



## FACULTAD DE INFORMÁTICA

# TESINA DE LICENCIATURA

**TÍTULO:** Diseño y análisis de la aplicación de estrategias de gamification durante el entrenamiento para proyectos de ciencia ciudadana.

**AUTORES:** Kanner, Agustin Ignacio

**DIRECTOR:** Torres, Diego

**CODIRECTOR:** Fernandez, Alejandro

**ASESOR PROFESIONAL:**

**CARRERA:** Licenciatura en Sistemas

### Resumen

Los proyectos de ciencia ciudadana pueden ser una herramienta poderosa ya que pueden proveer gran cantidad de información en corto tiempo. Sin embargo la calidad de dicha información puede verse afectada por los conocimientos de los participantes. Es por esto que, en estos proyectos, suele existir un entrenamiento en donde se explican los conceptos de la tarea a resolver. Este trabajo plantea el uso de la gamification como herramienta para construir estos entrenamientos de forma efectiva. Para probar este enfoque se construyeron diferentes prototipos de un proyecto de ciencia ciudadana para evaluar diferentes elementos de gamification y su efecto en los participantes.

### Palabras Clave

*Gamification; Ciencia ciudadana; Formación de participantes; narrativa;*

### Conclusiones

*Luego de las evaluaciones realizadas, encontramos que el uso de la Gamification ayudó a los participantes a comprender mejor el problema planteado. Obteniendo un 65,73% de tareas correctas en una versión preliminar contra 79,42 % en la última versión del prototipo. Por otro lado, el uso de elementos estéticos orientados al dominio del problema produjo una mejor experiencia de uso de la aplicación. Esto se refleja en las evaluaciones SUS realizadas, donde se obtuvo 58,75 puntos en las primeras versiones contra 78,75 en la última versión.*

### Trabajos Realizados

*Para evaluar la hipótesis de la tesina, se desarrollaron 4 prototipos diferentes de un proyecto de ciencia ciudadana orientado a analizar imágenes de estrellas con denominadas runaway stars. Dichos prototipos contaron con distintos elementos de gamificación en cada uno de ellos. Estos prototipos fueron probados en diferentes eventos públicos con voluntarios que asistieron a dichos eventos. Adicionalmente se presentó un paper de la investigación a la conferencia LACLO 2018, el cual fue admitido y formó parte de los trabajos de dicha conferencia.*

### Trabajos Futuros

*Sin bien se lograron parametrizar varios aspectos de los prototipos, no se logró realizar las herramientas necesarias para poder realizar un framework para construir entrenamientos gamificados para un proyecto de ciencia ciudadana. Otro punto para continuar investigando es el uso de elementos sonoros como efectos de sonido o una pista de audio que aporte a la profundización de los elementos estéticos orientados a la naturaleza de la tarea científica a resolver.*

Diseño y análisis de la aplicación de estrategias de  
*gamification* durante el entrenamiento para  
proyectos de ciencia ciudadana

Kanner, Agustín Ignacio

23 de noviembre de 2019

## Resumen

Los proyectos de ciencia ciudadana pueden ser una herramienta muy poderosa para los científicos académicos ya que pueden proveer gran cantidad de información en un corto periodo de tiempo. Normalmente, esta información proviene de observaciones o toma de muestras por parte de miembros de la comunidad en general, sin embargo la calidad de dicha información puede verse afectada por los sesgos particulares de cada una de las personas que la obtiene y/o analiza. Esto puede llegar a afectar de forma parcial o total el resultado del proyecto, por lo cual, es necesario que los miembros de la comunidad científica brinden la información adecuada para que los participantes puedan realizar sus aportes de forma ordenada y precisa. Es por esto que es común que, en los proyectos de ciencia ciudadana, haya una parte introductoria en donde se le explica al participante los aspectos importantes de la tarea a resolver y los pasos necesarios a realizar para que dicha tarea se realice de forma correcta. Esto plantea otro desafío para los científicos encargados del proyecto, ¿Cómo se pueden brindar estos conocimientos de una forma efectiva pero que resulte amena al participante? ¿Cómo evitar que el participante se sienta abrumado o aburrido durante este proceso y abandone el proyecto antes de realizar un aporte?. La solución a este problema planteada en este trabajo es el uso de la *Gamification*. La *Gamification* es una técnica que consiste en utilizar elementos de juegos en entornos no lúdicos. Para probar esta solución se construyeron diferentes prototipos de un proyecto de ciencia ciudadana para probar diferentes elementos de *gamification* y su efecto en los participantes. Estos prototipos se realizaron utilizando imágenes de estrellas denominadas *Runaway stars* y se midió la efectividad de la misma a través de diversas muestras con usuarios finales en diferentes contextos. Luego de estas muestras encontramos que el uso de la *Gamification* ayudó a los participantes a comprender mejor el problema, esto se puede observar debido al aumento de preguntas de control contestadas de forma correcta (65,73% en una versión preliminar contra 79,42% de la última versión del prototipo), por lo tanto a identificar con más precisión las estrellas *runaway stars*. Al mismo tiempo, el uso de elementos estéticos orientados al dominio del problema produjo una mejor experiencia de uso de la aplicación, lo cual se puede ver reflejado en las evaluaciones SUS, reflejando un nivel de usabilidad de 58,75 en una de las primeras versiones contra 78,75 en la última versión.

*A mi familia y amigos, por el constante apoyo, motivación y participación en este trabajo. Al LIFIA, por el espacio y los recursos que me permitieron utilizar. A Cintia Peri, por brindar todos los elementos y conocimientos astronómicos del trabajo además de dedicar parte de su tiempo y energía para trabajar con nosotros. A Julieta Lombardelli, no solo por sus conocimientos de diseño, usabilidad y de desarrollo de videojuegos sino también por sus ganas y su colaboración a la hora de realizar las pruebas de la aplicación. a Laura Palav por haber brindado desinteresadamente los elementos estéticos para la última versión del prototipo. A mi director de tesis, Diego Torres, por su constante dedicación, enseñanza y paciencia en todos estos años, así también por darme la posibilidad de participar en diferentes congresos y otras actividades académicas que, de otra forma, no hubiese podido participar.*

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
<b>2. Marco Y Trabajos Relacionados</b>	<b>8</b>
2.1. Ciencia Ciudadana . . . . .	8
2.1.1. Ciencia ciudadana y su relación con la Ciencia Abierta	10
2.2. Gamification . . . . .	10
2.2.1. Desarrollo de juegos y su impacto en el jugador: El Framework MDA . . . . .	12
2.3. <i>Gamification</i> y Ciencia Ciudadana . . . . .	13
<b>3. Estrategia general</b>	<b>15</b>
3.1. El Problema: La formación de los participantes de proyectos de ciencia ciudadana . . . . .	15
3.2. <i>Gamification</i> como hilo conductor del aprendizaje de los participantes . . . . .	17
3.3. <i>Runaway Stars Y Bow Shocks</i> . . . . .	18
3.3.1. Definición de <i>runaway star</i> y <i>bow shock</i> . . . . .	19
3.3.2. Desafíos de comprensión . . . . .	20
3.3.3. Gamification en Runaway Stars . . . . .	24
3.3.4. Estructura de Runaway Stars . . . . .	27
3.4. Evaluaciones . . . . .	30
<b>4. Los Bow Shock: Obtención de las imágenes</b>	<b>32</b>
4.1. Obtención de imágenes crudas . . . . .	33
4.2. Ajustando el tamaño y contraste de la imagen . . . . .	34
4.2.1. Tamaño de la imagen . . . . .	34
4.2.2. Modificando el contraste de la imagen . . . . .	35
4.3. Coloreando las imágenes . . . . .	37
4.3.1. imágenes RGB . . . . .	38

4.4. Localización de la estrella . . . . .	41
<b>5. Evolución de la aplicación y el uso de Gamification</b>	<b>44</b>
5.1. Primera versión de la aplicación: OneOfThree . . . . .	45
5.1.1. Tutorial - información para detectar estrellas <i>runaway</i>	45
5.1.2. Entrenamiento . . . . .	46
5.2. Preguntas de control . . . . .	49
5.3. Problemas de esta versión . . . . .	49
5.4. Segunda Versión: OnlyOne . . . . .	50
5.4.1. Tutorial . . . . .	51
5.4.2. Entrenamiento . . . . .	53
5.4.3. Preguntas de control . . . . .	54
5.4.4. posibles mejoras en esta versión . . . . .	54
5.5. Tercera Versión: Multiple . . . . .	56
5.5.1. Preguntas de control . . . . .	58
5.6. Cuarta versión: <i>Evolution</i> . . . . .	58
5.6.1. Cambios Generales . . . . .	59
5.6.2. Cambios en las etapas de tutorial y entrenamiento . .	61
<b>6. Implementación</b>	<b>66</b>
6.1. Overview de la aplicación . . . . .	66
6.2. Base de datos . . . . .	66
6.3. Backend . . . . .	69
6.3.1. Modelo . . . . .	69
6.3.2. Repositories . . . . .	73
6.3.3. Capa de controladores . . . . .	75
6.3.4. Capa de Servicios . . . . .	82
6.4. Frontend . . . . .	87
<b>7. Evaluación</b>	<b>92</b>
7.1. Desarrollo de las evaluaciones . . . . .	93
7.2. Resultados . . . . .	94
7.2.1. Expo ciencias . . . . .	94
7.2.2. Doctorado en informática y planetario de La Plata . .	94
7.2.3. Comparación entre versiones . . . . .	97
7.3. Respondiendo las preguntas planteadas anteriormente . . . .	97
<b>8. Conclusiones y trabajo futuro</b>	<b>104</b>
8.1. Trabajo Futuro . . . . .	105

**9. Publicaciones Realizadas**

**112**

# Capítulo 1

## Introducción

La ciencia ciudadana [1, 2] es una forma de hacer ciencia en la que se invita a personas sin una formación previa a formar parte de un proyecto científico y a participar en diferentes etapas de los mismos. En estos proyectos, cualquier persona sin necesidad de poseer una formación específica realiza tareas de forma voluntaria, cediendo parte de su tiempo y en algunos casos recursos. A estas personas las llamamos científicos ciudadanos [3].

Uno de los desafíos que presenta la ciencia ciudadana es la formación de los voluntarios en las tareas que requiere el proyecto de investigación. para que los resultados recolectados tengan la calidad esperada[4]. Las tareas que realizan las y los científicos ciudadanos pueden ser, de recolección de muestras, clasificación, análisis, o de transcripción. Por ejemplo, en un proyecto de clasificación de fotos, los científicos ciudadanos deben entrenarse para detectar las particularidades de las fotos que las hacen pertenecer a una categoría u a otra.

Estos proyectos, deben incluir una formación que permita que los voluntarios realicen la tarea indicada en forma adecuada [5, 6]. Esta formación previa, debe ser dinámica y entretenida para que, luego de recibir el entrenamiento, los voluntarios deseen continuar con la actividad en si.

Esta formación debe considerarse como algo critico ya que una formación incompleta puede ocasionar que los participantes realicen las tareas de forma incompleta o incorrecta y esto puede resultar en resultados incompletos y erróneos poniendo en riesgo la investigación

La formación de los científicos ciudadanos se da en diferentes formas como pueden ser los encuentros presenciales de formación o manuales estáticos y multimediales. Por ejemplo, el proyecto E-bird<sup>1</sup> y su capítulo argentino

---

<sup>1</sup><https://ebird.org> accedido el 10 de mayo de 2018.

Aves Argentinas<sup>2</sup> [7]. Sin embargo, en el contexto de los proyectos de ciencia ciudadana brindados a través de Internet, esta formación no puede brindarse de forma presencial, por lo cual, los desarrolladores de estos proyectos deben brindar esta formación de forma virtual de la mejor forma posible para agilizar el aprendizaje de los participantes.

Una forma de abordar una experiencia de aprendizaje es a través de estrategias de *gamification* [8]. *Gamification* es la utilización de elementos basados en el juego, como las mecánicas de juego, la estética y la forma de pensar en el juego para atraer a las personas, motivar la acción, promover el aprendizaje y resolver problemas. Es decir que la *gamification* no es un juego completo, sino una parte del concepto juego.

La objetivo de esta tesina es investigar el uso de la *gamification* para realizar el entrenamiento o formación de participantes en un proyecto de ciencia ciudadana, ya que, como se mencionó anteriormente, esta formación es importante para el desarrollo del proyecto y la *Gamification* podría mejorar el proceso de aprendizaje de los participantes[8]. Este objetivo se evaluó desarrollando una serie de prototipos de un proyecto de ciencia ciudadana dedicado a la detección de estructuras llamadas *bow shocks* que pueden o no formarse alrededor de estrellas denominadas *runaway stars*. Estos *bow shocks* se muestran como figuras que pueden ser similares a arcos o media-lunas y pueden ser vistos a simple vista observando las imágenes de estas estrellas.

Cada uno de estos prototipos contó con diferentes elementos de *Gamification* a la hora de dar la formación de los participantes. Estos prototipos se evaluaron en diferentes ocasiones en el marco de diferentes encuentros en la universidad y en diferentes exposiciones de video-juegos. En las evaluaciones analizamos qué elementos de *gamification* fueron más valorados por los usuarios, en qué medida han aprendido lo que el tutorial presentaba, el nivel de satisfacción y usabilidad. Las evaluaciones mostraron que las estéticas, la valoración por puntos, la premiación con insignias y la competencia han sido elementos promisorios en este tipo de tutoriales.

Adicionalmente, como parte del desarrollo de esta tesina se realizó un paper publicado en la conferencia LACLO 2018 llamado ‘Analysing the use of Gamification in a Tutorial for a Citizen Science Project’[9] y un poster presentado en el II Congreso Argentino de Ciencia Ciudadana (CIACIAR 2018) Ambos adjuntados al final de este documento.

Esta tesina se encuentra organizada de la siguiente forma. En el siguiente capítulo se comentará el marco actual y algunos trabajos que se relacionan

---

<sup>2</sup><http://www.avesargentinas.org.ar> accedido el 10 de mayo de 2018.

a esta tesina. En el capítulo 3 llamado ‘Estrategia General’ se expondrá de forma general el desarrollo de esta tesina. Siguiendo a este, en el capítulo 4 llamado ‘Los Bow Shock: Obtención de las imágenes’ se encuentra una descripción del proceso con el cual se obtienen las imágenes a analizar, este proceso nos parece muy interesante ya que el mismo contiene elementos de programación como también conceptos de astronomía. Una descripción de los elementos de *gamification* utilizados y la evolución del prototipo puede encontrarse en el capítulo 5 llamado ‘Evolución de la aplicación y el uso de Gamification’, siguiendo a este, se pueden encontrar detalles técnicos de la implementación de la aplicación en el capítulo 6 llamado ‘Implementación’, finalmente, en el capítulo 7 llamado ‘Evaluación’ se describen las evaluaciones que realizamos durante esta tesina y los resultados que se obtuvieron para terminar con las conclusiones y trabajos futuros.

## Capítulo 2

# Marco Y Trabajos Relacionados

### 2.1. Ciencia Ciudadana

El uso de internet ha permitido a las personas de distintas partes del mundo establecer y mantener conexión con otras personas y entidades dispersas alrededor del mundo. Dentro de este contexto, la comunidad científica tiene comunicación directa con una mayor porción de la población que hace años atrás. Esta mayor comunicación y el avance en el desarrollo de software especializado han contribuido en el resurgimiento de una técnica de investigación llamada *Ciencia ciudadana*[10]. El término ciencia ciudadana se refiere a la participación del público en general en actividades que se realizan el marco de una investigación científica. Esta participación puede darse de forma intelectual, es decir, utilizando su intelecto para resolver las actividades propuestas, o bien mediante el aporte de recursos materiales.

Los participantes, llamados ciudadanos científicos, aportan datos para la investigación, ayudan a encontrar nuevas preguntas y participan en la inserción de la ciencia en la cultura. Mientras los voluntarios realizan sus aportes, los mismos adquieren conocimientos sobre el dominio de la investigación y, en líneas más generales, pueden adquirir habilidades útiles para desarrollar un pensamiento científico. Como resultado de este escenario abierto e interdisciplinario, se mejora la relación entre la ciencia y la sociedad en general haciendo que las investigaciones se realicen en base a evidencia aportada por la sociedad, o en otras palabras, haciendo que las investigaciones científicas sean más democráticas [11]

Entre los proyectos de ciencia ciudadana podemos destacar el proyec-



Figura 2.1: Primera versión de Galaxy Zoo

to ‘Galaxy Zoo’, este proyecto se propone clasificar miles de imágenes de galaxias con la ayuda de voluntarios interesados en la astronomía [12]. ‘Galaxy zoo’ comenzó en el año 2007 con la clasificación de, aproximadamente, un millón de imágenes de galaxias. En su primera versión, los participantes debían clasificar una galaxia en las categorías ‘elípticas’, ‘espirales’ o una fusión de galaxias (mergers) y, en el caso de que fueran ‘espirales’, indicar hacia que lado están los brazos del espiral [Figura 2.1].

Durante su primer año, ‘Galaxy zoo’ recibió aproximadamente 50 Millones de clasificaciones realizadas por alrededor de 150 mil participantes. Esto significa que cada imagen, potencialmente, recibió múltiples clasificaciones independientes[13]. Esto está hecho de forma deliberada, ya que esta multiplicidad de clasificaciones les permitió a los científicos detrás de la investigación analizar cuan confiables eran los datos obtenidos de la comunidad de ciudadanos científicos. Esto se logra analizando todas las clasificaciones de cada una de las galaxias del proyecto, mientras más homogéneas sean estas clasificaciones, más confiable es la clasificación final de la galaxia. Por ejemplo, es más confiable la clasificación de una galaxia que fue clasificada 1.000 veces, en donde en 999 de ellas se indica que la galaxia es elíptica que la clasificación de otra galaxia que fue clasificada 50 veces, en donde en 24 de esas clasificaciones se indica que la galaxia es elíptica y en las otras 26 se indica que es un espiral.

La formación de los científicos ciudadanos se da en diferentes formas como pueden ser los encuentros presenciales de formación o manuales estáticos y multimediales. Por ejemplo, el proyecto E-bird<sup>1</sup> y su capítulo argentino

<sup>1</sup><https://ebird.org> accedido el 10 de mayo de 2018.

Aves Argentinas<sup>2</sup> [7], ambos proyectos dedicados a la observación y registro de aves, tutoriales multimedia [14], y acercamientos a la actividad guiados por juegos[15, 16, 17]. Otro aspecto que debe cumplir un entrenamiento de un proyecto de ciencia ciudadana es que el mismo debe ser dinámico y entretenido para que luego de recibir el entrenamiento, los voluntarios deseen continuar con la actividad en si.

### 2.1.1. Ciencia ciudadana y su relación con la Ciencia Abierta

Según Vicente-Saez la ciencia abierta es conocimiento que es generado y compartido a través de redes colaborativas, este conocimiento que puede ser accedido de forma libre. [18].

Si bien la ciencia ciudadana involucra la participación de voluntarios, esta participación no es del estilo de *pares*, sino que existe una jerarquía, por ejemplo la diferencia de participación de los científicos analizando los datos obtenidos y publicando los resultados, mientras que los voluntarios no científicos realizan los análisis de cada muestra disponible.

Al mismo tiempo, muchos proyectos de ciencia ciudadana publican sus resultados de forma publica, sin embargo, el proceso de análisis y de toma de decisiones puede que no se haga públicamente.

Por estos dos motivos, un proyecto de ciencia ciudadana puede no pertenecer al genero de ciencia abierta. [19]

## 2.2. Gamification

La *Gamification* es la utilización de elementos basados en el juego, como las mecánicas de juego, la estética y la forma de pensar en el juego para atraer a las personas, motivar la acción, promover el aprendizaje y resolver problemas. [8][20]. Es decir que la *gamification* no es un juego completo, sino una parte del concepto juego. El uso de elementos de juegos en una tarea no ludica puede llevar a los participantes de dicha tarea a sentirse más entretenidos o más motivados durante el momento de completar dicha tarea.

Algunos ejemplos de uso de la *Gamification* son:

- Nike+ [21]: Esta aplicación movil realiza un seguimiento de todas las actividades físicas de sus participantes, otorgando puntos correspondientes a la cantidad de actividad física realizada por ellos. Cada usuario puede competir con otras personas para ver cuantos puntos pueden recolectar y , al mismo tiempo, se le permite a los participantes postear

---

<sup>2</sup><http://www.avesargentinas.org.ar> accedido el 10 de mayo de 2018.

sus puntos en las redes sociales. De esta forma Nike mantiene a las personas motivadas a realizar actividad física al mismo tiempo que logra que su marca sea compartida por miles de personas a través de las redes sociales, en 2013 esta aplicación tenía más de 11 Millones de participantes.

- RecycleBank: [22] Este proyecto busca incentivar a las personas a cuidar el medio ambiente. El proyecto busca lograr esta incentivación por dos lados o a través de dos sentidos diferentes. Por otro lado la aplicación está asociada con centros de reciclaje, cada vez que el participante acude a estos centros con residuos para reciclar obtiene puntos. Los puntos obtenidos pueden ser cambiados por descuentos y/o productos en comercios locales.

Por un lado, el proyecto desarrolló una aplicación móvil, la misma, da puntos por informarse sobre la forma de reciclar elementos o como consumir de forma sustentable los recursos que utilizamos, esta información es brindada por la propia aplicación.

- Nissan Carwings[23]: los dueños de autos eléctricos de Nissan pueden participar de una aplicación gamificada para colaborar con un mejor uso de energía eléctrica al momento de manejar sus autos.

La aplicación se basa en la cantidad de kilómetros recorridos por hora kilowatt de energía y compara esta relación con otros usuarios de la comunidad mediante una competencia para ver quien puede recorrer más kilómetros con la menor cantidad de energía posible. Esta información es brindada directamente por los sistemas del auto y se puede observar durante todo el recorrido realizado con el mismo por medio de las pantallas ubicadas en su interior. Este puntaje se calcula en tiempo real midiendo el uso del acelerador y freno.

Al mismo tiempo, la aplicación permite obtener un historial de la *performance* de cada participante a modo de status posibilitando al mismo la posibilidad de compararse a si mismo para mejorar su puntaje.

- ‘America’s Army’ [24]: Como un ejemplo completamente distinto a los mencionados anteriormente, ‘America’s Army’ es un videojuego patrocinado por el ejercito de los Estados Unidos De América, este videojuego es un simulador de combate en primera persona, con el, el ejercito Estadounidense busca atraer al publico joven a enlistarse.

Debido a que la aplicación de *gamification* plantea incorporar elementos

de juegos a actividades no lúdicas, vale la pena tener en cuenta el framework MDA para lograr una mejor aplicación de estos elementos.

### 2.2.1. Desarrollo de juegos y su impacto en el jugador: El Framework MDA

Todo juego, ya sea un juego de mesa, un deporte o un videojuego, contiene mecánicas propias o reglas, estas reglas pueden ser parte del reglamento de un juego de cartas o estar dentro del código fuente de un videojuego.

Estas mecánicas puestas en practica dan lugar a las dinámicas de dicho juego, por ejemplo, en el juego de cartas ‘uno’, que consiste en quedarse sin cartas en la mano, contiene una carta, llamada ‘+4’ que, al ser tirada, penaliza al siguiente participante en jugar haciéndolo levantar 4 cartas del mazo. En ocasiones, antes de comenzar el juego, se decide establecer una mecánica que indica que ciertas cartas, como la ‘+4’, se pueden acumular, esto hace que, un participante que fue penalizado con alguna de estas cartas pueda tirar la una carta con la misma figura haciendo que la penalidad pase al siguiente participante pero con el doble de efecto, en la caso de ‘+4’, el siguiente participante debería levantar 8 cartas, salvo que tenga otra ‘+4’. Estas 2 mecánicas preestablecidas pueden hacer que se los jugadores desarrollen una dinámica específica al momento de estar jugando al ‘uno’, la cual consiste en guardarse estas cartas para usarlas como un resguardo contra otros jugadores. Esta relación entre las mecánicas y la dinámica queda clara ya que, cuando se decide no usar esta mecánica de ‘acumulación’, la dinámica de ‘resguardo’ no se desarrolla.

La dinámica del juego genera emociones en los participantes, estas emociones son las harán que los jugadores se sientan atraídos o no por el juego.

El framework MDA[25] establece que cada juego puede dividirse en las 3 partes anteriormente comentadas, llamadas *Mechanics* (mecánicas) *Dynamics* (Dinámicas) y *Aesthetics* (emociones).

Dicho framework indica que los desarrolladores de estos juegos deben tener en cuenta estas 3 partes a la hora de crearlos. Al mismo tiempo indica que estas 3 partes se deben ver desde 2 puntos de vista diferentes. El punto de vista del desarrollador, el cual ve que las mecánicas llevan a ciertas dinámicas y estas dinámicas llevan a emociones por parte de los participantes. Y el punto de vista del jugador, el cual ve como se siente jugando dicho juego, esto esta dado por las dinámicas propias del juego, las cuales están dictadas por las mecánicas.

La relación entre las 3 partes es vital y al mismo tiempo establece la diferencia entre un juego y otros tipos de entretenimiento como los libros o

las películas, ya que la interacción de estos últimos con las personas que los usan se encuentra preestablecida desde el principio, sin embargo, cuando se habla de juegos, los desarrolladores nunca pueden estar seguros como van a jugarlo los participantes, por lo que encontrar la relación entre estas 3 partes es un punto de suma importancia en el desarrollo, y también establece que un pequeño cambio en las mecánicas del juego puede repercutir de gran manera a la forma en que el participante se siente jugando.

### 2.3. *Gamification* y Ciencia Ciudadana

El uso de la *Gamification* en proyectos de la ciencia ciudadana no es algo nuevo, entre los ejemplos podemos destacar ‘Old Weather’, la cual es mencionada en el paper ‘I want to be a captain! I want to be a captain; (Eveleigh et. al.) [26] donde se discute el uso de una narrativa y elementos de *gamification* dentro de un proyecto de ciencia ciudadana y como estos elementos tuvieron un impacto tanto en la motivación del participante como en los resultados científicos del proyecto. Al igual que en nuestro trabajo, se utilizan elementos de *gamification* dentro de un proyecto de ciencia ciudadana, en el caso de ‘Old Weather’ estos elementos se utilizan en conjunto con una narrativa que une y le da contexto a las tareas que debe realizar el participante.

‘Old Weather’ tuvo como objetivo la transcripción de bitácoras de navegación de navíos del siglo XIX para así tener registros del estado del clima durante ese siglo. Debido a la repetitividad y complejidad que conlleva la lectura de texto escrito a mano, los encargados del proyecto decidieron implementar un sistema de rankings para motivar a los participantes del proyecto. Este sistema de rankings estaba compuesto por 3 niveles, cadete, teniente y capitán. Los participantes son divididos por barcos, cada participante transcribe las entradas de la bitácora de su barco asignado, al iniciar las transcripciones de un barco el participante es asignado al rol de cadete, al transcribir 30 entradas de bitácora, el participante es ascendido a teniente, los tenientes de cada barco compiten entre sí para obtener el rol de capitán de barco, este rol es asignado a la persona que tiene más transcripciones dentro de cada barco, a diferencia del rol de teniente, el rol de capitán puede ser perdido si el participante ya no posee el primer lugar de transcripciones en el barco.

Se debe tener en cuenta, que al implementar una estrategia de *gamification* dentro de un proyecto de ciencia ciudadana puede llevar a la división del grupo total de los voluntarios. Algunos voluntarios van a tener una men-



Figura 2.2: Sistema de rankings de Old Weather

talidad más competitiva, lo cual hará que se concentren en ganar la mayor cantidad de puntos posibles. Otra parte estará más interesada en la investigación científica, estas personas podrían llegar a resolver las tareas de una forma más crítica y lenta y podrían sentirse intimidados por el lado competitivo haciendo que pierdan la iniciativa de participar en el proyecto. Esto es evidenciado por el estudio realizado por Eveleigh et. al. En el, se describen las mecánicas de 'Old Weather' y se enumeran opiniones de participantes del proyecto, en ellas, se puede ver el sentimiento de completitud de algunas personas al alcanzar y mantener el ranking de capitán, sin embargo otras reportaron malestar por no poder seguir el ritmo de los otros participantes, haciendo que nunca lleguen a convertirse en capitán, haciéndoles sentir que el proyecto era una competencia en vez de ser un aporte a un proyecto científico.

## Capítulo 3

# Estrategia general

### 3.1. El Problema: La formación de los participantes de proyectos de ciencia ciudadana

Uno de los mayores retos de la ciencia ciudadana es la validez o integridad de los datos recolectados por los participantes, ya que, muchos de estos participantes, no poseen una formación académica relacionada con el tema de estudio del proyecto.

La participación de voluntarios sin formación previa trae con sí una serie de problemas a tratar por parte del equipo detrás de la investigación científica, estos problemas pueden ser, entre otras cosas:

- ¿Cual es la mejor forma de brindar a los participantes la información necesaria para que estos puedan realizar correctamente las tareas que propone el proyecto? Las tareas que realizan los científicos ciudadanos pueden ser, de recolección de muestras, clasificación, análisis, o de transcripción. Por ejemplo, en un proyecto de clasificación de fotos, como lo es ‘Galaxy Zoo’[12], los científicos ciudadanos deben entrenarse para detectar las particularidades de las fotos que las hacen pertenecer a una categoría u a otra
- ¿Como retener participantes actuales y evitar abandonos?.

Estos problemas son de suma importancia ya que:

- Si no se forma correctamente a los participantes, se corre el riesgo de, por falta de dicha formación y/o falta de experiencia, los participantes

no realicen o realicen las tareas requeridas de forma incorrecta/incompleta. Esto puede producir datos erróneos o insuficientes, lo cual a su vez, puede poner en riesgo la integridad del proyecto científico.

- Actualmente las personas tienen una gran variedad de entretenimientos disponibles para pasar su tiempo libre, las personas que deciden participar de un proyecto de ciencia ciudadana son extremadamente valiosas para la comunidad científica. Es por eso que se debe lograr que el participante se sienta entretenido y motivado a participar de la investigación, ya que de lo contrario, el participante va a dejar de realizar aportes al proyecto para invertir su tiempo en otra cosa.

Para resolver el problema de la formación de los participantes, los proyectos de ciencia ciudadana deben incluir un entrenamiento previo a realizar las tareas necesarias. En el artículo llamado "The Reliability of Citizen Science: A Case Study of Oregon White Oak Stand Surveys" (Galloway Et. Al)[6] se describe un caso de estudio que consistió en la comparación en los análisis de robles y pinos realizados por un grupo de estudiantes de escuela primaria (a los cuales se les brindó un entrenamiento previo) contra análisis realizados por profesionales de la materia. El estudio indicó que, luego del entrenamiento, los estudiantes reportaron una cantidad de pinos y robles consistente con la cantidad reportada por los profesionales, lo mismo se puede decir para los diámetros de los arboles analizados. En un aspecto negativo, los análisis de ambos grupos difirieron en el análisis de las copas de los arboles y en el estado de los mismos (vivo o muerto), al mismo tiempo, los estudiantes tendieron a analizar pinos con formas llamativas o robles de gran tamaño.

