

Visualización a través del razonamiento cualitativo: un fenómeno de astrofísica

Eric O. TORRES VELASCO

Dr. en C. Ana L. **LAUREANO CRUCES**

Dr. en C. Alfredo J. **SANTILLÁN GONZÁLEZ**

Dr. en E. Gustavo Iván **GARMENDIA RAMÍREZ**

Dr. en D. Alfredo **GARIBAY SUÁREZ**

Dr. en H. Nora A. **MORALES ZARAGOZA**

Sumario

Puntos a cubrir

- Tema
 - **Introducción**
 - Objetivos
 - Razonamiento cualitativo
 - Hipótesis
 - Análisis y diseño
 - Conclusiones
 - Referencias
-

Introducción

En este trabajo, se desarrolla la implementación de una *interfaz-interactiva* lúdica que visualiza la relación brillo y distancia de las estrellas, mediante la base teórica del *razonamiento cualitativo*.

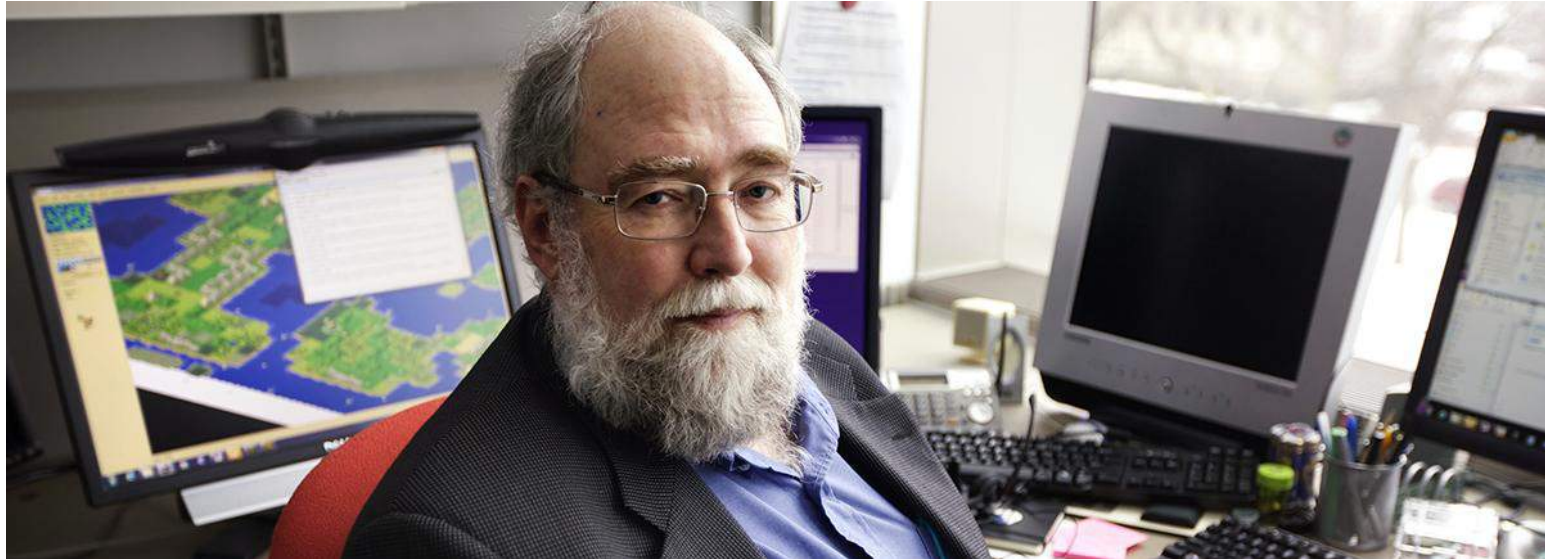
Esto es, ¿qué tanto brillan las estrellas realmente? **Puesto que hay estrellas que están muy cerca y parece que brillan más en relación con otras que están más lejos, pero que su luz disminuye conforme aumenta su distancia.**



Sumario

Puntos a cubrir

- Tema
 - Introducción
 - Objetivos
 - Razonamiento cualitativo
 - **Estado del arte**
 - Hipótesis
 - Análisis y diseño
 - Conclusiones
 - Referencias
-



Se hará uso de la teoría del ***razonamiento cualitativo*** propuesta por el Dr. Kenneth D. Forbus (1996).

El *razonamiento cualitativo* representa una característica del ser humano para analizar fenómenos físicos complejos implicando sus relaciones asociadas al: espacio, tiempo y cantidad.

Estado del arte<



Objetivo general

Desarrollar una *interfaz-interactiva* lúdica acerca del orden de magnitud de brillantez que tienen las estrellas en relación con su distancia **por medio del razonamiento cualitativo con la finalidad** de facilitar la comprensión de fenómenos abstractos en la ciencia a niñas y niños de 7 a 10 años de edad.

Objetivos específicos

- **Describir el procedimiento técnico de la *visualización*** determinando que esta herramienta metodológica favorece a la reconstrucción conceptual y exploratoria de un fenómeno científico.
- **Aplicar la ecuación del fenómeno del *módulo de distancia*** dando a conocer la relación causal que existe entre las diferentes partes de una ecuación de tres grados de libertad, así como los cambios en dichas variables.
- **Generar conocimiento que requiera de representación y presentación de conceptos** abstractos, incluyendo la explotación de nuestras capacidades de percepción visual.
- **Definir el diseño conceptual** de las estrellas poco brillantes y muy brillantes.
- **Programar la *interfaz-interactiva* para que funcione dentro de los museos de ciencia** en México y el mundo a partir de intervenciones dinámicas en tiempo real.

Razonamiento cualitativo

- La *teoría del proceso cualitativo* explica que el *razonamiento cualitativo* formaliza la capacidad procedimental que tiene el ser humano para representar categorías en la mente acerca de aspectos o cualidades continuas del mundo real y cómo es que estos procesos pueden ser llevados a cabo en la simulación de fenómenos físicos mediante su ecuación (caso de estudio con 2 grados de libertad).
- **Cuando se diseña una *interfaz-interactiva* por medio del *razonamiento cualitativo*, se deben de presentar los procesos de estado de cambio físicos sucedidos a partir de las propiedades continuas o los atributos mapeables del fenómeno científico a visualizar.**
- 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. Con la finalidad de que el valor del número de la cantidad distancia cambie en relación con el valor del número de la propiedad de brillo aparente. Aquí es dónde se hace énfasis en el *razonamiento causal*.

Razonamiento causal (causa-efecto):

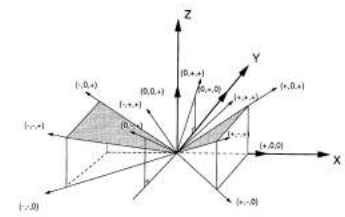
calcula la descripción de un comportamiento atribuido por cambios en los valores de los parámetros continuos. Este tipo de razonamiento es una herramienta para asignar el crédito a las hipótesis del comportamiento observado o postulado. Por ello, el razonamiento causal es indispensable para generar explicaciones, mediciones, interpretaciones y una planificación de experimentos a fin de que se logre la comprensión.



