

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA

MAESTRÍA EN INFORMÁTICA

Metodología aplicada al desarrollo de
software de realidad aumentada
centrada en el usuario

Tesis de Maestría

Autora: Silvana Lorena Padovano

Directora: Dra. Alicia Mon

Co-directora: M Sc. María Virginia Inza

12/08/2023

Resumen

La Realidad Aumentada (RA) constituye el conjunto de tecnologías que enriquecen la percepción de la realidad del usuario. Sus interfaces, entendiendo a las mismas como los espacios de interacción, incorporan objetos virtuales al contexto real del usuario, enriqueciendo así su experiencia y percepción de la realidad física. Este trabajo presenta una propuesta metodológica para el desarrollo de software con Realidad Aumentada centrada en el usuario. Para ello, se consideran conceptos tales como Human Computer Interaction, Diseño de Interacción, Diseño Centrado en el Usuario, Usabilidad y Experiencia de Usuario. Asimismo, se presenta una aplicación mobile desarrollada utilizando la metodología propuesta como un caso real de uso y destinada a mejorar la experiencia de aprendizaje en el sendero de atracción de mariposas del Jardín Botánico Arturo E. Ragonese de INTA Castelar. Esto se plantea a partir de la observación de especies de mariposas nativas de la provincia de Buenos Aires y el suministro de información de estas a través de la aplicación mobile, la cual se ha implementado, ha sido registrada como “Alas App” y se encuentra actualmente en uso.

PALABRAS CLAVES

Realidad Aumentada, Interfaz de usuario, Diseño Centrado en el Usuario

Abstract

Augmented Reality (AR) constitutes the set of technologies that enrich the user's perception of reality. Its interfaces, understanding them as spaces for interaction, incorporate virtual objects into the user's real context, thus enriching their experience and perception of physical reality. This work presents a methodological proposal for the development of software with Augmented Reality, focused on the user. For this, concepts such as Human Computer Interaction, Interaction Design, User-Centered Design, Usability and User Experience are considered. Likewise, a mobile application developed using the proposed methodology is presented as a real use case and intended to improve the learning experience in the butterfly attraction path of the Arturo E. Ragonese Botanical Garden of INTA Castelar. This arises from the observation of native butterfly species in the province of Buenos Aires and the provision of information about them through the mobile application, which has been implemented, has been registered as "Alas App" and is currently in use.

KEYWORDS

Augmented reality, User interface, User-centered design

Agradecimientos

*A todos los seres, amigos, colegas, hermano, padre, que me acompañaron con
paciencia y afecto durante este proceso.*

*A mis directoras, que pusieron sus conocimientos, tiempo y experiencia para
guiarme y alentarme.*

*A mi mamá, por transmitirme valores estéticos, y a Stani, por enseñarme el valor de
la naturaleza.*

Índice

CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO 2 - ESTADO DEL ARTE	15
2.1. REALIDAD AUMENTADA	15
2.1.1. <i>En qué consiste</i>	15
2.1.2. <i>Elementos y componentes</i>	17
2.1.3. <i>Técnicas para mostrar RA según grado de vinculación con el usuario</i>	18
2.1.4. <i>Tipos de RA Según el componente físico o real</i>	19
<i>Nivel 1: patrón artificial en blanco y negro, escala de grises o color</i>	20
<i>Nivel 2: Imagen</i>	21
<i>Nivel 3: entidad 3D</i>	21
<i>Nivel 4: Coordenadas de Posicionamiento Global</i>	21
2.1.5. <i>Tipos de RA Según el componente virtual</i>	22
<i>Imagen</i>	23
<i>3D</i>	23
<i>Video</i>	24
<i>Audio</i>	25
<i>Multimedia</i>	25
2.1.6. <i>Tipos de RA Según su funcionalidad</i>	25
2.1.7. <i>La Realidad Aumentada aplicada a Educación</i>	27
2.2. INTERACCIÓN	29
2.2.1. <i>Disciplinas y modelos conceptuales de diseño e interacción</i>	29
2.2.2. <i>Interfaz de usuario</i>	37
2.2.3. <i>Evolución de las interfaces, tipos y principios</i>	39
2.3. MODELO METODOLÓGICO PARA ANÁLISIS DE PROBLEMAS.....	43
2.3.1. <i>Concepción triádica del signo</i>	44
2.3.2. <i>Tricotomías y clases de signos</i>	45
2.3.3. <i>Nonágono semiótico</i>	47
CAPÍTULO 3 - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	50
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	50
3.2. HIPÓTESIS DE TRABAJO	51
3.3. OBJETIVOS.....	52
3.4. LÍMITES.....	52
CAPÍTULO 4 - SOLUCIÓN PROPUESTA	53
4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN	53
4.2. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	54
4.2.1. ANÁLISIS DEL SIGNO RA.....	54
<i>Correlatos</i>	55
<i>Tricotomías</i>	58
<i>Usuarios</i>	60
<i>Contexto de uso</i>	62
<i>Relación con el contexto</i>	65
4.2.2. ANÁLISIS DE LOS SIGNOS COMPONENTES VIRTUALES Y REALES.....	66
<i>Nonágono de componentes virtuales</i>	66
<i>Nonágono de componentes reales</i>	70