Al insertar este entrenamiento, los investigadores se enfrentan a un nuevo desafío, ¿Como hacer el entrenamiento interesante para el participante? y ¿Como lograr que el entrenamiento brinde todos los conocimientos necesarios?

Muchos proyectos de ciencia ciudadana se realizan a través de internet. En ellos, los participantes se encuentran alejados unos de otros y, al mismo tiempo, se encuentran alejados de los investigadores. Es por esto que, un entrenamiento presencial no es siempre una opción viable. En muchos casos, el entrenamiento se realiza a través de internet. Es por esto que los investigadores del proyecto necesitan realizar el mismo de la mejor manera posible, ya que los participantes no siempre van a poder hacer preguntas a los expertos en el tema.

### 3.2. *Gamification* como hilo conductor del aprendizaje de los participantes

Una forma de abordar la experiencia de aprendizaje es a través de estrategias de *gamification*. *Gamification*, es la utilización de elementos basados en el juego[8], como son las mecánicas de juego, la estética y la forma de pensar en el juego para atraer a las personas, motivar la acción, promover el aprendizaje y resolver problemas. Es decir que la *gamification* no es un juego completo, sino una parte del concepto de juego.

El principal motivo en la implementación de *gamification* se enfoca en motivar y atraer a los posibles usuarios y facilitarles el proceso de aprendizaje o de entendimiento de la acción en cuestión, ya que estudios indican que el uso de la *gamification* y los juegos en general podría mejorar el proceso de aprendizaje de los participantes [27].

Entre los elementos de *gamification*[28, 29] podemos enumerar :

- **Reglas**, que determinan la guía a través del cual los usuarios progresan.
- **Estructura de recompensas** que se puede visualizar en insignias o subir de niveles, como sistema de fácil lectura para analizar los logros obtenidos.
- **Tabla de posiciones**, que enumera una lista con los participantes que obtuvieron los mejores logros.
- **Puntaje**, implementándose como sistema mensurable de recompensa por logros, o por respuestas correctas como así también se puede utilizar para desbloquear contenidos.
- **Devolución en tiempo real**, es decir que mientras se actúa en el sistema propuesto, se perciba una devolución de los logros adquiridos
- **Desafíos**, para lograr atraer al usuario a intervenir en la experiencia, debe percibir cierto grado de dificultad, de intención de obstáculo a superar.
- **La progresión**, es decir el movimiento en etapas hacia estados más avanzados en el contenido, entendiéndose que el usuario pueda percibir ese aprendizaje progresivo.
- **Objetivos claros**, que facilitan un propósito estimulando el acercamiento, participación y permanencia en la experiencia.

- **Status**, hace visible a otros individuos la posición, o las habilidades obtenidas.

Cabe destacar que en un determinado contenido es posible aplicar uno de estos elementos en forma individual o todos simultáneamente, puesto que finalmente los elementos se articulan en forma gradual para lograr la experiencia o el aprendizaje deseado.

Cada estrategia que se implementa a través de *Gamification* es para conseguir en un primer acercamiento la participación voluntaria de las personas y luego sostener esa participación durante el tiempo que requiera la experiencia de aprendizaje.

En consecuencia el diseño de la experiencia ‘gamificada’ depende de manera estructural del objetivo que se desea obtener para los usuarios en los contenidos propuestos, teniendo en cuenta que el intercambio entre sistema-contenido propuesto y experiencia de usuario se desarrolla en forma dinámica y procedural.

Al inicio de este trabajo nos preguntamos:

- ¿Se podrá utilizar la *gamification* para modelar un entrenamiento o tutorial de ciencia ciudadana?
- Si usamos *gamification*, ¿lograremos atraer y/o retener a un mayor número de participantes?
- ¿El uso de *gamification* lograra facilitar el aprendizaje de los conceptos clave a los participantes?
- ¿Como podríamos hacer una evaluación para medir los resultados obtenidos?

### 3.3. *Runaway Stars Y Bow Shocks*

Como marco de desarrollo de nuestras hipótesis, creamos un prototipo de un proyecto de ciencia ciudadana llamado *Runaway stars*. En el trabajó un grupo interdisciplinario formado por diseñadores, astrónomos e informáticos. El objetivo de este prototipo es el de analizar diferentes estrategias o elementos de *gamification* para evaluar el impacto de estos elementos en el rendimiento de los participantes de estos prototipos. Dentro de este prototipo, los participantes deben observar y analizar imágenes de estrellas denominadas *runaway stars* e lograr identificar si en dichas imágenes se encuentra un *Bow shock*. La búsqueda visual de *bow shocks* o estructuras similares alrededor

de estrellas runaway es simple y puede realizarla cualquiera, con un mínimo entrenamiento visual. El problema es, la enorme cantidad de trabajo que representa poder aportar un mínimo resultado a la estadística general en el t3pico. Por este motivo un proyecto de Ciencia Ciudadana resulta vital.

### 3.3.1. Definici3n de *runaway star* y *bow shock*

Las estrellas de alta velocidad, conocidas como *runaway stars* por su nombre en ingl3s, son estrellas que se mueven con una velocidad espacial alta respecto a la velocidad de rotaci3n media de la galaxia [30]. En algunas ocasiones estas estrellas generan una estructura a su alrededor conocida como *bow shock* (Figura 3.1).

Las estrellas interactuan con el medio interestelar (MIE) a trav3s de sus campos de radiaci3n y de la transferencia de masa, momento y energ3a. En el caso de una estrella *runaway* (alta velocidad, masa y temperatura), se producen una serie de perturbaciones en el medio (incluso ondas de choque), lo cual genera procesos f3sicos que aportan radiaci3n en el entorno de estas estrellas. Esta radiaci3n y las diferentes morfolog3as que poseen las zonas de emisi3n, se pueden observar con detectores en Tierra o sat3lites. El resultado directo con el que se trabaja son im3genes del cielo.

El caso protot3pico de estructuras en emisi3n alrededor de estas estrellas se conoce como *bow shock*. Tienen una forma de arco muy sencilla de identificar. Estos objetos se llaman as3 debido a la forma que tiene una onda en el agua adelante de un barco movi3ndose por ella.

Los *bow shocks* obtienen su nombre por poseer una forma de arco ,muy sencilla de identificar, similar a la forma que tiene una onda en el agua adelante de un barco movi3ndose por ella. En los cat3logos E-BOSS 1 y 2[31, 32] se gener3 por primera vez una b3squeda sistem3tica de *bow shocks* sobre unas 630 *runaway stars*. Se presentaron en total 73 objetos y se analizaron los resultados en base a las muestras utilizadas. El trabajo se realiz3 mediante inspecci3n visual de im3genes astron3micas infrarrojas de dominio publico. Para llegar a ese n3mero, se analizaron casi 3000 im3genes.

Ahora bien, las distintas estructuras que se generan alrededor de estrellas *runaway* pueden variar. No son todos *bow shocks*. Mas a3n, incluso puede no formarse nada. Esto depende de una gran cantidad de par3metros de la estrella y del medio por el que se mueve. La combinaci3n de estos par3metros har3 tambi3n que var3e la forma y brillo de la estructura que se forma en el entorno de estas estrellas. Por ejemplo, puede verse un arco bien distinguible en la direcci3n de movimiento de la estrella, o el arco puede poseer poco brillo en la imagen, o aunque exista un *bow shock* no puede verse o no se ve como

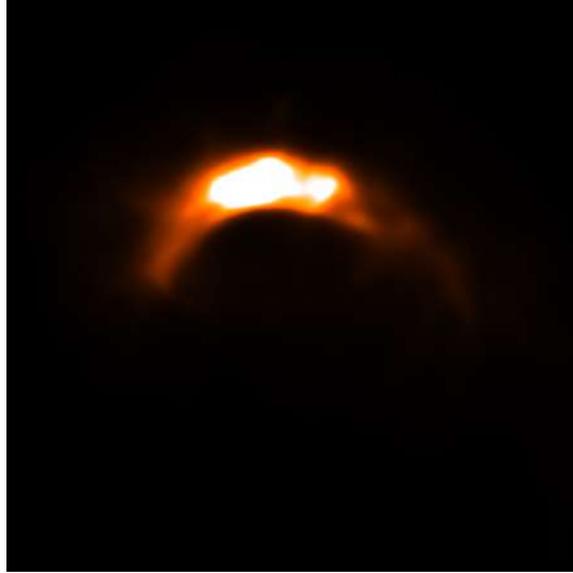


Figura 3.1: Runaway con un bow shock arriba

un arco, o que directamente no haya *bow-shock* para la estrella seleccionada. (Figura 3.6)

Cabe señalar que las imágenes utilizadas en *Runaway Stars* fueron generadas a partir de una lista de estrellas runaway conocidas, es decir, donde ya se han comprobado sus altas velocidades, buscamos las que hayan generado *bow shocks*, por medio de la inspección visual de imágenes públicas. Estas imágenes fueron obtenidas en forma automática utilizando diferentes reglas para transformar ondas infrarrojas en una imagen comprensible por una persona. Cada regla define los valores de contraste, intensidad y colores de la imagen. Por lo cual, para una misma estrella un conjunto de reglas permitirán generar una imagen donde se visualice un *bow shock* y otra regla podrá hacer lo contrario. Esta automatización permite que el o la astrónoma no deba hacer en forma manual la clasificación y que varias personas puedan asistirle en esta clasificación en un proyecto de ciencia ciudadana (Ver Capítulo 4).

### 3.3.2. Desafíos de comprensión

La implementación de un proyecto de ciencia ciudadana para la clasificación de imágenes de *runaway stars* generó una serie de desafíos relacionados con la formación de los científicos ciudadanos. A continuación se describen

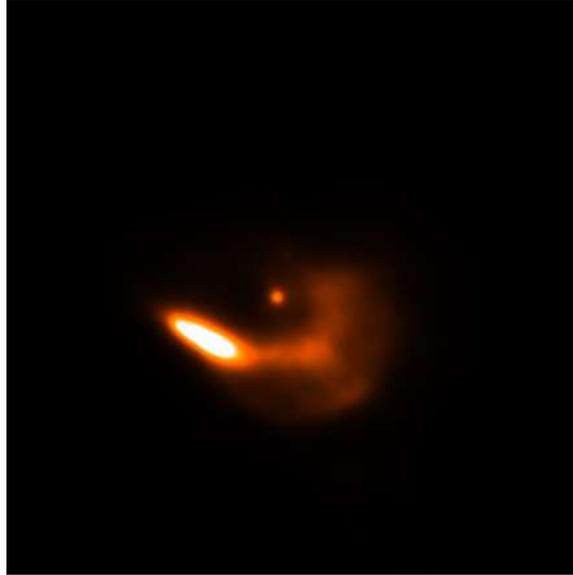


Figura 3.2: Runaway con un bow shock en la izquierda

en forma general algunos de los desafíos detectados:

**Contexto y vocabulario:** Debido a la naturaleza del problema, es necesario comprender los conceptos astronómicos relacionados a las *runaway stars* y los *bow shocks*. En un proyecto de ciencia ciudadana en línea, el participante no tiene a su disposición un astrónomo constantemente para evacuar sus dudas, es por esto que el material se le debe ser suministrado lo más claramente posible.

**Visualización de una estrella:** las imágenes que se utilizan para la clasificación presentan un segmento cuadrado del espacio con la estrella elegida en el centro del cuadrado (Fig. 3.2). Esta estrella en ocasiones se visualiza con un punto y en otros casos no llega a visualizarse (En la figura 3.3 se puede ver la misma estrella "fotografiada" de dos formas diferentes, en la imagen de la izquierda la estrella en cuestión no se visualiza mientras que en la imagen de la derecha, la estrella es visible). Esta forma de visualización es muy diferente al imaginario de una estrella de cinco puntas que poseen en general los ciudadanos.

**Formas de los *bow shocks*:** Un *bow shock*, en su forma prototípica, tiene la forma de un arco de color al costado de la estrella en el centro de la imagen, sin embargo este arco puede no estar completamente definido y el mismo puede ser de cualquier color.



Figura 3.3: Diferentes visualizaciones de una misma estrella

**Varias imágenes representan la misma estrella:** Debido al proceso por el cual se obtienen las imágenes, es posible obtener diferentes imágenes de la misma estrella. Estas imágenes varían en intensidad de la luz y por lo tanto, la intensidad del *bow shock* (Figura 3.4). Así mismo, es posible representar las imágenes con distintas paletas de colores, de donde algunas resaltarán el *bow shock* y más que otras (figura 3.5). Debido a que no existe una combinación que funcione correctamente para todos los casos, se le muestra a los participantes diferentes imágenes de una misma estrella al mismo tiempo. La dificultad radica en que aunque se visualicen diferente, la estrella siempre es la misma. Además, si alguna de las imágenes de una estrella presenta un *bow shock* entonces la estrella es de las buscadas aunque en otras imágenes no se visualice. Este pensamiento requiere un gran nivel de abstracción por parte de los participantes, el cual debe ser parte del tutorial.

**Es posible equivocarse:** En los proyectos de clasificación, la tendencia de la mayoría de las clasificaciones es la que se tiene cuenta como valor final. Es decir, si la mayoría de las personas indica que una foto pertenece a la categoría A, entonces se la considera en esa categoría. Lo importante es que se genere una gran masa de clasificaciones, por lo cual si el ciudadano se equivoca en la clasificación es probable que otro gran número de votos hagan que sea despreciable ese error.

Cada desafío de comprensión, provoca que la tarea a realizar por parte del participante sea más compleja, más difícil de explicar y podría hacer que el participante cometa más errores a la hora de realizar las tareas propuestas,

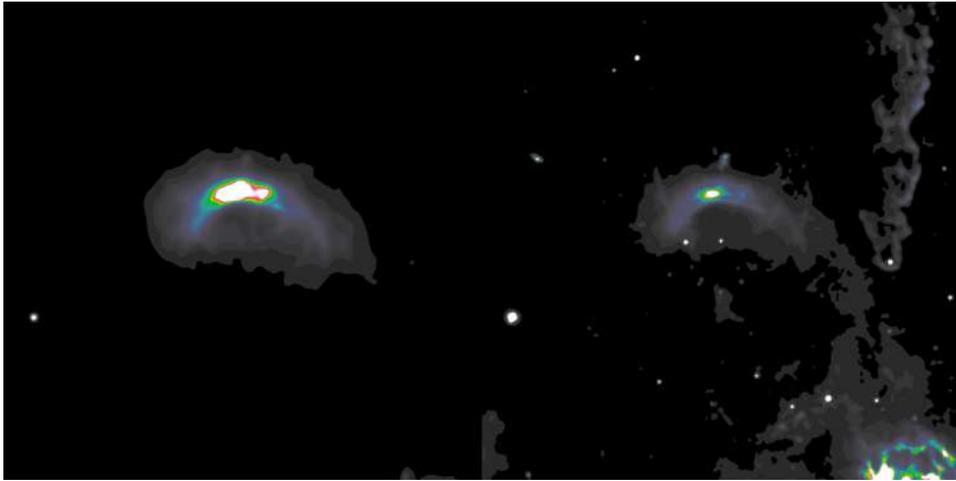


Figura 3.4: Una estrella desde diferentes bandas

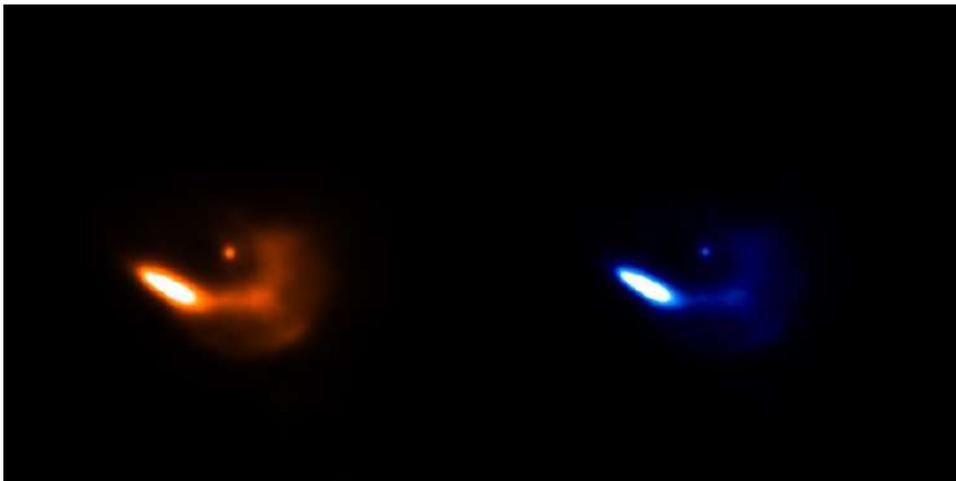


Figura 3.5: Diferentes visualizaciones de una misma estrella

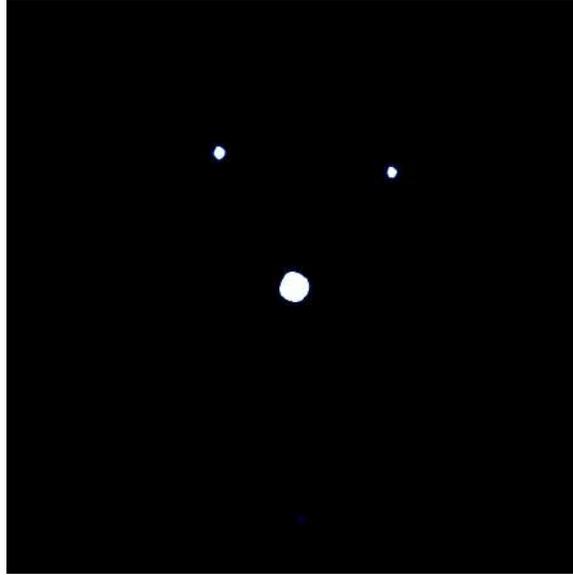


Figura 3.6: Runaway sin bow shock

dentro de este marco, se debe proveer un entrenamiento que cumpla con los contenidos necesarios para realizar las tareas, en un lenguaje que pueda ser entendido claramente por los participantes y, al mismo tiempo, debe lograr que el participante lo complete antes de comenzar a realizar las tareas y que no lo abandone, ya sea por aburrimiento o por otro motivo, y comience a realizar tareas sin haber completado su entrenamiento.

### 3.3.3. Gamification en Runaway Stars

Uno de los principales objetivos de la Ciencia Ciudadana es conseguir la mayor cantidad de participación voluntaria y motivarlos a continuar colaborando en la experiencia propuesta. De aquí se desprenden una serie de desafíos específicos detallados a continuación.

El primer desafío tiene relación con el entrenamiento visual que se requiere para poder identificar correctamente las imágenes presentadas y sus características. De esta forma, se recurre a una característica que se implementa desde la *gamification* la cual puede ser concebida como Experiencia Estética [33].

El diseño integral de la *gamification* en esta experiencia está constituido por dos aristas: el diseño de la estética y los elementos de *gamification*.

Con el diseño de la estética se busca asegurar una experiencia que integra

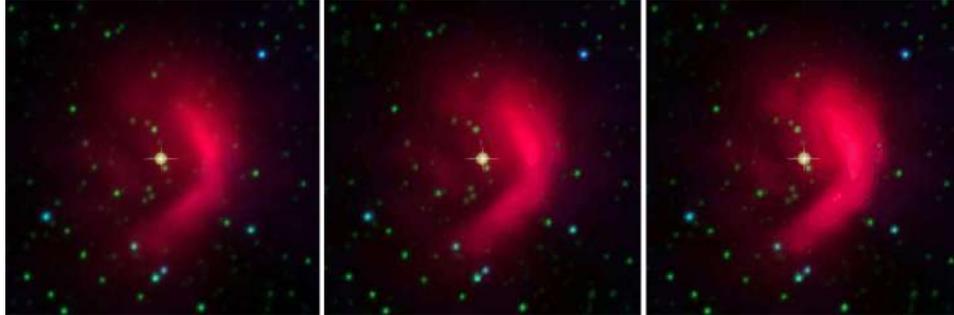


Figura 3.7: Énfasis de un bow shock

los sentidos, en este caso específico a través del reconocimiento visual. Los recursos visuales se distinguen como:

- Aumento de contrastes en los colores de las zonas en donde se desea poner atención en el detalle (Figura 3.7).
- Implementar un fondo o *backdrop* que hace alusión a la temática en la que se desea participe el ciudadano, para lograr una ambiente más inmersivo y motive la concentración en el proceso (Figura 3.8).
- Señalamiento por texto pero no invasivo, sobre los puntos de atención en las imágenes, para propiciar una devolución en tiempo real del aprendizaje sobre las mismas.(Figura 3.9)

Por su parte, los elementos de *gamification* utilizados son:

- Asignación de puntos a cada respuesta correcta. De esta forma se puede otorgar a los participantes autonomía en identificar su nivel de aprendizaje al mismo tiempo que podemos evaluar si el diseño integral de la experiencia facilita el reconocimiento de las Runaway Stars.
- Insignias: Con este símbolo se hacen visibles los logros, lo que puede motivar a seguir participando en el entrenamiento. (Figura 3.10)
- Tabla de posiciones: para que el ciudadano pueda comparar sus resultados con los de los participantes anteriores. A través de este recurso se propicia una oportunidad de interactuar socialmente y establecer discusiones con pares para motivar superarse.



Figura 3.8: Backdrop en Runaway Stars

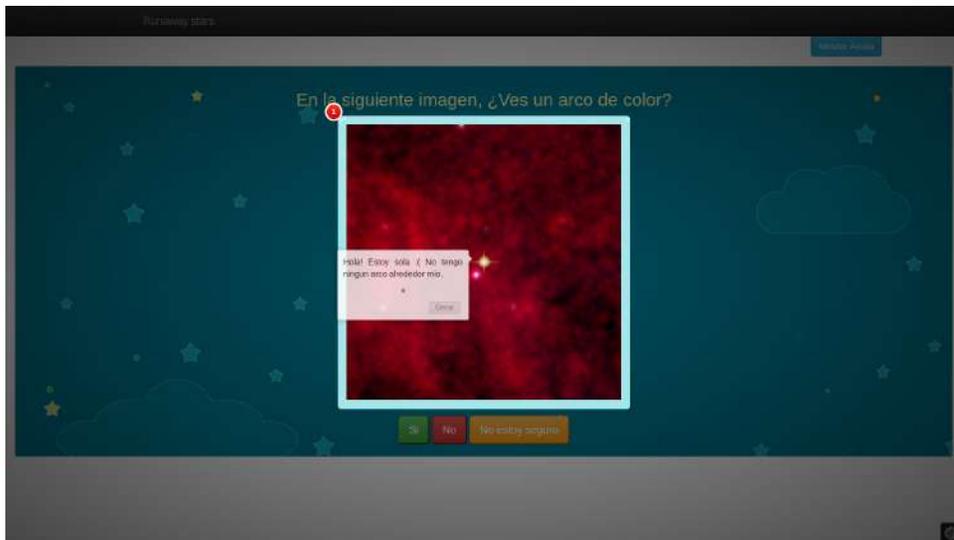


Figura 3.9: Texto no invasivo



Figura 3.10: Insignias en Runaway Stars

- Niveles: El entrenamiento es progresivo, para asegurar que el participante reconozca activamente el progreso en su aprendizaje.
- Objetivos: Se determina en forma transparente y clara el objetivo principal que es aprender a reconocer ciertas características de una Runaway star.

#### 3.3.4. Estructura de Runaway Stars

La interacción del participante con el *Runaway stars* se puede resumir de la siguiente manera:

**Tutorial** En esta etapa los participantes reciben la información necesaria para detectar *Bow shocks*. Esta información fue brindada de forma diferente a medida que se crearon las diferentes versiones de *Runaway Stars*. La primera versión del proyecto, esta información era brindada a través de un texto plano antes de comenzar a interactuar con la web (Figura 3.11), esta información podía ser ignorada por el participante y avanzar sin saber que se esperaba de él.

En las siguientes versiones se trabajó para brindar está misma información de forma interactiva, usando la misma mecánica para la clasificación de imágenes que se va a utilizar en las siguientes etapas del proyecto, de esta forma el participante aprende a utilizar las mecánicas del proyecto al mismo tiempo que aprende los conceptos necesarios para la clasificación de las imágenes (detección de *bow shocks*). (Figura 3.12)

**Entrenamiento** Durante esta etapa los participantes deberán responder una cantidad fija de preguntas, estas preguntas son iguales para todos los participantes, luego de cada pregunta respondida el participante conocerá

Runaway stars

### ¿Qué es una Runaway Star?

Las estrellas de alta velocidad, o *runaway stars*, se mueven a decenas de km/s, perturban el medio por donde se mueven y así producen diferentes tipos de estructuras que podemos ver a simple vista en su entorno.

Estas estructuras pueden estar muy bien definidas y ser tipo arcos y verse claramente separadas de la estrella, pero también pueden ser nebulosas muy irregulares y/o estar mezcladas con las estrellas. Incluso, en algunos casos, pueden confundirse con estructuras más grandes, pero aún así, se pueden identificar.

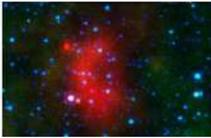
### ¿Como reconocerlas?

Existen infinidad de casos distintos de *Runaway stars*, sin embargo podemos agruparlas en 2 grandes categorías:



**Runaway Star con arco definido**

En la imagen de la izquierda se puede ver claramente un arco de color rojo. Esto podría indicarnos la presencia de una runaway star.



**Runaway Star con arco indefinido o nebuloso**

En la imagen de la derecha se puede ver un arco menos definido, muy parecido a una nube, de color rojo.

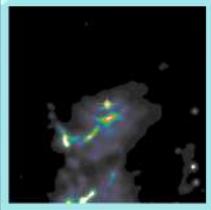
Este arco indefinido podría indicarnos la presencia de una runaway star.

Figura 3.11: Tutorial brindado con texto

Runaway stars

En las siguientes imágenes, ¿Ves un arco de color?






Es posible mostrar el mismo arco con diferentes colores o patas, de esta forma podemos observar desde distintos puntos de vista, es por esto que te vamos a mostrar 4 variantes de la misma estrella así puedes realizar las observaciones con un mayor nivel de detalle.

Si No No estoy seguro

Figura 3.12: Tutorial interactivo

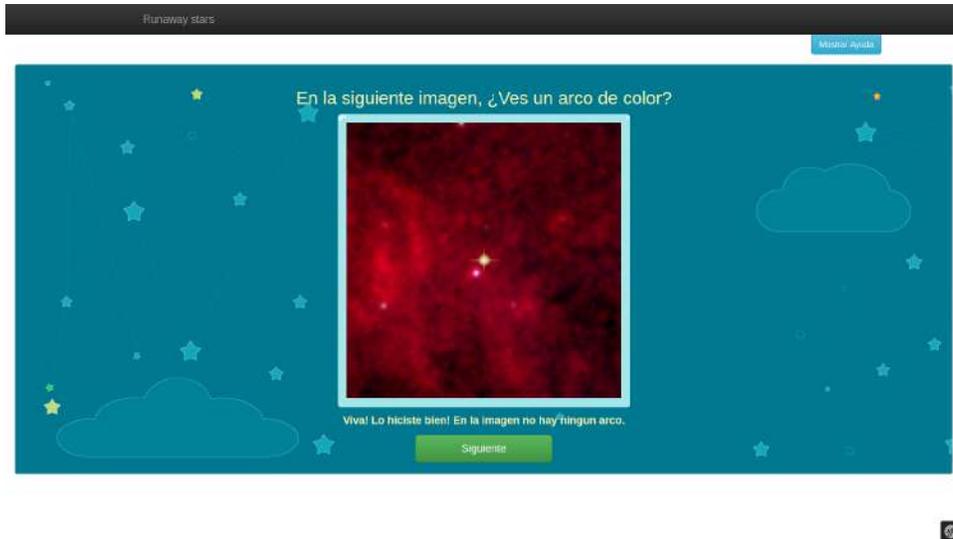


Figura 3.13: Pregunta de entrenamiento

si su respuesta fue correcta o incorrecta. Una vez que el participante haya realizado la cantidad preestablecida de preguntas en esta etapa se le dará una recompensa. Las recompensas pueden ser puntos o insignias. Dependiendo de la cantidad de respuestas correctas las insignias pueden ser de principiante, intermedio o experto. El usuario puede optar por repetir esta etapa o pasar a la siguiente.

Las etapas de tutorial y entrenamiento están diseñadas teniendo en mente la estructura que normalmente tiene un videojuego, en donde los primeros niveles están diseñados para que el jugador aprenda los comandos necesarios para jugar, estos comandos no se enseñan a través de texto sino que, se enseñan utilizándolos en un entorno controlado en donde el jugador solo puede utilizar un comando a la vez.

**Preguntas de control:** En esta etapa el participante podrá responder la cantidad de preguntas que desee. A diferencia de la etapa anterior, cada usuario recibirá imágenes de forma aleatoria y no recibirá la respuesta, es decir, no sabrá si su respuesta fue correcta o no. Con esto se simula el caso real de la clasificación. Cuando el participante lo desee puede terminar de contestar preguntas y así finalizar su participación.

Todas las imágenes durante las etapas del proyecto son imágenes conocidas por nosotros, de esta forma podemos corroborar las respuestas de los



Figura 3.14: Pregunta de control

usuarios, en todas las etapas del proyecto, con esto podemos evaluar si el tutorial y el entrenamiento sirvieron para que los usuarios aprendan a detectar *Bow shocks*

### 3.4. Evaluaciones

Durante el desarrollo del proyecto, se realizaron pruebas con participación de voluntarios. Dichas pruebas se realizaron en diferentes encuentros o eventos, algunos orientados al desarrollo de los videojuegos y otros dentro de un marco más académico, Utilizando estas pruebas pudimos obtener información que permitió mejorar la experiencia de la aplicación y así desarrollar las distintas versiones del proyecto.

Entre la información que obtuvimos se encuentran:

1. Cantidad de imágenes analizadas.
2. Cantidad de imágenes analizadas correctamente.
3. Cantidad de participantes.
4. Cantidad de imágenes analizadas por participante.

5. Cantidad de imágenes analizadas correctamente por participante.
6. Nivel de usabilidad del prototipo.
7. Nivel de confianza del participante
8. Relación entre la confianza y la cantidad de imágenes analizadas correctamente.
9. Elementos de *gamification* más relevantes.

Con esta información pudimos resolver las preguntas planteadas en la hipótesis del proyecto

A modo de adelanto, podemos decir que el uso de la *gamification* mostró buenos resultados con respecto al aprendizaje y a la experiencia de los participantes. Esto lo podemos decir ya que, a través del desarrollo del prototipo se observó un incremento de la cantidad de imágenes clasificadas correctamente 65,73 contra 79,42. Al mismo tiempo las evaluaciones SUS[34] aumentaron de 58,75/100 a 78,75/100, lo cual Indica que, luego de mejorar la estética utilizando elementos relacionados con el contexto del proyecto, los participantes se encontraron más a gusto con la aplicación, para ver los resultados de forma detallada se puede observar el capítulo 7).

