



RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes



Universidad
Nacional
de Quilmes

Dalponte Ayastuy, María

Ludificación adaptativa para proyectos colaborativos de ciencia participativa



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Dalponte Ayastuy, M. (2025). *Ludificación adaptativa para proyectos colaborativos de ciencia participativa*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes
<http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/5443>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Ludificación adaptativa para proyectos colaborativos de ciencia participativa

TESIS DOCTORAL

María Dalponte Ayastuy

mdalponte@unq.edu.ar

Resumen

En este trabajo se considera que la ludificación es el uso de elementos de los juegos en contextos que no son juegos. Sin embargo, ya se han identificado problemas en la ludificación, relacionados a las diferentes personalidades y estilos de juego de las personas, que sugieren la necesidad de adaptar los juegos (y sistemas ludificados) a cada persona a cada contexto.

El objetivo de esta tesis doctoral es conceptualizar los proyectos colaborativos de recolección basados en la ubicación y el tiempo, para luego sistematizar y evaluar enfoques de ludificación adaptativa.

Universidad Nacional de Quilmes

Departamento de Ciencia y Tecnología



**Ludificación Adaptativa para Proyectos
Colaborativos de Ciencia Participativa**

Tesis del doctorado en Ciencia y Tecnología

Candidata:

Lic. María Dalponte Ayastuy

Directores:

Dr. Diego Torres

Dr. Alejandro Fernández

Jurado:

Dra. Patricia Paderewski-Rodríguez

Dr. Cristian García Bauza

Dr. César Collazos

2019/2025

Para Saúl, y también esas personas que ya no están y a quienes
seguimos buscando.

*No se puede crear nada fuera de nosotras
sin antes haberlo creado en nosotras.*

Victoria Ocampo

*Creo que la verdad está bien en
las matemáticas, en la química, en la filosofía.
No en la vida.
En la vida es mas importante la ilusión,
la imaginación, el deseo, la esperanza.*

Ernesto Sábato

*Un hombre de las viñas habló, en agonía, al oído de
Marcela. Antes de morir, le reveló su secreto:
"La uva -le susurró- está hecha de vino"
Marcela Pérez-Silva me lo contó, y yo pensé:
Si la uva está hecha de vino, quizá nosotros
somos las palabras que cuentan lo que somos.*

Eduardo Galeano (El libro de los abrazos)

Agradecimientos

Agradezco a mis hijos por siempre mostrarme lo importante. Gracias por jugar conmigo.

Gracias Dani por tu amor y templanza, por acompañarme en este proceso, y por ofrecerme tu abrazo incondicional.

Gracias viejos por ser ejemplo de esfuerzo, trabajo y resiliencia.

Gracias hermanitos por ser sinónimo de alegría y compañerismo, a pesar de la distancia y las dificultades.

Gracias a mis amigas, que son hermanas y son tribu, con la más increíble fuerza sorora y la más amorosa inteligencia colectiva.

Gracias Casco por compartir tu magia con este proyecto. Y gracias Diego por tantas cosas: por tu talento, tu compañerismo, tu capacidad de discernimiento y tus palabras de aliento.

Finalmente, gracias a la Universidad Nacional de Quilmes y la Universidad Nacional de La Plata por ser la posibilidad y el vehículo de este proceso de transformación tan importante para mi.

Resumen estructurado

Antecedentes

Los proyectos de ciencia participativa cuentan con la colaboración de una comunidad que se involucra activamente en tareas que van desde la identificación y co-diseño de proyectos de investigación, hasta la recopilación y el análisis de datos. Muchas de estas actividades de colaboración masiva se apoyan en tecnología que permite que las personas colaboren, cooperen o construyan conocimiento colaborativamente. Además, para que esa colaboración tenga éxito, el tamaño y características de su comunidad es importante.

En muchos proyectos de ciencia participativa se necesita conocer el lugar y el momento donde fueron completadas las tareas de recolección. Los proyectos con estas características requieren contar con el apoyo de un Sistema Colaborativo de Recolección Basado en la Ubicación (CLCS por sus siglas en inglés: *Collaborative Location-based Collecting Systems*) que les permite a las personas recolectar datos y asociarlos a coordenadas espacio-temporales[1].

Estos proyectos podrían reforzar sus comunidades (atrayendo más personas o sosteniendo la participación de aquellas que ya son parte) utilizando recursos motivacionales [2] como la ludificación. En este trabajo se considera que la ludificación es el uso de elementos de los juegos en contextos que no son juegos [3]. Sin embargo, ya se han identificado problemas en la ludificación, relacionados a las diferentes personalidades y estilos de juego de las personas, que sugieren la necesidad de adaptar los juegos (y sistemas ludificados) a cada persona en cada contexto.

Hipótesis

En este trabajo se afirma que aplicar una **estrategia o mecanismo de adaptación a un sistema ludificado** para proyectos de tipo CLCS, **mejora el sistema** en 2 aspectos: Genera más aceptación por parte de las personas y el rendimiento de las personas es mayor. Más específicamente, se plantean las siguientes dos hipótesis:

H1 : La incorporación de la adaptación al sistema ludificado mejora la experiencia de participación de las personas en los proyectos.

H2 : Es posible medir mejoras en los resultados del rendimiento a partir de la incorporación de la adaptación al sistema ludificado.

Objetivos

El objetivo de esta tesis doctoral es conceptualizar los proyectos colaborativos de recolección basados en la ubicación y el tiempo, para luego sistematizar y evaluar enfoques de ludificación adaptativa. Esto puede detallarse en los siguientes objetivos específicos:

- Relevar el estado del arte y establecer el marco conceptual relacionado a la ludificación, personalización y adaptación en proyectos de tipo CLCS.
- Conceptualizar los proyectos de tipo CLCS, delimitando sus tareas de recolección y expresar sus objetivos en función de esto.
- Proponer una ludificación para proyectos CLCS que permita diferentes ejes de adaptación y que contemple algún criterio de requisitos mínimos según el marco conceptual.
- Conceptualizar el modelo de adaptación donde se evidencien las distintas posibilidades para adaptar la ludificación del proyecto CLCS, y a partir de esto explorar distintos enfoques de adaptación.
- Proponer un mecanismo de evaluación para los enfoques de ludificación adaptativa, que considere la experiencia de juego (*psychological outcomes*) así como el desempeño de las personas colaboradoras (*behavioural outcomes*).

Métodos

Para abordar el primer objetivo de relevar el estado del arte, se llevó a cabo un mapeo sistemático que plantea una búsqueda estructurada a partir de las palabras claves (y sus posibles variaciones) en las bases de datos científicas más reconocidas, a cuyo resultado luego se le aplican filtros para determinar el conjunto de artículos primarios. Entonces se plantea un conjunto de preguntas de investigación para identificar los métodos de personalización y adaptación, los elementos de juego y los modelos de persona que se aplican en los trabajos. Este mapeo no solo confirmó que la investigación en cuanto a ludificación adaptativa es incipiente, sino que también permitió identificar los modelos teóricos existentes en cuanto a motivación, elementos de juego, metodología de diseño de sistemas ludificados y perfilamiento de personas jugadoras.

Con el propósito de proponer un modelo de persona que implicara un insumo de la adaptación de la ludificación, se diseñó un mecanismo de perfilamiento del comportamiento espacio-temporal. En particular se plantea sintetizar las interacciones de la persona con el sistema ludificado, en una secuencia de átomos de comportamiento. Para probar este enfoque se utiliza un conjunto de datos abierto de *check-ins* de la aplicación *Foursquare*.

A continuación se presenta un modelo de tareas de recolección que consideran las características de los proyectos colaborativos de recolección basados en la ubicación y el tiempo, y que sientan las bases para proponer un sistema ludificado para CLCS.

Considerando los posibles enfoques de adaptación relevados en el estudio del estado del arte, se analiza su aplicabilidad en el modelo de juego propuesto para CLCS, dando lugar a un catálogo de patrones o estrategias de adaptación. Este catálogo se describe minuciosamente a partir de un lenguaje estructurado definido ad-hoc.

Para evaluar la jugabilidad y experiencia de juego, se desarrolla una plataforma de ludificación desacoplada que permite diseñar e implementar ludificaciones basadas en el modelo adaptativo presentado, soportando dos de las estrategias de adaptación presentadas en el catálogo. La evaluación también incluye la inspección de personas expertas y el diseño de una metodología de evaluación del desempeño de los sistemas ludificados.

Conclusiones

Se propuso un modelo de ludificación desacoplado basado en tareas de recolección, utilizando un sistema de retribución de puntos, medallas y una tabla de posiciones que se ajusta a la teoría de la autodeterminación, satisfaciendo necesidades psicológicas como autonomía, competencia y relación. Además, este modelo es escalable, permitiendo adaptaciones siguiendo diferentes estrategias. Por otro lado, este proceso doctoral dió lugar a varias perspectivas de investigación que pueden profundizar lo anterior: ideas para mejorar el modelo de juego incorporando nuevos elementos y dimensiones de adaptación, mejorar la plataforma *Rayuela*, ampliar el catálogo de estrategias de adaptación e incorporar perfilamiento de la comunidad.

Palabras clave: Ludificación Adaptativa, Proyectos Colaborativos, Ciencia Participativa.

Structured abstract

Background

Citizen science relies on the participation of the general public who actively engage in tasks ranging from identifying research questions to collecting and analysing data. Many of these mass collaboration activities are supported by technology that allows people to collaborate, cooperate or build knowledge collaboratively. This is the case of projects such as *Zooniverse* or platforms such as *Wikipedia*. Moreover, for such collaboration to be successful, the size and characteristics of your community are important.

Many citizen science projects need to know where and when the collecting tasks were completed. Projects with these characteristics require the support of a Collaborative Location Based Collection System (CLCS): that allows people to collect data associated with spatio-temporal coordinates.

These projects could strengthen their communities (by attracting more people or sustaining those who are already part of them) by using motivational affordances such as gamification. Gamification is the use of game elements in non-game contexts [3].

Hypotheses

This paper argues that *applying a strategy or adaptation mechanism to a gamified system* for location-based collecting projects (CLCS) improves the system in two ways: It generates more acceptance by the people and the performance of the people is higher. More specifically, the following two hypotheses are put forward.

H1 : Incorporating adaptation to the gamified system improves people's experience of participating in projects.

H2 : It is possible to assess improvements in performance outcomes from incorporating adaptation into the gamified system.

Objectives

The aim of this doctoral thesis is to conceptualise location and time based collaborative collection projects, and then systematise and evaluate adaptive gamification approaches. This can be detailed in the following specific objectives:

1. To survey the state of the art and establish the conceptual framework related to gamification, personalisation and customisation in spatially and temporally sensitive collaborative collection projects.
2. Conceptualise CLCS projects, delimiting their collection tasks and therefore their objectives in this respect.
3. Propose a gamification for CLCS projects that allows for different axes of adaptation and that contemplates some minimum requirement criteria according to the conceptual framework.
4. Conceptualise the adaptation model where the different possibilities for adapting the CLCS project's gamification are evidenced.
5. Propose an evaluation mechanism for adaptive gamification approaches, which considers the game experience (psychological outcomes) as well as the performance of the collaborators (behavioural outcomes).

Methods

To address the first objective of surveying the state of the art, a systematic mapping was carried out, involving a structured search on the basis of keywords and their possible variations in scientific databases, the results of which are then filtered to determine the set of primary articles. A set of research questions is then posed to identify the personalisation and adaptation methods, game elements and persona models applied in the works. This mapping not only confirmed that research on adaptive gamification is in its infancy,

but also allowed us to identify existing theoretical models in terms of motivation, game elements, gamified system design methodology and player profiling.

In order to propose a model of the person as an input for the adaptation of gamification, a spatio-temporal behavioural profiling mechanism was designed. In particular, it is proposed to synthesise the interactions of the person with the gamified system into a sequence of behavioural atoms. To test this approach, an open dataset from the Foursquare application is used.

A model of collection tasks that consider the characteristics of location-based and time-based collaborative collection projects is presented below, and lays the foundation for proposing a gamified system for CLCS.

Considering the possible adaptation approaches revealed in the state-of-the-art study, their applicability in the proposed CLCS game model is analysed, resulting in a catalogue of adaptation patterns or strategies. This catalogue is described in detail on the basis of an ad-hoc structured language.

To evaluate the playability and game experience, a decoupled gamification platform is designed and developed to design and implement gamification based on the presented adaptive model, supporting two of the adaptation strategies presented in the catalogue. The evaluation also includes the inspection of experts and the design of a methodology to evaluate the performance of the gamified systems.

Conclusions

A decoupled gamification model based on collection tasks was proposed, using a reward system of points, medals and a leaderboard that conforms to self-determination theory, satisfying psychological needs such as autonomy, competence and relatedness. Moreover, this model is scalable, allowing for adaptations following different strategies. On the other hand, this doctoral process gave rise to several research perspectives that can deepen the above: ideas for improving the game model by incorporating new elements and dimensions of adaptation, improving the platform, expanding the catalogue of adaptation strategies and incorporating community profiling.

Keywords: Adaptive Gamification, Collaborative Projects, Citizen science.

Índice general

I	Presentación y antecedentes	19
1.	Introducción	20
1.1.	Problema: optimizar y sostener la participación . . .	23
1.2.	Hipótesis y objetivos	24
1.3.	Aportes de la tesis	25
1.4.	Resultados	28
1.5.	Organización del documento	31
2.	Marco conceptual	36
2.1.	Teorías de la motivación	37
2.1.1.	Teoría de la autodeterminación	38
2.1.2.	Teoría del estado de fluidez	40
2.1.3.	Las claves de la diversión	42
2.1.4.	Motivación en relación a los proyectos colabo- rativos	43
2.2.	Juegos, ludificación y sistemas ludificados	44
2.2.1.	Relación entre las personas y el juego	44
2.2.2.	Ludificación	47
2.2.3.	Elementos de sistemas ludificados	48
2.2.4.	Metodología de diseño de sistemas ludificados	50
2.3.	Arquetipos de personas jugadoras	54
2.3.1.	Tipología de Bartle	55
2.3.2.	Tipología BrainHex	57
2.3.3.	Tipología Hexad	59
2.4.	Modelo de proyecto colaborativo y comunidad	62
2.5.	Adaptación y personalización de la ludificación	63
2.6.	Evaluación de sistemas ludificados	64

3. Estado del arte	66
3.1. Trabajos relacionados	67
3.2. Método	68
3.2.1. Preguntas de investigación	69
3.2.2. Orígenes de datos y estrategia de búsqueda . .	70
3.2.3. Extracción de información	71
3.3. Resultados de la búsqueda	74
3.4. Resultados de la clasificación y extracción de infor- mación	75
3.4.1. Sobre la personalización	75
3.4.2. Sobre la adaptación	76
3.4.3. Sobre los elementos de juego	79
3.4.4. Sobre el método de investigación	80
3.4.5. Sobre el modelo de persona jugadora	81
3.5. Conclusiones del relevamiento del estado del arte . .	82
4. Problema: adaptar la ludificación en proyectos CLCS	83
 II Contribuciones de la tesis	 86
5. Perfilamiento del comportamiento espacio-temporal	87
5.1. Detección de átomos de comportamiento	89
5.2. Tipos de personas según su UTB	91
5.3. Aplicación de las UTB en la adaptación de la ludifi- cación	94
6. Modelo de tareas de recolección	96
6.1. Motivación	96
6.2. Modelo de tareas de recolección	100
6.3. Progreso sobre los objetivos de recolección	101
6.4. Resumen del capítulo	102
7. Modelo de Juego para CLCS	103
7.1. Puntos, medallas y tablas de posiciones	104
7.1.1. Retribución con puntos	105
7.1.2. Retribución con medallas	106
7.1.3. Estado de victoria	107
7.1.4. Perfil de persona jugadora	108
7.2. Progreso en el juego	109

7.3.	Ejemplo de ludificación: proyecto Nuestros Árboles . . .	110
7.4.	Ejemplo de ludificación: Anticipando la crecida . . .	112
7.4.1.	Definición del sistema de puntos	114
7.4.2.	Definición del sistema de retribución de medallas	115
7.5.	Modelo de juego adaptativo	115
7.5.1.	Función extendida de retribución con puntaje	118
7.5.2.	Conjunto extendido de medallas	118
7.5.3.	Perfil extendido de persona jugadora	120
7.6.	Resumen del capítulo	122
8.	Catálogo de estrategias de diseño de adaptación	124
8.1.	Objetivos de ludificación	125
8.2.	Lenguaje de descripción de las estrategias	126
8.3.	Estrategias a nivel de componentes	128
8.3.1.	CAS 1: Lista de tareas aumentada	128
8.3.2.	CAS 2: Medallas centradas en la persona . . .	130
8.3.3.	CAS 3: Adecuación del aspecto de las medallas	132
8.3.4.	CAS 4: Desvanecimiento de medallas	134
8.3.5.	CAS 5: Recomendación de tareas	136
8.3.6.	CAS 6: Medallas cercanas	138
8.4.	Estrategias a nivel de mecánicas	140
8.4.1.	MAS 1: Retribución de puntos elástica	140
8.4.2.	MAS 2: Aumentar o mitigar esfuerzo	142
8.4.3.	MAS 3: Rebanar tabla de posiciones	144
8.4.4.	MAS 4: Envejecimiento de la tabla de posiciones	146
8.5.	Resumen del capítulo	148
9.	Estrategia de adaptación: Recomendación de tareas de recolección	149
9.1.	Sistemas de recomendación multicriterio	150
9.2.	Estimación de la opinión	152
9.3.	Recomendación de tareas	153
9.4.	Actualización del perfil	154
9.5.	Criterios para la recomendación	157
9.6.	Resumen del capítulo	158

III Evaluación y conclusiones	159
10. <i>Rayuela</i>: Plataforma de ludificación	160
10.1. Perfil de colaboración	163
10.2. Perfil de administración	167
11. Evaluación de enfoques de ludificación adaptativa para CLCS	171
11.1. Evaluación del diseño ludificado	172
11.1.1. Descripción de heurísticas para evaluar la motivación intrínseca	172
11.1.2. Descripción de heurísticas para evaluar la motivación extrínseca	175
11.1.3. Descripción de heurísticas dependientes del contexto	177
11.1.4. Resultados de la evaluación del diseño	178
11.1.5. Conclusiones de la evaluación del diseño ludificado	185
11.2. Evaluación de la experiencia de juego	185
11.2.1. Escenarios de prueba	187
11.2.2. Resultados de la evaluación de jugabilidad	188
11.3. Evaluación del rendimiento de un sistema ludificado	190
11.3.1. (Objetivo a) Aumentar la comunidad del proyecto	191
11.3.2. (Objetivo b) Sostener el compromiso de las personas	192
11.3.3. (Objetivo c) Mejorar la calidad de las contribuciones	193
11.3.4. (Objetivo d) Completar los requisitos de muestreo del proyecto	194
11.3.5. (Objetivo e) Generar cambios conductuales	194
11.3.6. (Objetivo f) Adquirir conocimientos científicos	195
11.3.7. (Objetivo g) Pertenecer a una comunidad de conocimiento	195
11.3.8. Evaluación de una estrategia de adaptación de la ludificación	196
11.4. Resumen del capítulo	197

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	15
12. Conclusiones y trabajo futuro	198
12.1. Conclusiones	198
12.2. Trabajo Futuro	201
A. Compilado de estrategias y evaluación cuantitativa	217
A.1. Estrategias de adaptación de la ludificación	217
A.2. Evaluación cuantitativa	217

Índice de tablas

2.1. Objetivos de ludificación según Tinati et al.[29]	44
2.2. Propuesta de Werbach y Hunter en [18]	52
3.1. Cantidad de trabajos por base de datos	68
3.2. Términos de búsqueda y sus alternativas	70
3.3. Dimensiones de adaptación aplicadas	72
3.4. Mecánicas y principios de diseño de juegos, según Di- cheva et al. [33]	72
3.5. Métodos de investigación de Wieringa et al.	73
6.1. Configuraciones del proyecto CLCS	98
6.2. Lista de tareas de recolección	98
6.3. <i>check-in</i> de tipo formulario	99
6.4. <i>check-in</i> de tipo registro fotográfico	99
6.5. Progreso sobre las tareas de la lista Ω	102
7.1. Nuestros Árboles: Configuración de ludificación . .	113
8.1. Lenguaje de descripción de los patrones de ludifica- ción adaptativa	127
9.1. Valoración multi-criterio con 4 criterios para la per- sona y 2 criterios para el proyecto	157
10.1. Censo forestal: Configuración de ludificación	169
11.1. Descripción de la población participante	187
A.1. Resumen de los patrones del catálogo	218
A.2. Resumen de la evaluación del rendimiento	219

Índice de figuras

2.1. Estado de fluidez[24]	40
2.2. El lugar de la ludificación según Deterding et al.[3]	47
2.3. Tipos de personas jugadoras según Richard Bartle: Versión primigenia [43] y versión extendida	55
2.4. Tipos de personas jugadoras en la tipología <i>Hexad</i> , según motivación. Marczewski et al. [45]	59
3.1. Etapas del mapeo sistemático	69
3.2. Resultados RQ1: Enfoques de personalización	74
3.3. Resultados RQ2: Enfoques de Kickmeier-Rust y Al- bert [62]	74
3.4. Resultados RQ5: Perfil de la persona jugadora	75
3.5. Taxonomía de estrategias de adaptación de la ludifi- cación	81
5.1. Detección de átomos de comportamiento	89
5.2. Detección de tipos de comportamientos espacio-temporales	91
5.3. Ejemplo de normalización de series UTB	92
5.4. Series UTB de 16 períodos	93
5.5. Ejemplo de un <i>cluster</i> de series temporales y su res- pectivo promedio DBA (fuente: Petitjean et al. [76])	94
6.1. Ejemplo de mosaico de áreas	97
7.1. Algoritmo de cómputo del progreso	109
7.2. Censo forestal: Areas de trabajo	111
7.3. Nuestros Árboles: Diseño de medallas	111
7.4. Areas de trabajo para el proyecto <i>Anticipando la crecida</i>	113
7.5. Medallas del proyecto <i>Anticipando la crecida</i>	116
7.6. Proceso de diseño de la ludificación adaptativa	117

9.1. Estimación del puntaje	152
9.2. Recomendación de tareas	153
9.3. Actualización del perfil de la persona	154
10.1. Arquitectura de la plataforma <i>Rayuela</i>	161
10.2. Pantallas del perfil de colaboración	161
10.3. Pantallas del perfil de colaboración: (a) Registro - (b) Listado de proyectos - (c) mapa de tareas - (d) descripción de una tarea - (e) Registro del <i>check-in</i> - (f) Novedades	164
10.4. Pantallas de valoración de la tarea completada	165
11.1. Etapas de la evaluación de la experiencia de juego (adaptado de Salazar et al.[93])	186
11.2. Resultados de la jugabilidad	189

Parte I

Presentación y antecedentes

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se describen los proyectos colaborativos y en particular aquellos de recolección basados en la ubicación espacio-temporal, para luego describir el problema de la participación comunitaria. Entonces se plantea como hipótesis que el uso de ludificación adaptativa es una posible estrategia para atraer más personas y sostener su participación en las actividades de colaboración. También se mencionan las contribuciones de la tesis, que incluyen las publicaciones en revistas científicas y conferencias, y otros resultados académicos

La ciencia ciudadana (también conocida como ciencia participativa) engloba una serie de metodologías que fomentan y apoyan la participación de la población en general en el avance de la investigación científica y de la ingeniería, involucrándose activamente en tareas que van desde la identificación de preguntas de investigación, el diseño de protocolos, la realización de investigaciones, el diseño, construcción y prueba de sensores de bajo costo, la recopilación y el análisis de datos, el desarrollo de aplicaciones y la resolución colaborativa de problemas complejos[4].

La colaboración masiva mediada por tecnología es algo muy habitual en muchos dominios, desde aplicaciones comerciales para que las personas usuarias comenten, opinen y lean las opiniones de otras personas, hasta las plataformas de construcción colaborativa de cono-

cimiento como *StackExchange*¹ o *Wikipedia*². En todos estos casos, es importante contar con un número significativo de participantes para que esa colaboración tenga éxito. Similarmente, la colaboración masiva también está presente en la ciencia, a través de las iniciativas de ciencia participativa[5]. Tal es el caso del proyecto *Zooniverse*³, que cuenta con una de las comunidades de personas colaboradoras más grande en el ámbito de ciencia participativa: 2,8 millones de personas registradas y más de 400 proyectos científicos.

Estas situaciones de ejemplo tienen aspectos en común como tener (o necesitar) una comunidad significativamente grande de personas que contribuyen a través de la organización de sus esfuerzos, a un objetivo común. Además, esta comunidad se forma dinámicamente, está posiblemente distribuida en todo el mundo, y tiene mecanismos de coordinación que les permite compartir y consolidar su conocimiento. Las wikis, el arte colaborativo, la ciencia participativa y el *crowdsourcing* son conocidas como tecnologías sociales[6] que pueden ser consideradas como equivalentes a la hora de definir el modelo de colaboración.

Los proyectos de ciencia ciudadana dependen esencialmente de la participación sostenida de la comunidad (de personas científicas ciudadanas), y el uso de la ludificación puede facilitar la generación de compromiso y la retención de las personas [2]. La ludificación es el uso de elementos de diseño característicos de los juegos en contextos que no son juego [3]. Esta definición no restringe a la utilización de juegos completos o tecnologías de juegos, sino que se refieren a sistemas basados en juego (*Game-based systems*).

Particularmente, muchos proyectos de ciencia participativa necesitan realizar tareas de recolección en el marco de determinados objetivos de relevamiento y por lo tanto se necesita conocer el lugar y el momento donde fueron completadas las tareas. La colaboración de una persona se conoce como *check-in* y mínimamente está compuesto por una posición georeferenciada latitud-longitud, una marca de tiempo, y los datos recolectados. Además, estos proyectos proponen a la comunidad ciertas consignas o tareas de recolección que tienen restricciones temporales y/o espaciales. Como ejemplo se puede mencionar la tarea de completar un formulario con preguntas específicas o recolectar datos multimedia (imágenes, vídeo, sonido)

¹<https://stackexchange.com/> visitada el 13/2/2025

²<https://es.wikipedia.org> visitada el 13/2/2025

³<https://www.zooniverse.org/>, ultima vez accedido el 4/2/2025

estando en una zona o punto concreto y en un momento específico. Los proyectos con estas características requieren contar con el apoyo de un Sistema Colaborativo de Recolección Basado en la Ubicación (CLCS por sus siglas en inglés: *Collaborative Location-based Collecting Systems*) que les permite a las personas recolectar datos asociados a coordenadas espacio-temporales[1].

Es posible citar muchos ejemplos de proyectos de ciencia participativa de recolección basados en la ubicación. Por ejemplo, el proyecto AppEar [7] tiene como objetivo monitorear las costas de ríos, lagos y lagunas, y para esto la comunidad completa un formulario con preguntas de observación y toma fotografías a ejemplares de ciertas especies. El proyecto GeoVin [8] tiene como objetivo relevar la población del insecto vinchuca para ayudar a la prevención del mal de chagas. En este proyecto las personas deben fotografiar los insectos que encuentren e informarlo junto a la ubicación georeferenciada. El proyecto iNaturalist [9] se apoya en la colaboración de la comunidad para relevar todos los organismos vivos de la naturaleza, indicando el lugar y el momento en que fueron relevados. Los ejemplos mencionados tienen características comunes, como contar con una comunidad de contribuyentes deseablemente amplia, heterogénea y formada dinámicamente -probablemente distribuida en diferentes partes del mundo-, que realiza esfuerzos concertados en nombre de un objetivo común [6]. Además, disponen de mecanismos específicos de coordinación para compartir y consolidar sus conocimientos.

Estos proyectos podrían reforzar sus comunidades (atrayendo más personas o sosteniendo la participación de quienes ya son parte) utilizando los recursos de la ludificación que son considerados complementos motivacionales. Se entienden como complementos motivacionales a aquellas propiedades que se agregan a un objeto para que la persona pueda interactuar de manera que se satisfacen ciertas necesidades psicológicas [10]. Por otro lado, existen diversos enfoques para el diseño de sistemas basados en juego, que consideran diferentes metodologías para aumentar un sistema con estos complementos.

1.1. Problema: optimizar y sostener la participación

Uno de los desafíos de los proyectos de recolección basados en la ubicación es el de construir una comunidad considerablemente amplia y, en algunos casos heterogénea, cuya participación sea sostenida en el tiempo, para que las personas puedan entrenarse y alcanzar una cierta experticia en la tarea que se les pide, así como para que lleguen a apropiarse del proyecto. A través de esta comunidad comprometida, se espera que los objetivos del proyecto se alcancen en menos tiempo y de manera más eficaz.

Un sistema ludificado para CLCS debe considerar a las tareas de recolección (o un conjunto de ellas) como las acciones elementales que le permite a cada persona progresar en el juego, es decir por las cuales puede recibir retribuciones y ascender en la tabla de posiciones. Adicionalmente, la combinación de las restricciones espaciales y temporales de las tareas de recolección construye una idea de dificultad y progreso que se consideran mecánicas de juego.

A pesar de los avances en la investigación de la ludificación y sus ya demostrados beneficios en relación con el compromiso y el aumento de la actividad de las personas, estos beneficios se consideran específicos del contexto y no generalizables a todos los individuos[11]. En algunos enfoques de ludificación, los mismos mecanismos de juego impactan de forma diferente en las distintas personas: algunas personas pueden valorar más el uso de unos elementos de ludificación que otras, o algunas encuentran la ludificación motivadora y gratificante, mientras que otras la ignoran o les hace dejar de participar en el proyecto. Estas diferencias se deben a las diferentes motivaciones, personalidades, necesidades y estilos de juego de cada quien[12, 13, 14], que además suelen cambiar en el tiempo. Si bien existen algunos avances en cuanto a la adaptación de los elementos de juego, estos no son extrapolables a los sistemas colaborativos debido a que, en estos proyectos, la intención no es sólo entretener sino también perseguir un objetivo en común[15].

Es por esto que actualmente, la corriente de investigación sobre ludificación adaptativa se cuestiona cómo considerar las subjetividades y proponer ludificaciones específicas a cada persona. Esto implica adaptar dinámicamente los elementos y mecánicas de juego que cada persona necesita en cada situación. Además, teniendo en mente

características específicas de los proyectos CLCS, la adaptación debe considerar los objetivos espacio-temporales y el trabajo colaborativo. Es por esto que se necesita que el sistema ludificado se adapte considerando también los objetivos del proyecto colaborativo, de manera de optimizar la participación y mantener el compromiso de las personas.

1.2. Hipótesis y objetivos

Evaluar empíricamente el impacto de una determinada estrategia de ludificación adaptativa presenta varios retos. En primer lugar demostrar que se consigue un sistema verdaderamente adaptativo, es decir que para distintas personas y contextos, **la ludificación que se ofrece y se percibe es diferente**. En segundo lugar, es necesario demostrar que **un escenario con ludificación adaptativa es mejor que uno en el que la ludificación no es adaptativa** (y posiblemente también sea mejor que uno sin ludificación), por lo que la evaluación debería desarrollar estudios de caso paralelos sobre un proyecto CLCS existente.

En este trabajo se afirma que **aplicar una estrategia o mecanismo de adaptación a un sistema ludificado** para proyectos de recolección basados en la ubicación, **mejora el sistema** en 2 aspectos: Genera más aceptación por parte de las personas y el rendimiento de las personas es mayor. Más específicamente, se plantean las siguientes dos hipótesis.

H1 : La incorporación de la adaptación al sistema ludificado mejora la experiencia de participación de las personas en los proyectos.

H2 : Es posible medir mejoras en los resultados del rendimiento a partir de la incorporación de la adaptación al sistema ludificado.

El objetivo de esta tesis doctoral es conceptualizar los proyectos colaborativos de recolección basados en la ubicación y el tiempo, para luego sistematizar y evaluar enfoques de ludificación adaptativa. Esto puede detallarse en los siguientes objetivos específicos:

- Releva el estado del arte y establecer el marco conceptual relacionado a la ludificación, personalización y adaptación en proyectos de tipo CLCS.

- Conceptualizar los proyectos de tipo CLCS, delimitando sus tareas de recolección y expresando sus objetivos en función de esto.
- Proponer una ludificación para proyectos de tipo CLCS que permita diferentes ejes de adaptación y que contemple algún criterio de requisitos mínimos según el marco conceptual.
- Conceptualizar el modelo de adaptación donde se evidencien las distintas posibilidades para adaptar la ludificación del proyecto CLCS, y a partir de esto explorar distintos enfoques de adaptación.
- Proponer un mecanismo de evaluación para los enfoques de ludificación adaptativa, que considere la experiencia de juego (*psychological outcomes*) así como el desempeño de las personas colaboradoras (*behavioural outcomes*).

1.3. Aportes de la tesis

La primera contribución de este trabajo doctoral es un mapeo sistemático, donde se relevó el estado del arte relacionado a enfoques de adaptación de la ludificación para proyectos colaborativos. El mapeo se organizó entorno a un conjunto de preguntas de investigación que exploraban los enfoques de **personalización** y **adaptación** de la ludificación en el marco de los proyectos, además de los elementos de juego, los métodos de investigación y los modelos de personas jugadoras que se utilizan. Este mapeo fue publicado como un artículo de revista [15].

En segundo lugar se propuso un mecanismo de perfilamiento espacio-temporal de las personas jugadoras. A partir de las tareas que las personas resuelven, se genera una caracterización de su comportamiento espacio-temporal así como su estilo de juego. Es decir que la actividad de las personas es un conjunto de eventos (de bajo nivel) que permiten generar semántica (de alto nivel) para, por ejemplo, detectar caídas en la participación o describir sus rutinas espaciales y temporales. Además, combinando dicha actividad con opiniones de las personas (explícitas o implícitas) es posible estimar las preferencias en cuanto a componentes o mecánicas de ludificación.

En tercer lugar, a partir del trabajo articulado en el marco de la red Iberoamericana RUN (Ríos Urbanos Naturalizados) con equipos de investigación de la Universidad del Cauca, en Colombia, se propone una metodología de diseño de sistema ludificado en proyectos de ciencia ciudadana, con el objetivo de optimizar la participación comunitaria en actividades clave de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) y fortalecer el sentido de pertenencia de la comunidad. La metodología plantea reflexionar sobre la comunidad y las tareas de colaboración para integrar elementos (componentes, mecánicas, narrativa) de juego, a las actividades de la comunidad para facilitar su compromiso y retención. El capítulo [16] se centra en el caso de estudio del SAT del Río Molino (Popayán, Colombia), un sistema diseñado para mitigar el riesgo de inundaciones en la región. El capítulo establece una base sólida para considerar la ludificación como una herramienta eficaz en proyectos de ciencia ciudadana, especialmente en aquellos de gran relevancia social como los Sistemas de Alerta Temprana.

Como cuarta contribución se establece un modelo general de proyectos de recolección basados en la ubicación y el tiempo, y se modelan sus consignas de recolección. Estos proyectos suelen tener, además de otros, objetivos de cobertura que pueden expresarse en términos de una cantidad de muestras necesarias acotadas a condiciones espacio-temporales específicas. Por ejemplo, si se necesita una muestra cada 100 metros cuadrados es útil fragmentar el territorio en áreas de 100 metros cuadrados para llevar registro de la tarea de recolección en cada una de estas. Similarmente, puede necesitarse una muestra por cada semana, entonces se definirían intervalos que permitan agendar las tareas de recolección. Entonces, para poder especificar las contribuciones que se requieren, es necesario definir el conjunto de áreas que representan todo el territorio afectado, así como un conjunto de restricciones temporales que tienen sentido para las necesidades del proyecto. En este trabajo se propone un modelo de tareas de recolección en el cual se asume que es posible definir un conjunto de áreas, un conjunto de intervalos de tiempo, y un conjunto de tipos de actividades que permitan expresar los objetivos de recolección del proyecto colaborativo. Por ejemplo, suponer un proyecto de sensado de árboles cuyo territorio se divide en 10 áreas de tamaño similar. Este proyecto define también 4 intervalos de tiempo, relacionados a las estaciones del año, y recolecciones de

2 posibles tipos: completar un formulario con preguntas o tomar una fotografía. Entonces, una posible tarea de recolección de este proyecto es la de completar un formulario en el área a_1 durante el invierno.

A partir del modelo de tareas de recolección se presenta un modelo de ludificación para CLCS basado en el esquema de ludificación que aplica puntos, medallas y tabla de posiciones (PBL por sus siglas en inglés: *Points, Badges and Leaderboard*). Con este diseño, cuando la persona hace un *check-in* (informando qué tipo de recolección, una posición y una marca temporal) podría resultar en una contribución si resuelve una tarea del proyecto, y en ese caso es retribuida con puntos y/o medallas y puede ascender en la tabla de posiciones. Las tareas prioritarias para el proyecto son las que dan mejor retribución, y para ganar el juego las personas deben maximizar la cantidad de puntos así como de medallas. Por ejemplo, si la persona realiza su primer *check-in* informando una posición dentro del área a_1 , con la marca temporal *20/07/2024 10:00hs*, e indicando que completó un formulario, entonces ese *check-in* resuelve la tarea ct_0 : *completar un formulario en el área a_1 durante el invierno*. A continuación se retribuye a la persona con 50 puntos y la medalla de bienvenida por haber hecho esa contribución. El modelo de ludificación para CLCS incluye elementos como las medallas, las reglas de retribución y el criterio para ganar el juego.

Lo anterior presenta las bases necesarias para proponer una extensión que soporte adaptaciones teniendo en cuenta las posibles dimensiones: individuo, proyecto y comunidad. En particular se consideran las posibles formas en que los componentes y/o las mecánicas de la ludificación para CLCS se pueden adecuar para generar una adaptación del sistema, que considere el perfil de juego de cada persona así como los objetivos del proyecto teniendo en cuenta la naturaleza espacio-temporal.

En sexto lugar, se elabora un catálogo de estrategias de adaptación para ludificaciones de proyectos CLCS. Las estrategias de este catálogo se enfocan en un conjunto de objetivos de ludificación y consideran las fuerzas que deben balancearse atendiendo a las particularidades de los proyectos CLCS. Además se definen las métricas que permitan evaluar el impacto de cada adaptación en relación a los objetivos que aborda cada una.

Finalmente, en cuanto a la evaluación de la hipótesis, y teniendo

en cuenta que los proyectos de ciencia participativa (mediados por CLCS) pueden disponer de herramientas de apoyo (digitales o no), es necesario proponer un mecanismo que permita aplicar un enfoque de ludificación adaptativa de forma desacoplada. Con esta idea se desarrolló la plataforma *Rayuela* para implementar dos de las estrategias del catálogo: un enfoque de adaptación de componentes y otro de adaptación de las mecánicas. Además se establecen los objetivos de ludificación que permiten comprobar cuánto más se aproximan dichos objetivos a partir de la implementación de la adaptación en la ludificación.

1.4. Resultados

En el marco del desarrollo de este proyecto doctoral se realizaron y publicaron los siguiente trabajos:

Artículos de revista

- M. Dalponte Ayastuy, D. Torres, and A. Fernández, “Adaptive gamification in Collaborative systems, a systematic mapping study,” *Computer Science Review*, vol. 39, p. 100333, Apr. 2021.
- M. Dalponte Ayastuy and D. Torres, “Adaptive gamification in collaborative location collecting systems: a case of traveling behavior detection,” *Journal of Computer Science and Technology*, vol. 22, p. e05, Apr. 2022.
- M. Dalponte Ayastuy, D. Torres, and B. Lattanzio, “Generación dinámica de tareas espaciales para sistemas colaborativos de recolección basados en la ubicación,” *Electronic Journal of SADIO (EJS)*, vol. 22, pp. 67–79, ago. 2023.
- B. Lattanzio, M. Dalponte Ayastuy, and D. Torres, “Generador de líneas de costa: Herramienta para generar teselados topográficos en torno a polígonos y líneas,” *Electronic Journal of SADIO (EJS)*, vol. 22, pp. 94–106, ago. 2023.

Capítulos de libro

- M. Dalponte Ayastuy and G. Gómez Agredo and P. Magé Imbachí and A. Fernández and C. Hernández Bonilla and M. Lombardelli and M. Silva Zambrano and D. Torres, “Estrategia ludificada para capacitar a la comunidad en los procesos de monitoreo en un Sistema de Alerta Temprana”, en *Ríos Urbanos en Iberoamérica: Propuestas Teórico-conceptuales y metodologías*, pp. 258–295, Editorial Universidad de Sao Paulo, 2024
- J. Cocherro and M. Dalponte Ayastuy, “PreserVamos: monitoreo comunitario de los ambientes acuáticos”, en *Ríos Urbanos en Iberoamérica: Propuestas Teórico-conceptuales y metodologías*, pp. 251–254, Editorial Universidad de Sao Paulo, 2024

Artículos de conferencia

- M. Dalponte Ayastuy and D. Torres, “Relevance of non-activity representation in traveling user behavior profiling for adaptive gamification,” en las actas del *XXI International Conference on Human Computer Interaction*, Interacción '21, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, Sept. 2021.
- M. Dalponte Ayastuy and D. Torres, “The use of big data in adaptive gamification in collaborative location collecting systems: a case of traveling behavior detection,” en las actas de las *IX Jornadas de Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics*, Jun. 2021.
- M. Dalponte Ayastuy, D. Torres, and A. Fernández, “A model of adaptive gamification in collaborative location-based collecting systems,” en las actas de *Artificial Intelligence in HCI*, (Cham), Springer International Publishing, Jun. 2022.
- M. Dalponte Ayastuy, A. Fernández, and D. Torres, “Fits like a game: a multi-criteria adaptive gamification for collaborative location-based collecting systems,” in *Artificial Intelligence in HCI*, Springer International Publishing, 2023.
- M. Dalponte Ayastuy, A. Fernández, and D. Torres, “Rayuela: a pluggable adaptive gamification approach for clcs,” en las actas del *Decisioning 2023, The second workshop on “Collaboration in knowledge discovery and decision making.”*, pp. 90–96, Jun. 2023.

- M. Dalponte Ayastuy, D. Torres, A. Fernandez, and A. Rodriguez, “Adaptive Gamification Design Patterns for Collaborative Location-based Collecting Systems,” en las actas de *Artificial Intelligence in HCI*, Springer International Publishing, 2025.

Posters

- M. Dalponte Ayastuy, D. Torres, “Ludificación adaptativa para proyectos de ciencia ciudadana”, in *Congreso Argentino de Ciencia Abierta y Ciudadana*, Universidad Nacional de La Plata, 2021.
- B. Lattanzio, M. Dalponte Ayastuy, “Generación de mosaico entorno a ríos y lagos”, *Congreso Argentino de Ciencia Abierta y Ciudadana*, Universidad Nacional de La Plata, 2021.
- M. Dalponte Ayastuy, D. Torres, A. Fernández, “Scolr: una plataforma de revisiones colaborativas y abiertas de literatura”, *Congreso Argentino de Ciencia Abierta y Ciudadana*, Universidad Nacional de La Plata, 2021.

Talleres

- M. Dalponte Ayastuy, J. Lombardelli, “Ludiciencia: generando Ciencia Ciudadana a través el juego”, *I Encuentro Nacional de Ciencia Ciudadana*, Centro Cultural de la Ciencia, CABA, Agosto de 2023.
- M. Dalponte Ayastuy, J. Lombardelli, “Ludiciencia: generando Ciencia Ciudadana a través el juego”, *II Encuentro de la Red Cytet: Ríos Urbanos Naturalizados*, Universidad Nacional de La Plata, Octubre 2023.

Estancias y actividades en redes de investigación

- (2022) Estancia en la Universidad del Cauca (Popayán, Colombia) siendo parte del primer encuentro de la red Cytet RUN - Ríos Urbanos Naturalizados. En este marco participe en workshops y otras actividades de planificación de las actividades de la red.

- (2023) Presentación de un webinar⁴ en la red HCI-Collab (red Colaborativa para soportar los procesos de enseñanza-aprendizaje en el área de Interacción Humano-Computador a nivel Iberoamericano). Esta red está formada por profesionales de 44 universidades en 13 países de Iberoamérica.
- (2023) Estancia en la Universidad del Cauca (Popayán, Colombia) para articular con los equipos de investigación GNTT (Ingeniería electrónica y telecomunicaciones) e IDIS (Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software) con el objetivo de mejorar las actividades y procesos del Sistema de Alerta Temprana de Rio Molino.
- (2023) Organización del segundo encuentro de la red Cyted RUN - Ríos Urbanos Naturalizados que se realizó en La Plata. En esta oportunidad participé de la recepción de 13 personas investigadoras de 10 universidades de la Red, y de la coordinación de las actividades.
- (2024) Estancia en la Universidad Católica de Lublin (Polonia) en el marco de la *Staff Week* de Erasmus+, con el objetivo de intercambiar experiencias con 25 representantes de 16 universidades de diferentes países (Ucrania, Estonia, Albania, Israel, Italia, España, Turquía, Argentina, entre otros). En esta oportunidad además presenté una máster class sobre Ludificación Adaptativa para Proyectos de Ciencia Ciudadana.

1.5. Organización del documento

El presente documento de tesis está organizado en tres partes: Introducción y antecedentes (capítulos 1 a 4), Contribuciones de la tesis (Capítulos 5 a 9), y finalmente Evaluación y conclusiones (capítulos 10 a 12). La primera parte está dedicada a desarrollar el contexto y problema a analizar, el trabajo relacionado con ese problema y el marco conceptual.

En el capítulo 1 de introducción se describen los proyectos colaborativos y en particular se detalla el alcance a aquellos de recolección basados en la ubicación espacio-temporal, para luego describir

⁴<https://www.facebook.com/hcicollab/videos/webinar-hci-collab-abril-2023/1608266362996358/> visitado en 26/02/2025

el problema de la participación comunitaria. Entonces se plantea como hipótesis que el uso de ludificación adaptativa es una posible estrategia para atraer más personas y sostener su participación en las actividades de colaboración. También se mencionan las contribuciones de la tesis, que incluyen las publicaciones en revistas científicas y conferencias, y otros resultados académicos.

En el capítulo 2 se establece el marco conceptual relacionado a las diferentes aristas del problema abordado. En primer lugar las necesidades psicológicas de las personas y qué las motiva a participar de una actividad o proyecto. En segundo lugar se define la ludificación y los sistemas ludificados, distinguiéndolos de los juegos y de las actividades lúdicas. En tercer lugar, se describen diferentes enfoques y mecanismos para perfilar a las personas jugadoras y su personalidad lúdica, y su relación con los elementos de juego específicos. En cuarto lugar se establece lo que este trabajo entiende como personalización y adaptación de sistemas y herramientas. Finalmente se describen las metodologías de diseño de sistemas ludificados más frecuentemente encontradas en la bibliografía.

En el capítulo 3 se describe el estado del arte sobre el dominio particular que se estudia en esta tesis: sistemas ludificados adaptativos para proyectos colaborativos o de ciencia participativa. En primer lugar se detallan las investigaciones previas relacionadas a la adaptación para mostrar que el alcance de estas no se ajusta adecuadamente a lo que se quiere explorar, para establecer el área de vacancia que aborda esta tesis. Se desarrolla un mapeo sistemático en el que se definen preguntas de investigación orientadas a categorizar los artículos primarios desde el punto de vista de los enfoques de personalización y adaptación que desarrolla cada uno, los elementos de juego que se utilizan, la metodología de investigación utilizada en la evaluación y qué modelos de personas jugadoras se utilizan o desarrollan.

En el capítulo 4 se desarrolla en detalle el problema que se aborda: qué significa la adaptación de la ludificación en el marco de los proyectos de ciencia participativa que están mediados por sistemas de recolección basados en la ubicación y el tiempo.

La segunda parte detalla las distintas contribuciones de este trabajo doctoral en cuanto a los modelos y estrategias que permiten adaptar sistemas de recolección basados en la ubicación y el tiempo. En el capítulo 5 se propone un mecanismo de perfilamiento del

comportamiento espacio-temporal de las personas. Para esto se presenta un mecanismo de generación de átomos de comportamiento que se desprende de la bitácora de interacciones de la persona en términos de las recolecciones que ha realizado. Cada átomo describe el comportamiento espacio-temporal acotado a un período de tiempo configurable. A partir de la secuenciación de estos átomos se construyen series temporales que describen el comportamiento de cada persona, permitiendo agruparlas para utilizarse como insumo de alguna de las estrategias de adaptación.