Áreas de aplicación de la teoría

La teoría del *razonamiento cualitativo* es utilizada en las siguientes áreas de aplicación industrial:

- Diseño de procesos de monitorización y diagnósticos de fenómenos físicos (Forbus, 1984, 1996).
- Diseño de sistemas de tutoría inteligentes y ambientes de aprendizaje (Laureano, Terán y De Arriaga, 2004).
- Diseño de modelos cualitativos como aparatos integrales de acceso al conocimiento (Bower, 1996).
- Diseño conceptual del espacio cantidad (Bozzo y Fenves, 1994)



Sumario

Puntos a cubrir

- Tema
 - Introducción
 - Objetivos
 - Razonamiento cualitativo
 - **Hipótesis**
 - Análisis y diseño
 - Conclusiones
 - Referencias
-

Hipótesis

Con base en lo anterior, el presente 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 la siguiente hipótesis:

- **(afirmación)** la *visualización* de fenómenos en astronomía propicia el *razonamiento cualitativo*,

(evidencia) puesto que facilita la reconstrucción conceptual de fenómenos complejos en la ciencia,

(contraargumento) a pesar de que las representaciones abstractas dificultan la comprensión de nuevas *estructuras cognitivas*.

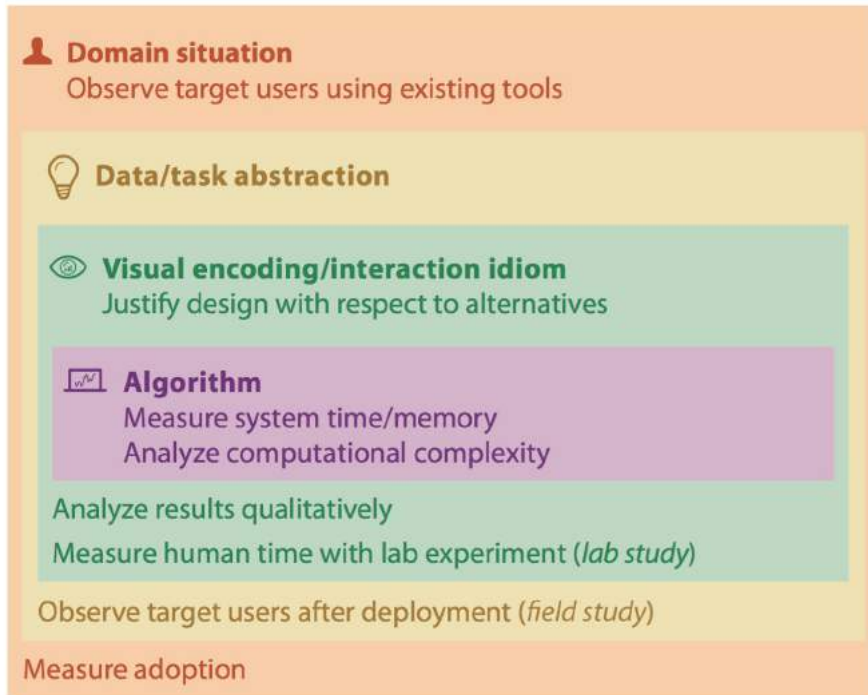
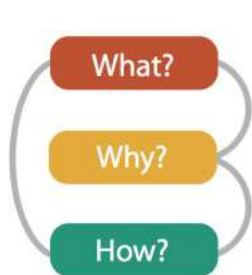
Sumario

Puntos a cubrir

- Tema
- Introducción
 - Objetivos
 - Razonamiento cualitativo
 - Hipótesis
- **Análisis y diseño**
- Conclusiones
- Referencias

Análisis y diseño de la visualización

Para la construcción de la *interfaz-interactiva*, se utiliza el modelo anidado de Tamara Munzner (2014). En el que propone anidar **cuatro fases de validación** para la *visualización*. A partir de un marco de trabajo con las preguntas: **qué** datos o información se va a abstraer, **por qué** se va a abstraer y **cómo** se va a abstraer en términos de decisiones del diseño.



Sumario

Puntos a cubrir

- Tema
- Introducción
- Análisis y diseño
 - **Dominio**
 - Abstracción
 - Visualización
 - Algoritmo
- Conclusiones
- Referencias

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*.

Módulo de distancia

El *módulo de distancia* es una manera para expresar y describir distancias en relación con el orden de magnitud de brillo estelar.

La diferencia entre la magnitud aparente menos la magnitud absoluta, con la distancia a un objeto celeste está dado por:

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

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

Estrella	Magnitud aparente (m)	Magnitud absoluta (M)	Distancia (pc)
Sol	-26.7	4.9	
Sirio	-1.45	1.4	2.7
Vega	0.00	0.5	8.1
Antares	1.00	-4.8	130
Mimosa	1.26	-4.7	150
Adhara	1.50	-5.0	200

personas

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

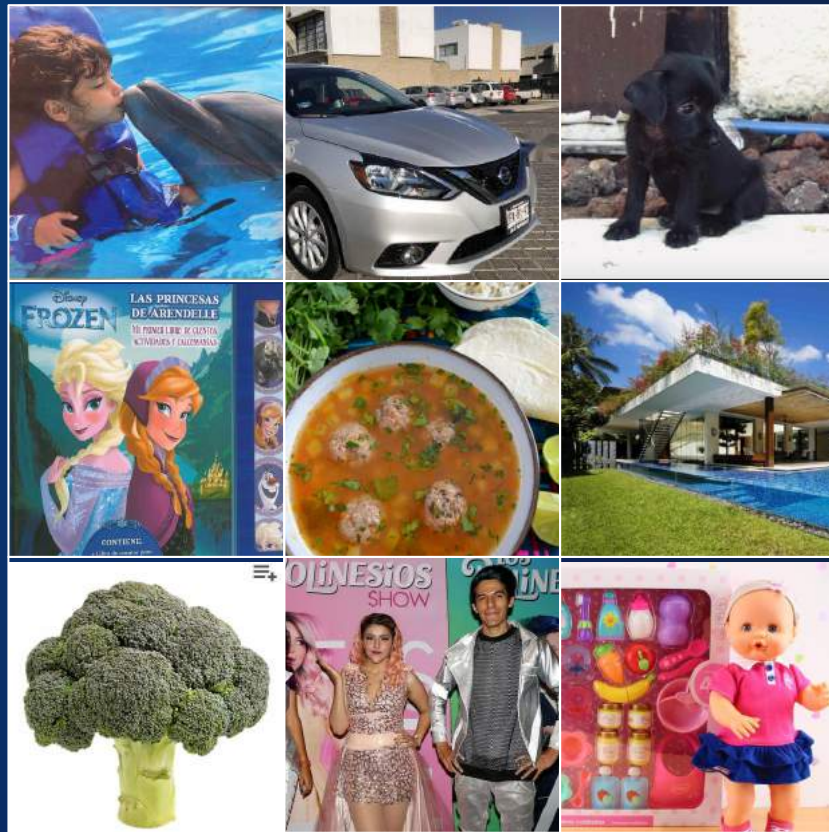
Sara (7 años)

Sara vive con su mamá, su papá y su hermano mayor Leo. Va a una escuela privada de la CDMX. Le gusta dibujar, leer y jugar a las muñecas.