## Capítulo 4

# Los Bow Shock: Obtención de las imágenes

Todas las imágenes utilizadas en el proyecto fueron capturadas por la misión WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) de la NASA, esta misión comenzó en el 2009 finalizando en el 2011. A través de esta misión se escanearon cerca de tres cuartos de billón de objetos en luz infrarroja [35],[36]. Al mismo tiempo, las estrellas en las imágenes forman parte del catálogo E-BOSS[32], el cual contiene una gran cantidad de estrellas denominadas *Runaway stars*.

La obtención y manipulación de las imágenes conllevó un proceso muy interesante ya que, en su versión original o *crudas*, las mismas no se asemejan a las imágenes de estrellas contenidas en el imaginario colectivo, y, al mismo tiempo, las imágenes *crudas* no contienen las propiedades que consideramos claves para la detección de *bow shocks*. Las propiedades son:

- Arcos de colores fácilmente observables.
- Estrellas fácilmente reconocibles como tales.
- Estrellas en el centro de la imagen, o por lo menos en el mismo lugar.

Estas propiedades son importantes ya que, si todas las imágenes poseen estas propiedades, el usuario podría analizarlas más fácilmente a medida que va tomando práctica con las mismas.

A través de este proceso logramos realzar estas características en las imágenes para que los *bow shocks* sean fácilmente reconocibles.

## 4.1. Obtención de imágenes crudas

Para obtener una imagen de una *runaway star* primero necesitamos conocer su posición en el cielo, en nuestro caso, nosotros utilizamos el sistema de coordenadas denominado ‘coordenadas ecuatoriales’[37]. Este sistema está formado por 2 coordenadas, llamadas ascensión recta y declinación (ra,dec). Luego debemos conocer que *banda* queremos obtener. Para entender el concepto de *banda* se debe entender que estas imágenes son imágenes infrarrojas, es decir, a diferencia de las imágenes normales que capturan luz visible, estas imágenes capturan luz que no podemos ver. Esta luz infrarroja se puede subdividir en diferentes grupos, El proyecto WISE captura 4 grupos diferentes en 4 imágenes diferentes, cada una de esas imágenes va a mostrar diferentes ‘tipos de luces’ por lo tanto, van a mostrar diferentes elementos, estos rangos son las anteriormente llamadas bandas, llamadas w1,w2,w3 y w4[38],[35],[39], los *bow shocks*, por el tipo de luz que emiten, son más visibles en las bandas w3 y w4, por este motivo, principalmente utilizamos imágenes de las bandas w3 y w4.

Con las coordenadas y la banda deseada podemos comenzar con el proceso para obtener un archivo .fits (Flexible Image Transport System), el cual contiene toda la información necesaria para generar una imagen del punto en las coordenadas. Una vez obtenido el .fits se debe procesar utilizando un programa de visualización llamado *SAOImage DS9*[40] el cual nos permitirá obtener una imagen como la figura 4.1

Dichos archivos .fits los obtenemos utilizando una API publicada por la *NASA/IPAC infrared science archive* en <https://irsa.ipac.caltech.edu/ibe/data/wise/>, esta API permite acceder al sistema de archivos de la base de datos de imágenes infrarrojas de la NASA, a partir de las coordenadas y las bandas deseadas podemos navegar por este directorio y obtener el recurso correspondiente a cada estrella que queremos analizar.

Esta imagen, no cumple con ninguna de las condiciones mencionadas anteriormente, si bien el arco es reconocible, al ser blanco y negro pierde impacto, y la estrella no aparece en la imagen, ni en el centro ni en ningún otro lugar.

la imagen de la figura 4.1 es un caso sencillo, ya que, más allá de ser blanca y negra y la estrella no aparece en la imagen, no parece haber otros problemas, el arco es visible y podemos asegurar (aunque no se vea) que la estrella está en el centro de la imagen. Sin embargo, no siempre se da el caso, la figura 4.2 contiene un *bow shock*, sin embargo este es difícil de ver por varias razones: Muchas veces los archivos .fits representan un área muy grande (la estrella que queremos observar se encuentra en el centro del

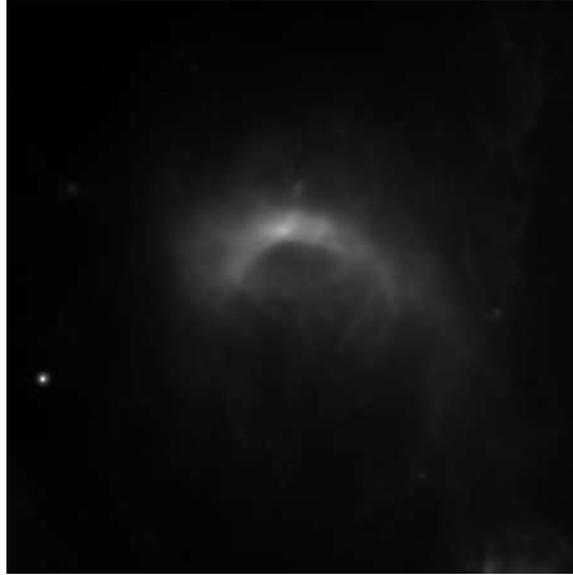


Figura 4.1: Imagen básica de una estrella runaway

circulo blanco) y el contraste de colores puede ser muy bajo, por lo tanto el *bow shock* es imposible de ver, estos son 2 problemas a resolver.

## 4.2. Ajustando el tamaño y contraste de la imagen

### 4.2.1. Tamaño de la imagen

Como ya hemos dicho, existen casos en donde la imagen es de un área demasiado grande, lo que hace que la estrella que se quiere analizar quede muy alejada a la vista de los participantes. Es por este motivo que debemos ajustar el tamaño de la imagen o mejor dicho, achicar el área que abarca la imagen.

El área que abarca la imagen está medido en grados[41], cada grado se divide en 60 minutos de arco, y cada minuto en 60 segundos e arco o arco segundos., en muchos de los archivos .fit que analizamos, el tamaño del área de la imagen es de 7200 arco segundos, afortunadamente, podemos especificar el tamaño de la imagen y el centro de la misma en el request HTTP a la API mediante los parametros *size* y *center* como lo indica la URL

En nuestro caso probamos especificando los tamaños: 200 arco segundos, 600 arco segundos, 1200 arco segundos y el tamaño original de la imagen,

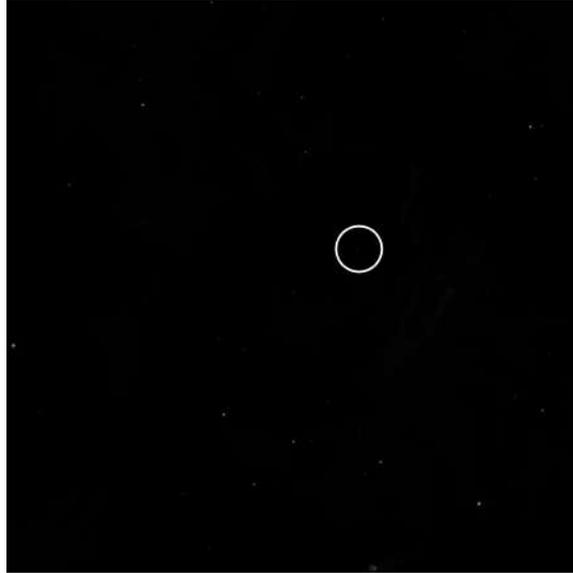


Figura 4.2: Bow shock imposible de ver.

estos tamaños fueron probados para cada imagen y se setearon de forma manual, si se desea descargar miles de millones de imágenes, establecer el tamaño para cada imagen manualmente no es una posibilidad y se deberán descargar las mismas imágenes con varios tamaños o utilizando otra estrategia de automatizado que excede este trabajo.

Volviendo a la imagen de la figura 4.2, podemos obtener la misma imagen reduciendo el tamaño de la misma a 600 arco segundos y centrándola en las coordenadas de la estrella que queremos analizar. Lo cual produce la imagen de la figura 4.3.

La figura 4.3 muestra la estrella que queremos observar en el centro de la imagen, sin embargo el *bow shock* alrededor de la misma sigue siendo difícil de ver, es por esto que también podemos modificar el contraste de la imagen para destacar el *bow shock* que queremos encontrar.

#### 4.2.2. Modificando el contraste de la imagen

La figura 4.3 muestra la estrella en el centro de la imagen, sin embargo, el *bow shock* sigue siendo muy difícil de ver. Esto es un problema, ya que una mala visualización del *bow shock* puede ocasionar un análisis de la imagen erróneo. Para poder entender este problema de visualización y como se soluciona debemos entender que representan los colores, o la escala de grises, de



Figura 4.3: Figura 4.2 recortada

la imagen. Previamente dijimos que las imágenes son imágenes infrarrojas, entonces, ¿Como se transforma esa luz que no podemos ver en los colores de la imagen?

Para responder esta pregunta debemos ver cada píxel de la imagen como la cantidad de fotones, mínima porción de luz, que ingresan al telescopio desde la región que ese píxel representa, a mayor cantidad de fotones más blanco va a ser ese píxel. Ahora bien, sabemos que la escala de grises comienza desde 0 (negro) a 255 (blanco), es decir 256 posibilidades, sin embargo, el rango de fotones en cada píxel puede ir desde 0 a miles, por lo tanto se debe hacer una conversión entre estos dos rangos de valores. Por defecto, SAOImage DS9 (el programa que utilizamos para procesar las imágenes), divide el rango de  $[minFotones, minFotones+1, minFotones+2, \dots, maxFotones]$  en 256 sub-conjuntos, es decir, transforma las diferentes cantidades de fotones en 256 valores discretos de forma lineal y, para cada píxel, realiza el mapeo para saber que valor de la escala de grises le corresponde.[40]

El problema surge de esta forma de dividir el rango de valores, obviamente, la fuente de fotones más fuertes de las imágenes analizadas son las estrellas propias, la cantidad de fotones en los píxeles correspondientes a las estrellas es muy grande en comparación con el resto de los píxeles de las imágenes, Esta diferencia hace que, la estrella se represente en colores

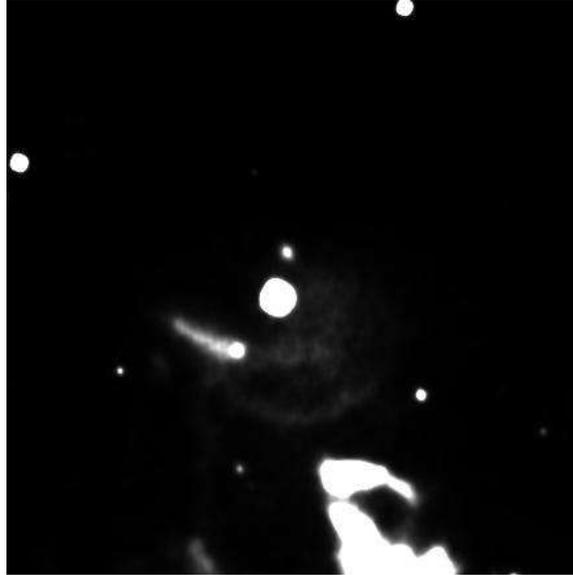


Figura 4.4: Figura 4.3 con mayor contraste

blancos (255), y el resto de la imagen con colores grises muy oscuros.

Para ‘mejorar’ el contraste de la imagen, tenemos 2 caminos, o ‘achatamos’ la diferencia entre los pixeles o modificamos la forma en que se separan los valores, es decir, en vez de separar los valores en 256 grupos de forma lineal, podemos utilizar una función que divida los valores de forma exponencial, de forma que los grupos correspondientes a los valores más blancos abarquen más valores de pixeles.

Actualmente, usamos esas 2 estrategias al mismo tiempo, en vez de utilizar una función lineal para pintar los pixeles, utilizamos una función exponencial y achatamos los valores para que estos sea más cercanos entre si.

Como resultado, podemos ver la Figura 4.4. En esta imagen el *bow shock* es más visible y la figura 4.5 que representa la figura 4.2 aplicando el mismo proceso de ajuste de contraste, sin embargo, aun tenemos que darle color para resaltar la imagen.

### 4.3. Coloreando las imágenes

Si se vuelve a ver la figura 4.1 podrá no parecer muy interesante, el arco o *bow shock* en la imagen es claro, sin embargo, al ser una imagen en blanco y negro no genera un gran impacto o por lo menos, no genera el mismo

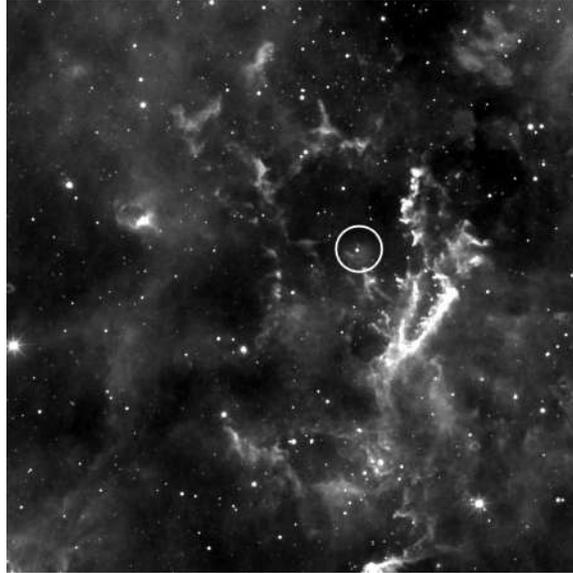


Figura 4.5: Figura 4.2 con mayor contraste

impacto que generaría la misma imagen a color. Es por esto que se debe encontrar una forma para aplicar color a las imágenes para que tengan el mayor impacto posible en los ojos de los participantes o de cualquier persona que las observe.

Como aclaramos anteriormente, las imágenes realmente son una escala de la cantidad de fotones que llegan al telescopio que obtiene la foto, la imagen en escala de grises es simplemente una visualización de esa cantidad de fotones por ende no hay una gran limitación a la hora de elegir los colores en que queremos mostrar esa diferencia.

Dentro de este proyecto utilizamos 3 paletas diferentes de colores dadas por *SAOImage DS9*, estas son: **Hsv**, **Heat** y **Cool**, estas paletas se obtienen muy sencillamente y se pueden ver en la imagen 4.6

#### 4.3.1. imágenes RGB

Adicionalmente a la aplicación de diferentes paletas de colores, también podemos crear imágenes RGB de la estrella deseada. Teniendo en cuenta que una imagen RGB no es más que la combinación de tres imágenes, una en escala de rojos, otra en escala de verdes y otra en escala de azules, lo que debemos hacer es obtener 3 imágenes, una en cada color, combinarlas y de esa forma lograríamos obtener una imagen RGB.

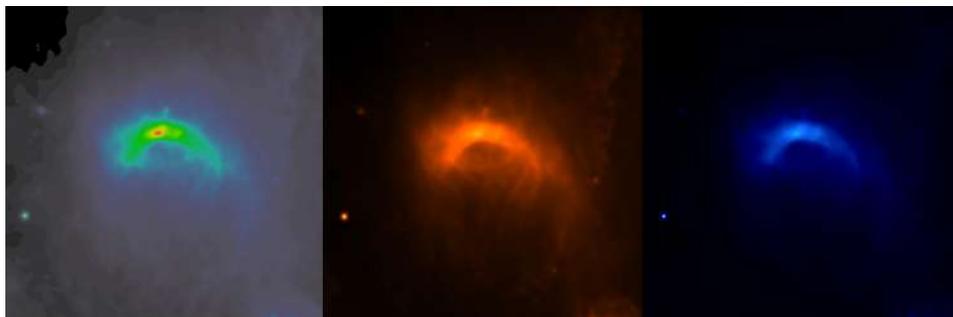


Figura 4.6: Figura 4.1 con diferentes paletas de colores

Por ende, si obtenemos la escala de verdes, rojos y azules de la figura 4.1 deberíamos poder obtener una imagen RGB combinando las tres imágenes resultantes.

Esa lógica es errónea ya que, si tenemos 3 imágenes con los mismos valores pero con diferentes colores vamos a obtener la misma imagen en blanco y negro ya que los colores son aditivos, tal como lo indica la figura 4.7.

Para obtener una imagen RGB correcta debemos obtener 3 imágenes con diferentes valores para cada color, esto hará que, una vez que se combinen las diferentes imágenes, se obtenga una imagen RGB que realmente muestre una combinación de los 3 colores.

Para obtener las tres imágenes diferentes, podemos utilizar el concepto de bandas. Como se mencionó anteriormente, para cada estrella podemos obtener 4 imágenes correspondientes a 4 bandas de luz infrarroja. Para tener una imagen RGB podríamos utilizar 3 imágenes de 3 bandas diferentes, una para cada color, combinarlas y así, obtener una imagen RGB como lo indica la figura 4.8. En dicha figura se combinan las bandas 1, 3 y 4 para formar los colores verde, azul y rojo respectivamente. Debido a que el *bow shock* es mas notorio en las bandas 3 y 4 vemos que el *bow shock* es principalmente de color rojo, pero si quisiéramos, podríamos darle un color azul o verde simplemente utilizando diferentes bandas para los diferentes colores como muestra la figura 4.9. Adicionalmente cabe destacar que si observamos las imágenes RGB de la estrella, veremos que en ellas las estrellas (puntos de color en las imágenes) son muchos más notorias que en la figura original 4.1, esto sucede debido a la combinación de las 3 bandas, y debido al hecho que, mientras que las bandas 3 y 4 muestran mejor los *bow shocks*, la banda 1

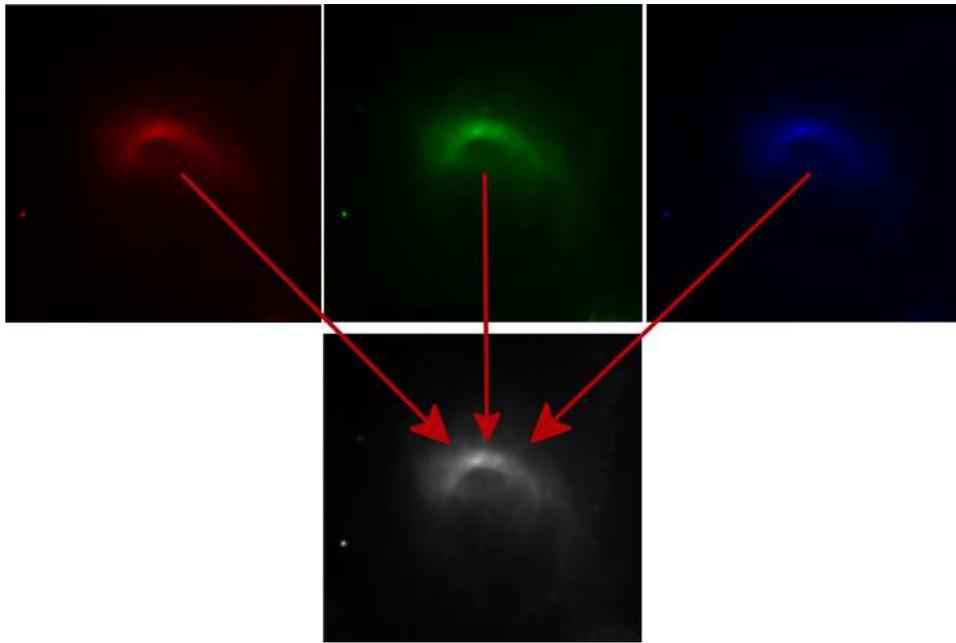


Figura 4.7: Transformación a RGB de la figura 4.1 mal realizada

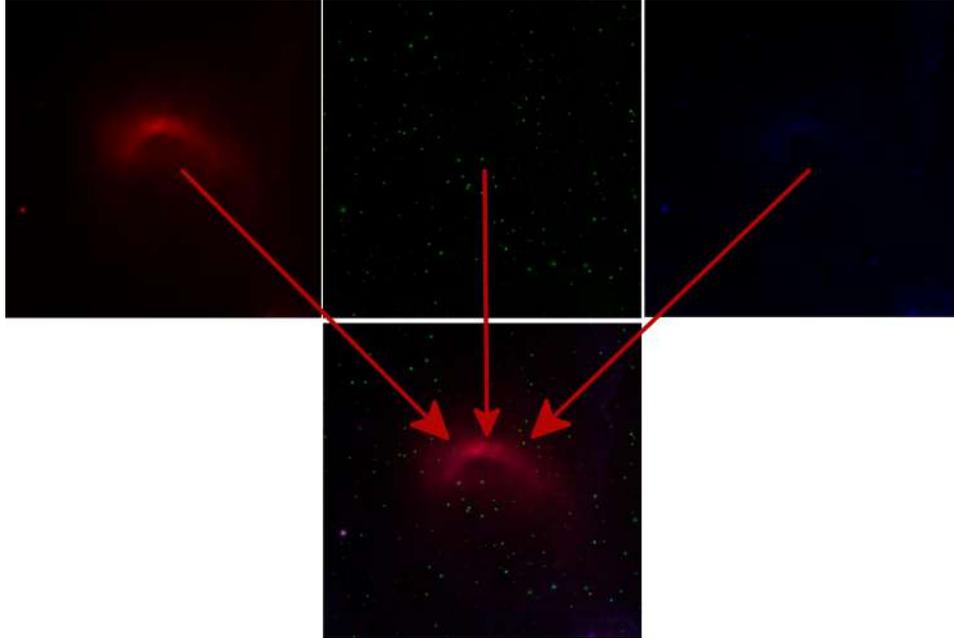


Figura 4.8: Transformación a RGB de la figura 4.1

muestra mejor la luz proveniente de las estrellas mismas.

#### 4.4. Localización de la estrella

Como se ha mencionado anteriormente, en muchas imágenes las estrellas llamadas *runaway stars* no se pueden observar fácilmente, no se encuentran exactamente en el centro de la imagen o, directamente, las estrellas no son visibles dentro de las imágenes.

Ya que el objetivo de los participantes es analizar imágenes, estábamos interesados en simplificar o estandarizar de alguna forma todas las imágenes para que sea más fácil para los participantes realizar dicho análisis. Por este motivo intentamos estandarizar la forma que las estrellas *runaway* se ven en las imágenes. Para esto, fuimos implementando una serie de medidas para realizar esta estandarización, en primera instancia con círculos rodeando las estrellas y, finalmente, insertando una imagen de una estrella prototípica en la posición en donde la estrella a analizar se encuentra, o debería encontrarse.

En la figura 4.10 vemos la primera aproximación para señalar el área en



Figura 4.9: Diferentes versiones RGB de la figura 4.1

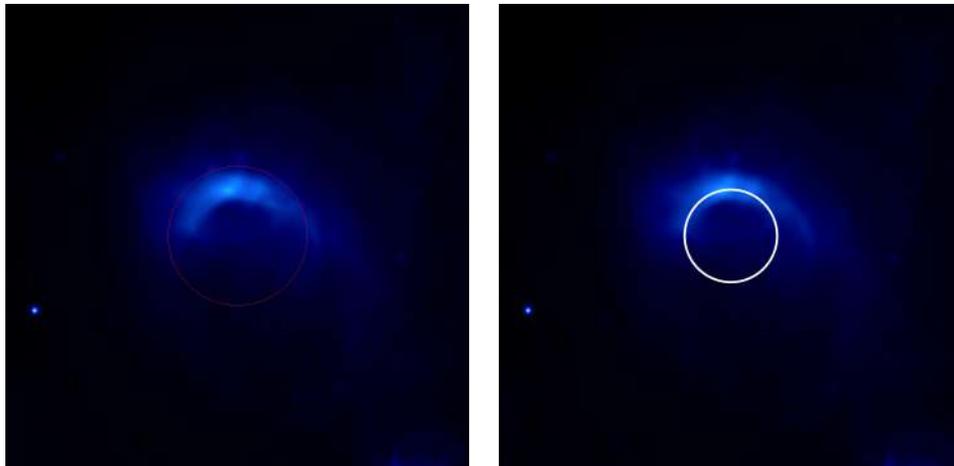


Figura 4.10: Circulos alrededor de las zonas donde se encuentran las estrellas *runaway*

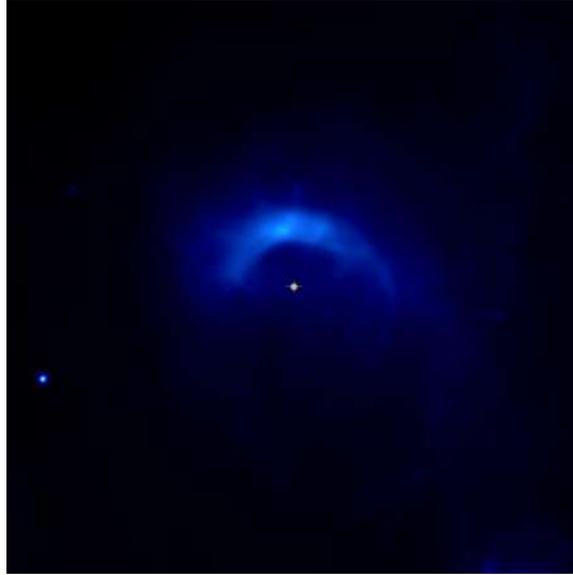


Figura 4.11: Figura prototípica de una estrella en las zonas donde se encuentran las estrellas *runaway*

la que se encuentra la imagen aunque no podremos verla. En la figura de la izquierda se puede ver la primera versión de esta estrategia que utilizaba un círculo de color rojo alrededor de la estrella, luego se mejoro este círculo para que sea más notorio logrando la imagen de la derecha de la figura 4.10

Finalmente, luego de observar el resultado con los círculos, decidimos reemplazarlos con una imagen de una estrella en el punto donde esta se encuentra, esto se hizo para favorecer la estética del proyecto y así mejorar la experiencia del usuario con el prototipo. Esta técnica se puede observar en la figura 4.11.

## Capítulo 5

# Evolución de la aplicación y el uso de Gamification

Durante el desarrollo de este proyecto, se trabajó con el feedback de los participantes para lograr mejorar la experiencia de los usuarios y así obtener mejores respuestas y lograr una mejor interacción entre el usuario y la aplicación web.

Lograr una mejor experiencia de usuario es importante ya que, una mejor experiencia podría llevar a que los participantes comprendan de manera más fácil los conceptos necesarios para detectar *bow shocks* en las imágenes y para lograr que los participantes usen por mayor tiempo la aplicación web, logrando así que el participante analice más imágenes.

Durante el desarrollo de este trabajo tuvimos que comprender la ciencia detrás de estas imágenes y, a través de este aprendizaje, pudimos mejorar la forma en la que los conceptos son explicados y cuales aspectos podrían causar más problemas a los participantes.

La combinación de este aprendizaje y el feedback recibido, se ve plasmado en la evolución de la aplicación web y en los elementos o estrategias de *gamification* utilizadas.

Cabe destacar que cada una de estas versiones se puede dividir en 3 etapas diferentes:

- Tutorial: En esta etapa se le brinda al participante la información necesaria para analizar las imágenes.
- Entrenamiento: Luego del tutorial, el usuario puede practicar estos conocimientos analizando algunas imágenes a modo de entrenamiento,

en cada imagen analizada el usuario recibe un feedback indicando si su respuesta fue correcta o no.

- Preguntas de control: En esta etapa el participante puede analizar la cantidad de imágenes que desee pero no se le brindara ningún tipo de feedback correspondiente a los análisis realizados, estas preguntas nos sirven para medir el conocimiento del usuario y la efectividad del entrenamiento recibido.

## 5.1. Primera versión de la aplicación: OneOfThree

La primera versión de la aplicación contaba con tres imágenes en pantalla y les pedía a los participantes elegir en cual de las tres imágenes podía ver una *runaway star*, es decir, la típica mecánica de multiple choice. A la misma la llamamos la versión **OneOfThree**. Vale la pena aclarar que, en este punto, cometimos un error de interpretación de las imágenes debido a que nuestro conocimiento de los conceptos astronómicos detrás de ellas no estaban completamente formados. Esto se deja ver claramente en la pregunta, que hacia de indicación de la tarea que debía realizar el participante, la cual indicaba **¿Podes seleccionar la imagen que contiene una runaway star?** Dando a entender que la tarea a resolver era encontrar las *runaway stars*, cuando lo que nos interesaba era encontrar los arcos de color o *bow shocks* que se pueden formar al rededor de estas estrellas.

Las imágenes de las *runaway stars* fueron obtenidas desde investigaciones previas de astronomía provistas por la Doctora Cintia Peri[32][31], estas imágenes eran imágenes RGB y, en este punto, no teníamos conocimiento sobre el proceso de la obtención de imágenes descripto en el capítulo 4.

### 5.1.1. Tutorial - información para detectar estrellas *runaway*

En esta primera versión de la aplicación la información necesaria para encontrar las *runaway stars* en las imágenes era brindada a través de texto en la pantalla de inicio de la aplicación, esta información indicaba que es una *runaway star*, como detectarla y mostraba como puede llegarse a ver una en las imágenes que iba a ver el participante.

Esta información podía o no ser leída por los participantes ya que no existía un mecanismo tal que imposibilitara al participante de continuar sin haber leído la información necesaria. A través de las pruebas observamos que muchos participantes no leían la información necesaria por lo tanto no sabían que buscar en las imágenes a analizar.



Figura 5.1: Captura de pantalla del tutorial de la versión OneOfThree

### 5.1.2. Entrenamiento

La figura 5.2 podemos ver una pregunta de entrenamiento de la primera versión de la aplicación. En la imagen se puede observar la dinámica de la tarea a resolver, tres imágenes, una contiene una *runaway star*, el usuario debe seleccionar la imagen que, según el, es la correcta. Dependiendo de la respuesta del participante se le asignaran puntos como se puede ver a la derecha de la imagen 5.2.