En el capítulo 6 se presenta y define un modelo para las tareas de recolección espacio-temporales de los proyectos colaborativos. En particular se establecen las características de estos proyectos en cuanto al territorio de trabajo, las restricciones temporales que el proyecto establece y los tipos de colaboración que se ofrecen para que las personas realicen. A continuación se presentan las tareas de recolección como elementos conceptuales apoyados en estas definiciones, para representar con ellas los objetivos del proyecto. Finalmente se define cómo aportan las personas a esas tareas (*check-ins*) y al avance sobre los objetivos.

El capítulo 7 presenta un modelo de juego basado en el modelo de tareas de recolección para proyectos CLCS. Las ludificaciones que instancian este modelo son compatibles con el esquema PBL (*Points, Badges & Leaderboard*), y requieren la definición de un conjunto de reglas de asignación de puntajes, un conjunto de medallas y reglas de asignación, y un criterio de ordenamiento de la tabla de posiciones que determina los objetivos y las condiciones para ganar el juego. Además se presentan dos ejemplos de ludificaciones en proyectos de ciencia participativa basados en la ubicación y el tiempo. Finalmente se presenta una extensión adaptativa del modelo de juego para CLCS. Esta extensión analiza qué implica modificar el modelo para incorporar la adaptación que tenga en cuenta el perfil de una persona, el perfil de la comunidad o los objetivos y prioridades del proyecto, y se expresa a través de la incorporación de parámetros adicionales en las reglas de asignación de puntajes, de asignación de medallas o de las condiciones para ganar el juego.

En el capítulo 8 se exploran las posibilidades de adaptación del modelo de juego para CLCS a través de un catálogo de estrategias de adaptación. Se define una estructura para describir estas estrategias, inspirado en el lenguaje de definición de patrones de Alexander [17] y

se consideran todos los elementos del modelo de juego para presentar el conjunto de estrategias. Sin embargo, si bien el catálogo asegura completitud, no es exhaustivo.

Por último, el capítulo 9 propone una adaptación basada en la recomendación de tareas de recolección que corresponde a una de las estrategias del catálogo. La adaptación se implementa mediante un sistema de recomendación multi-criterio que considera dos conjuntos de criterios para equilibrar las preferencias de cada persona con los objetivos de recolección del proyecto. Es decir que por un lado se estiman las preferencias de cada persona colaboradora, y por el otro, se representan las prioridades del proyecto.

La tercera parte describe los instrumentos de evaluación de la ludificación adaptativa. En el capítulo 10 se presenta la plataforma *Rayuela* de ludificación adaptativa multi-proyecto. Esta es una herramienta construida como parte de este trabajo doctoral, que permite el diseño de ludificaciones para iniciativas de ciencia participativa y está desacoplada de las tecnologías que se utilizan para las recolecciones en cada proyecto. Esta plataforma tiene dos perfiles de uso: el perfil de administración permite configurar el territorio, las restricciones temporales y las tareas de los proyectos, así como la definición de la ludificación adaptativa que se aplica a cada uno, respetando el modelo presentado en los capítulos anteriores. El perfil de colaboración le permite a las personas colaboradoras registrar sus recolecciones y recibir puntos y medallas para avanzar en el juego, además de expresar su opinión respecto de los elementos de ludificación.

En el capítulo 11 se propone un método de evaluación para cualquiera de los enfoques de ludificación adaptativa presentados en el catálogo, que considera varios ejes complementarios. Por un lado, se evalúa el sistema ludificado desde el punto de vista del diseño motivacional a partir de que un conjunto de personas expertas apliquen un conjunto de heurísticas. En segundo lugar, se evalúa la experiencia de juego a partir de implementaciones con personas reales, donde se incorpora el uso de la plataforma *Rayuela*. En último lugar, se propone una metodología para evaluar la implementación de cualquiera de las estrategias de adaptación a mediano y largo plazo desde el punto de vista del rendimiento.

Finalmente en el capítulo 12 se elaboran conclusiones sobre el impacto y potencial de este trabajo doctoral y se plantean distintas

líneas de investigaciones futuras.

Capítulo 2

Marco conceptual

En este capítulo se establece el marco conceptual relacionado a las diferentes aristas del problema abordado. En primer lugar las necesidades psicológicas de las personas y qué las motiva a participar de una actividad o proyecto. En segundo lugar se define la ludificación y los sistemas ludificados, distinguiéndolos de los juegos y de las actividades lúdicas. En tercer lugar, se describen diferentes enfoques y mecanismos para perfilar a las personas jugadoras y su personalidad lúdica, y su relación con los elementos de juego específicos. En cuarto lugar se establece lo que este trabajo entiende como personalización y adaptación de sistemas y herramientas. Finalmente se describen las metodologías de diseño de sistemas ludificados más frecuentemente encontradas en la bibliografía.

La ludificación es una forma de diseño motivacional[11] que puede ser pensada como un medio para conseguir que las personas se interesen por comportarse de una determinada manera. La motivación es especialmente importante en tres tipos principales de actividades: el trabajo creativo, las tareas rutinarias y el cambio de comportamiento[18]. En primer lugar, el trabajo creativo: el éxito de tareas como diseñar un nuevo producto o formar embajadores de una iniciativa (comercial, comunitaria, de impacto social) depende en gran medida de la motivación, pues se realizan mejor cuando las personas están profundamente comprometidas y enfocadas, incluso

apasionadas, en lo que están haciendo. En estas situaciones, la ludificación puede ofrecerles una experiencia satisfactoria, individualizada y gratificante[18]. En otro extremo están las tareas rutinarias que implican el cumplimiento de procedimientos definidos y que naturalmente se resuelven de manera individual. La ludificación también puede ser eficaz en estas situaciones, pero pensada con una intensidad diferente a la de propiciar una experiencia creativa. En estos casos la idea no es engañar a las personas para que sostengan una tarea aburrida, sino ayudarles a encontrar un sentido a su actividad. Por ejemplo, las tareas de monitoreo en un sistema de alerta temprana que ludifica su proceso de asignación de tareas. Las personas conocen su rendimiento y se sienten motivadas tanto por el reconocimiento como por la recompensa de poder realizar tareas más deseables, y transitivamente, el proyecto de alerta temprana se nutre del trabajo resuelto de manera más eficaz.

Finalmente, hay situaciones donde las personas cambian su forma de comportarse en las que las personas entienden que algo es bueno para ellas pero les cuesta hacerlo. En estos casos, el reto es convertir la actividad en algo habitual. Por ejemplo, la aplicación de aprendizaje de idiomas Duolingo incorpora a las lecciones de idiomas habituales algunos elementos de los juegos. Tiene un sistema de medallas que se otorgan en función de la cantidad de días de práctica y utiliza recursos motivacionales como la prevención de pérdidas (perder la racha). Además implementa una economía virtual con la que se permite recuperar recursos y da lugar a que cada persona diseñe su estrategia de juego. Se realizaron estudios[19] que evidencian de que luego de completar el curso de nivel inicial de Duolingo, las personas alcanzaron un nivel en lectura y comprensión oral comparables a la de los estudiantes universitarios al final del cuarto semestre de estudio. Las personas originamente no contaban con experiencia en el idioma que querían aprender y la mediana de tiempo que les llevó completar el material de nivel inicial fue de 112 horas, el equivalente a un semestre universitario.

2.1. Teorías de la motivación

La psicología lleva un tiempo estudiando los medios para generar comportamiento específico en los seres humanos. Durante el siglo 20 la teoría del conductismo fue la dominante, en la que se explica el

comportamiento de las personas basado únicamente en la respuesta a los estímulos externos. Los ejemplos más representativos de esta corriente conductista son las investigaciones del fisiólogo ruso Ivan Pavlov (quien postuló el condicionamiento clásico mediante experimentos con perros) y el psicólogo estadounidense Burrhus F. Skinner (que consideró el comportamiento como una función de las historias ambientales de refuerzo). El enfoque conductista sugiere que la motivación extrínseca era la forma de generar ciertos comportamientos en las personas. Una recompensa o penalización aplicada de manera sistemática, condicionaría o reforzaría las respuestas para anticipar nuevas recompensas o penalizaciones.

En oposición a este enfoque existen teorías cognitivistas que estudian cómo piensan las personas, entre las cuales está la Teoría de la Autodeterminación (SDT por sus siglas en inglés: *Self determination theory*) de Edward Deci y Richard Ryan[20]. Deci y Ryan sugieren que los seres humanos son seres inherentemente proactivos, con un fuerte deseo interno de crecimiento (motivación intrínseca) que debe ser propiciado por el entorno. Si esto no ocurre, estos motivadores internos se verán frustrados.

2.1.1. Teoría de la autodeterminación

La teoría de la autodeterminación establece un marco de estudio de la motivación humana y la personalidad mediante una teoría formal que define la motivación intrínseca y extrínseca. En lugar de suponer, como hacen los enfoques conductistas, que las personas sólo responden a los refuerzos externos, la SDT se centra en las necesidades de los seres humanos para permitir que afloren sus tendencias innatas de crecimiento y bienestar.

Los postulados de la SDT se enfocan en cómo los factores sociales y culturales facilitan u obstaculizan el sentido de la voluntad y la iniciativa de las personas, además de su bienestar y la calidad de su rendimiento. Se argumenta que las condiciones que facilitan experiencias individuales de autonomía, competencia (en el sentido de capacidad adquirida) y relación social dan lugar a actitudes más voluntarias y de mayor calidad de motivación y compromiso con las actividades, incluyendo un mayor rendimiento, persistencia y creatividad. Además, la SDT propone que el grado en que cualquiera de estas tres necesidades psicológicas no reciba apoyo o se vea

frustrada en un contexto social tendrá un fuerte impacto negativo sobre el bienestar en ese entorno.

Las tareas que impliquen alguna de estas tres necesidades humanas innatas, tenderán a motivar intrínsecamente, y las personas sentirán que las hacen por su propio bien. Ejemplos de esto son: los aficiones de tiempo libre, las actividades creativas, resolver un rompecabezas, salir a caminar, etc. Por otro lado, ejemplos de actividades que pueden no ser intrínsecamente motivantes son: dar soporte técnico, organizar una reunión, etc.

Esto no implica que la motivación intrínseca no puede estar presente en el lugar de trabajo. De hecho, las personas experimentan con más frecuencia la sensación de motivación intrínseca final (*flow*) en el trabajo. Las actividades que responden a las necesidades de competencia, autonomía y relación de las personas tienden a ser absorbentes, interesantes y divertidas, más allá del contexto.

En el contexto de los juegos, si el sistema activa estos elementos motivacionales, es altamente probable generar fidelidad en las persona. Por ejemplo, si un juego permite elegir el oponente entonces genera autonomía, los niveles generan idea de capacidad y los juegos con otras personas genera socialización. Incluso una juego tan simple (en cuanto a reglas) como un crucigrama genera autonomía (permitiendo elegir cómo empezar), competencia (al completarlo) y socialización (al poder compartir los logros con otras personas). Asimismo, la ludificación puede usar estos motivadores para generar el cambio de comportamiento o el compromiso de las personas, pero se debe considerar que una buena motivación extrínseca es un buen camino hacia la motivación intrínseca[21]. Cuanto mejor conozca una persona que diseña a las potenciales personas que jugarán, lo que se traducirá en un mejor diseño del juego, menos le parecerá a la persona estar en una rueda y más sentirá que fue idea suya desde el principio.

Sin embargo, los elementos motivacionales se manifiestan diferente en cada individuo. Algunas personas pueden rechazar la idea de combatir y quedar afuera mientras otras no eligen juego que no sean competitivos.

Cuando se utilizan juegos en la ciencia ciudadana, sus elementos de motivación deben equilibrarse con la necesidad de obtener resultados científicos relevantes[22]. Algunos estudios indican que la mayor parte de la comunidad en los proyectos de ciencia participativa

participan motivados intrínsecamente, pero también hay evidencia de que la motivación extrínseca [23] (por ejemplo, a través de elementos del juego, pero podrían ser otros recursos motivacionales) también genera resultados importantes. Algunos grupos o personas que no están motorizados por un espíritu altruista pueden sentirse comprometidos a través de una propuesta ludificada.

2.1.2. Teoría del estado de fluidez

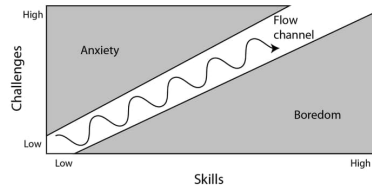


Figura 2.1: Estado de fluidez[24]

A partir de sus estudios sobre la felicidad y la creatividad, el psicólogo húngaro Mihaly Csikszentmihaly define el *flow* (fluir) [24] como una experiencia tan gratificante que la gente está dispuesta a hacerlo porque sí, con poca preocupación por lo que obtendrán de ello, incluso cuando es difícil o peligroso. Este estado se consigue luego de desarrollar un dominio de la tarea (creativa, artística), pero sin llegar al aburrimiento, encontrando el propio nivel de motivación en esa experiencia.

El estado de fluir se describe como un estado de éxtasis, entendiéndose este como entrar en una realidad alternativa, alejada de las rutinas de la vida ordinaria. Cuando la persona está realmente involucrada en este proceso creativo completamente absorbente, no tiene suficiente atención para monitorear cómo su cuerpo se siente, o sus problemas de la vida cotidiana. Se considera que su identidad desaparece de su conciencia temporalmente.

Las experiencias de este tipo tienen ocho características o requisitos:

1. Se tiene una tarea accesible, que puede ser completada por la persona, pues existe un equilibrio entre el desafío y las habilidades de la persona. Entonces el disfrute llega a su máximo en un punto entre el aburrimiento y la inquietud.

2. Se necesita habilidad para concentrarse en la tarea. Cuando la atención está absorta en una actividad, la acción es casi automática, se deja de ser consciente de uno mismo, y se alcanza gran concentración en un campo muy limitado de atención. Sin embargo, algunas personalidades tienen dificultad para fluir: los que sufren de esquizofrenia, desorden de atención, aversión al ridículo, y los egoístas. En todos, el problema es el control de la conciencia y la capacidad de enfocarse.
3. La concentración es posible porque se tienen metas claras. Esto implica que se es muy consciente de los propósitos, y en las actividades de libre improvisación, implica construir las reglas y metas sobre la marcha.
4. La concentración es posible pues la tarea provee retroalimentación directa e inmediata. Es decir: saber en el acto que se está haciendo algo bien. Afinar la atención para percibir señales de éxito crea orden y fortalece la personalidad.
5. Sentimiento de control. El placer del riesgo deriva de la sensación de poder controlar fuerzas peligrosas. Existen peligros objetivos, impredecibles e inevitables, y subjetivos, que vienen de la incapacidad para estimar los peligros. La sensación de control puede verse también como la falta de preocupación por perderlo.
6. La atención profunda pero sin esfuerzo bloquea y excluye todo lo que no es útil para lo que se está haciendo. Esto se percibe como que no hay espacio para otra información y se siente como una desconexión de la vida cotidiana.
7. Al fluir desaparece la personalidad de la conciencia pero, paradójicamente, al ocurrir esto se puede expandir la conciencia. Se la considera una forma de trascendencia.
8. La dimensión objetiva del mundo externo se vuelve irrelevante, y la percepción subjetiva de la experiencia temporal se ve alterada, ya sea acelerada o ralentizada. Se distorsiona del sentido del tiempo

La combinación de estos elementos provoca una sensación de profundo disfrute tan gratificante que hace a las personas gastar mucha

energía simplemente para poder sentirlo. Un objetivo de la ludificación es generar este estado de fluidez, sabiendo que suele resultar de una actividad estructurada con un esfuerzo inicial costoso. El diseño del sistema ludificado debe crear una cuidadosa interacción entre el sistema y la persona que juega para encontrar ese punto entre la ansiedad y el aburrimiento, como se muestra en la Figura 2.1 [25, 26].

2.1.3. Las claves de la diversión

En su trabajo, Lazzaro investiga como generar emociones en las personas que juegan a través de recursos de los juegos. Para esto realizó un estudio [27] que le permitiera conocer porqué las personas juegan e identificó más de 30 emociones producidas por los juegos. Además, formalizó 4 caminos para generar esas emociones a través de acciones concretas y las presenta como las 4 claves para la diversión: *Hard fun*, *Easy fun*, *People fun* y *Serious fun*.

La clave *Hard Fun* (diversión dura) se asocia a emociones derivadas de retos, estrategias y acertijos. Para muchas personas, superar obstáculos es la razón por la que juegan. La diversión dura crea emociones al estructurar la experiencia hacia la consecución de un objetivo. El reto centra la atención y recompensa el progreso para crear emociones como Frustración y Fiero (palabra italiana que representa el triunfo personal). Inspira la creatividad en el desarrollo y la aplicación de estrategias. Recompensa a la persona que juega con información sobre el progreso y el éxito. Las personas jugadoras que utilizan esta clave juegan para poner a prueba sus habilidades y sentirse realizados. Otras personas se centran en el mero disfrute de experimentar las actividades del juego.

La clave *Easy Fun* (diversión fácil) se basa en mantener el foco de la persona, para lo cual capta la atención combinando ambigüedad, incompletud y detalle. Incita a la persona que juega a considerar opciones y averiguar más, despertando curiosidad en la persona. Las sensaciones de Maravilla, Asombro y Misterio son las protagonistas de esta clave. Las personas que utilizan esta clave juegan para llenar su atención.

La clave *Serious Fun* (diversión seria, o estados alterados) se basa en el sentimiento de bienestar que ofrece la participación en experiencias de juego que provocan cambios emocionales durante y

después del juego, produciéndose sensaciones como la diversión, la relajación y el alivio pasando de un estado mental a otro. Estos estados son alcanzados por acciones repetitivas, a un ritmo determinado por cada persona, dando paso a una mayor experimentación y recompensa con significado. El juego con un propósito cambia la forma de pensar, sentir o comportarse en el mundo real. La diversión sería ameniza tareas que de otro modo serían aburridas. La diversión en serio es el juego como terapia.

Por último, la clave *People Fun* (factor humano) se basa en crear oportunidades para la competición, la cooperación, el rendimiento y el espectáculo. En estas situaciones, las personas estructuran las experiencias de juego para potenciar la interacción entre ellas e incluso juegan a juegos que no les gustan para poder pasar tiempo con sus amistades. El trabajo en equipo y camaradería florecen cuando persiguen objetivos comunes. Las emociones dominantes incluyen la diversión, el regodeo (por el fracaso ajeno) y *naches* (placer producido por los logros de un hijo/a). Las personas jugadoras que utilizan esta clave ven los juegos como mecanismos de interacción social. Las personas jugadoras buscan una o varias de las características que enmarca cada enfoque de diversión, pero con ciertas preferencias centradas según sus intereses .

2.1.4. Motivación en relación a los proyectos colaborativos

Una característica identitaria de la ludificación para proyectos colaborativos como la ciencia participativa o la investigación apoyada en personas (*people-powered research*) es, justamente, su comunidad. Aunque depende de las necesidades específicas del proyecto, en general es de mucha importancia convocar y sostener la participación de una comunidad lo suficientemente grande y heterogénea. Para lograrlo, se debe entender qué motiva a las personas a invertir parte de su tiempo sin (por ejemplo) una retribución económica. Algunas investigaciones concluyeron que las personas que colaboran en este tipo de proyectos en su mayoría tienen motivaciones intrínsecas como la de ayudar a una causa científica (valoran la potencial colaboración con el propósito del proyecto), su interés en el conocimiento científico (competencia), o pertenecer a un grupo de personas con quienes comparten afinidades [28]. Pero con la intención de ampliar y hacer crecer la comunidad y los contextos culturales de estos proyec-

Eje	Motivación intrínseca	Motivación extrínseca
Contribución y ciencia	Espíritu altruista de apoyar una causa	Contribuir como medio para crecer socialmente en una comunidad
Aprendizaje e intereses personales	Nuevos conocimientos sobre algún tema de interés	Nuevo conocimiento para poder aplicarlo
Comunidad y comunicación	Ayudar a otras personas dentro del juego	Demostrar status
Juego y entretenimiento	Resolver problemas y demostrarse competente	Competir con otras personas y ganar reconocimiento

Tabla 2.1: Objetivos de ludificación según Tinati et al.[29]

tos, se deben considerar otras motivaciones que pudieran tener [29]. En su trabajo, Tinati et al. identifican cuatro ejes motivacionales: Contribución y ciencia, aprendizaje e intereses personales, comunidad y comunicación, juego y entretenimiento. Cada eje se describe mediante sus principales motivaciones intrínsecas y extrínsecas [20].

En el primero, la motivación intrínseca es el deseo altruista de apoyar una causa, y la motivación extrínseca es la contribución como medio para tener mejor status en el marco de una comunidad.

Por otro lado, la motivación intrínseca relacionada al aprendizaje y los intereses personales suele ser incorporar conocimientos -relacionados con algún tema de interés- por el conocimiento en si, mientras que la motivación extrínseca se relaciona con el obtener conocimiento para obtener alguna ganancia posterior.

En cuanto a la comunidad y la comunicación, la motivación intrínseca suele relacionarse con la posibilidad de ayudar y alentar a otras personas en el marco del proyecto (o del juego), mientras que la motivación extrínseca es la de demostrar status o capacidades.

Por último, la motivación intrínseca del eje juego y entretenimiento es la resolución de problemas para lograr la plenitud y el éxito, y su motivación extrínseca es la competencia con otras personas para ganar el reconocimiento. Estos ejes se resumen en el cuadro 2.1.4.

2.2. Juegos, ludificación y sistemas ludificados

2.2.1. Relación entre las personas y el juego

Roger Caillois[30] caracteriza la naturaleza del juego, distingue entre juegos con reglas y juego libre, y ofrece una descripción de

cuatro tipos diferentes de juego: competición, azar, simulación y vértigo. Para hacerlo, examina los vínculos sociológicos entre el juego y las culturas primitivas, así como las antiguas culturas históricas de Occidente y Oriente, y su evolución a lo largo del tiempo.

Este enfoque define el juego como una actividad que es esencialmente *libre*, en la que el juego no es obligatorio pues si lo fuera, perdería de inmediato su característica atractiva y alegre como diversión; *separada*, es decir que ocurre dentro de ciertos límites de espacio y tiempo, definidos y fijados de antemano; *incierta*, pues su ejecución no puede determinarse y de esta manera se deja cierto margen para la iniciativa de la persona que juega; *improductiva* pues no crea ni bienes ni riquezas ni elementos nuevos de ningún tipo y, salvo el intercambio de bienes entre las personas que juegan, termina en una situación idéntica a la que prevalecía al principio del juego; *gobernada por reglas* pues se establece un nuevo conjunto de acuerdos en cuanto a cómo interactúan las personas; *fantasiosa* porque temporalmente se experimenta una segunda realidad o irrealdad libre, frente a la vida real.

Caillois propone cuatro categorías fundamentales de juego para describir la complejidad de los juegos según sus funciones: *agon* (competición), *alea* (azar), *mimicry* (simulación) e *ilinx* (vértigo). También propone otra clasificación desde la perspectiva de la actividad, separando las actividades basadas en reglas (*ludus*) de las actividades espontáneas y desestructuradas (*paidia*).

La categoría *agon* incluye los juegos competitivos que pueden ser estructurados (*ludus*) como el ajedrez, el boxeo, y deportes en general, o pueden ser desestructurados (*paidia*), como en algunas carreras y los juegos bruscos. En los juegos de azar (*alea*) están determinados por resultados sobre los que las personas no tienen ningún control y para lo cual no dominan ninguna técnica. Ejemplos de esto son las tiradas de dados, las ruletas y las máquinas traga monedas. Tienen parámetros estrictos, por lo que se trata de un enfoque *ludus*.

Los juegos donde se simula un personaje o rol, se trata de la categoría *mimicry* o mímica. La suspensión de la realidad y la ilusión son la base de esta forma de juego. El uso de máscaras y disfraces, los juegos de ilusión y el juego de simulación infantil se practican libremente y sin reglas, pero el teatro tienen restricciones, o los juegos de rol, que tienen reglas y mecánicas.

El último tipo de juego, *ilinx*, incluye los basados en la búsqueda del vértigo, un intento de quitar temporalmente la estabilidad de la percepción e infligir una especie de pánico. Las actividades de este tipo incluyen giros, columpios, carreras cuesta abajo y trineos que se disfrutan sólo por diversión (*padia*). Entre las actividades más estructuradas (*ludus*) para experimentar el vértigo se incluyen las atracciones de parques de atracciones, la cuerda floja, el esquí y el alpinismo.

Caillois también detalla estas categorías de juego para mostrar cómo se arraigan en la cultura, se institucionalizan en la vida cotidiana y cómo se corrompen. En primer lugar, el disfrute del deporte (*agon*) es una forma popular de competición, pero en el ámbito cotidiano, la gente se enfrenta a evaluaciones de rendimiento extremas que se relacionan al negocio económico que subyace al deporte. Entonces la corrupción de la competición puede llevar al engaño, la violencia y la búsqueda de poder. En segundo lugar, los juegos de azar habituales (*alea*), como las loterías y los casinos, son una forma cultural de juego; la especulación en bolsa es una forma institucional de juego. Una forma de corromper el azar es la aplicación de supersticiones o astrología. En tercer lugar, el teatro y el cine implican simulación (*mimicry*) en el ámbito cultural, mientras que los uniformes y las tradiciones ceremoniales son una aplicación de esto en el ámbito institucional. La corrupción de la simulación puede provocar alienación o doble personalidad. Por último, la adrenalina de experimentar vértigo (*alea*) puede alcanzarse con actividades divertidas, como el alpinismo, el esquí y la velocidad, y puede institucionalizarse mediante profesiones que requieren su control, pero llevado al extremo, desear la sensación de vértigo puede conducir al alcoholismo y al abuso de drogas.

En su trabajo, Caillois analiza los escenarios que ocurren al considerar categorías de juego en parejas: competición con azar; competición con simulación; competición con vértigo; azar con simulación; azar con vértigo; y simulación con vértigo. Por ejemplo, en los juegos con competición y azar, ambos se rigen por reglas; los juegos con simulación y vértigo demuestran un acto libre de voluntad derivado de la satisfacción que se siente al superar un obstáculo concebido arbitrariamente y aceptado voluntariamente.

2.2.2. Ludificación

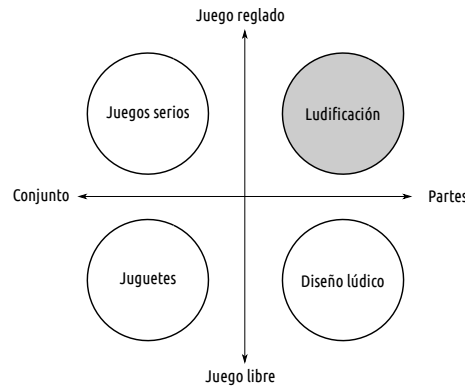


Figura 2.2: El lugar de la ludificación según Deterding et al.[3]

Como primer paso hacia la definición de ludificación y sistemas basados en juego, es necesario distinguir el juego libre (en inglés *play*) del juego con reglas y objetivos (en inglés conocido como *game*). El primero hace referencia a la recombinación improvisada y expresiva de significados y comportamientos, mientras que el segundo se refiere al juego mediado por reglas y por la resolución de situaciones conflictivas que aproximan al objetivo[3].

Los primeros usos del término *ludificación* están asociados al contexto de la industria de contenidos digitales[31] y es una palabra muy usada en el mundo del marketing. A pesar de que este registro data del año 2008, se conocen usos de elementos como las medallas y los rangos o clasificaciones en muchos contextos y muchos años antes.

Las definiciones más consolidadas acuerdan, en su sentido más amplio, con que la ludificación describe la impregnación de contextos no lúdicos con elementos de los juegos[3]. Existen varias interpretaciones diferentes de este concepto, pero la más común es entender la ludificación como un conjunto de técnicas para regular el comportamiento a través de reglas de juego con fines estratégicos.

Por otro lado, la ludificación debe distinguirse de los juegos y videojuegos. La finalidad de los elementos de diseño de la ludificación es claramente diferente al objetivo del diseño de juegos o videojuegos: en el primer caso, se diseña y construye con un objetivo que no es solamente entretener, sino por ejemplo generar un compromiso en las personas, mientras que el segundo está orientado específicamente

al entretenimiento[32]. Sin embargo, la línea que divide los juegos de los artefactos con elementos de juego puede ser borrosa en algunos casos.

El concepto de ludificación también tiene diferencias con el de juegos serios o juegos educativos. Mientras estos últimos son juegos completos diseñados con un propósito que no es entretener, las aplicaciones ludificadas sólo implementan algunos elementos de los juegos[33], sin que la persona deje de ser conciente de que no es un juego. Estas diferencias se ilustran en la imagen 2.2.

Principalmente pueden identificarse dos tipos de abordajes: los juegos serios y la aplicaciones ludificadas. Los primeros incluyen sistemas enteramente diseñados como juegos pero para propósitos que no se limitan al entretenimiento [34], mientras que las segundas incorporan elementos de los juegos a aplicaciones de software [3]. La diferencia principal entre ambos enfoques es que en la ludificación, la persona es puede reconocer las tareas que no son acciones parte de la naturaleza del juego (en este caso, la acción sustantiva del proyecto colaborativo).

Un ejemplo de juego serio para ciencia participativa es el proyecto *Foldit*¹, en el que las personas deben interactivamente resolver rompecabezas donde se pliegan proteínas[35]. Como ejemplo de aplicación ludificada se puede mencionar el proyecto “*I want to be a Captain!*” de la plataforma Zooniverse, en el que las personas contribuyen transcribiendo páginas manuscritas de las bitácoras de navegación de embarcaciones del siglo 19. De acuerdo a la calidad de su trabajo, las personas progresan en el rango naval desde cadete a capitán.

2.2.3. Elementos de sistemas ludificados

El desafío de diseñar un sistema ludificado requiere reconocer los diferentes elementos o átomos de juego con los que se cuenta y aplicar una metodología o criterio de diseño.

Buscando la clasificación o categorización de los elementos de los juegos que pueden aplicarse a la ludificación, no se encuentra un acuerdo absoluto en cuanto a cómo hacerlo. Si se trata a los elementos del juego como un conjunto de elementos o características compartidas por los juegos (en lugar de un conjunto de condiciones

¹<https://fold.it/> visitado por última vez 15/01/2025

necesarias para un juego), Deterding sugiere considerar elementos que se encuentran en la mayoría de los juegos (pero no necesariamente en todos), que se asocian fácilmente a los juegos y que desempeñan un papel importante en la jugabilidad[3]. Por supuesto, se trata de una definición heurística con mucho margen para el debate sobre lo que es “característico” de los juegos.

Los enfoques más utilizados son el de Zichermann y Cunningham [21], o el de Deterding et al. [3]. El primer enfoque categoriza los elementos en mecánicas, dinámicas y estéticas. Las mecánicas definen cómo se traducen entradas en salidas; las dinámicas guían como interactúan las personas y las mecánicas durante el juego; las estéticas se refieren a la manera en que las mecánicas y dinámicas interactúan con los elementos artísticos del juego para producir resultados emocionales y culturales.

El segundo enfoque utiliza 5 niveles de abstracción, ordenados desde lo concreto a lo abstracto: Patrones de diseño de interfaces, patrones de diseño de juegos, principios de diseño de juegos o heurísticas, modelos conceptuales de unidades de diseño, y finalmente métodos y procesos de diseño.

Medallas Las medallas son representaciones visuales de los logros[18], y se utilizan como mecanismo de recompensa en muchos dominios entre los que pueden mencionarse la educación, las fuerzas militares y las empresas.

Este elemento es incorporado de diferentes maneras en los distintos enfoques: para Deterding et al. es un patrón de diseño de interfaz[3], para Zichermann y Cunningham es una mecánica de los juegos[21], un recurso motivacional para Hamari et al.[11], y un componente de juego (es decir una instanciación de mecánicas o dinámicas) para Werbach y Hunter[18].

Existen cuatro diferentes situaciones para utilizar medallas [36]. Pueden utilizarse para indicar un logro o hito, por ejemplo cuando una persona completó un desafío. Pueden asociarse a una habilidad y organizarse entorno a un conjunto de actividades que le permitan a la persona desarrollar el dominio de esa habilidad. Puede usarse para valorar la participación de la persona, por ejemplo considerando el tiempo que la persona ha jugado o si participó de un evento especial. Finalmente pueden valorar la comunidad, relacionándolas con tareas que se resuelven colectivamente o colaborativamente.

Por otro lado, las medallas pueden ser permanentes o temporales. En el primer caso, una vez que la persona ha sido retribuida con una medalla esta no se pierde. En el segundo caso puede requerirse que la persona mantengan un comportamiento específico para conservar la medalla.

2.2.4. Metodología de diseño de sistemas ludificados

Una vez que los elementos del juego ya están identificados y clasificados en los fundamentos del diseño del juego, es necesario contar con prácticas y criterios estandarizados para ensamblarlos racionalmente. Normalmente, un marco de trabajo o *framework* es una estructura real o conceptual que pretende servir de soporte o guía para la construcción de algo que amplíe su estructura en algo útil[32].

En la bibliografía existen muchos marcos conceptuales para guiar el diseño de juegos o sistemas ludificados. Una aplicación clásica de ludificación, y que puede pensarse como minimalista, es para mejorar el compromiso de las personas a través de recompensas que se obtienen una vez completadas determinadas tareas. Por ejemplo, las retribuciones como puntos o medallas se utilizan para jerarquizar a las personas a través de la visualización de sus logros y nivel de experiencia. Esta estructura compuesta por puntos, medallas (o insignias) y rangos (o clasificaciones) se encuentra en la bibliografía como PBL, por sus siglas en inglés: *Points, Badges & Laderboard* [37].

El framework MDA [38] presenta un abordaje metodológico para la definición y diseño de juegos (no es específico de diseños ludificados) a través de módulos que pueden considerarse vistas o perspectivas sobre el mismo artefacto. Desde el punto de vista de la persona que diseña el juego, las mecánicas que esta elige dan lugar a un comportamiento del sistema dinámico e inicialmente impredecible, que llevan a experiencias (estéticas) particulares. Desde el punto de vista de la persona que juega, la estética comunica las pautas o posibles acciones, que se traducen en dinámicas observables y, en última instancia, en mecánicas operativas.

Aplicando también esta lógica de establecer niveles de abstracción, Werbach y Hunter [18] presentan jerárquicamente los elementos de los juegos en tres capas: dinámicas, mecánicas y componentes. Las dinámicas son los elementos más abstractos mientras los com-

ponentes son los más concretos. Las dinámicas de juego, también consideradas como las gramáticas de los elementos del juego, reflejan el panorama general que muestra la estructura de un juego, las situaciones (consideradas de manera abstracta) que se quieren generar mediante el sistema ludificado. Las mecánicas son los procesos básicos que dirigen las acciones para avanzar en el juego y generan la inmersión en el juego y pueden pensarse como los verbos del juego. Algunos ejemplos son los desafíos, la competencia, la retroalimentación, la cooperación, las recompensas, la adquisición de recursos, las transacciones, los estados de victoria y los turnos. Los desafíos implican un esfuerzo voluntario para superar obstáculos[39]. Por último, los componentes son las instancias específicas de las mecánicas y dinámicas y son considerados los sustantivos del juego. Entre los componentes del juego pueden encontrarse avatares, logros, medallas, colecciones, combates, desbloqueo, tablas de clasificación, misiones, puntos, bienes virtuales, etc. Por ejemplo, las medallas muestran el logro, mientras que los bienes virtuales representan objetos en el mundo virtual. El enfoque de Werbach y Hunter se resume en la tabla 2.2.

Por otro lado, se propone una metodología de diseño compuesta por 6 etapas. En la primera etapa se identifican los objetivos del proyecto a ludificar. En la segunda etapa se delinean los comportamientos que se quieren desarrollar en las personas. En la tercera etapa se debe describir a las personas participantes (que son los potenciales jugadores/as) en términos de segmentos poblacionales. En la cuarta etapa se detectan los ciclos de actividades, indicando las acciones de las personas y las respuestas del sistema ludificado. En la quinta etapa se considera la jugabilidad, atendiendo a cuestiones de evaluación de la diversión, que no debe perderse de vista mientras se diseña lo demás. En la última etapa se diseña la ludificación mediante la elección y relacionamiento de elementos, dinámicas y mecánicas del juego.

Por último, Sweetser y Wyeth[25] indican que el sistema ludificado debe mínimamente definir objetivos, restricciones, criterios para ganar y recompensas.

Los juegos deben tener objetivos o resultados por los que las personas jugadoras deben esforzarse y trabajar, y de esta forma se dan forma a las jugadas y estrategias personales de juego. En la medida en que estos objetivos sean concretos y definidos, las personas

Dinámicas	Limitaciones, emociones, narrativa, progresion y relaciones sociales
Mecánicas	Opciones, retroalimentación/información, desafíos y retos, competencia, cooperación, formas de ganar
Componentes	Regalos, equipos, tablas de posiciones, logros, bienes virtuales, puntos, niveles, reglas, búsquedas

Tabla 2.2: Propuesta de Werbach y Hunter en [18]

encontrarán más fácil comprender las mecánicas y reglas. Sin embargo, para muchas personas pueden ser gratificantes los objetivos difusos, ya que estos modelan mejor las situaciones reales. En este punto, es importante mencionar que un objetivo de juego no es lo mismo que el objetivo de aprendizaje o de recolección en un contexto CLCS. La teoría del establecimiento de objetivos (*Goal-setting theory*) se ha utilizado durante décadas para explicar cómo motivar a las personas para que rindan más en tareas relacionadas con el trabajo a través de establecer y hacer el seguimiento de objetivos. La ludificación por definición es también una actividad orientada a objetivos, dirigida a fomentar la motivación; por lo tanto, es lógico esperar que estas dos prácticas puedan relacionarse y que lo desarrollado para la teoría de establecimiento de objetivos permita diseñar mejores experiencias motivacionales. Esta teoría se desarrolló a partir de los resultados de un gran conjunto de estudios empíricos y postula que el rendimiento está directamente relacionado con los objetivos que se fijan los individuos para perseguirlos. Tanto el contenido (el objeto de una acción) como la intensidad (la dificultad o la cantidad de esfuerzo necesario para alcanzar el objetivo) son relevantes, pues existe una relación entre el grado de dificultad de los objetivos y el rendimiento. Por lo tanto, la teoría de la fijación de objetivos postula que el rendimiento óptimo se consigue cuando los objetivos son específicos (el objetivo a alcanzar es claro) y difíciles (la consecución del objetivo requiere un esfuerzo considerable). A pesar de que existen muchas formas de incluir objetivos en los sistemas ludificados, se pueden encontrar comunmente dos abordajes: dar a las personas objetivos claros a seguir o permitir que estas personas se fijen sus propios objetivos[25]. Los objetivos pueden ser explícitos, identificados como metas o misiones, o también pueden presentarse implícitamente como resultados que pueden perseguirse, como ganar medallas o logros o alcanzar una determinada posición

en una tabla de posiciones. En la bibliografía presentada en este capítulo se pueden encontrar muchos elementos que fijan objetivos: medallas, tablas de posiciones, niveles, barras de progreso, reglas, retos, conflictos, puntos, logros y recompensas. En el enfoque de Werbach y Hunter, las restricciones están en el nivel abstracto de las dinámicas. Estas permiten o limitan el juego de determinadas maneras, pero lo hace de forma universal (para toda la comunidad) y normalmente sin variaciones. Le permiten a la persona conocer los límites del mundo virtual, a través de lo cual la persona desarrolla una percepción intuitiva de los mismos. También establecen el conjunto de acciones que se pueden llevar a cabo, pero en ocasiones las personas pueden influir en las limitaciones, según el juego. Por ejemplo si se admite la adquisición de mejoras en un juego, se altera permanentemente las características del sistema: si se cambian las restricciones, las interacciones se desarrollarán de forma diferente a las situaciones anteriores. Conocer las restricciones también permite desarrollar estrategia: por ejemplo los NPC (*Non Playable Character*) suelen tener patrones de comportamiento que al ser reconocidos por la persona le permiten incorporar conocimiento a su estrategia.

Por otro lado, debe existir una manera de determinar cuando se alcanzan los objetivos. Si esto se define y comunica claramente entonces las personas desarrollan expectativas y se involucran de mejor manera. Dado que la ludificación es aplicada típicamente para enriquecer un sistema, servicio o proyecto con recursos motivacionales, a la hora de diseñar la ludificación es razonable que se cuente con un conocimiento del grupo destinatario de la ludificación, así como de las características del sistema a ser ludificado [40].

Por último es importante considerar una o más formas de retribución por los logros. Esto puede darse a través de la satisfacción intrínseca (como ser los buenos resultados y el reconocimiento), pueden ser internos al juego (como bienes virtuales) o reconocimiento externo que la persona puede trasladar al mundo real (beneficios y premios). De acuerdo con lo expuesto antes en relación a la teoría de la SDT, nuestras acciones están dirigidas por el refuerzo externo, y entonces la ludificación combina ambos tipos de recursos motivacionales: intrínsecos y extrínsecos. Entre los primeros normalmente se encuentran las motivaciones para alcanzar el sentimiento de competencia o maestría, la autonomía y el sentimiento de pertenencia.

2.3. Arquetipos de personas jugadoras

Los avances en la personalización de los servicios en el marco de las tecnologías de la información y la comunicación han dirigido muchos esfuerzos hacia los perfiles de las personas usuarias. Relevante o estimar las preferencias y necesidades de cada persona es el desafío más importante de la personalización, y es abordado mediante la construcción de un perfil lo más extenso y detallado posible. Un perfil de persona es la representación virtual de sus intereses, características, comportamientos y preferencias. Asociada a la elección de la información que se desea mantener, está la definición de los procesos y mecanismos para recolectar, organizar e inferir esa información[41].

En lo que respecta a los sistemas basados en el juego (ó GBS por sus siglas en inglés: *Game-based Systems*), el perfilamiento de la persona es específico al tipo de interacciones que se da en estos sistemas, es decir: relacionadas con el juego. más allá de ejemplos particulares de GBS, habitualmente se encuentra información relacionada a su decisiones de personalización (avatar, rol, equipo, configuraciones), el registro de sus jugadas (acciones completadas, acciones fallidas, puntos y otras retribuciones acumuladas), sus bienes virtuales (armas, disfraces, elementos) en su *player pocket*, su nivel de maestría en el juego y su comportamiento temporal (el registro histórico de la intensidad de juego).

Muchas veces, además de lo anterior se infiere un tipo de persona jugadora que permite adaptar o opciones de elección entre un conjunto de elementos del juego. Existe un amplio abanico de modelos de persona jugadora[21, 42], siendo los más significativos los que se describen en las siguientes secciones:

Muchas investigaciones se enfocan en estudiar los arquetipos de personas jugadoras para diferenciar el impacto motivacional de los elementos de juego. En las siguientes secciones se describen las clasificaciones más consolidadas en la literatura de diseño de sistemas ludificados. Explorar las preferencias de juego de las personas ofrece ventajas significativas para el desarrollo de juegos. Este conocimiento puede ser valioso para crear juegos con una experiencia específicamente dirigida a un grupo demográfico.

2.3.1. Tipología de Bartle



Figura 2.3: Tipos de personas jugadoras según Richard Bartle: Versión primitiva [43] y versión extendida

En su trabajo seminal[43], Richard Bartle identificó cuatro tipos de personas jugadoras, a partir del estudio de personas en juegos multijugador masivos en línea. A pesar de que estas clases evolucionaron (y se granularizaron) posteriormente, los cuatro tipos iniciales siguen siendo los más consolidados y en los que muchos estudios se basan.

Bartle desarrolló una clasificación de las personas jugadoras aplicando dos dimensiones de análisis de su comportamiento. La primera contrapone actuar individualmente vs. interactuar con el entorno y la segunda contrapone acciones con otras personas vs. acciones con respecto al mundo virtual. Esta idea se ilustra en la Figura 2.3(A).

Es importante aclarar que las personas no tienen una única personalidad de juego, y la mayoría de las personas tienen un porcentaje de cada uno de ellas. En general, la personalidad jugadora dominante de una persona cambia a lo largo de su vida, e incluso varía de un juego a otro. Pero es una importante, a la hora de diseñar un juego, entender aquello que motiva a cada persona (o personalidad) a jugar e interactuar en un sistema ludificado.

Las personas exploradoras disfrutaban de explorar el mundo con el objetivo de poder volver proclamar el descubrimiento de elementos del juego. El objetivo de la persona exploradora, es el de tener la experiencia. Entonces, un juego pensado para este tipo de personalidades es aquel que tiene muchas cosas/caminos/tesoros ocultos para ser descubiertos. Dicho de otra manera, los juegos que tienen esta

característica son los preferidos por este tipo de persona jugadora.

La personalidad triunfadora describe a las personas que disfrutan de conseguir logros: atravesar niveles, obtener medallas, ganar batallas, conquistar territorios. Diseñar un juego competitivo para para este tipo de personas es que resulta difícil desarrollar un sistema en el que todos puedan ganar y conseguir logros pues, a estas personalidades, perder en el juego probablemente les hará perder el interés por jugarlo. Se ha observado que la mayoría de las personas a cargo del diseño de sistemas, sitios y productos son personas de alto rendimiento, es decir tienen personalidad *achiever*, y que sesgadamente asumen que la mayoría de las personas jugadoras tienen una inclinación similar. Pero esto es falaz, porque se ha encontrado que la mayoría de las personas tienen características de socializadoras [21].

La personalidad socializadora indica un interés por la interacción social de los juegos. Los juegos enfocados en este tipo de personas son algunos de los más perdurables de la historia, y el factor común es cada uno de ellos es una experiencia extremadamente social. Esto no implica que a las personas socializadoras no les importe el juego o ganar, pero en su caso el juego es medio para interacciones sociales significativas.

Las personalidades asesinas (también conocidas como agresoras) constituyen la minoría en la población de personas jugadoras. A pesar de esto, es importante poder identificarlos: existe una similitud con los *achievers* en su deseo de ganar pero sin embargo, ganar no es suficiente. Estas personalidades necesitan ganar y (aunque parezca redundante, no lo es) ver que las otras personas pierdan. Disfrutan aún más cuando muchas otras personas son testigos de esto y cuando ocurre que sus víctimas les expresan admiración y respeto.

El propio Bartle desarrolló un test para calcular la personalidad jugadora y el resultado de ese test es un conjunto de porcentajes que indican en qué medida cada persona manifiesta cada personalidad de juego. Podría ocurrir que una persona tenga características de los cuatro tipos al mismo tiempo, pero no ocurre en la mayoría de las personas.

A partir del hallazgo de algunas limitaciones y dualidades en su tipología original, Bartle presentó una evolución de su tipología, incorporando una nueva dimensión de análisis (implícito vs explícito). Esta subclasificación se ilustra en la Figura 2.3 (B).

2.3.2. Tipología BrainHex

La tipología BrainHex[44] de personas jugadoras fue originalmente desarrollada para ser utilizada en el diseño de videojuegos, pero se utiliza también en el estudio y desarrollo de sistemas ludificados. Es ampliamente utilizado para modelar la personalidad de la persona que juega basado en la neurobiología, diferenciando entre siete arquetipos de jugador: *Seeker* (buscador/a), *Survivor* (sobreviviente/a), *Daredevil* (temerario/a), *Mastermind* (mente maestra), *Conqueror* (Conquistador/a), *Socialiser* (Socializador/a) y *Achiever* (Triunfador/a), en función de su personalidad y motivación para jugar a videojuegos. Es importante destacar que cada arquetipo encarna una experiencia particular de la persona que juega, de forma cualitativa (Nacke et al., 2014).

El arquetipo *buscador* está motivado por el mecanismo del interés, es muy curioso y disfruta del descubrimiento y la exploración del mundo virtual del juego, así como las ocasiones de asombro. Relacionando con teorías de la motivación presentadas anteriormente, se considera que este arquetipo prefiere jugar a la manera de la Diversión Fácil de Lazzaro y se pueden establecer similitudes con el mimetismo de Caillois.

El arquetipo *sobreviviente* describe personas a quienes les gusta experimentar la intensidad del miedo, sobrevivir al terror y escapar de las situaciones que ponen en peligro la vida. Aunque el terror es una fuerte experiencia negativa, ciertas personas disfrutan con la intensidad de la experiencia asociada, al menos en el contexto de actividades ficticias como las películas y los juegos de terror. Aún no está claro si el disfrute del miedo debe evaluarse en función de la intensidad de la experiencia de terror en sí, o en términos del alivio que se siente después. Si se validara este último caso, el arquetipo Sobreviviente podría relacionarse con la diversión seria de Lazzaro, pero en cualquier caso puede de Caillois, que busca a propósito experiencias controladas de pánico. experiencias controladas de pánico.