4.3.	DESCRIPCIÓN DEL DOMINIO DEL PROBLEMA.....	72
4.3.1.	MARIPOSAS NATIVAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.....	73
4.3.2.	SENDERO DE ATRACCIÓN DE MARIPOSAS DEL JBAER – INTA CASTELAR	75
4.3.3.	BACHES DE OBSERVACIÓN	81
CAPÍTULO 5 - VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN		85
5.1.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	85
5.1.1.	NONÁGONO SEMIÓTICO DEL CONTEXTO DE USO SIN RA	86
5.1.2.	NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO USUARIO.....	87
5.1.3.	NONÁGONO DEL SIGNO COMPONENTES VIRTUALES	89
5.1.1.	NONÁGONO DEL SIGNO COMPONENTES REALES	91
5.1.4.	NONÁGONO SEMIÓTICO DEL CONTEXTO DE USO CON RA.....	93
5.1.5.	NONÁGONO SEMIÓTICO DE LA APLICACIÓN DE RA.....	94
CAPÍTULO 6 - - CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES		99
6.1.	CONCLUSIONES.....	99
6.2.	FUTURAS INVESTIGACIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA		102
ANEXOS		106
ANEXO 1: REPRESENTACIONES PARA EL NONÁGONO SEMIÓTICO DEL CONTEXTO DE USO SIN RA		106
ANEXO 2: DETALLE DE VEGETACIÓN Y MARIPOSAS DEL SENDERO.....		108
ANEXO 3: CONSUMOS DE LOS USUARIOS		109
<i>redes sociales preferidas por los adolescentes</i>		<i>109</i>
<i>usabilidad para usuarios adolescentes.....</i>		<i>110</i>
<i>Los consumos adolescentes</i>		<i>111</i>
ANEXO 4: ALGUNOS PROTOTIPOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE ALAS APP.....		112
<i>Presentación de Power Point</i>		<i>112</i>
<i>etapas de desarrollo de la aplicación</i>		<i>114</i>
<i>Diseño de pantallas.....</i>		<i>114</i>
ANEXO 5: MARCA ALAS APP		117
ANEXO 6: MODELADO DE MARIPOSAS		118
<i>Modelado 3D del cuerpo de las mariposas adultas.....</i>		<i>118</i>
<i>Proceso de modelado de alas</i>		<i>118</i>
ANEXO 7: INFORMACIÓN DE SOPORTE DE LA APLICACIÓN		120
ANEXO 8: IMÁGENES MARCADOR Y SOPORTES		121
ANEXO 9: MODELOS 3D ANIMADOS DE MARIPOSAS DE ALAS APP		122
ANEXO 10: MARCADORES DE ALAS APP.....		123
ANEXO 11: INTERFAZ DE ALAS APP		124

Índice de Figuras

FIGURA 1 CONTINUO DE REALIDAD VIRTUAL ESBOZADO POR MILGRAM Y KISHI EN 1994 (AÚN VIGENTE). ADAPTADO DE SHNEIDERMAN ET AL. (2018, P. 258).	16
FIGURA 2 ALAS APP. PH: ALICIA ROSENTHAL.	19
FIGURA 3 COMPONENTES REALES DE RA. ADAPTADO DE FIGURA 2.1. COMPONENTES DE LA RA: REAL, VIRTUAL Y PROGRAMACIÓN. ADAPTADO DE BARROSO OSUNA ET AL. (2017, P. 8).	20
FIGURA 4 ALGUNAS DE LAS MARCAS EMPLEADAS EN DIFERENTES SISTEMAS DE TRACKING. EN GONZÁLEZ MORCILLO ET AL. (2012, P. 11).	20
FIGURA 5 COMPONENTES VIRTUALES DE RA. ADAPTADO DE FIGURA 2.1. COMPONENTES DE LA RA: REAL, VIRTUAL Y PROGRAMACIÓN ADAPTADO DE BARROSO OSUNA ET AL. (2017, P. 8).	23
FIGURA 6 INTERRELACIONES ENTRE LOS DISTINTOS TÓPICOS QUE INVOLUCRA LA HCI. EN DÍAZ, HARARI Y AMADEO (2013, P. 11).	31
FIGURA 7 ETAPAS DEL CICLO DE INTERACCIÓN. EN ACEITUNO (2018, P. 11).	32
FIGURA 8 INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO (GUI), MEDIO DE INTERACCIÓN.	37
FIGURA 9 MODELO DE SEEHEIM, VERSIÓN MODIFICADA POR MARK GREEN. ADAPTADO DE DÍAZ, HARARI, Y AMADEO (2013, PÁG. 20).	38
FIGURA 10 MODELO GRAMATICAL DEL LENGUAJE INTERACTIVO. ADAPTADO DE ACEITUNO (2018, PÁG. 14).	40
FIGURA 11 ESQUEMA GRÁFICO DE LA DEFINICIÓN DEL SIGNO PEIRCEANO DE CP 2.228, QUE PERMITE VISUALIZAR LOS TRES ASPECTOS DEL SIGNO Y SU RELACIÓN CON LAS TRES CATEGORÍAS. EN ITÁLICA LA NOMENCLATURA DE PEIRCE Y EN NEGRITA MAYÚSCULA LA NOMENCLATURA DE MAGARIÑOS DE MORENTÍN. ADAPTADO DE GUERRI ET AL. (2016, PÁG. 7)	45
FIGURA 12 LAS CLASES DE SIGNOS O 9 SIGNOS DE CHARLES PEIRCE. EN MAGARIÑOS DE MORENTÍN (2008, P. 88).	46
FIGURA 13 ESQUEMA EJEMPLIFICATIVO DE LOS 9 SIGNOS DE CHARLES PEIRCE. EN MAGARIÑOS DE MORENTÍN (2008, P. 98)...	47
FIGURA 14 DIAGRAMA DEL NONÁGONO SEMIÓTICO CON LOS NUEVE ASPECTOS DEL SIGNO. EN ITÁLICA, LA TERMINOLOGÍA ORIGINAL DE PEIRCE, Y, EN MAYÚSCULAS, LA TERMINOLOGÍA PROPUESTA POR MAGARIÑOS DE MORENTIN. EN GUERRI (2015).	48
FIGURA 15 RELACIONES POSIBLES DEL SIGNO QUE PERMITE VISUALIZAR LA ESTRUCTURA RELACIONAL EN TANTO OPERACIÓN COGNITIVA SINCRÓNICA: LAS RELACIONES INTERNAS, EL LUGAR DE SALIDA Y CONEXIÓN CON EL EXTERIOR Y LA PUERTA DE ENTRADA (GUERRI, 2003).	49
FIGURA 16 COMPONENTES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA. RA: REALIDAD AUMENTADA, DCU: DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO.	53
FIGURA 17 DEFINICIÓN DEL SIGNO RA	54
FIGURA 18 RELACIONES INTERNAS Y EXTERNAS DEL SIGNO. ADAPTADO DE GUERRI (2015, PÁG. 17).	65
FIGURA 19 CARTEL CON LA SECTORIZACIÓN DEL JBAER UBICADO EN LAS PROXIMIDADES DEL CENTRO DE VISITANTES. PH SILVANA PADOVANO	76
FIGURA 20 ILUSTRACIÓN DEL SENDERO CON SUS SECTORES Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS HOSPEDERAS Y CON FLOR, REALIZADA POR LIC. CARMEN CASANOVA PARA EL FOLLETO EDUCATIVO DEL SENDERO DE ATRACCIÓN DE MARIPOSAS EN EL JBAER.	77
FIGURA 21 ALUMNOS DE 5TO AÑO, ESCUELA EMM N°7, BARRIO SATÉLITE, MORENO, EL 22/04/2015 EN EL CENTRO DE VISITANTES DEL JBAER. PH: SILVANA PADOVANO.	79
FIGURA 22 ALUMNOS DE 5TO AÑO, ESCUELA EMM N°7, BARRIO SATÉLITE, MORENO, EL 22/04/2015 EN EL SENDERO DE ATRACCIÓN DE MARIPOSAS NATIVAS DE BUENOS AIRES DEL JBAER. PH: SILVANA PADOVANO.	80
FIGURA 23 ALUMNOS DE 5TO AÑO, ESCUELA EMM N°7, BARRIO SATÉLITE, MORENO, EL 22/04/2015 EN EL SENDERO DE ATRACCIÓN DE MARIPOSAS NATIVAS DE BUENOS AIRES DEL JBAER. PH: SILVANA PADOVANO.	80
FIGURA 24 IMAGEN PUBLICADA EN PISSETTA ET AL. (2015).	106
FIGURA 25 GEORREFERENCIACIÓN DE ESPECIES VEGETALES DEL SENDERO DEL JBAER SEGÚN SU RELACIÓN CON LAS MARIPOSAS O SU CICLO DE VIDA. A LA IZQUIERDA: PLANTAS NUTRICIAS O CON FLOR (NARANJA) Y PLANTAS CON FLOR Y HOSPEDERAS (AMARILLO). A LA DERECHA: PLANTAS PERENNES (VERDE) Y PLANTAS ANUALES (NARANJA OSCURO).	107