Vale recordar que, durante la etapa del entrenamiento, le vamos a indicar al participante si su respuesta fue correcta o incorrecta y le indicamos cual de las imágenes es la correcta. En esta versión, ese feedback se logra a través de recuadros para marcar el *bow shock* en la imagen correcta y textos de color verde o rojo debajo de cada imagen para indicar si la imagen era la correcta o no, este comportamiento lo podemos ver en la imagen 5.3

Este entrenamiento consistía en 3 imágenes a analizar, luego de este entrenamiento se le brindaba a los participantes el puntaje obtenido, este puntaje podía ser brindado de 2 formas **puntos** o **insignias**, esto era sorteado 50-50 por la aplicación misma, la idea detrás de esto, era identificar cual forma de reconocimiento era más o mejor percibida como puede verse en las figuras 5.4 y 5.5

Estas insignias varían según la cantidad de imágenes respondidas co-

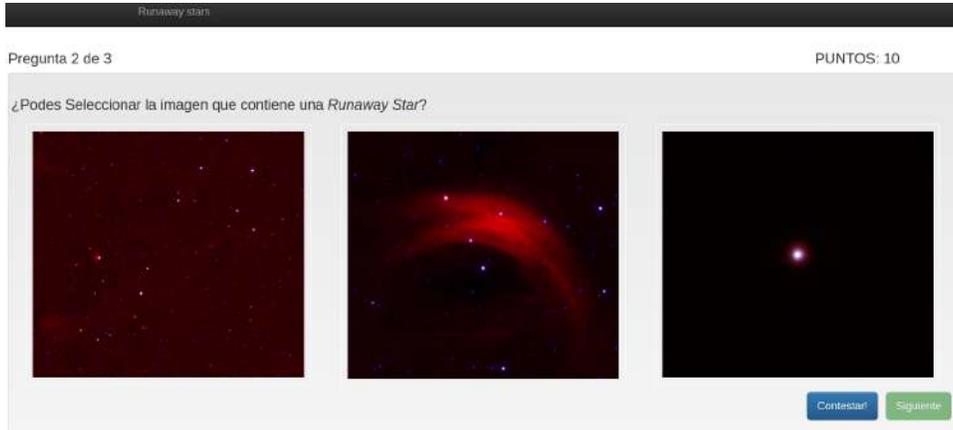


Figura 5.2: Captura de pantalla el entrenamiento de la versión OneOfThree

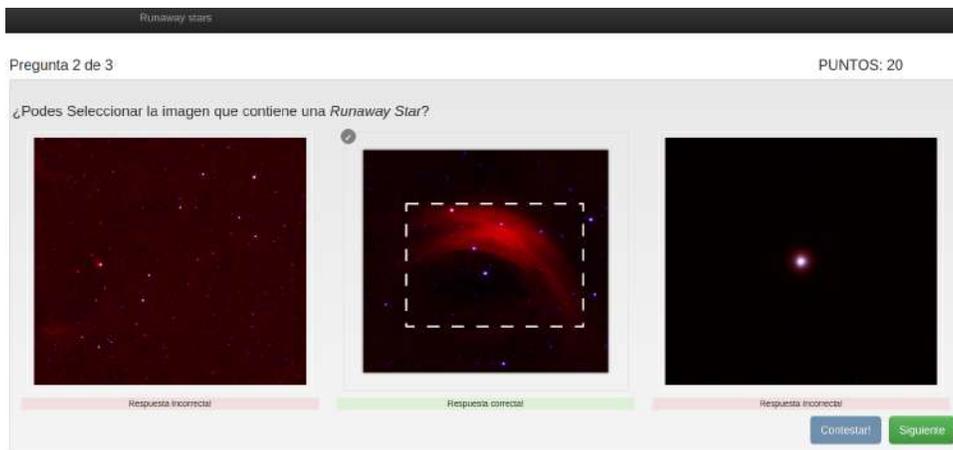


Figura 5.3: Feedback de la respuesta del participante en la versión OneOfThree



Figura 5.4: Puntos en la versión OneOfThree



Figura 5.5: Insignias en la versión OneOfThree



Figura 5.6: Niveles de Insignias en la versión OneOfThree

rectamente, estos 'niveles'se pueden ver en la figura 5.6, en ella vemos, de izquierda a derecha las diferentes niveles indicados por las insignias, en cada insignia vemos una representación de un telescopio, siendo el más simple el nivel de principiante y el más complejo el nivel más avanzado.

## 5.2. Preguntas de control

Luego de la etapa de entrenamiento, el usuario podía analizar la cantidad de imágenes que quisiera, durante esa etapa no se le brinda al usuario ningún tipo de información.

## 5.3. Problemas de esta versión

Más allá del problema de nuestra confusión con los términos *runaway star* y *bow shock* y que era lo el participante debía detectar en las imágenes. El principal problema de esta versión fue la mecánica misma de las tareas a resolver. Debido a que esta mecánica implica comparar 2 imágenes incorrectas con una imagen correcta, no existe forma de identificar posibles *bow shocks* sin conocer previamente las imágenes, esto nos imposibilitó utilizar esta mecánica en las siguientes iteraciones.

Otro problema a mencionar fue el tutorial utilizando elementos de texto tradicional, como se comentó anteriormente los participantes no leían la información necesaria lo que hacía que las respuestas de os participantes sean menos precisas.

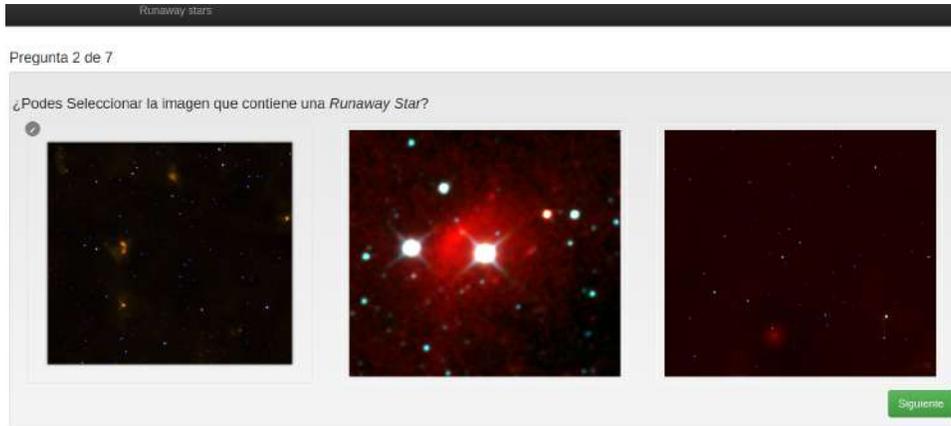


Figura 5.7: Pregunta de control en la versión OneOfThree

#### 5.4. Segunda Versión: OnlyOne

De acuerdo con los problemas planteados en la versión anterior, nuestro principal objetivo de esta versión fue cambiar la mecánica del multiple choice para poder lograr una mecánica que nos posibilite analizar imágenes sin tener análisis previo. Cabe destacar que, quisimos obtener esta mecánica a pesar de que íbamos a seguir utilizando imágenes conocidas para poder realizar el análisis del comportamiento de los participantes.

para resolver este problema se optó por cambiar la naturaleza del análisis o la tarea a realizar de **¿Podes seleccionar la imagen que contiene una runaway star?** a **En la siguiente imagen, ¿Vez una Runaway star?**, como se ve en la figura 5.8. Es importante resaltar que el problema de los términos *Runaway stars* y *Bow shocks* ya mencionado en el análisis de la versión anterior continua ya que todavía no eramos consiente del problema.

Sumado a este cambio de mecánica, en este punto, comenzamos a generar nuestras propias imágenes a través del proceso del capítulo 4. Debido a esto, aumentamos nuestra cantidad de imágenes por estrella de una (RGB en la versión anterior) a cuatro imágenes. Cada una con diferentes paletas de colores. Esto nos llevó a una tener que tomar una decisión, ¿mostramos una sola imagen de cada estrella para luego relacionar las 4 imágenes con sus propios resultados a una sola estrella?, O, ¿mostramos las 4 imágenes al mismo tiempo? Para poder decidir con más fundamentos, realizamos 2 ver-



Figura 5.8: Encabezado de la tarea en la versión de OnlyOne

siones paralelas, una con una sola imagen y la otra con las cuatro imágenes. La versión *OnlyOne* corresponde a la primera, es decir la versión con una sola imagen a mismo tiempo.

Con respecto a la respuesta del usuario, el mismo puede optar por elegir 3 opciones de respuesta a la pregunta **En la siguiente imagen, ¿Ves una *Runaway star*?**, el usuario puede optar por responder **Si**, lo cual indica que en la imagen ve una *runaway star*, **No**, indicando lo contrario o *No estoy seguro*, lo cual indica que el participante no está seguro si en la imagen existe una *runaway star* o no, esta opción está disponible para no forzar una respuesta afirmativa o negativa.

#### 5.4.1. Tutorial

Para esta versión implementamos un tutorial interactivo para que los participantes puedan aprender los conceptos necesarios antes de comenzar a analizar imágenes. Este tutorial interactivo utiliza las mismas mecánicas que el participante deberá realizar para analizar las imágenes de las *runaway stars* y detectar *bow shocks*. Esta forma de tutorial es utilizada por algunos videojuegos para enseñar los comandos básicos al jugador.

El tutorial consiste en una serie de imágenes a analizar, en donde cada

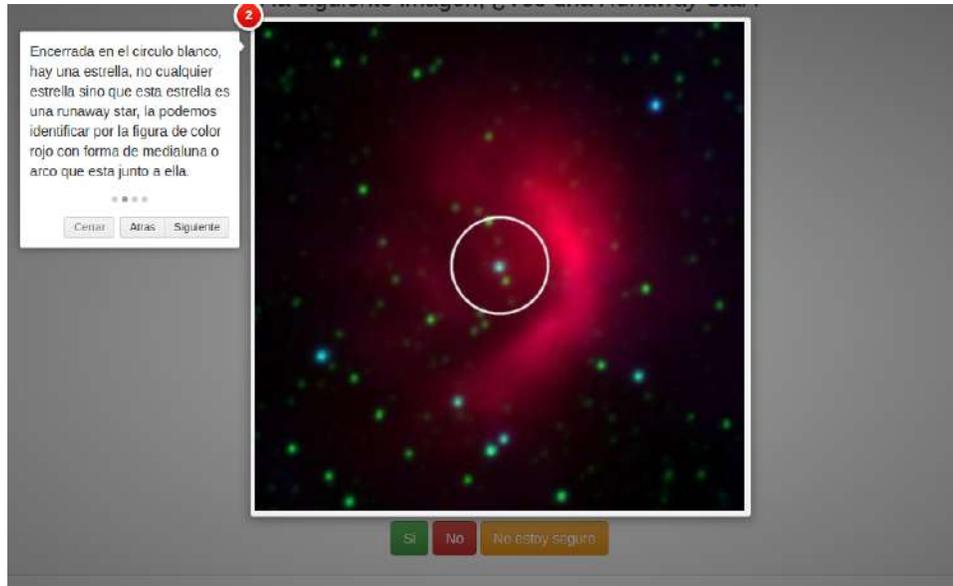


Figura 5.9: Primer paso del tutorial interactivo

una de ellas representa un caso diferente y, en cada una de ellas, la información requerida para hacer un correcto análisis de la imagen es brindada a través de pop ups que aparecen alrededor de las imágenes mismas tal como indica la figura 5.9. Esta imagen representa el primer paso del tutorial, en donde se explica donde se encuentra la *runaway star* y el *bow shock* que la rodea, el texto en el pop up indica: 'Encerrada en el círculo blanco, hay una estrella, no cualquier estrella sino que esta estrella es una *runaway star*. la podemos identificar por la figura de color rojo con forma de medialuna o arco que esta junto a ella.' Este primer caso muestra una imagen prototípica de una *runaway star* junto al *bow shock* que esta genera. los pasos siguientes a este muestran casos más complejos o simplemente diferentes y dan la información necesaria para analizarlos correctamente.

Para continuar el tutorial, el participante deberá completar correctamente la tarea, caso contrario, el participante no podrá avanzar. En caso de que el participante se equivoque, se le indicara la respuesta correcta pero aun así, el participante deberá hacer click en la respuesta **si** o **no** según corresponda. la figura 5.10 muestra una de estos casos, en donde el participante se equivoca en un paso del tutorial interactivo.

Este tutorial conlleva 7 pasos, en ellos se le explica al participante los



Figura 5.10: Respuesta incorrecta en el tutorial interactivo de la versión OnlyOne, donde se indica '**Respuesta Incorrecta:** En la imagen hay una runaway star, hacé click en 'Si'

diferentes casos positivos, casos negativos, el uso de la opción de 'no estoy seguro' y el hecho de que el color de las imágenes no determina si las imágenes son casos positivos o no y que una misma imagen puede tener diferentes paletas de colores, esta información es brindada en el ultimo paso del tutorial, ilustrado en la figura 5.11, este paso del tutorial indica que 'Es posible mostrar la misma estrella con diferentes colores o paletas, de esta forma, podemos observarla desde diferentes puntos de vista, dentro de este proyecto vas a encontrar imágenes con estos colores, pero tenés que recordar que el color del arco o medialuna no es importante'.

#### 5.4.2. Entrenamiento

Durante el entrenamiento de esta versión el participante debe analizar varias imágenes de prueba y, en cada una de ellas, se le brindara feedback con respecto a si su respuesta fue correcta o no. sin embargo el participante no está obligado a responder correctamente para continuar, la figura 5.10 ilustra este caso.

Luego de 7 imágenes, el entrenamiento finaliza y el usuario puede ver su desempeño representado en cantidad de puntos que el usuario obtuvo a través de una medalla de acuerdo con la cantidad de respuestas correctas que el usuario completó. En la figura 5.13 se observa esta pantalla y se puede ver

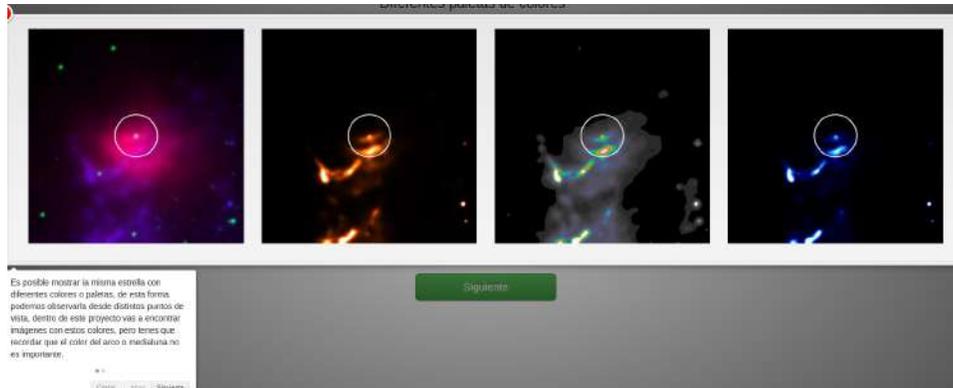


Figura 5.11: Explicación de las diferentes paletas de colores que el usuario va a observar en la versión OnlyOne

que el usuario obtuvo la medalla intermedia. Adicionalmente se observa que el usuario puede comparar su desempeño con el resto de los participantes mediante una tabla de lideres o *leaderboard*. Esta tabla está pensada para que los participantes que tienen un mayor interés por la competencia. El objetivo de esta tabla es tratar que los participantes que no obtuvieron un buen resultado vuelvan a completar el entrenamiento para mejorar su puntaje y, al mismo tiempo, vuelvan a repasar las imágenes de entrenamiento para reforzar sus conocimientos.

### 5.4.3. Preguntas de control

Luego de la etapa de entrenamiento, el participante puede analizar la cantidad de imágenes que el o ella desee, en este caso, no recibirá ningún feedback de nuestra parte.

### 5.4.4. posibles mejoras en esta versión

Si bien el tutorial mejoro mucho con respecto a la versión ‘OneOfThree’ los textos explicativos no eran muy empáticos con el usuario y creímos que, textos más simples o informales podrían ayudar al participante a comprender de mejor manera la información necesaria. Otro punto con respecto al tutorial es la forma en la que se le indica al usuario que se respuesta fue incorrecta, como lo indica la figura 5.10, cuando el usuario se equivoca la aplicación le indica que se equivocó, pero no da información en relación al



Figura 5.12: Feedback para el usuario en el entrenamiento de la versión OnlyOne



Figura 5.13: Pantalla de resultados en la version OnlyOne

por que se equivoco o no muestra por que su respuesta fue incorrecta.

Otro punto a mejorar es la forma en que se destaca la *runaway star*, en esta versión, estas estrellas están encerradas en un círculo blanco, si bien esto indica efectivamente donde se encuentra la estrella, no es estéticamente correcto ya que puede interferir con la visión del participante debido a que puede tapar parte del *bow shock* que queremos que el participante vea.

Finalmente, en el tutorial, se indica el *Bow shock* mediante un recuadro de color blanco como lo muestra la figura 5.12. Esto contribuye más al problema del uso del círculo blanco, se podría utilizar otro método para destacar el *bow shock* sin introducir más objetos en la imagen.

## 5.5. Tercera Versión: Multiple

Paralelamente al desarrollo de la versión ‘OnlyOne’ descrita en la sección anterior, se desarrolló la versión que llamamos **Multiple**. Esta versión se diferencia de ‘OnlyOne’ en la forma que se muestran las imágenes a analizar. Mientras que en la versión ‘OnlyOne’ se presenta una imagen por estrella a analizar, en la versión ‘Multiple’ se muestran varias imágenes de una sola

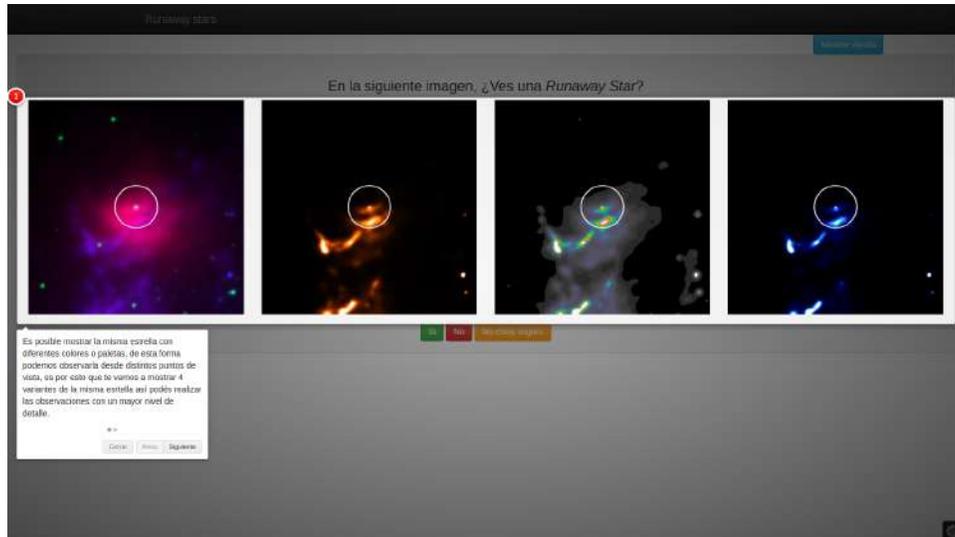


Figura 5.14: Ultimo paso del tutorial en la versión ‘Multiple‘

estrella al mismo tiempo. Estas imágenes se corresponden a las diferentes formas de colorear la imagen de la estrella en blanco y negro, estas formas de colorearlas se llaman 1) RGB, 2) Heat, 3) Cool y 4) Hsv. Estas imágenes se generaron utilizando el proceso mencionado en el capítulo 4.

La idea detrás de esta forma de mostrar las imágenes a realizar es brindar al usuario con toda la información que tenemos disponible para el análisis, es decir, la totalidad de imágenes que disponemos para una determinada estrella.

Mostrar las diferente versiones de las imágenes al mismo tiempo es importante ya que, a priori, no sabemos en cuales de las imágenes se van a apreciar de mejor manera los posibles *Bow Shocks* que podrían existir en las imágenes.

## Tutorial y Entrenamiento

El tutorial de esta versión es idéntico al de la versión ‘OnlyOne‘ con excepción del ultimo paso, en donde le indicamos al usuario las diferentes tipos de imágenes que va a observar en el proyecto.

Es posible ver este paso del tutorial en la figura 5.14. En ella se ve la información que le brindamos al usuario sobre como va a ver las imágenes a analizar en la aplicación. Esta información indica que ‘Es posible mostrar



Figura 5.15: Entrenamiento en la versión ‘Multiple’

la misma estrella con diferentes colores o paletas, de esta forma podemos observarla desde distintos puntos de vista, es por esto que te vamos a mostrar 4 variantes de la misma estrella podemos realizar las observaciones con un mayor nivel de detalle’.

### Entrenamiento

Luego del tutorial, el entrenamiento es similar al de ‘OnlyOne’ pero ya se muestran las diferentes variantes de la imagen tal como muestra la figura 5.15.

#### 5.5.1. Preguntas de control

El ultimo segmento de esta versión es similar a la misma sección de la versión ‘OnlyOne’, la diferencia entre estas dos versiones es que, debido a que en esta versión utilizamos múltiples versiones de las imágenes para cada estrella, antes de pasar al siguiente conjunto de imágenes a analizar, consultamos al participante cual de las imágenes les sirvieron más para analizar la estrella, de forma tal que sepamos si alguna versión de las imágenes es irrelevante para los participantes y se puede eliminar.

### 5.6. Cuarta versión: *Evolution*

Para la siguiente y ultima versión de la aplicación, disidimos mejorar la parte gráfica para mejorar la interacción del usuario y lograr una experiencia



Figura 5.16: Pregunta de control en la versión ‘Multiple’

mejor integrada con el objetivo de la aplicación.

Para realizar esta versión se partió de la versión *Multiple* ya que dicha versión permite a los usuarios observar todas las imágenes disponibles de cada estrella para llevar a cabo su análisis. Sin embargo, la experiencia y con los usuarios no había sido la mejor posible y requería pulirse para lograr mejores resultados. Esto quedó evidenciado en la evaluación SUS de usabilidad brindada por los participantes de las pruebas realizadas.

Para lograr estas mejoras de usabilidad y, así mejorar los resultados de los participantes, se realizaron una serie de mejoras, sobre todo en las etapas del tutorial y el entrenamiento de la aplicación, que permitieron a los participantes comprender mejor los conceptos para analizar las imágenes y obtener una mejor experiencia a la hora de usar la aplicación.

La mecánica de esta versión es idéntica a la de *Multiple*, por ende no hace falta analizar etapa por etapa en esta versión, por lo que nos podemos concentrar simplemente en los cambios más importantes entre estas dos versiones.

### 5.6.1. Cambios Generales

El cambio más notorio de esta versión es la adición de un fondo de pantalla que encaja con la naturaleza de la aplicación en sí misma, este fondo de pantalla contribuye no solo a la estética general de la aplicación sino que también ayuda al participante a sentirse más inmerso en la aplicación (Figura 5.17).

Adicionalmente y en concordancia con el nuevo fondo de pantalla se



Figura 5.17: Backdrop en Runaway Stars

cambiaron los colores de los textos, se agregó un marco para las imágenes y se mejoraron los botones para que sean más grandes y por lo tanto, más fáciles de clicar.

### **Pantalla de resultados**

Con respecto a la pantalla de resultados, dividimos las diferentes partes de la misma para que los participantes puedan prestar más atención a cada una de las partes esto se logró mostrando las diferentes partes mediante modales, estos aparecen en frente de la pantalla oscureciendo el fondo. Primero la aplicación muestra que medalla obtuvo el participante y luego el tablero de líderes (Figura 5.18).

Se eliminó la devolución en puntos ya que los resultados de las pruebas anteriores indicaron que los participantes preferían las medallas por sobre los mismos.

Para mejorar las medallas en si mismas, se modificaron para que sean más coherentes entre ellas y que todas tengan una estética similar pero conservando su sentido, es decir, representar el rendimiento del usuario mediante el uso de telescopios cada vez más grandes.



Figura 5.18: Pantalla de resultados en la versión *Evolution*

### 5.6.2. Cambios en las etapas de tutorial y entrenamiento

Las versiones anteriores introdujeron un tutorial interactivo, el cual logro mejorar la forma en que los participantes aprenden los conceptos necesarios para realizar el análisis de las imágenes.

Sin embargo el mismo podría ser mejorado para lograr aun mejores resultados, principalmente se trabajo en los mensajes de texto que se utilizan para brindar la información necesaria a los participantes y la forma en la que se destacan los *bow shocks* en las imágenes que forman parte del tutorial.

#### Cambios en los textos y posiciones de los *pop ups* del tutorial

Para lograr una mejor comprensión por parte de los participantes, se reescribieron los textos de los *pop ups* para que los mismos sean más simples y informales. De esta forma se logra ser más empáticos con el participante y simplifica la comprensión de los mismos. Adicionalmente los textos largos se dividieron un varios *pop ups* y la posición de los mismos se modificó para que aparezcan justo al lado de las áreas de las imágenes que queremos destacar, pero con las transparencias necesarias para que los mismos no tapen la imagen detrás, tal como muestra la figuras 5.19 y 5.20.

Adicionalmente se pueden ver las diferencias entre los textos y *popups* en la figura 5.21, en ella se ven los cambios en los textos entre las versiones *Multiple* y *Evolution*



Figura 5.19: Diferencias de textos entre las versiones ‘Multiple’ y ‘Evolution’



Figura 5.20: multiples pop ups en la version *Evolution*

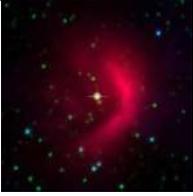
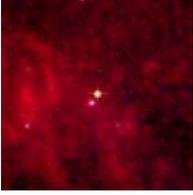
Imagen	Textos de <i>Multiple</i> (Cada item representa un pop up diferente)	Textos en <i>Evolution</i> (Cada item representa un pop up diferente)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encerrada en el círculo blanco, hay una estrella, no cualquier estrella sino que esta estrella es una runaway star, la podemos identificar por la figura de color rojo con forma de medialuna o arco que esta junto a ella.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hola! soy una estrella! y alrededor mio tengo un arco de color, este arco puede ser una señal de que soy una runaway star.</li> <li>• Soy un arco!</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En esta imagen podemos ver una runaway star con un arco de color violeta, lo cual nos indica que puede haber arcos de distintos colores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hola! soy un arco de color violeta, pero no somos racistas, no importa el color, sigo siendo un arco!</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En esta imagen no hay una runaway star, ya que no vemos ningún arco de color alrededor de ella, sino, más bien, un fondo de color rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hola! Estoy sola :( No tengo ningún arco alrededor mio.</li> </ul>

Figura 5.21: texto en el tutorial de la versión *Evolution*

### **Destaque de *Runaway stars* y *Bowshocks***

Como adelantamos anteriormente, uno de los problemas de las versiones *OnlyOne* y *Multiple* es que el destaque de las *runaway stars* y *bow shocks* se realizaba utilizando círculos y rectángulos de color blanco respectivamente. Este comportamiento se puede ver en la figura 5.12. Esta forma de destaque cumplía su función pero estéticamente no eran la mejor opción, y decidimos cambiarlos por elementos de destaque que se integren de una mejor manera a las imágenes para lograr una experiencia más inmersiva, adicionalmente a este problema, **los rectángulos que destacan los *bow shocks* solo aparecían en la etapa de entrenamiento, es decir, luego del tutorial** por ende, en la primer etapa de la aplicación, el usuario no tenía ningún tipo de *feedback* correspondiente a donde se encontraban los *bow shocks* que debía ver.

Estas mecánicas fueron reemplazadas por imágenes de estrellas en vez de círculos para destacar la estrella. Esto no solo ayuda al participante mostrando una imagen de una estrella que le resulta más familiar, sino que también estandariza las todas las imágenes, esto es, en todas las imágenes va a aparecer la misma imagen de la estrella sin importar que esta se vea en la imagen original o no. Esto ultimo mencionado es importante ya que permite al participante concentrarse en los elementos que importan a la hora de clasificar las imágenes, es decir, los *bow shocks*.

Con respecto a los rectángulos para destacar el *bow shock*, estos se reemplazaron por una animación en donde el arco de color se ‘prende y apaga’ (gif) logrando que llame más la atención del usuario mientras elimina elementos fuera de contexto de la imagen, es decir los rectángulos.

Adicionalmente, al usar siempre una imagen de una estrella en cada imagen, se eliminaron los casos en donde la estrella no aparecía en la imagen, de esta forma se pudo eliminar un paso del tutorial.

Ambas técnicas se pueden observar en la figura 5.22. En la imagen se ven los destaques en la versión *Multiple*, en la imagen de la izquierda y en *Evolution*, en la imagen de la derecha. Se puede observar que la aplicación de estas mecánicas lograron una imagen más limpia y más llamativa, que logra captar la atención del participante, logrado así que pueda reconocer los *bow shocks* como arcos de colores más fácilmente.

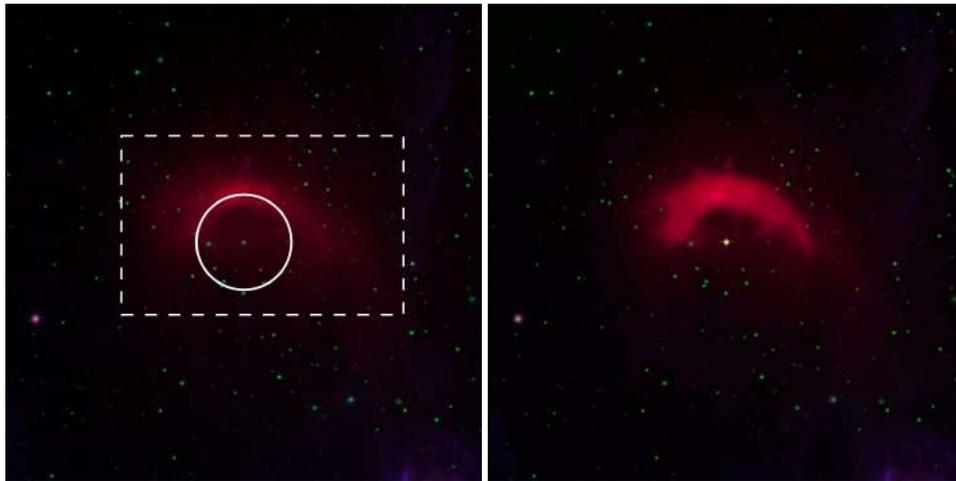


Figura 5.22: Destaque de *runaway stars* y *bowshocks* en las versiones ‘Multiple’ y ‘Evolution’

## Capítulo 6

# Implementación

Si bien se han mencionado diferentes versiones de la aplicación, solo se hablara técnicamente de la ultima versión disponible, es decir la versión *Evolution*

### 6.1. Overview de la aplicación

La aplicación está escrita en PHP 7 utilizando la arquitectura MVC, como framework web la aplicación utiliza Symfony 3.4 utilizando Twig como motor de vistas y Doctrine como ORM, con respecto a la base de datos, la aplicación utiliza MySQL.

Volviendo a la capa de frontend, se utilizan Bootstrap para realizar los estilos y JQuery como librería de javascript.

Si bien en la actualidad existen otros stacks similares que están obteniendo una mayor relevancia[42], por ejemplo NodeJS para el backend y Angular/React para la capa de frontend, se eligieron estas tecnologías ya que, al momento de iniciar este trabajo, me encontraba trabajando con estas tecnologías y estaba acostumbrado a su uso.

### 6.2. Base de datos

La aplicación utiliza MySql (14.14) para persistir los datos de la aplicación, en la figura 6.1 se puede ver un modelo físico de la base de datos utilizada, generado por la herramienta **MySQL Workbench**

A continuación se puede encontrar una breve descripción de cada una de las tablas en la base de datos.