El estilo de juego *temerario* se basa en la emoción de la persecución, el riesgo y, en general, en jugar al límite. Las actividades de juego que implican vértigo o correr a gran velocidad sin perder el control tipifican la preferencia de juego implícita. El comportamiento relacionado con este tipo se centra en la búsqueda de emociones, la adrenalina y la asunción de riesgos. Al igual que el arquetipo

de sobreviviente, el temerario se relaciona con la diversión seria de Lazzaro y la *ilinx* de Caillois, con la diferencia del grado de miedo experimentado.

Un rompecabezas complejo o un problema que requiere estrategia para superarlo son la esencia de la diversión para el arquetipo *mente maestra*. Las personas jugadoras que encajan en este arquetipo disfrutan resolviendo acertijos e ideando estrategias, además de centrarse en tomar las decisiones más eficientes. El arquetipo de la mente maestra se acerca al Explorador de Bartle, y está más vagamente relacionado con el *ludus* de Caillois y la Diversión Dura de Lazzaro (que incorpora la resolución de acertijos o rompecabezas como forma de experimentar *fiero*).

El arquetipo de *conquistador* es un interesado en los desafíos y la victoria, que disfruta venciendo oponentes difíciles (ya sean virtuales o reales). No se conforma con ganar fácilmente: quieren luchar contra la adversidad. Se comportan de forma enérgica, canalizando su ira para lograr la victoria y experimentar así el fiero. El arquetipo del conquistador se relaciona directamente con la Diversión Dura de Lazzaro y el *agón* de Caillois, además de relacionarse débilmente con el Asesino de Bartle.

Las personas jugadoras que encajan en el arquetipo *socializador* consideran que la diversión se da principalmente cuando el juego es compartido, y disfrutan hablar con los demás y ayudarles. Las personas jugadoras cuyas preferencias de juego se ajustan a este patrón tienden a ser confiados, y por lo tanto se ofenden con quienes abusan de su confianza. Este arquetipo coincide, como su nombre indica, con los socializadores de Bartle, y su estilo de juego está relacionado con la Diversión Personal de Lazzaro.

El arquetipo *triunfador* puede distinguirse del conquistador en que se orienta a objetivos y se motiva con los logros a largo plazo (en lugar de centrarse en los retos). Si bien esta distinción puede parecer sutil, los distingue claramente a la hora de diseñar elementos de juego. La preferencia por el estilo de juego Triunfador se basa en acumular medallas, completar colecciones, pasar niveles, etc., mientras que la preferencia por el estilo de juego conquistador se basa en superar retos y desarrollar capacidades. Por lo tanto, las personas en este arquetipo triunfador prefieren las interacciones que permiten alcanzar el objetivo final. Las personas jugadoras que encajan en el arquetipo triunfador coleccionan y completan todo lo que encuen-

tran. En su búsqueda de la satisfacción de una tarea completada, puede entenderse como obsesivo. Los juegos que se ajustan a esta descripción tienden a ser aquellos que se pueden completar en última instancia, es decir, juegos donde se puede terminar todo lo que se puede hacer dentro de ellos (completar todas las misiones, obtener todos los logros, etc.). Claramente este arquetipo se relaciona con el *achiever* de Bartle.

Las personas jugadoras suelen encajar en varios arquetipos en algún porcentaje, y en general hay un arquetipo dominante. El modelo *BrainHex* se validó como una tipología fiable, estable y coherente para aplicarse en varias investigaciones [14] y provee un método automatizado que permite caracterizar a la persona jugadora a partir de formularios que la persona completa.

2.3.3. Tipología Hexad

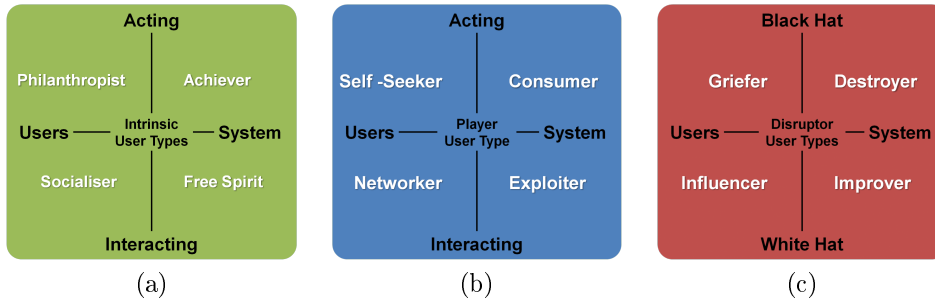


Figura 2.4: Tipos de personas jugadoras en la tipología *Hexad*, según motivación. Marczewski et al. [45]

Más recientemente, Andrzej Marczewski desarrolló una tipología específica para sistemas ludificados (no juegos) que denominó HEXAD [45]. A la hora de crear un sistema ludificado, se debe diseñar para fomentar los comportamientos que darán el mejor resultado al sistema, al tiempo que se busca la participación del mayor número posible de personas usuarias. Esta tipología se basa en la teoría de la autodeterminación, por lo que presenta doce tipos de personas jugadoras agrupados según su motivación: Los tipos intrínsecamente motivados son los *Philanthropists* (Filántropo), *Socialisers* (Socializador), *Free Spirits* (espíritu libre) y *Achievers* (Triunfador). Estos se ilustran en la parte (a) de la Figura 2.4 organizados entorno a los ejes Persona/Sistema y Acción/Interacción.

Los tipos extrínsecamente motivados (también conocidos simplemente personas jugadoras o *Players*) son: *Self-seeker* (Egoista), *Consumer* (Consumidor), *Networker*, *Exploiter* (Explotador). Estos se ilustran en la parte (b) de la Figura 2.4

Finalmente, los tipos disruptivos (*Disruptors*) son: *Griever* (Agrietador), *Destroyer* (Destructor), *Influencer* (Influente), *Improver* (Mejorador). Estos se ilustran en la parte (c) de la Figura 2.4 organizados entorno a los ejes Persona/Sistema y Sombrero blanco/-Sombrero negro. Este ultimo eje de analisis indica la intensión (constructiva o negativa) de cada tipo.

Los filántropos están motivados por el propósito y el sentido. Se pueden ver como altruistas, quiere ayudar a otras personas y enriquecer la vida de los demás de alguna manera, sin esperar recompensa. Son esas personas que escriben largas respuestas en los foros, sólo porque les gusta sentir que están ayudando. Entonces, aprecian un sistema que les permita enriquecer a los demás y tener una sensación de altruismo y propósito.

Las personas triunfadoras están normalmente motivadas por la maestría, querrán completar todos los desafíos de su sistema y ser las mejores en cada uno de ellos. Quieren adquirir conocimientos, aprender nuevas habilidades y mejorar. Aunque las retribuciones y medallas pueden ser bien recibidos, no serán la razón por la que estas personas se comprometan con el sistema. Similarmente, puede que disfruten con la presencia de otras personas en el sistema, pero en lugar de buscar conexiones sociales, las verán como nuevos retos que superar.

En el marco de los sistemas ludificados, las personas que buscan crear conexiones sociales e interactuar con los demás se describen como Socializadoras. Les motivan los sistemas que fomentan las relaciones, como las redes sociales.

Los Espíritus Libres están motivados principalmente por la autonomía y la autoexpresión. La autonomía, en el contexto de los tipos de personas jugadoras, se refiere a la libertad frente al control externo. Les gustan los sistemas que permiten la exploración o la creatividad.

En esencia, el tipo Jugador está motivado por recompensas extrínsecas. Es el tipo de persona que responderá bien a los sistemas que ofrecen puntos e insignias como elementos centrales del juego. Dentro de este tipo, hay varios subtipos que se comportan de for-

ma similar a los tipos de personas usuarias intrínsecos pero si se les ofrecen recompensas

La característica principal de la forma de juego Egoista es que actúa de forma similar a los filántropos, respondiendo a las preguntas de la gente, compartiendo conocimientos, pero a cambio de una retribución. Si no hay tal recompensa, no se involucran. Sin embargo, su intervención es útil cuándo la cantidad es más importante que la calidad.

El tipo Consumidor modificará sus comportamientos para obtener recompensas. Si para ello tienen que aprender nuevas habilidades o asumir retos, como un Achiever, lo harán. Sin embargo, priorizan obtener recompensas por hacer lo mínimo. Ejemplos de esto son las personas que participan en concursos sólo por el premio o que compran en una marca sólo por las oportunidades y programas de fidelización de clientes.

Mientras que las personas del tipo Socializador se relacionan con otras personas porque buscan afinidad, las personas del tipo *Networker* buscan contactos útiles de los que obtener algo. Siguen a los grandes influyentes en las redes sociales de manera estratégica: para que les hagan notar, aumenten su influencia y les lleven a obtener recompensas.

Similarmente a las personas de Espíritu Libre, las personas en el tipo Explotador buscan los límites del sistema, dónde pueden ir y qué pueden hacer. Sin embargo, para ellos es una forma de encontrar nuevas formas de obtener recompensas.

Es importante reconocer el tipo de persona jugadora (o estilo de juego), ya que es frecuente que las personas que llegan al sistema ludificado estén inicialmente interesadas en las recompensas. La estrategia que se aconseja es intentar que dejen de estar motivados por la recompensa y se conviertan en personas intrínsecamente motivadas (socializador, espíritu libre, triunfador y filántropo).

Los disruptores perturban un sistema, positiva o negativamente, de alguna manera: pueden actuar sobre las personas o sobre el propio sistema. Al igual que la clase Jugador, la clase disruptiva representa incluye 4 tipos más específicos. Sin embargo se agrupan porque se ha encontrado que las decisiones de diseño son similares para todos los casos.

El tipo Agrietador se corresponde con el homónimo en las categorías extendidas de Bartle. Estas personas quieren afectar negati-

vamente a otras, sólo porque pueden. el motivo puede ser demostrar que no les gusta el sistema o simplemente por diversión. La mayoría de los sistemas gamificados no están preparados para estas personas, por lo que se debe encontrar la manera de hacerles cambiar de opinión o que dejen de participar.

El tipo Destructor busca romper el sistema actual. Puede ser pirateando o encontrando lagunas en las reglas que les permitan arruinar la experiencia de los demás. Sus motivos pueden ser porque no les gusta el sistema, o simplemente porque les divierte piratear y romper. Si no se los puede convertir al tipo Mejorador, tampoco tienen lugar en el sistema ludificado.

Las personas Influyentes intentarán cambiar el funcionamiento de un sistema a partir de la influencia que ejercen sobre otras personas de forma similar a como lo haría un líder político, lo cual no implica algo negativo. Si creen que el sistema tiene que cambiar y se les da espacio para ayudar a cambiarlo, pueden convertirse en grandes defensores. Es útil buscar mecanismos que aprovechen este perfil.

Las personas en el perfil Innovador interactuarán con el sistema con buenas intenciones. Si bien pueden buscar piratearlo o encontrar lagunas, su objetivo es mejorar el sistema. Pueden pensarse similares al tipo de Espíritu Libre en cuanto a que valoran la oportunidad de explorar el sistema, encontrar problemas e intentar solucionarlos. Por ejemplo, quienes envían tickets de soporte para errores y luego hacen un seguimiento de su progreso. Como en el caso del tipo Influyente, es conveniente tener mecanismos para cuidar las personas de este tipo.

2.4. Modelo de proyecto colaborativo y comunidad

La ciencia participativa es un término que engloba un conjunto de prácticas que involucran a miembros el público general, quienes no necesariamente están entrenados en la disciplina científica, para la recolección, categorización, transcripción o análisis de datos científicos[46].

Cualquier desarrollo de software en torno a un proyecto colaborativo requiere la formalización de un conjunto de datos específico al dominio de aplicación, pero si se requiere acotar el escenario a los

proyectos de Ciencia Participativa o a las actividades centradas en la ubicación y el tiempo, la información que se necesita formalizar es muy específica. Ya se conocen abordajes similares cuya intención es la de hacer que un conjunto de proyectos (de ciencia participativa) sean interoperables en el marco de un portal o plataforma de proyectos como SciStarter², Zooniverse o INaturalist³[47, 23]. En todos los casos, la información a representar involucra tres aspectos principales: los datos específicos del proyecto en sí, la descripción de las personas que participan y los resultados generados por la comunidad.

La descripción del proyecto incluye información identitaria como nombre, descripción, contacto y actores involucrados (o *stakeholders*). Otra parte importante de su esencia tiene que ver con las actividades en que la comunidad puede participar, y por eso se incluye una descripción del territorio, las posibles tareas de colaboración, los requisitos para colaborar y la metodología.

El modelo de comunidad debe permitir describir a las personas desde el vínculo que tiene con el proyecto (o más generalmente, con los proyectos colaborativos de ciencia participativa). Por este motivo es interesante representar sus motivaciones, sus capacidades, su nivel formativo y su entrenamiento en las tareas de colaboración.

Los resultados del proyecto se apoyan en la colección de datos que se construye a partir de la colaboración de las personas. Cada muestra recolectada tiene una estructura cuya complejidad depende del proyecto, de la tarea específica y de la metodología o protocolo de recolección. Por otro lado, la información sustantiva de la muestra debe estar asociada, además de a la persona, a una posición y un registro temporal. Adicionalmente es interesante registrar información de control o calidad, que puede obtenerse a partir de procesos automáticos o manuales (realizados por otras personas de la comunidad o por otros actores involucrados)[47].

2.5. Adaptación y personalización de la ludificación

Las definiciones de personalización y adaptación son temas de debate en torno al aspecto estático frente al dinámico. El enfoque

²<https://scistarter.org/> visitado por última vez 15/01/2025

³<https://www.inaturalist.org/> visitado por última vez 15/01/2025

estático se refiere a las preferencias de la persona al comienzo del juego y suele hacerse de forma explícita. En cambio, el enfoque dinámico se refiere a una experiencia de la persona que se modifica con el tiempo sin intervención explícita del esta.

La personalización es considerada como una adecuación estática (a las necesidades de la persona) que se realiza una vez (o en escasas oportunidades) de algún aspecto del juego, mientras que la adaptación se refiere a la adecuación continua (dinámica) del juego, basada en las interacciones y el desempeño de la persona en función de querer alcanzar un estado determinado[48].

Se considera que el sistema tiene algún mecanismo de personalización si la persona puede cambiar alguna configuración del juego.

Aunque hay muchas definiciones de adaptabilidad, teniendo en cuenta los diferentes dominios de investigación, una idea generalizada implica cambios en la mecánica del sistema y la representación de la información que son visibles en el comportamiento del sistema para ajustarse a las necesidades y deseos de las personas con el fin de optimizar la interacción para lograr una cierta calidad[49].

En particular, la perspectiva de la inteligencia artificial considera la adaptabilidad como una reconfiguración dinámica del comportamiento del sistema al requerir y almacenar información actual de la persona en modelos internos para responder adecuadamente a ella en situaciones futuras, con el fin de proporcionar comportamiento y rendimiento en el juego.

La investigación sobre ludificación adaptativa pretende comprender más a fondo el rendimiento de las personas jugadoras en función de las distintas características del juego, las características de las personas y su interacción. Los enfoques para diseñar una ludificación adaptada pueden ir desde la ludificación microadaptativa hasta la macroadaptativa. El enfoque macroadaptativo ofrece diferentes versiones del juego según el perfil (comportamiento, estilo de juego, etc) de cada persona. El enfoque microadaptativo diagnostica las necesidades o preferencias específicas de la persona durante el juego y ajusta los elementos del juego a la medida de esto [50].

2.6. Evaluación de sistemas ludificados

Mientras que las disciplinas tradicionales de desarrollo tecnológico (por ejemplo, el diseño de aplicaciones comerciales o el diseño de

sistemas educativos) pueden centrarse en los resultados instrumentales, y las disciplinas de diseño de experiencias (como, por ejemplo, el diseño de juegos o el arte interactivo) se pueden enfocar en ofrecer una determinada experiencia, el diseño de sistemas ludificados se enfrenta a ambos objetivos al mismo tiempo. Los sistemas de ludificación añaden otra tensión innata: No sólo persiguen ese doble objetivo, sino que el propio sistema diseñado tiene una naturaleza híbrida, ya que no es ni un software funcional *puro* ni un juego *completo*.

Si se analiza la ludificación como el proceso de potenciar la interacción a través de recursos motivacionales relacionados con experiencias lúdicas que promueven resultados psicológicos y luego cambios en el comportamiento [2], entonces la evaluación de ese proceso debe tener en cuenta la relación entre esos recursos y los efectos (psicológicos y de comportamiento)[11]. Para lo primero existen enfoques que evalúan el diseño lúdico, como las heurísticas de Tondello et al. [51], las heurísticas de Isbister y Shaffer[52], o enfoques que evalúan la experiencia de juego con personas a través de entrevistas, como la evaluación de las facetas de la jugabilidad[53].

Para analizar la efectividad, Francisco-aparicio et al.[54] proponen aplicar un modelo de calidad de servicio, configurando parámetros de calidad que coincidan con los objetivos identificados. Esto permite realizar una comparación entre los valores que se obtuvieron antes y después del proceso de ludificación para poder concluir (o no) si la aplicación de elementos de los juegos resultó en una mejoría en la motivación de las personas, reflejado en la realización de los objetivos.

Capítulo 3

Estado del arte

En este capítulo se describe el estado del arte sobre el dominio particular que se estudia en esta tesis: sistemas ludificados adaptativos para proyectos colaborativos o de ciencia participativa. En primer lugar se detallan las investigaciones previas relacionadas a la adaptación para mostrar que el alcance de estas no se ajusta adecuadamente a lo que se quiere explorar, para establecer el área de vacancia que aborda esta tesis. Se desarrolla un mapeo sistemático en el que se definen preguntas de investigación orientadas a categorizar los artículos primarios desde el punto de vista de los enfoques de personalización y adaptación que desarrolla cada uno, los elementos de juego que se utilizan, la metodología de investigación utilizada en la evaluación y qué modelos de personas jugadoras se utilizan o desarrollan.

Se llevó a cabo una revisión sistemática con el objetivo de relevar y sintetizar los diferentes métodos, marcos, contextos y datos utilizados para adaptar la ludificación en el contexto de los sistemas colaborativos sensibles a la ubicación y el tiempo. La metodología aplicada es la que se proponen Petersen et al. en [55], que requiere la definición de preguntas de investigación, la búsqueda de los trabajos relevantes, el filtrado y revisión de los mismos, la identificación de palabras claves, la extracción de información y la clasificación en categorías. Los resultados de esta investigación fueron publicados en

[15], y en este capítulo se recuperan los aspectos más importante de dicho trabajo de relevamiento.

3.1. Trabajos relacionados

Al momento de comenzar esta investigación, no se encontraron trabajos específicos que discutieran la adaptación de la ludificación en el contexto de los proyectos de ciencia participativa -o de manera más general, colaborativos- es decir, que incluyeran el aspecto de la comunidad y los objetivos del proyecto. Sin embargo se realiza un relevamiento de los trabajos similares, entre los cuales se encuentran los trabajos de De Souza Borges et al. [56] y Majuri et al. [57] que realizan revisiones sistémicas sobre la ludificación aplicada a contextos de enseñanza y aprendizaje. En particular, este último analiza un conjunto de trabajos desde el punto de vista de los resultados psicológicos y de comportamiento.

En el trabajo de Ponti et al. [23] se analiza la participación de la comunidad en dos sistemas ludificados, *Foldit* y *Galaxy Zoo*, que potencian proyectos de ciencia participativa con elementos del juego, para caracterizar la tensión entre juego y ciencia. El primero de ellos es un juego completo (GWAP: *game with a purpose*) y el otro es un sistema ludificado. La forma en que los participantes perciben la tensión entre juego y ciencia está relacionada con sus creencias y valores, y los ideales de ciencia que adoptan las personas colaboradoras (ciudadanos/as científicos/as) parecen influir en las razones por las que participan, y entender esta relación puede dar elementos para la adecuación de la propuesta ludificada. El trabajo de Ponti et al. además contextualiza sus hallazgos en el marco del compromiso y la motivación de los participantes en proyectos de ciencia participativa.

Otros trabajos se enfocan en la ludificación aplicada a dominios como la ingeniería de software, como es el caso de Pedreira et al. [58], o los sistemas de información como es el caso de Schlagenhauser et al. [36], o bien los *frameworks* de diseño de sistemas ludificados como Azouz et al. Sin embargo, ninguno de estos aproxima el aspecto de sistemas colaborativos.

El trabajo de Morschheuser et al. [59] se ocupa de las diferentes motivaciones de las personas participantes en un sistema de *crowd-sourcing* y su relación con las estrategias de ludificación. En dicho

Base de datos	Cantidad de resultados
ACM	101 items
Scopus	334 items
IEEEExplore	118 items
Springer	197 items
Total	750 items

Tabla 3.1: Cantidad de trabajos por base de datos

trabajo, los autores aproximan la relación entre los tipos de colaboración (*crowdprocessing*, *crowdsolving*, *crowdating*, *crowdcreating*) y los dispositivos motivacionales, pero no se aborda la adaptación o personalización de los elementos de ludificación.

Finalmente, se encontraron dos revisiones de literatura en sobre la adaptación de la ludificación, pero ninguna se enfoca en los sistemas colaborativos. El aporte de Stuart et al. [60] analiza los abordajes de ludificación adaptativa en los contextos de aprendizaje, comparando las estrategias de adaptación presentadas en cuanto a la relación entre los parámetros de entrada (perfil de cada persona y actividad didáctica) y los efectos de la adaptación en cuanto a cambios en los elementos de juego y el impacto en el proceso de aprendizaje. El trabajo de Tomé Klock et al. [61] también se enfoca en sistemas de enseñanza/aprendizaje, y concluye que la personalización se apoya principalmente en la detección del tipo de persona jugadora (o estilo de juego). Sin embargo, concluyen que existen otras características del perfil de la persona que podrían ser insumo de la ludificación, como el comportamiento, los rasgos de la personalidad, la edad, el género, la cultura y la motivación.

De manera similar, Böckle et al. in [12] relevaron la efectividad en los enfoques de ludificación y proponen una posible correspondencia entre los perfiles de personas y elementos de juego. Adicionalmente identificaron diferentes grados de adaptatividad en la literatura dedicada a temas de ludificación.

3.2. Método

Como se anticipó, esta revisión sistémica aplica la metodología propuesta por Petersen et. al, que busca sistematizar el trabajo científico correspondiente a una área de investigación para documentar

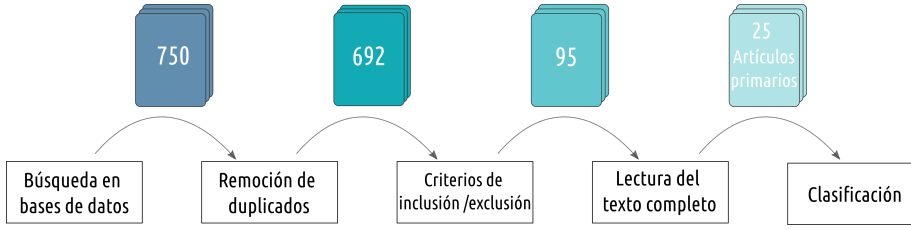


Figura 3.1: Etapas del mapeo sistemático

el estado del arte.

El primer paso de esta metodología es la definición de las preguntas de investigación que organiza la búsqueda de los trabajos, el segundo paso es la búsqueda estructurada en las diferentes bases de datos científicas, el tercer paso es el análisis de los artículos primarios para identificar un universo de términos clave, y el último paso es la extracción de información y conocimiento estadístico/cualitativo.

3.2.1. Preguntas de investigación

Los conceptos de personalización y adaptación, en muchos dominios pero particularmente en los videojuegos y sistemas ludificados, se debaten en torno al aspecto estático frente al dinámico. El aspecto estático, en cuanto a las preferencias de la persona al principio del juego, suele hacerse de forma explícita. Por otro lado, el enfoque dinámico se refiere a una experiencia de uso que se modifica con el tiempo sin intervención explícita de la persona.

En este trabajo se sigue la definición de Göbel et al.[48]: “La personalización se considera la adaptación estática y puntual de un aspecto del juego a las necesidades o preferencias de una persona, mientras que la adaptación se refiere al ajuste continuo del juego basado en las acciones y el rendimiento de una persona y el estado actual del juego hacia un estado deseado”.

Por lo tanto, las preguntas de investigación que se plantean a continuación intentan profundizar en los aspectos del trabajo actual en adaptación y personalización de la ludificación en CLCS.

RQ1 ¿Cuáles son los enfoques de **personalización** de la ludificación en el marco de los proyectos colaborativos?

RQ2 ¿Cuáles son los enfoques de **adaptación** de la ludificación en el marco de los proyectos colaborativos?

Término principal	Alternativas o sinónimos
<i>Adaptation</i>	<i>adaptation, adaptive, adaptability, adaptivity, customization, customizing, personalization, personalize, evolutionary</i>
<i>Gamification</i>	<i>gamifying, gamify, gameful design, gamefulness, funware, serious games</i>
<i>Collaborative</i>	<i>Crowdsourcing, Collaborative software, Citizen Science, People power, Community Science</i>

Tabla 3.2: Términos de búsqueda y sus alternativas

RQ3 ¿Cuáles son los elementos de juego que se utilizan en los enfoques de ludificación adaptativa para proyectos colaborativos?

RQ4 ¿Cuáles son los métodos de investigación que se utilizan en la evaluación de los enfoques de ludificación adaptativa para proyectos colaborativos?

RQ5 ¿Cuáles son los modelos de personas usuarias que se utilizan en los enfoques de ludificación adaptativa para proyectos colaborativos?

Estas preguntas se utilizan para conducir la descripción de los trabajos relevados en términos de personalización (¿Tiene la persona la posibilidad de cambiar alguna configuración del juego?), adaptación (¿Qué aspectos del juego se adaptan?), diseño del juego (¿Qué elementos o mecánicas de juego se utilizan?), métodos de investigación (¿Cómo se evalúan los enfoques?), perfil de la persona (¿Se realiza un perfilamiento o clasificación?).

En el siguiente apartado se describen las bases de datos elegidas y cómo se definieron las estrategias de búsqueda en función de estas preguntas de investigación.

3.2.2. Orígenes de datos y estrategia de búsqueda

Se llevó a cabo una búsqueda de artículos en las principales bases de datos, considerando los artículos académicos en inglés publicados entre los años 2009 y 2019. Los términos principales usados en la búsqueda fueron “ludificación”, “adaptación” y “sistemas colaborativos”, considerando alternativas de escritura y sinónimos para evitar acotar la búsqueda por demás (ver tabla 3.2).

Por otro lado, se excluyeron artículos que aplican ludificación en otros dominios que no sean sistemas de *software* colaborativos, o aquellos que utilizan las teorías de los juegos en la resolución de problemas computacionales. Las actas de congresos, los capítulos de libro y los artículos duplicados correspondientes a la misma investigación en diferentes bases de datos, o artículos disponibles sólomente mediante resúmenes o presentaciones, fueron excluidos.

A modo de resumen se enumeran a continuación los pasos necesarios para identificar y clasificar los artículos primarios:

1. Aplicar las búsquedas en cada base de datos.
2. Exportar título, resumen y la lista de autores/as de los resultados, en un archivo CSV.
3. Filtrar los duplicados.
4. Aplicar los criterios de inclusión y exclusión a partir de los resúmenes y palabras claves.
5. Leer los artículos seleccionados para clasificar y extraer indicadores.

El filtrado y la revisión de los artículos se llevó a cabo usando la herramienta Scoln¹, que facilita el trabajo colaborativo para las revisiones abiertas de literatura.

3.2.3. Extracción de información

Las preguntas de investigación se aproximan mediante la clasificación de los artículos primarios según los criterios y dimensiones encontrados en los trabajos relacionados a cada pregunta. Esto definió un marco conceptual que fue evolucionando para dar lugar a nuevas dimensiones, o bien unificar/explotar las dimensiones existentes.

La pregunta *RQ1* analiza las estrategias de personalización de los artículos primarios. Dado que no se encontró una taxonomía estándar para clasificarlos en cuanto a personalización, se definió un conjunto de clases ad-hoc derivado de los mismos artículos. La taxonomía propuesta se divide en las categorías: ninguna personalización, no especificada, *avatar*, descripción personal, configuraciones del entorno de juego, elección del rol, y armado de equipos.

¹<http://scoln.cientopolis.org/> accedido por última vez 12/05/2024

Dimensión	Investigación de referencia
Adaptación de la dificultad	[48]
Adaptación de la historia o narrativa	[48]
Adaptación de nivel y generación de contenidos	[62]
Adaptación del comportamiento de agentes	[62]
Narrativa adaptativa e interactiva	[62]
Orientación y sugerencias	[62]
Intervenciones motivacionales	[62]
Presentación adaptativa	[62]
Secuencia curricular adaptativa	[62]
Apoyo a la navegación	[62]
Análisis inteligente de soluciones	[62]
Adaptación de la comunidad	nueva dimensión
Armado de equipos	nueva dimensión
Uso de herramientas o <i>frameworks</i>	nueva dimensión

Tabla 3.3: Dimensiones de adaptación aplicadas

Mecánicas de juego	Puntos, medallas, niveles, barras de progreso, tablas de posiciones, bienes virtuales, avatares
Principios de diseño de juegos	Desafíos y misiones, personalización, información inmediata, estado visible, desbloqueo de contenido, libertad de elección, libertad para fallar, argumento e identidades, incorporación al juego, restricción temporal, vinculación social.

Tabla 3.4: Mecánicas y principios de diseño de juegos, según Dicheva et al. [33]

Categoría	Descripción
Validación	Las técnicas investigadas son novedosas y aún no se han aplicado en la práctica, por ejemplo, los experimentos desarrollados en ambientes de prueba.
Evaluación	Las técnicas se aplican en la práctica y se lleva a cabo una evaluación de las mismas.
Propuesta de solución	Se propone una solución para un problema, que puede ser novedosa o una ampliación significativa de una técnica existente.
Artículos de discusión	Estos trabajos esbozan una nueva forma de ver los conceptos existentes estructurando el campo en forma de taxonomía o marco conceptual.
Artículos de opinión	Estos trabajos expresan la opinión personal de alguien sobre una técnica concreta o sobre cómo debería aplicarse. No se basan en trabajos relacionados ni en metodologías de investigación.
Artículos de experiencias	Estos explican qué y cómo se ha hecho algo en la práctica. Tiene que ser la experiencia personal de la persona autora.

Tabla 3.5: Métodos de investigación de Wieringa et al.

En cuanto al análisis de los enfoques de adaptación que desarrollan los trabajos primarios, se propone un análisis desde la combinación del trabajos de Göbel y Wendel [48], y los principios de adaptación de juegos serios de Kickmeier-Rust y Albert [62]. Sin embargo, a partir del análisis de los artículos primarios, se detecta la oportunidad de proponer otros criterios emergentes (Ver tabla 3.3).

La tercer pregunta de investigación se enfoca en los elementos de juego implementados en los artículos primarios. A pesar de que, como se mencionó en el capítulo 2, existen otros enfoques para describir esta dimensión, este relevamiento aplica el conjunto de mecánicas y principios de diseño compilados por Dicheva et al. [33] que se detallan en la tabla 3.4.

Luego, para considerar la pregunta relacionada al método de evaluación de cada artículo (RQ4), se aplicó la clasificación propuesta por Wieringa et al. en [63], que se detalla en la tabla 3.5.

Finalmente, la quinta pregunta de investigación se enfoca en el modelado de la persona jugadora. También en el Capítulo 2 se presentaron diferentes formas de explicar porqué las personas juegan y cómo les gusta hacerlo. Para clasificar los artículos primarios, en este

relevamiento se considera la lista de modelos de personas jugadoras recopilada en el trabajo [64] de Smith et al.

3.3. Resultados de la búsqueda

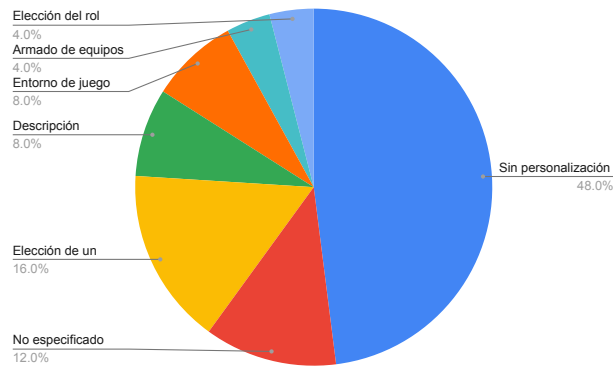


Figura 3.2: Resultados RQ1: Enfoques de personalización

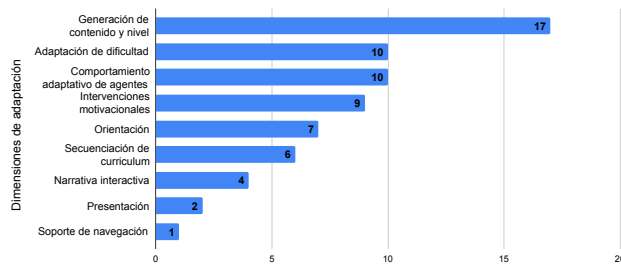


Figura 3.3: Resultados RQ2: Enfoques de Kickmeier-Rust y Albert [62]

La búsqueda inicial obtuvo un conjunto de 750 potenciales artículos primarios (en la tabla 3.1 se detallan los resultados de la búsqueda), de los cuales 58 artículos duplicados fueron automáticamente descartados por la herramienta Scopr. Se analizaron los resúmenes de estos artículos para aplicar los criterios de inclusión y exclusión, proceso que dejó un total de 95 artículos. En la siguiente etapa se analizaron los textos completos para identificar el conjunto de los artículos primarios (25 trabajos), extraer la información

3.4. RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN Y EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN75

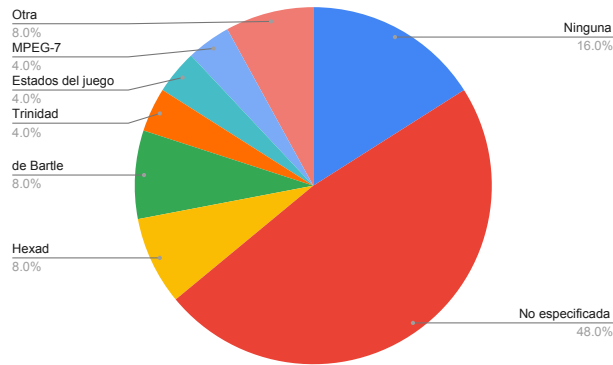


Figura 3.4: Resultados RQ5: Perfil de la persona jugadora

y clasificarlos en categorías según distintas dimensiones (ver Figura 3.1).

3.4. Resultados de la clasificación y extracción de información

3.4.1. Sobre la personalización

El primer aspecto que se analizó es la capacidad de personalización de los planteamientos de los estudios primarios. Aunque no se tenga una adaptación dinámica o calculada, la personalización permite establecer una diferencia entre las personas y, por lo tanto, una experiencia de juego diferente.

Como se muestra en la Figura 3.2, la mayoría de los estudios primarios no contemplaban una estrategia de personalización; esto es: no existe un mecanismo para que la persona personalice la configuración del juego o sus preferencias. En 3 artículos no se especifica esta posibilidad de personalización. En los otros 10 artículos, se han identificado las siguientes estrategias de personalización: la selección de la música de fondo que suena durante el juego, la elección de la cámara del entorno del juego, la personalización de diferentes características de sus avatares, la descripción del tipo de persona jugadora ya sea seleccionando un rol o rellenando una encuesta, o la creación de un equipo.

Por último, es importante señalar que no se encontró una depen-

dencia entre la capacidad de personalización y la adaptabilidad en los artículos revisados. Por ejemplo, el elemento personalizado no se consideró dentro del enfoque de adaptación.

3.4.2. Sobre la adaptación

se los clasificó siguiendo la taxonomía de Kickmeier-rust y Albert [62], y se encontró que muchos trabajos combinaban más de un enfoque (ver Figura 3.3). Adicionalmente, el análisis de los artículos reveló otras tres dimensiones de adaptación específica de los sistemas colaborativos: adaptación a la comunidad, armado dinámico de equipos y métodos (*frameworks*) de adaptación.

En la revisión de los artículos primarios se encontraron diferentes abordajes sobre la adaptación de la dificultad. Muchos artículos implementan etapas secuenciadas donde para cada una se requiere desarrollar ciertas capacidades en etapas anteriores,

En esta revisión se han encontrado diferentes abordajes de adaptación de la dificultad. En primer lugar, se puede dar una secuenciación por etapas en la que cada etapa sitúa una tarea o un conjunto de tareas que requieren desarrollar determinadas habilidades en etapas anteriores, frecuentemente evaluadas por el rendimiento en términos de cantidad de errores de la persona. Por ejemplo, en algunos sistemas ludificados la puntuación y la dificultad de la siguiente ronda de cada persona que juega se calculan en función del rendimiento pasado del jugador, y las condiciones de intercambio (colaboración con otras personas que juegan) también están relacionadas con la dificultad. De forma similar, la dificultad puede adaptarse ampliando o reduciendo el tiempo disponible para resolver el problema, manteniendo así a estudiantes al límite de sus posibilidades. Por otro lado, la adaptación de la dificultad de un juego puede relacionarse con la progresión en el tiempo de manera que la obtención de puntos sea más difícil a medida que se juega.

En cuanto al análisis de la adaptabilidad de la historia se encontraron dos enfoques. En el primero se personaliza la historia en función de las preferencias argumentales de las personas, aplicando un filtrado colaborativo (sobre una serie temporal de las preferencias). En el segundo se propone un modelo de las acciones que caracteriza lo que una persona puede hacer durante una situación, utilizando precondiciones y efectos.

Considerando las categorías de Kickmeier-Rust y Albert, la mayoría de los artículos primarios desarrollan algún tipo de generación de contenido adaptado con el objetivo de generar diferentes niveles de dificultad a través de la generación de elementos de juego. En segundo lugar se desarrollan adaptaciones de agentes que permiten incluir NPC (*non-player characters*) o extraer información sobre el comportamiento o experiencia de juego de las personas. En tercer lugar, las intervenciones motivacionales se incluyen para mostrar mensajes personalizados o generar cierto comportamiento en el trabajo de equipo.

Expansión de las dimensiones de adaptación El análisis de los artículos de esta revisión reveló tres dimensiones adicionales de la adaptación, que son específicas de los proyectos colaborativos: la adaptación de la comunidad, la formación de equipos, y los *frameworks* de adaptación.

Un entorno de juego adaptativo no sólo tiene un impacto positivo en el rendimiento de la persona individual, ya que afecta al compromiso con el reto/objetivo del juego, sino que también puede considerarse útil en la resolución de tareas colaborativas. Los proyectos de ciencia participativa se caracterizan por tener actividades de colaboración, en las que los grupos obtienen un beneficio de las acciones de los individuos. En este contexto, es útil pensar en una adaptación teniendo en cuenta cómo participa la comunidad en el proyecto, y además, los enfoques de ludificación también pueden motivar a los participantes individuales atendiendo a las preferencias globales a través de las cuales se manifiesta la comunidad. Entre los artículos primarios se encontraron once trabajos en los que se ha encontrado una adaptación considerando el comportamiento de la comunidad, por ejemplo para generar contenido individual teniendo en cuenta las preferencias históricas de la comunidad. Además, algunos de estos trabajos tiene en cuenta el trabajo en grupo, si el juego es colaborativo, para desbloquear nuevas misiones o para calcular el puntaje en función del desempeño del equipo y el aporte de cada individuo a ese trabajo en equipo. Otros trabajos miden la interacción entre las personas (posiblemente a través del análisis de las redes sociales) para dar información relevante para el equipo.

La creación de equipos pueden ayudar a potenciar la motivación teniendo en cuenta los roles a cumplir dentro del equipo. Los siste-

mas de software colaborativos se benefician de equipos de trabajo cohesionados y equilibrados, en los que las personas colaboradoras individuales tienen niveles de competencia similares para evitar que las personas menos competentes se desanimen [65]. En muchos casos el armado de los equipos es realizado por las personas, y otras veces está relacionado con la distribución geográfica, pero esto puede dar lugar a una configuración de los equipos que no es óptima. Por otro lado, una configuración desigual de los equipos puede desanimar a los miembros de los equipos menos competentes, pero también desmotivar a los miembros de los mejores equipos. Por otro lado, los juegos multijugador suelen ofrecer a las personas jugadoras diferentes roles entre los cuales elegir, pero no todas las configuraciones de grupo son posibles teniendo en cuenta el reto concreto del juego. De hecho, la elección de la persona que juega suele ser limitada, por lo que la experiencia de juego puede verse limitada. Entre los trabajos analizados se encontró una arquitectura de recomendación para fomentar la colaboración en MMORPG (videojuego de rol multijugador masivo en línea) mediante la implementación de características como el emparejamiento de equipos y el descubrimiento de la identidad. En este enfoque, se puede mejorar la interacción de los miembros para que el equipo sea más competitivo y eficiente. Así, el resultado de una sesión de juego puede dar lugar a cambios en la estructura y formación del equipo, es decir, el nombramiento de un nuevo líder, el cambio de equipo de una persona que juega o la disolución de un equipo. Entre de los trabajos analizados. Además se incluyó un abordaje de adaptación de las tareas de juego como un problema de optimización sobre la construcción del equipo.

Entre las ventajas de aplicar metodologías y heurísticas en el proceso de diseño del software, se pueden enumerar la reutilización del esfuerzo y la garantía de la calidad. Es por esto que, además de considerar los diferentes enfoques particulares de la ludificación adaptativa, es interesante explorar los principios de diseño más generales que traducen las necesidades de adaptación en directrices concretas para orientar el diseño de la ludificación. Entre los artículos primarios se encontraron algunos trabajos que abordan la adaptabilidad a través de herramientas o métodos que se aplican en el diseño del sistema ludificado y adaptativo. Un ejemplo de esto es el trabajo de Knutas et al. [66] donde se propone un algoritmo que puede elegir tareas de ludificación dependientes del contexto para cada tipo de

persona en la clasificación Hexad[45]. Dicho algoritmo se deriva de un conjunto de reglas construidas a través del proceso de diseño que proponen, siguiendo una heurística de diseño de ludificación específica. Similarmente, el enfoque de Tregel et al. [67] presenta un modelo que permite la generación de un grafo de patrones de interacción colaborativa entre personas que utiliza la información proporcionada por los patrones para combinarlos procedimentalmente. La red generada se modifica en función de métricas que garantizan la calidad de la red y descartan las opciones menos óptimas.

En este mapeo se encontraron algunos artículos que presentaban enfoques de arquitecturas para juegos educativos, con la intención de ser aplicables en múltiples escenarios. Varios de los trabajos encontrados desarrollan una arquitectura extensible que implementa uno de varios patrones posibles, y que garantizan el cumplimiento de heurísticas de diseño.

3.4.3. Sobre los elementos de juego

En cuanto a la pregunta RQ3 relacionada a qué elementos de juego incluyen los enfoques de ludificación adaptativa, tampoco se tiene un marco de discusión estándar. Existen enfoques a nivel metodológico como el MDA[38], o de grano más fino como las mecánicas de juego propuestas por Zichermann et al. [21] o la taxonomía de elementos comunes de ludificación presentada por Robinson y Bellotti[68]. Finalmente se consideró la propuesta de Dicheva et al.[33] que distingue dos niveles de abstracción: mecánicas de juego (puntos, medallas, niveles, etc.) y principios de diseño (desafíos, desbloqueo de contenido, libertad de elección, narrativa, definición de identidad, etc.).

A partir del análisis sobre cuando y cómo se adaptan los elementos de juego, se propone una taxonomía de estrategias de adaptación de elementos de ludificación (GEAS por sus siglas en inglés: *Gamification Element Adaptation Strategy*), que puede verse en la figura 3.5. Esta taxonomía emerge del análisis de las propuestas organizado entorno a dos ejes: tipo y alcance de la estrategia de adaptación. En cuanto al alcance, se distinguen aquellas que adaptan elementos individuales, denominadas *estrategias de adaptación individual* (ajuste a nivel de elemento ó microadaptaciones) de las que presentan distintos elementos de juego, denominadas *estrategias de adaptación*

difusa (ajuste sistémico o macroadaptaciones). En cuanto al tipo de adaptación, las estrategias a nivel individual pueden subclasificarse entre las adaptaciones a nivel de componente y aquellas a nivel de mecánicas, aplicando la idea de mecánica y componente del enfoque de Werbach y Hunter[18].

Las adaptaciones a nivel de componente pueden agruparse en 2 clases más específicas. Por un lado, la clase *generación de contenido* incluye adaptaciones como la creación dinámica de armas, recompensas, obstáculos, mapas, y comentarios, entre otros. Por otro lado, la clase *ayuda ó pista* incluye la generación de información específica para dar pistas o ayudar a las personas jugadoras.

Las adaptaciones a nivel de mecánicas del juego son aquellas que generan cambios en las reglas del juego, similar a un cambio en el algoritmo, y muchas veces se impacta en la dificultad. Los artículos analizados presentan dos tipos de adaptaciones sobre las mecánicas: el *factor temporal* y el *desbloqueo de acciones*.

3.4.4. Sobre el método de investigación

En cuanto a la pregunta de investigación sobre el método utilizado en el desarrollo y la evaluación de los enfoques propuestos (RQ4), se aplicó los criterios de clasificación propuestos por Wieringa et al. en [63]. En su mayoría se realiza una prueba empírica con personas usuarias. También se encontraron propuestas de soluciones a problemas específicos y técnicas que no habían sido implementadas. Las variables que se consideran para evaluar los enfoques apuntan en su mayoría a medir una mejora en el desempeño a partir de información recopilada mediante interacciones con personas reales (mejor puntaje individual y/o grupal, mayor cantidad de tareas resueltas, mayor calidad en las tareas). Algunos trabajos midieron el desarrollo de capacidades y aprendizaje mediante entrevistas y cuestionarios antes y después de las pruebas. Algunas investigaciones evalúan la experiencia de uso mediante cuestionarios específicos y encuestas de opinión, considerando en algunos casos el tiempo de inmersión (*engagement time*) calculado a partir del tiempo promedio de las sesiones de juego. Finalmente, algunos pocos trabajos realizaron simulaciones para evaluar los enfoques.

3.4.5. Sobre el modelo de persona jugadora

Por último, la RQ5 se centra en el modelado de la persona jugadora. Los tipos o modelos de personas jugadoras son agrupamientos en torno a la motivación, intereses y estilo de juego de esas personas. En la sección 2.3 se detallan los enfoques más frecuentemente encontrados en la literatura de diseño de sistemas basados en juego. Para responder esta pregunta se consideraron 2 puntos de vista: por un lado se analizó el alcance del modelo y por otro su versatilidad. En cuanto a lo primero, se encontraron tres posibilidades: estándar (alguno de los enfoques que se mencionarán en el capítulo 2), ad-hoc o no especificado/no utiliza. Estos resultados se muestran gráficamente en la figura 3.4. En cuanto a la versatilidad, se identifican dos situaciones: donde el modelado es estático, a partir que la persona elige un determinado rol (lo que puede entenderse como una personalización) o bien porque completa un cuestionario para identificar su personalidad lúdica; o dinámico, donde las preferencias de la persona son constantemente estimadas a partir de las interacciones.