FIGURA 26 GEORREFERENCIACIÓN DE ESPECIES VEGETALES DEL SENDERO DEL JBAER SEGÚN SU FLORACIÓN. A LA IZQUIERDA: PLANTAS CON FLORACIÓN TODO EL AÑO (AZUL) Y PLANTAS CON FLORACIÓN EN PRIMAVERA (ROSA). A LA DERECHA: PLANTAS CON FLORACIÓN TODO EL AÑO (AZUL) Y PLANTAS CON FLORACIÓN VERANO-OTOÑO (LILA).	107
FIGURA 27 PLANILLA UTILIZADA PARA TAREAS DE AVISTAJE Y MONITOREO DE MARIPOSAS DURANTE EL VOLUNTARIADO.	108
FIGURA 28 RANKING DE LAS REDES SOCIALES PREFERIDAS POR LOS ADOLESCENTES A 2016 SEGÚN POPER JAFFRAY.	109
FIGURA 29 GASTOS DE JÓVENES CUBIERTOS POR ELLOS MISMOS O SUS FAMILIAS, ELABORADO POR MARÍA ELENA IZCO MONTOYA	111
FIGURA 30 CAPTURA DE PANTALLA DE LAS DIAPOSITIVAS DE LA PRESENTACIÓN SOBRE EL BOCETO DE ALAS APP	112
FIGURA 31 TRÍPTICO DEL SENDERO DEL JBAER INTA CASTELAR. CARA EXTERNA. HTTPS://INTA.GOB.AR/DOCUMENTOS/FOLLETO-SENDERO-DE-ATRACCION-DE-MARIPOSAS-JARDIN-BOTANICO-INTA-CASTELAR	113
FIGURA 32 TRÍPTICO DEL SENDERO DEL JBAER INTA CASTELAR. CARA INTERNA. HTTPS://INTA.GOB.AR/DOCUMENTOS/FOLLETO-SENDERO-DE-ATRACCION-DE-MARIPOSAS-JARDIN-BOTANICO-INTA-CASTELAR	113
FIGURA 33 ESQUEMA CON LAS ETAPAS DE DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	114
FIGURA 34 WIREFRAME DE LAS PRINCIPALES SECCIONES DE LA APLICACIÓN.....	114
FIGURA 35 WIREFRAME DE LA APLICACIÓN EN PANTALLA VERTICAL	115
FIGURA 36 WIREFRAME DE LA SECCIÓN PLANTAS HOSPEDERAS.	116
FIGURA 37 WIREFRAME DE LA APLICACIÓN CON ROTACIÓN DE PANTALLA (HORIZONTAL)	116
FIGURA 38 BOCETOS PRELIMINARES DE ISOTIPO DE LA MARCA.....	117
FIGURA 39 PRUEBAS DE COLOR DEL ISOLOGOTIPO.....	117
FIGURA 40 ISOLOGOTIPO FINAL.....	117
FIGURA 41 ESQUEMA Y MODELO 3D DEL CUERPO DE UNA MARIPOSA.	118
FIGURA 42 SECUENCIA DEL PROCESO DE MODELADO DE ALAS DE UNA MARIPOSA.	118
FIGURA 43 CARA EXTERNA (IZQUIERDA) E INTERNA (DERECHA) DE LAS ALAS DE <i>AGRAULIS VANILLAE</i>	119
FIGURA 44 MODELO 3D ANIMADO DE LA MARIPOSA ESPEJITOS (<i>AGRAULIS VANILLAE</i>)	119
FIGURA 45 ESQUEMA ILUSTRADO POR JUAN DE SOUZA (INTA), DE LA METAMORFOSIS O CICLO DE VIDA DE LAS MARIPOSAS DIURNAS	120
FIGURA 46 ESQUEMA DE TAXONOMÍA.....	120
FIGURA 47 IMAGEN PLANA CARGADA EN VUFORIA PARA SER UTILIZADA COMO MARCADOR	121
FIGURA 48 DETALLE CONSTRUCTIVO DE LOS CARTELES CON LAS IMÁGENES MARCADOR.	121
FIGURA 49 PANTALLAS DE LA INTERFAZ DE ALAS APP	124
FIGURA 50 PANTALLA DE LA SECCIÓN DE RA DE ALAS APP.....	125

Índice de Tablas

TABLA 1 CONCEPTOS VINCULADOS AL ESTUDIO Y DISEÑO DE INTERFACES DE USUARIO E INTERACCIÓN USUARIO-PRODUCTO.....	30
TABLA 2 GRILLA DE MODELO PROPUESTO.	51
TABLA 3 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO RA	55
TABLA 4 LOS TRES CORRELATOS DE LA RA.	57
TABLA 5 LAS TRICOTOMÍAS DE LA RA.	59
TABLA 6 CORRELATOS DEL SIGNO USUARIO	60
TABLA 7 TRICOTOMÍAS DEL SIGNO USUARIO	61
TABLA 8 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO USUARIO	61
TABLA 9 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO CONTEXTO DE USO SIN RA	63
TABLA 10 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO CONTEXTO DE USO CON RA.....	64
TABLA 11 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO COMPONENTES VIRTUALES DE LA RA	67
TABLA 12 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO COMPONENTES REALES DE LA RA.....	70
TABLA 13 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO SENDERO JBAER SIN RA	86
TABLA 14 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO USUARIO DE LA APLICACIÓN DE RA.	88
TABLA 15 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO COMPONENTES VIRTUALES DE LA APLICACIÓN DE RA	90
TABLA 16 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO COMPONENTES REALES DE LA APLICACIÓN DE RA.....	92
TABLA 17 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO SENDERO JBAER CON RA	94
TABLA 18 NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO ALAS APP.....	95
TABLA 19 IMÁGENES DE LAS 14 ESPECIES DE MARIPOSAS MODELADAS PARA ALAS APP	122
TABLA 20 IMÁGENES DE LOS 14 MARCADORES DE ALAS APP.....	123