Está obsesionada con Los Polinesios Show y también le gustan las historias de fantasía (todo lo que tenga que ver con princesas y disney). En su tiempo libre se pone a ver canales de YouTubers en el cel.

No es muy sociable, pero le gusta estar más con su familia. Cuando sea mayor quiere aprender a andar en patineta profesionalmente.



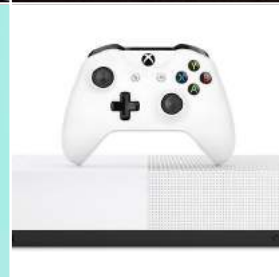
Personas'

Leonardo (8 años)

Leonardo vive con su mamá, su papá y su hermana menor Sara. Va a una escuela pública de la ciudad de México. Le gusta brincar, leer y jugar a los videojuegos.

Está obsesionado con Marshmello y también le gustan los animales extraños (como los dinosaurios). En su tiempo libre se pone a ver películas en Netflix.

Es muy sociable y le gusta estar con sus amigos y familiares. Cuando sea mayor quiere ser un científico de animales o coches.



Oliver (9 años)

Oliver vive con su su papá y sus dos abuelos. Va a la escuela por la mañana. Le gusta ver la tele, estar en el cel y jugar futbol.



Le latan los dibujos de las historietas cómicas y también le gustan los perros pequeños (como el Fox Terrier). En su tiempo libre se pone a leer el código da vinci mientras se come unos tacos.

Es muy sociable y empático con sus amigos. En vacaciones le gustaría ir a conocer la playa.



Personas''

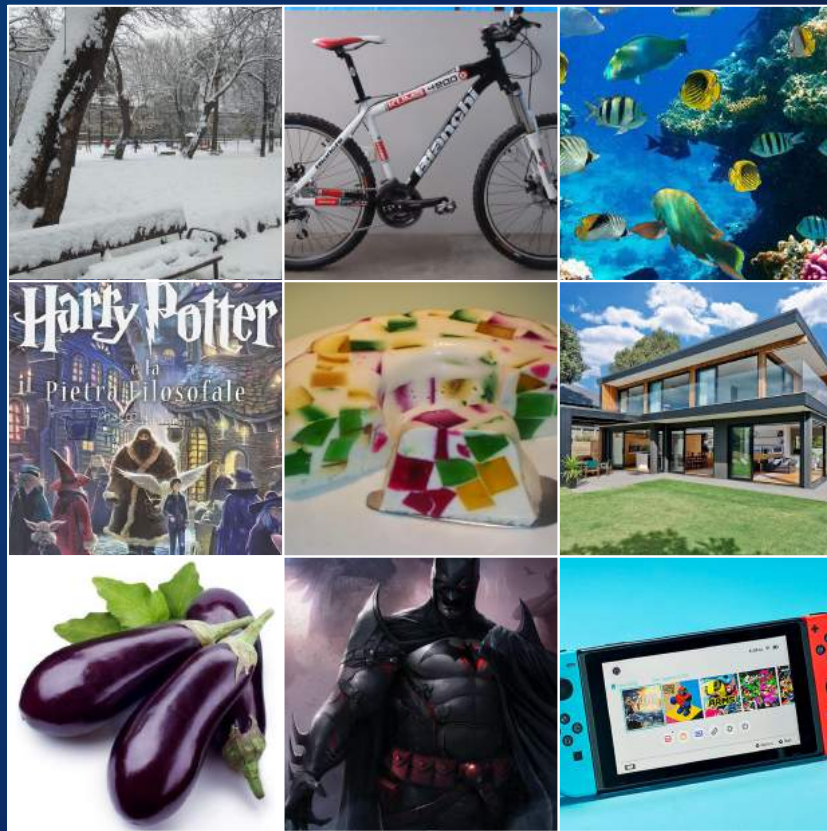
Diana (10 años)

Diana vive con su mamá, su abuelo. y su hermana menor Sara. Va a un colegio de la CDMX. Le gusta pensar, reír y jugar videojuegos con sus hermanos.



Le encanta el personaje de Batman y también le gustan los peces y la nieve. En su tiempo libre se pone a leer un libro o andar en bicicleta.

Es muy inteligente y le gusta estar con sus amigos y familiares. Cuando sea grande quiere vivir en una casa que tenga dos pisos.



Sumario

Puntos a cubrir

- Tema
- Introducción
- Análisis y diseño
 - Dominio
 - **Abstracción**
 - Visualización
 - Algoritmo
- Conclusiones
- Referencias

Abstracción

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.

Objetivo principal

Implementar una *interfaz-interactiva* lúdica que visualice el fenómeno del *módulo distancia* para facilitar la comprensión abstracta de la relación brillo-distancia de las estrellas.

Metas que el usuario debe cumplir

- Conocer la relación causal entre brillo y distancia y la diferencia entre brillo real vs brillo aparente de las estrellas.

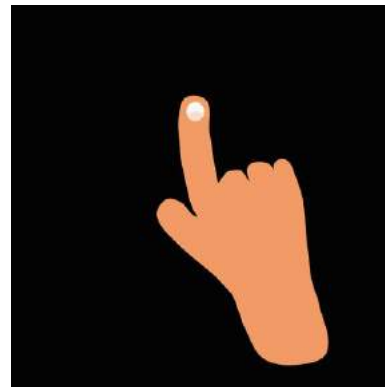
Ambiente

Museo de las Ciencias de la UNAM de la ciudad de México. En la sala Universo del *Universum*.

Tareas para la navegación mental

1) 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 Absoluto**
 - ii) **Disminuir Brillo Absoluto**
- d) **Seleccionar otra estrella**
- e) **Añadir más estrellas a la selección**
- f) **Pulsar fuera del área para deseleccionar**
- g) **Explorar el espacio rotando la cámara**