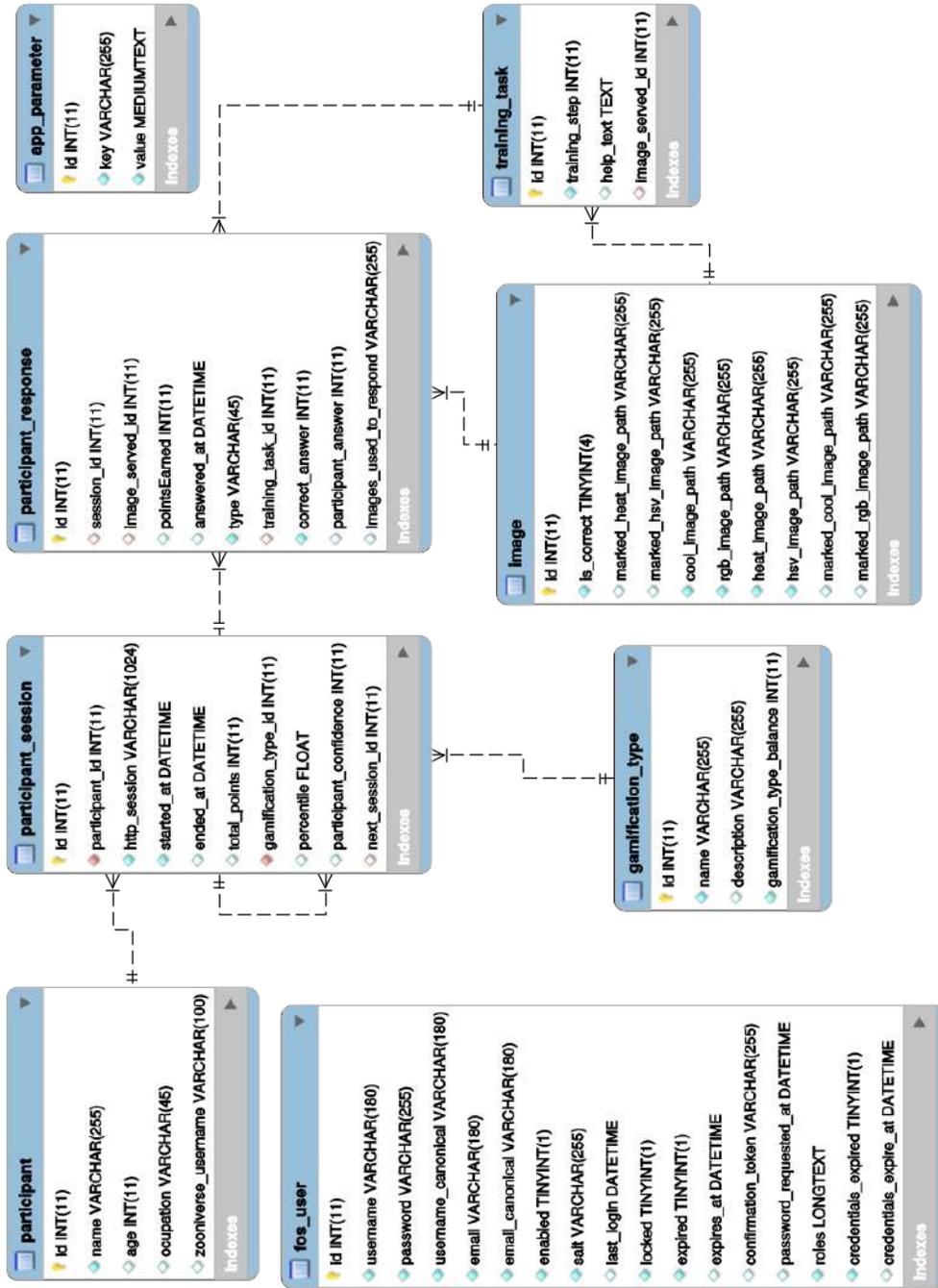


Figura 6.1: Modelo físico de la base de datos

## **participant**

Contiene todos los datos de los participantes, en las ultimas versiones de la aplicación, los usuario se mantienen anónimos, por ende nos e posee ninguna información de los mismos.

## **participant\_session**

Mantiene los datos de cada sesión de un usuario, contiene la fecha de inicio y fin de la sesión, el total de puntos obtenidos y la confianza luego de la etapa de entrenamiento, al mismo tiempo mantiene una referencia a la tabla participant y a gamification\_type. En caso de que el participante quiera repetir el entrenamiento, se crea una nueva tupla en esta tabla y la sesión anterior se relaciona con la nueva utilizando el campo next\_session\_id.

## **participant\_response**

Guarda todas las respuestas de los usuarios, tanto para la etapa de entrenamiento como en la etapa de control. Mantiene una referencia a la Imagen analizada y al paso de entrenamiento (en caso de que sea una respuesta de entrenamiento). Contiene una variable llamada 'type' que es utilizada por Doctrine para construir las diferentes tipos (Clases) de respuestas. La respuesta del usuario se encuentra en los campos 'participant\_answer', el cual indica si la respuesta fue que en la imagen existe un *bow shock* (1), que en la imagen no existe un *bow shock* (0) o que el participante no estaba seguro (2). En el campo 'images\_used\_to\_respond' se encuentran la información sobre que paleta de colores le resulto útil al usuario para analizar la tarea.

## **Image**

Contiene las imágenes disponibles para analizar con sus diferentes paletas de colores, para las imágenes que se utilizan para las etapas de entrenamiento contiene las versiones en GIFs con los *bow shocks* marcados en los campos que comienzan con 'marked\_'. El campo 'is\_correct' indica si en la imagen existe o no un *bow shock*.

## **gamification\_type**

Contiene los diferente tipos de *gamification* (puntos o insignias). En el campo 'gaification\_type\_balance' contiene el porcentaje de sesiones que deben usarse para cada tipo de *gamification*. La aplicación utiliza este campo para balancear los tipos de *gamification* de forma pareja.

### **training\_task**

Contiene los pasos del entrenamiento, cada tupla contiene los textos a mostrar al participante y una referencia a la imagen a analizar.

### **app\_parameter**

Se un diccionario clave-valor. Contiene parámetros de la aplicación como por ejemplo: los textos a mostrar cuando el usuario se equivoca o responde correctamente, los textos que acompañan a cada insignia y el path de las imágenes de cada una de dichas insignias. Otro ejemplo de parámetro son los puntos que un usuario recibe por cada respuesta correcta e incorrecta.

### **fos\_user**

Representa los usuarios del backend generado por el modulo **fos users**

## **6.3. Backend**

Como previamente se aclaró, la aplicación utiliza una arquitectura MVC utilizando Symfony 3.4 para facilitar su implementación. Cabe destacar que la aplicación web se comenzó utilizando symfony 2.8 LTS pero que luego se migró a Symfony 3.4, principalmente debido a sus mejoras en la inyección de dependencias y la inclusión del autowiring de dependencias [43] lo cual permite utilizar Inyección de dependencias en el mismo estilo que se podría utilizar utilizando Spring en plataformas Java [44]

### **6.3.1. Modelo**

El modelo de la aplicación se puede observar en el diagrama de clases de la figura 6.2.

#### **Participant**

Representa al participante, esta entidad contiene el nombre, edad y ocupación (aunque en la ultima versión, los participantes son anónimos, se les asigna un nombre en base a la cantidad de participantes anteriores). Además, contiene las sesiones que realizó el participante, Con sesiones nos referimos a la cantidad de veces que el participante repitió el entrenamiento.

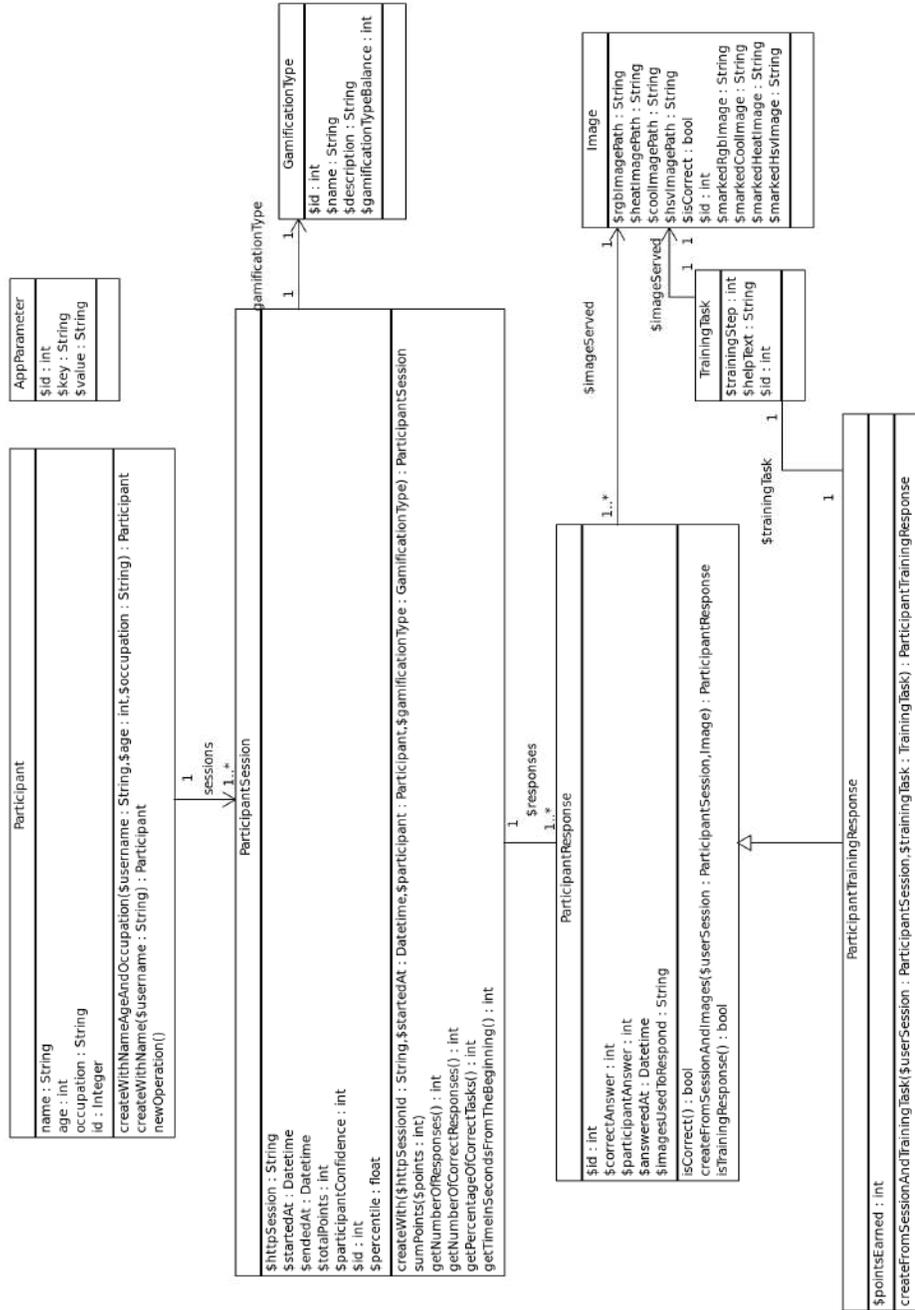


Figura 6.2: Diagrama de clases del modelo

## ParticipantSession

Representa una ‘experiencia’ de un usuario con la aplicación, contiene el puntaje que el usuario obtuvo junto con el nivel de confianza, las fechas de inicio y fin de la sesión y la los análisis o tareas que realizó el participante en la sesión y el percentil en el que se encuentra el usuario, es decir, si el usuario realizó el entrenamiento mejor que el 90 % de los participante, su percentil indicará el valor 90.

## ParticipantResponse

Representa una respuesta del participante, como conocemos las todas las imágenes, podemos saber si en la imagen hay un *bow shock*, esto se encuentra guardado en la propiedad **\$correctAnswer**, la cual es un int, siendo 0 el valor que representa que en la imagen no existe un *bow shock* y 1 el valor que indica que en la imagen existe un *bow shock*, Este valor es un entero ya que el usuario puede responder por ‘sí’, ‘no’ o ‘no estoy seguro’ estos valores se traducen a 1,0 y 2 respectivamente, este valor se encuentra en la variable **\$participantAnswer**. Al ser estos valores enteros podemos saber si la respuesta del usuario fue correcta simplemente comparando **\$correctAnswer** con **\$participantAnswer**, funcionalidad que está implementada en el método **isCorrect()**. La entidad además contiene una referencia a un objeto Imagen que representa al conjunto de imágenes mostradas y las imágenes o paletas que le sirvieron al participante para responder guardadas en la variable **\$imagesUsedToRespond**.

## ParticipantTrainingResponse

Subclase de **ParticipantResponse**, Agrega el puntaje obtenido en los análisis de entrenamiento, el mismo se encuentra guardado en la variable **\$pointsEarned** y una referencia a la tarea de entrenamiento a la que corresponde en la variable **\$trainingTask**.

## TrainingTask

Representa un paso de la etapa de entrenamiento (**\$trainingStep**), contiene el número o paso del entrenamiento, la imagen que se va a mostrar (**\$imageServed**) y un texto de ayuda para el participante (**\$helpText**)

## Image

Representa el conjunto de imágenes que se van a mostrar en cada análisis que el participante realiza, con conjunto de imágenes nos referimos a las diferentes versiones que se tienen de una misma imagen (ver capítulo 4), Esta clase contiene el path a las imágenes correspondientes en las variables **\$rgbImagePath**), **\$heatImagePath**, **\$coolImagePath** y **\$hsvImagePath**.

Contiene la variable **\$isCorrect** que indica si en la imagen existe un *bow shock* o no, esta variable es un entero siendo 0 cuando no contiene un *bow shock* y 1 cuando la imagen contiene un *bow shock*

Adicionalmente, Contiene las variables **\$markedRgbImage**, **\$markedCoolImage**, **\$markedHeatImage** y **\$markedHsvImage** que contienen las imágenes GIF para las tareas de entrenamiento.

## GamificationType

Representa un tipo de *gamification* disponible, los tipos de *gamification* representan el tipo de puntaje que se va a recibir en la pantalla de resultados, actualmente existen 2 tipos de resultados:

- Puntos: el usuario recibe un puntaje según la cantidad de imágenes analizadas correctamente.
- Insignias: el usuario recibe una insignia de acuerdo a las imágenes analizadas correctamente.

Los tipos de *gamification* se pueden balancear para que cada tipo de *gamification* sea utilizada por una cantidad de participantes determinada. Esto se encuentra indicado por la variable **\$gamificationTypeBalance** la cual indica que porcentaje de los participantes tendrán cada tipo, es decir, si se indica un porcentaje de 50%, el 50 por ciento de los participantes recibirán dicho tipo de *gamification*.

## AppParameter

Representa una variable parametrizable de la aplicación, son simples objetos clave, valor que se guardan en la base de datos para poder modificar el comportamiento de la aplicación sin modificar el código. Actualmente los textos de *feedback* de cada tarea de entrenamiento, los textos que acompaña cada insignia, el path a cada imagen que representa a una insignia, el porcentaje de análisis correctos que se necesitan para ganar cada insignia y los

puntos por responder correctamente e incorrectamente están representados por una instancia de esta clase y pueden ser modificados.

### 6.3.2. Repositories

Los repositorios son una herramienta brindada por Doctrine , La clase brindada por Doctrine para implementar esta funcionalidad se llama **EntityRepository** y, sirve como un repositorio con métodos genéricos y específicos para obtener entidades, La clase están diseñados para ser extendidos por el usuario para implementar lógica específica del negocio para obtener entidades. [45]

Una de las principales características de la clase **EntityRepository** son sus metodos **Entity** *getBy{property-name}* (*mixed*) donde *property-name* puede ser reemplazado por los nombres de las propiedades de cada entidad, por ejemplo, un repositorio correspondiente a una entidad que contiene una property llamada ‘name’ tendrá un método llamado **Entity** *getByName(string)*. Estos métodos permiten buscar entidades por cualquier propiedad si tener que definir métodos específicos.

A cada entidad de la aplicación le corresponde una subclase de la clase **EntityRepository** que implementa métodos específicos para obtener las entidades o instancias de la clase guardadas en la base de datos de la aplicación.

Entidad	Repository
AppParameter	AppParameterRepository
GamificationType	GamificationTypeRepository
Image	ImageRepository
Participant	ParticipantRepository
ParticipantResponse	ParticipantResponseRepository
ParticipantTrainingResponse	<b>Usa ParticipantResponseRepository</b>
ParticipantSession	ParticipantSessionRepository
TrainingTask	TrainingRepository

Figura 6.3: Clases del modelo junto a sus repositorios

A continuación una breve descripción de cada repositorio:

## AppParameterRepository

Este repositorio permite obtener los parámetros de la aplicación guardados en la tabla **AppParameter**, implementa el método **AppParameter** *findOneByKey(string)* para obtener los parámetros por el campo **key**, Adicionalmente contiene métodos específicos para obtener entidades específicas como por ejemplo **int** *getPointsForCorrectAnswer()* y **String** *getCorrectAnswerText()*.

## GamificationTypeRepository

Permite obtener los diferentes tipos de *gamification* guardados en la base de datos, Define los métodos **GamificationType** *getBadgesEntity()* y **GamificationType** *getPointsEntity()* para obtener los tipos de *gamification* por insignias y puntos respectivamente.

## ImageRepository

Obtiene las imágenes a utilizar en la aplicación, debido a que nos interesan obtener imágenes de manera aleatoria solo define el método **Image** *getRandomImage()* para obtener una imagen de forma aleatoria.

## ParticipantRepository

Permite obtener los participantes de la aplicación, no es muy utilizado, simplemente se utiliza para obtener un nombre de usuario basado en la cantidad de participantes previa utilizado en la última versión para evitar pedir el nombre del participante, este método se llama **String** *getNextParticipantName()*.

## ParticipantResponseRepository

Permite recuperar las distintas entidades de **ParticipantResponse** de la base de datos, no define ningún método específico para recuperar estas entidades, simplemente utiliza los métodos de la clase padre.

## ParticipantSessionRepository

Permite obtener las instancias de la clase **ParticipantSession**, adicionalmente define los métodos **int** *getTotalRows()* para obtener todas las sesiones, **int** *getTotalSessionsUsingGamificationType(GamificationType)* para

ver cuantas sesiones se realizaron con un tipo de *gamification* y *int[]* *getAllScores()* para obtener todos los puntajes de los participantes, utilizado para calcular los percentiles de los participantes.

### **TrainingRepository**

Permite obtener las instancias de la clase **TrainingTask**, que representan a cada paso del entrenamiento, adicionalmente define el método *int* *getMaxNumberOfQuestions()* utilizado para pintar en la vista la cantidad total de tareas de entrenamiento a realizar.

### **6.3.3. Capa de controladores**

La capa de controladores se encarga de procesar los *requests* de los usuarios, reenderizar las vistas y modificar el modelo de la aplicación. Cada uno de los controladores utiliza uno o más objetos de la ‘capa de servicios’ para realizar la mayor parte de la lógica.

La capa de controladores esta formada por las siguientes clases:

#### **BaseController**

La clase BaseController extiende de la clase Controller de Symfony, provee métodos comunes para todos los controladores que extienden de el, una breve descripción de los métodos más importantes de esta clase se puede encontrar en la figura 6.5.

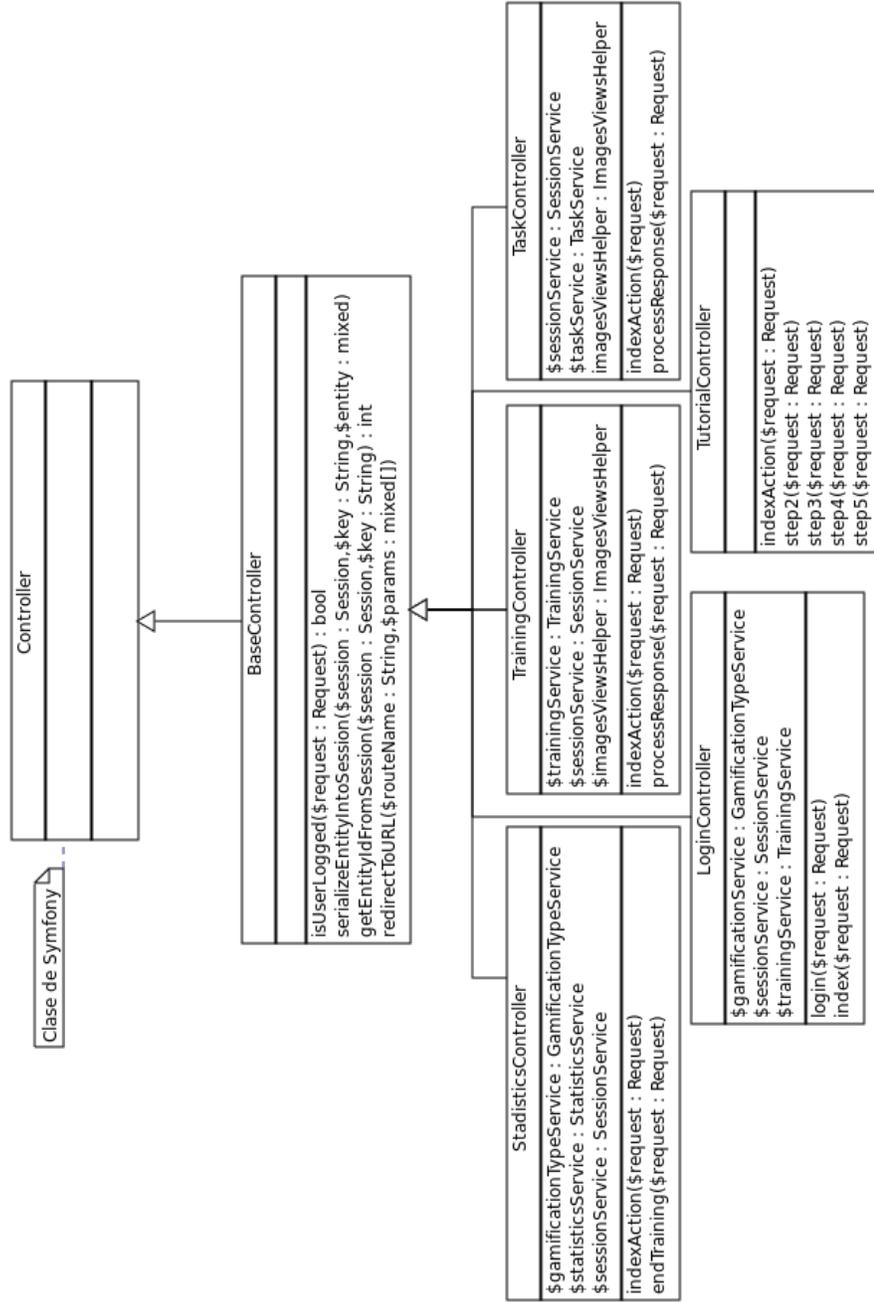


Figura 6.4: Diagrama de clases de la capa de controladores

Firma	Descripción
protected isUserLogged (\$request)	Recibe una instancia de la clase Request y verifica si el usuario está logueado o no, para esto utiliza la sesión del usuario y verifica si dentro de la misma existe la variable 'logged'.
protected serializeEntityIntoSession (\$session, \$key, \$entity)	Serializa el id de la entidad \$entity dentro de la sesión del usuario utilizando como clave el valor \$key. Se utiliza para mantener referencia sobre los datos del usuario a través de los diferentes requerimientos a la aplicación.
protected getEntityIdFromSession (\$session, \$key)	Obtiene el ID de una entidad de la sesión guardado bajo la clave \$key.
protected redirectToURL (\$routeName, \$params)	Permite redirigir al usuario a otra URL dada por el parámetro \$routeName, adicionalmente es posible agregar parámetros por GET utilizando el array \$params.

Figura 6.5: Métodos más importantes de la clase BaseController

### LoginController

Es el encargado de mostrar la pantalla de bienvenida y de realizar la inicialización de las variables y la sesión durante el comienzo de la interacción entre el usuario y la aplicación. Una descripción de los métodos de esta clase se puede ver en la Figura 6.6

Firma	Descripción
<code>--construct (\$trainingService, \$sessionService, \$gamificationService)</code>	Constructor de la clase, es utilizado por Symfony para crear la instancia utilizando <i>autowiring</i> para obtener las dependencias necesarias. Recibe por parametro instancias de los servicios <b>TrainingService</b> , <b>SessionService</b> y <b>GamificationTypeService</b> .
<code>public index (\$request)</code>	Muestra la pantalla de bienvenida de la aplicación.
<code>public login (\$request)</code>	Inicializa la sesión del usuario utilizando la sesión http, establece el tipo de <i>gamification</i> de la sesión utilizando el servicio <b>GamificationTypeService</b> y guarda en la base de datos la información del usuario. utilizando el servicio <b>SessionService</b> .

Figura 6.6: Métodos de la clase LoginController

### TutorialController

Este controlador simplemente provee el avance del usuario a través de la etapa de tutorial de la aplicación, solo posee métodos para mostrar la vista a los usuarios, no tiene dependencias ni realiza ninguna persistencia, los métodos más importantes se pueden ver en la figura 6.7.

Firma	Descripción
indexAction (\$request)	Muestra la primer pantalla del tutorial.
step2 (\$request)	Muestra la segunda pantalla del tutorial.
step3 (\$request)	Muestra la tercer pantalla del tutorial.
step4 (\$request)	Muestra la cuarta pantalla del tutorial.
step5 (\$request)	Muestra la quinta pantalla del tutorial.

Figura 6.7: Métodos de la clase TutorialController

### **TrainingController**

Controla la etapa de entrenamiento de la aplicación, es el controlador que realiza las tareas más complejas de la aplicación ya que tiene que pasar toda la información necesaria a la vista (imágenes a mostrar, cual es la respuesta correcta, cantidad de puntos que tiene el usuario, las imágenes de ayuda para el usuario, etc) para que pueda re-renderizarse y además persiste cada respuesta del usuario en la base de datos. Una descripción de los métodos más importantes de esta clase se puede ver en la figura 6.8.

Firma	Descripción
<pre>public __construct (\$participantSessionService,  \$trainingService,  \$imagesViewsHelper</pre>	<p>Constructor de la clase, es usado por Symfony para realizar la inyección de dependencias. Recibe instancias de los servicios <b>SessionService</b>, <b>TrainingService</b> y <b>ImagesViewHelper</b></p>
<pre>public indexAction( \$request)</pre>	<p>Encargado de reenderizar la vista de cada paso del entrenamiento, se encarga de obtener las imágenes utilizando la clase <b>ImagesViewHelper</b> y de pasar a la vista los diferentes datos necesarios para su reenderizado, tales como el paso actual en el que está el participantes, la cantidad total de pasos y los puntos que tiene el participante.</p>
<pre>public processResponse (\$request)</pre>	<p>Procesa la respuesta enviada por el usuario, guarda la respuesta en la base de datos y calcula el puntaje de las mismas utilizando el servicio <b>TrainingService</b>.</p>

Figura 6.8: Métodos de la clase TrainingController

### StatisticsController

Actúa luego del entrenamiento, obtiene toda la información para mostrar en pantalla los resultados del participante luego del entrenamiento, los métodos más importantes de esta clase se pueden ver en la figura 6.9

Firma	Descripción
<pre>public __construct (\$sessionService, \$statisticsService,  \$gamificationTypeService)</pre>	<p>Constructor de la clase, Symfony lo utiliza para realizar la inyección de dependencias, recibe instancias de las clases <b>SessionService</b>, <b>StatisticsService</b> y <b>GamificationTypeService</b>.</p>
<pre>public indexAction (\$request)</pre>	<p>Muestra la pantalla de estadísticas, utilizando la clase <b>StatisticsService</b> puede obtener la tabla de lideres y mediante la clase <b>GamificationTypeService</b> puede obtener los datos necesarios para mostrar la cantidad de puntos o la insignia que el participante consiguió.</p>
<pre>public endTraining (\$request)</pre>	<p>guarda la confianza indicada por el participante y, dependiendo de la decisión del participante, redirige al participante al comienzo del entrenamiento o al comienzo de las tareas de control. Utiliza la clase <b>SessionService</b> para crear una nueva sesión del usuario si es que este optó por repetir el entrenamiento.</p>

Figura 6.9: Métodos más importantes de la clase StatisticsController

### TaskController

Muestra al usuario las imágenes a analizar en la etapa de preguntas de control, guarda las respuestas del usuario en la base de datos.

Firma	Descripción
public __construct (\$sessionService, \$taskService, \$imagesViewsHelper)	Constructor de la clase, recibe instancias de las clases <b>SessionService</b> , <b>TaskService</b> y <b>ImagesViewHelper</b> .
public indexAction (\$request)	Obtiene las imagenes a analizar utilizando las clases <b>ImagesViewHelper</b> y <b>TaskService</b> y las pasa a la vista para que el usuario pede analizarla.
public processResponse (\$request)	Guarda la respuesta del usuario usando el servicio <b>SessionService</b> y redirige al usuario a la próxima imagen a analizar.
public logout (\$request)	finaliza la sesión del usuario.

Figura 6.10: Métodos más importantes de la clase TaskController

### 6.3.4. Capa de Servicios

Tal como se indicó en la sección anterior, la capa de controladores utiliza clases de la capa de servicios para realizar la mayor parte de la lógica, esta capa de servicios es la encargada de interactuar con el modelo de la aplicación.

Cada servicio está orientado a realizar la lógica necesaria para cada controlador, es decir, cada controlador utilizara un servicio diseñado para ser usado principalmente por un solo controlador con la excepción de la clase **SessionService** que se encarga de manejar la sesión del participante, la cual va a ser modificada por varios controladores y **ImagesViewHelper** que se encarga de transformar las entidades **Image** del modelo en objetos DTO **ViewImage** para que puedan ser mostradas en la vista de una forma más sencilla.

Cada servicio utilizara la clase **EntityManager** de Doctrine para guardar nuevas entidades en la base de datos y diferentes objetos *Repositories* para realizar consultas a la base de datos. Cabe destacar que, a diferencia de la relación entre los controladores y los servicios, los objetos *repositories* son compartidos por varios servicios ya que diferentes servicios pueden requerir acceso a las mismas entidades en la base de datos.

A continuación se listan las clases de servicio con sus principales métodos.

## SessionService

Esta clase contiene la lógica para manejar las sesiones de los usuarios usa las clases **ParticipantSessionRepository**, **TasksService** y la clase de Doctrine **EntityManager**.

Firma	Descripción
<code>public __construct(<b>EntityManager</b> \$entityManager, <b>ParticipantRepository</b> \$participantRepository, <b>ParticipantSessionRepository</b> \$participantSessionRepository)</code>	Constructor de la clase, Usa usado por Symfony para la inyección de dependencias.
<code>public createAndPersistParticipantAndSession (<b>string</b> \$username, <b>string</b> \$httpSessionId,<b>GamificationType</b> \$gamificationType)</code>	Crea y persiste un nuevo usuario y sesión, recibe el nombre del usuario (\$username), la id de la sesión http (\$httpSessionId y el tipo de <i>gamification</i> a utilizar (\$gamificationType). Devuelve la instancia creada de la clase <b>ParticipantSession</b> .
<code>public saveSession (<b>ParticipantSession</b> \$userSession)</code>	Persiste una sesión recibida por parámetro.
<code>public endSession (<b>ParticipantSession</b> \$userSession)</code>	Finaliza la sesión del usuario pasada por parámetro como \$userSession.
<code>public getById (<b>int</b> \$entityId)</code>	Obtiene una <b>ParticipantSession</b> mediante su id y la devuelve.

Figura 6.11: Métodos principales de la clase SessionService

## TrainingService

Contiene la lógica de la etapa de entrenamiento de la aplicación, es la encargada de guardar las respuestas del usuario en esta etapa y de asignarle los puntos obtenidos.