Capítulo 1 - Introducción

La Realidad Aumentada (RA) constituye el conjunto de tecnologías que enriquecen la percepción de la realidad del usuario (Fundación Telefónica, 2011). Sus interfaces, entendiendo a las mismas como los espacios de interacción (Scolari, 2018), incorporan objetos virtuales al contexto real del usuario, enriqueciendo así su experiencia y percepción de la realidad física (Kipper y Rampolla, 2013). Esto involucra métodos de interacción, ubicación de objetos virtuales en el mundo real y su visualización o reproducción a través de dispositivos (Abásolo Guerrero et al., 2011; Agudelo Toro, 2005; González Morcillo et al., 2012; Kipper y Rampolla, 2013), lo cual vuelve a la RA muy diversa e implica varias decisiones. El corazón de una aplicación de RA está dado por sus componentes virtuales o contenido, el cual debe ser significativo para el usuario, porque a través de este se combinan el mundo real con el virtual y ocurre la interacción. Para esto se puede trabajar conforme a la teoría del diseño centrado en el usuario, la cual considera las necesidades, los deseos o intereses, y las limitaciones del usuario final real a través de su participación en el diseño, desarrollo y evaluación mediante un proceso iterativo (Norman y Draper, 1986; Sastoque, Narváez y Garnica, 2016; Shneiderman et al., 2018). Esta teoría guarda relación con disciplinas y modelos conceptuales tales como Human Computer Interaction, Diseño de Interacción, Usabilidad y Experiencia de Usuario.

La Hipótesis planteada en la presente tesis de maestría propone que “es posible aplicar una metodología de carácter lógico-semiótico para el desarrollo de software de Realidad Aumentada centrado en el usuario”. Con esta hipótesis de investigación, el trabajo presenta una propuesta metodológica de carácter lógico-semiótica que se basa en el ícono diagramático denominado nonágono semiótico (Guerra et al., 2016), la cual permite un abordaje sistemático para el desarrollo de software de RA centrado en el usuario. El nonágono semiótico consiste en un modelo operativo con capacidad descriptiva y analítica propias, que se presenta como una grilla vacía con forma de cuadro de doble entrada y permite exponer el sistema de relaciones de un signo (objeto, disciplina, teoría o concepto), y posibilita avanzar de manera lógica en la comprensión de aquello que se investiga. La grilla actúa, por un lado, en un sentido taxonómico, a partir de la descripción fenomenológica del objeto analizado y de las relaciones interdependientes. Por otro lado, actúa en un sentido

semiótico, dado el abordaje holístico de la complejidad del objeto de estudio (Guerra et al., 2016). El modelo del nonágono semiótico retoma la *Teoría de los Signos* de Charles Peirce, en la que se sistematiza la semiótica como disciplina científica y método empírico de investigación. Está centrada en el estudio de cómo son entendidos, interpretados y utilizados los signos, dado que para Peirce los signos se encuentran presentes en todas partes de la vida cotidiana, siendo fundamentales para el pensamiento y la comunicación (Magariños de Morentín, 2008).

Asimismo, se presenta como caso real de validación de la metodología propuesta el desarrollo de un software de aplicación móvil (mobile) con objetos virtuales que se entremezclan en un espacio real a partir de la tecnología de Realidad Aumentada (RA). La misma está destinada a mejorar la experiencia de aprendizaje en el sendero de atracción de mariposas del Jardín Botánico Arturo E. Ragonese (JBAER), del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Castelar.

Este sendero, creado en el año 2013, constituye un proyecto cuya finalidad es la vinculación directa de los visitantes con distintas temáticas ambientales como las mariposas como indicadores de pérdida de hábitat, su rol como polinizadores y su estrecha relación con sus plantas hospederas, orientados a recrear el concepto de biodiversidad y su importancia en los ecosistemas (Pidal et al., 2018). Los jardines botánicos reciben millones de visitantes al año por lo que constituyen espacios de alto valor para la transmisión de conocimientos sobre el medio ambiente y su valoración (Pisetta et al., 2015).

Un jardín que atrae mariposas es un aula al aire libre para que las nuevas generaciones crezcan conociendo y valorando los ambientes naturales comprometiéndose así con su recuperación y conservación. Existen muchos ejemplos de la estrecha relación entre especies del reino animal con especies del reino vegetal para su supervivencia. Sin embargo, la relación entre las mariposas diurnas y sus plantas hospederas es una de las más tangibles en los ambientes urbanizados. La alta dependencia de las mariposas con ciertas especies vegetales para el desarrollo completo de su ciclo de vida las convierte en importantes indicadores de la pérdida de hábitats naturales en ambientes modificados, como los que rodean a las grandes ciudades (Pidal et al., 2018).

Con el fin de enriquecer la experiencia de los visitantes (mayoritariamente grupos escolares) del sendero de atracción de mariposas del JBAER del INTA Castelar y complementar la información que estos reciben por transmisión oral y por la propia observación del *contexto real del usuario*.¹, se propone desarrollar un software de aplicación con objetos virtuales que se entremezclan en el espacio real del sendero, a partir de tecnología de Realidad Aumentada (RA).