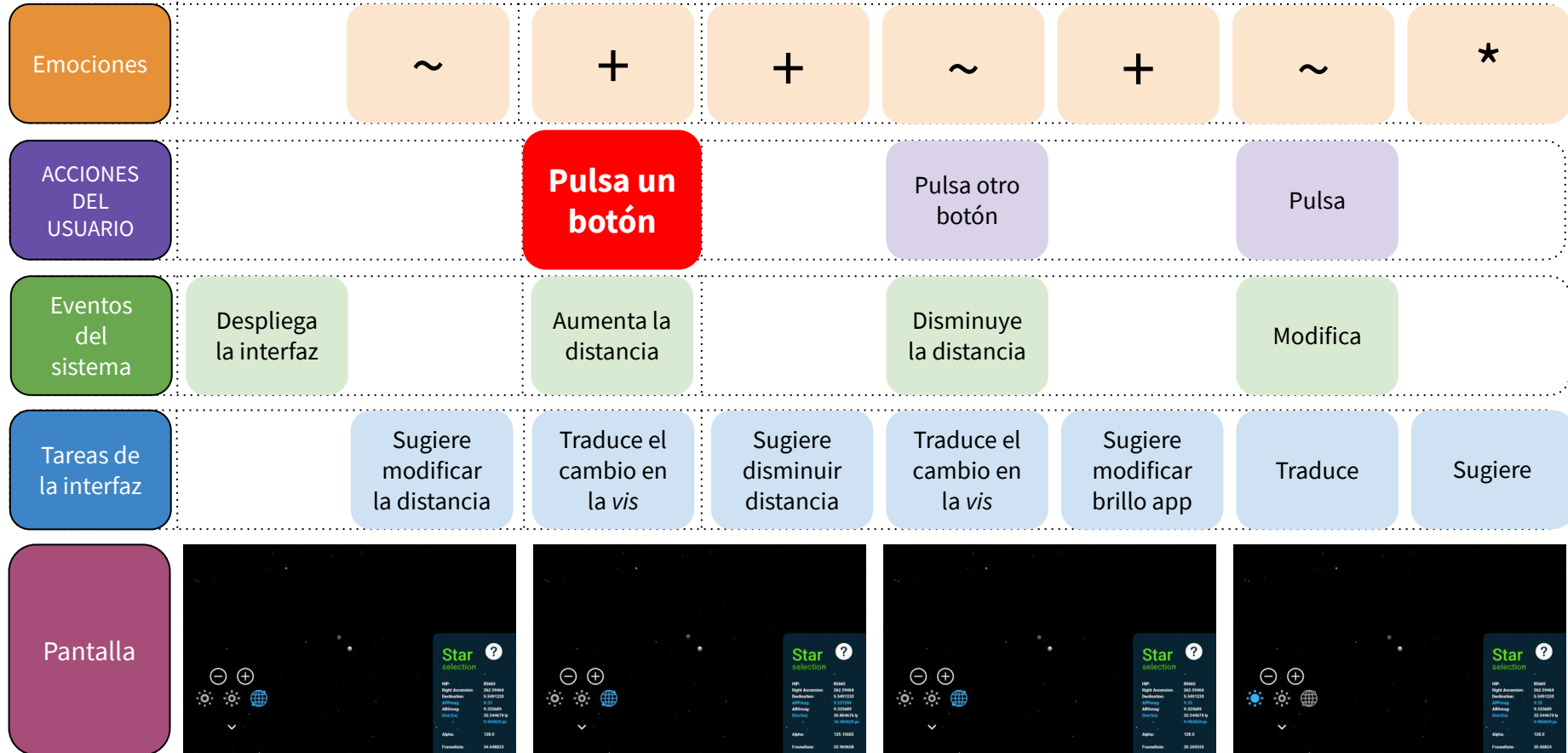
2) Conocer el brillo real de todas las estrellas

3) Explorar el espacio

journey map

El journey map es una *visualización* de las experiencias que las personas tienen al interactuar con un producto o servicio, de modo que cada momento se pueda evaluar y mejorar individualmente (Martin, Hanington, 2012).

Journey map – Version 1.1 – Distancia-Brillo



Sumario

Puntos a cubrir

- Tema
- Introducción
- Análisis y diseño
 - Dominio
 - Abstracción
 - **Visualización**
 - Algoritmo
- Conclusiones
- Referencias

Codificación

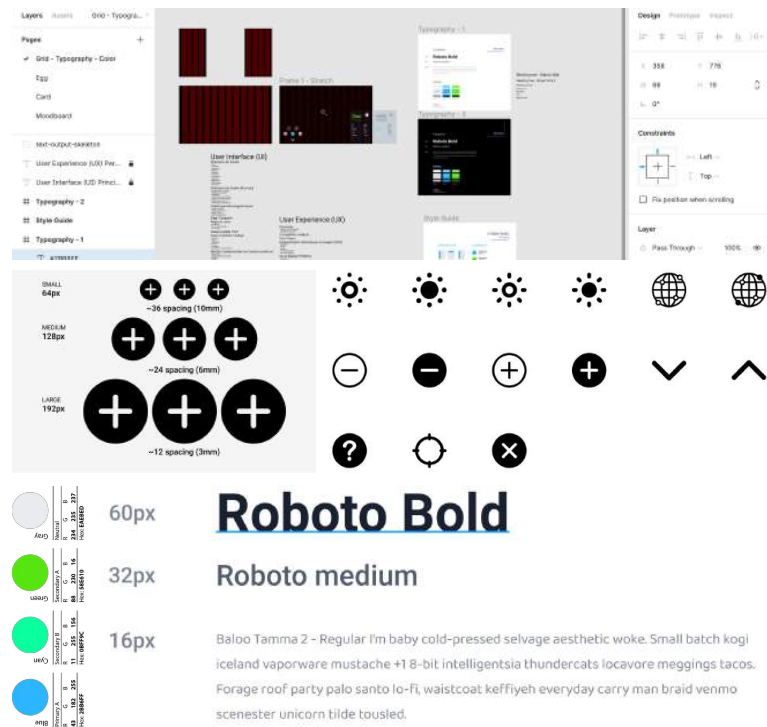
En este nivel, se especifica el enfoque del idioma que va a codificar visualmente la interacción. El lenguaje visual para el controlador de diálogo debe de ir de la mano con las cualidades objeto-eventuales del sistema que se va a representar.

Sistema de diseño para la interfaz-interactiva

Un conjunto de patrones conectados y prácticas compartidas (guías de estilo, librerías de componentes y patrones), organizados de manera coherente para servir a los propósitos de un producto digital (Kholmatova, 2017).

Para la *interfaz-interactiva*, se consideran los siguientes:

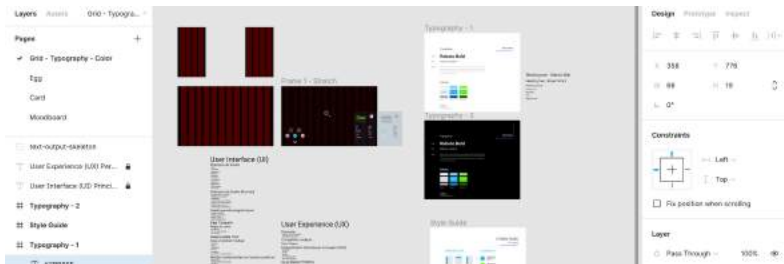
- **Guía de estilo:** estructura, color, tipografía e iconografía.
- **Componentes interactivos:** botones, iconos, cajas de mensajes, pantallas esqueleto y animaciones.



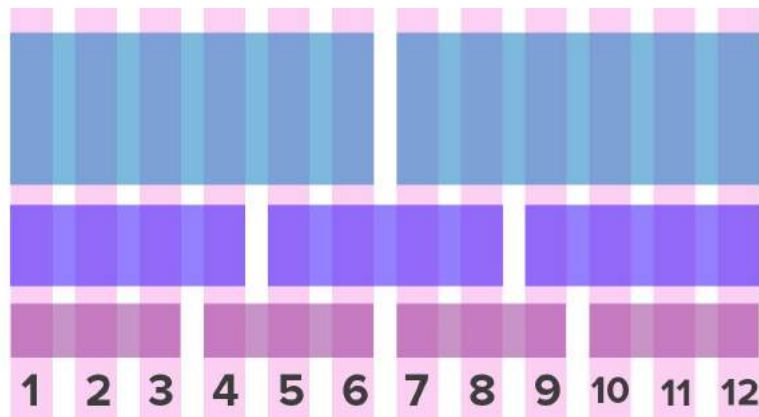
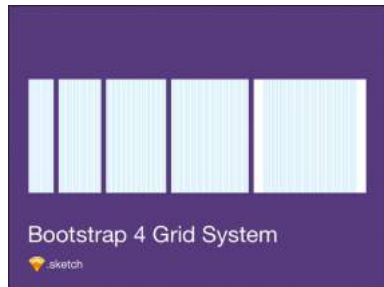
UI Style Guide

Estructura

Se utiliza el diseño de un sistema de retícula fluida que responde a 12 columnas, separadas por un medianil (*gutter*) de 24-16px.