Firma	Descripción
<pre>public __construct (<b>EntityManager</b>  \$entityManager, <b>TrainingRepository</b>  \$trainingRepository, <b>ParticipantResponseRepository</b>  \$participantResponseRepository, <b>AppParameterRepository</b>  \$appParameterRepository)</pre>	<p>Constructor de la clase, es utilizado por Symfony para realizar la inyección de dependencias.</p>
<pre>public assignPoints (<b>TrainingParticipantResponse</b>  \$userResponse, <b>ParticipantSession</b>  \$userSession)</pre>	<p>Asigna los puntos obtenidos a la respuesta ( \$userResponse) y a la sesión del usuario (\$participantSession), esto se logra preguntándole a \$userResponse si es correcta o no usando el método isCorrect(). Tanto la respuesta como la sesión se persisten en la base de datos. Devuelve la cantidad de puntos obtenida.</p>
<pre>public getPointsForIncorrectAnswer()</pre>	<p>Devuelve la cantidad de puntos para una respuesta incorrecta.</p>
<pre>public getPointsForCorrectAnswer()</pre>	<p>Devuelve la cantidad de puntos para una respuesta correcta.</p>
<pre>public getMaxNumberOfTraining- Questions()</pre>	<p>Devuelve la cantidad de preguntas de la etapa de entrenamiento, es utilizada para pintar esta cantidad en el <i>frontend</i>.</p>
<pre>public getTrainingTask (<b>int</b>  \$trainingStepNumber)</pre>	<p>Recibe el número de paso de la etapa de entrenamiento y devuelve la tarea a realizar en dicho paso.</p>
<pre>public getTrainingResponseById (<b>int</b> \$responseId)</pre>	<p>Devuelve una respuesta de entrenamiento utilizando un id que es pasado por parámetro.</p>

Figura 6.12: Métodos más importantes de la clase TrainingService

## TasksService

Contiene la logica para la etapa de las preguntas de control, se encarga de guardar las respuestas del usuario en esta etapa. Una descripción de los métodos más importantes de esta clase se pueden ver en la figura 6.13.

Firma	Descripción
<code>public __construct (<b>EntityManager</b> \$entityManager, <b>ImageRepository</b> \$imageRepository, <b>Participan- tResponseRepository</b> \$participantResponseRepository)</code>	Constructor de la clase usado por symfony para realizar la inyección de dependencias.
<code>public createNewTaskForSession (<b>ParticipantSession</b> \$userSession)</code>	Crea una nueva tarea para la sesión del usuario pasada por parametro. Devuelve una instancia de la clase <b>ParticipantResponse</b> .
<code>public saveTaskWithId (<b>string</b> \$userResponseId,<b>string</b> \$userSubmission,<b>string</b> \$userRelevantImages)</code>	Guarda una respuesta del usuario (la entidad ya está previamente persistida) identificada por el parámetro \$userResponseId, la respuesta del usuario se encuentra en el parámetro \$userSubmission y \$userRelevantImages que representa las imágenes más relevantes para el usuario.
<code>public deleteTaskWithId (<b>string</b> \$responseId)</code>	Elimina una respuesta mediante al Id pasado por parámetro.

Figura 6.13: Métodos más importantes de la clase TasksService

## GamificationTypeService

Obtiene los tipos de *gamification* disponibles.

Firma	Descripción
<pre>public __construct (ParticipantSessionRepository  \$participantSessionRepository,  GamificationTypeRepository  \$gamificationTypeRepository)</pre>	<p>Constructor de la clase, Es usado por symfony para realizar la inyección de dependencias.</p>
<pre>public getGamificationTypeView (string \$gamificationTypeName)</pre>	<p>Obtiene la vista de estadísticas de un tipo de <i>gamification</i> de acuerdo al nombre pasado por parámetro.</p>
<pre>public getGamificationTypeByNameOrRandom (string  \$gamificationTypeName)</pre>	<p>Obtiene un tipo de <i>gamification</i> usando el nombre del mismo pasado por parámetro. Si el parametro es <b>null</b> se devuelve un tipo de <b>gamification</b> con base a la cantidad de partidas que se realizaron con cada tipo, Este método balanceará el tipo de <i>gamification</i> de acuerdo a la propiedad <b>gamificationTypeBalance</b> de la clase <b>GamificationType</b>. Devuelve una instancia de la clase <b>GamificationType</b>.</p>

Figura 6.14: Métodos más importantes de la clase GamificationTypeService

### StatisticsService

Este clase es la encargada de obtener las estadísticas a mostrar en la pantalla de resultados, luego de la etapa de entrenamiento. Una descripción de los métodos más importantes se encuentra en la figura 6.15.

Firma	Descripción
<pre>public __construct(     ParticipantSessionRepository     \$participantSessionRepository,     AppParameterRepository     \$parametersRepository,     ImagesViewsHelper     \$imagesViewsHelper)</pre>	<p>Constructor de la clase, Symfony lo utiliza para realizar la inyección de dependencias.</p>
<pre>public function calculatePercentile(     ParticipantSession     \$userSession)</pre>	<p>Calcula el percentil en el que se encuentra el participante luego del entrenamiento, devuelve un <b>int</b> representando dicho percentil.</p>
<pre>public getLeadersboard(     ParticipantSession     \$currentSession)</pre>	<p>Obtiene la información de la tabla de líderes para mostrar en la pantalla de resultados. La información de la tabla de líderes está representada por un array de arreglos asociativos (diccionarios) cada diccionario contiene el nombre del usuario y el puntaje que obtuvo.</p>
<pre>public getResult(     GamificationTypes     \$gamificationType, int     \$porcentajeOfCorrectness)</pre>	<p>Devuelve el resultado en puntaje o en forma de una insignia de acuerdo al tipo de <i>gamification</i> usado y al puntaje del usuario. Devuelve un diccionario con el texto a mostrar en la página de resultados guardado en la clave <b>legend</b>, y en la clave <b>level</b> se encuentra el puntaje como un <b>int</b> o la ruta a la imagen de la insignia a mostrar.</p>

Figura 6.15: Métodos más importantes de la clase StatisticsService

## 6.4. Frontend

Para la capa de las vistas, la aplicación utiliza Twig y Jquery 2.2.2 mientras que para las hojas de estilo, se utiliza Bootstrap 3.3.6.

La aplicación cuenta con una jerarquía de vistas que permite que se pueda reutilizar código para las diferentes vistas, Dicha jerarquía se puede ver en la figura 6.16. En dicha figura se pueden observar diferentes elementos denotados con diferentes colores. Las entidades de color azul se pueden ver las vistas *abstractas* es decir las vistas que, por si solas no se reenderizan sino que son subclasificadas por *vistas concretas* para ser estas las que sean reenderizadas. Dichas *vistas concretas* están indicadas por las entidades de color rosa.

Por otro lado, cada vista define objetos llamados *bloques*, cada bloque puede ser sobre escrito por las subclases de la vista que lo define, esta definición se encuentra representada por una relación de composición entre las vistas y los bloques, indicados con el color celeste. En nuestro caso, cada vista define sus propios bloques en blanco, dejando la responsabilidad a las *sub-vistas* de definirlos. Existe una excepción a este esquema de bloques, el cual es el caso del bloque llamado **Image**, el cual representa el bloque en el que se muestran las imágenes, en este caso, la vista que lo define provee una *implementación* del mismo, pero el bloque es redefinido en algunas *sub-vistas*, con este comportamiento se logran mostrar 1 o varias imágenes pudiendo reutilizar el resto del código html y javascript.

A continuación, una breve descripción de cada vista y de los bloques que definen cada una

### **base.html.twig**

Esta vista es la base de la jerarquía implementa la estructura general de cada vista, define 3 grandes bloques que son implementados por las sub-vistas:

- **body**: Define el contenido de la página.
- **stylesheets**: permite definir reglas css específicas para cada página.
- **javascripts**: permite definir código js específico para cada página.

### **login/index.html.twig**

Define la vista que se le muestra al participante cuando ingresa a la página.

### **task/logout.html.twig**

Define la última vista de la aplicación que se muestra luego de la etapa de control a modo de agradecimiento.

### **logout/index.html.twig**

Define la estructura general de la página de resultados, define el bloque **result** en el que se muestran los puntos o las insignias de acuerdo al modo de *gamification* usado. Es *subclasificada* por las vistas concretas **logout/badges.html.twig** y **logout/points.html.twig**, que definen las vistas de los modos de *gamification* por insignias y por puntos respectivamente. Ambas incluyen la tabla de líderes llamada **logout/leaderboards.html.twig**.

### **task/index.html.twig**

Es la más importante de la aplicación ya que define la estructura general de las vistas del análisis de las imágenes en las etapas de tutorial, entrenamiento y preguntas de control. Cada etapa tiene mecánicas diferentes, por lo tanto hay 3 grandes sub-categorías de esta vista correspondientes a cada etapa implementadas en 4 *sub-clases* Descriptas más adelante. La vista define los siguientes bloques:

- **training\_js**: permite incluir código js específico para las preguntas de entrenamiento.
- **points**: indica el lugar en donde se muestran o no los puntos del usuario.
- **training\_response**: permite definir los textos que se muestran como *feedback* para el usuario en la etapa de entrenamiento.
- **submit\_buttons**: Define los botones con los que interactúa el usuario.
- **help\_text**: permite definir los textos que se muestran en pop-ups durante la aplicación.
- **image**: Define como se muestran las imágenes a analizar, por defecto define el código html necesario para mostrar las 4 variantes de las imágenes, pero algunas subclases reemplazan este comportamiento para mostrar solo una imagen. Internamente también define un bloque llamado **correct\_image** que permite mantener las imágenes GIFs para resaltar los *bow shocks*.

### **task/real-tasks-index.html.twig**

Vista concreta que muestra todas las tareas de la etapa de control.

### **task/training-tasks-index.html.twig**

Vista concreta que es utilizada para mostrar todas las imágenes en la etapa de entrenamiento.

### **tutorial/tutorial-no-runaway.html.twig**

Vista *abstracta* que está pensada para ser usada como base para todas las imágenes negativas en la etapa de tutorial, actualmente solo tiene una implementación llamada **tutorial/tutorial-third.html.twig** que es usada para mostrar el 3er paso del tutorial.

### **tutorial/tutorial-runaway.html.twig**

Vista *abstracta* pensada para usar como base para todas las páginas de la etapa de entrenamiento que contienen un *bow shock*, es sub-clasificada por las vistas **tutorial/tutorial-palettes.html.twig**, **tutorial/tutorial-first.html.twig**, **tutorial/tutorial-second.html.twig** y **tutorial/tutorial-fourth.html.twig**.



## Capítulo 7

# Evaluación

Para evaluar el uso de la *gamification* y el uso de estéticas orientadas a los video-juegos, realizamos una serie de evaluaciones con diferentes personas en diferentes entornos, con estas evaluaciones nos propusimos obtener la siguiente información:

1. ¿Cuál fue el nivel de usabilidad del prototipo?
2. Los participantes que realizaron el tutorial, ¿han adquirido los conocimientos necesarios para la clasificación de imágenes?
3. ¿El nivel de confianza de los usuarios luego de finalizar el tutorial, se correspondió con el conocimiento real? En este caso se quiere verificar que ante un nivel de confianza alto, las respuestas sin asistencias sean correctas.
4. ¿Qué elementos de *gamification* fueron los más relevantes para los usuarios?
5. Luego de finalizar el tutorial, ¿los ciudadanos continuaron con la clasificación de las imágenes?
  - Cantidad de participantes.
  - Preguntas correctas durante la fase de entrenamiento.
  - Nivel de confianza de cada participante luego del entrenamiento (del uno al diez).
  - Cantidad de preguntas contestadas luego del entrenamiento.

- Cantidad de preguntas contestadas correctamente luego del entrenamiento.
- Evaluación de usabilidad utilizando el cuestionario SUS[34].

## 7.1. Desarrollo de las evaluaciones

Se realizaron cuatro evaluaciones en los siguientes contextos:

### **Expo Ciencia**

La primera prueba con el prototipo fue en una exposición de proyectos de ciencia de la Universidad Nacional de La Plata realizadas en la vía pública el día 02/03/2017. Las personas participantes eran en su mayoría estudiantes universitarios o público en general que concurrió a la exposición.

### **Doctorado en Informática y Planetario de La Plata**

La segunda prueba se realizó con alumnos del Doctorado en Informática de la Facultad de Informática de la UNLP el día 30/03/2017 y Asistentes al planetario de la ciudad de La Plata el día 21/05/2017. Estas pruebas se realizaron dentro del edificio de la Facultad de Informática de la UNLP y en el hall del edificio del planetario respectivamente.

### **Meet the devs**

Estas evaluaciones se realizaron en el contexto de la convención ‘Meet The Devs’ realizada en el Centro Cultural San Martín de la ciudad de Buenos Aires el 26/08/2017. ‘Meet The devs’ es una exposición de videojuegos argentinos, en la cual los participantes pueden ver y probar los videojuegos argentinos que se están desarrollando y conocer a sus creadores.

### **Expo ludica**

La última evaluación se realizó en la exposición ‘Expo Ludica’ en el Pasaje Dardo Rocha de la ciudad de La Plata el 18/11/2017. ‘Expo ludica’ es una exposición de juegos en general incluyendo videojuegos, juegos de tablero, juegos de cartas, entre otros. Los participantes en esta exposición fueron entusiastas de los videojuegos y desarrolladores.

Cuadro 7.1: Configuración de las evaluaciones

	<b>OneOfThree</b>	<b>OnlyOne</b>	<b>Multiple</b>	<b>Evolution</b>
ExpoCiencias	X			
Doctorado y Planetario		X	X	
Meet the dev				X
Expo Lúdica				X

## 7.2. Resultados

A continuación detallaremos los resultados para las diferentes evaluaciones. La Tabla 7.1 muestra la organización del uso de las versiones de los prototipos en los diferentes contextos.

### 7.2.1. Expo ciencias

En la exposición participaron 25 personas. La edad promedio de los participantes fue de 29,8 años, con un desvío estándar (DE) de 10,92, dichos participantes respondieron tres preguntas a modo entrenamiento y siete preguntas a modo de control con los siguientes resultados:

de las 75 preguntas de entrenamiento, 72 fueron correctas (96 %). Además, se respondieron 175 preguntas de control de las cuales 162 fueron respondidas correctamente (96,57 %). Los Participantes indicaron un nivel de confianza promedio de 7,4 (DE 1.65), y la evaluación SUS obtuvo 86,56.

### 7.2.2. Doctorado en informática y planetario de La Plata

los participantes se dividieron en 2 grupos, un grupo utilizó la versión del prototipo *OnlyOne* y la otra parte utilizó *Multiple*. Adicionalmente a las pruebas con el prototipo y el cuestionario SUS, los participantes respondieron el siguiente cuestionario:

- ¿Que te pareció el entrenamiento?
- ¿repitió el entrenamiento?
- ¿Que tipo de puntaje te dimos? (Puntos o insignias)
- ¿Notaste la tabla de lideres?¿te interesó?
- ¿Como crees que te fue con las preguntas que no te dimos respuesta? (1-5)

### **Una imagen por estrella**

13 participantes utilizaron el prototipo con una sola imagen por estrella, los mismos tenían una edad promedio de 35,15 años con un desvío estándar de 7,65. De los 13 participantes, 8 eran docentes universitarios participando del posgrado y 5 eran personas interesadas por la astronomía que se acercaron al planetario. Esta versión del prototipo contaba con siete preguntas de entrenamiento, el participante tenía la posibilidad de repetir la etapa de entrenamiento y una cantidad libre de preguntas a modo de control, es decir el participante decidía cuando finalizar la prueba. Como resultado obtuvimos que, de las 106 preguntas de entrenamiento realizadas 71 fueron respondidas correctamente (66,9%). Luego de este entrenamiento los participantes indicaron un nivel de confianza promedio de 5,28 sobre 10 (DE 2,46).

En total se respondieron 289 preguntas de control de las cuales 201 fueron correctas es decir 69.55%. Los participantes realizaron en promedio 18.27 preguntas de control, sin embargo con desvío estándar de 17,06; Esto se debe a que algunos participantes respondieron una gran cantidad de preguntas (hasta 52 preguntas), otros en cambio decidieron responder una o dos preguntas solamente, e incluso 1 caso no respondió ninguna de las preguntas.

En esta versión del prototipo a los participantes se les asignaron puntos o insignias luego de completar el entrenamiento.

Notamos que a los participantes que se les asignaron insignias tuvieron un mejor feedback que los participantes que recibieron puntos, debido a que las insignias son más llamativas gráficamente que los puntos y pueden llegar a dar una mayor sensación de recompensa, sin embargo muchos participantes no notaron la tabla de líderes y, los que los notaron, no les interesó conocer su puntaje.

Con respecto a la evaluación SUS, la misma obtuvo un resultado de 77,18 sobre 100.

En cuanto al cuestionario realizado, de las 8 personas que recibieron insignias, 2 personas no las notaron, mientras que de las 5 personas que recibieron puntos ninguno los notó. Los participantes indicaron su percepción sobre como le fue luego del entrenamiento, los participantes tuvieron un promedio de 2.95 sobre 5 (Desvío estándar 0.68)

### **Muchas imágenes por estrella**

Doce participantes utilizaron el prototipo con múltiples imágenes por estrella, los participantes tuvieron una edad promedio de 32,25 con un desvío estándar de 9,15. De los doce participantes, ocho eran docentes universitarios

participando del posgrado y cuatro eran personas interesadas en astronomía que se acercaron al planetario.

Esta versión del prototipo contaba con cinco preguntas de entrenamiento, el participante podía optar por repetir el entrenamiento y una cantidad libre de preguntas de control.

Como resultado obtuvimos que, de las 70 preguntas de entrenamiento 48 fueron respondidas correctamente (68,57%). Luego de este entrenamiento, los participantes indicaron un nivel de confianza promedio de 5,6 (DE 3,08). Luego del entrenamiento, los participantes realizaron en promedio 11,91 preguntas de control con un desvío estándar de 7,94. Esto indica que la cantidad de preguntas de control realizadas entre los participantes de versión del prototipo es más homogénea si la comparamos con la versión de una imagen por estrella. En total se respondieron 143 preguntas de control, de las cuales 94 preguntas fueron respondidas correctamente, es decir 65,73

Al igual que la versión con una sola imagen, a los participantes se les consultó sobre los elementos de *gamification* incluidos en el prototipo. Los participantes se mostraron más entusiasmados con las insignias que con los puntos luego del entrenamiento. Al mismo tiempo, a los participantes no les interesó conocer su puntaje en comparación con el resto de los participantes. Con respecto a la evaluación SUS tuvo un valor de 58.75, lo cual indica que los usuarios se sintieron menos cómodos al utilizar la versión con muchas imágenes en comparación con la versión con una sola imagen.

El cuestionario realizado arrojó que, de las 4 personas que recibieron insignias solo 3 las notaron, mientras que de las 8 personas que recibieron puntos, la mitad de ellos no los notó, as mismo los participantes indicaron que, según ellos mismos, su percepción de sus resultados obtenidos luego del entrenamiento fue de 3 sobre 5 en promedio (desvío estándar 1.07)

### **Meet the devs**

En la exposición ‘Meet the devs‘ participaron 7 personas, las mismas eran desarrolladores de videojuegos. Los participantes respondieron cinco preguntas de entrenamiento y luego una cantidad indefinida de preguntas de control, es decir, los participantes podían terminar la prueba cuando ellos querían.

En total se respondieron 35 preguntas de entrenamiento, con 35 respuestas correctas, es decir, el 100% de las preguntas fueron respondidas correctamente.

Luego de este entrenamiento los participantes indicaron un nivel de confianza promedio de 9 con un desvío estándar de 1.

Se respondieron 120 preguntas de control de las cuales 85 fueron respondidas correctamente, es decir 70,81 %, en promedio los participantes respondieron 17,19 preguntas con un desvío estándar de 24,48.

A diferencia de las pruebas anteriores a los participantes les gustó la idea de comparar su puntaje con las del resto de los participantes. En cuanto a la evaluación SUS, la misma tuvo un valor de 78.5, lo cual muestra una gran mejoría con respecto de las evaluaciones anteriores.

### **Expo Lúdica**

La última prueba se realizó dentro de la exposición ‘Expo Ludica’ en la que participaron 53 personas.

Cada participante respondió 5 preguntas de entrenamiento. En total se realizaron 265 preguntas de entrenamiento, de las cuales 229 fueron respondidas correctamente, es decir un 86.41 % de respuestas correctas dentro del entrenamiento. Luego de esta etapa los participantes indicaron un nivel de confianza de 6,9 en promedio con un desvío estándar de 2.7.

Luego del entrenamiento se respondieron 486 preguntas de control, de las cuales 386 fueron correctas, es decir 79.42 %. En promedio cada participante respondió 9,16 preguntas de control con un desvío estándar de 8,11.

Al igual que la prueba en ‘Meet The Devs’, los participantes reaccionaron de forma positiva al ver su puntuación comparada con la de otros. La evaluación SUS obtuvo 78,75, es decir, similar al resultado de ‘Meet The Devs’.

### **7.2.3. Comparación entre versiones**

En esta sección analizamos en forma comparativa los resultados obtenidos en los diferentes contextos y versiones.

## **7.3. Respondiendo las preguntas planteadas anteriormente**

### **¿Cuál fue el nivel de usabilidad del prototipo?**

Utilizando las evaluaciones SUS (Figura 7.6, podemos evaluar el nivel de usabilidad de las distintas versiones del prototipo. Se comenzó con una versión con una mecánica muy simple (sección 5.1), esta versión obtuvo un valor de 86,56 en la evaluación SUS, sin embargo, por motivos expuestos anteriormente, no se pudo continuar utilizando esta mecánica.

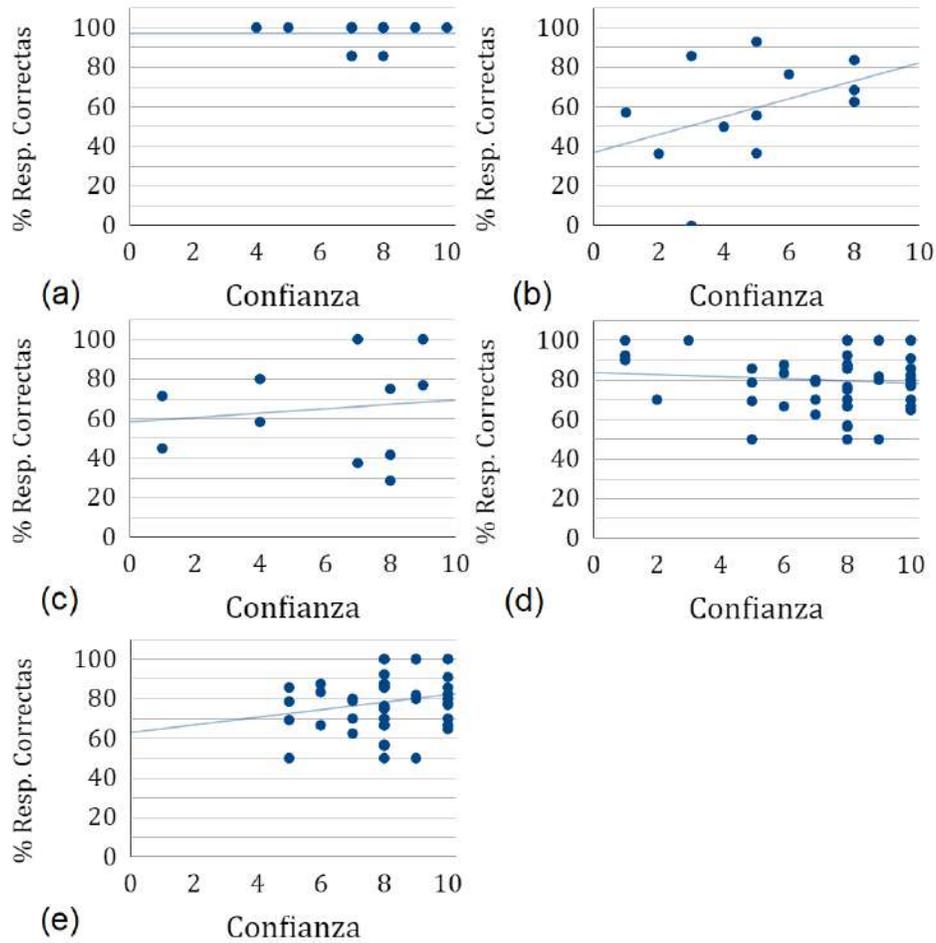


Figura 7.1: Relación entre confianza y porcentaje de respuestas correctas

En las siguientes versiones (secciones 5.4 y 5.5) implementamos una mecánica más compleja, más útil para nuestros objetivos, sin embargo no tuvimos en cuenta el diseño de la estética y su repercusión (Sección 3.2), eso nos llevo a obtener resultados SUS de 77,18 para la versión con una imagen por estrella y 58,75 para múltiples imágenes por estrella lo cual indica descenso de la usabilidad.

Cuando comprendimos la importancia de la estética y su impacto en la usabilidad tomamos la versión con múltiples imágenes (Sección 5.5) y mejo-

## Preguntas de entrenamiento y Respuestas Correctas

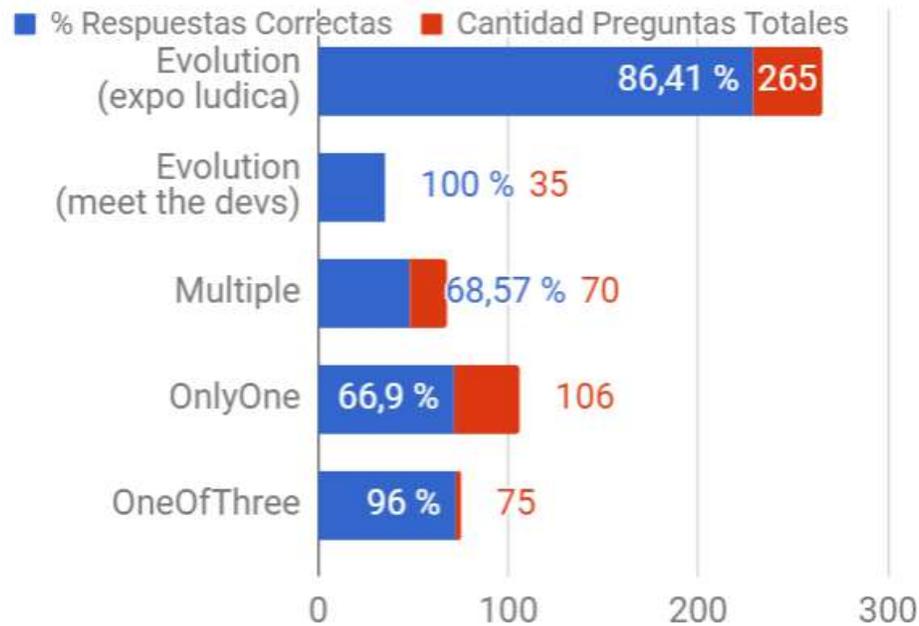


Figura 7.2: Preguntas de entrenamiento

ramos la estética general del prototipo. Esto repercutió positivamente en la usabilidad ya que obtuvimos 78,5 en la exposición ‘Meet The Devs’ y 78,75 en ‘Expo Lúdica’.

### **Los participantes que realizaron el tutorial, ¿han adquirido los conocimientos necesarios para la clasificación de imágenes?**

Observando la figura 8 7.3 podemos observar que en la ultima versión del prototipo (Sección 5.6) se realizaron 486 preguntas de control, obteniendo un 79,42 % de respuestas correctas, teniendo en cuenta la tendencia de que la mayoría de las clasificaciones se toma como valor final (sección 3.3.2) podemos decir que los participantes obtuvieron puntuales aceptables, por lo tanto consideramos que obtuvieron los conocimientos necesarios para detectar *bow shocks*.

### Preguntas De Control y Respuestas Correctas

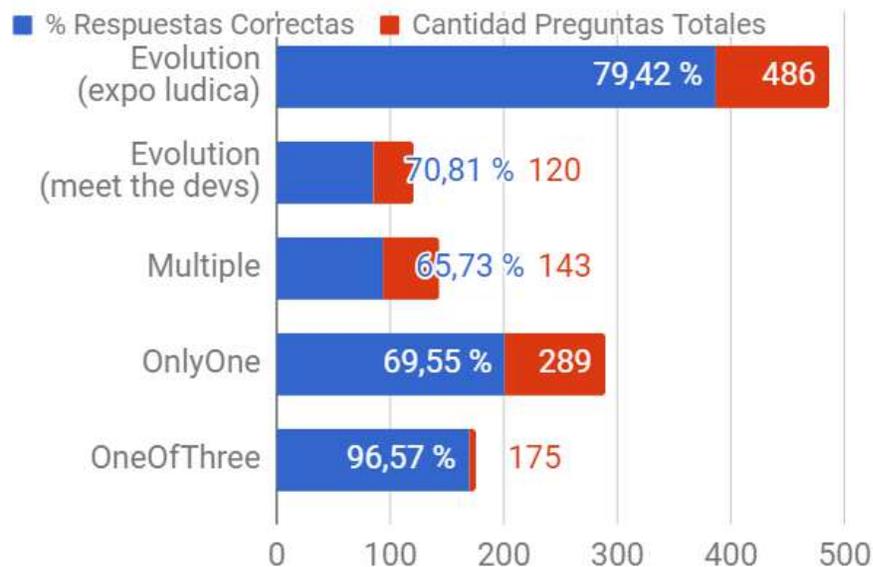


Figura 7.3: Preguntas de Control

### ¿El nivel de confianza de los usuarios luego de finalizar el tutorial, se correspondió con el conocimiento real?

Observando la relación entre la confianza y el porcentaje de respuestas correctas de cada participante para las distintas versiones, podemos observar que en la versión OneOfThree (Figura 7.1 a) no existe una relación directa entre la confianza y las respuestas correctas del participante, sin embargo, observando la misma relación para las versiones OnlyOne (Figura 7.1 b) y Múltiple (Figura 7.1 c) podemos observar que, ante una mayor confianza del participante se obtuvo un mayor porcentaje de respuestas correctas.

Si observamos esta relación en la versión Evolution (Figura 7.1 d) podemos observar que sucede lo inverso, la tendencia indica que ante mayor confianza el porcentaje de respuestas correctas baja, sin embargo, eliminando los únicos 5 casos de participantes que indicaron un nivel de confianza menor o igual que 3 (Figura 7.1 e) podemos observar que, nuevamente, ante un nivel mayor de confianza, el porcentaje de respuestas correctas es mayor.

Este análisis nos permite concluir que el nivel de confianza general indicada por los participantes se condijo con sus respuestas.