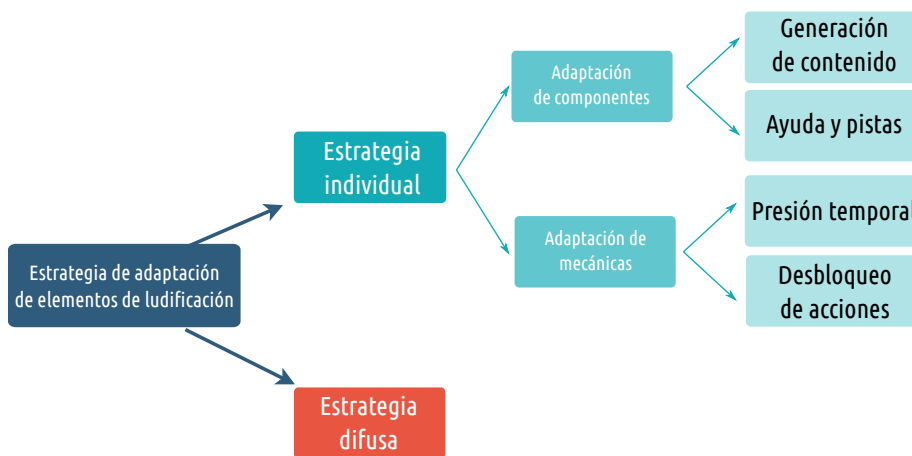


Figura 3.5: Taxonomía de estrategias de adaptación de la ludificación

3.5. Conclusiones del relevamiento del estado del arte

A partir del análisis sistemático de un corpus de literatura que aborda la ludificación en los sistemas de software colaborativos, se evidencia un área de vacancia en cuanto a la adaptación de la ludificación. Particularmente, la personalización es incipiente, ya que más del cincuenta por ciento de los estudios primarios no exploran la posibilidad de incorporar la personalización como estrategia de adaptación.

Del análisis del uso de los elementos de ludificación emerge la taxonomía GEAS que servirá de columna vertebral en la exploración de las estrategias de adaptación del capítulo 8. En cuanto a los modelos de persona jugadora, si bien se encontraron aplicaciones de los arquetipos más usados, se considera que hay oportunidad de investigar otros aspectos del perfilamiento, como se explora en el capítulo 5.

Por último, este mapeo evidencia que el aspecto que merece una mayor investigación es la adaptabilidad teniendo en cuenta la comunidad, centrándose en características sobre las que aún no se ha trabajado, como la diversidad cultural, el género y la multiplicidad de conocimientos.

Capítulo 4

Problema: adaptar la ludificación en proyectos CLCS

En el presente capítulo se desarrolla en detalle el problema que se aborda: qué significa la adaptación de la ludificación en el marco de los proyectos de ciencia participativa que están mediados por sistemas de recolección basados en la ubicación y el tiempo.

La construcción colaborativa de conocimiento científico en proyectos participativos de recolección basados en el tiempo y la ubicación depende, en gran medida, de la comunidad involucrada. En estos contextos es muy importante asegurar la participación activa y comprometida de un grupo de personas lo suficiente diverso. Por otro lado, en muchos casos la participación en sistemas colaborativos es voluntaria y por lo tanto establecer los objetivos del proyecto o garantizar el sostenimiento de las tareas no es algo posible[69]. Para convocar personas, mantenerlas activas y comprometidas con las tareas específicas del proyecto, hacer que se involucren con el proyecto y se sientan parte de él, los proyectos deben considerar la incorporación de estrategias motivacionales como la ludificación.

La ludificación presenta dos problemas principales: un mismo sistema ludificado no es apropiado para todas las personas, y con el paso del tiempo las personas pierden interés y motivación en el jue-

go. El primero se debe a que personas tienen diferentes necesidades, motivaciones, personalidades y valores [70]. Se ha estudiado como la personalidad, el género o la edad afecta a la experiencia de juego (resultados psicológicos) y, por lo tanto, los beneficios esperados para la ludificación (resultados conductuales) [71, 12, 72]. Por dar algunos ejemplos, puede ocurrir que el diseño de la ludificación resulte demasiado luminoso o ruidoso para una persona con características del espectro autista, o bien que la respuesta del sistema sea demasiado rápida para una persona mayor, o que los dispositivos artísticos sean culturalmente inapropiados. Por otro lado, se reconoce que ciertos rasgos de la personalidad se inclinan por determinados elementos de los juegos, como se vió en los estudios de los distintos arquetipos de personas jugadoras presentados en la Sección 2.3. La literatura también indica que los distintos tipos de motivación guían el comportamiento de las personas de forma diferente [73] y la implementación de elementos de juego sin sentido puede incluso tener efectos perjudiciales sobre la motivación intrínseca de las personas [74]. Además, si se considera como dominio de aplicación los sistemas de recolección basados en la ubicación y el tiempo, es razonable considerar la inclusión del comportamiento espacio-temporal en la propuesta ludificada.

En segundo lugar, aunque la ludificación pudiera haber sido aceptada positivamente por la persona, con el paso del tiempo es natural la pérdida de interés y motivación en el juego [24]. La rigidez en los sistemas en general genera en las personas frustración y estancamiento, pero en el caso de los sistemas ludificados esto cobra especial importancia pues los elementos de juego se incorporan con el único fin de hacer una tarea mas convocante y atractiva. El estudio sobre las personalidades lúdicas también establece que el perfil no es algo estanco, lo que implica que las personas van cambiando o evolucionando sus preferencias por los elementos de juego a través del tiempo.

Por lo tanto, es necesario que el sistema ludificado reconozca las diferentes personalidades o intereses, y profile los cambios en las preferencias y el comportamiento, para que a partir de esto se pueda adaptar dinámicamente a lo que se necesita. Dado que existen muchas maneras de abordar este problema, en este trabajo se exploran las posibilidades de adaptación de la ludificación aplicables en los proyectos de colaboración sensibles a la ubicación y al tiempo.

Adicionalmente, estas estrategias deben considerar, además de las características y las preferencias de cada persona, los objetivos y las lógicas comunitarias de cada proyecto. Si la ludificación adaptativa mejora la experiencia de juego haciéndola más dinámica, personalizada y atractiva, esto debería aproximar el problema de la caída en el compromiso, la frustración y el estancamiento de las personas relacionado a la rigidez del sistema ludificado, y por lo tanto acercarse a los objetivos de relevamiento del proyecto colaborativo.

Parte II

Contribuciones de la tesis

Capítulo 5

Perfilamiento del comportamiento espacio-temporal

En este capítulo se propone un mecanismo de perfilamiento del comportamiento espacio-temporal de las personas. Para esto se presenta un mecanismo de generación de átomos de comportamiento que se desprende de la bitácora de interacciones de la persona en términos de las recolecciones que ha realizado. Cada átomo describe el comportamiento espacio-temporal acotado a un período de tiempo configurable. A partir de la secuenciación de estos átomos se construyen series temporales que describen el comportamiento de cada persona, permitiendo agruparlas para utilizarse como insumo de alguna de las estrategias de adaptación.

Un aspecto importante a representar respecto de la comunidad que colabora con un CLCS es su comportamiento itinerante o espacio-temporal, pues la actividad de las personas es desigual, pues mientras algunas personas registran actividades con regularidad, otras participan de forma aislada. Podría decirse que la rutina espacial (los lugares que visita) y la rutina temporal (la periodicidad y la intensidad de la actividad) son elementos que describen a cada persona y por lo tanto pueden formar parte de su perfil.

Este capítulo aborda la detección de los perfiles de comporta-

miento, en relación a las actividades espacio-temporales que las personas realizan en el contexto de los CLCS, a través de una estrategia para detectar patrones de actividades espacio-temporales, un modelo para describir el comportamiento espacio-temporal de las personas basado en la anterior y, por último, una estrategia para clasificar a las personas según sus patrones de comportamiento. Este perfilamiento se piensa como insumo de la adaptación de la ludificación que se presentará en los siguientes capítulos.

Los patrones de comportamiento que se proponen se basan en el análisis y la caracterización como series temporales del comportamiento espacio-temporal de las personas. Una serie UTB [75] (comportamiento espacio-temporal por sus siglas en inglés: *User Traveling Behavior*) representa la actividad que una persona realiza en un CLCS a lo largo del tiempo, por ejemplo, día a día en un año. Las UTB, como otras series temporales, pueden agruparse por similitud para establecer un criterio de distancia entre los perfiles de las personas [75] y esto puede usarse como parte de una estrategia de adaptación de la ludificación. Además, las series podrían permitir la detección de caídas en la participación o analizar el impacto de la incorporación de un recurso de juego.

En general, los CLCS registran cada interacción incluyendo, como mínimo, la identificación de la persona, la ubicación y la marca de tiempo de la interacción. Esto permite caracterizar la actividad de la persona dentro de los límites de un período considerando la distancia recorrida, el tiempo invertido y el número de *check-ins* que ocurrieron. El tamaño de estos períodos pueden ser horas, días o la granularidad que se necesite. A partir de la secuenciación de estas caracterizaciones es posible elaborar la serie UTB correspondiente a una persona.

Específicamente se necesitan 3 componentes:

1. Una forma de sintetizar la interacción de la persona con el CLCS en un único valor para cada período basado en los aspectos espacio-temporales: caracterizar las interacciones con el sistema ludificado en términos del tiempo invertido, la distancia recorrida y el número de acciones realizadas en el período. Este valor se denomina **átomo de comportamiento**. El resultado de este proceso es un alfabeto de átomos de comportamiento.
2. Una estrategia para describir el comportamiento espacio-temporal

de cada persona secuenciando los átomos de comportamiento en un intervalo de tiempo relativamente largo (por ejemplo: un año), conformándose así las series UTB.

3. Una estrategia de categorización de las personas analizando sus series UTB, ya sea para generar agrupamientos o para establecer un criterio de similitud entre personas.

5.1. Detección de átomos de comportamiento

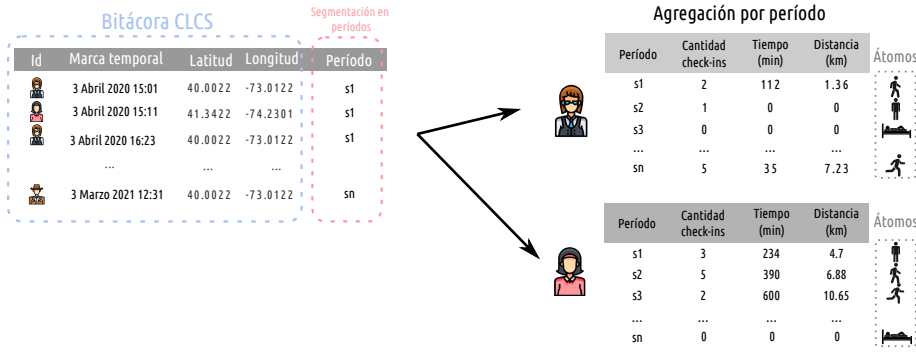


Figura 5.1: Detección de átomos de comportamiento

Un átomo de comportamiento es un valor categórico que describe la interacción de una persona con el CLCS dentro de un período relativamente corto, y se obtiene a partir de la bitácora de *check-ins* de la persona en ese período. Este valor permite explicar la intensidad/estilo de participación de cada persona en cada período.

Sin embargo, el alfabeto de átomos no es algo estático sino que emerge del procesamiento de cada conjunto de *check-ins*. Para obtener (el alfabeto de) los átomos de comportamiento, se aplica un algoritmo *K-means* de agrupamiento (*clustering*) sobre los datos agregados que describen cada período. El *clustering* es una técnica de aprendizaje automático que identifica grupos de datos basándose en su similitud, lo que permite descubrir características en común entre los datos de entrada. En particular a este problema, el *clustering* permite identificar los distintos tipos de interacciones (de una persona en un período), considerando su similitud multidimensional: temporal, espacial y de colaboración.

Como primer paso, se debe definir el conjunto de períodos a aplicar, que según lo que se necesite serán días, semanas, horas u otro criterio. A partir de esto, se segmenta el conjunto de *check-ins* por persona y por período para agregar los datos dentro de cada período, y así describirlo considerando las diferentes dimensiones. Por último, se realiza un agrupamiento sobre los períodos los datos agregados, generando un conjunto de k *clusters*.

Segmentación en períodos El período (o ventana temporal) es el intervalo aplicado para agrupar las interacciones de la persona y agregarlas en distintas dimensiones: temporal, espacial y de colaboración. El tamaño de los períodos puede variar entre horas, días o semanas, haciendo que cada átomo de comportamiento represente más o menos tiempo de actividad. En [75] se exploraron diferentes tamaños de segmentos (una, tres, cinco y siete semanas) para analizar cuántos períodos quedaban vacíos y relacionar esto con otros indicadores dieran cuenta de la precisión del agrupamiento.

Agregar datos de cada período Teniendo en cuenta que la agregación se utiliza para modelar la multidimensionalidad de la similitud entre períodos de actividad, se deben definir las funciones que consideren el aspecto espacial, el aspecto temporal y la actividad de recolección. Entonces, se propone calcular, para cada segmento y cada persona, los siguientes datos agregados:

- $checkInCounts(p, s)$: cantidad de interacciones de la persona p en el período s .
- $investedTime(p, s)$: distancia entre la primera y última interacción del período s .
- $traveledDistance(p, s)$: sumatoria de las distancias entre interacciones consecutivas dentro del período s .

Pueden considerarse otras funciones de agregación, si se quiere evaluar de otra manera alguna de las dimensiones. Por ejemplo, el aspecto temporal podría también considerar la frecuencia de los *check-ins*, y el aspecto de colaboración podría segmentar la información según el tipo de tarea que resuelven las personas. Esto puede, por ejemplo, permitir describir los períodos espacialmente activos

en relación a un tipo de colaboración y distinguirlos de otros periodos también espacialmente activos pero relacionados a otros tipos de colaboración tareas. Entonces, según cómo sea la estrategia de agregación, se asociarán las personas de diferente manera.

Obtener alfabeto de átomos Una vez que se cuenta con la descripción de cada período mediante los 3 datos resultantes de la agregación, es necesario estandarizar los valores al rango entre 0 y 1. Esta es una práctica común para evitar un sesgo a la hora de calcular la distancia que se utiliza en los algoritmos de *clustering*.

En la Figura 5.1 se describe gráficamente un ejemplo de este proceso: La bitácora de interacciones describe los *check-ins* de al menos 3 personas colaboradoras en un conjunto de n segmentos. En este ejemplo, como resultado del algoritmo de agrupamiento *KNN* se obtuvieron 4 *clusters* o grupos: $\{\text{inactivo}, \text{bajo}, \text{medio}, \text{intenso}\}$.

5.2. Tipos de personas según su UTB

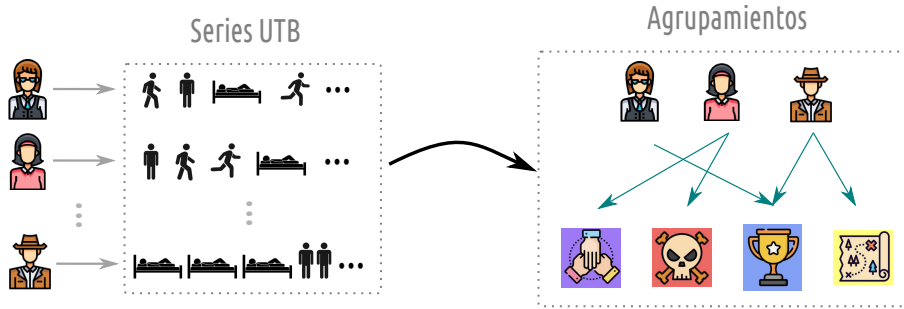


Figura 5.2: Detección de tipos de comportamientos espacio-temporales

A partir de identificar los átomos de comportamiento, se debe secuenciar estos valores en una serie temporal para luego agruparlas por similitud (como se ilustra en la Figura 5.2). Finalmente, la interpretación de estos resultados permite caracterizar la comunidad encontrando patrones de comportamiento que expliquen cada grupo, haciendo del grupo un insumo para la adaptación. Esos grupos pueden usarse dinámicamente para encontrar un *cluster* a cada nueva persona.

Adicionalmente, la similitud entre series UTB podría usarse como un criterio de proximidad entre personas a la hora de considerar los vecinos más cercanos en un sistema de recomendación como el que se presenta en el capítulo 9.

Normalizar series UTB Una serie UTB es una secuencia de átomos de comportamiento organizada en orden cronológico, que describe el comportamiento espacio-temporal de una persona durante el tiempo en que esta interactuó con el CLCS. Según la actividad de cada persona, esta serie puede tener diferente tamaño, pues puede haber períodos sin datos para algunas de ellas. Por otro lado, no todas las personas comienzan su participación en el mismo momento. Estas situaciones llevan a la consideración de posibles estrategias de configuración de la UTB, poniendo en tensión dos aspectos: la representación de valores nulos y la sincronización.

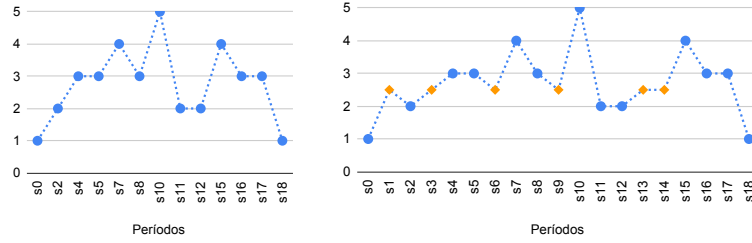


Figura 5.3: Ejemplo de normalización de series UTB

La primer discusión, en cuanto a la representación de valores nulos, debe considerar si es necesario normalizar las UTB a una misma longitud, completando los períodos donde no hay registro de actividad con un átomo que representa esta situación. Este átomo debe ser un valor neutral que no ocasionen desvíos en el algoritmo de agrupamiento. Un enfoque donde no se utilicen estos átomos (series con valores en crudo), hará que las UTB tengan diferente longitud. La Figura 5.3 compara la serie en crudo (imagen de la izquierda) con la serie normalizada (imagen de la derecha). La desventaja de normalizar las series es que las personas son comparadas de manera sincronizada, posiblemente perdiendo la posibilidad de considerar como similares a dos personas con el mismo patrón de comportamiento (por ejemplo, cantidad de *check-ins* y distancias recorridas similar que resulta en la misma secuencia de átomos de comporta-

miento). Por otro lado, si se usan las series con los datos en crudo, se pierde la relación con el calendario que podría explicar algunos comportamientos al relacionarlo con determinados eventos.

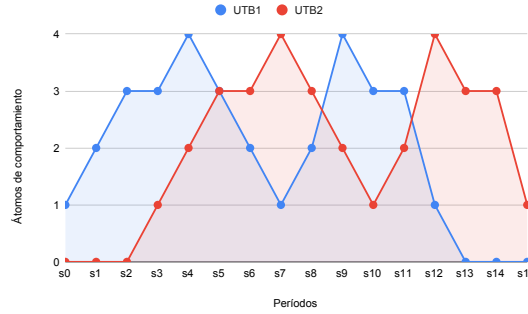


Figura 5.4: Series UTB de 16 periodos

La segunda discusión, que considera la sincronización de las interacciones, aplica al caso del abordaje relativo (notar que el abordaje absoluto sincroniza las UTB por construcción). Entonces se identifican dos caminos: alinear las UTB de las distintas personas, ignorando el momento en que comienzan a colaborar, o bien completando con los mencionados átomos neutrales hasta alinear temporalmente las series UTB (ver ejemplo en la figura 5.4).

Computar agrupamiento de series UTB Una serie temporal es una secuencia de observaciones de una variable continua[77], por lo que las series UTB pueden considerarse en este conjunto, teniendo en cuenta que las variables en este caso son categóricas. Entonces pueden clasificarse usando agrupamiento k-means para series temporales, aplicando como clasificador el vecino más cercano (NN por las siglas en inglés: *nearest neighbor*).

Además, para abordar el problema de la sincronización del enfoque *absoluto* se utiliza la función de distancia DTW o distorsión temporal dinámica (*dynamic time warping*, en lugar de la distancia euclidiana que se utilizó para el agrupamiento de átomos. En la bibliografía de análisis de series temporales, DTW se utiliza para medir la similitud entre series que pueden variar en velocidad pero se asemejan en su patrón[76].

Finalmente, para interpretar los resultados del agrupamiento, es necesario describirlos de alguna o varias maneras. En un sentido

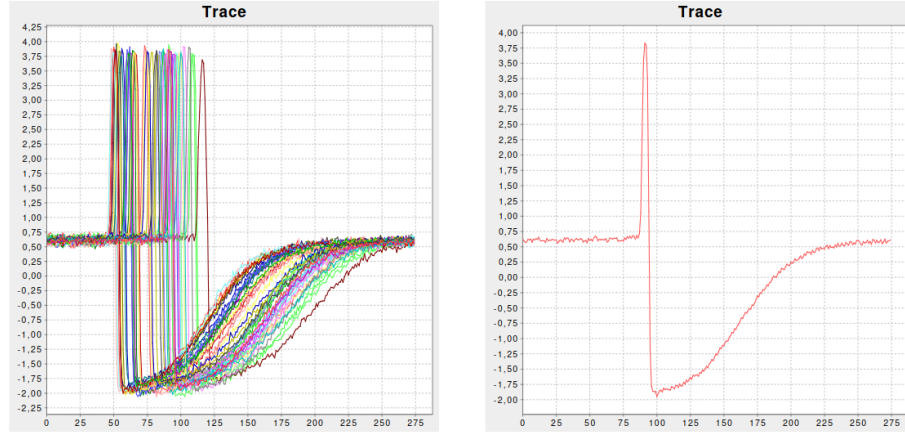


Figura 5.5: Ejemplo de un *cluster* de series temporales y su respectivo promedio DBA (fuente: Petitjean et al. [76])

gráfico, se utiliza el promedio baricéntrico o DBA (por sus siglas en inglés: *Dynamic Time Warping Barycenter Averaging*. DBA es un método basado en la distancia DTW que permite extraer la forma del cluster en lugar de promediar aritméticamente. Sin embargo, es importante saber que la serie DBA no está compuesta de valores del alfabeto categórico de átomos, sino que en su cómputo se generan valores intermedios (ver un ejemplo en la Figura 5.5).

5.3. Aplicación de las UTB en la adaptación de la ludificación

En este capítulo se propone un mecanismo para identificar átomos de comportamiento, construir a partir de estos las series temporales UTB y clasificar las personas en función de la similitud entre sus UTB. Todos estos dispositivos son aplicables en diferentes formas durante la adaptación de la ludificación.

Los átomos de comportamiento de manera aislada podrían permitir la detección de un evento puntual en el perfil de la persona (y su frecuencia) y con esto disparar un proceso de adaptación. Por otro lado, las series UTB pueden utilizarse como insumo de la adaptación, representando ascensos y descensos en la participación, información que se considera en los indicadores propuestos en la Sección 11.3. Por último, los *clusters* pueden usarse para delimitar el conjunto de

5.3. APLICACIÓN DE LAS UTB EN LA ADAPTACIÓN DE LA LUDIFICACIÓN⁹⁵

personas similares (vecinas) a las que se tiene en cuenta a la hora de recomendar elementos de juego.

Al construir el perfil de actividad espacio-temporal de las personas se obtiene otro insumo para la adecuación de la ludificación, que es posible considerar en varias de las estrategias que se describen en el capítulo 8, y en particular en el sistema de recomendación del capítulo 9.

Capítulo 6

Modelo de tareas de recolección

En este capítulo se presenta y define un modelo para las tareas de recolección espacio-temporales de los proyectos colaborativos. En particular se establecen las características de estos proyectos en cuanto al territorio de trabajo, las restricciones temporales que el proyecto establece y los tipos de colaboración que se ofrecen para que las personas realicen. A continuación se presentan las tareas de recolección como elementos conceptuales apoyados en estas definiciones, para representar con ellas los objetivos del proyecto. Finalmente se define cómo aportan las personas a esas tareas (check-ins) y al avance sobre los objetivos.

El modelo formal que se presenta en este capítulo para representar las tareas de recolección de los proyectos CLCS, es aquel que se toma como base para la construcción del enfoque de ludificación que se propone en el Capítulo 7.

6.1. Motivación

Para definir una sistema ludificado aplicable a un proyecto de ciencia participativa (o de manera más general: un proyecto colaborativo), es menester identificar y acotar las tareas que serán consi-

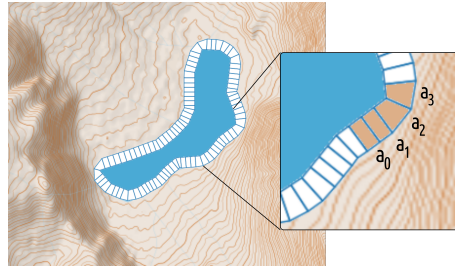


Figura 6.1: Ejemplo de mosaico de áreas

deradas para la ludificación. Es decir, cómo son las tareas que luego serán *decoradas* por el recurso de ludificación.

Como ejemplo, considerar un proyecto de ciencia participativa cuyo objetivo sea el monitoreo del estado ecológico en determinados lugares cercanos a los cuerpos de agua dulce de ríos, lagunas, lagos, etc. En este proyecto, las personas de la comunidad colaboran realizando tareas de recolección en áreas específicas y, posiblemente, en momentos específicos. Por otro lado, las tareas a realizar por las personas pueden ser de dos tipos: tomar una fotografía o completar un formulario con diferentes datos. Además, este proyecto divide el territorio de trabajo en un conjunto de áreas disjuntas y adyacentes, como se muestra en la Figura 6.1, y en cada una de las áreas se necesita realizar una recolección fotográfica y una recolección de datos mediante formulario (los tipos de recolección mencionados). Adicionalmente, las recolecciones pueden llevarse a cabo en dos posibles intervalos: durante el día, es decir entre las 7:00 y las 19:00, o durante la noche, es decir: entre las 19:00 y las 7:00.

Estas definiciones de tipos de recolección, áreas de trabajo e intervalos establecen un lenguaje a partir del cual se pueden expresar las tareas de recolección del proyecto. Asimismo, si estas tareas se organizan en una lista ordenada, se establece una prioridad entre ellas, siendo las primeras las más relevantes y las últimas las menos relevantes, y permitiendo describir los **objetivos de recolección del proyecto**.

Continuando con el ejemplo, en la Tabla 6.1 se compilan los tipos de recolección, áreas de trabajo e intervalos que permiten expresar la lista de tareas de recolección que se ve en la tabla 6.2, donde se consideran más importantes aquellas tareas relacionadas con las contribuciones nocturnas.

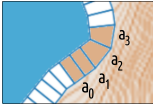
Tipos de recolección	
Descripción	id
Completar formulario	t_{form}
Tomar una fotografía	t_{fot}
Areas	
Descripción	id
	a_1
	a_2
	a_3
	a_4
Intervalos	
Descripción	id
De 7:00 a 19:00	i_{dia}
De 19:00 a 7:00	i_{noche}

Tabla 6.1: Configuraciones del proyecto CLCS

Id	Descripción
ct_1	Completar un formulario en el área a_1 durante el día
ct_2	Completar un formulario en el área a_1 durante la noche
...	
ct_{15}	Sacar una foto en el área a_4 durante el día.
ct_{16}	Sacar una foto en el área a_4 durante la noche.

Tabla 6.2: Lista de tareas de recolección

Entonces, al conocer las tareas de recolección pendientes, las personas de la comunidad pueden desplazarse a determinado área del territorio de recolección y colaborar recolectando el dato científico asociado a una posición y marca temporal determinada.

Las recolecciones que las personas informan son comunmente denominadas *check-in*, y pueden (o no) contribuir (es decir, completar) una tarea de recolección. En las tablas 6.3 y 6.4 se describen cuatro ejemplos de recolecciones: Las primeras relacionadas a completar un formulario y las segundas relacionadas a tomar fotografías.

Muestra	Colaboración de Enrique	Colaboración de Diana
1. ¿El río está en su cauce o rebalsando?	Rebalsado	En su cauce
2. ¿El agua es transparente? Si no lo es, ¿Qué color tiene?	Transparente	Transparente
3. ¿Hay basura en el agua?	No	No
4. ¿Como es la vegetación de la orilla?	Arbustos espinosos achaparrados	No hay arbustos, sólo un par de árboles
Georeferencia	(-24,320200 ; -68,2004011)	(-24,298923;-68,1111111)
Marca temporal	01/01/2023 12:00	01/15/2023 00:00

Tabla 6.3: *check-in* de tipo formulario

	Colaboración de Susana	Colaboración de Fernando
Muestra	susana.jpg	fernando.jpg
Georeferencia	(-24,298923;-68,23456)	(-24,298923; -68,2004011)
Marca temporal	01/01/2023 21:30	01/15/2023 11:00

Tabla 6.4: *check-in* de tipo registro fotográfico

Relacionando este aporte de la comunidad con la lista de tareas del proyecto que se describe en la tabla 6.2, y asumiendo que la georeferencia del *check-in* de Enrique pertenece al área a_1 puede verse que se completa la primera tarea (ct_1) de la lista. Similarmente ocurre que el *check-in* de Diana completa la tarea ct_2 , el de Susana completa la tarea *Sacar una foto en el área a_4 durante la noche* (ct_{16}) y el de Fernando contribuye a completar ct_{15} (*Sacar una foto en el área a_4 durante el día*).

Es importante notar que si el proyecto necesita redundancia en alguna situación, por ejemplo tener varias muestras de tipo *formu-*

lario en cada combinación de área y restricción temporal, entonces puede ocurrir que se tengan varias copias idénticas en la lista de tareas. Además, se espera que estén consecutivas si se las piensa con la misma prioridad, aunque es posible que esta situación cambie con el transcurrir del juego. Por otro lado, esta definición de los objetivos de recolección implica que si la lista de tareas se vacía, se considera alcanzados estos objetivos.

6.2. Modelo de tareas de recolección

La lista de tareas de recolección necesita especificarse en términos de un área, un intervalo y un tipo de colaboración, lo que lleva a la necesidad de definir el conjunto de áreas (denotado $\mathcal{A}$), el conjunto de intervalos (denotado $\mathcal{I}$), y el conjunto de tipos de colaboración (denotado $\mathcal{T}$). Entonces, el requerimiento espacial de una tarea se describe con un elemento del conjunto $\mathcal{A}$, su requerimiento temporal mediante un elemento del conjunto $\mathcal{I}$, y su tipo de colaboración es un elemento en el conjunto $\mathcal{T}$. Esta idea se formaliza en la definición 6.2.1.

Definición 6.2.1 (Tarea de recolección). La tarea de recolección es una tupla:

$$(t, a, i)$$

donde $t \in \mathcal{T}$ es el tipo de colaboración, $a \in \mathcal{A}$ es el área, e $i \in \mathcal{I}$ es el intervalo.

Entonces la lista de tareas que se presentó en la tabla 6.2 puede ser expresada formalmente con una lista (denotada Ω) como se ejemplifica a continuación:

Ejemplo 6.2.1. Lista de tareas de recolección. Dados $\mathcal{T} = \{t_{form}, t_{fot}\}$, $\mathcal{A} = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ y $\mathcal{I} = \{i_{day}, i_{night}\}$

$$\Omega = \{(t_{form}, a_1, i_{day}), (t_{form}, a_1, i_{night}), (t_{form}, a_2, i_{day}), \\ (t_{form}, a_2, i_{night}), \dots\}$$

Con estos elementos es posible representar el avance sobre los objetivos de recolección mediante la reducción progresiva de la lista

Ω . En primer lugar se debe relacionar los tipos de colaboraciones (ver definición 6.2.2) con la información que las personas generan a través de sus *check-in* (ver definición 6.2.3), para luego indicar qué condiciones deben cumplir esas recolecciones para completar una determinada tarea (ver definición 6.2.4).

Definición 6.2.2. Los datos recolectados mediante *check-in* del mismo tipo de recolección t (probablemente en diferentes momentos y lugares), se agrupan en el conjunto $\mathcal{D}_t$.

Definición 6.2.3 (*check-in*). Un *check-in* es una tupla (d, ll, ts) donde $d \in \mathcal{D}_t$ el dato recolectado para resolver una tarea de tipo t , ll es un par de coordenadas geográficas, y ts es una marca temporal.

Definición 6.2.4 (Contribución). Un *check-in* $ch = (d, ll, ts)$ se dice que contribuye a una tarea de recolección $ct = (t, a, i)$ si ocurre que $ct = contrib(ch, \Omega)$. Esto es, cuando las coordenadas ll intersectan espacialmente al polígono del área a , la marca temporal ts pertenece al intervalo i y el dato $d \in \mathcal{D}_t$.

6.3. Progreso sobre los objetivos de recolección

Dadas las definiciones anteriores, se dice que un *check-in* es una contribución si existe una tarea en la lista Ω que es satisfecha (esto es, el *check-in* cumple las condiciones de la tarea como se define en 6.2.4). Cuando esto ocurre entonces el elemento de Ω que corresponda se remueve de la lista. De esta manera, cuando Ω se vacía se puede concluir que los objetivos han sido completados.

Aplicando estas estructuras al ejemplo, las recolecciones de Enrique y Diana en la tabla 6.3 conforman el conjunto $\mathcal{D}_{form}$, y las recolecciones de Susana y Fernando (tabla 6.4) conforman el conjunto $\mathcal{D}_{fot}$. Además, en la tabla 6.5 se ilustra una bitácora para indicar qué tarea es resuelta por cada *check-in* y el orden en que esto ocurre.

Dado que la definición 6.2.4 permite que un *check-in* contribuya a varias tareas en la lista, el mecanismo de evolución de la lista debe definir cuál de ellas eliminar de la lista. Asumiendo que el orden de la lista establece una prioridad entonces tiene sentido ir vaciando la lista Ω en ese orden, es decir: se elimina la primera tarea que es resuelta por el *check-in*.

$\#(\Omega)$	check-in	Tarea	re-suelta
16	(Enrique, 01/01/23 12:00, (lat,lon),{form})	ct_1	
15	(Susana, 01/01/23 21:30, (lat,lon),{susana.jpg})	ct_{10}	
14	(Diana, 01/15/23 00:00, (lat,lon),{form})	ct_2	
13	(Fernando, 01/15/23 11:00, (lat,lon),{fernando.jpg})	ct_{15}	

Tabla 6.5: Progreso sobre las tareas de la lista Ω

Por otro lado, es importante destacar que Ω puede tener tareas obsoletas, en cuyo caso puede tener sentido contar con procesos que eliminen esas tareas y/o generen tareas equivalentes.

6.4. Resumen del capítulo

El modelo de colaboración CLCS que se presentó tiene tres elementos claves para el modelo de diseño ludificado que se presenta en el siguiente capítulo. En primer lugar, una posible formalización de las tareas de recolección espacio-temporales expresadas a partir de una segmentación del territorio de recolección, de una segmentación del tiempo de trabajo y de la descripción de los tipos de tareas.

En segundo lugar se formalizan las actividades de las personas en el marco de este sistema ludificado para representar los aportes de la comunidad. En tercer lugar, se define el criterio de contribución, que determina las actividades de las personas que aportan al avance del proyecto CLCS en cuanto a cumplir con sus objetivos de recolección.

Aunque no es exhaustivo, este modelo de tareas de recolección espacio-temporales puede considerarse una columna vertebral, ya que pueden añadirse otras dimensiones y criterios para establecer contribuciones que se basen en ellas.

Capítulo 7

Modelo de Juego para CLCS

Este capítulo presenta un modelo de juego basado en el modelo de tareas de recolección para proyectos CLCS descrito en el capítulo 6. Las ludificaciones que instancian este modelo son compatibles con el esquema PBL¹, y requieren la definición de un conjunto de reglas de asignación de puntajes, un conjunto de medallas y reglas de asignación, y un criterio de ordenamiento de la tabla de posiciones que determina los objetivos y el criterio para ganar el juego. Además se presentan dos ejemplos de ludificaciones en proyectos de ciencia participativa basados en la ubicación y el tiempo. Finalmente se presenta una extensión adaptativa del modelo de juego para CLCS. Esta extensión analiza qué implica modificar el modelo para incorporar la adaptación que tenga en cuenta el perfil de una persona, el perfil de la comunidad o los objetivos y prioridades del proyecto, y se expresa a través de la incorporación de parámetros adicionales en las reglas de asignación de puntajes, de asignación de medallas o de las condiciones para ganar el juego.

En este capítulo se presenta un modelo de juego para un sistema CLCS ludificado, que se apoya en el modelo de proyecto CLCS descrito en el capítulo 6, y que asimismo servirá de base para formalizar el catálogo de estrategias de adaptación.

¹*Points, Badges & Leaderboard*

El enfoque presentado en esta tesis aplica elementos de diseño que respetan lo propuesto por Goethe[37] y Sweetser y Wyeth [25], quienes indican que el sistema ludificado debe mínimamente definir objetivos, restricciones, criterios para ganar y recompensas.

Como ya se dijo, la ludificación es el uso de mecánicas, estéticas y formas de pensar de los juegos con el fin de convocar a las personas, facilitar el aprendizaje y resolver problemas [72]. Si bien se vió en la sección 2.2.3 que existe una gran cantidad de elementos y mecánicas de los juegos implementada en los estudios de los enfoques ludificados, el uso de sistemas de puntos, medallas y tablas de posiciones son los más comunmente encontrados [11, 33]. Los sistemas de puntos controlan la adquisición y pérdida de puntos que registran el desempeño de la persona en el juego, mientras que las medallas representan premios asociados a logros especiales. Por último, en base a los puntos y medallas recibidos, las personas se clasifican u ordenan para reflejar su desempeño en comparación a otras personas[33].

El enfoque de ludificación que se aplica en este trabajo es el de puntos, medallas y tablas de posiciones (ver PBL en la sección 2.2.4), parcialmente inspirado en el modelo de Sanat Bista et. al [78].

El juego se basa en la existencia de un conjunto de tareas de recolección sensibles a la ubicación y el tiempo (es decir, aplicable a los CLCS), como se las definió en el Capítulo 6. Esto implica que la comunidad de personas que colaboran deben realizar *check-ins* con la intención de que se completen todas las tareas de recolección que se necesitan. Cuando un *check-in* contribuye a una tarea de recolección (es decir, cumple con los requisitos espacio-temporales de esta), entonces la persona también debe progresar en el juego.

7.1. Puntos, medallas y tablas de posiciones

En este apartado se formaliza el enfoque de ludificación para proyectos colaborativos soportados por CLCS. Este modelo conceptual es el soporte de las decisiones de diseño (de ludificación) que llevan adelante las personas administradoras del proyecto, a través de la elección del sistema de puntaje, el diseño del sistema de medallas y la decisión de los criterios para ganar. Para esto, el modelo de juego para CLCS que se presenta en la definición 7.1.1 debe permitir estructurar las estrategias de asignación de puntos, el otorgamiento

de medallas y la presentación de la tabla de posiciones.

Definición 7.1.1 (Juego). El juego es una tupla:

$$G = (\Delta, \Omega, \Phi, \Gamma, R^p, R^b, R_t^b, R^l, R^w)$$

donde Δ es el conjunto de las personas jugadoras, Ω es una lista ordenada de tareas de recolección (como se define en 6.2.1), Φ es el conjunto de valores de puntaje, Γ es el conjunto de medallas, R^p es la función de retribución de puntos, R^b la función de retribución de medallas, R_t^b el conjunto de medallas actualmente válidas, R^l es la función que construye la tabla de posiciones, y R^w la función que determina el conjunto de personas ganadoras.

7.1.1. Retribución con puntos

A la hora de diseñar el sistema de recompensas basado en puntos se debe delimitar el conjunto de puntos (Φ a asignar en una misma jugada, y esto puede abordarse de múltiples formas. Algunas posibilidades son: utilizar como recompensa cualquier valor natural ($\Phi = \mathbb{N}$), o usar valores enteros ($\Phi = \mathbb{Z}$) o valores reales ($\Phi = \mathbb{R}$). También puede delimitarse a un rango de valores (por ejemplo $\Phi = [min : max] \subset \mathbb{N}$), o bien puede definirse un conjunto ad-hoc para modular la retribución generando recompensas no lineales (por ejemplo el comienzo de la serie de Fibonacci: $\Phi = \{1, 2, 3, 5, 8, 13, 21\}$)

Cuando la persona realiza un *check-in* (y posiblemente realiza una contribución), recibe una cantidad de puntos limitado por el conjunto Φ , que depende del *check-in* en si mismo y del contexto en que esto ocurre. Entonces, el siguiente paso de diseño requiere establecer el mecanismo para asignar un valor del conjunto Φ a partir de una jugada, como se define a continuación.

Definición 7.1.2 (Recompensa de puntos). El puntaje asignado a una jugada (*check-in* o contribución) se computa con la función R^p :

$$R^p(ch, ct) = g$$

donde $ch \in \Pi_p$ es el *check-in* actual, ct es la tarea que potencialmente fue completada por ch , y $g \in \Phi$ es la cantidad de puntos otorgados por la presente jugada.

En la definición anterior, se admite que el parámetro ct pueda ser nulo, y se delega a la función en si misma la decisión de otorgar puntos (o no) si ese es el caso. En el diseño del sistema ludificado puede ser útil que a pesar de que el *check-in* no contribuya a una tarea, se otorguen puntos. más adelante en este capítulo se presentan ejemplos de diseño de ludificaciones donde se aplican diferentes combinaciones de estos elementos de juego.

7.1.2. Retribución con medallas

En la sección 2.2.3 se describieron diferentes estrategias para implementar el uso de medallas en un sistema ludificado. En el marco de los proyectos colaborativos donde se tienen varios tipos de colaboraciones (modelados en el conjunto $\mathcal{T}$), puede considerarse incluir una o más medallas para cada tipo. También es común encontrar escenarios de ludificación donde las medallas se organizan en forma creciente en cuanto a complejidad, habilidad o cantidad de trabajo.

En las situaciones descriptas, se requiere poder expresar las condiciones que debe cumplir el perfil de la persona para poder recibir cada medalla. Las condiciones pueden establecerse sobre la tarea recientemente resuelta, o sobre otros aspectos del perfil de juego. Por ejemplo, es usual poner como condición tener cierta medalla anterior para otorgar una nueva.

Los criterios de asignación de medallas se modelan a través de la función $R^b()$ que dado un perfil de persona y un *check-in* (reciente) se retorna un conjunto (posiblemente vacío) de nuevas medallas. Esta función se formaliza como sigue:

Definición 7.1.3 (Regla de otorgamiento de medalla). La regla que permite obtener una medalla se expresa con la función:

$$R^b(p, ch) = \Gamma_1$$

donde $p \in \Delta$ es un perfil de persona, $ch \in \Pi$ es el nuevo *check-in* de la persona p (que aún no está en la colección Π_p), y $\Gamma_1 \subseteq \Gamma$ es el conjunto de las medallas recientemente obtenidas por p .

La definición anterior admite la situación donde la colección de medallas de p se mantiene igual que antes de evaluar el nuevo *check-in* ($\Gamma_1 = \emptyset$), o bien crece incorporando nuevas medallas ($\Gamma_1 \neq \emptyset$).

Por otro lado, es necesario tener un mecanismo para informar las medallas de una persona en un determinado momento, y eso se define a través de la siguiente función.

Definición 7.1.4 (Medallas actuales). El conjunto de medallas actualmente válidas para una persona p se expresa mediante la función:

$$R_t^b(p) = \Gamma_p^t$$

donde $p \in \Delta$ es un perfil de persona, y $\Gamma_p^t \subseteq \Gamma$ es el conjunto de medallas que el perfil p registra como válidas actualmente.

Es importante notar que dado que las medallas pueden ser temporales, cuando alguna de ellas ya no es válida, Γ_p^t puede ser más pequeño que Γ_p , pero el tamaño del conjunto Γ_p no puede decrecer dado que es un registro histórico de las medallas otorgadas a la persona p .

El sistema ludificado debe ser capaz de, a partir de un nuevo *check-in* ch , asignar una nueva medalla si ocurre que el perfil de juego tiene los requisitos necesarios y ch satisface ciertas condiciones.

7.1.3. Estado de victoria

El último componente clave en la lógica de PBL es la tabla de posiciones, que está relacionada con los criterios para ganar el juego (estado de victoria).

Dado que la tabla de posiciones es en esencia una lista ordenada de personas jugadoras, las decisiones de diseño relacionadas con este componente establecen como se ordenan y filtran las personas de la comunidad. Este orden y filtrado se definen a través de una función R_l de la manera que se describe a continuación.

Definición 7.1.5 (Regla de la tabla de posiciones). La tabla de posiciones es una lista ordenada de personas jugadoras computada por la función R^l :

$$R^l(\Delta) = L$$

donde Δ es el conjunto de perfiles de personas, y $L = p_0, \dots, p_k$ es una lista ordenada de k perfiles de personas.

Finalmente, el sistema ludificado debe establecer un objetivo de juego claro y concreto, sin abstracciones ni ambigüedades, que pueda ser fácilmente comunicado a la comunidad[33]. En este trabajo

se propone un juego colaborativo donde el estado de victoria está definido por la función R^w presentada a continuación.

Definición 7.1.6 (Regla de la victoria). La regla de victoria es la función:

$$R^w(g) = \Delta_w$$

donde g es un juego para CLCS como el presentado en 7.1.1, y $\Delta_w \subset \Delta$ es el conjunto de personas ganadoras.

Esta función puede devolver un conjunto vacío en caso de que haya tareas pendientes ($\Omega \neq \emptyset$), un conjunto con una sola persona o con varias personas que tengan la misma situación en cuando a puntos y medallas (empate). Por otro lado, puede ser tal que represente el objetivo de estar en el primer lugar de la tabla de posiciones (siendo la persona con el mejor puntaje y conjunto de medallas) en el momento en el que ocurre que la lista Ω se vacía.

A partir de las definiciones presentadas, se puede presentar una implementación operacional mediante el algoritmo descrito en la sección 7.2, que se ejecuta a partir de que la persona informa un nuevo *check-in*.

7.1.4. Perfil de persona jugadora

Los aspectos de la persona que se relacionan con su interacción con el juego se describe mediante sus *check-ins*, sus contribuciones, la cantidad de puntos obtenidos y las medallas que le fueron otorgadas. Es decir que el perfil de cada persona se describe articulando todos esas colecciones de datos, como se formaliza en la siguiente definición:

Definición 7.1.7 (Perfil de juego). El perfil de juego de una persona es la tupla:

$$u = (\Gamma_p, \Gamma_p^t, \Pi_p, \Omega_p, \Phi_p)$$

donde $\Gamma_p \subset \Gamma$ es el conjunto histórico de medallas que le fueron otorgadas, Γ_p^t es el conjunto de medallas actualmente válidas, Π_p es el conjunto de *check-ins* que la persona realizó, Ω_p es el conjunto de contribuciones que la persona aportó, y Φ_p representa la cantidad de puntos obtenidos por la persona.

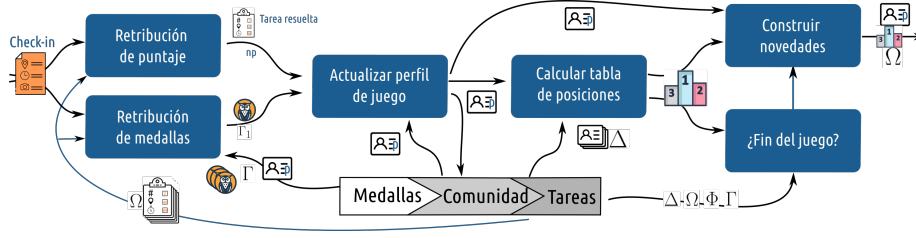


Figura 7.1: Algoritmo de cómputo del progreso

7.2. Progreso en el juego

En esta sección se detalla el algoritmo que computa el progreso de una persona a partir de que realiza un *check-in*, teniendo en cuenta el modelo de juego definido en la sección anterior. Dado un *check-in* $ch = (d, ll, ts)$ que realizó la persona p :

1. Se busca una tarea de recolección $ct = (t, a, i)$ tal que $ct = contrib(ch)$. Es decir que se cumplen las siguientes condiciones:
 - d coincide con t
 - ll pertenece al área a
 - ts interseca con el intervalo i
2. Se calcula el puntaje mediante las reglas de asignación de puntaje R^p definidas en el diseño de ludificación:

$$np = R^p(ch, ct)$$

Es importante notar que podría otorgarse puntaje aunque no contribuya, y además se permite otorgar puntaje negativo, permitiendo penalizar a la persona en alguna situación (por ejemplo, cuando no se contribuye)

3. Se calcula una lista Γ_1 de posibles nuevas medallas mediante las reglas de asignación de medallas R^b definidas en el diseño de ludificación:

$$\Gamma_1 = R^b(p, ch)$$

4. Se actualiza el perfil de juego p :
 - a) Se suman los puntos (np)
 - b) Se incorporan las medallas (Γ_1)

- c) Se incorpora ch y, si ct no es nula, se lo relaciona con la primera.
5. Se calcula la tabla de posiciones aplicando la regla de orden y filtrado R^l definida en el diseño de la ludificación:

$$L = R^l(\Delta)$$

6. Se controla el estado del juego. Para esto se computa una lista de personas mediante la regla de victoria R^w definida en el diseño de la ludificación:

$$U = R^w(G)$$

Es importante ver que si el juego aún no ha terminado porque todavía se tienen tareas en Ω sin resolver, entonces la lista U estará vacía.

