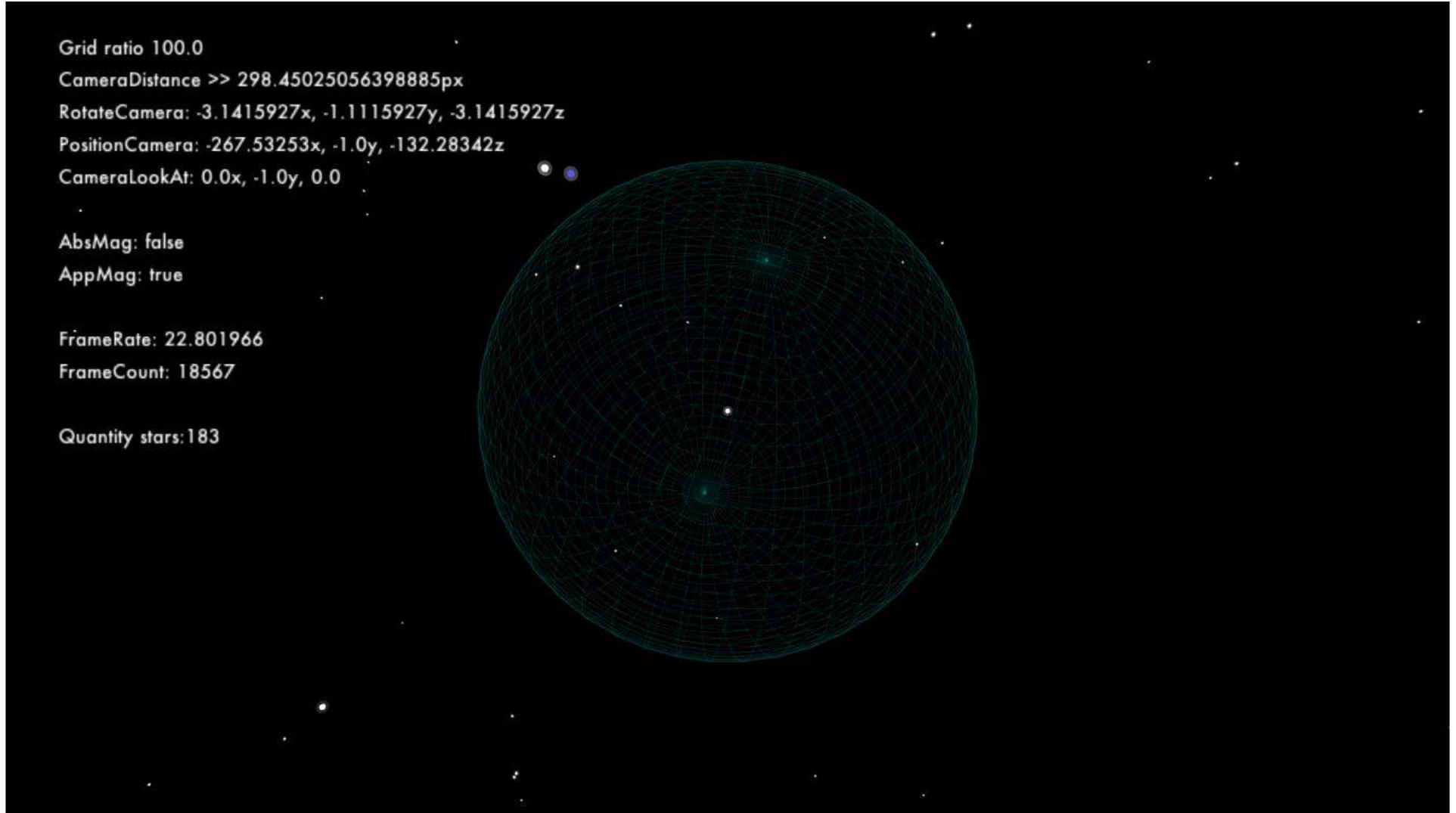


Figura C19. Despliegue de 183 elementos. Elaboración propia



ERIC TORRES

DISEÑO E INFORMACIÓN



WhatsApp: (554) 790 4238 | Email: erictorres.velasco@gmail.com
Ciudad de México, México.



¡Hola! Tengo 31 años. Disfruto de los proyectos en interdisciplina, armonía y respeto. Suelo aprender de mis errores y de escuchar a los demás. Me considero autodidacta, proactivo y responsable.



Freelancer
Visualization designer
2016 - 2021

Implementación de una interfaz interactiva lúdica con Dr. en C. Ana Lilia Laureano-Cruces.

Jaque Estratégico
Comunicación organizacional
2016

Estrategias de comunicación interna y externa para optimizar los recursos de la empresa durante el proceso de desarrollo de software, así como para identificar las áreas de negocio y sus transformaciones.

Socodinet
Project Manager
2015

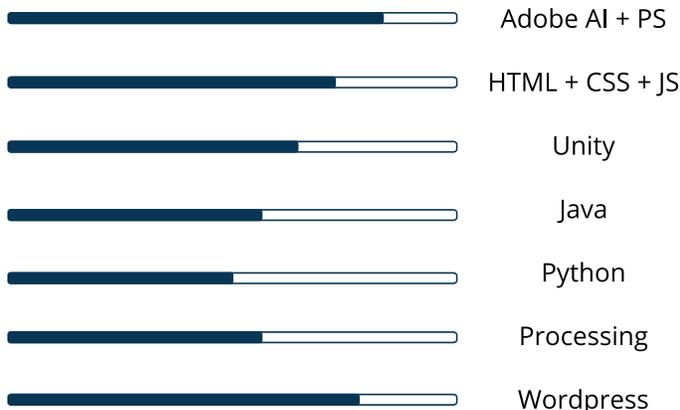
Administración de proyectos en redes sociales y customer service para tiendas OXXO, Circuito Exterior Mexiquense, Artell, Bibiki.

Tierra de ideas
Copywriter
2014

Redacción y presentación de campañas publicitarias tipo below-the-line para marcas como Starbucks, Nickelodeon, Tecate, Disney, Hasbro.



HABILIDADES



EDUCACIÓN

Maestría en Diseño y Visualización de la Información

Universidad Autónoma Metropolitana
2019 - 2021

Licenciatura Cs. de la Comunicación (LCC)

Universidad del Valle de México
2010 - 2013

Licenciatura Artes Visuales (AVF)

Universidad de Guadalajara
2007 - 2010

Curso Diseño UX/UI

Santander Bedu
2020 - Actualmente

Curso Foundations of Data Science

University of California, Berkeley
2018 - Actualmente

Curso Lenguaje de programación JAVA

Universidad Nacional Autónoma de México
2017



IDIOMAS

Inglés	★	★	★	★	☆
Francés	★	★	☆	☆	☆
Alemán	★	☆	☆	☆	☆

<https://ciretorres.github.io/>
<https://behance.net/ciretorres/>