Preguntas de control respondidas por participante (promedio)

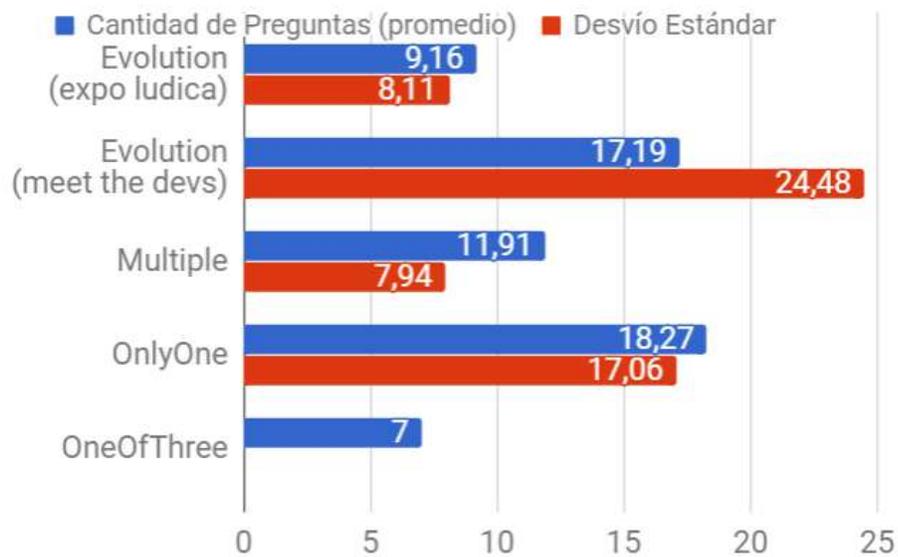


Figura 7.4: Promedio de preguntas de control respondidas por participante

### ¿Qué elementos de *gamification* fueron los más relevantes para los usuarios?

De acuerdo con las pruebas realizadas en el doctorado y el planetario (Sección 7 7.2.2 podemos indicar que las insignias fueron más notadas por los participantes si se comparan con los puntos, con respecto a la tabla de lideres, la misma fue relevante para los participantes en las pruebas realizadas en eventos relacionados con videojuegos o juegos en general (Secciones 7 7.2.2 y 7 7.2.2) sin embargo en las pruebas realizadas en el doctorado y en el planetario la tabla de lideres no tuvo impacto en los participantes ya que los mismos indicaron que no les interesaba compararse con el resto de los participantes.

### Luego de finalizar el tutorial, ¿los ciudadanos continuaron con la clasificación de las imágenes?

Observando la figura 7.4 podemos observar que los participantes no realizaron una gran cantidad de preguntas de control, si comparamos el promedio de preguntas realizadas con la cantidad de preguntas de entrenamiento que

### Confianza de los participantes

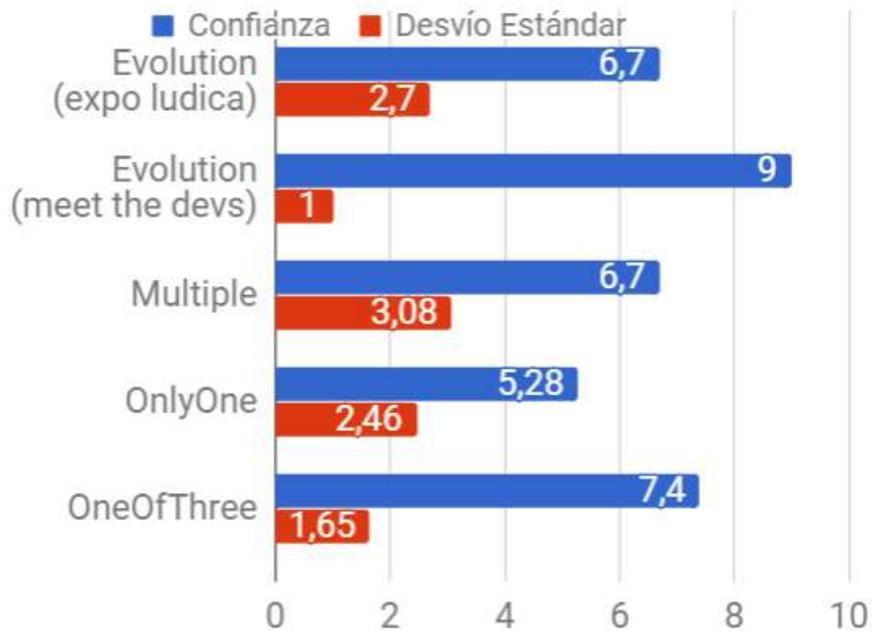


Figura 7.5: Confianza luego del entrenamiento

realizó el participante, esto se puede dar por el entorno en el cual se realizaron las pruebas (entornos públicos, exposiciones en donde se comparte la atención del participante con otros proyectos), por el hecho de que el participante esta siendo observado o simplemente por que el participante no tuvo otra motivación, más allá de la motivación científica, para continuar clasificando imágenes.

### Evaluación de Usabilidad SUS

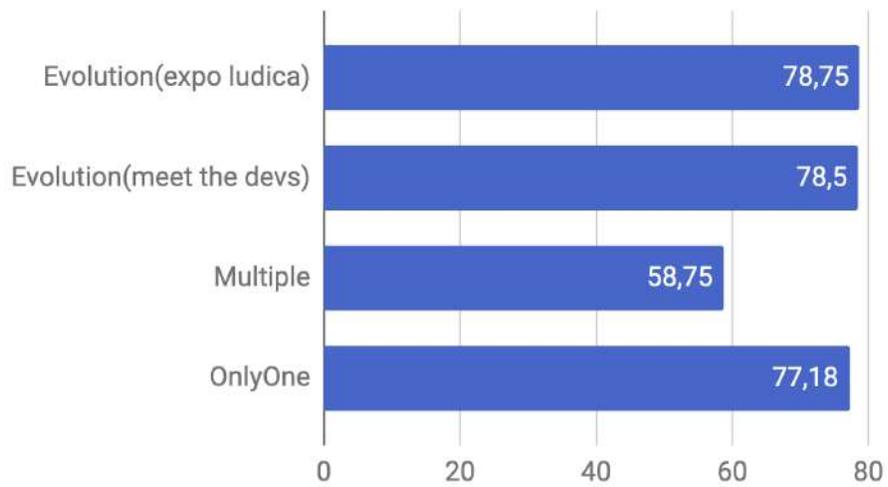


Figura 7.6: Evaluaciones SUS de todas las versiones de los prototipos

## Capítulo 8

# Conclusiones y trabajo futuro

En esta tesina presentamos los problemas a la hora de transmitir el conocimiento que requiere los participantes de un proyecto de ciencia ciudadana como *runaway stars* en donde la clasificación de imágenes se ve afectada por la variedad de casos existentes de **bow shocks** en la naturaleza, la variedad de representación de la información, es decir, la paleta de colores e intensidad de la imagen astronómica y por la falta de conocimiento sobre el tema del público en general. (Sección 3.3.2).

Planteamos un enfoque de aprendizaje utilizando *Gamification* en el cual describimos los beneficios que la *gamification* puede aportar a la hora del aprendizaje y la motivación del participante, enumeramos los distintos elementos que forman la *gamification* y como utilizarlos. (Sección 3.2).

Describimos como aplicamos el enfoque indicando los lineamientos del diseño de la estética desarrollado y su posible efecto en el participante, describimos los elementos de *gamification* utilizados dentro del prototipo (sección 3.3.3).

Describimos el proyecto *Runaway Stars* cuyo objetivo es detectar *bow shocks* estelares mediante la observación de imágenes de estrellas denominadas *Runaway*, describimos la evolución del proyecto a medida que aplicamos el enfoque propuesto mediante la enumeración de las distintas versiones del prototipo hasta la fecha y sus principales características. (Capítulo 5)

Se detallaron los métodos de evaluación de las diferentes versiones del prototipo indicando los lugares, las versiones utilizadas y la información recolectada de cada prueba (Capítulo 7).

Luego de estas evaluaciones se puede establecer una relación entre la apli-

cación paulatina del enfoque y los resultados obtenidos durante las pruebas. Se puede observar que, partiendo de las versiones ‘OnlyOne’ y ‘Multiple’ en donde la aplicación del enfoque era mínima, hasta la versión ‘Evolution’, existe un aumento en el porcentaje de respuestas correctas en las preguntas de control, lo cual indica una mejoría en el nivel de conocimientos aprendidos por parte del usuario, al mismo tiempo se mejoraron los resultados de las evaluaciones SUS, lo que nos indica que el participante se sintió más cómodo a medida que se aplicó el enfoque propuesto.

Como parte de este trabajo se realizó un paper publicado en la conferencia LACLO 2018[9] y un poster presentado en CIACIAR 2018

## 8.1. Trabajo Futuro

Debido a la falta del tiempo suficiente, no se pudieron realizar las herramientas necesarias para desarrollar el *framework* deseado para poder crear entrenamientos para proyectos de ciencia ciudadana. Si bien hay elementos que se pueden parametrizar, como por ejemplo, Que imágenes mostrar para cada insignia, cuantas preguntas de entrenamiento se deben completar, que porcentaje de preguntas de entrenamiento se deben completar para alcanzar las distintas insignias y que tipo de *gamification* se puede aplicar al final del entrenamiento, no se pudo desarrollar una aplicación ‘base’ o genérica de la cual extender para desarrollar un entrenamiento *gamificado* para un proyecto de ciencia ciudadana.

Otro punto para continuar desarrollando podría ser la profundización del enfoque propuesto para poder continuar mejorando en el entrenamiento de los participantes, para lograr esto se puede:

- Agregar una pista de audio y/o efectos de sonido para aumentar el grado de inmersión de los participantes.
- Seguir trabajando para refinar los textos del tutorial para que sean simples de entender para cualquier persona, al mismo tiempo que explican con exactitud lo que el usuario debe observar para realizar las tareas.
- Utilizar el fondo o *backdrop* no solo como alusión del contexto sino también como recordatorio de los conceptos científicos básicos, esto puede hacerse indicando mediante dibujos como es un *bow shock* o mostrando los diferentes tipos de *bow shocks* que puede haber.

Otro concepto a mejorar es el uso de elementos genéricos de la *Gamification* durante la etapa del entrenamiento, como los puntos, insignias y tablas de lideres, si bien estos son útiles para la motivación del participante, la aplicación de los mismos durante un tiempo corto como lo es el entrenamiento para un proyecto de ciencia ciudadana no es trivial, creemos que su efectividad aumentaría si su aplicación se continua luego del entrenamiento del participante, en el caso de nuestros prototipos descritos, en la etapa de control libre, Un ejemplo seria la asignación de insignias por clasificar una cantidad de imágenes determinada, de esta forma se podría aumentar la motivación para seguir participando del proyecto una vez finalizado el entrenamiento.

Finalmente se debe trabajar para que, luego de finalizada la etapa de entrenamiento el usuario no solo pueda clasificar las imágenes, si no que entienda el fenómeno natural que ocurre en cada una de ellas, esto se debe lograr sin sacrificar demasiado la simpleza y facilidad de uso del entrenamiento.

# Bibliografía

- [1] Y. Wang, N. Kaplan, G. Newman, and R. Scarpino, “CitSci.org: A New Model for Managing, Documenting, and Sharing Citizen Science Data,” *PLoS Biol*, vol. 13, no. 10, p. e1002280, 2015.
- [2] J. Silvertown, “A new dawn for citizen science,” *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 24, no. 9, pp. 467–471, 2009.
- [3] M. Celasco, J. I. Yañez, R. Gamen, A. Fernández, A. Díaz, and D. Torres, “Galaxy {Conqueror}: {Astronomy}, citizen science and gamification,” in *Proceedings - 2016 11th {Latin} {American} {Conference} on {Learning} {Objects} and {Technology}, {LACLO} 2016*, 2016.
- [4] J. F. Nerbonne and K. C. Nelson, “Volunteer Macroinvertebrate Monitoring: Tensions Among Group Goals, Data Quality, and Outcomes,” *Environmental Management*, vol. 42, no. 3, pp. 470–479, 2008.
- [5] J. P. Cohn, “Citizen science: Can volunteers do real research?,” *BioScience*, vol. 58, no. 3, pp. 192–197, 2008.
- [6] A. W. E. GALLOWAY, M. T. TUDOR, and W. M. V. HAEGEN, “The reliability of citizen science: A case study of oregon white oak stand surveys,” *Wildlife Society Bulletin*, vol. 34, no. 5, pp. 1425–1429.
- [7] F. Gorleri and F. González Taboas, “ebird: una plataforma integral de ciencia ciudadana para conocer y conservar nuestra avifauna,” in *I Workshop de Ciencia Abierta y Ciudadana-Argentina (La Plata, 2017)*, 2017.
- [8] K. M. Kapp, *The gamification of learning and instruction fieldbook: Ideas into practice*. John Wiley & Sons, 2013.
- [9] A. I. Kanner, D. Torres, J. Lombardelli, and C. Peri, “Analyzing the use of gamification in a tutorial for a citizen science project,” in *2018*

*XIII Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, pp. 208–215, IEEE, 2018.

- [10] J. Silvertown, “A new dawn for citizen science.,” *Trends in ecology & evolution (Personal edition)*, vol. 24, no. 9, pp. 467–71, 2009.
- [11] F. . S. T. . S. C. . K. B. Serrano, Fermín & Sanz, “White Paper on Citizen Science,” *Socientize*, 2014.
- [12] C. J. Lintott, K. Schawinski, A. Slosar, K. Land, S. Bamford, D. Thomas, M. J. Raddick, R. C. Nichol, A. Szalay, D. Andreescu, and others, “Galaxy Zoo: morphologies derived from visual inspection of galaxies from the Sloan Digital Sky Survey,” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 389, no. 3, pp. 1179–1189, 2008.
- [13] C. Lintott, K. Schawinski, S. Bamford, A. Slosar, K. Land, D. Thomas, E. Edmondson, K. Masters, R. C. Nichol, J. Raddick, A. Szalay, and D. Andreescu, “Morphological types from galaxy zoo 1 (lintott+, 2011),” *VizieR Online Data Catalog*, 02 2011.
- [14] G. Newman, A. Crall, M. Laituri, J. Graham, T. Stohlgren, J. C. Moore, K. Kodrich, and K. A. Holfelder, “Teaching citizen science skills online: Implications for invasive species training programs,” *Applied Environmental Education and Communication*, vol. 9, no. 4, pp. 276–286, 2010.
- [15] R. Tinati, M. Luczak-Roesch, E. Simperl, and W. Hall, ““{Because} science is awesome”: {Studying} participation in a citizen science game,” in *{WebSci} 2016 - {Proceedings} of the 2016 {ACM} {Web} {Science} {Conference}*, pp. 45–54, 2016.
- [16] R. Tinati, M. LuczakRoesch, E. Simperl, and W. Hall, “An investigation of player motivations in eyewire, a gamified citizen science project,” *Computers in Human Behavior*, vol. 73, pp. 527–540, 2017.
- [17] R. Tinati, M. Luczak-Roesch, E. Simperl, N. Shadbolt, and W. Hall, ““/{Command}’ and conquer: {Analysing} discussion in a citizen science game,” in *Proceedings of the 2015 {ACM} {Web} {Science} {Conference}*, 2015.
- [18] R. Vicente-Saez and C. Martinez-Fuentes, “Open Science now: A systematic literature review for an integrated definition,” *Journal of Business Research*, 2018.

- [19] A. Wiggins and K. Crowston, “From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science,” in *2011 44th Hawaii international conference on system sciences*, pp. 1–10, IEEE, 2011.
- [20] K. Huotari and J. Hamari, “Defining gamification: a service marketing perspective,” in *Proceeding of the 16th international academic Mind-Trek conference*, pp. 17–22, ACM, 2012.
- [21] W. Hammedi, L. Thomas, and I. Poncin, *CUSTOMER ENGAGEMENT: THE ROLE OF GAMIFICATION*. 04 2019.
- [22] RecycleBank, “Recycle Bank about us.” <https://www.recyclebank.com/about-us/>, 2019.
- [23] T. W. Post, “Why driving slowly and responsibly can actually be fun.” <https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2014/06/20/why-driving-slowly-and-responsibly-can-actually-be-fun/?noredirect=on>, publicado el 20/06/2014.
- [24] A. Army, “America’s Army home page.” <https://www.americasarmy.com/>, 2019.
- [25] R. Hunicke, M. Leblanc, and R. Zubek, “Mda: A formal approach to game design and game research,” *AAAI Workshop - Technical Report*, vol. 1, 01 2004.
- [26] A. Eveleigh, C. Jennett, S. Lynn, and A. L. Cox, “‘I want to be a captain! I want to be a captain!’: gamification in the old weather citizen science project,” *Proceedings of the First International Conference on Gameful Design, Research, and Applications - Gamification ’13*, pp. 79–82, 2013.
- [27] C. I. Muntean, “Raising engagement in e-learning through gamification,” in *Proc. 6th International Conference on Virtual Learning ICVL*, vol. 1, pp. 323–329, 2011.
- [28] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, “From {Game} {Design} {Elements} to {Gamefulness}: {Defining} ” {Gamification} ,” in *Proceedings of the 15th {International} {Academic} {MindTrek} {Conference}: {Envisioning} {Future} {Media} {Environments}*, {MindTrek} ’11, (New York, NY, USA), pp. 9–15, ACM, 2011.

- [29] S. Deterding, A. Canossa, C. Hartevelt, S. Cooper, L. E. Nacke, and J. R. Whitson, “Gamifying research: {Strategies}, opportunities, challenges, ethics,” in *Conference on {Human} {Factors} in {Computing} {Systems} - {Proceedings}*, vol. 18, pp. 2421–2424, 2015.
- [30] A. Blaauw, “On the origin of the o-and b-type stars with high velocities (therun-away”stars), and some related problems,” *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, vol. 15, p. 265, 1961.
- [31] C. Peri, P. Benaglia, D. Brookes, I. Stevens, and N. Isequilla, “E-boss: an extensive stellar bow shock survey-i. methods and first catalogue,” *Astronomy & Astrophysics*, vol. 538, p. A108, 2012.
- [32] C. Peri, P. Benaglia, and N. Isequilla, “E-boss: An extensive stellar bow shock survey-ii. catalogue second release,” *Astronomy & Astrophysics*, vol. 578, p. A45, 2015.
- [33] S. Ayoung, “Applying game design elements in the workplace,” in *2015 International Conference on Information Systems*, 2015.
- [34] J. Brooke, “SUS: A quick and dirty usability scale,” in *Usability evaluation in industry* (P. W. Jordan, B. Weerdmeester, A. Thomas, and I. L. McLelland, eds.), London: Taylor and Francis, 1996.
- [35] E. L. Wright, P. R. M. Eisenhardt, A. K. Mainzer, M. E. Ressler, R. M. Cutri, T. Jarrett, J. D. Kirkpatrick, D. Padgett, R. S. McMillan, M. Skrutskie, S. A. Stanford, M. Cohen, R. G. Walker, J. C. Mather, D. Leisawitz, T. N. Gautier, III, I. McLean, D. Benford, C. J. Lonsdale, A. Blain, B. Mendez, W. R. Irace, V. Duval, F. Liu, D. Royer, I. Heinrichsen, J. Howard, M. Shannon, M. Kendall, A. L. Walsh, M. Larsen, J. G. Cardon, S. Schick, M. Schwalm, M. Abid, B. Fabsinsky, L. Naes, and C.-W. Tsai, “The Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE): Mission Description and Initial On-orbit Performance,” vol. 140, pp. 1868–1881, Dec. 2010.
- [36] NASA, “NASA wise mission overview.” [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/WISE/mission/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/WISE/mission/index.html), 2017.
- [37] J. Estévez-Fernández, “Astrofísica: 2. la esfera celeste.” [https://www.researchgate.net/publication/312549073\\_Astrofisica\\_2\\_La\\_Esfera\\_Celeste](https://www.researchgate.net/publication/312549073_Astrofisica_2_La_Esfera_Celeste), publicado en Enero del 2017.

- [38] C. de Análisis y Procesamiento Infrarrojo (IPAC), “The wide-field infrared survey explorer at ipac.” <http://wise2.ipac.caltech.edu/docs/release/allsky/>, publicado el 21/03/2013.
- [39] U. de California en Los Ángeles (UCLA), “Wide-field infrared survey explorer.” <http://www.astro.ucla.edu/~wright/WISE/passbands.html>, publicado el 04/08/2009.
- [40] W. Joye, “SAOImage DS9 Frequently Asked Questions,” in *Astronomical Data Analysis Software and Systems XX* (I. N. Evans, A. Accomazzi, D. J. Mink, and A. H. Rots, eds.), vol. 442 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, p. 633, July 2011.
- [41] W. MathWorld, “Arc second.” <http://mathworld.wolfram.com/ArcSecond.html>.
- [42] altexsoft.com, “The good and the bad of node.js web app development.” <https://www.altexsoft.com/blog/engineering/the-good-and-the-bad-of-node-js-web-app-development/>, actualizado el 03/05/2019.
- [43] Symfony, “Symfony autowiring.” [https://symfony.com/doc/current/service\\_container/autowiring.html](https://symfony.com/doc/current/service_container/autowiring.html).
- [44] baeldung, “Baeldung guide to spring @autowired.” <https://www.baeldung.com/spring-autowire>.
- [45] Doctrine, “Doctrine entity repository api.” <https://www.doctrine-project.org/api/orm/latest/Doctrine/ORM/EntityRepository.html>.

## Capítulo 9

# Publicaciones Realizadas

# Analyzing the use of Gamification in a Tutorial for a Citizen Science Project

Agustín Kanner<sup>a</sup>, Diego Torres<sup>a,b,c</sup>, Julieta Lombardelli<sup>a</sup>

<sup>a</sup> LIFIA, Fac. de Informática, UNLP

<sup>b</sup> Dep. Ciencia y Tecnología, UNQ

<sup>c</sup> CICPBA, Prov. Buenos Aires

La Plata, Argentina

agustin.kanner@gmail.com,

diego.torres@lifia.info.unlp.edu.ar

julieta.lombardelli@lifia.info.unlp.edu.ar

Cintia Peri

Inst. Argentino de Radioastronomía - CONICET-CICPBA

Planetario Ciudad de La Plata, UNLP

La Plata, Argentina

cintiaperi@gmail.com

**Abstract**—Citizen science is a way of doing science in which people who do not necessarily have previous training to be part of a scientific project are invited. One of the challenges presented by citizen science is the training of volunteers in the tasks required by the research project. A valid approach is through gamification strategies. Gamification is the use of game elements in contexts that were not intended to be a game. In this article, we present a study of the use of gamification in tutorials for a citizen science project of astronomy photo classification. The evaluations showed that the aesthetics, the evaluation by points, the promotion with badges and the competition have been promising elements in this type of tutorials.

**Index Terms**—Citizen Science, Gamification, Evaluation

## I. INTRODUCCIÓN

La ciencia ciudadana [?] es una forma de hacer ciencia en la que se invita a personas sin una formación necesaria previa a formar parte de un proyecto científico y realizando diferentes etapas de los mismos. En estos proyectos, cualquier persona sin necesidad de poseer una formación específica realiza tareas voluntariamente cediendo parte de su tiempo y en algunos casos recursos. A estas personas las llamamos científicos ciudadanos [?].

Uno de los desafíos que presenta la ciencia ciudadana es la formación de los voluntarios en las tareas que requiere el proyecto de investigación para que las mismas sean de calidad [?]. Las tareas que realizan los científicos ciudadanos pueden ser, de recolección de muestras, clasificación, análisis, o de transcripción. Por ejemplo, en un proyecto de clasificación de fotos, los científicos ciudadanos deben entrenarse para detectar las particularidades de las fotos que las hacen pertenecer a una categoría u a otra.

En todas ellas, deben incluirse una formación que permita que los voluntarios realicen la tarea en forma adecuada [?], [?] y que a la vez sea dinámica y entretenida para que luego de recibir el entrenamiento, los voluntarios deseen continuar con la actividad en sí.

La formación de los científicos ciudadanos se da en diferentes formas como pueden ser los encuentros presenciales de formación o manuales estáticos y multimediales. Por ejemplo,

el proyecto E-bird<sup>1</sup> y su capítulo argentino Aves Argentinas<sup>2</sup> [?], tutoriales multimedia [?], y acercamientos a la actividad guiados por juegos [?], [?].

Una forma de abordar una experiencia de aprendizaje es a través de estrategias de *gamification* [?]. *Gamification* es la utilización de elementos basados en el juego, como las mecánicas de juego, la estética y la forma de pensar en el juego para atraer a las personas, motivar la acción, promover el aprendizaje y resolver problemas. Es decir que la *gamification* no es un juego completo, sino una parte del concepto juego. Existen experiencias entre las que podemos destacar "I want to be a captain! I want to be a captain!" (Eveleigh et. al.) [?] donde se discute el uso de una narrativa y elementos de *gamification* dentro de un proyecto de ciencia ciudadana. También existen experiencias en el proyecto EyeWire ([www.eyewire.org](http://www.eyewire.org)) y FoldIt ([www.fold.it](http://www.fold.it)) en los cuales a través de *gamification* se deben ir coloreando imágenes de neuronas o completando un puzzle en modelos 3D. En todos los casos el uso de la gamificación se utiliza para motivar la participación.

En este artículo, presentamos un estudio de la utilización de *gamification* en tutoriales para un proyecto de ciencia ciudadana de clasificación de fotos de astronomía. En este proyecto, los ciudadanos deben detectar la presencia de unos arcos de color en fotos tomadas a estrellas particulares llamadas *runaway Stars* o Estrellas Fugitivas. La dificultad de esta clasificación radica en que los arcos de las fotos pueden ser de diferentes colores, o la ubicación puede ser diferente entre una estrella y otra. Además, las estrellas en las imágenes no poseen la forma característica que se espera en el imaginario de la sociedad sino que simplemente se ven como un punto en el centro de la foto.

El estudio se desprende de la implementación de tres prototipos evaluados en diferentes oportunidades. Cada prototipo presenta características diferentes sobre la utilización de elementos de *gamification*. En las evaluaciones analizamos qué elementos de *gamification* fueron más valorados por los

<sup>1</sup><https://ebird.org> accedido el 10 de mayo de 2018.

<sup>2</sup><http://www.avesargentinas.org.ar> accedido el 10 de mayo de 2018.

usuarios, en qué medida han aprendido lo que el tutorial presentaba, el nivel de satisfacción y usabilidad. Las evaluaciones mostraron que las estéticas, la valoración por puntos, la premiación con insignias y la competencia han sido elementos promisorios en este tipo de tutoriales.

El artículo se encuentra organizado de la siguiente forma. En la siguiente sección se describe el problema general del proyecto astronómico y la relevancia de las estrellas *runaway*. La Sección III describe los desafíos relacionados con la clasificación de imágenes en el dominio específico de este tipo de estrellas. Luego, la Sección IV presenta el enfoque de *gamification* para abordar los desafíos. La forma de aplicar el enfoque se describe en la Sección IV-A y el prototipo de RunawayStars se describe en la Sección V. Una evaluación sobre la interacción con los prototipos se presenta en la Sección VI. Finalmente las conclusiones y trabajo futuro se describen en la Sección VII respectivamente.

## II. RUNAWAY STARS: EL PROYECTO CIENTÍFICO

Las estrellas de alta velocidad, conocidas como *runaway stars* por su nombre en inglés, son estrellas que se mueven con una velocidad espacial alta respecto a la velocidad de rotación media de la galaxia [?]. En algunas ocasiones estas estrellas generan una estructura a su alrededor conocida como *bow shock*.

Los *bow shocks* obtienen su nombre por poseer una forma de arco, muy sencilla de identificar, similar a la forma que tiene una onda en el agua adelante de un barco moviéndose por ella. En los catálogos E-BOSS 1 y 2 [?], [?] se generó por primera vez una búsqueda sistemática de *bow shocks* sobre unas 630 *runaway stars*. Se presentaron en total 73 objetos y se analizaron los resultados en base a las muestras utilizadas. El trabajo se realizó mediante inspección visual de imágenes astronómicas infrarrojas de dominio público. Para llegar a ese número, se analizaron casi 3000 imágenes.

Ahora bien, las distintas estructuras que se generan alrededor de estrellas *runaway* pueden variar. No son todos *bow shocks*. Mas aún, incluso puede no formarse nada. Esto depende de una gran cantidad de parámetros de la estrella y del medio por el que se mueve. La combinación de estos parámetros hará también que varíe la forma y brillo de la estructura que se forma en el entorno de estas estrellas. Por ejemplo, puede verse un arco bien distinguible en la dirección de movimiento de la estrella, o el arco puede poseer poco brillo en la imagen, o aunque exista un *bow shock* no puede verse o no se ve como un arco, o que directamente no haya *bow shock* para la estrella seleccionada.

La búsqueda visual de *bow shocks* o estructuras similares, alrededor de estrellas *runaway*, es simple y puede realizarla cualquiera, con un mínimo entrenamiento visual. El problema es, la enorme cantidad de trabajo que representa poder aportar un mínimo resultado a la estadística general en el tópico. Por este motivo un proyecto de Ciencia Ciudadana resulta vital. ‘Runaway stars’, tiene como objetivo encontrar *bow shocks* estelares alrededor de estrellas de alta velocidad, en imágenes infrarrojas.



Fig. 1: Estrella con un bow shock arriba

## III. DESAFÍOS DE COMPRESIÓN

La implementación de un proyecto de ciencia ciudadana para la clasificación de imágenes de *runaway stars* genera una serie de desafíos relacionados con la formación de los científicos ciudadanos. A continuación se describen en forma general algunos de los desafíos detectados:

**Contexto y vocabulario:** Debido a la naturaleza del problema, es necesario comprender los conceptos astronómicos relacionados a las *runaway stars* y los *bow shocks*. En un proyecto de ciencia ciudadana en línea el participante no tiene a su disposición un astrónomo constantemente para evacuar sus dudas, es por esto que el material se le debe ser suministrado lo más claramente posible.

**Visualización de una estrella:** las imágenes que se utilizan para la clasificación presentan un segmento cuadrado del espacio con la estrella elegida en el centro del cuadrado (Fig. 1). Esta estrella en ocasiones se visualiza con un punto y en otros casos no llega a visualizarse. Esta forma de visualización es muy diferente al imaginario de una estrella de cinco puntas que poseen en general los ciudadanos.

**Formas de los bow shocks:** Un *bow shock* prototípicamente tiene la forma de un arco de color al costado de la estrella en el centro de la imagen, sin embargo este arco puede no estar completamente definido y el mismo puede ser de cualquier color.

**Varias imágenes representan la misma estrella:** Debido al proceso por el cual se generan las imágenes, es posible obtener diferentes imágenes de la misma estrella. Estas imágenes varían en intensidad de la luz y por lo tanto, la intensidad del *bow shock*, así mismo es posible representar las imágenes con distintas paletas de colores, de donde algunas resaltarán el *bow shock* y más que otras. Debido a que no existe una combinación que funcione para todos los casos, y tampoco es posible predecir la mejor combinación para cada uno, se le muestra a los científicos ciudadanos diferentes imágenes de una misma estrella cada una generada con una alternativa diferente. La dificultad radica en que aunque se visualicen

diferente, la estrella siempre es la misma. Además, si alguna de las imágenes de una estrella presenta un *bow shock* entonces la estrella es de las buscadas aunque en otras imágenes no se visualice. Este pensamiento requiere un gran nivel de abstracción por parte de los ciudadanos, el cual debe ser enseñado en del tutorial.

**Es posible equivocarse:** Lo importante es la participación y los errores se mitigan entre la masa de participantes. En los proyectos de clasificación, la tendencia de la mayoría de las clasificaciones es la que se tiene cuenta como valor final. Es decir, si la mayoría de las personas indica que una foto pertenece a la categoría A, entonces se la considera en esa categoría.