7. Se compila la información que debe mostrarse a la persona colaboradora (la posible tarea de recolección que completó, los cambios en el perfil y la tabla de posiciones, el estado global del juego):

$$feedback(p, ct, np, \Gamma_1, L)$$

El algoritmo descripto se explica gráficamente a través de la Figura 7.1.

7.3. Ejemplo de ludificación: proyecto Nuestros Árboles

El proyecto *Nuestros Árboles* tiene como objetivo relevar la situación de la población forestal en un determinado sector urbano. La actividad principal de recolección que debe llevar adelante la comunidad es la de censar ejemplares de árboles completando un formulario y adjuntando algunas imágenes, utilizando una plataforma de relevamiento específica del proyecto. En algunas situaciones se necesita buscar ejemplares de ciertas especies en particular, por lo que en este modelo de ludificación se representan como diferentes tipos de tareas. Por ejemplo de, censar un Jacarandá corresponde al tipo t_j , censar un Roble es el tipo t_r y censar un ejemplar de otra especie es el tipo t_g . Es decir que el conjunto $\mathcal{T} = \{t_j, t_r, t_g\}$. En

7.3. EJEMPLO DE LUDIFICACIÓN: PROYECTO NUESTROS ÁRBOLES111



Figura 7.2: **Censo forestal:** Areas de trabajo

cuanto al conjunto de áreas $\mathcal{A}$, el sector a relevar presenta una segmentación como se aprecia en la Figura 7.2. En cuanto al conjunto $\mathcal{I}$ este proyecto necesita distinguir solamente las contribuciones en primavera (i_p) y en verano (i_v), por lo que el conjunto $\mathcal{I}=\{i_p, i_v\}$.

Diseño de la ludificación

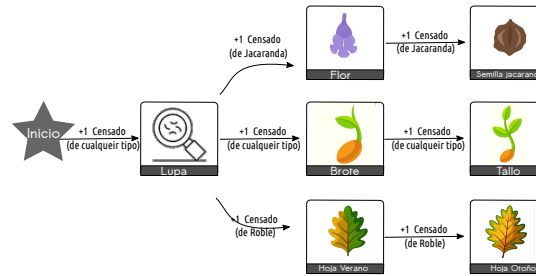


Figura 7.3: **Nuestros Árboles:** Diseño de medallas

El sistema de asignación de puntaje combina dos de los posibles criterios. Algunas reglas se basan en las áreas donde están inscriptas las tareas resueltas de cada contribución, y otras reglas se relacionan al tipo de tarea informada. En particular, se asignan 5 puntos a los *check-in* que a pesar de no ser contribuciones, se realizan dentro del territorio de muestreo. Por otro lado, aquellas contribuciones realizadas en las áreas centrales (a saber: el jardín botánico, la escuela de

bosques, el edificio de la facultad o el parque central) se le asignan 20 puntos, a las áreas sobre la calle 60 (conjunto $\{a_{av1}, a_{av2}, a_{av3}\}$) 15 puntos y a las áreas sobre la diagonal 113 (conjunto $\{a_{d1}, a_{d2}, a_{d3}\}$) 25 puntos. Además, las tareas de censado del jacarandá asignan 10 puntos más, y el censado de un roble 20 puntos. De esta manera, cada regla se define como una función $rp_i : \Pi_p \rightarrow \mathbb{N}$ que dado un *check-in* calcula un valor de puntaje a partir de condiciones en cuanto al tipo, área e intervalo de este, y por lo tanto, la regla de asignación de puntajes es la sumatoria de estos resultados. En la tabla 1 del Cuadro 7.1 se resume todo lo relativo a la definición de $R^p(ch, \Omega)$.

Para este proyecto se propone un conjunto de medallas relacionado a los tipos tareas de recolección, que se ilustra en la imagen 7.3. Cuando se da inicio al juego, con la primer contribución (*check-in* válido) se otorga la medallas *Lupa*, que es condición necesaria para acceder a las medallas de segundo nivel: *Flor*, *Hoja de Verano* y *Brote* (haciendo una contribución de tipo t_j , t_r y t_g respectivamente). A partir de cada una de estas es posible avanzar en el reconocimiento por tipo de tarea haciendo otra contribución para obtener las medallas *Semilla Jacarandá*, *Hoja Otoño* y *Tallo*. De manera similar a la asignación de puntajes, la función $R^b()$ se define en términos de un conjunto de reglas atómicas que expresan en forma normal conjuntiva un criterio en cuanto al tipo, área e intervalo del *check-in* para asignar una determinada medalla. Estas reglas se resumen en la tabla 2 del Cuadro 7.1.

Por último, se considera en primer lugar el conjunto de medallas y en segundo lugar el puntaje obtenido como criterio de orden en la tabla de posiciones y por lo tanto para ganar el juego.

7.4. Ejemplo de ludificación: Anticipando la crecida

El proyecto *Anticipando la crecida* tiene como objetivo contribuir en la reducción de riesgos ante desastres asociados a eventos hidro-meteorológicos, mediante el diálogo con actores territoriales con el fin de fortalecer el sistema de alerta temprana comunitario centrado en la población. En particular, define tres objetivos específicos: identificar las necesidades de monitoreo y pronóstico hidro-

Tabla 1: Reglas de asignación de puntaje

	Es contribución	Tipo de tarea	Área	Intervalo	Puntaje
rp_0		*	$\mathcal{A}$	*	5
rp_1	✓	*	$\{a_b, a_e, a_f, a_p\}$	*	20
rp_2	✓	*	$\{a_{av1}, a_{av2}, a_{av3}\}$	*	15
rp_3	✓	*	$\{a_{d1}, a_{d2}, a_{d3}\}$	*	25
rp_4	✓	t_j	*	*	10
rp_5	✓	t_r	*	*	20
rp_6	✓	t_g	*	*	20

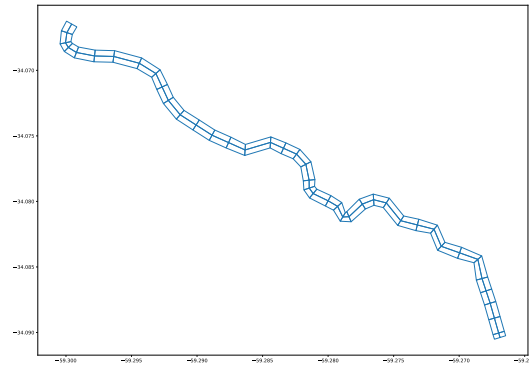
$$R^P(ch, \Omega) = \sum_{i=1}^5 rp_i(ch, ct)$$

Tabla 2: Reglas de asignación de medallas

	Nombre	Es contribución	Medalla previa	Tipo de tarea	Área	Intervalo
rb_1	<i>Lupa</i>	✓	Ninguna	Cualquiera	*	*
rb_2	<i>Flor</i>	✓	<i>Lupa</i>	t_j	*	*
rb_3	<i>Hoja de Verano</i>	✓	<i>Lupa</i>	t_r	*	*
rb_4	<i>Brote</i>	✓	<i>Lupa</i>	t_g	*	*
rb_5	<i>Semilla Jacarandá</i>	✓	<i>Flor</i>	t_r	*	*
rb_6	<i>Hoja Otoño</i>	✓	<i>Hoja de Verano</i>	t_r	*	*
rb_7	<i>Tallo</i>	✓	<i>Brote</i>	t_g	*	*

$$R^b(u, ch) = \{b | \exists rb_i() : b = rb_i(u, ch)\}$$

Tabla 7.1: Nuestros Árboles: Configuración de ludificación

Figura 7.4: Áreas de trabajo para el proyecto *Anticipando la crecida*

meteorológicos para los sectores involucrados; fortalecer los mecanismos de comunicación, difusión e interpretación de pronósticos, y alertas; generar un espacio de co-producción permanente de conocimiento entre el sector académico-científico y la comunidad, como estrategia de apropiación social de la información acerca de los eventos hidro-meteorológicos que afectan un territorio.

Las actividades de recolección que debe llevar adelante la comunidad son:

t_p Lectura de pluviómetro

t_r Lectura de la regla de nivel

t_o Observación del color del agua y confección de un formulario

t_a Alertar sobre posible bloqueo del flujo del río.

Estas actividades deben realizarse periódicamente en determinadas áreas. Para esto, el proyecto define un conjunto de áreas que se relacionan con los lugares donde se instalan las reglas de nivel y los pluviómetros, pero también con observar todos los accesos al río (ver Figura 7.4).

Las tareas de recolección de tipo t_p y t_r deben realizarse cada semana, los lunes, jueves y sábados (intervalo i_s). La tarea de observación del color (t_o) así como la tarea de alerta sobre posibles bloqueos (t_a) deben llevarse a cabo el primer domingo de cada mes (intervalo i_d).

7.4.1. Definición del sistema de puntos

Con la intención de mejorar la participación de las personas en las áreas de recolección en zona sur, y con motivar la participación durante los días de semana, se define un conjunto de reglas de asignación de puntos que considera lo siguiente: Las contribuciones en las áreas del norte (sin importar el tipo de tarea ni el intervalo) otorgan 20 puntos, mientras que las contribuciones en las áreas del sur otorgan 40 puntos. Por otro lado, las contribuciones de lunes a viernes otorgan 20 puntos más, mientras las contribuciones de fin de semana otorgan 10 puntos. Por último, si el *check-in* registrado no es una contribución se deben descontar 5 puntos.

A partir de esto se definen las reglas:

1. Los *check-in* que no satisfacen ninguna tarea de recolección dan un puntaje de -5 puntos.
2. Las contribuciones en las áreas del norte (sin importar el tipo de tarea ni el intervalo) otorgan 20 puntos.
3. Las contribuciones en las áreas del sur (sin importar el tipo de tarea ni el intervalo) otorgan 40 puntos.
4. Las contribuciones en el intervalo i_s otorgan 20 puntos.
5. Las contribuciones en el intervalo i_d otorgan 10 puntos.

De esta manera, si se registra una lectura de pluviómetro en algún área de la parte sur, un día jueves, entonces se reciben 60 puntos (40+20), y si en cambio la lectura se realiza en algún área del norte, corresponden 40 puntos (20 + 20).

7.4.2. Definición del sistema de retribución de medallas

Con la primer contribución (de cualquier tipo, y en cualquier área o intervalo), se le otorga a la persona la medalla *Remo*. Teniendo esta medalla y mediante otra lectura de tipo lectura de pluviómetro o de regla de nivel, se asigna la medalla *Kayak de madera* o *Canoa* respectivamente. Adicionalmente, si la persona resuelve 2 tareas más medalla estos dos tipos (en cualquier área o intervalo), accede a las medallas *Lancha* o *Velero* respectivamente, y si colabora 5 veces más en cada uno de esos tipos de tarea, obtiene las medallas *Yate* o *Carabela*. Similarmente, realizar 1 contribución más de tipo t_o o t_a otorga la medalla *Gomón* y realizar 3 contribuciones más de estos tipos otorga la medalla *Buque rescate*. Esta organización de medallas puede apreciarse en la Figura 7.5.

7.5. Modelo de juego adaptativo

En esta sección se presenta una extensión adaptativa del modelo de juego para CLCS definido antes. Esta extensión analiza qué implica modificar el modelo para incorporar la adaptación que tenga en cuenta el perfil de una persona, el perfil de la comunidad o los objetivos y prioridades del proyecto, y se expresa a través de la incorporación de parámetros adicionales en las reglas de asignación de

Figura 7.5: Medallas del proyecto *Anticipando la crecida*

puntajes, de asignación de medallas o de las condiciones para ganar el juego.

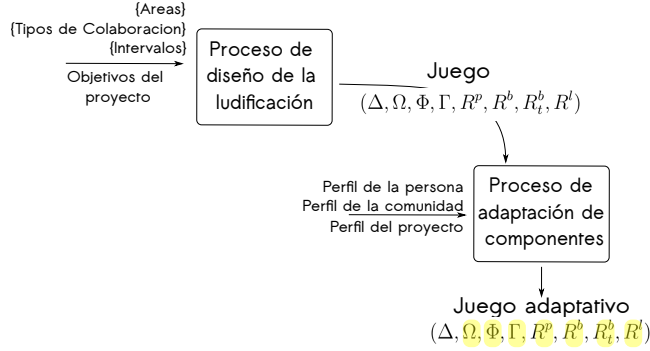


Figura 7.6: Proceso de diseño de la ludificación adaptativa

La ludificación adaptativa puede ser pensada como aquellos cambios en el comportamiento o la presentación del sistema para considerar las necesidades y deseos de la persona usuaria/jugadora, y de lo cual la persona es consciente. En este trabajo, el sistema al que se refiere esta definición es el modelo de juego descrito antes en este capítulo (ver en particular la Definición en 7.1.1), y los cambios que pueden hacerse al sistema se deben analizar en términos de cada uno de los componentes de dicho dispositivo.

En la Figura 7.6 se grafica el diseño de un juego adaptativo mediante un proceso de diseño de 2 pasos: en el primer paso se diseña el juego para proyectos colaborativos sensibles al espacio y el tiempo, teniendo en mente las características del proyecto y la comunidad que tiene o que potencialmente tendrá. Es decir, a partir de los tipos de colaboración, el conjunto de restricciones temporales y espaciales, y los objetivos del proyecto relacionados con las tareas de recolección.

En el segundo paso se diseña la adaptación haciendo que uno (o varios) de los componentes del juego evolucione a su forma adaptativa, en la que se considera dinámicamente información adicional de la persona o del contexto, para ofrecer una ludificación a la medida de lo que cada persona necesita en determinado contexto. La forma adaptativa de un componente depende de cada componente, y las posibilidades se exploran en profundidad en el Capítulo 8.

En este apartado se discuten los elementos que extienden el modelo de juego G para soportar adaptaciones que se detallarán en el

Capítulo 8. En particular se detalla cómo se modifican los elementos del juego, y se propone un conjunto de métricas que describen numéricamente algún aspecto del perfil de la persona o del estado del juego.

7.5.1. Función extendida de retribución con puntaje

La función de cómputo de la retribución en puntos R^p puede escalar/evolucionar de diferentes maneras, según la estrategia de adaptación que se considere, pues esta podría requerir información adicional del perfil de juego, información de los perfiles de toda la comunidad, o algo relacionado con el estado de las tareas de recolección (Ω).

A los fines de este análisis, se introduce la notación $*$ para indicar que el parámetro al que se le aplica es opcional.

Definición 7.5.1 (Asignación de puntaje adaptativa). El puntaje asignado a una jugada (*check-in* o contribución) se computa con la función R_a^p :

$$R_a^p(ch, ct, p^*, \Delta^*, \Omega^*) = g$$

donde $ch \in \Pi_p$ es el *check-in* actual, ct es la tarea que potencialmente fue completada por ch , $p \in \Delta$ es el perfil de juego, Ω^* es la lista de tareas de recolección pendientes, y $g \in \Phi$ es la cantidad de puntos otorgados por la presente jugada.

7.5.2. Conjunto extendido de medallas

La extensión del conjunto de medallas, denotado Γ_a implica la caracterización de estas con elementos que describen su relación con (o impacto en) la comunidad y el estado del proyecto.

Indicador de esfuerzo Este indicador describe el esfuerzo que representa obtener una determinada medalla. Puede computarse mediante el número de contribuciones que se necesitan para obtenerla (incluyendo las medallas que son requisito previo), así como la diversidad en términos de cantidad de áreas e intervalos que se recorren para obtenerla.

$$E_m = h(m) + s(m) + t(m)$$

Donde $h(m)$ es la función que calcula la cantidad de contribuciones necesaria para obtener la medalla (y sus requisitos previos), $s(m)$ y $t(m)$ son las funciones que calculan el número de áreas y de intervalos que se necesita explorar para obtener la medalla (y sus requisitos), respectivamente. Es importante destacar que este indicador de esfuerzo no tiene en cuenta a una persona específica.

Indicador de otorgamiento relativo El indicador de otorgamiento debe dar una idea de la cantidad de veces que la medalla m fue otorgada, en relación a las demás medallas. Para esto se considera el conjunto Δ_m de las personas que cuentan con la medalla en su perfil, es decir que ocurre $m \in \Gamma_p$:

$$\Delta_m = \{p \in \Delta : m \in \Gamma_p\}$$

Entonces el *índice de otorgamiento absoluto* es el tamaño de dicho conjunto, calculado como sigue:

$$f(m) = |\Delta_m|$$

Entonces, en función de lo anterior se calcula el índice relativo considerando el máximo de la función anterior, es decir, la medalla más veces otorgada, calculada $max_f = \max(\{f(m) : m \in \Gamma\})$. De esta manera, el *índice de otorgamiento relativo* es:

$$O_m = f(m)/max_f$$

Indicador de tiempo estimado El tiempo estimado es un indicador de la cantidad estimada de interacciones que debe tener una persona para obtener una medalla. Se debe tener en cuenta las personas de la comunidad que han obtenido la medalla (Δ_m) y calcular la media de la cantidad de colaboraciones que había realizado cada persona al momento de recibirla.

Para esto se necesita una función $first(p)$ que obtiene la marca temporal de la primer interacción de la persona p :

$$first(p) = ts, \text{ donde } ch = (d, ll, ts) \in \Pi_p$$

Además se necesita la función $assign(m, p)$ que obtiene la marca temporal asociada al *check-in* que le permitió acceder a la medalla:

$$assign(m, p) = ts, \text{ donde } m \in R^b(p, ch), \text{ y } ch = (d, ll, ts) \in \Pi_p$$

Con lo anterior es posible calcular el tiempo que la persona p necesitó para obtener la medalla m como sigue:

$$time(m, p) = assign(m, p) - first(p)$$

A partir de esto, se calcula el indicador T_m de tiempo estimado para la medalla m , como el promedio del tiempo invertido por las personas que la obtuvieron:

$$T_m = avg(\{time(m, p) : p \in \Delta_m\})$$

Estos indicadores permiten extender el conjunto de medallas Γ como se explica en la siguiente definición.

Definición 7.5.2 (Conjunto de medallas extendido). El conjunto extendido de medallas Γ_a es el conjunto de tuplas:

$$\Gamma_a = \{(m, E_m, O_m, T_m) : m \in \Gamma\}$$

donde E_m es el indicador de esfuerzo de la medalla m , O_m es el indicador de otorgamiento relativo de la medalla m , y T_m es el indicador de tiempo estimado para otorgar una medalla, en función de los datos de la comunidad.

7.5.3. Perfil extendido de persona jugadora

En muchos casos, la adaptación del sistema ludificado requiere información adicional sobre el perfil de juego de una persona. Estos datos pueden ser computados usando como insumo únicamente sus interacciones con el sistema, pero también puede tenerse en cuenta el contexto o la comunidad.

Indicador de compromiso El indicador del nivel de compromiso de una persona debe dar cuenta de la intensidad de su colaboración, considerando la cantidad de colaboraciones por período. Este se calcula a partir de *periodos de compromiso* o *engagement periods*. Se considera que la persona está comprometida si ha realizado las misma cantidad o más contribuciones que en el período anterior, determinado como sigue: $|\Omega_p^s| \geq |\Omega_p^{s-1}|$. Entonces, el *indicador de compromiso* (C^p) de la persona p es:

$$C^p = |E^p|$$

donde

$$E^p = \{s \in S : |\Omega_p^s| \geq |\Omega_p^{s-1}|\}$$

En lugar de considerar las contribuciones de la persona en un período (Ω_p^s), podrían tenerse en cuenta todas sus interacciones (Π_p^s) para no excluir los *check-in* que no se consolidaron como contribuciones. Por otro lado, este indicador podría relacionarse con el comportamiento espacio-temporal según lo expuesto en el Capítulo 5.

Indicador de maestría El indicador de maestría de una persona tiene relación con los errores que esta persona comete a lo largo del registro histórico de sus interacciones, considerando como error aquellos *check-in* que no resultan en contribuciones al proyecto. Este indicador se calcula como sigue:

$$M^p = \Omega_p / \Pi_p$$

Indicador de nivel en el juego Dado que el modelo de juego presentado no incorpora niveles de manera explícita, entonces la idea de completar un nivel puede ser una función que considera los puntos e insignias obtenidos por la persona, de la siguiente manera:

$$N^p = \frac{|\Gamma_p|}{|\Gamma|} + \frac{\Phi_p}{\max(\Phi_p)}$$

donde Φ_p es el puntaje de la persona p , y $\max(\Phi_p)$ es el puntaje máximo alcanzado.

Indicadores de exploración La exploración espacial de la persona p puede describirse mediante el número de áreas diferentes donde la persona realizó *check-ins* (Π_p), relacionado al tiempo de participación en el proyecto. Entonces el nivel de exploración espacial es:

$$SX^p = |\text{areas}(\Pi_p)|$$

Análogamente, la exploración temporal se describe por el número de intervalos diferentes relacionadas en los cuales p ha colaborado.

$$TX^p = |\text{intervals}(\Pi_p)|$$

Finalmente, el modelo adaptado de comunidad que aumenta los perfiles de juego mediante los indicadores presentados arriba, se define:

Definición 7.5.3 (Modelo adaptado de comunidad).

$$\Delta_a = \{(p, C^p, M^p, N^p, SX^p, TX^p) : p \in \Delta\}$$

donde p es el perfil de juego de una persona, C^p es el indicador de compromiso de la persona, M^p es el indicador de maestría, N^p es el indicador de nivel en el juego, y SX^p y TX^p son los indicadores de exploración espacial y temporal respectivamente.

7.6. Resumen del capítulo

En este capítulo se presenta y describe un modelo de juego para proyectos soportados por CLCS, considerando las tareas de recolección como las actividades ludificadas, que permite otorgar medallas y puntos para avanzar en el juego. La aplicabilidad de este modelo se comprueba mediante dos ejemplos de diseño ludificado para proyectos de ciencia participativa. Por otro lado, se aborda la adaptatividad del modelo a partir de la descripción de tres aspectos que

pueden ser extendidos en determinados abordajes para permitir que el juego se adapte a una persona y situación particular.

Este modelo de juego adaptativo funciona como piedra fundacional del enfoque de adaptación de este trabajo doctoral. Si bien se mencionó que es una propuesta minimalista desde el punto de vista del diseño lúdico, se verá en el siguiente capítulo este modelo de juego adaptativo para proyectos soportados por CLCS es suficiente para discutir diferentes abordajes de adaptación.

Es importante aclarar que el conjunto de indicadores y extensiones que se definieron en la sección anterior están diseñadas para soportar las distintas estrategias de adaptación que se presentan en el próximo capítulo. Dado que el catálogo de estrategias no es exhaustivo, entonces tampoco el conjunto de indicadores que se presenta es un conjunto completo, y la incorporación de nuevos elementos depende del desarrollo de nuevas estrategias de adaptación.

Capítulo 8

Catálogo de estrategias de diseño de adaptación

En el presente capítulo se exploran las posibilidades de adaptación del modelo de juego para CLCS a través de un catálogo de estrategias de adaptación. Se define un lenguaje ad-hoc para describir estas estrategias, inspirado en el lenguaje de definición de patrones de Alexander [17] y se consideran todos los elementos del modelo de juego para presentar el conjunto de estrategias. Sin embargo, si bien el catálogo asegura completitud, no es exhaustivo.

Como se anticipó en el capítulo anterior, la adaptación de un sistema ludificado para proyectos colaborativos basados en la ubicación y el tiempo, puede abordarse a través de diferentes estrategias que se relacionan con los componentes del juego. Estas posibles adaptaciones van desde ordenar y filtrar la lista Ω de tareas de recolección, hasta alterar las reglas para la asignación de puntos o medallas (R^p y R^b).

En este capítulo se presentan los posibles abordajes de adaptación en el contexto de la taxonomía de estrategias de adaptación presentada en el Capítulo 3 (ver Figura 3.5). Particularmente, se discuten las posibles *estrategias de adaptación individual* que son compatibles con el modelo propuesto en el Capítulo 7, recuperando los elementos de dicho modelo que corresponden a cada estrategia. Además, en cada abordaje se establecen objetivos de ludificación prioritarios

y se analiza cómo evaluar o medir el impacto de la adaptación en términos de los estos objetivos.

8.1. Objetivos de ludificación

En apartados anteriores del presente trabajo se ha manifestado que el éxito de los proyectos colaborativos depende en gran medida de la estructura, el tamaño y la solidez de su comunidad de personas colaboradoras. En consonancia con esto, se planteó una hipótesis que pone en valor la ludificación adaptativa como un mecanismo para mejorar y consolidar la comunidad del proyecto.

A pesar de que los proyectos de ciencia participativa pueden establecer muchos otros objetivos, aquellos que se relacionan con comunidad pueden ser abordados con un sistema ludificado. A partir del análisis de un conjunto de siete proyectos de ciencia participativa de Argentina, en este trabajo doctoral se elige y presenta un conjunto de objetivos de ludificación descriptos a continuación:

- a)* Aumentar la comunidad relacionada al proyecto científico: Se busca que la comunidad crezca en cuanto a cantidad de personas participantes. Puede ocurrir que en algunas situaciones se necesite incorporar más personas que pertenezcan a un determinado segmento demográfico (por ejemplo, en un rango etario o género específico).
- b)* Aumentar el compromiso de las personas: Se detecta que las personas no sostienen la participación más allá del contacto inicial con el proyecto, entonces se necesita involucrar a las personas para que superen esa etapa y se apropien del proyecto o la tarea.
- c)* Mejorar la calidad del trabajo de colaboración: El proyecto necesita disminuir la cantidad de errores en las tareas resueltas por la comunidad.
- d)* Cumplir las necesidades de cobertura del proyecto: Se detecta que las tareas de recolección no cubren los objetivos de muestreo del proyecto (ya sea espacial como temporalmente), entonces se necesita una herramienta que promueva las tareas que están siendo ignoradas.

- e) Generar un cambio en el comportamiento de la comunidad: El trabajo de recolección realizado por las personas colaboradoras necesita ajustarse de alguna manera, para que las personas incorporen una costumbre o rutina más allá del proyecto. Esto suele estar vinculado al objetivo sustantivo del proyecto, es decir cuando el proyecto se gesta con la intención de instalar un cambio o mejora en las costumbres o rutinas de la comunidad, y no específicamente con la intención de recolectar muestras.

Estos objetivos se recuperan en la descripción de las estrategias de adaptación de la ludificación que se describen en lo que sigue del presente capítulo.

8.2. Lenguaje de descripción de las estrategias

Cada estrategia se describe como un patrón de diseño que generaliza muchas ludificaciones adaptativas bajo el mismo elemento del juego y espíritu de adaptación. Para esto se aplica parcialmente la idea de lenguajes de patrones estructurales del arquitecto Christopher Alexander[17], y la idea de patrones de diseño de Björk et al[79]. En la tabla 8.1 se presenta un lenguaje de patrones específico para la descripción de estas estrategias de adaptación de la ludificación, y en las siguientes secciones se aplica este lenguaje para describir cada una de las nueve estrategias mencionadas.

Las *estrategias de adaptación individual* se clasifican en dos grandes grupos: por un lado la adaptación de componentes y por otro lado la adaptación de mecánicas. Al trasladar esta discusión al modelo de ludificación G , se consideran la lista de tareas de recolección Ω y el conjunto de medallas Γ como componentes, mientras que la función de asignación de medallas R^b , la función de otorgamiento de puntos R^p , y el criterio de la tabla de posiciones R^l se consideran mecánicas del juego .

Este trabajo propone un conjunto de seis estrategias de adaptación de componentes (CAS1 a CAS6 por las siglas en inglés *Component Adaptation Strategy*) y cuatro estrategias de adaptación de mecánicas de juego (MAS1 a MAS4 por las siglas en inglés *Mechanic Adaptation Strategy*). Es importante notar que este conjunto no es exhaustivo, pero sin embargo el conjunto de estrategias que se propone abarca de alguna manera cada elemento del modelo de

Intención	Este apartado captura lo principal del patron en una sola frase.
Objetivo	Esta sección describe el conjunto de objetivos de ludificación en los que esta adaptación se enfoca, entre los descritos en la sección 8.1.
Contexto y Problema	El contexto o situación en el que la adaptación se necesita, descrito en relación al comportamiento de la persona y el estado del proyecto.
Fuerzas	Esta sección describe un conjunto de requerimientos en tensión o conflicto.
Parámetros del modelo	Este apartado enumera los elementos del modelo de juego que son necesarios como parámetros de la adaptación.
Solución	Esta sección da una idea de la solución técnica para eliminar el conflicto establecido por las fuerzas que se oponen.
Disparador	El disparador es el evento o condición del sistema que da inicio al proceso de adaptación (por ejemplo, registro del <i>check-in</i>)
Tipo de cambio	Esta sección describe la naturaleza de la adaptación, como si se trata de una adaptación sobre las mecánicas (cambio en las reglas), en los componentes (cambios en Ω o las medallas), en la presentación (ajustes en cuanto a cómo la persona percibe el juego), o en el desempeño del sistema.
Alcance	En esta sección se indica el alcance de la adaptación en términos del número de personas, es decir: individual, un conjunto de personas o toda la comunidad.
Ejemplo	Este apartado plantea un escenario de ejemplo de aplicación del patrón de adaptación

Tabla 8.1: Lenguaje de descripción de los patrones de ludificación adaptativa

juego.

8.3. Estrategias a nivel de componentes

8.3.1. CAS 1: Lista de tareas aumentada

Intención Se agregan nuevas tareas de recolección a la lista Ω a partir de la detección de una caída en la participación, que podría ser individual o global.

Objetivo Los objetivos principales de este patrón son el de sostener el compromiso de las personas teniendo en cuenta su comportamiento, aproximar la cobertura de los objetivos de relevamiento del proyecto, y aumentar la comunidad de personas colaboradoras a través de reforzar las tareas que están más demandadas, posiblemente por sus consignas temporales o espaciales, o el tipo de actividad de recolección que se requiere.

Contexto y problema La lista de tareas Ω se construye en base a la especificación de los objetivos del proyecto, y el orden de estos elementos establece una prioridad en las tareas. Sin embargo, dado que cada persona establece su estrategia de juego, relacionada con sus posibilidades de transporte y el tiempo que puede dedicar a la colaboración, puede ocurrir que algunas tareas importantes no se completen. Por otro lado, asumiendo que hay un subconjunto de áreas, intervalos y tipos de tareas que son las más elegidas, probablemente debido a la accesibilidad de esas áreas y esos intervalos o la preferencia de la comunidad en cuanto al tipo de tarea, entonces puede ocurrir que las personas no encuentren tareas que puedan resolver (sin un esfuerzo adicional) y su motivación disminuya. Por lo tanto, agregar tareas a la lista considerando el perfil de la persona pero también teniendo en cuenta lo establecido en cuanto a los objetivos del proyecto puede prevenir el abandono de la colaboración por parte de esa persona. Sin embargo, puede ser que la lista de tareas adaptada no sea equivalente a la lista original.

Fuerzas

- * La lista de tareas Ω establece de alguna manera el alcance y duración del juego, así como la dinámica del juego, pues estas permite la adquisición de puntos y medallas.
- * La lista de tareas Ω también representa los objetivos del proyecto.
- * Los elementos de Ω son atómicos, y por lo tanto no pueden desarmarse en otras tareas más simples.
- * En algunos proyectos la duplicación de tareas no es viable, pero si fuera posible, la redundancia de tareas da a la persona libertad de elección.
- * Es deseable que las tareas generadas guarden relación con la actividad de la persona (perfil de juego).

Parámetros del modelo El perfil extendido de la persona p_a , la lista de tareas Ω el perfil del proyecto ρ

Solución Si se detecta una caída en la participación de una persona, se deben estimar los motivos y las preferencias. Considerando que las personas deben adquirir el mayor conjunto de medallas para ganar el juego, se puede tener en cuenta aquellas medallas que la persona aún no ha obtenido para establecer un criterio base y calcular si son inalcanzables en el estado actual de la lista Ω . Es decir, las medallas cuyas reglas son tales que la lista Ω no dispone de tareas que le permitan obtenerlas. Entonces pueden generarse nuevas considerando también los objetivos del proyecto para establecer prioridades así como las preferencias de la persona. Si bien puede ocurrir que se generen tareas que ya hayan sido completadas en el pasado por la misma u otra persona, se han estimado atractivas para la persona en cuestión.

Disparador Se detecta que la frecuencia de participación, medida en términos de la cantidad de colaboraciones en un período de tiempo, ha decrecido (ver indicador de compromiso C^p).

Tipo de adaptación Este patrón de adaptación de la ludificación genera cambios en el elemento Ω del juego.

Alcance El alcance de esta adaptación es la comunidad completa, porque las tareas que se generan están disponibles a todas las personas inmediatamente.

Ejemplo Suponer como ejemplo que el proyecto establece que las tareas de recolección de tipo *respuesta a formulario*, asociadas a las áreas 10 y 11, son prioritarias sin importar en qué momento se resuelvan. Sin embargo, todas las tareas con estas características han sido completadas. Por otro lado, el indicador de compromiso describe una caída en la frecuencia de participación de la persona o que no ha participado luego de una determinada cantidad de períodos, y se ha calculado una estimación de sus preferencias, indicando que el período preferido de esta son los días del fin de semana. Además, se definió la medalla '*embajadora*' que se otorga a aquellas personas que conquistan las áreas prioritarias (colaboran en el área 10 o el área 11). Entonces, para hacer posible que la persona en cuestión la pueda recibir también, se generan nuevas tareas para estas áreas, asociadas a los fines de semana. Notar que estas características combinan las prioridades del proyecto y las preferencias estimadas de la persona.

8.3.2. CAS 2: Medallas centradas en la persona

Intención Crear nuevas medallas a medida de la persona, para mantener su interés, considerando las preferencias estimadas de la persona.

Objetivo Este patrón se enfoca en el objetivo de consolidar el compromiso de las personas, y en particular haciéndolas sentirse parte de una comunidad científica, dado que las medallas son un elemento de ludificación que vehiculizan el sentimiento de pertenencia.

Contexto y problema Se detecta una caída en el otorgamiento de la medalla (ver indicador de otorgamiento) y posiblemente también en la participación de la persona, por lo que puede presumirse que está relacionado con un diseño defectuoso del sistema de medallas.

Fuerzas

- * Es importante que la persona sea conciente que la medalla recientemente creada se relaciona con su bajo nivel de actividad o progreso en el juego demasiado lento.
- * La medalla generada está disponible para toda la comunidad.
- * Las medallas temporales son una ayuda importante para mantener la motivación.
- * Es necesario que el juego permita representar medallas temporalmente disponibles (no solo permanentes).
- * Es necesario que el proyecto científico permita la redundancia de tareas de recolección.

Parámetros del modelo El perfil extendido de la persona p_a , el conjunto extendido de medallas Γ_a , el perfil del proyecto ρ

Solución A partir de la detección de una disminución en la participación de la persona, combinado con una índice de otorgamiento muy bajo, se genera una nueva medalla utilizando la preferencias inferidas y las capacidades de esta persona. Esto es, las características de la medalla que se generará están alineadas con dos aspectos. Por un lado, lo que se asume se ha registrado en el perfil de la persona en cuanto a preferencia por determinadas áreas, rutina de participación y tipo de colaboración, y por el otro, sus capacidades en términos del esfuerzo que previamente a realizado para obtener una medalla.

Para generar una medalla nueva, el estilo de juego se caracteriza a partir de la combinación del nivel de maestría (M^p) y el nivel de exploración (espacial SX^p y temporal TX^p), y se utiliza para definir las reglas de la medalla (ver indicadores en el perfil extendido de la comunidad, Sección 7.5.3). Si el índice de exploración relativo a la comunidad es alto, se asume que es se trata de una persona a quien le interesa descubrir nuevas áreas, colaborar en distintos momentos o realizar diferentes tipos de tareas. Por lo tanto se debe generar una medalla que refuerze esa característica proponiendo condiciones espacio-temporales que le permitan descubrir un área o intervalo nuevo, o bien una nueva forma de colaborar.

Disparador Se detecta un bajo índice de otorgamiento de medallas, en relación a la media de la comunidad.

Tipo de adaptación Este patron describe una adaptación de componente que impacta en el conjunto de medallas Γ .

Alcance El alcance de esta adaptación es la comunidad toda, pues la nueva medalla está disponible en el conjunto Γ .

Ejemplo El perfil de la persona A indica que ya colaboró en todas las áreas (tiene un índice de exploración espacial alto) pero dado que sólo colabora los sábados (índice de exploración temporal bajo) y sólo resuelve un tipo de colaboración (tomar fotografías), no ha accedido a nuevas medallas en los últimos períodos. Considerando que esto puede hacer que A ocupe un lugar más bajo en la tabla de posiciones y por lo tanto esto derive en una caída de la motivación, se genera una nueva medalla *ad-hoc* para cambiar el comportamiento de A.

Esta nueva medalla combina en su condición de otorgamiento un intervalo y un tipo de colaboración no explorados por A, por ejemplo: realizar un formulario durante un día de semana o domingo.

8.3.3. CAS 3: Adecuación del aspecto de las medallas

Intención Considerar la opinión (implícita o explícita) de la persona para modificar las medallas en cuanto a apariencia, nombre o descripción.

Objetivo Los objetivos principales de este patrón son el de aumentar la comunidad y el de consolidar el compromiso de las personas. Para aumentar la comunidad se considera la presentación de las medallas y cómo esto afecta a las subjetividades. Para mantener el compromiso de la persona, propone un mecanismo de incorporación de su opinión y devoluciones.

Contexto y problema Dado que las medallas son representaciones visuales de un logro o de una habilidad específica desarrollada por la persona, los criterios de presentación de la medalla (nombre,

descripción y presentación visual) tienen un impacto importante en el aspecto y la percepción global del juego[3].

Fuerzas

- * La opinión de la persona sobre el nombre, la descripción y la presentación visual de la medalla es algo subjetivo.
- * Las preferencias de las personas con respecto a las medallas no es necesariamente explícita.
- * El aspecto visual de la medalla, así como su nombre y descripción, siguen una narrativa relacionada con el proyecto, cuya alteración puede causar que se pierda coherencia con las demás medallas.

Parámetros del modelo El perfil extendido de la persona p_a , el conjunto extendido de medallas Γ_a , el perfil del proyecto ρ .

Solución Si se infiere (o la persona expresa) una valoración negativa sobre la apariencia de ciertas medallas, se debe modificar la manera en que las medallas se presentan a la persona. En cuanto al aspecto visual, se puede implementar una generación automática de la imagen de la medalla en función a lo que se perfiló de la persona o la comunidad. En cuanto a la descripción o el nombre de la medalla, es importante notar que no pueden modificarse automáticamente pero es posible notificar a la persona administradora, quien puede trabajar sobre estos aspectos e incluir ese cambio en diferido.

Disparador La métrica que dispara esta adaptación es una valoración negativa de la medalla.

Tipo de adaptación Esta adaptación de tipo componente genera cambios en el conjunto de medallas Γ .

Alcance El alcance de esta adaptación es la comunidad toda, pues la nueva medalla está disponible en el conjunto Γ .

Ejemplo Al momento de otorgar una medalla, el sistema ludificado puede pedir opinión detallada a la persona sobre los diferentes aspectos visuales de esta. Esta opinión detallada, en combinación con otra información de su perfil, como el histórico de medallas otorgadas y otras interacciones, pueden ser los parámetros de entrada en un algoritmo de generación automática de contenido visual.

8.3.4. CAS 4: Desvanecimiento de medallas

Intención Eliminar del conjunto de medallas Γ aquellas que resultan poco interesantes/atractivas.

Objetivo El objetivo en el que se enfoca esta estrategia es el de cumplir las necesidades de cobertura. Para esto genera motivación extrínseca relacionada al sentimiento de entretenimiento a través de la presión temporal.

Contexto y problema En algunas situaciones puede detectarse cuando las medallas no son alcanzables, y esto puede relacionarse con tener demasiados requerimientos, o que estos son muy complejos, o no pueden cumplirse. También puede ocurrir que las medallas (o las tareas que requieren) no son interesantes o atractivas. En estas situaciones puede decirse que las medallas no están siendo útiles.

Fuerzas

- * Se asume que la disponibilidad de medallas puede estar limitada a la manera en como el juego se está desarrollando.
- * Las personas son conscientes de la presión temporal y esto genera motivación extrínseca.
- * Las medallas ya otorgadas no pueden ser removidas de la colección personal de la persona, pero pueden no estar más disponibles en el sistema y no volver a otorgarse.

Parámetros del modelo El perfil extendido de la comunidad Δ_a , el conjunto extendido de medallas Γ_a , el perfil del proyecto ρ .

Solución A partir del análisis de los perfiles en la comunidad pueden detectarse las medallas no alcanzables o poco interesantes, mediante el cálculo del indicador de otorgamiento (O_m). En primer lugar las medallas candidatas para la eliminación deben detectarse, considerando cuantas personas han sido capaces de obtenerlas en relación al nivel de compromiso de cada persona, dado que se debe considerar que no representa lo mismo cuando una persona no tiene en promedio mucha actividad en comparación con una persona activa. Además puede calcularse una medida del esfuerzo que representa a una persona cumplir con las condiciones de una medalla en términos de la cantidad de colaboraciones que debe realizar (indicador E_m). Si las medallas se ordenan de acuerdo a la cantidad de personas que las han conseguido, ponderada con el esfuerzo promedio por conseguir cada una de las medallas, entonces se considera que las medallas menos interesantes son aquellas al comienzo de esta lista. La solución es agendar un proceso que remueva la medalla menos interesante luego de notificar a la comunidad su próxima expiración.

Disparador Esta adaptación se dispara cuando se supera el tiempo estimado, expresado en cantidad de colaboraciones, para la medalla (ver indicador T_m en la Sección 7.5.2).

Tipo de adaptación Esta adaptación genera cambios en el componente Γ (conjunto de medallas).

Alcance El alcance de esta adaptación es la comunidad.

Ejemplo Considerar el proyecto de ciencia participativa *Anticipando la crecida*, donde las personas colaboran mediante la lectura periódica de instrumentos pluviales como reglas de nivel y pluviómetros instalados en puntos específicos de la cuenca de determinado río. Además, otro tipo de colaboración es la control por zonas para descartar situaciones de riesgo en las que el cauce del río está bloqueado o alertar en caso de obstrucción. Suponer un conjunto de medallas que incluye medallas relacionadas a las lecturas de instrumentos y otras medallas relacionadas al control de una zona, y suponer que la frecuencia de asignación de estas últimas es mucho menor. Esta situación debe ser analizada considerando la participación y compromiso de cada persona para determinar cuáles medallas

son menos interesantes. Entonces la comunidad debe ser notificada sobre la próxima expiración de estas medallas para generar motivación a través de la sensación de escasez.

8.3.5. CAS 5: Recomendación de tareas

Intención Recomendar tareas de recolección alineadas con las preferencias de la persona y los objetivos del proyecto.

Objetivo Esta estrategia persigue tres objetivos de ludificación. En primer lugar, generar compromiso de las personas ofreciéndoles elementos de juego (tareas de recolección) que la persona no espere, generando entretenimiento y aprendizaje. En segundo lugar, mejorar la calidad de las contribuciones a partir del análisis del comportamiento espacio-temporal y las contribuciones de la persona. En tercer lugar, aproximar las necesidades de cobertura del proyecto en términos de áreas, intervalos y tipos de tareas prioritarias.

Contexto y problema Visualizar el conjunto completo de tareas de recolección pendientes puede ser abrumador o no estar alineado con los intereses de la persona. Esta situación presenta un problema que es usualmente abordado con un sistema de recomendación que en este caso recomendaría elementos de la lista Ω . Por otra parte, ocultar ciertos elementos de la lista permite el descubrimiento progresivo, a partir de cómo se va perfilando la persona.

Fuerzas

- * La lista de tareas respeta un orden que representa la prioridad dada a cada tarea por parte de la administración del proyecto.
- * Las preferencias de la persona en cuanto a lugares y momentos en los que colabora, como los tipos de tarea que resuelve no son expresadas de manera explícita y pueden cambiar con el tiempo.
- * Es importante que la persona se vea sorprendida porque se le ofrece algo que no esperaba.

Parámetros del modelo El perfil de la persona p , la lista de tareas Ω el perfil extendido de la comunidad Δ_a y el perfil del proyecto ρ

Solución Este problema puede ser abordado con un sistema de recomendación multicriterio que considere dos conjuntos de criterios: criterios centrados en la persona y criterios centrados en el proyecto. En el primer conjunto se encontrarán las valoraciones de la persona para cada área, intervalo y tipo de colaboración. En el segundo se representarán las prioridades del proyecto. Se realiza una recomendación por filtrado colaborativo basado en clusters definidos por la similitud en cuanto a comportamiento espacio temporal[80].

Disparador Cuando la persona realiza una contribución (y posiblemente da su opinión a través de la puntuación sobre la tarea resuelta), se tienen nuevos datos para actualizar el perfil de comportamiento espacio temporal (y los indicadores SX^p y TX^p) y las preferencias inferidas en el conjunto de criterios de la persona.

Tipo de adaptación Esta adaptación realiza un cambio a nivel de interfaz, particularmente en cómo se muestra la lista de tareas pendientes Ω para en realidad mostrar un subconjunto de sus elementos de manera ajustada a cada persona.

Alcance El alcance de esta adaptación es el perfil de cada persona. La recomendación de tareas no afecta al resto de la comunidad de manera directa, sino de manera indirecta al modificar el perfil de recomendación centrado en el proyecto.

Ejemplo Suponer que un proyecto de ciencia participativa se encarga del sensado de árboles en zonas urbanas. Este proyecto tiene un mosaico de zonas considerablemente complejo y un mapa de tareas considerablemente denso, por lo que visualizar el conjunto completo de tareas puede resultar inapropiado. El sistema de recomendación estima la similitud entre personas jugadoras basándose en estas rutinas y, a continuación, recomienda nuevas tareas que podrían interesar a cada persona. Entonces, descubrir las tareas pendientes teniendo en cuenta las particularidades de cada persona, como sus rutinas en relación a cuándo y dónde interactúa con la aplicación, es un recurso motivacional.

8.3.6. CAS 6: Medallas cercanas

Intención Recomendar medallas próximas a otorgarse como mecanismo de asistencia para progresar en el juego.

Objetivo El objetivo principal de este patrón es el de generar compromiso en la persona a través de visibilizar los logros personales y el desarrollo de capacidades, donde las medallas son una herramienta eficiente. En segundo lugar se busca aproximar las necesidades de cobertura del proyecto en función de las prioridades establecidas.

Contexto y problema En ocasiones las personas jugadoras no planean sus acciones adecuadamente, y por lo tanto su estrategia no es óptima para progresar en el juego. En esos casos, es necesario facilitar herramientas de ayuda u orientación para enfocar los esfuerzos en función del juego.

Fuerzas

- * Las preferencias de la persona por la descripción, apariencia o las (tareas que se incluyen en las) condiciones para ganar una determinada medalla no son explícitas.
- * Recibir una sugerencia inesperada es una sorpresa que representa un importante recurso motivacional.
- * Las condiciones de asignación de las medallas están relacionadas a los tipos de contribución, y estos son estáticas.

Parámetros del modelo El perfil extendido de la persona p , el conjunto extendido de medallas Γ_a , el perfil extendido de la comunidad Δ_a , el perfil del proyecto ρ .

Solución De manera similar a la estrategia *Recomendación de tareas*, el problema de recomendar medallas puede ser abordado usando un sistema de recomendación multicriterio, donde los elementos a recomendar son, en este caso, medallas del conjunto Γ que la persona todavía no ha conseguido. En un escenario como este, los criterios de recomendación pueden incluir la valoración del aspecto

y nombre de la medalla, así como la opinión de la persona al respecto de las reglas de asignación (función R^b). Es decir: el tipo de colaboración a la que se relaciona la medalla o el número de tareas que se requieren para obtenerla

$$\Gamma' = recommendBadges(\Gamma_a, p, \Delta_a, \rho)$$

Disparador Dependiendo de el momento en que se informan las medallas disponibles, es posible calcular las medallas cercanas luego de que la persona realice una jugada (registrar el *check-in*), o bien cuando se necesite mostrar el conjunto de medallas.

Tipo de adaptación Similarmente a la estrategia *Recomendación de tareas*, esta adaptación realiza un cambio en el mecanismo de información de las medallas más cercanas (suconjunto de Γ_a) de manera ajustada a cada persona.