Un margen de 40px que se adapta a la composición física del layout sobre una pantalla de 28", 8" y 6" con resolución HD (1280x720).







UI Style Guide

Color

Shedroff y Noessel (2012) señalan la tendencia del color azul en el diseño de las interfaces de ciencia ficción en el cine.



Por lo que, se considera el color #2BB6FF para la paleta primaria, el color #58E610 para la paleta secundaria de contraste y el gris #EAEBED neutro.

Blue		Cyan		Green		Gray		
Primary A		Secondary B		Secondary A		Neutral		
R	G	B	R	G	B	R	G	B
43	182	255	11	255	156	88	230	16
Hex: 2BB6FF		Hex: 0BFF9C		Hex: 58E610		Hex: EAE6ED		

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

UI Style Guide

Tipografía

En el caso de estudio, se utilizan dos fuentes *Sans*
Serif: [Roboto](#) y [Baloo Tamma 2](#).

60px

Roboto Bold

32px

Roboto medium

16px

Baloo Tamma 2 - Regular I'm baby cold-pressed selvage aesthetic woke. Small batch kogi
iceland vaporware mustache +1 8-bit intelligentsia thundercats locavore meggings tacos.
Forage roof party palo santo lo-fi, waistcoat keffiyeh everyday carry man braid venmo
scenester unicorn tilde tousled.

Ambas opciones tienen trazos geométricos simples
y legibles, por lo que resultan adecuadas para este
tipo de productos infantiles.

EXAMPLE

h1. Bootstrap heading Secondary text

h2. Bootstrap heading Secondary text

h3. Bootstrap heading Secondary text

h4. Bootstrap heading Secondary text

h5. Bootstrap heading Secondary text

h6. Bootstrap heading Secondary text

```
<h1>h1. Bootstrap heading <small>Secondary text</small></h1>  
<h2>h2. Bootstrap heading <small>Secondary text</small></h2>  
<h3>h3. Bootstrap heading <small>Secondary text</small></h3>  
<h4>h4. Bootstrap heading <small>Secondary text</small></h4>  
<h5>h5. Bootstrap heading <small>Secondary text</small></h5>  
<h6>h6. Bootstrap heading <small>Secondary text</small></h6>
```

Copy

Block T Regular

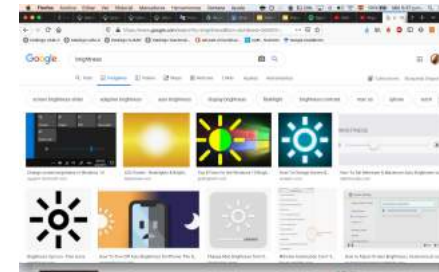
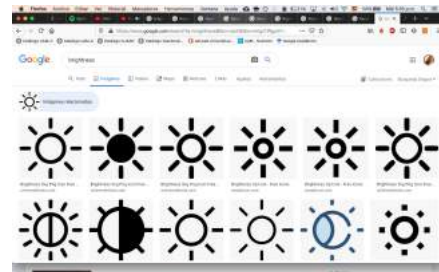
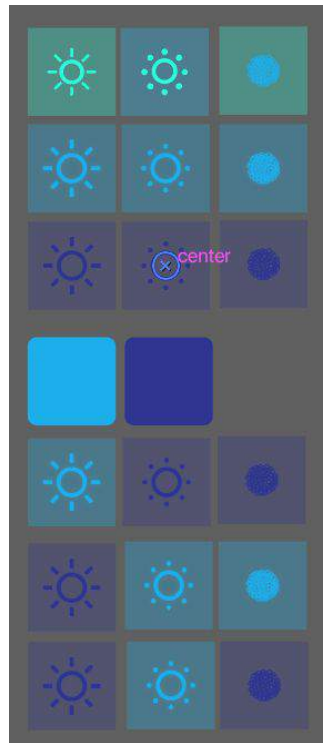
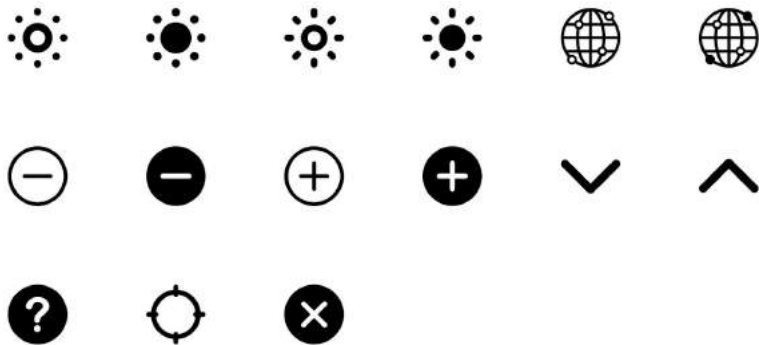
**Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll
Mm Nn Oo Pp Qq Rr Ss Tt Uu Vv
Ww Xx Yy Zz 1234567890**

Arial Rounded MT Bold

**Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll
Mm Nn Oo Pp Qq Rr Ss Tt Uu Vv
Ww Xx Yy Zz 1234567890**

Iconografía

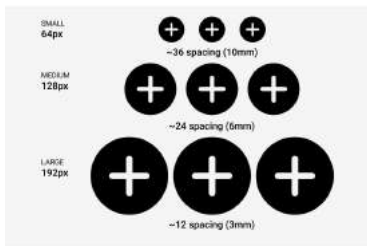
Se asocian con los conceptos de magnitud aparente, magnitud absoluta y distancia. Las acciones para sumar y restar valor, ocultar y mostrar controlador de diálogo, ayuda o información, selección de estrella y cerrar ventana.