#### IV. ENFOQUE: USAR *gamification*

Una forma de abordar la experiencia de aprendizaje es a través de estrategias de *gamification*. *Gamification*, es la utilización de elementos basados en el juego [?], como son las mecánicas de juego, la estética y la forma de pensar en el juego para atraer a las personas, motivar la acción, promover el aprendizaje y resolver problemas. Es decir que la *gamification* no es un juego completo, sino una parte del concepto de juego.

El principal motivo en la implementación de *gamification* se enfoca en motivar y atraer a los posibles usuarios y facilitarles el proceso de aprendizaje o de entendimiento de la acción en cuestión.

Entre los elementos de *gamification* [?], [?] podemos enumerar :

- **Reglas**, que determinan la guía a través del cual los usuarios progresan.
- **Estructura de recompensas** que se puede visualizar en insignias o subir de niveles, como sistema de fácil lectura para analizar los logros obtenidos.
- **Tabla de posiciones**, que enumera una lista con los participantes que obtuvieron los mejores logros.
- **Puntaje**, implementándose como sistema mensurable de recompensa por logros, o por respuestas correctas como así también se puede utilizar para desbloquear contenidos.
- **Devolución en tiempo real**, es decir que mientras se actúa en el sistema propuesto, se perciba una devolución de los logros adquiridos
- **Desafíos**, para lograr atraer al usuario a intervenir en la experiencia, debe percibir cierto grado de dificultad, de intención de obstáculo a superar.
- **La progresión**, es decir el movimiento en etapas hacia estados más avanzados en el contenido, entendiendo que el usuario pueda percibir ese aprendizaje progresivo.
- **Objetivos claros**, que facilitan un propósito estimulando el acercamiento, participación y permanencia en la experiencia.
- **Status**, hace visible a otros individuos la posición, o las habilidades obtenidas.

Cabe destacar que en un determinado contenido es posible aplicar uno de estos elementos en forma individual o todos simultáneamente, puesto que finalmente los elementos se

articulan en forma gradual para lograr la experiencia o el aprendizaje deseado.

#### A. *Gamification en Runaway Stars*

Uno de los principales objetivos de la Ciencia Ciudadana es conseguir la mayor cantidad de participación voluntaria y motivarlos a continuar colaborando en la experiencia propuesta. De aquí se desprenden una serie de desafíos específicos detallados a continuación.

El primer desafío tiene relación con el entrenamiento visual que se requiere para poder identificar correctamente las imágenes presentadas y sus características. De esta forma, se recurre a una característica que se implementa desde la *gamification* la cual puede ser concebida como Experiencia Estética [?].

El diseño integral de la *gamification* en esta experiencia esta constituido por dos aristas: el diseño de la estética y los elementos de *gamification*.

Con el diseño de la estética se busca asegurar una experiencia que integra los sentidos, en este caso específico a través del reconocimiento visual. Los recursos visuales se distinguen como:

- Aumento de contrastes en los colores de las zonas en donde se desea poner atención en el detalle
- Implementar un fondo o *backdrop* que hace alusión a la temática en la que se desea participe el ciudadano, para lograr una ambiente más inmersivo y motive la concentración en el proceso.
- Señalamiento por texto pero no invasivo, sobre los puntos de atención en las imágenes, para propiciar una devolución en tiempo real del aprendizaje sobre las mismas.

Por su parte, los elementos de *gamification* utilizados son:

- Asignación de puntos a cada respuesta correcta. De esta forma se puede otorgar a los participantes autonomía en identificar su nivel de aprendizaje al mismo tiempo que podemos evaluar si el diseño integral de la experiencia facilita el reconocimiento de las Runaway Stars.
- Insignias: Con este símbolo se hacen visibles los logros, lo que puede motivar a seguir participando en el entrenamiento.
- Tabla de posiciones: para que el ciudadano pueda comparar sus resultados con los de los participantes anteriores. A través de este recurso se propicia una oportunidad de interactuar socialmente y establecer discusiones con pares para motivar superarse.
- Niveles: El entrenamiento es progresivo, para asegurar que el participante reconozca activamente el progreso en su aprendizaje.
- Objetivos: Se determina en forma transparente y clara el objetivo principal que es aprender a reconocer ciertas características de una Runaway star.

#### V. LOS PROTOTIPOS DE RUNAWAY STARS

En *Runaway Stars* los voluntarios observan una estrella a la vez e indican si al rededor de la estrella observan o no un *bow-shock*, nos referiremos a esta observación y análisis de una

estrella como "pregunta". Los objetivos durante el desarrollo de este proyecto son buscar que los participantes respondan la mayor cantidad de preguntas posibles manteniendo un nivel aceptable de respuestas correctas.

En esta etapa de prototipo del proyecto, todas las imágenes de estrellas son conocidas por nosotros, es decir sabemos con exactitud en qué imágenes hay *bow shocks*

Para poder evaluar el enfoque planeado se han construido una serie de prototipos para el proyecto *Runaway Stars*. La interacción en todos los prototipos posee una estructura similar organizada en tres partes:

**Tutorial:** En esta etapa los participantes reciben la información general para comprender qué es un *Bow shock* y cómo detectarlos.

**Entrenamiento:** Durante esta etapa los participantes deberán responder una cantidad fija de preguntas, estas preguntas son iguales para todos los participantes, luego de cada pregunta respondida el participante conocerá si su respuesta fue correcta o incorrecta. Una vez que el participante haya realizado la cantidad preestablecida de preguntas en esta etapa se le indicará si la opción elegida es la correcta y una recompensa. Las recompensas pueden ser puntos o insignias. Dependiendo de la cantidad de respuestas correctas las insignias pueden ser de principiante, intermedio o experto. El usuario puede optar por repetir esta etapa o pasar a la siguiente.

**Preguntas de control:** En esta etapa el participante podrá responder la cantidad de preguntas que desee. A diferencia de la etapa anterior, cada usuario recibirá imágenes de forma aleatoria y no recibirá la respuesta, es decir, no sabrá si su respuesta fue correcta o no. Con esto se simula el caso real de la clasificación. Cuando el participante lo desee puede terminar de contestar preguntas y así finalizar su participación.

Durante el desarrollo de *Runaway stars* hemos desarrollado diferentes versiones para evaluar las diferentes alternativas, cada versión posee un nombre con el propósito de identificarlas luego en la etapa de evaluación:

**YesOrNo** En esta primera versión, el participante debe observar una imagen correspondiente a un *runaway star* y responder si en la imagen observa o no un *bow shock*. Debido a que las estrellas pueden ser observadas utilizando diferentes patrones de colores se decidió hacer dos alternativas diferentes:

**OnlyOne** En la primer alternativa solo mostramos una imagen por pregunta, en el caso de que tengamos más de una imagen por estrella (es decir imágenes con diferentes patrones de colores) cada imagen es considerada como una pregunta diferente, actualmente poseemos cuatro imágenes por estrella, es decir, que habrá cuatro preguntas por estrella, una por cada imagen de la misma. En esta versión la etapa de entrenamiento consiste de siete preguntas, mientras que la etapa de control es libre, es decir, el usuario decide cuando finalizar.

**Multiple** En la segunda alternativa, por cada estrella se muestran cuatro imágenes generadas con diferentes reglas (Fig. 2. El participante debe indicar si visualiza o no un *bow shock* en al menos una imagen.

En esta versión la etapa de entrenamiento consiste de cinco preguntas, mientras que la etapa de control es libre, es decir,



Fig. 2: Prototipo *Multiple*

el usuario decide cuando finalizar. Luego de la etapa de entrenamiento el usuario visualizará los puntos o insignias que ha obtenido dependiendo de la cantidad de respuestas correctas.

Los conceptos necesarios para detectar *bow shocks* se indican mediante texto no invasivo sobre los puntos a observar en las imágenes, de esta forma se logra focalizar la atención del participante a las características de las imágenes que debe observar y se acostumbra al mismo a realizar las tareas que deberá afrontar en las futuras etapas.

El participante solo puede avanzar a la siguiente etapa si completa el tutorial exitosamente, es decir, si encuentra los *bow shocks* o la falta de ellos en las imágenes dadas.

Al igual que la alternativa anterior, luego de la etapa de entrenamiento el participante recibió puntos o insignias y la posibilidad de comparar su resultado con los resultados de los demás participantes.

**Evolution:** Esta versión se basó en el los prototipo *Multiple* al que se le aplicaron diferentes elementos relacionados a la experiencia del usuario:

- Los textos de ayuda en la etapa del tutorial se escribieron de forma más informal.
- Durante el tutorial se iluminan intermitentemente los *bow shocks* en las imágenes, con esto aumenta el contraste de color en la porción de la imagen en donde se encuentra el *bow shock*, con esto se busca atraer la atención del participante hacia los *bow shocks*.
- Se marca la estrella de la imagen con una imagen del estereotipo de una estrella. Con esto se busca que el participante observe con más naturalidad la estrella dentro de la imagen e inmediatamente busque un *bow hock* alrededor de la misma.
- Se hizo más enfática la pregunta señalando como objetivo si visualiza en la imagen un arco de color. De esta forma se busca asemejar al *bow shock* a una forma más familiar para el participante, haciendo que le sea más sencillo encontrarlos.
- Se aplicó un fondo que hace referencia a la astronomía, de esta forma se busca aumentar la inmersión del participante aumentando su nivel de concentración.

## VI. EVALUACIÓN

Para evaluar la propuesta realizamos una serie de evaluaciones con el objetivo de responder las siguientes preguntas:

- 1) ¿Cuál fue el nivel de usabilidad del prototipo?

- 2) Los participantes que realizaron el tutorial, ¿han adquirido los conocimientos necesarios para la clasificación de imágenes?
- 3) ¿El nivel de confianza de los usuarios luego de finalizar el tutorial, se correspondió con el conocimiento real? En este caso se quiere verificar que ante un nivel de confianza alto, las respuestas sin asistencias sean correctas. /
- 4) ¿Qué elementos de *gamification* fueron los más relevantes para los usuarios?
- 5) Luego de finalizar el tutorial, ¿los ciudadanos continuaron con la clasificación de las imágenes?

Para poder responder las preguntas enunciadas anteriormente, realizamos una serie de evaluaciones con voluntarios en donde utilizaron diferentes versiones del prototipo. Luego, cada participante completó una serie de cuestionarios. La información que recabamos de cada muestra incluye:

- Cantidad de participantes.
- Preguntas correctas durante la fase de entrenamiento.
- Nivel de confianza de cada participante luego del entrenamiento (del uno al diez).
- Cantidad de preguntas contestadas luego del entrenamiento.
- Cantidad de preguntas contestadas correctamente luego del entrenamiento.
- Evaluación de usabilidad utilizando el cuestionario SUS [?].

#### A. Desarrollo de las evaluaciones

Se realizaron tres evaluaciones en los siguientes contextos:

##### **Doctorado en Informática y Planetario de La Plata**

La segunda prueba se realizó con alumnos del Doctorado en Informática de la Facultad de Informática de la UNLP y Asistentes al planetario de la ciudad de La Plata. Estas pruebas se realizaron dentro del edificio de la Facultad de Informática de la UNLP y en el hall del edificio del planetario.

**Meet the devs** Estas evaluaciones se realizaron en el contexto de la convención "Meet The Devs" realizada en el Centro Cultural San Martín de la ciudad de Buenos Aires. "Meet The devs" es una exposición de videojuegos argentinos, en la cual los participantes pueden ver y probar los videojuegos argentinos que se están desarrollando y conocer a sus creadores.

**Expo ludica** La última evaluación se realizó en la exposición "Expo Ludica" en el Pasaje Dardo Rocha de la ciudad de La Plata. "Expo ludica" es una exposición de juegos en general incluyendo videojuegos, juegos de tablero, juegos de cartas, entre otros. Los participantes en esta exposición fueron entusiastas de los videojuegos y desarrolladores.

#### B. Resultados

A continuación detallaremos los resultados para las diferentes evaluaciones. La Tabla I muestra la organización del uso de las versiones de los prototipos en los diferentes contextos.

TABLE I: Configuración de las evaluaciones

	<b>OnlyOne</b> X	<b>Multiple</b> X	<b>Evolution</b>
Doctorado y Planetario			
Meet the dev			X
Expo Lúdica			X

#### C. Expo ciencias

En la exposición participaron 25 personas. La edad promedio de los participantes fue de 29,8 años, con un desvío estándar (DE) de 10,92, dichos participantes respondieron tres preguntas a modo de entrenamiento y siete preguntas a modo de control con los siguientes resultados:

de las 75 preguntas de entrenamiento, 72 fueron correctas (96 %). Además, se respondieron 175 preguntas de control de las cuales 162 fueron respondidas correctamente (96,57 %). Los Participantes indicaron un nivel de confianza promedio de 7,4 (DE 1.65), y la evaluación SUS obtuvo 86,56.

#### D. Doctorado en informática y Planetario de La Plata

los participantes se dividieron en 2 grupos, un grupo utilizó la versión del prototipo *OnlyOne* y la otra parte utilizó *Multiple*. Adicionalmente a las pruebas con el prototipo y el cuestionario SUS, los participantes respondieron el siguiente cuestionario:

- ¿Que te pareció el entrenamiento?
- ¿repetió el entrenamiento?
- ¿Que tipo de puntaje te dimos? (Puntos o insignias)
- ¿Notaste la tabla de lideres?;¿te interesó?
- ¿Como crees que te fue con las preguntas que no te dimos respuesta? (1-5)

1) *OnlyOne*: 13 participantes utilizaron el prototipo con una sola imagen por estrella, los mismos tenían una edad promedio de 35,15 años (DE 7,65). De los 13 participantes, 8 eran docentes universitarios participando del posgrado y 5 eran personas interesadas por la astronomía que se acercaron al planetario. Esta versión del prototipo contaba con siete preguntas de entrenamiento, el participante tenía la posibilidad de repetir la etapa de entrenamiento y una cantidad libre de preguntas a modo de control, es decir el participante decidía cuando finalizar la prueba. Como resultado obtuvimos que, de las 106 preguntas de entrenamiento realizadas 71 fueron respondidas correctamente (66,9 %). Luego de este entrenamiento los participantes indicaron un nivel de confianza promedio de 5,28 sobre 10 (DE 2,46).

En total se respondieron 289 preguntas de control de las cuales 201 fueron correctas es decir 69.55 %. Los participantes realizaron en promedio 18.27 preguntas de control, sin embargo con desvío estándar de 17,06; Esto se debe a que algunos participantes respondieron una gran cantidad de preguntas (hasta 52 preguntas), otros en cambio decidieron responder una o dos preguntas solamente, e incluso 1 caso no respondió ninguna de las preguntas.

En esta versión del prototipo a los participantes se les asignaron puntos o insignias luego de completar el entrenamiento.

Notamos que a los participantes que se les asignaron insignias tuvieron un mejor feedback que los participantes que recibieron puntos, debido a que las insignias son más llamativas gráficamente que los puntos y pueden llegar a dar una mayor sensación de recompensa, sin embargo muchos participantes no notaron la tabla de líderes y, los que los notaron, no les interesó conocer su puntaje.

Con respecto a la evaluación SUS, la misma obtuvo un resultado de 77,18 sobre 100.

En cuanto al cuestionario realizado, de las 8 personas que recibieron insignias, 2 personas no las notaron, mientras que de las 5 personas que recibieron puntos ninguno los notó. Los participantes indicaron su percepción sobre como le fue luego del entrenamiento, los participantes tuvieron un promedio de 2.95 sobre 5 (Desvío estándar 0.68)

2) *Multiple*: Doce participantes utilizaron el prototipo con múltiples imágenes por estrella, los participantes tuvieron una edad promedio de 32,25 (DE 9,15). De los doce participantes, ocho eran docentes universitarios participando del posgrado y cuatro eran personas interesadas en astronomía que se acercaron al planetario.

De las 70 preguntas de entrenamiento, 48 fueron respondidas correctamente (68,57 %). Luego de este entrenamiento, los participantes indicaron un nivel de confianza promedio de 5,6 (DE 3,08). Luego del entrenamiento, los participantes realizaron en promedio 11,91 (DE 7,94). Esto indica que la cantidad de preguntas de control realizadas entre los participantes de versión del prototipo es más homogénea si la comparamos con la versión de una imagen por estrella. En total se respondieron 143 preguntas de control, de las cuales 94 preguntas fueron respondidas correctamente, es decir 65,73 %.

Al igual que la versión con una sola imagen, a los participantes se los consultó sobre los elementos de *gamification* incluidos en el prototipo. Los participantes se mostraron más entusiasmados con las insignias que con los puntos luego del entrenamiento. Al mismo tiempo, a los participantes no les interesó conocer su puntaje en comparación con el resto de los participantes. Con respecto a la evaluación SUS tuvo un valor de 58.75, lo cual indica que los usuarios se sintieron menos cómodos al utilizar la versión con muchas imágenes en comparación con la versión con una sola imagen.

El cuestionario realizado arrojó que, de las 4 personas que recibieron insignias solo 3 las notaron, mientras que de las 8 personas que recibieron puntos, la mitad de ellos no los notó, as mismo los participantes indicaron que, según ellos mismos, su percepción de sus resultados obtenidos luego del entrenamiento fue de 3 sobre 5 en promedio (desvío estándar 1.07)

3) *Meet the devs*: En la exposición "Meet the devs" participaron 7 personas, las mismas eran desarrolladores de videojuegos. Los participantes respondieron cinco preguntas de entrenamiento y luego una cantidad indefinida de preguntas de control, es decir, los participantes podían terminar la prueba cuando ellos querían.

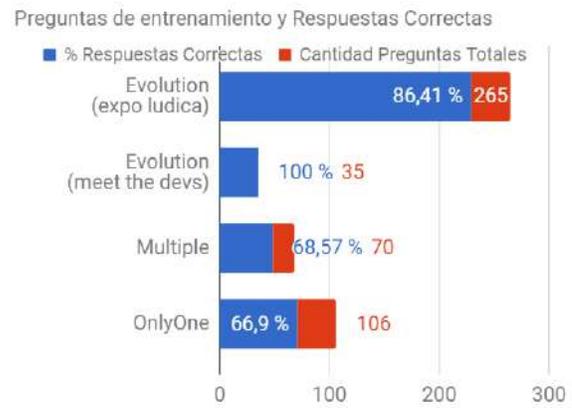


Fig. 3: Preguntas de entrenamiento

En total se respondieron 35 preguntas de entrenamiento, con 35 respuestas correctas, es decir, el 100 % de las preguntas fueron respondidas correctamente. Luego de este entrenamiento los participantes indicaron un nivel de confianza promedio de 9 con un desvío estándar de 1. Se respondieron 120 preguntas de control de las cuales 85 fueron respondidas correctamente, es decir 70,81 %, en promedio los participantes respondieron 8 preguntas con un desvío estándar de 4,14, de este promedio estamos excluyendo a un participante que respondió 72 preguntas ya que consideramos que no es representativo en relación al resto de los participantes.

A diferencia de las pruebas anteriores a los participantes les gustó la idea de comparar su puntaje con las del resto de los participantes. En cuanto a la evaluación SUS, la misma tuvo un valor de 78.5, lo cual muestra una gran mejoría con respecto de las evaluaciones anteriores.

4) *Expo Lúdica*: La última prueba se realizó dentro del la exposición "Expo Ludica" en la que participaron 53 personas.

Cada participante respondió 5 preguntas de entrenamiento. En total se realizaron 265 preguntas de entrenamiento, de las cuales 229 fueron respondidas correctamente, es decir un 86.41 % de respuestas correctas dentro del entrenamiento. Luego de esta etapa los participantes indicaron un nivel de confianza de 6,9 en promedio (DE 2.7). Se respondieron 486 preguntas de control, de las cuales 386 fueron correctas, es decir 79.42 %. En promedio, cada participante respondió 9,16 preguntas de control (DE 8,11).

Al igual que la prueba en "Meet The Devs", los participantes reaccionaron de forma positiva al ver su puntuación comparada con la de otros. La evaluación SUS obtuvo 78,75.

### E. Comparación entre versiones

En esta sección analizamos en forma comparativa los resultados obtenidos en los diferentes contextos y versiones.

¿Cuál fue el nivel de usabilidad del prototipo? Utilizando las evaluaciones SUS, podemos evaluar el nivel de usabilidad de las distintas versiones del prototipo. Las versiones *OnlyOne* y *Multiple* contaban con un tutorial interactivo semejante a las tareas que el participante debía resolver, sin embargo el

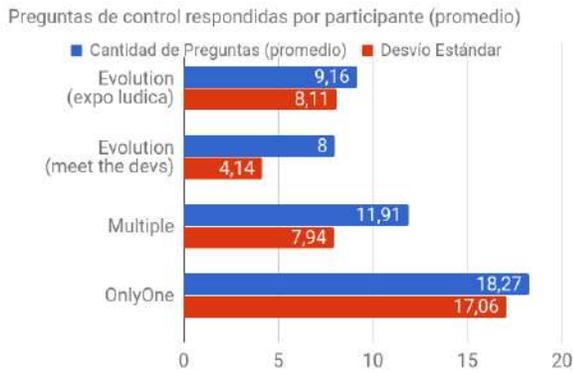


Fig. 4: Promedio de preguntas de control respondidas por participante

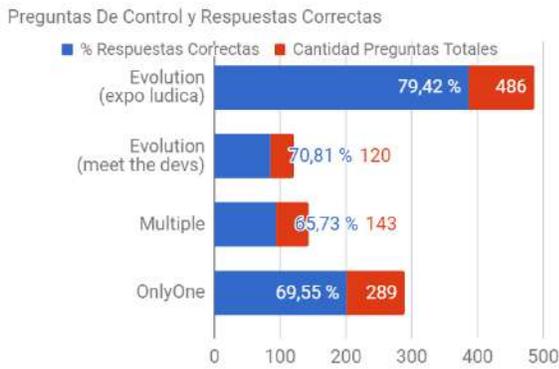


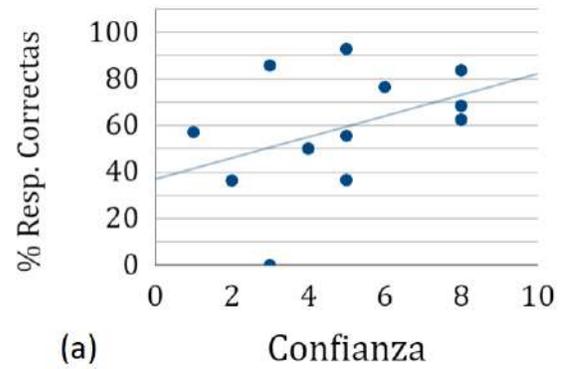
Fig. 5: Preguntas de Control

diseño de la estética marcó algunos problemas de usabilidad con resultados SUS de 77,18 para la versión *OnlyOne* y 58,75 para *Multiple*. Al mejorar la estética en la versión *Evolution*), el valor de SUS repercutió positivamente ya que obtuvimos 78,5 en la exposición "Meet The Devs" y 78,75 en "Expo Lúdica".

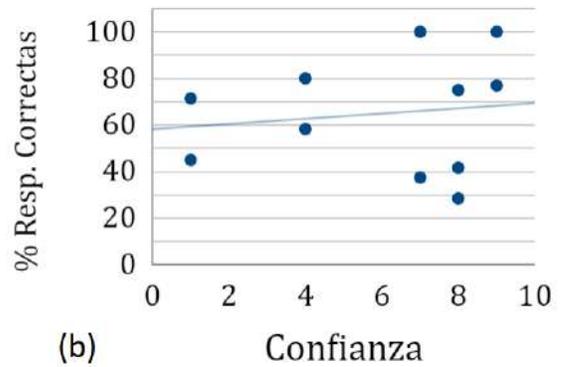
Los participantes que realizaron el tutorial, ¿han adquirido los conocimientos necesarios para la clasificación de imágenes? Observando la Figura 5 podemos observar que en la versión *Evolution* del prototipo se realizaron 486 preguntas de control, obteniendo un 79,42 % de respuestas correctas, podemos decir que los participantes obtuvieron los conocimientos necesarios para detectar *bow shocks*. En los otros prototipos los valores fueron menores en coincidencia con los elementos de mejoras aplicados.

¿El nivel de confianza de los usuarios luego de finalizar el tutorial, se correspondió con el conocimiento real? La Figura 6 muestra una comparativa entre el nivel de confianza y las respuestas correctas de cada participante. Podemos observar a lo largo de las versiones se va generando un cumulo donde coinciden la confianza con las respuestas correctas. Al igual que en las repuestas correctas, el prototipo *Evolution* es el que mejor desempeño muestra (Alternativa (c) en la Fig. 6).

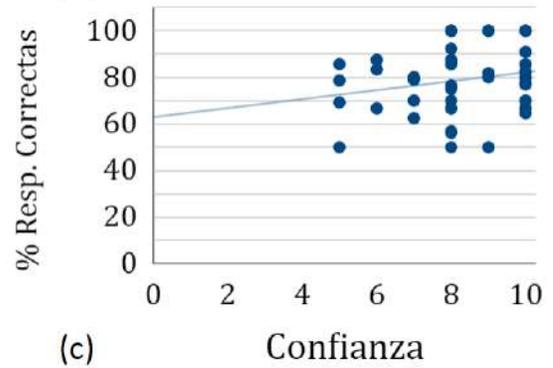
¿Qué elementos de gamification fueron los más relevantes para los usuarios? Las insignias fueron más valoradas en



(a)



(b)



(c)

Fig. 6: Relación entre confianza y porcentaje de respuestas correctas. (a) OnlyOne (b) Multiple (c) Evolution

las pruebas realizadas en doctorado y el planetario, donde podemos caracterizar usuarios con menos cultura de competencia. Por el contrario, en las exposiciones de juegos las tablas de puntuaciones fueron más valoradas. Esto ultimo coincide con un público más acostumbrado a la cultura de la competencia. El perfil de cada participante se mostró diferente en los contextos de evaluación.

Luego de finalizar el tutorial, ¿los ciudadanos continuaron con la clasificación de las imágenes? En términos generales los participantes han continuado con la clasificación. El número de preguntas respondidas es en promedio de 9,16 (DE 8,11) en el caso del prototipo *Evolution* en la evaluación de "Expo lúdica" y con valores similares en la evaluación de "meet the devs". El resto de los prototipos lo ha superado en cantidad (*Multiple* con 11,91 (DE 7,94) y *OnlyOne* con 18,27

(DE 17,06)). El tipo de participantes de los dos primeros casos parece notar que las sesiones de competencia son intensas y cortas, con necesidad de nuevos desafíos, mientras que en los últimos dos casos las sesiones de participación son más largas. Ambos casos muestran un nivel de participación muy bueno, ya que cada jugador (en el peor de los casos) ayudó en la clasificación de 8 estrellas.

## VII. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

En este artículo presentamos una serie de evaluaciones con el fin de analizar la utilización de estrategias de *gamification* en tutoriales para proyectos de ciencia ciudadana para la clasificación de fotos sobre un tipo de estrellas llamadas *Runaway stars*. El artículo presenta tres alternativas de prototipos donde en cada una se analizan diferentes elementos de la aplicación de lógicas de juego.

Las evaluaciones han mostrado que los elementos de gamificación deben ser aplicados de acuerdo al perfil de los usuarios, permitiendo competencia en aquellos usuarios acostumbrados a las lógicas de juegos como así también adecuarse a aquellos participantes menos competitivos, donde las insignias han sido mejor recibidas. Por otra parte, el nivel de correctitud y aprendizaje necesario para la detección de los elementos específicos del proyecto de ciencia ciudadana se han completado con mayor nivel de acierto con aquellos prototipos donde se han desarrollado más los elementos de *gamification*.

En este artículo presentamos un conjunto de desafíos que requieren los participantes de un proyecto de ciencia ciudadana para la clasificación de imágenes de elementos poco cotidianos, esto incluye la variedad de casos existentes, la variedad de representación de la información.

El estudio se desprende de la implementación de tres prototipos evaluados en diferentes oportunidades. Cada prototipo presenta características diferentes sobre la utilización de elementos de *gamification*. En las evaluaciones se analizaron cuales de los elementos de *gamification* fueron más valorados por los usuarios, en qué medida han aprendido lo que el tutorial presentaba, el nivel de satisfacción y usabilidad. Las evaluaciones mostraron que las estéticas, la valoración por puntos, la premiación con insignias y la competencia han sido elementos promisorios en este tipo de tutoriales.

Como trabajo futuro se debe profundizar la aplicación del enfoque propuesto, para poder continuar mejorando en el entrenamiento de los participantes, dentro de los elementos a trabajar podemos incluir mejoras en las pistas sonoras, mejoras en la utilización de textos, y mejoras en la estética en general. Referido a la *gamification* se puede seguir trabajando en la adaptación de las formas de *gamification* de acuerdo a los perfiles de usuario y una proyección de los mismos a las etapas siguientes al tutorial.

Finalmente se debe trabajar para que, luego de finalizada la etapa de entrenamiento el usuario no solo pueda clasificar las imágenes, si no que entienda el fenómeno natural que ocurre en cada una de ellas, esto se debe lograr sin sacrificar demasiado la simpleza y facilidad de uso del entrenamiento.

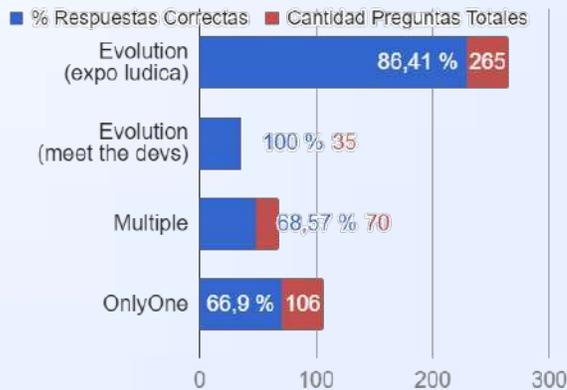
# Uso de la Gamification en el Entrenamiento de un Proyecto de Ciencia Ciudadana

Uno de los retos de la ciencia ciudadana es el entrenamiento de los voluntarios para realizar las tareas requeridas por una investigación científica. Un enfoque para superar este reto es el uso de estrategias de gamification. Para evaluar el uso de estas estrategias realizamos diferentes pruebas con participantes de diferentes entornos y edades.

Estas pruebas las realizamos con diferentes prototipos del proyecto *runaway stars*, un proyecto dedicado a la clasificación de imágenes astronómicas.



Preguntas de entrenamiento y Respuestas Correctas



## Resultados

Las evaluaciones demostraron que los elementos de *gamification* deben ser aplicados de acuerdo al perfil de los usuarios, permitiendo competencia en aquellos usuarios acostumbrados a las lógicas de juegos como así también adecuarse a aquellos participantes menos competitivos, donde las insignias han sido mejor recibidas. Por otra parte, el nivel de correctitud y aprendizaje necesario para la detección de los elementos específicos del proyecto de ciencia ciudadana se han completado con mayor nivel de acierto con aquellos prototipos donde se han desarrollado más los elementos de gamification.

Un punto a destacar es que, la estética integrada con el proyecto es vital a la hora de transmitir el conocimiento. Las Evaluaciones arrojaron que el uso de texto no invasivo y la acentuación del contraste en las áreas que requieren la atención del participante ayudaron a los mismos a realizar un mejor análisis de las imágenes y a obtener mejores resultados.

Preguntas De Control y Respuestas Correctas