Alcance El alcance de esta adaptación es el perfil de la persona.

Ejemplo El proyecto de ciencia participativa *PreserVamos* necesita monitorear el estado ecológico de las fuentes de agua dulce. Para hacerlo, se requiere resolver diferentes tipos de tareas: capturar imágenes, completar formularios con preguntas y revisar las contribuciones de otras personas. En este marco se diseña una ludificación donde se definen tres secuencias de medallas, queriendo representar la experticia de la persona en cada uno de los tipos de tareas. Cada vez que la persona obtiene una medalla tiene la oportunidad de puntuar separadamente los diferentes aspectos relacionados a esa medalla: su nombre, presentación, tipo de tarea y cantidad de contribuciones. A partir de estas opiniones, se mantiene una matriz 3D para estimar la opinión de cada una de las medallas que aún no obtuvo.

Si se utiliza un filtrado colaborativo basado en *clusters*, los agrupamientos pueden estar determinados por el conjunto de medallas obtenidas.

$$N_{u1} = \{u2 | B_{u1} = B_{u2}\}$$

Además, el esfuerzo que implica completar los requerimientos para obtener una medalla puede ser computado como se presentó en el patrón *Medallas centradas en la persona* y utilizarse como criterio de ordenación de las recomendaciones.

8.4. Estrategias a nivel de mecánicas

8.4.1. MAS 1: Retribución de puntos elástica

Intención Usar un sistema de retribución por puntos adaptado a la persona para balancear la participación de la comunidad.

Objetivo Dado que los sistemas de puntaje son un recurso motivacional extrínseco que puede utilizarse para mostrar estatus y logros, el objetivo principal de este patrón es el de generar el compromiso de las personas creando un sentimiento de pertenencia a una comunidad científica a través de una asignación de puntaje balanceada.

Contexto y problema La asignación de recompensas puede ocasionar que algunas personas se aproximen a ganar el juego mucho antes que otras personas, y generalmente una situación como esta desmotiva a las personas que están muy lejos de ganar, pero también a la persona que va ganando, pues en ambos casos pueden haber dejado la zona del *flow* (equilibrio entre el desafío que presenta el juego y las habilidades de cada persona, como se explicó en el capítulo 2). Las personas en los últimos lugares pueden experimentar un sentimiento de ansiedad por aumentarse la dificultad del juego (en más difícil ganar) y las personas cerca de la victoria pueden aburrirse por la situación contraria.

Fuerzas

- La retribución en puntos puede considerar el desempeño de la persona en el juego en relación al resto de la comunidad.
- Si la persona se siente demasiado alejada de la posibilidad de ganar puede sentirse desmotivada y dejar de participar en el juego.

- Las reglas de asignación de puntajes deben ser lo suficientemente claras para que la persona perciba una correlación entre sus acciones y los puntos que obtiene.

Parámetros del modelo El perfil extendido de la persona p_a , el *check-in* realizado ch , el perfil extendido de la comunidad Δ_a , el perfil del proyecto ρ .

Solución La función de retribución adaptada de puntos se basa en la versión no adaptada ($R^p()$) y se aplica un factor de escala que representa el peso de la contribución en el contexto actual y el estado del juego. Entonces la asignación de puntaje es computada mediante la función

$$R_a^p(ch, \Omega, \Delta, u, \rho) = R^p(ch, \Omega) \times w$$

siendo w un valor de peso calculado mediante una función *weight()* que recibe la tarea resuelta por el *check-inc* $\in \Omega$ recientemente registrado tal que *contrib*(ch, c):

$$weight(c, u, \Delta, \Omega)$$

Disparador Este proceso de adaptación se dispara cuando se computa la retribución en puntos, y podría considerar un umbral de separación de la persona con respecto a quien está en el primer lugar de la tabla de posiciones.

Tipo de adaptación Esta adaptación de la mecánica del juego se aplica al componente $R^p()$

Alcance El alcance de esta adaptación es el perfil de la persona.

Ejemplo Una forma de calcular el peso de la contribución, es mediante la distancia de la persona p a la persona con el mejor puntaje (d), y una medida del aporte de la persona al proyecto (a)

$$w = 1 + (a \times d)$$

Para calcular a se utiliza una proporción entre las cantidad de contribuciones de la persona ($|\Omega_p|$) y la cantidad total de contribuciones ($t = \sum_{p \in \Delta} |\Omega_p|$):

$$a = |\Omega_p|/t$$

Para calcular d se normaliza la distancia para obtener un valor entre 0 y 1:

$$d = (max - \Phi_p)/max$$

Es importante notar que mientras a crece, se puede decir que la persona está más comprometida, y mientras más pequeño sea el valor d entonces más cerca de la persona ganadora está p y por lo tanto w tiende a ser 0 (y esto reduce el puntaje otorgado).

8.4.2. MAS 2: Aumentar o mitigar esfuerzo

Intención Adaptar la adquisición de medallas ajustando las reglas de otorgamiento a cada persona.

Objetivo Este patron se enfoca en mantener a las personas motivadas (y por lo tanto comprometidas) a través de proponerles desafíos que son suficientemente complejos para evitar el aburrimiento y suficientemente simples para evitar la ansiedad[24].

Contexto y problema Se detectan situaciones donde la obtención de alguna medalla es muy complejo para la persona. El criterio para determinar esto puede ser el indicador de tiempo estimado T_m de cada medalla, considerando las personas activas dentro de la comunidad. Si el tiempo de colaboración de la persona excede (en algún porcentaje) ese indicador, puede decirse que esa medalla es demasiado compleja para la persona. Hay un conjunto de motivos por los que las personas no acceden a ciertas medallas, por ejemplo cuando existe una falta de interes en las tareas relacionadas a esa medalla, lo que hace más grande el esfuerzo para obtenerla. Entonces, la adaptación puede ocurrir sobre las reglas que la persona debe cumplir, lo que implica diferente esfuerzo para diferentes personas.

Fuerzas

- El grafo de medallas se diseña considerando una secuencia de complejidad creciente de desafíos, muchas veces relacionada con un tipo de contribución específico.
- La complejidad que presentan las tareas que requiere una medalla es subjetiva: algunas personas pueden percibir el acceso a una medalla como algo más complejo que otras.
- Las reglas de la asignación de medallas deben ser tales que pueden ser satisfechas con la lista actual de tareas de recolección pendientes Ω .

Parámetros del modelo El perfil extendido de la persona p_a , la lista de tareas Ω , la función de validación de las medallas $R^b()$, el perfil extendido de la comunidad Δ_a , el perfil del proyecto ρ .

Solución La secuenciación (grafo) de medallas puede ser el mismo pero las condiciones para validar las transiciones son diferentes para cada persona y contexto.

$$R_a^b(u, ch, \Omega, \rho) = B_1$$

Para este fin, se debe computar el indicador de maestría de la persona (M^p), a partir del cual sea posible computar las condiciones (de cada transición del grafo) modulando el número de contribuciones, el área o el intervalo.

En particular, esto puede abordarse usando el nivel de maestría como un factor de escala que se aplique al número de contribuciones especificado como base en las reglas de validación. Además, la maestría de la persona puede considerarse de manera relativa al desempeño de la comunidad activa. Por ejemplo, calculando su posición relativa (como un percentil) en la distancia entre la primera y última persona.

Disparador Esta adaptación está pensada para dispararse cuando se detecta que una medalla es demasiado compleja, es decir cuando la persona excedió el umbral de tolerancia sobre el tiempo estimado de acceso a esa medalla (calculado en función de las personas activas en la comunidad, T_m).

Tipo de adaptación Este patrón de adaptación de la mecánica está relacionado con la función $R^b()$.

Alcance El alcance de esta adaptación es el perfil de la persona.

Ejemplo Considerar un proyecto de ciencia participativa donde las personas deben maximizar sus traslados cotidianos caminando o en bicicleta para generar un cambio de comportamiento que puede impulsar un impacto ambiental. Las tareas de recolección en este proyecto implican registrar la longitud y tiempo invertido en cada traslado a pie o en bicicleta.

La administración del proyecto define una secuencia de medallas que representa tres niveles relacionados con las tareas de caminata, donde para la primera medalla se necesita haber hecho 3 recolecciones de ese tipo, para la segunda medalla se necesita haber acumulado 6, y para la tercera medalla se necesitan 9 recolecciones. Por otro lado, incluye una secuencia incremental de 4 niveles relacionados al traslado en bicicleta, donde se deben realizar, respectivamente, 2, 4, 6 y 8 recolecciones.

Para validar si corresponde otorgar una medalla, en primer lugar debe calcularse el nivel de maestría de la persona. El valor personal de maestría es entonces posicionado en el marco de la comunidad para calcular el percentil al que corresponde. Este percentil se traslada a una escala que permite que los requerimientos puedan aumentarse cuando la persona está entre las personas más capaces, y reducirse cuando está entre las personas con menos capacidad desarrollada.

8.4.3. MAS 3: Rebanar tabla de posiciones

Intención Mostrar una tabla de posiciones de tal manera que siempre incluya a la persona.

Objetivo El objetivo principal de este patrón es el de consolidar el compromiso de las personas generando un sentimiento de pertenencia a la comunidad científica.

Contexto y problema La tabla de posiciones puede ser un mecanismo para construir autoestima si, pero puede tener el efecto contrario si la persona no se encuentra incluida.

Fuerzas

- La tabla de posiciones se apoya en la idea de que las relaciones humanas (de la teoría de la autodeterminación) es una de las necesidades psicológicas que desarrollan motivación intrínseca en la persona.
- La tabla de posiciones es una lista ordenada de personas, donde el criterio de orden es el desempeño de cada una en relación al puntaje y las medallas obtenidas.

Parámetros del modelo El perfil extendido de la persona p_a y el perfil extendido de la comunidad Δ_a

Solución La tabla de posiciones puede ser un recurso motivacional si, a pesar de que la persona esté lejos de los primeros lugares, se muestra una tabla filtrada para que la persona pueda verse en relación a otras personas. La función adaptada de visualización de la tabla de posiciones puede ser la composición de su versión sin adaptación ($R^l()$) con una función de filtrado que asegure que la persona en cuestión sea incluida en el resultado. Un posible mecanismo de filtrado es aquel que muestra un segmento que incluya a la persona y completa el encabezado con un valor que representa la cantidad de personas sobre el segmento. Otra posibilidad es mostrar las personas en las primeras n posiciones e indicar cuántas personas se ocultan entre estas y la persona en cuestión. Esta segunda opción muestra además la diferencia en puntaje y medallas entre la persona y los primeros puestos.

Disparador El cómputo de la tabla de posiciones debe realizarse cada vez que una persona realiza una contribución y que por ese motivo su estado cambie.

Tipo de adaptación Este patrón de adaptación de las mecánicas está vinculado a la función $R^l()$.

Alcance El alcance de este patrón es el perfil de la persona, en particular la visualización de información.

Ejemplo Tomar como ejemplo el proyecto de sensado de árboles que se mencionó anteriormente y considerar una persona que apenas está comenzando a colaborar con el proyecto. A partir de su primer contribución es posible mostrarla en el contexto de una tabla de posiciones pero su puntaje, como es de esperar, es mínimo y pueden no haber obtenido una medalla. La tabla de posiciones que se construye en estos casos muestra un segmento de la tabla encabezado por los datos de la persona (nombre, puntaje y medallas) y una indicación de cuantas personas superan ese segmento.

8.4.4. MAS 4: Envejecimiento de la tabla de posiciones

Intención Considerar la participación activa como otro criterio para ordenar la tabla de posiciones.

Objetivo El objetivo principal de este patrón es el de consolidar el compromiso de las personas generando un sentimiento de pertenencia a la comunidad científica.

Contexto y problema La tabla de posiciones refleja una situación que puede estar desfazada temporalmente de la actividad reciente, al mostrar logros de un conjunto de personas que pueden no estar activas actualmente, o dicho de otra manera: retribuciones que se han obtenido hace mucho tiempo.

Fuerzas

- La tabla de posiciones se apoya en la idea de que las relaciones humanas (de la teoría de la autodeterminación) es una de las necesidades psicológicas que desarrollan motivación intrínseca en la persona.
- La tabla de posiciones es una lista ordenada de personas, donde el criterio de orden debe establecerse claramente.
- La condición de participación activa depende del intervalo de tiempo que se considere.
- Las tareas de recolección son un recurso limitado, cuya carencia puede impedir a las personas avanzar en el juego.

Parámetros del modelo El perfil extendido de la persona p_a y el perfil extendido de la comunidad Δ_a .

Solución El orden de la tabla de posiciones incorpora una atenuación a los criterios de orden que se han definido (puntos acumulados y medallas obtenidas) que se aplica a partir del nivel de compromiso de la persona. Es decir que el compromiso se utiliza como un peso en la función $R^l()$.

$$R^l(\Delta) = \max_n(\{g(\Gamma_p, \Omega_p, \Phi_p, C_p) | \forall p \in \Delta_a\})$$

donde $\max_n$ es una función que toma los primeros n elementos de una lista que recibe como parámetro, y g es una función lineal que calcula un valor real a partir de la ponderación de los siguientes aspectos de la persona: medallas (Γ_p), puntaje acumulado (Ω_p), contribuciones (Φ_p) y nivel de compromiso (C^p).

Disparador El cómputo de la tabla de posiciones debe realizarse cada vez que el perfil de una persona cambia (a partir de que realiza una contribución).

Tipo de adaptación Este patrón de adaptación de las mecánicas está vinculado a la función $R^l()$.

Alcance La adaptación propuesta por esta estrategia alcanza a toda la comunidad.

Ejemplo Para considerar como ejemplo, suponer un proyecto con una comunidad de personas que han sido muy activas en momentos del pasado pero que actualmente no están colaborando. Su actividad de entonces les ha permitido resolver las tareas con mejor puntaje e incluso obtener todas las medallas posibles. Actualmente, las tareas que están disponibles para ser resueltas no son las necesarias para que nuevas personas que se incorporan al proyecto puedan subir lo suficiente en la tabla de posiciones. Esto puede darse porque las condiciones de otorgamiento de medallas tienen requisitos inalcanzables en la situación actual. Entonces la función de orden que define la tabla de posiciones es:

$$g(\Gamma_p, \Omega_p, \Phi_p, C_p) = \Gamma_p \times w_1 + \Omega_p \times w_2 + \Phi_p \times w_3 + c \times w_4$$

donde los w_i son los pesos que representan la importancia que se le da a cada aspecto del perfil de la persona.

8.5. Resumen del capítulo

En este capítulo se presentó y discutió un conjunto de estrategias de adaptación basadas en el modelo de juego adaptativo presentado anteriormente en el Capítulo 7. Fueron organizadas como un catálogo y presentadas cada una a través de un conjunto de componentes: intención, objetivo, contexto y problema, fuerzas, parámetros del modelo, solución, disparador, tipo de adaptación, alcance y ejemplo de aplicación.

Este catálogo presenta un conjunto de estrategias que se considera completo porque explora los distintos componentes del modelo de juego adaptativo. Sin embargo, no pretende ser exhaustivo sino organizar la discusión entorno a la definición de nuevas estrategias. Además, establece una estructura que facilita la evaluación de rendimiento que se presentará en la sección 11.3.

Capítulo 9

Estrategia de adaptación: Recomendación de tareas de recolección

Este capítulo propone una adaptación basada en la recomendación de tareas de recolección que corresponde a una de las estrategias del catálogo presentado en el capítulo 8. La adaptación se implementa mediante un sistema de recomendación multi-criterio que considera dos conjuntos de criterios para equilibrar las preferencias de cada persona con los objetivos de recolección del proyecto. Es decir que por un lado se estiman las preferencias de cada persona colaboradora, y por el otro, se representan las prioridades del proyecto

La recomendación de tareas de recolección es una estrategia de adaptación de la ludificación que tiene en cuenta el perfil de la persona y lo que se ha inferido en cuanto a sus preferencias. En este capítulo se propone un sistema de recomendación de tareas multi-criterio, donde se tienen en cuenta dos conjuntos de criterios, aquellos que son específicos de cada persona y aquellos que representan los objetivos del proyecto.

Un sistema de recomendación toma de un repositorio de elementos de ludificación (en este caso, las tareas de recolección), aquella/s tarea/s que se estima que la persona puede valorar más en el contex-

to actual. Para hacerlo, usa información implícita o explícita sobre la persona, y tiene en cuenta las prioridades del proyecto aplicadas al contexto actual. Ya se cuenta con experiencias de uso de sistemas de recomendación para adaptar la ludificación, como es el caso del trabajo de Tondello et al.[81] que propone un marco de trabajo general para diseñar sistemas adaptativos, o la propuesta de Zhao et al.[82] para la recomendación de actividades a partir del perfilamiento continuo de las personas a partir de la observación de sus interacciones. Sin embargo, estos enfoques no abordan por completo el problema de la adaptación de la ludificación en el dominio de los proyectos de ciencia participativa como se lo definió en el capítulo 4, particularmente en relación al modelado de actividades de recolección basadas en la ubicación y el tiempo.

9.1. Sistemas de recomendación multicriterio

Los sistemas de recomendación son herramientas y técnicas informáticas que ofrecen sugerencias de artículos que tienen más probabilidades de interesar a la persona o de responder a sus necesidades. Para lograrlo, intentan predecir cuáles son los artículos más adecuados en función de las preferencias que se conocen de la persona. La estimación de las preferencias de una persona p puede abordarse mediante el filtrado colaborativo, que se basa en el hecho de que si p coincide de alguna manera con otras personas (consideradas entonces similares), los elementos valorados por estas deberían ser relevantes e interesantes para p .

En este capítulo se desarrolla una estrategia de adaptación implementada como un sistema de recomendación multicriterio donde se aplica el filtrado colaborativo basado en agrupamientos (conocido como *clustering*) [83]. Los elementos recomendados son tareas de recolección y se estima el impacto de cada alternativa en función de un conjunto de criterios que se refieren a las múltiples dimensiones sobre las que se está evaluando el elemento. Específicamente, se considera dos subconjuntos de criterios: el conjunto de preferencias (implícitas o explícitas) de cada persona, denotado C_u , y el conjunto de criterios del proyecto, denotado C_p . Los criterios pueden estar relacionados con los atributos de la tarea, pero también con otros aspectos del juego que puedan interesar a la persona o al proyecto.

Las personas pueden expresar explícitamente su opinión a través

de un puntaje general que asignan a las tareas, o a través de un puntaje específico para cada criterio. Sin embargo, su opinión también puede inferirse si se considera que al resolver una tarea la persona la está eligiendo, y esto es menos invasivo que forzar la valoración explícita anterior. Entonces el sistema recolecta información de las personas a partir de sus interacciones, intentando detectar sus preferencias, que son expresadas explícitamente o inferidas a través de la interpretación de esas interacciones [84].

Los sistemas de recomendación usualmente utilizan una matriz de opinión (denominada URM por sus siglas en inglés: *User Rating Matrix*) como estructura de datos donde se registran las valoraciones u opiniones de cada personas sobre cada ítem.

Definición 9.1.1 (URM). Una matriz de opinión es una estructura bidimensional de valores con n filas y m columnas, donde $n = |\Delta|$ es la cantidad de personas jugadoras y $m = |\Omega|$ es la cantidad de tareas de recolección. Los elementos de la URM de la persona p (denotada URM_p) son los valores $r_{ij} \in [0 \dots 5]$, siendo $i \in [0 \dots n]$ y $j \in [0 \dots m]$

En un sistema de recomendación multicriterio esta estructura se replica en los diferentes criterios, y entonces cada valoración es específica se denota como sigue:

Definición 9.1.2 (Valoración por criterio). La opinión de una persona $p_i \in \Delta$ sobre una tarea de recolección $t_j \in \Omega$ en cuanto al criterio $c_k \in C_u$ se denota $r_{ijk} \in [0 \dots 5]$.

A continuación se describen las etapas más importantes de este sistema de recomendación multi-criterio:

1. El sistema hace una predicción de la valoración de las tareas que aún no han sido valoradas por la persona, acompañadola por un valor de confianza que de cuenta de la calidad y cantidad de información usada para la predicción.
2. El sistema selecciona las mejores n tareas, considerando (o no) el nivel de confianza.
3. La persona informa un *check-in* que contribuye con una tarea de recolección.

4. El sistema actualiza el perfil de la persona para incorporar la opinión de la persona sobre la tarea resuelta, que está implícitamente expresada a través de la contribución.

9.2. Estimación de la opinión

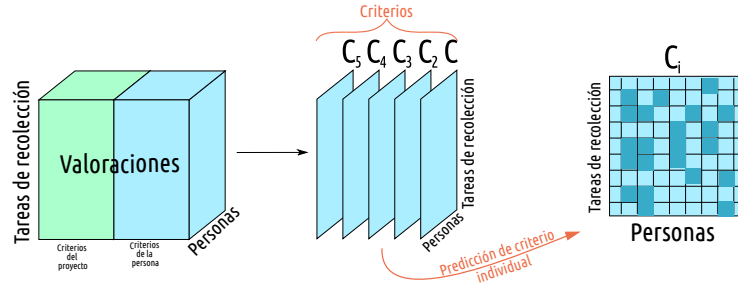


Figura 9.1: Estimación del puntaje

Este problema de estimación multi-criterio puede ser abordado como un conjunto de predicciones, tomando cada criterio como una dimensión independiente de estimación de la opinión y luego reunir estos datos en una opinión general de la tarea de recolección [83]. Al considerar cada criterio de manera aislada permite aplicar cualquier abordaje unidimensional (ver Figura 9.2) y luego integrar todas las matrices de opinión (usualmente denominadas URM por sus siglas en inglés: *User Rating Matrix*) aplicando una estrategia de agregación, como la que se discute en la sección 9.3.

Para estimar la opinión que una persona tiene sobre un elemento de juego (tarea de recolección), mediante el filtrado colaborativo basado en agrupamientos, se considera la opinión de las otras personas similares o *vecinas*. Estas personas vecinas son aquellas que pertenecen al mismo grupo o *cluster*, computado en base a su comportamiento espacio temporal como se propone en el capítulo 5.

La siguiente definición permite estimar la opinión de una persona p sobre una tarea t a través de un criterio c_i , como un promedio ponderado de las opiniones conocidas de los k vecinos más cercanos en el grupo. Además, se necesita una noción de proximidad entre personas (función $usim()$) para ponderar la opinión que se considera de las otras personas.

Definición 9.2.1 (Promedio ponderado). La opinión de la persona p sobre una tarea t a través de un criterio c_i se define como:

$$S(p, i, t) = \bar{p} + \left[\sum_{u \in K} (r_{uit} - \bar{u}) \times \text{usim}(p, u) \right] \times \frac{1}{\sum_{u \in K} |\text{sim}(p, u)|}$$

donde K es el conjunto de los k vecinos más cercanos del grupo, $\text{usim}(p, u)$ es la distancia entre las personas p y u , $\bar{p}$ es el sesgo de la persona p , y r_{uit} es la opinión de la persona u (sobre la misma tarea t , a través del criterio c_i).

Los sistemas de recomendación están afectados por un sesgo de opinión de las personas, que se entiende como una tendencia de algunas personas a dar una valoración más alta (o más baja) a todos los elementos, que las otras personas[85]. En la definición anterior, esto está representado por la función $\bar{p}$.

9.3. Recomendación de tareas

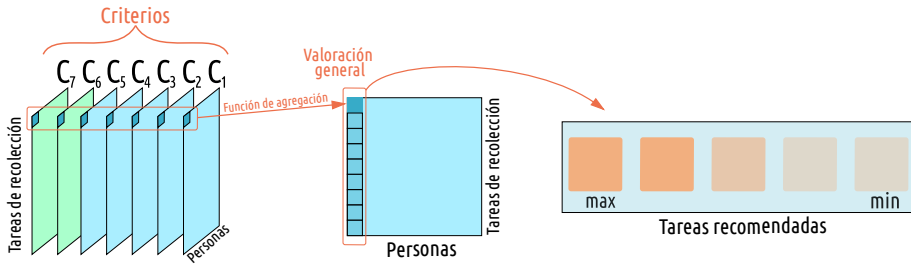


Figura 9.2: Recomendación de tareas

Para que sea posible recomendarle una tarea de recolección a la persona p , es necesario estimar la opinión que esta persona tendría sobre todas las tareas y elegir el elemento que maximiza ese valor o, en otro caso, construir una lista de tareas ordenada por la opinión[86]. Con este propósito, es necesario contar con un mecanismo que compute una valoración general para cada tarea a partir de las valoraciones individuales (asignadas o estimadas) correspondientes a cada criterio y así contar con un orden total entre las tareas de recolección. En la Figura 9.2 se ilustra este proceso y se resalta en azul oscuro la estimación de la opinión de la persona p sobre una tarea t en cuanto a todos los criterios c_i . Si bien hay muchos

abordajes para esto, se utiliza la función de agregación $O()$ definida a continuación.

Definición 9.3.1 (Función de Agregación).

$$O(p_x, t_j) = \sum_{i=1}^k [w_i \times r_{ijx}] + c$$

donde r_{ijx} es la valoración de la persona p_x sobre la tarea t_j en cuanto al criterio c_i .

La función $O()$ reúne los valores de los criterios individuales en una función lineal. Cada peso w_i es aproximado usando regresión lineal y se asocia al criterio c_i y puede ser interpretado como la importancia de este criterio en la determinación de la opinión general.

La salida de este paso de recomendación se presenta a la persona como una lista ordenada descendente según su valoración general, es decir que $L_p = [t_0..t_n]$ es tal que las tareas de recolección t_i cumplen que $O(p, t_i) > O(p, t_j)$ para cada $i > j$.

A partir de la recomendación de tareas, la persona tiene la oportunidad de elegir entre ellas para avanzar en el juego, considerando todas las características de cada tarea, y entonces puede expresar su opinión y retroalimentar al sistema de recomendación, como se explica en la siguiente sección.

9.4. Actualización del perfil

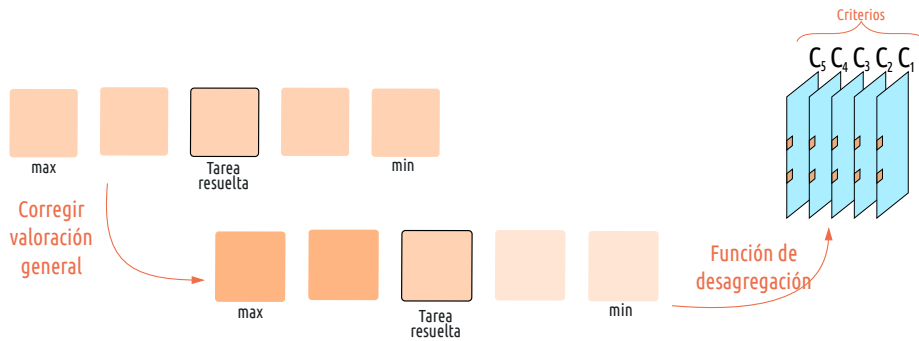


Figura 9.3: Actualización del perfil de la persona

Una vez visualizadas las recomendaciones de tareas, la persona puede considerar alguna de ellas para realizar su próximo *check-in*.

Cuando esto ocurra, es posible que contribuya con una tarea entre las que le fueron recomendadas, en cuyo caso tiene sentido derivar sus preferencias y actualizar su perfil. La idea general para hacer esto es considerar la posición de la tarea en el contexto de la lista de recomendaciones. Si no es la primera tarea recomendada entonces se puede asumir que las tareas anteriores en la lista deberían estar menos valoradas que la tarea resuelta, y esto implica un ajuste en las valoraciones generales de todas estas tareas. Esto se explica gráficamente en la Figura 9.3.

Sea t_k la tarea resuelta, que está ubicada en la posición k de la lista de recomendaciones. Si $x > 0$ entonces hay un subconjunto de tareas $L' = [l_0..l_{k-1}]$ con los elementos más valorados que l_k . Las valoraciones de las tareas de L' deben ser actualizados de acuerdo a su posición relativa con respecto a la tarea resuelta t_k .

En este enfoque se aplica un cómputo por pares con descomposición no transitiva por diferencia como el que proponen Martin et al. [87]. La idea principal es actualizar la valoración de las tareas en L' y, finalmente, descomponer estos cambios en valoraciones de criterios individuales.

Asumiendo que la preferencia entre un objeto **a** y un objeto **b** no depende de los atributos en común de **a** y **b** (principio de independencia preferencial [87]), deben eliminarse los criterios no discriminantes entre t_k y cada tarea de L' . Los criterios discriminantes (es decir, los criterios con la misma valoración) son el conjunto definido en la ecuación 9.1

$$\theta_{xkj} = \{c_f \in C_u : r_{xkf} \neq r_{xjf}\} \quad (9.1)$$

donde r_{xkf} es la opinión de la persona p_x de la tarea t_k respecto del criterio c_f .

Para actualizar la puntuación global de los elementos en L' se debe calcular su distancia a l_k , pero sólo teniendo en cuenta el conjunto de criterios discriminantes (véase la línea 2 en el algoritmo detallado en Listing 9.1).

```

1 For prev: 0 to p
2   dcSet = discCriteria(gt, prev)
3   cNum = len(dcSet)
4   lpScore = partialScore(gt, dcSet)
5   prevScore = partialScore(prev, dcSet)
6   delta = prevScore - lpScore
7   critDelta = delta/cNum

```

```

8   alpha = 1/p
9   update_profile(prev, alpha, critDelta)

```

Listing 9.1: Pairwise computation

Con este conjunto, se puede calcular una valoración parcial de la tarea de recolección mediante la función O_θ definida en la ecuación 9.2 e implementada en la línea 4 del algoritmo 9.1.

$$O_\theta(p_x, t_j) = \sum_{c_f \in \theta} r_{xjf} \times \frac{1}{\#(\theta)} \quad (9.2)$$

Entonces es necesario definir una función que calcule diferencia entre las valoraciones parciales de la tarea resuelta y cada una de las tareas en L' (línea 6 del algoritmo, ecuación 9.3) para luego desagregar esta diferencia en un vector temporal de diferencias por criterio (línea 7, ecuación 9.4). Obsérvese que $\Delta()$ es positiva en cualquier caso, dado que la tarea t_j está en una posición anterior en la lista que t_k .

$$\Delta(p_x, t_k, t_j) = O_\theta(p_x, t_k) - O_\theta(p_x, t_j) \quad (9.3)$$

$$\delta(p_x, t_k, t_j) = \frac{\Delta(p_x, t_k, t_j)}{\#(C_u)} \quad (9.4)$$

Por último, el perfil de la persona se actualiza tal y como se describe en la ecuación 9.5. Con el objetivo de asegurar un impacto equilibrado, es necesario tener en cuenta el número de cálculos por pares que se han realizado. Para ello, se utiliza la variable α calculada como $\alpha = 1/pos(t_j)$ (líneas 8 y 9 del algoritmo 9.1).

$$r'_{xjf} = r_{xjf} + 0,1 \times \log(1 + \alpha \times \delta(p_x, t_k, t_j)) \quad (9.5)$$

Nótese que α relativiza el cambio en la valoración según la posición del elemento elegido. Cuanto más alejada esté la tarea t_j de la primera tarea de la lista (que tiene una puntuación más alta), menor será el valor *alpha*. De hecho, se utiliza una función logarítmica para reducir el impacto de los valores altos. Se utiliza un coeficiente de 0,1 para controlar el impacto de los nuevos valores en las valoraciones de las URM. Por último, para evitar los valores negativos obtenidos con el logaritmo, se añade el valor 1.

Con esta actualización del perfil, el sistema puede hacer predicciones de puntuación más adecuadas.

	p_0	p_1	p_2	Global
t_0	(2 3 2 2)	?	(3 4 5 2)	(5 5)
t_1	(1 1 2 1)	(5 4 4 3)	?	(3 5)
t_2	?	(3 3 4 4)	?	(1 4)
t_3	(0 1 3 0)	?	(5 4 2 2)	(3 4)

Tabla 9.1: Valoración multi-criterio con 4 criterios para la persona y 2 criterios para el proyecto

9.5. Criterios para la recomendación

Las tareas de recolección espacio-temporales como se describen en el Capítulo 6 se definen mediante un área, una restricción temporal y un tipo de colaboración. Además, en el marco de la ludificación que propone este trabajo, estas tareas tienen una recompensa en puntos que la persona conoce a la hora de planear su estrategia de juego. Entonces, un posible conjunto de criterios de la persona, C_u , considera las dimensiones área, intervalo, tipo de recolección y recompensa. Sin embargo, podrían representarse otras facetas con las que describir las tareas, como la dificultad.

Por otro lado, los criterios del proyecto pueden expresar la priorización de tareas representada mediante el orden de la lista de tareas Ω .

La tabla 9.1 presenta un ejemplo de matriz de valoración donde se puede ver, por ejemplo, que la tarea de recolección t_0 ha sido puntuado por las personas p_0 y p_2 . La persona p_0 valora con 2 puntos por el criterio de área, 3 puntos por su restricción de tiempo, y 2 puntos por el tipo de recolección, la recompensa. De acuerdo con los objetivos del proyecto, tanto el área como la restricción temporal de la tarea t_0 recibieron una valor de 5 puntos, lo que significa que tiene una gran prioridad.

La valoración a través de los criterios de C_u puede incluir opiniones explícitas de la persona, o preferencias implícitas, como la selección de una tarea de recolección de una lista ordenada recomendada a la persona. Los valores en C_p (columna *global* en la Figura 9.1) describen los criterios del proyecto en términos de áreas de muestreo prioritarias y restricciones de tiempo.

9.6. Resumen del capítulo

En este capítulo se describió una implementación de la estrategia de adaptación *Recomendación de tareas*, presentada en el capítulo 8. La adaptación se realiza mediante un filtrado colaborativo multicriterio que considera dos conjuntos de criterios para equilibrar las preferencias de cada persona con los objetivos de recolección del proyecto. Es decir que por un lado se estiman las preferencias de cada persona colaboradora, y por el otro, se representan las prioridades del proyecto.

Además, se considera la aplicación de un criterio de similitud entre personas colaboradoras basado en el comportamiento itinerante de estas.

Parte III

Evaluación y conclusiones

Capítulo 10

Rayuela: Plataforma de ludificación

Este capítulo presenta la plataforma Rayuela de ludificación adaptativa multi-proyecto. Esta es una herramienta de ludificación para iniciativas de ciencia participativa desarrollada en el marco de este trabajo doctoral, y está desacoplada de las tecnologías que se utilizan para las recolecciones en cada proyecto. Esta plataforma tiene dos perfiles de uso: el perfil de administración que permite configurar el territorio, las restricciones temporales y las tareas de los proyectos, así como la definición de la ludificación adaptativa que se aplica a cada uno, respetando el modelo presentado en los capítulos anteriores. El perfil de colaboración que le permite a las personas colaboradoras registrar sus recolecciones y recibir puntos y medallas para avanzar en el juego, además de expresar su opinión respecto de los elementos de ludificación.

Con el objetivo de implementar y evaluar las estrategias de ludificación adaptativa con personas colaboradoras reales, se diseñó una plataforma de ludificación adaptativa para el modelo de juego CLCS presentado en los capítulos anteriores. Esta plataforma, denominada *Rayuela*, permite diseñar ludificaciones desacopladas para proyectos de ciencia participativa de tipo CLCS, es decir que la capa de ludificación es independiente (está desacoplada) de la tecnología de

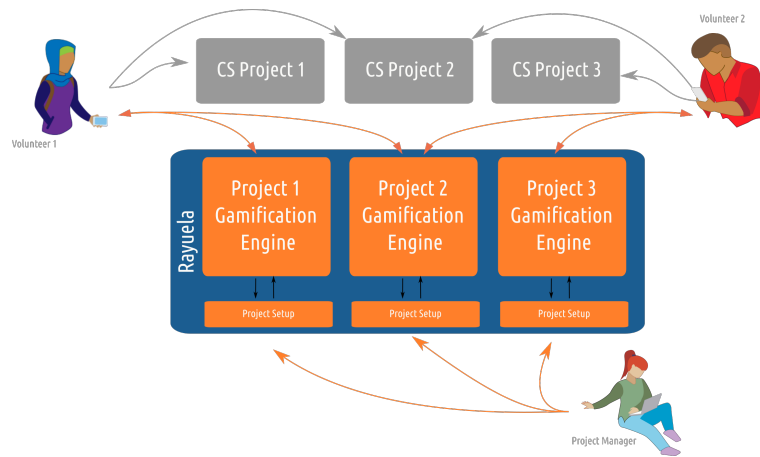


Figura 10.1: Arquitectura de la plataforma *Rayuela*

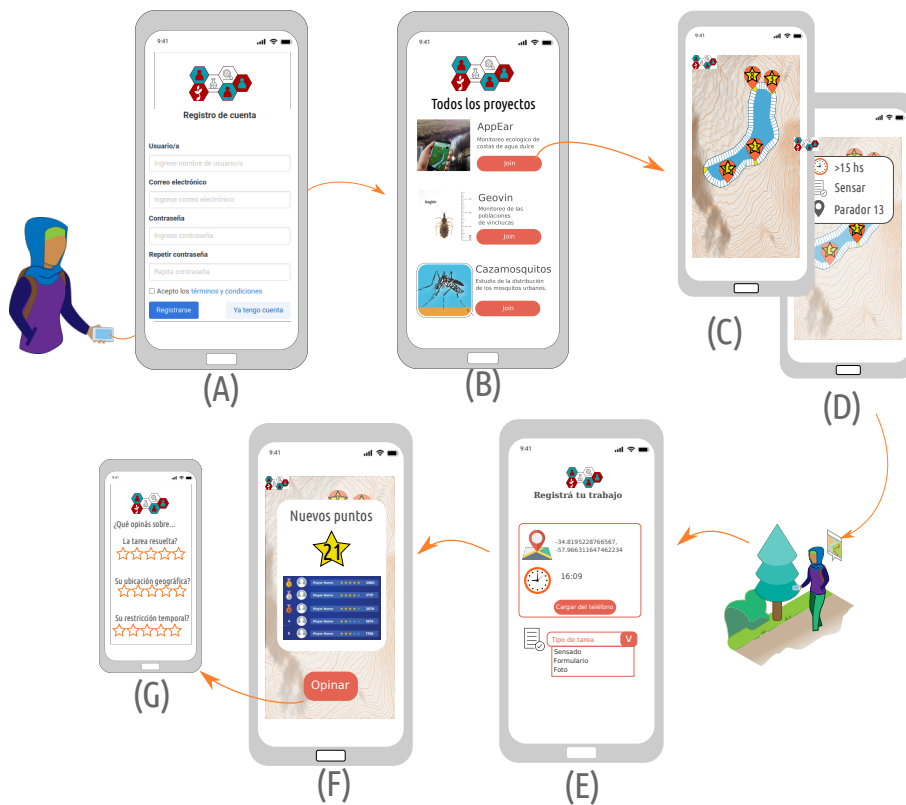


Figura 10.2: Pantallas del perfil de colaboración

base que cada proyecto dispone a la comunidad para colaborar con él. Algunos ejemplos de ludificaciones desacopladas son la aplicación *Fitocracy*¹ cuyo objetivo es ludificar las consignas deportivas, o *Domuss*², que ludifica las tareas del hogar. En una ludificación desacoplada como estas, cada persona realiza la actividad sustantiva (en el caso de *Fitocracy*, consignas de entrenamiento; en el caso de *domuss* una tarea doméstica) y luego las registra en la aplicación.

La plataforma *Rayuela* está basada en la idea de ludificar las tareas de recolección restringidas espacial y temporalmente como se definieron en el capítulo 6, pero a través de una aplicación de software independiente de la tecnología que cada proyecto tenga implementada para llevar adelante las tareas científicas. Es decir que las personas de la comunidad que colabora con el proyecto científico debe realizar la tarea de recolección mediante los métodos y mecanismos definidos en el proyecto científico, para luego registrar sus aportes en *Rayuela*. Esto permite que la plataforma pueda ser independiente de estas decisiones tecnológicas que cada proyecto debe resolver y, adicionalmente, que al convivir varios proyectos se potencie la comunidad de ciencia participativa.

La plataforma *Rayuela* soporta un perfil de administración para diseñar los proyectos de ciencia ludificados, y un perfil de colaboración a través del cual la comunidad participa de la propuesta ludificada. El perfil de administración es el que permite configurar el proyecto y las tareas de recolección, para luego poder diseñar la ludificación. El perfil de colaboración permite navegar las consignas de ludificación y registrar los aportes al proyecto (representa a las personas jugadoras o destinatarias de la ludificación). En la figura 10.1 se ilustra una situación en la que tres proyectos son ludificados en la plataforma y las personas de la comunidad interactúan con la tecnología del proyecto así como con *Rayuela*.

Las personas jugadoras deben poder registrarse en diferentes proyectos. A medida que lo van haciendo, pueden visualizar las tareas pendientes (es decir, las actividades ludificadas) y comenzar a colaborar en su resolución o, mejor dicho, resolver las tareas mediante la tecnología externa específica de cada proyecto y luego registrarlas en la plataforma *Rayuela*. El objetivo de juego de cada proyecto ludificado es el de resolver todas las tareas pendientes, y para ganar,

¹<https://www.fitocracy.com/> visitado por ultima vez 4/2/2025

²<https://www.domuss.com/>, visitado por ultima vez 4/2/2025

las personas deben tener la máxima cantidad de puntos y medallas, que obtienen registrando las tareas resueltas externamente. Si bien todas las colaboraciones son premiadas a través de puntos y medallas se tiene en cuenta la importancia, a nivel de proyecto, de las tareas resueltas, así como el estado global del juego.

Para que todo esto sea posible, las personas administradoras deben poder crear y configurar sus proyectos, definiendo las áreas e intervalos de trabajo, las tareas de recolección y los elementos de ludificación. Estos elementos implementan el modelo de juego especificado en el capítulo 7, y el juego se adapta según la estrategia específica de adaptación que se quiera implementar y probar, siguiendo el catálogo de estrategias definido en el Capítulo 8.

En la siguientes secciones se detallan los casos de uso para ambos perfiles.

10.1. Perfil de colaboración

Registrarse en la plataforma

La persona se registra informando su nombre y correo electrónico (pantalla A de la figura 10.2), a través del cual recibe un e-mail de confirmación con una contraseña temporal que debe cambiar en el primer acceso.

Suscripción a un proyecto

En la pantalla principal de la plataforma, la persona jugadora puede navegar el listado de proyectos de ciencia participativa que forman parte de *Rayuela*. Para comenzar a colaborar, una vez registrado en la plataforma y con la sesión activa, la persona voluntaria debe manifestar la voluntad de formar parte del proyecto, haciendo clic en el botón *unirme* que se muestra en la pantalla B de la figura 10.3. De esta manera puede ver las tareas pendientes del proyecto (Figura 10.3 (C y D)), pudiendo considerarlas para resolverlas teniendo en cuenta las restricciones espacial y temporal, así como la retribución que cada una otorga (en cuanto a puntos y medallas). Además, se listan las medallas disponibles del proyecto.

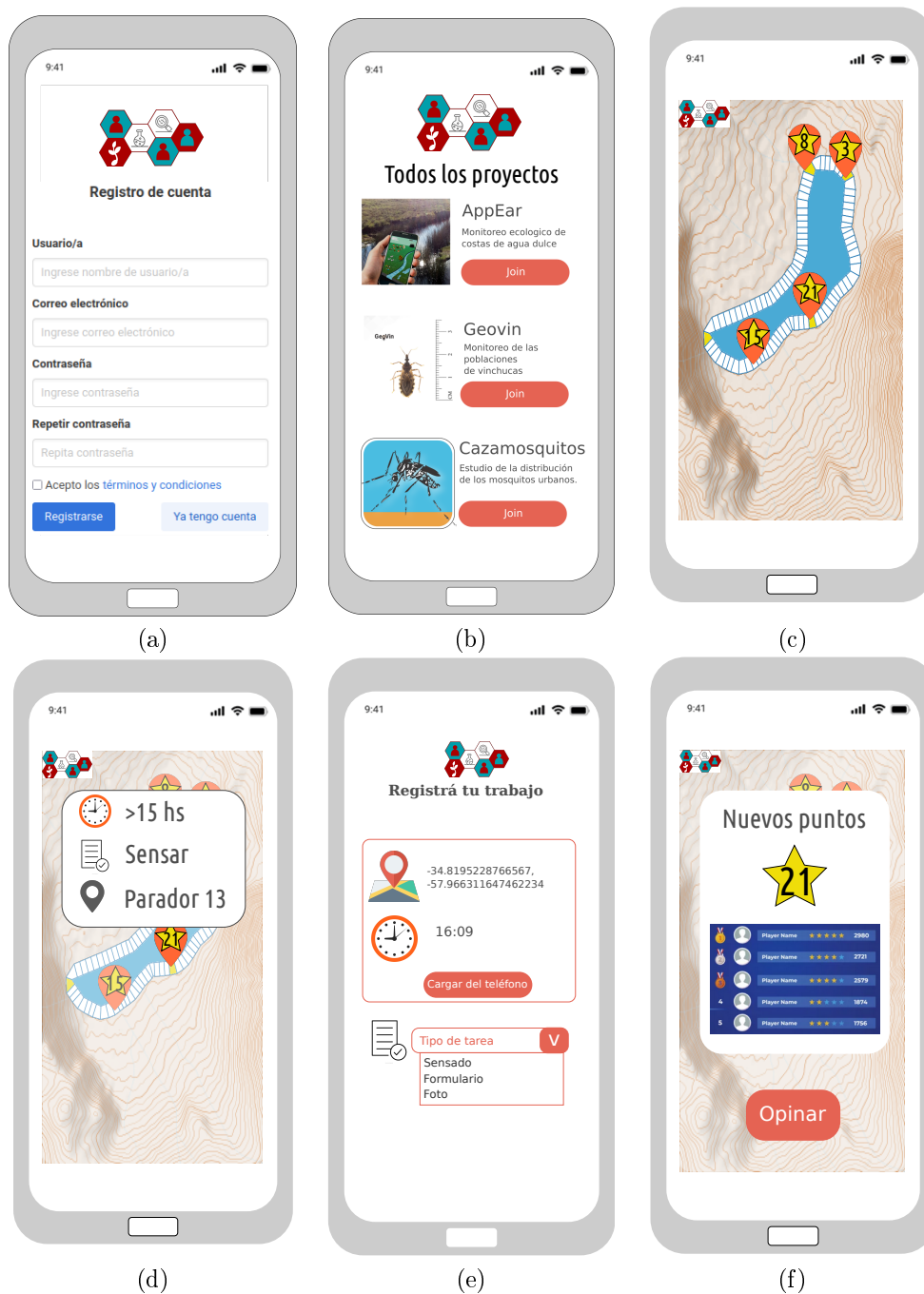


Figura 10.3: Pantallas del perfil de colaboración: (a) Registro - (b) Listado de proyectos - (c) mapa de tareas - (d) descripción de una tarea - (e) Registro del *check-in*- (f) Novedades

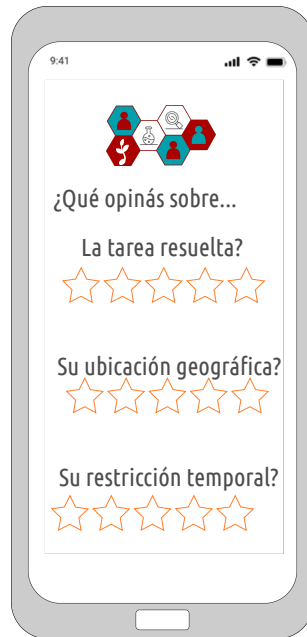


Figura 10.4: Pantallas de valoración de la tarea completada

Registro de tarea completada

Una vez resuelta la tarea de recolección, estando en el área indicado y durante el intervalo requerido por la tarea, la persona debe registrar su trabajo como se ve en la pantalla (E) de la figura 10.3. Para hacerlo, debe indicar qué tipo de tarea realizó y en ese momento la aplicación captura la fecha y hora, y las coordenadas georeferenciadas.

A partir de estos datos *Rayuela* valida si el *check-in* es una *contribución* (existe una tarea de recolección que coincida con el trabajo informado), y calcula la cantidad de puntos a otorgar, además de verificar si corresponde asignar una medalla. Sin embargo, es importante notar que no se controla si la tarea de recolección fue adecuadamente resuelta, pues esto corresponde al protocolo o tecnología que tenga implementado el proyecto, de manera externa a esta plataforma.