Los objetos virtuales de la aplicación desarrollada en esta tesis permiten la observación de distintas especies de mariposas diurnas de la provincia de Buenos Aires, así como los diferentes estados de su ciclo de vida (huevo, oruga, pupa y adulto), independientemente de las variables ambientales que condicionan su presencia, siendo la oferta florística del sendero (plantas hospederas² y plantas con flor³) y la temperatura ambiental las más significativas (Tubio, 2017). Cada especie de mariposa se relaciona con una especie de planta hospedera o a lo sumo un grupo de especies taxonómicamente cercanas (en cuyas hojas coloca los huevos y luego se alimenta la oruga) (Klotz, 1960) y con determinadas plantas con flor (alimento para adultos) (Gilbert y Singer, 1975). A su vez, la temperatura ambiental incide en su metabolismo y, por ende, en su crecimiento y desarrollo. En este sentido, los insectos, y por lo tanto las mariposas, son organismos poiquilotermos, es decir que su temperatura corporal varía y frecuentemente es igual a la temperatura de su ambiente inmediato (Mareggiani y Pelicano, 2010). En las estaciones de otoño o invierno, las bajas temperaturas no son propicias para la presencia de mariposas en estado adulto, mientras que los estados juveniles de huevos, larvas o pupas suelen ser, en general, más difíciles de observar, dependiendo de la especie y sus características y comportamiento como tamaño, color (mimetismo), hábito de alimentación de las orugas (solitario o gregario), etc. (Tubio, 2017). Es por ello que la aplicación puede constituir una herramienta educativa de alto valor, al completar o complementar la enseñanza oral (teórica) y la experiencia de observación a campo (experimental) durante los “baches” de observación en el sendero por condiciones ambientales, de oferta florística y/o dificultad de visualización, etc. A través de

¹ Esto se realiza en el marco de las Becas del Bicentenario a la Creación 2016 del Fondo Nacional de las Artes (FNA).

² Plantas hospederas (PH): número limitado de especies de plantas (árboles o arbustos, herbáceas y enredaderas), generalmente nativas, de las que sólo pueden alimentarse las orugas (Tubio, 2017; Inza y Pidal, 2020).

³ Plantas con flor (PF): también denominadas “alimento de adultos”, corresponden a las plantas cuyas flores son libadas por las mariposas en estado adulto para alimentarse del néctar de estas (Tubio, 2017; Inza y Pidal, 2020).

la aplicación con tecnología de RA, se pueden observar representaciones 3D animadas de especies de mariposas de la provincia de Buenos Aires en estado adulto, facilitar la observación de los estados de huevos, larvas o pupas, e incorporar información acerca de su ciclo de vida, hábitat y plantas hospederas relacionadas.

A partir de estos elementos de la hipótesis, la presente tesis se propone alcanzar los siguientes objetivos:

Objetivo general

Aplicar el método lógico-semiótico de manera sistemática para el desarrollo de software de Realidad Aumentada centrado en el usuario.

Objetivos específicos

- Identificar los ejes de la metodología lógico-semiótica
- Analizar la aplicación operativa y práctica de los distintos aspectos a considerar en el desarrollo software con RA centrado en el usuario.
- Visibilizar el sistema de relaciones entre las técnicas de RA, las características de los usuarios y entorno de uso para seleccionar las técnicas más adecuadas.
- Adecuar la metodología para el desarrollo de software de RA
- Validar el modelo.

La propuesta de metodología de desarrollo planteada en este trabajo está dirigida a aplicaciones mobile educativas de RA y se enfoca en el contenido de RA y la interfaz de usuario. Además, se orienta a equipos pequeños de desarrollo con plazos y presupuestos acotados.

El presente documento de tesis se estructura de la siguiente manera:

En el Capítulo 2 Estado del arte, se discuten los elementos teóricos sobre la tecnología de RA, clasificación y su uso en educación. También se presentan disciplinas y modelos conceptuales vinculados al estudio de interacción usuario-producto y el diseño de interfaces de usuario: Human Computer Interaction, Diseño de Interacción, Diseño Centrado en el Usuario, Usabilidad y Experiencia de Usuario. Luego, se exhibe la *Teoría de los Signos* de Charles Peirce y el modelo metodológico descriptivo y analítico denominado nonágono semiótico.

En el Capítulo 3 Planteamiento del problema, se describe el problema de estudio y su justificación. Además, se define la hipótesis a validar y los objetivos y límites del trabajo.

En el Capítulo 4 Solución propuesta, se describe de manera general y desarrolla la metodología formulada a partir del modelo de nonágono semiótico. El desarrollo comprende el análisis de la tecnología de RA como signo semiótico y el planteo y descripción del correspondiente nonágono y su relación con el contexto. También se analizan otros signos que se desprenden del signo RA, como ser los usuarios, el contexto de uso y los componentes virtuales y reales de la RA. Lugo, se describe el dominio del problema de la aplicación mobile de RA elegida como caso de validación, que comprende una presentación acerca de las mariposas nativas de la provincia de Buenos Aires y el sendero de atracción de estas en el JBAER – INTA Castelar.

En el Capítulo 5 Validación de la solución, se presenta la aplicación de la metodología propuesta a un caso real desarrollo de un software de RA: la aplicación mobile Alas App. Esto comprende el planteo y descripción de los nonágonos semióticos correspondientes a los signos identificados en la solución. Al final del documento, luego de las fuentes bibliográficas, se encuentran los anexos referidos en este capítulo.

En el Capítulo 6 Conclusiones y futuras investigaciones, se exponen las proposiciones a la hipótesis y objetivos planteados y plantean futuros temas a investigar.

Capítulo 2 - Estado del arte

La RA constituye el conjunto de tecnologías que enriquecen la percepción de la realidad del usuario. Sus interfaces, entendidas como los espacios de interacción, incorporan objetos virtuales al contexto real del usuario, enriqueciendo así la experiencia de este y su percepción de la realidad física.

Dado que este trabajo presenta una propuesta metodológica centrada en el usuario para el desarrollo de un software con RA, a continuación, se profundiza acerca de dicha tecnología y su uso en educación. También se presentan los conceptos vinculados al estudio de las interfaces de usuario e interacción usuario-producto: Human Computer Interaction, Diseño de Interacción, Diseño Centrado en el Usuario, Usabilidad y Experiencia de Usuario. Hacia el final, se exhibe la *Teoría de los Signos* de Charles Peirce y el modelo metodológico descriptivo y analítico denominado nonágono semiótico.

2.1. REALIDAD AUMENTADA

2.1.1. EN QUÉ CONSISTE

La RA constituye el conjunto de tecnologías que enriquecen la percepción de la realidad del usuario (Fundación Telefónica, 2011). Los seres humanos perciben el mundo real o realidad física a través de los sentidos (vista, oído, olfato, tacto y gusto), pero a partir de la RA es posible complementar esa realidad al superponer información en tiempo real (Fundación Telefónica, 2011; Kipper y Rampolla, 2013; Shneiderman et al, 2018). Esto ocurre porque a través de la RA se agrega información sintética a la realidad del usuario, quien permanece en el mundo real, pero con agregados u objetos virtuales, a diferencia de la Realidad Virtual, donde pasaría a estar en un mundo o realidad virtual (Abásolo Guerrero et al., 2011; Kipper y Rampolla, 2013; Barroso Osuna et al., 2017). Podría entenderse a la RA como un intermedio o mezcla entre lo real y lo virtual o sintético (Kipper y Rampolla, 2013) (Figura 1).