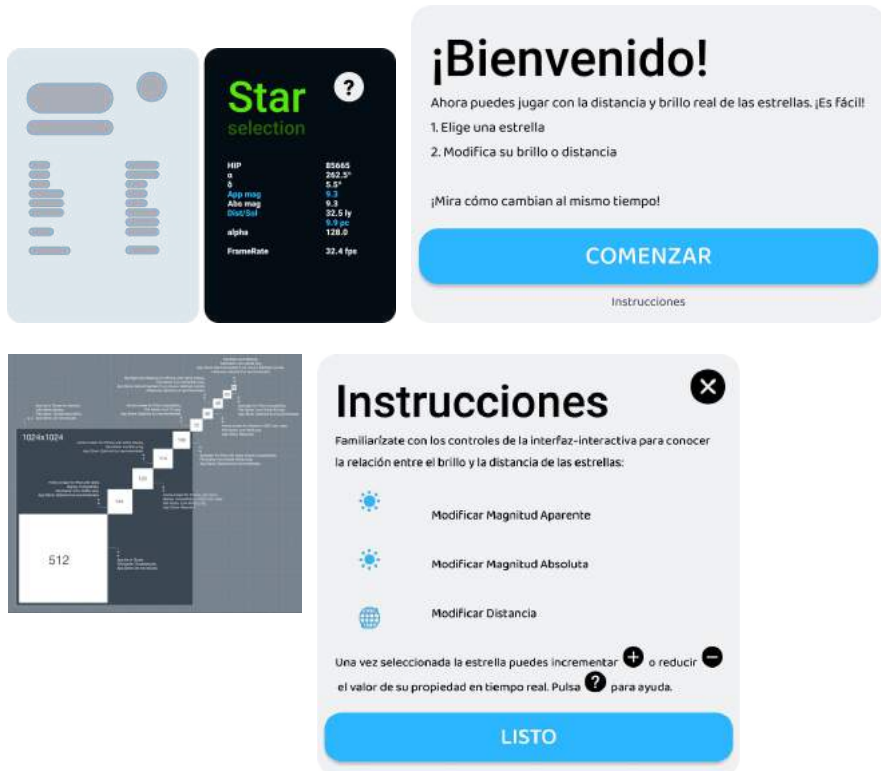
UI Patterns

Interactive Components

Los botones, iconos, las cajas de mensajes (informativos e instruccionales) y pantallas esqueleto se escalan a tres tamaños con bordes redondos.

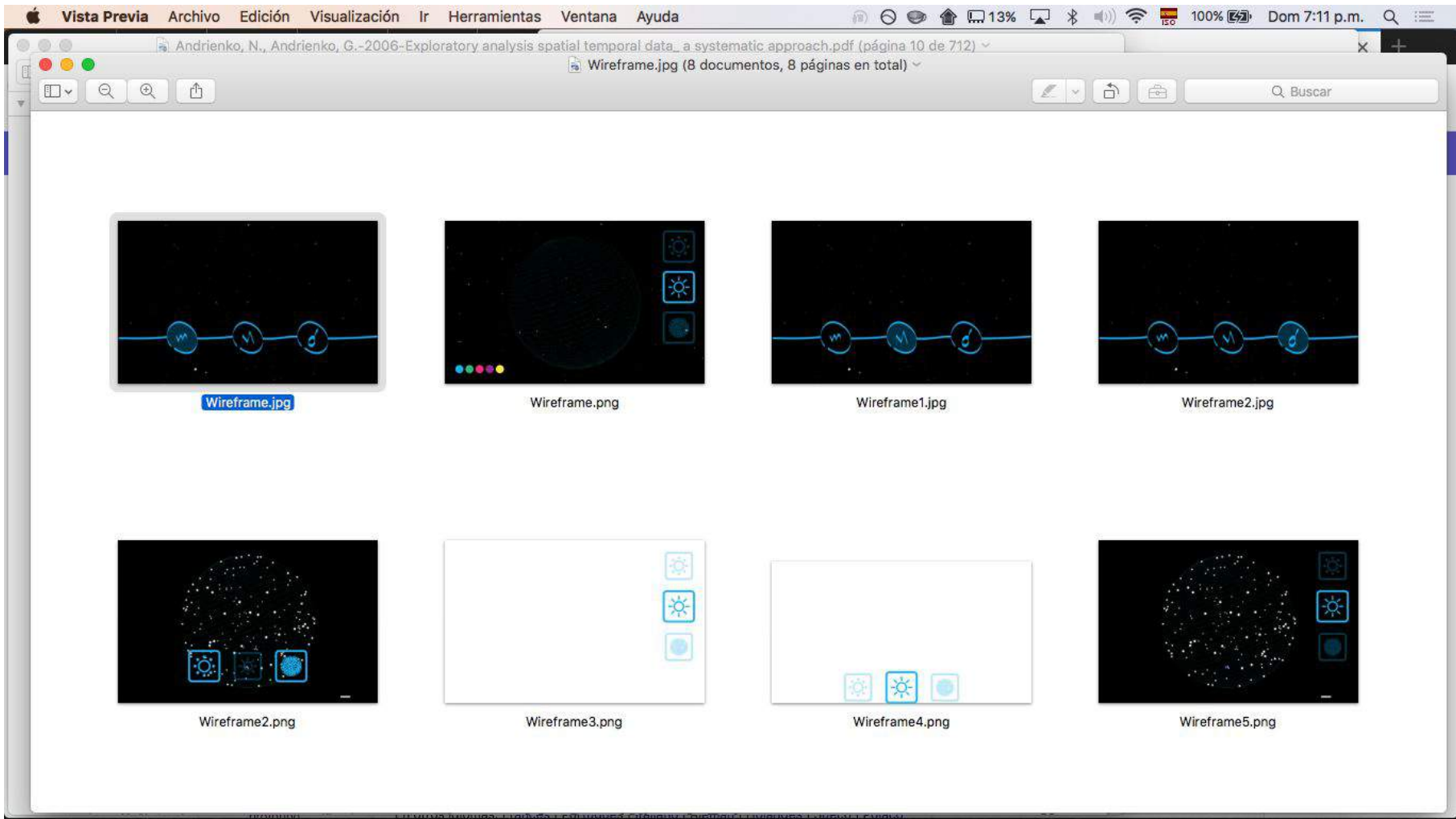


Las animaciones se representan tanto en la interacción de presionar un botón o tocar la pantalla como al momento de modificar un valor en el sistema.



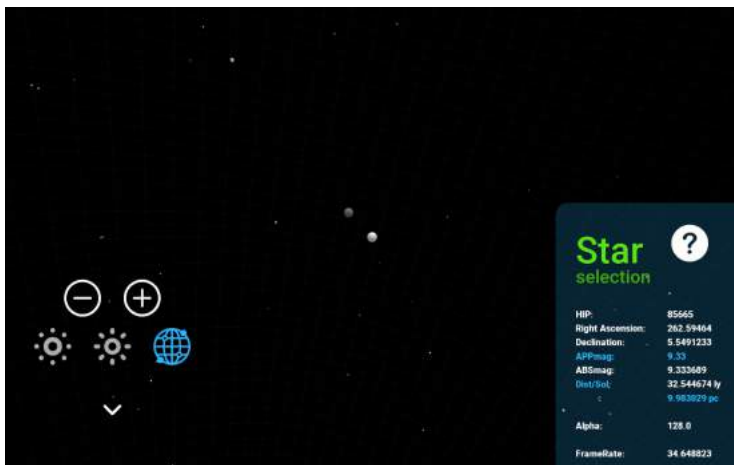
prototype

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



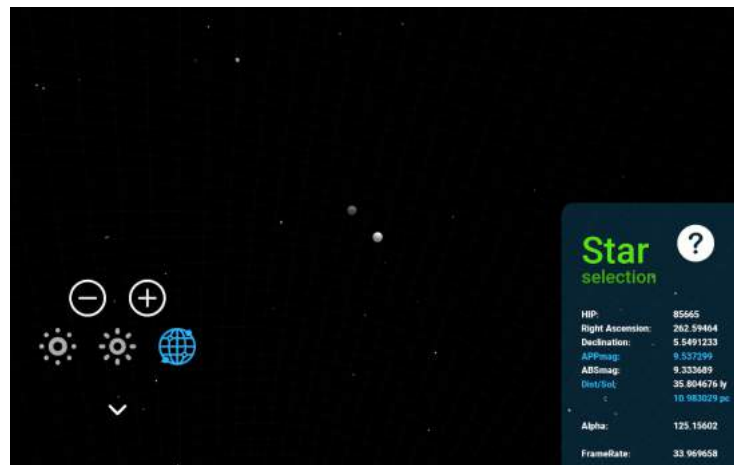
Prototype

Wireframe (1)