Visualización del avance en el juego

Esta visualización está disponible luego de registrar una tarea, pues muestra el avance personal en el juego relacionado a la contribución de esta jugada en particular y se los informa a la persona: qué cantidad de puntos se obtuvieron, qué cambios hubo en relación a las medallas (medallas adquiridas y/o medallas que ya no son válidas), y si hubo cambios en cuanto a su posición en la tabla de posiciones (ver pantalla F de la figura 10.3). Además permite visualizar el conjunto de medallas que la persona puede ganar. Esta respuesta puede diferir de acuerdo a la **estrategia de adaptación que se esté aplicando**.

Por otro lado, puede ocurrir que la actividad registrada no coincida con ninguna tarea pendiente (y por lo tanto tampoco contribuye a los objetivos del proyecto), en cuyo caso debe informarse a la persona, pero igualmente podría retribuirsele algún puntaje o medalla. En muchos diseños de ludificaciones, por ejemplo, se utilizan medallas de *onboarding*[18] para acompañar el proceso de aprendizaje de uso de la herramienta.

Opinión sobre elementos del juego

Luego de registrar su *check-in* la persona tiene la oportunidad de manifestar su opinión a través del otorgamiento de un puntaje en el rango entre 1 y 5 a la tarea que acaba de contribuir (ver figura 10.4). También podría opinar sobre una medalla recientemente obtenida, desde varios puntos de vista: estética (imagen, nombre) y las reglas de asignación.

Visualización del estado general del juego

La persona jugadora debe poder ver las tareas pendientes y las tareas completadas en un mapa georeferenciado, acompañado de una indicación numérica o gráfica que ilustre el porcentaje de avance sobre la totalidad de tareas del proyecto, que representa el objetivo colectivo.

10.2. Perfil de administración

En esta sección se describe la funcionalidad asociada a las tareas de administración de los proyectos de ciencia participativa y de diseño de la ludificación para estos, en términos del marco de trabajo PBL.

Alta de un proyecto

Para crear un proyecto, la persona administradora debe proveer un nombre, una descripción (que es la que se mostrará en el listado de proyectos que ve la persona y una URL del proyecto científico con mas información.

Configuración de tareas de recolección

Para configurar las tareas es menester contar con tres elementos previamente definidos: un conjunto de áreas, un conjunto de intervalos (restricciones temporales) y un conjunto de tipos de tareas.

Áreas El alta de las áreas se apoya en un proceso de importación de archivos en formato *GeoJson*. Las áreas podrían ser parte de un mosaico, es decir: áreas adyacentes y disjuntas y dicho mosaico puede ser construido a partir de la herramienta presentada en el trabajo de Lattanzio et al. [88], que a partir de un polígono georeferenciado genera un mosaico topológico en torno a este.

Intervalos Por otro lado, se definen como un conjunto de intervalos especificados mediante la hora y el día de la semana, además de fecha de inicio y fin.

Tipos de tareas El conjunto de tipos de tareas se relaciona con las tareas científicas que se realizan en la aplicación o tecnología externa. En lo que respecta a la plataforma *Rayuela*, cada una se especifica con un nombre y una descripción, entendiendo que debe tener una contraparte en la aplicación externa, pero que no es un requisito que la relación sea uno a uno.

Generar tareas Además, *Rayuela* dispone de un generador automático de tareas que combina todas las áreas, con todos los intervalos y todos los tipos de tareas, generando una lista exhaustiva de tareas de recolección. Entonces, a partir de esta lista, es posible realizar tres acciones que expresarán los objetivos del proyecto: ordenar, duplicar y filtrar (borrar) las tareas.

Configuración de la ludificación

Siguiendo el modelo de juego presentado en el capítulo 7, el perfil administrador debe poder configurar:

- * El conjunto de medallas
- * Las reglas de asignación de medallas
- * Las reglas de asignación de puntaje
- * La regla de visualización de la tabla de posiciones

Asignación de medallas La configuración de medallas requiere definir para cada una: su imagen, su nombre y una descripción. Mediante estos tres aspectos se relaciona la medalla con las demás y con la narrativa del proyecto. Además, la descripción debe enunciar de manera clara aquello que la persona debe hacer para obtenerla, y por lo tanto se relaciona con las reglas de asignación de la medalla.

Por otro lado, las reglas de asignación permiten indicar el conjunto de medallas previas que la persona debe haber obtenido, y la función de evaluación, expresada en términos del tipo de tarea, el área y el intervalo que debe respetar el *check-in* para atribuir la nueva medalla.

Asignación de puntos En tercer lugar se deben definir las reglas de asignación de puntaje, que consideran si el *check-in* es una contribución (o no), los criterios de asignación, y el valor de puntaje a asignar. Estos criterios -de manera similar al caso de las ingnias- expresan un tipo de tarea, un área y un intervalo.

Por ejemplo, podrían convivir las siguientes reglas: una primera regla asigna 2 puntos a pesar de que no se realice una contribución al proyecto, entendiéndolo como motivación para sostener la participación en el sistema ludificado. Una segunda regla asigna 10 puntos

Reglas de asignación de medallas

Nombre	Es contribución	Medalla previa	Tipo de tarea	Área	Intervalo
Semilla	✓	Ninguna	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Flor	✓	Semilla	t_j	Cualquiera	Cualquiera
Brote	✓	Semilla	t_g	Cualquiera	Cualquiera
Hoja de Verano	✓	Semilla	t_r	Cualquiera	Cualquiera
Hoja de Otoño	✓	Hoja de Verano	t_r	Cualquiera	Cualquiera

Reglas de asignación de puntaje

	Es contribución	Tipo de tarea	Área	Intervalo	Puntaje
a	✓	cualquiera	Botánico, escuela, facultad o parque	cualquiera	20
b	✓	cualquiera	Calle 60	cualquiera	15
c	✓	cualquiera	Diagonal 113	cualquiera	25
c	✓	t_j	cualquiera	cualquiera	10
c	✓	t_r	cualquiera	cualquiera	20
c	✓	t_r	cualquiera	cualquiera	20

Tabla 10.1: **Censo forestal:** Configuración de ludificación

a las contribuciones del tipo t_r . La tercera asigna 5 puntos a las contribuciones del tipo *capturar imagen*. El puntaje de la acción se obtiene sumando los puntos de las reglas que se cumplieron.

Tabla de posiciones En último lugar, la plataforma permite configurar el criterio de orden y visualización de la tabla de posiciones, que impacta directamente en la forma de ganar el juego. En este punto se elige entre las posibilidades: maximizar el puntaje y a igual puntaje maximizar la cantidad de medallas o bien maximizar la cantidad de medallas y a igual conjunto de medallas maximizar el puntaje. Además es posible elegir que las personas con actividad menos reciente pierda posiciones en la tabla, logrando un efecto de envejecimiento y generando una motivación para volver a participar.

Configuración de la adaptación

En la versión de *Rayuela* desarrollada para este trabajo doctoral se incluyen dos posibles estrategias de adaptación:

- Recomendación de tareas: Las tareas que cada persona visualizan son el resultado de una recomendación generada a partir de su comportamiento espacio-temporal y su perfil de colaboración.
- Retribución de puntos elástica: La asignación de puntos a partir de una tarea que se completa no es igual para todas las personas, pues se tiene en cuenta la distancia a la persona de mayor

puntaje (a mayor distancia el puntaje que se otorga es mayor). Esto permite equilibrar la tabla de posiciones y motivar a las personas con menos posibilidades de ganar.

Entonces la plataforma ofrece la oportunidad de elegir entre habilitar alguna de estas estrategias o tener un sistema ludificado sin adaptación.

Capítulo 11

Evaluación de enfoques de ludificación adaptativa para CLCS

Este capítulo propone un método de evaluación para cualquiera de los enfoques de ludificación adaptativa presentados que considera varios ejes complementarios. Por un lado, se evalúa el sistema ludificado desde el punto de vista del diseño motivacional a partir de que un conjunto de personas expertas apliquen un conjunto de heurísticas. En segundo lugar, se evalúa la experiencia de juego a partir de implementaciones con personas reales. En último lugar, se propone una metodología para evaluar la implementación de cualquiera de las estrategias de adaptación a mediano y largo plazo desde el punto de vista del rendimiento.

Mientras que las disciplinas tradicionales de diseño tecnológico pueden centrarse en resultados instrumentales (por ejemplo, el diseño de aplicaciones comerciales o educativas), y las disciplinas de diseño experiencial se centran en ofrecer una experiencia determinada (como el diseño de juegos y el arte interactivo), el diseño de sistemas de ludificación se enfrenta a ambos tipos de desafíos al mismo tiempo. En su trabajo, Huotari et al. [2] presentan la ludificación como la mejora de la interacción a través de recursos motivacionales relacionados con experiencias lúdicas que promueven resultados

psicológicos y de comportamiento. Por lo tanto, la evaluación de la ludificación debe considerar la relación entre los recursos motivacionales implementados, los resultados psicológicos y los efectos posteriores sobre el comportamiento [11, 51, 53].

Este trabajo considera, en un primer lugar, una evaluación de personas expertas del diseño ludificado que se enmarca en la teoría de la motivación presentada en el capítulo 2. En segundo lugar, se considera una evaluación cualitativa relacionada con la experiencia de la persona enmarcada en la teoría de la jugabilidad presentada en la sección 2.6. En último lugar se presenta un instrumento de evaluación cuantitativa del rendimiento del sistema ludificado (en relación a los objetivos de ludificación que se hayan establecido).

11.1. Evaluación del diseño ludificado

Con el objetivo de evaluar los diseños ludificados que se permite construir mediante el modelo adaptativo presentado en el capítulo 7, se consideran las heurísticas de diseño propuestas por Tondello et al. [51]. Estas heurísticas se aplican a las ludificaciones que se definen mediante la plataforma Rayuela descrita en el capítulo 10.

El enfoque de Tondello propone evaluar el diseño de sistemas ludificados extrapolando a dichos sistemas la lógica de uso de heurísticas de la ingeniería de usabilidad, tales como los principios generales o las heurísticas de usabilidad de Jakob Nielsen [89] que se han utilizado para diseñar y evaluar sistemas. Este dispositivo de evaluación es específico para los sistemas ludificados y los evalúa desde la óptica de los recursos motivacionales intrínsecos y extrínsecos, y su objetivo es facilitar la detección temprana de lagunas en el diseño del sistema. Estas heurísticas se organizan en tres categorías y doce dimensiones que se describen a continuación:

11.1.1. Descripción de heurísticas para evaluar la motivación intrínseca

Las heurísticas que evalúan si el sistema ludificado genera motivación intrínseca, explora los recursos motivacionales desde el punto de vista de las tres necesidades intrínsecas que se definen en la teoría de la autodeterminación, como se presentó en la sección 2.1.1, a saber: capacidad (*competence*), autonomía y relacionamiento (*rela-*

tedness). Además, se analiza el propósito y significado como facilitadores de la internalización, como se sugiere en el trabajo de Deci [20], y también la inmersión, como proponen los trabajos de Ryan y Rigby [90], y de Malone [91].

Propósito y significado En esta dimensión se incluyen los recursos motivacionales para ayudar a la persona a identificar objetivos significativos que son alcanzados mediante el juego y que pueden beneficiar a la persona así como a la comunidad. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **I1** Significado: Se debe analizar si el sistema brinda una ayuda clara para que las personas puedan identificar el significado de sus contribuciones (para ella misma o para otras personas).
- **I2** Información y reflexión: Se debe evaluar si el sistema provee información y oportunidad de reflexionar al respecto de la superación personal.

Desafío y capacidad Esta dimensión considera si se incluyeron recursos motivacionales que permitan a las personas satisfacer su necesidad intrínseca de sentirse competentes a través de completar desafíos que les resulten de cierta complejidad. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **I3** Desafíos de complejidad creciente: Se debe analizar si la persona puede acceder a desafíos de complejidad creciente a medida que desarrolla sus capacidades y mejora su dominio del juego o sistema ludificado.
- **I4** Incorporación: Se considera si la ludificación ofrece desafíos iniciales que son aptos para las personas recién incorporadas, que les permiten aprender cómo interactuar con el sistema para progresar en el juego.
- **I5** Desafíos propios: Se evalúa si el sistema permite a las personas descubrir o crear nuevos desafíos para ponerse a prueba a sí mismos.

Completitud y maestría Esta dimensión analiza si los recursos motivacionales propician la necesidad intrínseca de sentirse competentes a través de completar una serie de acciones o coleccionar un conjunto de elementos virtuales. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **I6** Metas progresivas: Se debe buscar que el sistema ludificado presente las las próximas acciones que pueden realizar las personas como tareas de tamaño o complejidad inmediatamente realizable.
- **I7** Logros: Se debe considerar si el sistema permite a las personas hacer un seguimiento de sus logros o avances.

Autonomía y creatividad La dimensión de autonomía y creatividad se relaciona con la existencia de recursos motivacionales que permitan a las personas satisfacer su necesidad intrínseca de autonomía a través de ofrecerle diferentes posibilidades interesantes y oportunidades de expresar su opinión.. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **I8** Elección: Se debe evaluar si el sistema dispone a las personas un conjunto de opciones sobre qué acción realizar o cómo realizarla, que debe despertar interés pero cuyo alcance debe estar limitado en cuanto a las capacidades inferidas de la persona.
- **I9** Expresión personal: Se debe analizar si el sistema permite a las personas expresarse o crear nuevo contenido.
- **I10** Libertad: Se debe considerar si el sistema ludificado permite que la persona experimente con diferentes caminos o secuencias de acciones sin temor de equivocarse pues no hay consecuencias graves.

Relaciones interpersonales En esta dimensión de evaluación se consideran los recursos motivacionales que le permiten a la persona satisfacer su necesidad intrínseca de relacionarse con otras personas a través de diferentes formas de interacción. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **I11** Interacción social: Se debe evaluar si el sistema provee algún mecanismo a través del cual las personas pueden conectarse e interactuar.
- **I12** Cooperación social: Se considera si el sistema ofrece la posibilidad a las personas de trabajar en objetivos colectivos.
- **I13** Competencia: Analizar si el sistema permite a las personas compararse o desafiar a otras.
- **I14** Justicia: Considerar si el sistema propicia oportunidades de éxito y progreso similares para todas las personas, de manera que las personas recientemente incorporadas se sientan motivadas a pesar de compararse con las personas que llevan más tiempo participando.

Inmersión Esta dimensión considera aquellos recursos motivacionales cuya intención es sumergir a las personas en el sistema de manera que se mejore su experiencia vivencial (estética), muchas veces a partir de una temática, narrativa o historia que puede ser real o ficción. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **I15** Narrativa: Evaluar si el sistema ofrece a las personas una historia significativa con la cual puede relacionarse o sentir afinidad.
- **I16** Diversión percibida: Considerar si el sistema ofrece a las personas la posibilidad de interactuar y formar parte de la historia.

11.1.2. Descripción de heurísticas para evaluar la motivación extrínseca

Las heurísticas que evalúan la motivación extrínseca se detienen en aquellos elementos de ludificación que proveen un resultado o valor agregado independiente de la actividad en sí misma, como lo relacionado con bienes virtuales, ya sea poseyéndolos, o bien percibiendo la escasez o la posibilidad de perderlos [92].

Propiedad y recompensas Esta dimensión analiza las posibilidades de motivación a través de retribuciones extrínsecas o la posesión de bienes virtuales o reales. La apropiación es diferente de la habilidad cuando la persona entiende como motivo para interactuar con el sistema a la adquisición de bienes en lugar de sentirse competente. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **E1** Posesión: Se debe analizar si el sistema permite a las personas adquirir bienes virtuales o construir un perfil personal, que puede desarrollarse mediante el uso del sistema a través del tiempo y con el que las personas pueden relacionarse.
- **E2** Recompensas: Se evalúa si, a partir de la interacción y el uso continuado, el sistema incentiva mediante recompensas que son consideradas valiosas para las personas y relativas a la cantidad de esfuerzo invertido para obtenerlas.
- **E3** Economía Virtual: Se evalúa si el sistema permite a las personas intercambiar el resultado de su esfuerzo por alguna otra recompensa virtual o del mundo real.

Escasez Esta dimensión considera las herramientas motivacionales pensadas para atraer a las personas a través de la sensación de exclusividad (o status) porque han adquirido elementos difíciles, raros o únicos. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **E4** Escasez : Se debe analizar si el sistema ofrece elementos de ludificación o recompensas interesantes que son raras o difíciles de obtener.

Prevención de pérdidas Este aspecto evalúa los recursos motivacionales que se incluyen para que las personas actúen con urgencia, a partir de generar situaciones en las que se pueden perder elementos o retribuciones ya adquiridas o posibles de adquirir. Esta dimensión tiene una sola heurística:

- **E5** Evitar la pérdida: La persona se siente extrínsecamente motivada cuando el sistema genera una urgencia a partir de que exista la posibilidad perder alguno de sus logros, ya sean insignias, puntos u otros elementos de ludificación.

11.1.3. Descripción de heurísticas dependientes del contexto

La motivación dependiente del contexto involucra a los recursos de retroalimentación, los elementos que generan impredecibilidad y los elementos disruptivos.

Por ejemplo, el sistema puede proveer retroalimentación cuando la persona realizó una tarea motivada intrínsecamente o extrínsecamente. Es decir que se considera un recurso motivacional cuyo tipo es intrínseco o extrínseco dependiendo la tarea a la cual está asociada esta retroalimentación.

Retroalimentación La retroalimentación se refiere a recursos destinados a informar a las personas al respecto de sus progresos, así como de las próximas acciones que puede realizar. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **C1** Información clara e inmediata: Esta heurística evalúa si el sistema informa a las personas de manera inmediata sobre los cambios que se produjeron a partir de la última interacción, de manera simple y accesible
- **C2** Información relacionada con el juego: Se debe analizar si el sistema es capaz de informar a las personas sobre las siguientes acciones o formas de mejorar disponibles.
- **C3** Progreso asequible: Se debe considerar si la retroalimentación del sistema informa claramente en qué situación está la persona con respecto al avance en el juego y cuál es el camino que debe seguir para progresar, en términos de acciones concretas.

Imprevisibilidad Esta dimensión considera los recursos motivacionales que se incluyen para sorprender a las personas con elementos (tareas, desafíos, retroalimentación, retribuciones) no esperados. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **C4** Desafíos variados: Se debe evaluar si el sistema ofrece variabilidad inesperada en cuanto a los desafíos o misiones presentadas a cada persona.

- **C5** Retribuciones variadas: En este aspecto se analiza si se ofrecen diferentes formas de retribución con cierta impredecibilidad.

Cambios disruptivos Esta última dimensión analiza si los recursos motivacionales se enfocaron en enganchar a las personas mediante tendencias disruptivas, a través de elementos que le permitan mejorar el sistema en un sentido positivo/constructivo. Las heurísticas que incluye esta dimensión son las siguientes:

- **C6** Innovación: Se debe analizar si el sistema permite a la persona contribuir con nuevas ideas, contenido o sugerencias intencionadas hacia mejorar, extender o escalar el sistema.
- **C7** Control disruptivo: Considerar si el sistema está protegido contra la posibilidad de hacer trampa o usarlo de forma incorrecta por parte de las personas.

11.1.4. Resultados de la evaluación del diseño

Un conjunto de 5 expertos en el área de investigación sobre Interfaz Humano-Computador (HCI por sus siglas en inglés *Human-Computer Interaction*), pertenecientes a la Universidad Nacional de La Plata y la Universidad de Caldas en Colombia, realizaron la evaluación del diseño aplicando las heurísticas de Tondello et al. a partir de la especificación de la plataforma *Rayuela*, lo que permitió identificar problemas de usabilidad como parte de un proceso iterativo.

11. significado El sistema ludificado implementado mediante *Rayuela* permite comunicar el propósito del trabajo colaborativo a través de la definición de los proyectos, donde se describen las metas, objetivos y los tipos de tareas para colaborar. Esto además se articula con un mecanismo de comunicación del estado general del juego, mediante el uso de un mapa de colaboración donde se muestre el avance general sobre el cumplimiento de los objetivos de cobertura del proyecto.

En esta heurística no hay consenso entre las personas evaluadoras, y se obtuvo un puntaje de 2.5 (sobre un máximo de 5).

I2. Información y reflexión Luego de registrar un *check-in* la persona jugadora es informada respecto del impacto de su jugada, a través de mensajes que describen la tarea resuelta, y los cambios en el estado del juego (nuevos puntos, posibles nuevas insignias y actualización de la tabla de posiciones).

Esta heurística obtuvo un puntaje de 2.5 (sobre un máximo de 5), pero sin embargo, según las personas evaluadoras, esta heurística no se cumple.

I3. Desafíos de complejidad creciente En este sentido, mediante la definición de insignias, la plataforma *Rayuela* propone desafíos crecientes, pues estas insignias, al apoyarse en insignias o logros anteriores, proponen un camino de complejidad creciente en cuanto a dificultad y esfuerzo.

Sin embargo, las personas evaluadoras consideraron las tareas de recolección como único desafío posible y entonces esta heurística obtuvo un puntaje de 1 punto (sobre un máximo de 5), por lo que no se cumple.

I4. Incorporación La plataforma *Rayuela* permite a las personas administradoras (que son quienes diseñan cada ludificación) la posibilidad de definir insignias para iniciantes u otorgar puntaje a los *check-in* que no sean contribuciones, entendiendo que existe una primera etapa de aprendizaje de uso de la herramienta.

Sin embargo, dado que no se cuenta con un tutorial que facilite el onboarding, esta heurística obtuvo un puntaje de 1 punto, por lo que no se cumple.

I5. Desafíos propios Con el modelo presentado se permite la incorporación de estrategias de adaptación como la *Recomendación de tareas* (si se implementa una adaptación como la descrita en la sección 8.3.5), o la recomendación de insignias, a través de las cuales se permite a la persona descubrir desafíos relacionados con su perfil de juego, que se generan considerando una estimación de sus preferencias.

Sin embargo, dado que la configuración de tareas por parte de la persona colaboradora no es una funcionalidad nativa de la plataforma *Rayuela*, esta heurística obtuvo un puntaje de 2 puntos, por lo que no se cumple.

I6. Metas progresivas: Las ayudas y recomendaciones al respecto de posibles nuevas adquisiciones pueden implementarse a través de estrategias como *Lista de tareas aumentada*, *Medallas centradas en la persona*, o *Recomendación de tareas* (sección 8.3.5).

Dado que la presentación de tareas de complejidad creciente no es una funcionalidad integrada en la plataforma *per se*, esta heurística obtuvo un puntaje de 2 puntos, pero no hay consenso entre las personas evaluadoras respecto de su cumplimentación.

I7. Logros: En este sentido, la plataforma registra las adquisiciones de la persona jugadora en su perfil de juego (*player pocket*) y la persona puede verlo en todo momento a través de la pantalla descripta en la Sección 10.1.

Esta heurística obtuvo un puntaje de 3.5 puntos, por lo que se considera validada en la plataforma.

I8. Elección: A pesar de las posibles recomendaciones de tareas (si se implementa una adaptación como la descrita en la sección 8.3.5), o de las reglas para obtener las insignias, que de algún modo dan pautas para pensar la estrategia de juego, las personas jugadoras tienen disponibles todas las tareas pendientes y las pueden visualizar en el mapa colaborativo.

Las personas evaluadoras consideran que esta heurística no se cumple, pues las tareas no tienen una complejidad asociada que permita relacionar con la persona.

I9. Expresión personal: En este sentido, la plataforma *Rayuela* admite que las personas expresen su opinión al respecto de algunos aspectos de la ludificación, en particular las tareas de recolección y las insignias. Ver diseño en la Sección 10.1.

Las personas evaluadoras consideran que esta heurística se cumple, pues el sistema permite que la persona opine, pero se sugiere incorporar un espacio de opinión de texto libre.

I10. Libertad: Este aspecto depende de las desiciones tomadas por el administrador a la hora de configurar las reglas de asignación de puntaje o asignación de insignias (ver Sección 10.2). Por ejemplo, si cometer un error a la hora de hacer un aporte, es decir registrar un

check-in que no contribuye a la resolución de ninguna tarea de Ω podría o no penalizar a la persona.

Las personas evaluadoras consideran que esta heurística se cumple, pues el sistema permite que las persona colaboradora resuelva cualquier tarea.

I11. Interacción social: Este aspecto no está considerado en la versión de *Rayuela* presentada en este trabajo de tesis, pero el modelo de juego y adaptación es compatible con posibles funcionalidades que permitan la conexión entre las personas.

Dado que *Rayuela* no cuenta con un medio directo de interacción entre las personas colaboradoras, las evaluaciones coinciden en que no se cumple.

I12. Cooperación social: En este sentido, los proyectos colaborativos por definición tienen un objetivo común, que en el marco de este modelo de trabajo se expresa en términos de la cobertura de un territorio mediante tareas de recolección y términos del diseño ludificado se traduce en que la comunidad complete la lista de tareas. Sin embargo, no hay un consenso entre las personas evaluadoras en cuanto a esta heurística.

I13. Competencia: Este aspecto está considerado en la plataforma a partir de que se gestiona una tabla de posiciones que permite a cada persona visualizar su situación en el juego con respecto al resto de las personas de la comunidad, comparando tanto el puntaje obtenido como la colección de insignias.

Las personas evaluadoras coinciden con que esta heurística está sin dudas ampliamente cumplida.

I14. Justicia: Como se mencionó, las herramientas de diseño de ludificación de la plataforma *Rayuela* permiten definir insignias de *onboarding* que consideran estas incorporaciones de nuevas personas. Además, algunas estrategias de adaptación tienen como objetivo generar sentimiento de pertenencia a la comunidad (ver Sección 8.1), como por ejemplo la estrategia de adaptación *Retribución de puntos elástica* (sección 8.4.1).

Las personas evaluadoras coinciden con que se cumple esta heurística.

I15. Narrativa: A través de la presentación del proyecto y su relación al conjunto de insignias es posible construir una narrativa. Considerar, como ejemplo, la ludificación diseñada en la sección 7.4 para el proyecto Anticipando la Crecida, que se encarga de monitorear el cauce del río para prevenir inundaciones. La propuesta de las medallas refleja el espíritu del proyecto en cuanto al tema (se trata de embarcaciones) y la secuenciación de complejidad creciente por tipo de tarea de recolección.

Las personas evaluadoras coinciden con que se cumple esta heurística.

I16. Diversión percibida: En este sentido, los juegos pervasivos [93] permiten generar una mayor inmersión. La inmersión es una característica de los juegos (o sistemas ludificados) que hace que la persona se crea la metáfora virtual y se involucre con el juego de manera que se sienta parte de él. Las tareas de recolección determinadas por condiciones espaciales y temporales requieren una interacción con el espacio que propician la inmersión, y por lo tanto la motivación intrínseca.

Las personas evaluadoras coinciden con que se cumple esta heurística.

E1. Posesión: El modelo de juego que se propone no provee de manera nativa una sistema de economía virtual.

Por lo tanto, las personas evaluadoras coinciden con que esta heurística está incumplida

E2. Recompensas: Por cada *check-in*, la plataforma *Rayuela* analiza si se completa una tarea de recolección (es decir que la persona está contribuyendo al trabajo colectivo) y a partir de esta calcula una retribución en puntos e insignias, como se explicó en la sección 10.1, para lo cual considera la dificultad de la tarea (y por lo tanto el esfuerzo invertido). Las personas evaluadoras coinciden con que se cumple esta heurística.

E3. Economía virtual: Las ludificaciones diseñadas siguiendo el modelo de juego de este trabajo no tienen ningún soporte de economía o bienes virtuales.

Por lo tanto, las personas evaluadoras coinciden con que esta heurística está incumplida

E4. Escasez: Por definición, la lista Ω de tareas de recolección está compuesta de elementos que se van consumiendo, lo que los convierte en elementos únicos o difíciles de obtener. Además, estrategias de adaptación como el *Desvanecimiento de medallas* permiten generar medallas que sólo están disponibles durante un tiempo limitado. También en este caso las personas evaluadoras coinciden con que claramente se cumple esta heurística

E5. Evitar la pérdida Para generar esta motivación se pueden utilizar insignias de tiempo acotado como las que se desvanecen mediante la estrategia de adaptación presentada en la sección 8.3.4 (*Desvanecimiento de medallas*). Con esta estrategia se detectan las insignias poco interesantes y se las informa como próximas a desaparecer, generando así la urgencia mencionada.

Sin embargo, dado que no es una funcionalidad nativa del proyecto, las personas evaluadoras coinciden con que esta heurística está incumplida

C1. Información clara e inmediata En este sentido, el modelo de juego presentado en el Capítulo 7 permite representar la información relativa a la última jugada, a través del elemento correspondiente en la colección de contribuciones de la persona Ω_p , que luego la plataforma *Rayuela* incorpora en la lógica de interacción descrita en la Sección 10.1. Estos cambios en el perfil de juego se presenta separadamente, haciendo que la lectura sea más simple y clara.

También en este caso las personas evaluadoras coinciden con que claramente se cumple esta heurística

C2. Información relacionada con el juego: El modelo de juego propuesto no soporta como tal un mecanismo para orientar a las personas en el avance en el juego. Sin embargo, la estrategia de adaptación *Medallas cercanas* se encarga de recomendar a la persona las medallas más próximas en su situación. Además, la estrategia de adaptación *Medallas centradas en la persona* permite la generación de medallas personalizadas que representen (y comuniquen) una forma de mejorar para acercarse a la victoria.

No se dió un consenso para esta heurística entre las personas evaluadoras pues no se informa la próxima acción e realizar luego de informar el nuevo estado de juego

C3. Progreso asequible: Si bien, luego de una jugada (informar un *check-in*) la persona es notificada de su progreso y el lugar que tiene en la tabla de posiciones, no hay un mecanismo explícito para indicarle un siguiente paso. Esto puede sortearse levemente con la implementación de la estrategia *Medallas cercanas*. Por lo tanto, Las personas evaluadoras coinciden en que esta heurística está incumplida.

C4. Desafíos variados: La implementación de un sistema de recomendación (de tareas o de medallas, como son las estrategias CAS 5 y CAS 6), por definición considera la actividad de la comunidad para computar las recomendaciones, y por lo tanto esto genera un cierto nivel de serendipia. Como las personas evaluadoras ven esta misma posibilidad, coinciden en que se cumple esta heurística.

C5. Retribuciones variadas: Las estrategias de adaptación soportadas podrían retribuir de manera impredecible, como se explica en la estrategia *Retribución de puntos elástica*. Similar al caso anterior, las personas evaluadoras ven la potencialidad de la adaptación y coinciden en que se cumple esta heurística.

C6. Innovación: La implementación de la plataforma considera la opinión de la persona expresada a través de la valoración de los elementos de juego, pero no soporta mecanismos para que las personas hagan otro tipo de aportes. Las personas evaluadoras coinciden en que esta heurística se cumple.

C7. Control disruptivo: La especificación del modelo de juego, así como la implementación mediante la plataforma *Rayuela* no establecen un acoplamiento con la tecnología (de base) usada para la recolección. Es decir que la acción de la persona solo requiere informar coordenadas y tipo de recolección (y no la recolección en si), por lo que no puede *per se* controlarse que el *check-in* no sea falso.

Por lo tanto, el sistema no está protegido contra la trampa. Las personas evaluadoras coinciden en que esta heurística se cumple.

11.1.5. Conclusiones de la evaluación del diseño ludificado

En cuanto al análisis de las dimensiones de la motivación intrínseca, la opinión de los evaluadores indica que lo que requiere más trabajo está relacionado con el reto y la competencia, habiendo obtenido una puntuación media de 1,33 (sobre un máximo de 5). En concreto, en esta dimensión se analiza si las actividades tienen una complejidad creciente, si existe algún mecanismo de onboarding y si el sistema tiene la posibilidad de que las personas jugadoras creen sus propios retos. El propio modelo de ludificación adaptativa no garantiza esto.

A partir del análisis de la motivación extrínseca, se podría explorar más la dimensión de posesiones y recompensas. El modelo de juego sólo utiliza las posesiones de la persona jugadora como criterio para ganar. Sin embargo, requiere más trabajo, por ejemplo, incorporando un sistema de economía virtual.

Por último, en cuanto a la motivación dependiente del contexto, la dimensión con menos cumplimiento es Feedback. Esta dimensión considera si el sistema dispone de un mecanismo de retroalimentación inmediato y preciso. Debería indicar las nuevas adquisiciones de las personas jugadoras, las siguientes acciones disponibles según su actividad reciente y cómo se conectan con la tarea completada. El modelo de juego presentado no indica *per se* un mecanismo de guía para que la persona genere una estrategia de juego.

11.2. Evaluación de la experiencia de juego

Las investigaciones en cuanto a evaluación centrada en la persona usuaria de sistemas adaptativos indican que la usabilidad, la utilidad percibida y la adecuación de la adaptación son las tres variables evaluadas con mayor frecuencia[94]. También se sabe que los cuestionarios son el método más popular, seguido de las entrevistas y el análisis de registros de datos. Los cuestionarios o encuestas son una forma fácil y económica de recabar comentarios y opiniones del público destinatario. Pueden medir la motivación, el compromiso, la satisfacción, el aprendizaje o el cambio de comportamiento. Sin



Figura 11.1: Etapas de la evaluación de la experiencia de juego (adaptado de Salazar et al.[93])

embargo, al pensar una evaluación se debe considerar el diseño, el momento y la frecuencia de los cuestionarios, ya que pueden ser sesgados, intrusivos o ignorados [95]. Las entrevistas y los grupos de discusión son formas más cualitativas y profundas de comprender las experiencias y percepciones del público destinatario, que permiten explorar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del sistema ludificado. Sin embargo, se necesitan facilitadores, moderadores y analistas calificados con tiempo y recursos suficientes para realizar y transcribir las entrevistas.

Como se ha mencionado, un enfoque de ludificación adaptativa se evalúa mediante la contraposición de dos escenarios: un sistema ludificado no adaptado y un sistema ludificado adaptativo. Para la comparación de escenarios se utiliza un enfoque de evaluación de la experiencia de juego y jugabilidad. El trabajo de Salazar et al.[93] propone una metodología de evaluación que se enmarca en la teoría de [53], y se basa en realizar pruebas con personas reales combinando una secuencia de dispositivos de evaluación. El primer dispositivo estima la personalidad lúdica de las y los participantes mediante un cuestionario de 14 preguntas relacionadas a las costumbres de las personas en relación a los juegos digitales. El segundo dispositivo es una capacitación sobre los objetivos y reglas del juego, para luego evaluar este aprendizaje con un segundo cuestionario. Esto permite evaluar si la persona adquirió las capacidades para jugar y así considerar los resultados de la tercera etapa. El tercer dispositivo es la interacción del juego durante el tiempo necesario, y la posterior evaluación de la experiencia de juego y satisfacción mediante un tercer cuestionario. Estas etapas se presentan gráficamente en la Figura 11.1. Si bien este método de evaluación fue desarrollado para juegos pervasivos para adultos mayores, se estimó aplicable a las tareas de

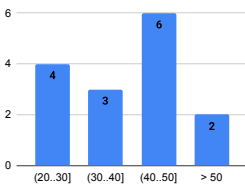
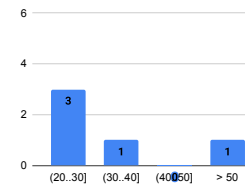
	Escenario con adaptación	Escenario sin adaptación
Experimento 1 (GeoVin)	9 personas	0
Experimento 2 (Nuestros árboles)	6 personas	5 personas
Total	15 personas	5 personas
Mujeres	8	3
Hombres	7	2
Rangos etarios		
Edad media	38 años	34 años

Tabla 11.1: Descripción de la población participante

recolección en un proyecto soportado por CLCS.

11.2.1. Escenarios de prueba

Los experimentos se diseñaron con la idea de contraponer un escenario con un sistema ludificado (no adaptado) y un escenario con un sistema ludificado adaptativo. Para este último se decidió implementar la estrategia de adaptación *Retribución de puntos elástica* para explorar un enfoque de adaptación aplicado a un CLCS de ciencia participativa.

Ambos experimentos se basaron en proyectos de ciencia participativa con personas voluntarias relativamente relacionadas a los proyectos. El primer experimento se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata, donde se utilizó una ludificación adaptativa para el proyecto *GeoVin*, cuyo objetivo es que las personas participantes aprendan a reconocer los especímenes de una determinada especie de insecto que puede ser vector del virus de Chagas. Las personas que participaron de este experimento son personas científicas de disciplinas relacionadas a las ciencias naturales, que se caracterizan por estar vinculados debido a haber trabajado o colaborado en el pasado.

El segundo experimento se realizó en la Universidad Nacional

de Quilmes y se trató de una configuración A/B para el proyecto *Nuestros árboles*, en el que los participantes tienen que relevar un conjunto de árboles de un determinado territorio. Los participantes se dividieron en dos subgrupos de 5 y 6 personas que utilizaron, respectivamente, la versión no adaptada o la adaptada. La población participante de este experimento son en su mayoría estudiantes o docentes de las carreras de informática de la Universidad Nacional de Quilmes y se conoce que invierten una cantidad poco despreciable de su tiempo libre en el uso de videojuegos.

La población que participó en el **experimento de ludificación adaptativa** fue de 15 personas (7 hombres y 8 mujeres), con edades comprendidas entre los 21 y los 78 años (edad media de 38 años). La población que participó en el **experimento no adaptado** estaba formada por 5 personas (2 hombres y 3 mujeres), con edades comprendidas entre los 23 y los 58 años (edad media de 34 años). Esta información se resume en el Cuadro 11.2.1.

11.2.2. Resultados de la evaluación de jugabilidad

Como se anticipó, para evaluar la experiencia de juego percibida en ambos escenarios se aplicó parcialmente el método de evaluación de jugabilidad propuesto por Salazar et al. [93], y se utilizó la plataforma **PL/PX**¹ de automatización de la evaluación.

El procesamiento automático del cuestionario de la fase 1 (evaluación de la personalidad lúdica) mostró un vínculo mucho mayor con la tecnología y los juegos entre la población participante en el escenario sin adaptación, considerando que muestra valores más altos de familiaridad, importancia y tiempo de uso (ver Figura 11.2).

Para evaluar la adopción del juego tras la experiencia, deben analizarse los valores de familiaridad, importancia y tiempo de uso estimados en la fase anterior, en relación con lo que las personas indicaron en términos de disfrute, intención de uso y utilidad (véase la adopción del juego en la figura 11.2). En este sentido, se observa que las personas del escenario adaptativo expresaron una mayor aceptación que las del escenario no adaptativo. Además de que esta comparación en términos absolutos indica que el escenario con adaptación supera el escenario sin adaptación, si se presenta en relación al valor de importancia (personalidad lúdica) es posible

¹<https://plpx.johnnysalazar.net/> visitada por última vez el 28/01/2025

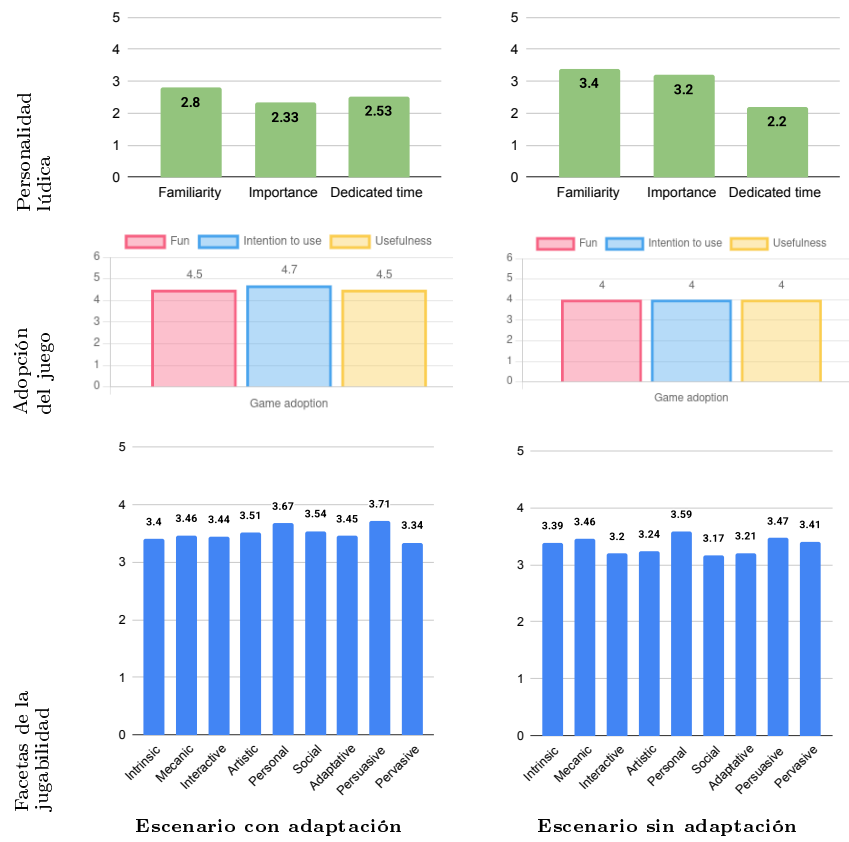


Figura 11.2: Resultados de la jugabilidad

destacar positivamente el impacto de la adaptación, pues se trata de personas que aprecian los juegos electrónicos en menor medida y a pesar de esto han manifestado una mayor intensión de uso.

Adicionalmente, la plataforma de evaluación proporcionó un conjunto de recomendaciones en cada uno de los escenarios. Además, detectó un conjunto de fallos críticos para el escenario no adaptativo, que se enumeran a continuación:

- El juego no ofrece recompensas o premios interesantes por completar objetivos.
- Cuando la experiencia implica a varias personas jugadoras, no se ha podido ajustar y personalizar suficientemente a las características de los participantes.
- Las actividades y elementos de juego no estimulan la interacción y las relaciones con otras personas, o esto no es posible.

Por último, en cuanto a la observación y análisis de los valores de jugabilidad, puede destacarse que los valores medios de nueve facetas indican unos resultados ligeramente mejores en el escenario adaptativo.

11.3. Evaluación del rendimiento de un sistema ludificado

Desde un punto de vista cuantitativo, es necesario poder analizar si la implementación del sistema ludificado generó una mejora del desempeño en las actividades ludificadas. Esto es, que los resultados obtenidos hayan permitido alcanzar o acercarse a los objetivos asociados de la ludificación, como pueden ser aumentar la productividad, cometer menos errores en las lecciones, convocar nuevas personas colaboradoras, etc. Asumiendo que los objetivos de la ludificación pueden ser cuantificados mediante un conjunto de parámetros, entonces es posible evaluar el grado de alcance de la calidad esperada. La selección del indicador de calidad de un objetivo estará ligada a la definición del objetivo de la tarea así como al contexto en el que se está aplicando la ludificación. En algunos dominios estos indicadores emergen fácilmente, como es el caso de un sistema ludificado para concientizar al respecto de la separación de residuos. En

este caso un posible indicador es el volumen de residuos tratados y se debe asegurar que este valor sea mayor luego de la ludificación. En otros esta elección de los indicadores es más subjetiva.

En esta sección se describe una evaluación cuantitativa que permite medir el impacto de la incorporación de la adaptación a un sistema ludificado, en términos de rendimiento y participación comunitaria. Aplicando el enfoque de Objetivos-Preguntas-Métricas (GQM por sus siglas en inglés *Goal, Question and Metric*) de Solingen [96] se deben establecer los objetivos de ludificación a evaluar, buscando que sean específicos, medibles, alcanzables, relevantes y acotados en el tiempo. El acercamiento hacia dichos objetivos se muestra a partir de responder preguntas específicas que se miden mediante indicadores clave o métricas.

En esta evaluación se consideran los objetivos de ludificación presentados en la sección 8.1, y se propone un conjunto de preguntas para cada uno, que es acompañado por una conjunto de métricas adecuadas para aplicar en cada caso.

11.3.1. (Objetivo a) Aumentar la comunidad del proyecto

Teniendo como objetivo aumentar la comunidad que colabora con el proyecto, se puede establecer la siguiente pregunta: *¿En qué medida el proyecto reclutó más personas a partir de la implementación de la adaptación de la ludificación?*

Para responder la pregunta anterior, es posible calcular una medida del *balance en reclutamiento*, como propone Ponciano et al. [69], de la siguiente manera:

$$|\Delta^0| - |\Delta^1| / \min(|\Delta^0|, |\Delta^1|)$$

donde $|\Delta^0|$ es el número de personas colaboradoras con las que se contaba antes de la implementación de la adaptación, y $|\Delta^1|$ es el número de personas nuevas en el proyecto (luego de la implementación).

Además, puede ser útil detectar cambios en las características demográficas de la comunidad en términos de representatividad. Entonces la pregunta sería: *¿La comunidad es más heterogénea a partir de la implementación de la adaptación de la ludificación?*

Para responder esta segunda pregunta, se debe establecer un conjunto de segmentos poblacionales, y los tamaños de dichos segmentos

deben poder compararse antes y después de la implementación. En este aspecto, puede ser necesario considerar si el proyecto tiene una población destino específica.

11.3.2. (Objetivo b) Sostener el compromiso de las personas

La investigación sobre el trabajo voluntario suelen distinguir entre dos tipos diferentes de participación: ayuda y voluntariado[69]. El compartamiento relacionado con ayudar se refiere a participaciones esporádicas en las que una persona se encuentra con un pedido inesperado de hacer algo para ayudar a alguien. Por otro lado, el comportamiento relacionado a ser voluntario, se refiere a la participación planificada en la que las personas activamente buscan oportunidades para ayudar y contribuir al proyecto, invirtiendo tiempo personal considerable. Para medir y evaluar el compromiso de una persona se plantean las siguientes preguntas:

1. *¿En qué medida la persona tuvo una participación activa desde que se implementó la adaptación de la ludificación?*
2. *¿Hay menos caídas en la actividad?*
3. *¿La intensidad de participación crece durante el tiempo de juego?*

La métrica a considerar para la primera pregunta debería dar una idea de la intensidad de la participación y permitir detectar cuando la intensidad decrece o cae. Puede ser respondida con la tasa de participación:

$$|\Delta^A|/|\Delta|$$

donde Δ^A es el conjunto de las personas activas. Una persona está activa si la cantidad de sus contribuciones es mayor a determinado umbral definido por la participación de la comunidad, como por ejemplo: $z = \text{avg}(|\Omega_p|)$

Además, esta información puede granularizarse en períodos más cortos para analizar la evolución de la participación en el tiempo. Si el tiempo de participación se organiza en una secuencia de períodos S y $|\Omega_p^s|$ es la cantidad de contribuciones de la persona p en el período $s \in S$, el conjunto de personas que estuvieron activas durante el período s es $\Delta_s^A = \{p : |\Omega_p^s| > z\}$.

Para responder la segunda pregunta, se debe definir el criterio de detección de una *caída en la actividad*. Es posible hacerlo usando los mencionados períodos, teniendo en cuenta cuando Ω_p^s es menor: $Drops_p = \{s \in S : \Omega_p^s < \Omega_p^{s-1}\}$. Este valor puede ser útil para comparar la cantidad de caídas en la participación por persona promedio entre dos escenarios (ludificación con y sin adaptación)

Otra posibilidad para detectar las caídas en la participación es a partir de la construcción de series temporales que describan el comportamiento espacio temporal de las personas, como se muestra en el capítulo 5. Observando saltos descendentes entre los átomos es posible concluir que hubieron caídas en el compromiso de la persona.

11.3.3. (Objetivo c) Mejorar la calidad de las contribuciones

Teniendo en cuenta la calidad de la contribución de las personas, cabe hacer varias preguntas:

1. *¿Se tienen menos errores?*
2. *¿Cumplen las contribuciones los hitos y objetivos del proyecto?*
3. *¿Hasta qué punto las partes interesadas están satisfechas con la calidad de las contribuciones?*

Para analizar la primera pregunta, se necesita un sistema de revisión (entre pares voluntarios o expertos) que establezca una puntuación para las contribuciones y marque las que tienen errores (si aplica). A partir de esto, puede calcularse una puntuación promedio y la densidad de los errores.

Además, el criterio para contabilizar los errores es mediante la relación entre las retribuciones o premios obtenidas en el juego por parte de las personas y las contribuciones reales a los objetivos del proyecto. Así, se calcula la experiencia del persona: $ex_u = \Omega_p / \Pi_p$.