Figura 1 Continuo de Realidad Virtual esbozado por Milgram y Kishi en 1994 (aún vigente). Adaptado de Shneiderman et al. (2018, p. 258).

La información aumentada consiste en “objetos sintéticos que pueden ser visuales como texto u objetos 3D (wireframe o fotorrealistas), auditivos, sensibles al tacto y/o al olfato” (Mangiarua et al., 2014). Esta información y objetos virtuales se superponen o fusionan con el entorno real del usuario potenciando su percepción (Kipper y Rampolla, 2013). Generalmente se encuentran en la red, pero también pueden ser parte de la aplicación. Según Azuma (1997) todo sistema de RA debe contar con las siguientes tres características:

- Combinar lo real y lo virtual.
- Ser interactivo en tiempo real.
- Estar registrado en tres dimensiones, es decir, la información aumentada u objetos virtuales están localizados o registrados en el mundo real (Agudelo Toro, 2005; Abásolo Guerrero et al., 2011; González Morcillo et al., 2012; Kipper y Rampolla, 2013).

Otros autores también consideran como característica la *oferta de una diversidad de capas de información digital o virtual*, es decir, la combinación de diversos elementos digitales, como texto, gráficos, objetos 3D, video, audio, páginas web, multimedia, etc. Y agregan, desde una perspectiva conceptual, no técnica, que dicha información debería *enriquecer o alterar la información de la realidad física en la que se integra* (Barroso Osuna et al., 2017). Además, la RA utilizada en educación complementa la enseñanza oral (teórica) que transcurre en el aula. Según Agudelo Toro (2005) las aplicaciones de RA poseen tres subsistemas principales, en cuanto a su funcionamiento:

- *Métodos de interacción* (entrada), es decir, métodos referidos a la manipulación o modificación de objetos virtuales (para *tracking*, entrada de comandos y datos).

- *Ubicación de objetos virtuales en el mundo real* (registro), de manera tal que los objetos virtuales, previamente registrados en el mundo real, se sitúen conforme a la posición y orientación del usuario.
- *Visualización* (salida), mediante dispositivos (Agudelo Toro, 2005), como gafas de video *see-through* y gafas de óptica *see-through* (dejan ver “a través de” ellas), proyector, monitor y dispositivos móviles o *Hand-Held* (“sostenidos con la mano”) (Abásolo Guerrero et al., 2011; Barroso Osuna et al., 2017).

Estas partes o subsistemas no sólo incluyen los dispositivos de salida visuales, sino también auditivos y táctiles o hápticos (Abásolo Guerrero et al., 2011). Una forma de comprender la diversidad de aplicaciones de RA es a partir de sus elementos básicos o componentes.

2.1.2. ELEMENTOS Y COMPONENTES

La RA constituye una combinación de varias tecnologías que trabajan de manera conjunta para proporcionar información digital en la percepción visual, comprende una colección de experiencias asistidas por tecnología (Kipper y Rampolla, 2013).

En toda aplicación de realidad aumentada los dos primeros pasos que deben ocurrir son: que la aplicación determine el estado actual del mundo real y virtual, y luego mostrar este último como parte del primero. Para esto establece como necesarios tres componentes principales: un sensor, que determina el estado del mundo físico, un procesador, que evalúa los datos captados, y una pantalla, en la que se combinan ambos mundos (Craig, 2013). Para otros autores, la experiencia de RA requiere de cuatro elementos básicos:

- *Un elemento que capture las imágenes de la realidad que están viendo los usuarios* (una webcam, la cámara de los dispositivos móviles).
- *El elemento sobre el que proyectar la mezcla de las imágenes reales con las imágenes sintetizadas* (la pantalla del monitor, de un dispositivo móvil o de una consola de videojuegos).
- *Un elemento de procesamiento* (computadoras, dispositivos móviles o consolas).

- Un *elemento activador de realidad aumentada* (elementos de localización como los GPS, brújulas y acelerómetros, etiquetas o marcadores del tipo RFID⁴ o códigos bidimensionales o equivalentes) (Fundación Telefónica, 2011).

Tanto los elementos de captura de imágenes como los elementos activadores entrarían en la categoría de sensores, según la clasificación anterior (Craig, 2013). Otros autores también incluyen como elemento hardware “una infraestructura de red”, y 3 elementos “software: una aplicación o programa que se ejecuta localmente, servicios web y un servidor de contenido” (Kipper y Rampolla, 2013, p. 5). Otra clasificación consiste en tres componentes: físico o real, digital o virtual, y la programación. Esta última es la que determina la interacción entre dichos componentes y la de estos con el usuario. Dada la diversidad de componentes y sus combinaciones existen distintos tipos de RA (Barroso Osuna et al., 2017).

2.1.3. TÉCNICAS PARA MOSTRAR RA SEGÚN GRADO DE VINCULACIÓN CON EL USUARIO

Existe una amplia diversidad de tecnología a partir de la cual estimular algunos de los sentidos de los usuarios, para proporcionarle información aumentada. Las tres técnicas principales existentes para mostrar la realidad aumentada, de acuerdo con el grado de vinculación o de contacto con el usuario (Craig, 2013), son:

- *Display⁵ de mano* (como los dispositivos móviles), con un programa informático instalado incorpora información gráfica a partir de técnicas de superposición sobre el video, como es el caso de Alas app (Figura 2).
- *Display en la cabeza* (como las gafas de realidad aumentada), deja ver el mundo físico y social en el que se encuentra el usuario y los objetos virtuales sobre la vista actual. Un sensor sigue el movimiento de las gafas y permite que un programa añada información virtual al mundo físico. Se utilizan en diversas aplicaciones y campos,

⁴ *Radio Frequency Identification* (Identificación de Radiofrecuencia).

⁵ El concepto de *display* se traduce como *pantalla* y consiste en el componente que soporta las señales a ser percibidas por los sentidos del usuario. Pantalla puede significar todo un dispositivo, el cual muestra las señales al usuario, pudiendo ser visuales (como un monitor), de audio (como los auriculares) o altavoces, olfativas, gustativas y hápticas (Craig, 2013, pp. 52 y 53).

desde simulación de vuelo hasta ingeniería y diseño, educación y capacitación. Posibilitan una experiencia RA más natural y con un campo de visión mayor.