Acción 1

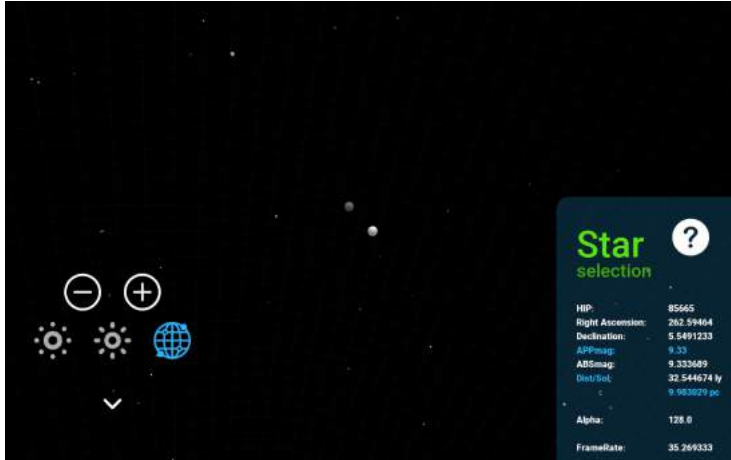
Pulsa la pantalla; el sistema muestra el controlador de diálogo; la interfaz sugiere elegir una estrella y modificar la distancia.



Acción 2

Decide aumentar la distancia de la estrella seleccionada; se interpreta la interacción; se sugiere disminuir el brillo aparente o la distancia de la estrella seleccionada.

Wireframe (2)



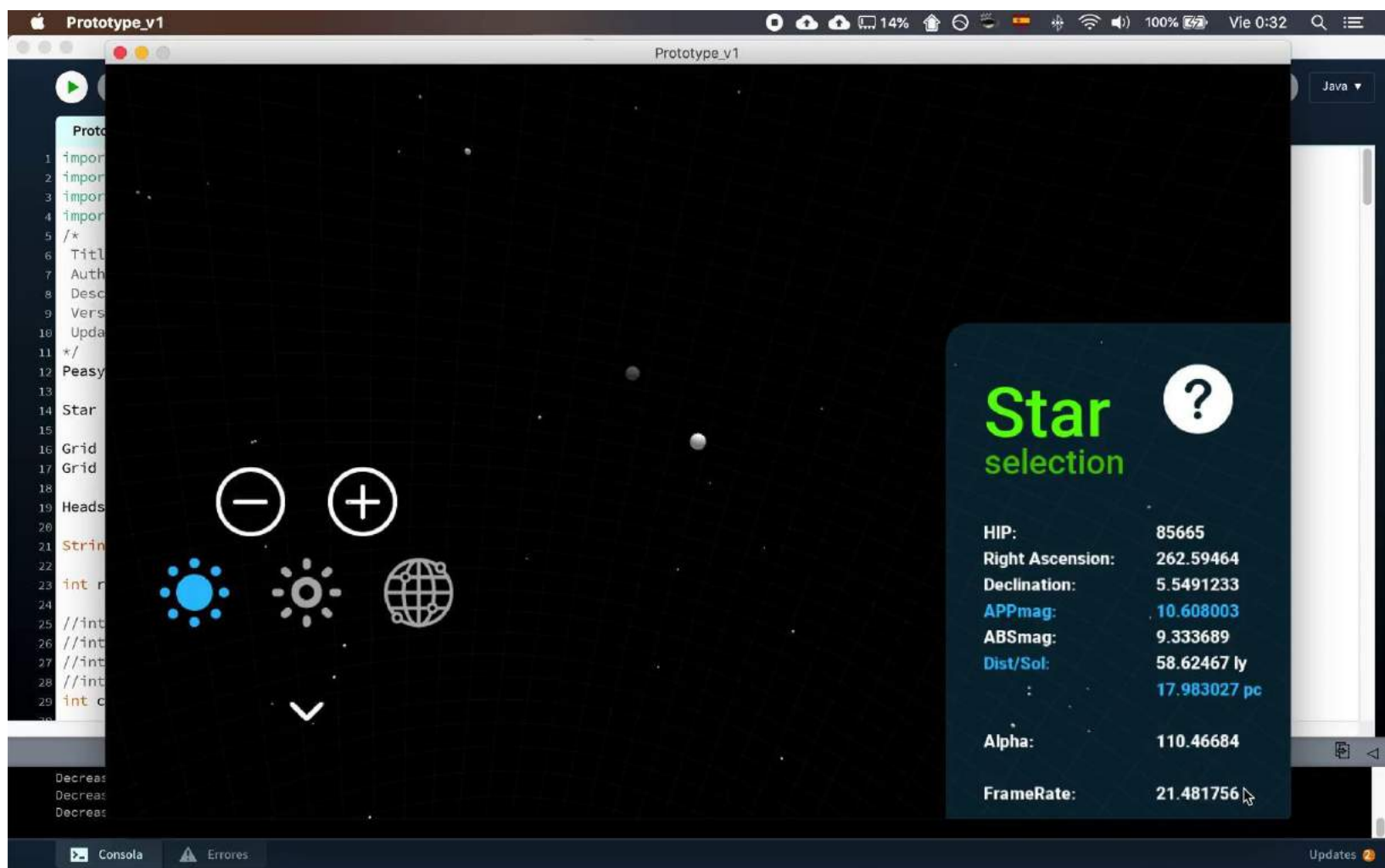
Acción 3

Decide disminuir la distancia; la interfaz traduce el cambio en la visualización; se sugiere disminuir o seguir aumentando la distancia o modificar el brillo aparente de la estrella.



Acción 4

Decide modificar el brillo aparente; el sistema despliega en tiempo real los cambios en la visualización; se sugiere evaluar la satisfacción de la interfaz.



Sumario

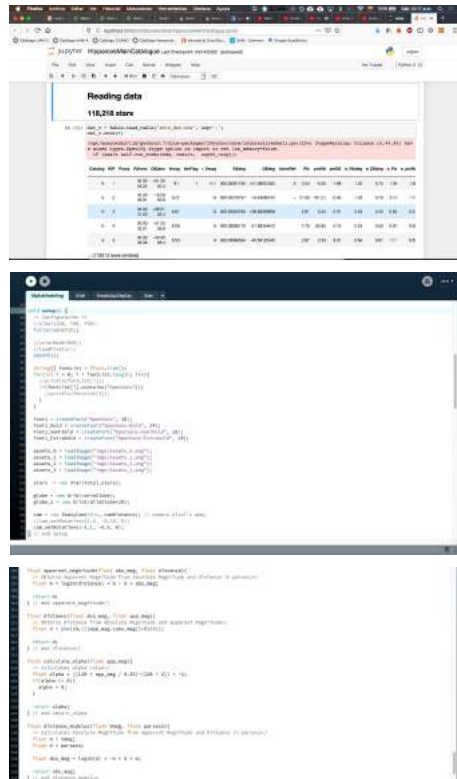
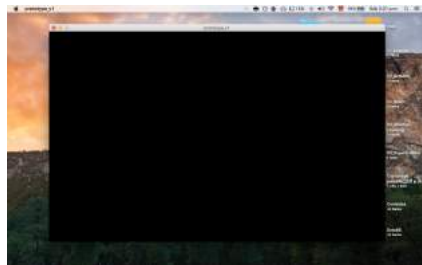
Puntos a cubrir

- Tema
- Introducción
- Análisis y diseño
 - Dominio
 - Abstracción
 - Visualización
 - **Algoritmo**
- Conclusiones
- Referencias

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.