Para la segunda pregunta, el conjunto de tareas debe organizarse en hitos o, como se admite en nuestro modelo, ordenarse por prioridad. De este modo, su posición en Ω da una idea de la *relevancia* de la tarea y la relevancia media de la tarea permite medir la mejora de la calidad.

Para la última pregunta, las partes interesadas pueden dar una puntuación de satisfacción o se puede considerar un índice de uso si las contribuciones se marcan como aplicables.

11.3.4. (Objetivo d) Completar los requisitos de muestreo del proyecto

Es necesario desarrollar un conjunto de preguntas que permitan evaluar la adecuación a los requisitos de muestreo. Algunas preguntas posibles son

1. *¿Puede detectarse una mejora en la cobertura de las tareas de recolección?*
2. *¿Las tareas se completaron antes?*

En el caso de la primer pregunta, la métrica a considerar es la tasa de cobertura, considerando como universo el total de tareas definidas en Ω , un subconjunto aleatorio de éstas o un subconjunto definido representativo de la diversidad espacial y temporal. Incluso es posible considerar una muestra demográficamente representativa.

En el caso de la segunda pregunta, el momento en que se completan las últimas tareas en Ω se puede utilizar para evaluar si los objetivos se alcanzan antes. Específicamente, si se tiene dos escenarios, con los conjuntos respectivos de *check-ins*: Π_1 y Π_2 , y es posible tener una lista de *check-ins* ordenada temporalmente $sort(\Pi) = [ch_o, \dots, ch_n]$, entonces mediante la marca temporal del último *check-in* $T = time(ch_n)$ es que se puede comparar los dos escenarios en cuanto al tiempo de alcance de los objetivos.

11.3.5. (Objetivo e) Generar cambios conductuales

Los elementos de juego se incluyen en la ludificación con un objetivo específico y, en algunos casos, este objetivo está asociado a la generación de un cambio de comportamiento. Un indicador de cambio de comportamiento podría estar relacionado con las actividades esperadas que los elementos de juego deberían desencadenar. Por ejemplo, después de que se le recomienden tareas específicas, se espera que la persona jugadora interactúe con el juego siguiendo esas tareas, por ejemplo, realizando controles en las áreas o intervalos relacionados con las tareas recomendadas.

Para analizar si existen cambios en el comportamiento, puede aplicarse una noción de distancia entre los elementos del juego presentados (tareas, medallas) y el comportamiento de las personas. *¿Se puede suponer que existe una relación entre la información presentada a la persona y su comportamiento posterior?* Para evaluar

esta pregunta, una métrica como la similitud entre las zonas de las tareas recomendadas y las zonas que la persona jugadora visita justo después de esas recomendaciones:

$$areas(R_0(p)) \sim areas(\Omega_p^{t_1})$$

donde $R_0(p)$ es el conjunto de tareas recomendadas para la persona p en el período t_0 , y $\Omega_p^{t_1}$ es el conjunto de contribuciones de la persona p en el período t_1 .

Análogamente, se calcula esta similitud en cuanto al aspecto temporal se calcula: $intervals(R_0(p)) \sim intervals(\Omega_p^{t_1})$.

11.3.6. (Objetivo f) Adquirir conocimientos científicos

El problema de detectar si las personas adquieren competencias científicas puede considerarse como la evaluación del aprendizaje. Por lo tanto, la pregunta que debe responderse es: *¿conoce mejor la persona las tareas científicas desde la implementación de la ludificación adaptativa?* La métrica de progresión que se debe considerar para responder a esta pregunta es el nivel medio de finalización.

Como se propuso en la sección 7.5, al perfil de la persona p se le incorpora el nivel en el juego, denotado N^p . A partir de esto se propone un indicador del nivel de conocimiento de la comunidad como un promedio entre los niveles alcanzados por todas las personas de la comunidad:

$$avg(\{N^p | \forall p \in \Delta\})$$

11.3.7. (Objetivo g) Pertenecer a una comunidad de conocimiento

Por último, el objetivo personal de pertenecer a una comunidad de conocimiento se evalúa a través de la pregunta *¿la persona se siente parte de la comunidad?* Para medir esto a partir de la interacción con el entorno ludificado, es necesario algún elemento de juego que implique colaboración. Aunque el modelo de juego propuesto no incluye tareas colaborativas, es posible deducir de la actividad (comportamiento espacio-temporal y perfil de juego) la coincidencia con otras personas en cuanto a los lugares e intervalos visitados, para derivar de esto una métrica de comunidad. Esto puede relacionar-

se con el agrupamiento según el comportamiento espacio-temporal como se propone en el capítulo 5.

11.3.8. Evaluación de una estrategia de adaptación de la ludificación

Como se mencionó al comienzo de esta sección 11.3, se propuso un método de evaluación que aplica el enfoque GQM (objetivos, preguntas y métricas) para comparar cuantitativamente el rendimiento de un sistema ludificado con adaptación con respecto a un sistema ludificado sin adaptación. Con esta intención, se consideran los objetivos de ludificación que correspondan a la estrategia elegida para implementarse en el escenario adaptativo.

En el capítulo 8 se presentan las estrategias de adaptación detallando los objetivos de ludificación que se persiguen con cada una. A la hora de diseñar una evaluación de una estrategia, se deben considerar los objetivos correspondientes a dicha estrategia y así establecer las métricas que se necesita calcular. A partir de dichas métricas será posible comparar ambos escenarios (con y sin estrategia de adaptación).

Por ejemplo, la estrategia *Retribución de puntos elástica* se enfoca en generar compromiso de las personas (objetivo B), mejorar la calidad de las contribuciones (objetivo C) y cubrir las necesidades de muestreo del proyecto (objetivo D). Entonces, para evaluar el compromiso de la persona, se debe definir el conjunto de periodos a considerar y segmentar las contribuciones de cada persona. Suponer los periodos s_1, s_2, s_3 , entonces las contribuciones de la persona p se denotan: $\Omega_p^{s_1}, \Omega_p^{s_2}, \Omega_p^{s_3}$. A partir de estos datos es posible calcular el crecimiento de la participación individual, así como la tasa de participación global. Para evaluar la *calidad de las contribuciones*, se calcula y compara la relevancia de las tareas completadas. Dado que la lista de tareas está ordenada por prioridad, la relevancia de una tarea de recolección puede considerarse como su posición en la lista. A continuación, para comparar el rendimiento de ambos escenarios en términos de calidad de las contribuciones, puede calcularse la relevancia media de las contribuciones en cada uno de ellos. Para evaluar la **cobertura de los requisitos de recolección** tal y como se presentó en la Sección 11.3.4, se calculan la tasa de cobertura y el tiempo de finalización de la última tarea, para luego comparar entre

ambos escenarios.

Es importante notar que el conjunto de métricas que se propone no es rígido y puede haber otras alternativas para responder las preguntas que se plantean en torno a los objetivos.

11.4. Resumen del capítulo

En este capítulo se propone una forma de evaluación de sistemas ludificados que considera dos escenarios: (a) Sistema no adaptativo y (b) sistema adaptativo; y tres aspectos: (I) el diseño de la ludificación, (II) la experiencia de juego y (III) la evaluación del rendimiento. Si bien para el eje I se aplican heurísticas consolidadas en el área de ludificación, y para el eje II se aplica una herramienta diseñada para juegos pervasivos con adultos mayores, ambos dispositivos debieron ser adecuados para considerar la adaptatividad en entornos ludificados para proyectos CLCS.

Por otro lado, el eje III de evaluación se trata de una propuesta innovadora específica para el modelo de juego adaptativo diseñado como parte de este trabajo doctoral, y se provee de una herramienta de software (la plataforma *Rayuela*) que permite ejecutar este mecanismo de evaluación.

Finalmente, los resultados de las evaluaciones permiten concluir que:

- El modelo de juego implementado a través de la plataforma, teniendo en cuenta las observaciones en relación a la narrativa, permite diseñar ludificaciones que satisfacen las necesidades psicológicas de las personas.
- El sistema ludificado adaptativo del escenario (b) mejora en relación a su versión no adaptada del escenario (a)
- Se relevó un conjunto de sugerencias de mejora que son posibles de ser incorporadas, algunas a nivel de la plataforma la plataforma *Rayuela* y otras que alcanzan al modelo de juego adaptativo.

Capítulo 12

Conclusiones y trabajo futuro

12.1. Conclusiones

En este trabajo doctoral se buscó identificar y conceptualizar las características de los sistemas ludificados adaptativos para proyectos colaborativos, y en particular se enfocó en un subgrupo de estos que son los Sistemas Colaborativos de Recolección basados en la Ubicación y el Tiempo (CLCS). La adaptación de estos sistemas requiere que se tenga en cuenta el perfil, el comportamiento y preferencias de cada persona, así como los objetivos y prioridades del proyecto.

La revisión del estado del arte reveló un área de vacancia en cuanto a los mecanismos de personalización y adaptación de la ludificación en proyectos colaborativos. Si bien se encontraron iniciativas que exploran técnicas de adaptación, estas se enfocan principalmente en juegos completos o en juegos serios aplicados al proceso de aprendizaje, y estos avances no son automáticamente trasladables a un sistema ludificado para proyectos colaborativos. Los trabajos que se encargan de estudiar específicamente los sistemas ludificados son la minoría y además son resultados muy específicos para un dominio en particular. De este relevamiento de la literatura además emergió una taxonomía de enfoques de adaptación denominada GEAS. Esta taxonomía se presentó entorno a dos ejes: tipo de adaptación (a nivel de mecánica o a nivel de componentes) y alcance de la adaptación (ajuste del elemento o ajuste sistémico).

Se identificó también que no se contaba con investigaciones que aborden la el perfilamiento automático del comportamiento espacio-temporal de las personas, para facilitar la adaptación de la ludifica-

ción. Esto motivó la propuesta de un mecanismo de detección de átomos de comportamiento que sintetize los datos espacio-temporales así como la intensidad y forma de participación, a partir de lo cual se pudieron describir las rutinas de colaboración (considerando las dimensiones: espacial, temporal y de recolección) como series de átomos de comportamiento (UTB). Es decir que a partir de las bitácoras de interacción de las personas con el sistema ludificado emergen los átomos y las series UTB que describen el comportamiento de colaboración espacio-temporal, que luego se consideran como insumo de las estrategias de adaptación.

El mapeo sistémico además permitió concluir que existe una vacancia en cuanto al modelado de las necesidades de recolección del proyecto CLCS, y esto es un paso necesario al momento de pensar nuevas formas de adaptación de la ludificación en ese dominio. Entonces fue menester conceptualizar primero las tareas de recolección basadas en la ubicación y el tiempo para luego modelar los objetivos de recolección del proyecto. Estos requerimientos se describieron en cuanto al universo de tareas así como su priorización, y se utilizaron como base estructural de la propuesta de modelo general de ludificación para CLCS. Es decir que se propuso una ludificación donde se *decoraron* las tareas de recolección como jugadas o acciones ludificadas.

Este trabajo propone un modelo -desacoplado- de ludificación -de tareas de recolección- para proyectos CLCS que se basó en el marco de trabajo PBL, en el que se requiere articular un sistema de retribución en puntos, un sistema de retribución de medallas y una tabla de posiciones que determina las condiciones de victoria del juego (o sistema ludificado). Si bien este modelo de juego podría considerarse minimalista, resulta suficiente para definir sistemas ludificados que satisfacen de alguna manera las necesidades psicológicas de la teoría de la autodeterminación [20] (autonomía, competencia, y relacionamiento). Además, sienta las bases para su escalabilidad en caso de tener la posibilidad de desarrollar una evolución del modelo que atienda las oportunidades de mejora que se detectaron con la evaluación. Se demostró también que este modelo de juego puede extenderse para incluir aquellos elementos que se requieran en los diferentes enfoques de adaptación.

El modelo de juego fue entonces considerado desde la perspectiva de la taxonomía GEAS (de tipos de adaptación) para organizar las

alternativas en cuanto a estrategias de adaptación. Estas alternativas se describieron mediante un lenguaje definido a propósito de las dimensiones de adaptación que soporta el modelo de juego propuesto, y se presentaron compiladas en un *catálogo de estrategias*.

Más allá de las intenciones generales detrás del uso de la ludificación, que se relacionan con agregar recursos motivacionales a los sistemas (en este caso, proyectos colaborativos de recolección), se identificó un conjunto de objetivos específicos de ludificación que permitieron diseñar las estrategias de manera más dirigida. De esta manera, cada una describe el objetivo de ludificación específico que persigue y el problema concreto que la motiva. Además, cada estrategia presenta un conjunto de fuerzas que se detectan en tensión y deben equilibrarse para dar solución a ese problema. En relación al modelo de juego presentado, cada estrategia propone una solución utilizando (o basándose en) algún/os elemento/s de dicho juego, indica qué condición o situación dispara la adaptación y describe el alcance de la adaptación.

Este trabajo también explora más profundamente una de las estrategias de adaptación que implementa un sistema de recomendación multi-criterio de tareas de recolección. Mucho de los elementos de este sistema de recomendación se puede trasladar a otras estrategias de adaptación que se relacionan a la recomendación de elementos de juego.

Finalmente, esta investigación propone un esquema de evaluación con tres componentes: una inspección de expertos, una prueba con personas usuarias finales, y una evaluación de rendimiento. Este esquema requirió el diseño de una aplicación de software que implementara el modelo de juego y también alguna de las estrategias de adaptación. Además, con la intención de comparar un escenario con adaptación y uno sin adaptación, se necesitaba tener la posibilidad de deshabilitar la estrategia de adaptación. Por este motivo se construye *Rayuela* como una plataforma multiproyecto de ludificación desacoplada, que ofrece dos componentes principales: por una panel de administración de los proyectos, y una interfaz *responsive* que presenta la ludificación a las personas colaboradoras.

El desarrollo de la plataforma *Rayuela*, además de dar soporte a una colección de proyectos colaborativos, y de facilitar la evaluación de estrategias de adaptación de la ludificación, permite diseñar sistemas ludificados para proyectos colaborativos de ciencia ciudadana

de manera autoadministrada. La idea inicial del juego, así como los cambios posteriores en cuando a elementos y reglas, puede ser definida por las personas administradoras que no tienen un entrenamiento específico en diseño de juegos. De esta manera, a partir de experimentos con personas reales, se tiene la posibilidad de incorporar cambios en el diseño de manera ágil y económica.

La inspección de personas expertas y la evaluación de la jugabilidad mostró que la propuesta del modelo de juego y la posibilidad de configurar adaptaciones es sólida pero también permitió confeccionar un listado de puntos débiles y oportunidades de mejora. Si bien muchos de estos puntos tienen relación con el modelo de juego de base y no con lo relacionado a la adaptación, permiten establecer una agenda de objetivos como perspectivas de trabajo futuro.

Por último, pero no menos importante, el resultado de las pruebas de jugabilidad confirman la hipótesis planteada en este trabajo, pues el escenario que incluye ludificación adaptativa logró resultados mejores que el escenario sin adaptación.

12.2. Trabajo Futuro

Lo que trabajé y aprendí en este proceso doctoral dió lugar a varias perspectivas de investigación que pueden profundizar lo que se describe en este documento. En los siguientes apartados se detallan ideas para mejorar el modelo de juego, mejorar la plataforma *Rayuela*, ampliar el catálogo de adaptaciones e incorporar perfilamiento de la comunidad.

Evolución del modelo de juego

De la evaluación del diseño ludificado y de la prueba con personas se pueden rescatar aspectos mejorables de la definición central del juego. En primer lugar, considerar el impacto de la incorporación de nuevos elementos de ludificación como pueden ser el mecanismo de *onboarding* (incorporación de nuevas personas) o la economía virtual.

En segundo lugar, considerar una modificación transversal que permita definir tareas en equipo o agregación de tareas, de manera que las tareas tal como se definieron aquí, sean parte de una consigna de equipo. Esto implica que desde el diseño de la ludificación, se

incorpore un mecanismo de armado de los equipos (que puede ser aleatorio o de otras maneras)

En tercer lugar, se identificó la necesidad de estimar (y visibilizar) la dificultad que representa cada tarea para cada persona. Si bien ya se tiene un abordaje preliminar sobre esto en el artículo *A model of adaptive gamification in collaborative location-based collecting systems* [97], donde se estima la dificultad de un desafío en función de sus componentes pero que también tiene en cuenta la comunidad, no se ha incorporado al modelo de juego. Por otro lado, se encontró que pueden haber otras ideas de dificultad, relacionadas a otros aspectos de la ludificación, como por ejemplo el esfuerzo que representa la obtención de una medalla.

Plataforma *Rayuela*

La versión desarrollada de *Rayuela* es incipiente en términos de usabilidad y experiencia de uso. Dado que el modelo de juego se enfoca en los componentes y las mecánicas básicas del esquema PBL, no se discuten aspectos relacionados al diseño visual o la estética que se le presenta a las personas colaboradoras. En términos del marco MDA podría decirse que no se explora el aspecto *Aesthetic*.

Por último, la generación y adecuación de los elementos de la lista de tareas podría ser derivada de una especificación de los requerimientos de cobertura (cantidad de tareas por zona, intervalo, tipo de colaboración) y las prioridades del proyecto.

Nuevas estrategias de adaptación

Aunque el objetivo de este trabajo es presentar un modelo y un método de diseño de ludificaciones para el dominio de los proyectos colaborativos CLCS, y con esto pueden desarrollarse un conjunto teóricamente infinito de estrategias de adaptación, se entiende que una evolución del modelo presenta nuevas posibilidades de adaptación.

Si se incorpora una forma de representación de la dificultad, pueden pensarse estrategias de adaptación como la recomendación de medallas según el esfuerzo que representan y o de tareas según la dificultad y capacidad de la persona. Esta última permitiría plantear objetivos progresivos a cada persona (en relación a lo detectado en la evaluación según las heurísticas de Tondello et al.).

Evaluaciones del rendimiento

La metodología de evaluación de rendimiento presentada en la sección 11.3 requiere una masa crítica de datos con la que no pudo contarse en los experimentos desarrollados con personas colaboradoras. Por lo tanto, un trabajo planteado para un futuro inmediato es el de implementar el proyecto GeoVin de ciencia ciudadana en *Ra-yuela* y considerar una ventana de tiempo lo suficientemente grande para obtener las interacciones que se necesitan para evaluar las métricas de rendimiento.

Bibliografía

- [1] María Dalponte Ayastuy and Diego Torres. Relevance of non-activity representation in traveling user behavior profiling for adaptive gamification. 2021. URL <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/11545>.
- [2] Kai Huotari and Juho Hamari. Defining gamification: a service marketing perspective. In *Proceeding of the 16th international academic MindTrek conference*, pages 17–22, 2012. doi: 10.1145/2393132.2393137. URL https://www.researchgate.net/publication/259841647_Defining_Gamification_-_A_Service_Marketing_Perspective.
- [3] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, and Lennart Nacke. From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, MindTrek '11, pages 9–15. ACM, 2011. ISBN 978-1-4503-0816-8. doi: 10.1145/2181037.2181040. URL <http://doi.acm.org/10.1145/2181037.2181040>. event-place: Tampere, Finland.
- [4] Katrin Vohland, Anne Land-Zandstra, Luigi Ceccaroni, Rob Lemmens, Josep Perelló, Marisa Ponti, Roeland Samson, and Katherin Wagenknecht. *The science of citizen science*. Springer Nature, 2021.
- [5] Helen Spiers. From stars to cells – harnessing the power of the crowd for research. 39(6):40–41, 2017-12. ISSN 0954-982X. doi: 10.1042/BIO03906040. URL <https://doi.org/10.1042/BIO03906040>. _eprint: <https://portlandpress.com/biochemist/article-pdf/39/6/40/851890/bio039060040.pdf>.

- [6] Aelita Skaržauskienė, Rūta Tamošiūnaitė, and Inga Žalėnienė. Defining social technologies: evaluation of social collaboration tools and technologies. 16(3):pp231–240, 2013.
- [7] Joaquin Cocherro. AppEAR: A citizen science mobile app to map the habitat quality of continental waterbodies. 28:467–479, 2018-08.
- [8] Joaquín Cocherro, Lorenzo Pattori, Agustín Balsalobre, Soledad Ceccarelli, and Gerardo Marti. A convolutional neural network to recognize chagas disease vectors using mobile phone images. 68:101587, 2022. Publisher: Elsevier.
- [9] Jill Nugent. iNaturalist, citizen science for 21st-century naturalists. 41(7):12–13, 2018. Publisher: National Science Teachers Association.
- [10] Ping Zhang. Motivational affordances: Fundamental reasons for ICT design and use. 51:145–147, 2008-10. doi: 10.1145/1400214.1400244.
- [11] Juho Hamari, Jonna Koivisto, and Harri Sarsa. Does gamification work? a literature review of empirical studies on gamification. In *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2014-01. doi: 10.1109/HICS.S.2014.377. Journal Abbreviation: Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences.
- [12] Martin Böckle, Jasminko Novak, and Markus Bick. Towards adaptive gamification: A synthesis of current developments. 2017-06. URL https://aisel.aisnet.org/ecis2017_rp/11.
- [13] Carrie Heeter, Brian Magerko, Ben Medler, and Yu-Hao Lee. Impacts of forced serious game play on vulnerable subgroups. 3(3):34–53, 2011-07. ISSN 1942-3888. doi: 10.4018/jgcms.2011070103. URL <https://doi.org/10.4018/jgcms.2011070103>. Place: USA Publisher: IGI Global.
- [14] Marc Busch, Elke Mattheiss, Wolfgang Hochleitner, Christina Hochleitner, Michael Lankes, Peter Fröhlich, Rita Orji, and Manfred Tscheligi. Using player type models for personalized game design - an empirical investigation. 28:145–163, 2016-01.

- [15] María Dalponte Ayastuy, Diego Torres, and Alejandro Fernández. Adaptive gamification in collaborative systems, a systematic mapping study. 39:100333, 2021-02-01. ISSN 1574-0137. doi: 10.1016/j.cosrev.2020.100333. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574013720304330>.
- [16] María Dalponte Ayastuy, Gustavo Adolfo Gómez Agredo, Pablo Augusto Magé Imbachí, Alejandro Fernández, Claudia Milena Hernández Bonilla, María Julieta Lombardelli, María Manuela Silva Zambrano, and Diego Torres. Estrategia ludificada para capacitar a la comunidad en los procesos de monitoreo en un sistema de alerta temprana. In *Rios urbanos na Ibero-America: Propostas teorico-conceituais e metodológicas*, pages 258–295. Universidad de Sao Paulo, 2024. ISBN 978-85-66624-41-0. URL <https://doi.org/10.11606/9788566624410>.
- [17] Christopher Alexander. *A pattern language: towns, buildings, construction*. Oxford university press, 1977.
- [18] Kevin Werbach and Dan Hunter. *For the Win: How Game Thinking can Revolutionize your Business*. Springer Nature, 2012-01.
- [19] Xiangying Jiang, Joseph Rollinson, Luke Plonsky, Erin Gustafson, and Bozena Pajak. Evaluating the reading and listening outcomes of beginning-level duolingo courses. 54 (4):974–1002, 2021. doi: <https://doi.org/10.1111/flan.12600>. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/flan.12600>. _eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/flan.12600>.
- [20] Edward L. Deci, Haleh Eghrari, Brian C. Patrick, and Dean R. Leone. Facilitating internalization: The self-determination theory perspective. 62(1):119–142, 1994-03. ISSN 0022-3506, 1467-6494. doi: 10.1111/j.1467-6494.1994.tb00797.x. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-6494.1994.tb00797.x>.
- [21] Gabe Zichermann and Christopher Cunningham. *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. O'Reilly Media, Inc., 2011.

- [22] Seth Cooper. *A framework for scientific discovery through video games*. Morgan & Claypool, 2014.
- [23] Marisa Ponti, Thomas Hillman, Christopher Kullenberg, and Dick Kasperowski. Getting it right or being top rank: Games in citizen science. 3(1):1–1, 2018.
- [24] Mihaly Csikszentmihalyi. *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper & Row, 1990.
- [25] Penelope Sweetser and Peta Wyeth. GameFlow: A model for evaluating player enjoyment in games. 3(3):3, 2005-07. doi: 10.1145/1077246.1077253. URL <https://doi.org/10.1145/1077246.1077253>. Place: New York, NY, USA Publisher: Association for Computing Machinery.
- [26] Jeanne Nakamura, Mihaly Csikszentmihalyi, and others. The concept of flow. 89:105, 2002. Publisher: Springer.
- [27] Nicole Lazzaro. WHY WE PLAY: AFFECT AND THE FUN OF GAMES: Designing emotions for games, entertainment interfaces, and interactive products. In *Human-computer interaction: Designing for diverse users and domains*, volume 155, pages 679–700. CRC Press, 2009-03-02. ISBN 978-1-138-11505-7. URL <https://www.taylorfrancis.com/books/9781420088885>.
- [28] M Jordan Raddick, Georgia Bracey, Pamela L Gay, Chris J Lintott, Carie Cardamone, Phil Murray, Kevin Schawinski, Alexander S Szalay, and Jan Vandenberg. Galaxy zoo: Motivations of citizen scientists. 2013.
- [29] Ramine Tinati, Markus Luczak-Roesch, Elena Simperl, and Wendy Hall. An investigation of player motivations in eyewire, a gamified citizen science project. 73:527–540, 2017. Publisher: Elsevier.
- [30] Roger Caillois. *Man, play, and games*. University of Illinois press, 2001.
- [31] Rajat Paharia. Who coined the term “gamification”?, 2010.

- [32] Alberto Mora, Daniel Riera, Carina Gonzalez, and Joan Arnedo-Moreno. A literature review of gamification design frameworks. In *2015 7th international conference on games and virtual worlds for serious applications (VS-Games)*, pages 1–8. IEEE, 2015.
- [33] Darina Dicheva, Christo Dichev, Gennady Agre, Galia Angelova, and others. Gamification in education: A systematic mapping study. 18(3):75–88, 2015.
- [34] David R Michael and Sandra L Chen. *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005.
- [35] Seth Cooper, Firas Khatib, Adrien Treuille, Janos Barbero, Jeehyung Lee, Michael Beenen, Andrew Leaver-Fay, David Baker, Zoran Popović, and others. Predicting protein structures with a multiplayer online game. 466(7307):756–760, 2010. Publisher: Nature Publishing Group.
- [36] Christian Schlagenhauser and Michael Amberg. A descriptive literature review and classification framework for gamification in information systems. In *ECIS*, 2015. doi: 10.18151/7217466.
- [37] Ole Goethe. *Gamification Mindset*. Springer, 2019-07. ISBN 978-3-030-11077-2. doi: 10.1007/978-3-030-11078-9.
- [38] Robin Hunicke, Marc LeBlanc, and Robert Zubek. MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*, volume 4, page 1722, 2004.
- [39] Bernard Suits. *The grasshopper: games, life and utopia*. Broadview Press, 2014.
- [40] Jailson Brito, Vaninha Vieira, and Adolfo Duran. Towards a framework for gamification design on crowdsourcing systems: The g.a.m.e. approach. In *2015 12th International Conference on Information Technology - New Generations*, pages 445–450, 2015. doi: 10.1109/ITNG.2015.78.
- [41] Christopher Ifeanyi Eke, Azah Anir Norman, Liyana Shuib, and Henry Friday Nweke. A survey of user profiling: State-of-the-

- art, challenges, and solutions. 7:144907–144924, 2019. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2944243.
- [42] Stuart Hallifax, Audrey Serna, Jean-Charles Marty, Guillaume Lavoué, and Elise Lavoué. Factors to consider for tailored gamification. In *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, CHI PLAY '19*, pages 559–572. Association for Computing Machinery, 2019. ISBN 978-1-4503-6688-5. doi: 10.1145/3311350.3347167. URL <https://doi.org/10.1145/3311350.3347167>. event-place: Barcelona, Spain.
- [43] Richard A. Bartle. Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit muds. 1996-06. URL https://www.academia.edu/33374408/Hearts_Clubs_Diamonds_Spades_Players_Who_Suit_Muds.
- [44] Lennart E. Nacke, Chris Bateman, and Regan L. Mandryk. BrainHex: A neurobiological gamer typology survey. 5(1):55–62, 2014. ISSN 1875-9521. doi: <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2013.06.002>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875952113000086>.
- [45] Andrzej Marczewski. *Even Ninja Monkeys Like to Play: Gamification, Game Thinking and Motivational Design*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015. ISBN 978-1-5147-4566-3. URL <https://books.google.com.ar/books?id=RoHpjgEACAAJ>.
- [46] Rick Bonney, Jennifer L Shirk, Tina B Phillips, Andrea Wiggins, Heidi L Ballard, Abraham J Miller-Rushing, and Julia K Parrish. Next steps for citizen science. 343(6178):1436–1437, 2014. Publisher: American Association for the Advancement of Science.
- [47] Rob Lemmens, Gilles Falquet, Chrisa Tsinaraki, Friederike Klan, Sven Schade, Lucy Bastin, Jaume Piera, Vyron Antoniou, Jakub Trojan, Frank Ostermann, and others. A conceptual model for participants and activities in citizen science projects. pages 159–182, 2021. Publisher: Springer Cham.
- [48] Stefan Göbel and Viktor Wendel. Personalization and adaptation. In *Serious Games*, pages 161–210. Springer, 2016.

- [49] Claudia Schrader, Julia Brich, Julian Frommel, Valentin Riemer, and Katja Rogers. Rising to the challenge: An emotion-driven approach toward adaptive serious games. In *Serious Games and Edutainment Applications : Volume II*, pages 3–28. Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-51645-5. doi: 10.1007/978-3-319-51645-5_1. URL https://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5_1.
- [50] Jung Lee and Ok-Choon Park. Adaptive instructional systems. In *Handbook of research on educational communications and technology*, pages 469–484. CiteSeer, 2008.
- [51] Gustavo F. Tondello, Dennis L. Kappen, Marim Ganaba, and Lennart E. Nacke. Gameful design heuristics: A gamification inspection tool. In Masaaki Kurosu, editor, *Human-Computer Interaction. Perspectives on Design*, pages 224–244. Springer International Publishing, 2019. ISBN 978-3-030-22646-6. doi: 10.1007/978-3-030-22646-6_16.
- [52] Katherine Isbister and Noah Schaffer. Chapter 6 - heuristic evaluation of games. In Katherine Isbister and Noah Schaffer, editors, *Game Usability*, pages 79–89. Morgan Kaufmann, 2008. ISBN 978-0-12-374447-0. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374447-0.00006-8>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744470000068>.
- [53] José Luis González Sánchez, Francisco Luis Gutiérrez Vela, Francisco Simarro Montero, and Natalia Padilla-Zea. Playability: analysing user experience in video games. 31(10):1033–1054, 2012-10. ISSN 0144-929X, 1362-3001. doi: 10.1080/0144929X.2012.710648. URL <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0144929X.2012.710648>.
- [54] Andrés Francisco-Aparicio, Francisco Luis Gutiérrez-Vela, José Luis Isla-Montes, and José Luis González Sanchez. Gamification: Analysis and application. In Victor M.R. Penichet, Antonio Peñalver, and José A. Gallud, editors, *New Trends in Interaction, Virtual Reality and Modeling*, pages 113–126. Springer London, 2013. ISBN 978-1-4471-5444-0 978-1-4471-5445-7. doi: 10.1007/978-1-4471-5445-7_9. URL https://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-5445-7_9.

- [55] Kai Petersen, Robert Feldt, Shahid Mujtaba, and Michael Mattsson. Systematic mapping studies in software engineering. 2008-06-01. doi: 10.14236/ewic/EASE2008.8. URL <https://scienceopen.com/document?vid=6d552894-2cc3-4e2b-a483-41fa48a37ef8>.
- [56] Simone de Sousa Borges, Vinicius H. S. Durelli, Helena Macedo Reis, and Seiji Isotani. A systematic mapping on gamification applied to education. In *Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing, SAC '14*, pages 216–222. Association for Computing Machinery, 2014-03. ISBN 978-1-4503-2469-4. doi: 10.1145/2554850.2554956. URL <https://doi.org/10.1145/2554850.2554956>.
- [57] Jenni Majuri, Jonna Koivisto, and Juho Hamari. Gamification of education and learning: A review of empirical literature. In *Proceedings of the 2nd international GamiFIN conference, GamiFIN 2018*, page 9. CEUR-WS, 2018.
- [58] Oscar Pedreira, Félix García, Nieves Brisaboa, and Mario Piatini. Gamification in software engineering – a systematic mapping. 57:157–168, 2015-01. ISSN 09505849. doi: 10.1016/j.infsof.2014.08.007. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950584914001980>.
- [59] Benedikt Morschheuser, Juho Hamari, Jonna Koivisto, and Alexander Maedche. Gamified crowdsourcing: Conceptualization, literature review, and future agenda. 106:26–43, 2017-10. ISSN 1071-5819. doi: 10.1016/j.ijhcs.2017.04.005. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581917300642>.
- [60] HALLIFAX Stuart, Audrey Serna, Jean-Charles Marty, and Elise Lavoué. Adaptive gamification in education: A literature review of current trends and developments. In *European Conference on Technology Enhanced Learning (ECTEL)*, pages 294–307, 2019-09. URL <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02185634>.
- [61] Ana Carolina Tomé Klock, Lucas Felipe Da Cunha, Mayco Farias de Carvalho, Brayan Eduardo Rosa, Andressa Jaqueline

- Anton, and Isabela Gasparini. Gamification in e-learning systems: A conceptual model to engage students and its application in an adaptive e-learning system. In *International Conference on Learning and Collaboration Technologies*, pages 595–607. Springer, 2015.
- [62] Michael D Kickmeier-Rust. *An Alien's guide to multi-adaptive educational computer games*. Informing Science, 2012.
- [63] Roel Wieringa, Neil Maiden, Nancy Mead, and Colette Rolland. Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: a proposal and a discussion. 11:102–107, 2006-03. doi: 10.1007/s00766-005-0021-6. URL <https://link.springer.com/article/10.1007/s00766-005-0021-6>.
- [64] Adam M Smith, Chris Lewis, Kenneth Hullett, Gillian Smith, and Anne Sullivan. An inclusive taxonomy of player modeling. *University of California, Santa Cruz, Tech. Rep. UCSC-SOE-11-13*, 2011.
- [65] Hans Van Der Meij, Henny Leemkuil, and Juo-Lan Li. Does individual or collaborative self-debriefing better enhance learning from games? *Computers in human behavior*, 29(6):2471–2479, 2013. doi: 10.1016/j.chb.2013.06.001.
- [66] Antti Knutas, Rob van Roy, Timo Hynninen, Marco Grana-to, Jussi Kasurinen, and Jouni Ikonen. A process for designing algorithm-based personalized gamification. *Multimed Tools Appl*, 78(10):13593–13612, May 2019. ISSN 1573-7721. doi: 10.1007/s11042-018-6913-5. URL <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6913-5>.
- [67] Thomas Tregel, Stefan Göbel, and Ralf Steinmetz. Role-based Multiplayer Content Online Adaptation in Large-scale Scenarios. In *European Conference on Games Based Learning*, pages 720–XXVI. Academic Conferences International Limited, 2018.
- [68] David Robinson and Victoria Bellotti. A preliminary taxonomy of gamification elements for varying anticipated commitment. In *Proceedings CHI 2013 Workshop on Designing Gamification: Creating Gameful and Playful Experiences. ACM. Recuperado de https://goo.gl/hElEnm*, 2013.

- [69] Lesandro Ponciano and Thiago Emmanuel Pereira. Characterising volunteers' task execution patterns across projects on multi-project citizen science platforms. In *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–11, 2019. doi: 10.1145/3357155.3358441. URL https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3357155.3358441?casa_token=WpzMJrR1jsoAAAAA:nSMLmwbBesOg2b2GmHoe1zdx3fi7RgHnZICbnC5juj0aTB0_W1GQN-AIbH-11ZndVENBQzprbKUP-g.
- [70] Sofia Schöbel, Matthias Söllner, and Jan Marco Leimeister. The agony of choice—analyzing user preferences regarding gamification elements in learning management systems. 2016.
- [71] Jonna Koivisto and Juho Hamari. Demographic differences in perceived benefits from gamification. 35:179–188, 2014. Publisher: Elsevier.
- [72] Karl M. Kapp. *The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook: Ideas into Practice*. Pfeiffer & Company, 1st edition, 2013. ISBN 1-118-67443-X.
- [73] Gustavo F Tondello, Rina R Wehbe, Lisa Diamond, Marc Busch, Andrzej Marczewski, and Lennart E Nacke. The gamification user types hexad scale. In *Proceedings of the 2016 annual symposium on computer-human interaction in play*, pages 229–243, 2016.
- [74] Rob van Roy and Bieke Zaman. Why gamification fails in education and how to make it successful: Introducing nine gamification heuristics based on self-determination theory. pages 485 – 509. 2017-03. ISBN 978-3-319-51643-1. doi: 10.1007/978-3-319-51643-1_22.
- [75] María Dalponte Ayastuy and Diego Torres. Adaptive gamification in collaborative location collecting systems: a case of traveling behavior detection. 22(1):e05, 2022-04. doi: 10.24215/16666038.22.e05. URL <https://journal.info.unlp.edu.ar/JCST/article/view/1943>.
- [76] François Petitjean, Alain Ketterlin, and Pierre Gançarski. A global averaging method for dynamic time warping, with applications to clustering. 44(3):678–693, 2011. ISSN 0031-3203.

- doi: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2010.09.013>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003132031000453X>.
- [77] Haneen Arafat Abu Alfeilat, Ahmad B.A. Hassanat, Omar Lassameh, Ahmad S. Tarawneh, Mahmoud Bashir Alhasanat, Hamzeh S. Eyal Salman, and V.B. Surya Prasath. Effects of distance measure choice on k-nearest neighbor classifier performance: A review. 7(4):221–248, 2019. doi: 10.1089/big.2018.0175. URL <https://doi.org/10.1089/big.2018.0175>. _eprint: <https://doi.org/10.1089/big.2018.0175>.
 - [78] Sanat Bista, Surya Nepal, Nathalie Colineau, and Cecile Paris. Using gamification in an online community. In *Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing*. IEEE, 2012. ISBN 978-1-936968-36-7. doi: 10.4108/icst.collaboratecom.2012.250526. URL <http://eudl.eu/doi/10.4108/icst.collaboratecom.2012.250526>.
 - [79] Staffan Björk, Sus Lundgren, and Jussi Holopainen. Game design patterns. 2003-01. URL https://www.researchgate.net/publication/221217599_Game_Design_Patterns.
 - [80] María Dalponte Ayastuy, Alejandro Fernández, and Diego Torres. Fits like a game: a multi-criteria adaptive gamification for collaborative location-based collecting systems. In *Artificial Intelligence in HCI*. Springer International Publishing, 2023.
 - [81] Gustavo F Tondello, Rita Orji, and Lennart E Nacke. Recommender systems for personalized gamification. In *Adjunct publication of the 25th conference on user modeling, adaptation and personalization*, pages 425–430, 2017.
 - [82] Zhao Zhao, Ali Arya, Rita Orji, and Gerry Chan. Effects of a personalized fitness recommender system using gamification and continuous player modeling: System design and long-term validation study. 8(4):e19968, 2020-11-17. ISSN 2291-9279. doi: 10.2196/19968. URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33200994>.
 - [83] Gediminas Adomavicius, Nikos Manouselis, and YoungOk Kwon. Multi-criteria recommender systems. In Francesco Ric-

- ci, Lior Rokach, Bracha Shapira, and Paul B. Kantor, editors, *Recommender Systems Handbook*, pages 769–803. Springer US, 2011. ISBN 978-0-387-85819-7 978-0-387-85820-3. doi: 10.1007/978-0-387-85820-3_24. URL http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-85820-3_24.
- [84] Francesco Ricci, Lior Rokach, and Bracha Shapira. Recommender systems: introduction and challenges. pages 1–34, 2015. Publisher: Springer.
- [85] Yehuda Koren, Steffen Rendle, and Robert Bell. Advances in collaborative filtering. pages 91–142, 2021. Publisher: Springer.
- [86] Dietmar Jannach, Markus Zanker, Alexander Felfernig, and Gerhard Friedrich. *Recommender systems: an introduction*. Cambridge University Press, 2010.
- [87] Arnaud Martin, Pascale Zarate, and Guy Camillieri. A multi-criteria recommender system based on users’ profile management. In Constantin Zopounidis and Michael Doumpos, editors, *Multiple Criteria Decision Making: Applications in Management and Engineering*, pages 83–98. Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-39292-9. doi: 10.1007/978-3-319-39292-9_5. URL https://doi.org/10.1007/978-3-319-39292-9_5.
- [88] Bruno Lattanzio, María Dalponte Ayastuy, and Diego Torres. Generador de líneas de costa: Herramienta para generar tesselados topográficos en torno a polígonos y líneas. 22(3):94–106, 2023-08. URL <https://publicaciones.sadio.org.ar/index.php/EJS/article/view/629>.
- [89] Jakob Nielsen. Ten usability heuristics. 2005. Publisher: <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>(accessed
- [90] Richard M. Ryan and Edward L. Deci. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. 55(1):68–78, 2000. ISSN 1935-990X, 0003-066X. doi: 10.1037/0003-066X.55.1.68. URL <https://doi.apa.org/doi/10.1037/0003-066X.55.1.68>.

- [91] T Malone. Toward a theory of intrinsically motivating instruction. 5(4):333–369, 1981-12. ISSN 03640213. doi: 10.1016/S0364-0213(81)80017-1. URL [http://doi.wiley.com/10.1016/S0364-0213\(81\)80017-1](http://doi.wiley.com/10.1016/S0364-0213(81)80017-1).
- [92] Yu-Kai Chou. *Actionable Gamification: beyond points, badges and leaderboards*. Packt Publishing Ltd.
- [93] Johnny Alexander Salazar-Cardona, Bryjeth Ceballos-Cardona, Patricia Paderewski-Rodriguez, Francisco Gutiérrez-Vela, and Jeferson Arango-López. Player experience evaluation in game-based systems for older adults. 24(18), 2024. ISSN 1424-8220. doi: 10.3390/s24186121. URL <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/18/6121>.
- [94] Lex Van Velsen, Thea Van Der Geest, Rob Klaassen, and Michael Steehouder. User-centered evaluation of adaptive and adaptable systems: a literature review. 23(3):261–281, 2008. Publisher: Cambridge University Press.
- [95] Maximilian Altmeyer, Pascal Lessel, Marc Schubhan, and Antonio Krüger. Towards predicting hexad user types from smartphone data. In *Extended Abstracts of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts*, pages 315–322, 2019.
- [96] R van Solingen and E. W. Berghout. *The goal/question/metric method: a practical guide for quality improvement of software development*. McGraw-Hill, 1999. ISBN 0-07-709553-7.
- [97] María Dalponte Ayastuy, Diego Torres, and Alejandro Fernández. A model of adaptive gamification in collaborative location-based collecting systems. In *Artificial Intelligence in HCI*. Springer International Publishing, 2022-06. ISBN 978-3-030-77772-2.

Apéndice A

Compilado de estrategias y evaluación cuantitativa

En este apéndice se elabora un resumen de algunos componentes centrales del enfoque de este trabajo doctoral. En primer lugar, se resumen las estrategias de adaptación presentadas en el Capítulo 8. En segundo lugar se sintetiza la metodología de evaluación cuantitativa del desempeño de la adaptación de la ludificación.

A.1. Estrategias de adaptación de la ludificación

En el Cuadro A.1 se resume el nombre e intención de cada estrategia descrita en el capítulo 8.

A.2. Evaluación cuantitativa

La propuesta metodológica para la evaluación cuantitativa de las estrategias de adaptación se resume en el cuadro A.2. Nótese que las métricas que allí se mencionan, en la columna de la derecha, son aquellas que se definen en el modelo de juego del Capítulo 7, en particular en el adaptado 7.5.

Id	Nombre	Intención
CAS 1	Lista de tareas aumentada	Se agregan nuevas tareas de recolección a la lista Ω a partir de la detección de una caída en la participación, que podría ser individual o global.
CAS 2	Medallas centradas en la persona	Crear nuevas medallas a medida de la persona, para mantener su interés, considerando las preferencias estimadas de la persona.
CAS 3	Adecuación del aspecto de las medallas	Considerar la opinión (implícita o explícita) de la persona para modificar las medallas en cuanto a apariencia, nombre o descripción.
CAS 4	Desvanecimiento de medallas	Eliminar del conjunto de medallas Γ aquellas que resultan poco interesantes/atrativas.
CAS 5	Recomendación de tareas	Recomendar tareas de recolección alineadas con las preferencias de la persona y los objetivos del proyecto.
CAS 6	Medallas cercanas	Recomendar medallas próximas a otorgarse como mecanismo de asistencia para progresar en el juego.
MAS 1	Retribución de puntos elástica	Usar un sistema de retribución por puntos adaptado a la persona para balancear la participación de la comunidad.
MAS 2	Aumentar o mitigar esfuerzo	Adaptar la adquisición de medallas ajustando las reglas de otorgamiento a cada persona.
MAS 3	Rebanar tabla de posiciones	Mostrar una tabla de posiciones de tal manera que siempre incluya a la persona.
MAS 4	Envejecimiento de la tabla de posiciones	Considerar la participación activa como otro criterio para ordenar la tabla de posiciones.

Tabla A.1: Resumen de los patrones del catálogo

Objetivo	Pregunta/s	Métrica/s
(a) Aumentar la comunidad del proyecto	¿En qué medida el proyecto reclutó mas personas a partir de la implementación de la adaptación de la ludificación?	Balance en reclutamiento [69]: $ \Delta^0 - \Delta^1 /\min(\Delta^0 , \Delta^1)$ donde $ \Delta^0 $ es la cantidad de personas que el proyecto tenía previamente, y $ \Delta^1 $ es la cantidad de nuevas personas .
	¿La comunidad es más heterogénea?	Diferencia en el tamaño de los segmentos poblacionales de interés.
(b) Sustener el compromiso de las personas	¿En qué medida la persona tuvo una participación activa desde que se implementó la adaptación de la ludificación?	Tasa de participación: $ \Delta^A / \Delta $ donde $\Delta^A = \{u : \Omega_p < z\}, z = \text{avg}(\Omega_p)$
	¿Hay menos caídas en la participación?	Caídas promedio: $\text{avg}(\text{drops}_p)$ donde $\text{drops}_p = \{i \in P : \Omega_p^{i-1} > \Omega_p^i \}$
	¿La intensidad de participación crece?	Compromiso promedio: $\text{avg}(c_p)$ donde $c_p = \{s \in S : \Omega_p^s \geq \Omega_p^{s-1} \}$
	¿Se tienen menos errores?	Maestría promedio: $\text{avg}(M_p)$ (ver definición de maestría M_p en 7.5.3)
(c) Mejorar la calidad de las contribuciones	¿Las contribuciones cumplen con los hitos y objetivos?	Relevancia promedio (posición en la lista Ω) de tareas completadas: $\text{avg}(d_i \in Z : d_j = \text{pos}(c, \Omega), c \in \Omega_p)$
(d) Completar los requisitos de muestreo del proyecto	¿Puede detectarse una mejora en la cobertura de las tareas de recolección?	Tasa de cobertura (tareas resueltas/tareas totales): $(\Omega^0 - \Omega)/\Omega$ donde $\Omega^0 = \cup_u \Omega_p$
	¿Las tareas se completaron antes?	Marca temporal del último <i>check-in</i> : $T = \text{time}(ch_n)$ donde ch_n es el último <i>check-in</i> , y $\Omega = \emptyset$.
(e) Cambios conductuales	¿Se puede suponer que existe una relación entre la información presentada a la persona y su comportamiento posterior?	Distancia entre los elementos recomendados/presentados y el comportamiento de la persona $\text{areas}(R_i(p)) \sim \text{areas}(\Omega_p^{i+1})$ $\text{intervals}(R_i(p)) \sim \text{intervals}(\Omega_p^{i+1})$ donde $R_i(p)$ es la recomendación para la persona p en el período s_i , y Ω_p^{i+1} es el conjunto de contribuciones que hizo p en el período s_{i+1}
(f) Adquirir conocimientos científicos	¿Se conocen mejor las tareas científicas?	Completación promedio del juego: $\text{avg}(\{N^p \forall p \in \Delta\})$
(g) Pertenecer a una comunidad de conocimiento	¿la persona se siente parte de la comunidad?	Calidad del resultado del agrupamiento (por ejemplo, matriz de Jaccard)

Tabla A.2: Resumen de la evaluación del rendimiento