- *Display espacial* (la realidad aumentada espacial – SAR), muestra la información gráfica sobre los objetos físicos mediante proyectores digitales, hologramas u otras tecnologías, evitando que el usuario deba llevar la pantalla, y por ello admite el trabajo colaborativo. La superposición virtual en pantalla ocurre al sostener un marcador de RA frente a una cámara web. Al integrar el entorno circundante pueden ser vistas por numerosas personas, lo que las hace apropiadas para universidades o museos. También puede ser útil en el diseño de paneles de control o para crear prototipos funcionales de herramienta interactivas, en la pintura digital o la aerografía (Kipper y Rampolla, 2013).



Figura 2 Alas app. PH: Alicia Rosenthal.

2.1.4. TIPOS DE RA SEGÚN EL COMPONENTE FÍSICO O REAL

La tecnología de RA constituye un fenómeno que es posible dada la combinación de distintos componentes. De acuerdo con el componente físico o real utilizado, es decir un elemento que activa la información digital o aumentada, también denominado marcador, activador o trackable, la RA puede presentarse como cuatro niveles distintos (Figura 3):

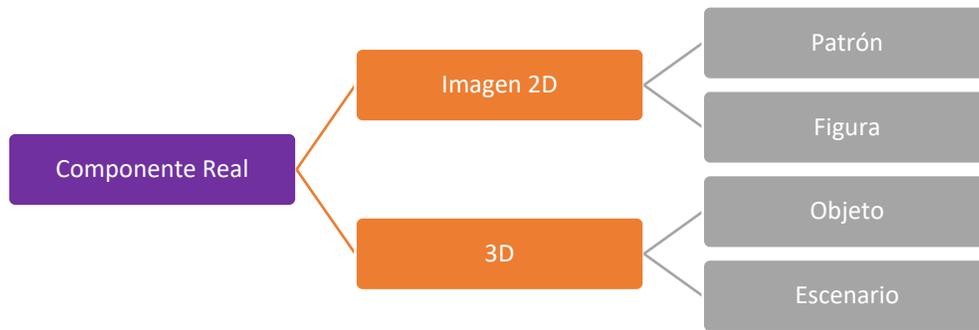


Figura 3 Componentes reales de RA. Adaptado de Figura 2.1. Componentes de la RA: Real, Virtual y Programación. Adaptado de Barroso Osuna et al. (2017, p. 8).

NIVEL 1: PATRÓN ARTIFICIAL EN BLANCO Y NEGRO, ESCALA DE GRISES O COLOR.

Consiste en una tecnología de seguimiento basada en visión, concretamente en el reconocimiento de imágenes reales (Fundación Telefónica, 2011). Las imágenes reales son empleadas como referencia geométrica para anclar la entidad virtual, ya que constituyen un patrón visual estructurado que por su alto contraste puede ser detectado con facilidad, como puede apreciarse en la Figura 4. El tipo de marcas puede variar, de acuerdo con el sistema de tracking que se utilice y, si bien estos responden a la escala de grises, los marcadores en color pueden funcionar (Barroso Osuna et al., 2017). A diferencia de los códigos QR⁶ (Quick Response Barcode), el patrón no posee datos codificados. El tracking de marcadores es robusto y eficiente en términos computacionales, pero al ser una presencia visible interfieren en la escena real (Abásolo Guerrero et al., 2011).



Figura 4 Algunas de las marcas empleadas en diferentes sistemas de tracking. En González Morcillo et al. (2012, p. 11).

⁶ Los códigos QR constituyen un módulo o sistema para almacenar información en una matriz de puntos o un código de barras bidimensional. Creados por la empresa japonesa Denso-Wave en 1994, son de carácter abierto y de uso muy extendido en diversos sectores, muy especialmente en el mobile. (Fundación Telefónica, 2011)

NIVEL 2: IMAGEN

Constituye el denominado tracking sin marcas, en el que se aprovechan las características naturales y de fácil detección de imágenes, imágenes extendidas o panorámicas o de un rostro (Barroso Osuna et al., 2017; González Morcillo et al., 2012). Las técnicas de estructuras planas consisten en el aprovechamiento de áreas planas pertenecientes a la propia escena, como podría ser alguna zona en la fachada de un edificio, cartelera u otras superficies. De esta forma no se interfiere en la escena real, pero los requisitos computacionales son elevados (González Morcillo et al., 2012). Otras técnicas posibilitan el uso de imágenes panorámicas, es decir, habitaciones o paisajes, y otras el uso de rostros o caras que, aunque no sean estrictamente imágenes, cuentan con una estructura determinada y es la imagen de dicha estructura la que se utiliza para el reconocimiento (Barroso Osuna et al., 2017).

NIVEL 3: ENTIDAD 3D

Se trata del uso de un objeto o entorno 3D como marcador, para lo cual el archivo de *tracking* debe incluir los puntos determinantes de su geometría 3D (Barroso Osuna et al., 2017). Existen técnicas de *tracking* basadas en modelos que representan algo de la escena, como podría ser un objeto. En este caso se utilizan como entradas las aristas y puntos de interés. Y en escenarios donde no se cuenta previamente con estructuras planas o modelos se aplican, generalmente, restricciones epipolares de las cámaras en movimiento. (González Morcillo et al., 2012)

NIVEL 4: COORDENADAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Para el tracking se utilizan dispositivos físicos de geolocalización, integrados a los teléfonos móviles (Abásolo Guerrero et al., 2011). Uno de los dispositivos es el GPS (Global Positioning System), que brinda las coordenadas geográficas (latitud y longitud) con las que se determina una posición en el globo, que pueden ser asociadas a diversa información (Barroso Osuna et al., 2017) a partir de consultas en un SIG (Sistema de Información Geográfica). Este dispositivo se combina con la brújula digital, la cual da la orientación en un sistema global. En el caso de los teléfonos móviles se denomina brújula de estado sólido y es quien brinda los datos de rotación al microprocesador, mientras que el GPS da los datos

de traslación. También pueden emplearse sensores inerciales, como los acelerómetros y giroscopios, para conocer la aceleración y velocidad de rotación, y así, juntos a los demás dispositivos, determinar la posición exacta del teléfono (Abásolo Guerrero et al., 2011).

2.1.5. TIPOS DE RA SEGÚN EL COMPONENTE VIRTUAL

El contenido, o componente virtual, constituye cualquier elemento del mundo virtual (Craig, 2013) u objeto digital que se percibe de manera combinada con el mundo real (Barroso Osuna et al., 2017). Es decir, la versión mejorada del mundo real a partir de la RA. El mundo virtual consiste en una idea representada de diversas maneras y en diferentes medios, pero las decisiones de cómo y dónde hacerlo dependen de cuál o cuáles representaciones son más apropiadas para transmitir distinta información conforme a diversos propósitos (Craig, 2013).