Coded



Coded



Java ▼

Prototype_v1

Grid

HeadsUpDisplay

Star



```
246
247 float apparent_magnitude(float abs_mag, float distance){
248     /* Obtains Apparent Magnitude from Absolute Magnitude and Distance in parsecs
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
```

Sumario

Puntos a cubrir

- Tema
- Introducción
 - Objetivos
 - Razonamiento cualitativo
 - Hipótesis
- Análisis y diseño
- **Conclusiones**
- Referencias

Conclusiones

- Las aportaciones de esta investigación pueden ser traspolados a otras áreas científicas como la biología, geografía, química, por mencionar algunas de estas. Debido a que las matemáticas son extrapolables para modelar fenómenos en distintos dominios. En este caso, la astrofísica es el caso de estudio elegido.
- El análisis y diseño en el nivel de abstracción más alto, puede ser utilizado para el diseño y análisis de otra interfaz interactiva. La experiencia de este proyecto permite vislumbrar la posibilidad de poder trabajar en un ambiente genérico; el cual nos proporcionaría un grado de amplitud en el uso de dominios.
- Este trabajo abre un punto de intersección, encontrando un área de investigación, entre el diseño de interfaces interactivas y la simulación visual de fenómenos o procesos físicos.
- Como trabajos futuros, se pretende trabajar en una implementación en línea que permita a usuarios de todo el mundo utilizarla. Lo anterior implica un estudio del artefacto para ser implementado en línea. También, se pueden incluir otros tipos de *razonamiento cualitativo* como *análisis escéptico* o *planificación experimental*.

Bibliografía y referencias (1)

- Card, Stuart K., Mackinlay, Jock D., Shneiderman, Ben. (1999). *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. USA: Morgan Kaufmann Publishers.
- 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>
- Catherine, G., Mosser, B. (2008). Magnitud absoluta. L'Observatoire de Paris. [Sitio web]. Recuperado de: <https://media4.obspm.fr/public/AU/temperatura/radiacion/luminosidad/magnitud-absoluta/APPRENDRE.html>
- 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>
- Kholmatova, A. (2017). *Design Systems: a practical guide to creating design languages for digital products*. Alemania: Smashing Media AG.
- 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.

Bibliografía y referencias (2)

- 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.
- 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.
- 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
- 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.
- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart: defending human attributes in the age of the machine*. USA: Addison Wesley Publishing Company.
- Shedroff, N., Noessel, C. (2012) *Make it so: interaction design lessons from science fiction*. USA: Rosenfeld Media.
- Ware, C. (2013). *Information visualization: perception for design*. USA: Morgan Kaufmann.

Lista de referencias de imágenes (1)

- [1] Davide De Martin. European Southern Observatory ESO/Digitized Sky Survey 2. <https://www.eso.org/public/brazil/images/eso1241e/>
- [2] Kenneth D. Forbus. <https://www.mccormick.northwestern.edu/news/articles/2018/01/ken-forbus-receives-inaugural-herbert-a-simon-prize.html>
- [3] MW2014: Museums and the Web 2014. <https://mw2014.museumsandtheweb.com/bow/studio-play/>
- [4] Pensamiento crítico. (González-Reiche, 2017). <https://epri.ufm.edu/pensamientocritico/razonamiento-causal/>
- [5-10] Turbina de vapor. https://es.wikipedia.org/wiki/Turbina_de_vapor#/media/Archivo:Dampfturbine_Laeufer01.jpg; Conexión Esan. (2018). <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2018/10/monitoreo-y-gestion-de-proyectos-las-herramientas-digitales-mas-eficaces/>; InfinityQS. (2018). <https://www.defencetalk.com/researchers-discover-unique-material-design-for-brain-like-computations-75762/>; Figura 13. Group of animats running away from a predator. (Laureano-Cruces, Miranda-Rochín, Ramírez-Rodríguez, Mora-Torres, Sánchez-Guerrero, 2018); Figura 5. Interés. (Mora-Torres, Laureano-Cruces, Velasco-Santos, 2011); Figura 3. Qualitative directions for vectors. (Bozzo, Fenves, 1994).
- [11] Figure 1.7. Three part analysis framework for a vis instance: *why* is the task being performed, *what* data is shown in the views, and *how* is the vis idiom constructed in terms of design choices. (Munzner, 2014).
- [12] Tamara Munzner. <https://www.cs.ubc.ca/~tmm/tmmpix/>
- [13] Figure 4.1. The four nested levels of vis design have different threats to validity at each level, and validation approaches should be chosen accordingly. (Munzner, 2014)
- [14-23] Elaboración propia. (2021). Personas’.
- [24-33] Elaboración propia. (2021). Personas”.
- [34-43] Elaboración propia. (2021). Personas””.
- [44-53] Elaboración propia. (2021). Personas”””.
- [54] Share the meal. Hand Finger GIF. <https://giphy.com/gifs/sharethemeal-finger-tap-fingertap-2ddA1h0w2SpCcloPzP>

Lista de referencias de imágenes (2)

- [55] Journey map. Elaboración propia (2021).
- [56] Estructura. Elaboración propia (2021).
- [57-58] Bootstrap. <https://sketchfav.com/es/sketch/bootstrap-4-grid-freebie>
- [59] Grid System. <https://helenaboitsova.com/uikit-grid-accordance-to-bootstrap-grid/>
- [60] Colors in science fiction. (Shedroff, Noessel, 2012).
- [61-62] Colores. Elaboración propia (2021).
- [63] Tipografía. Elaboración propia (2021).
- [64] Heading. <https://getbootstrap.com/docs/4.0/content/typography/>
- [65] Fonts. <https://usdotdecals.com/products/vertical-truck-number-decal-set-of-2>
- [66-69] Iconografía. Elaboración propia (2021).
- [70] Botones. Elaboración propia (2021).
- [71] los App Icon Sizes Infographic. <https://infographicsmania.com/ios-icon-size-guide/>
- [72] Ripple effect animation. <https://uxmovement.medium.com/the-hover-effect-for-mobile-buttons-ed9735fd5edc>
- [73-75] Pantalla esqueleto y modales. Elaboración propia (2021).
- [76] Wireframes. Elaboración propia (2021).
- [77-78] Wireframes 1 y 2. Elaboración propia (2021).
- [79-80] Wireframes 3 y 4. Elaboración propia (2021).
- [81-89] Coded. Elaboración propia (2021).
- [90] Abstracción funcional. Elaboración propia (2021).

Gracias