Entre los métodos de desarrollo especiales requeridos por los sistemas de RA los más relevantes son los referidos al contenido o componente virtual. Se debe prestar especial atención a la representación del mundo real, además de la manera en que se combinan los elementos de dicho mundo con los del mundo virtual (Agudelo Toro, 2005). Toda experiencia de RA implica una interacción de los usuarios con el contenido proporcionado, y si este no es significativo o atractivo para los usuarios, la RA pasa a ser una mera novedad tecnológica, carente de sentido o valor. A su vez, el contenido debería aprovechar las posibilidades que ofrece el mundo real en el que ocurre la interacción (Craig, 2013).

Existen diversas clasificaciones para los distintos tipos de contenido y formas de representarlo: conforme a cómo son percibidos, de acuerdo con la comprensión o no comprensión del mundo real, si se trata de representaciones realistas o abstractas, para comunicar atributos físicos o emociones, para contar una historia, de métodos únicos o de características únicas (Craig, 2013). Pero el contenido educativo predominante se encuentra entre los siguientes cinco tipos: imagen, 3D, video, audio y multimedia (combinación de varios de los anteriores) (Barroso Osuna et al., 2017). Se trata de los mismos objetos que se crean para otros medios digitales, como sitios web, videojuegos y películas digitales (Craig, 2013), (Figura 5).

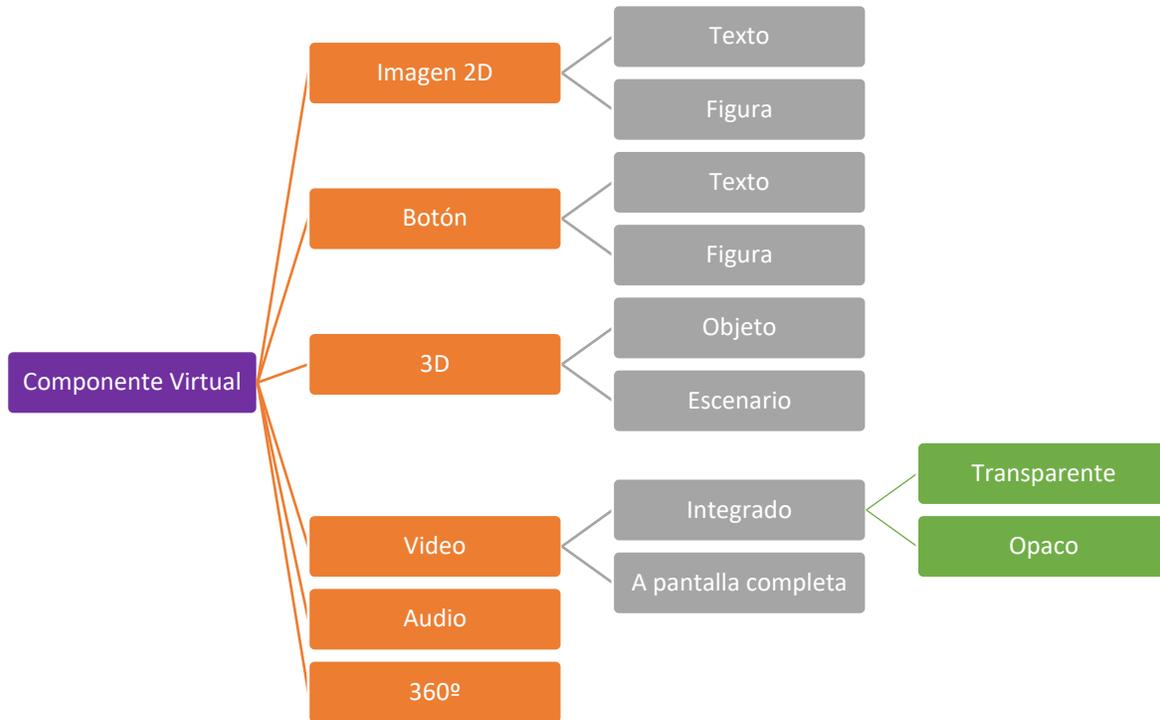


Figura 5 Componentes virtuales de RA. Adaptado de Figura 2.1. Componentes de la RA: Real, Virtual y Programación Adaptado de Barroso Osuna et al. (2017, p. 8).

IMAGEN

Las imágenes bidimensionales (o 2D) pueden utilizarse con diversos propósitos, como texturas, fondos, textos u otros, y pueden ser de dos formatos básicos: vectoriales o de trama (ráster o mapa de bits). Se pueden usar como entidades independientes (fondos, textos, etc.) o asociadas (pegadas) a objetos 3D. Es frecuente el uso de imágenes para crear texturas o looks fotorrealistas en objetos 3D, fijándolas a la superficie de estos, ya que minimizan el tiempo de creación y el tamaño del archivo (Craig, 2013).

3D

El mundo real o físico, al que pertenecen los usuarios, es tridimensional, mientras que el mundo virtual puede ser de múltiples dimensiones, pero se representa en una pantalla bidimensional y es a través de señales de profundidad que tales dimensiones pueden ser comprendidas. La realidad aumentada, además de elementos visuales, puede incluir objetos percibidos con otros sentidos, como el sonido, que también puede existir y ser representado en varias dimensiones (Craig, 2013).

En las aplicaciones de RA educativas es más frecuente el uso de *objetos gráficos* (Barroso Osuna et al., 2017) ya que la dimensión agregada puede facilitar la comprensión y mejorar los resultados de la tarea, en determinados dominios o contextos, como medicina, arquitectura, disciplinas de diseño y visualización o simulación científica. Pero hay casos en los que las representaciones bidimensionales simples resultan más comprensibles y eficientes, como algunos gráficos matemáticos o estructuras de árbol (Shneiderman et al., 2018). Los objetos gráficos son descritos matemáticamente como 3D y renderizados posteriormente, conforme a las elecciones de perspectiva, iluminación, propiedades de los materiales, etc. El método más usado para describir estos objetos es la malla de polígonos dentro de un sistema de coordenadas tridimensional, pero no es el único (Craig, 2013).

Los *objetos tridimensionales* (3D) se pueden crear de cero, a partir de un programa de modelado 3D, por medio de un algoritmo, escaneando un objeto del mundo real, o bien comprando un modelo existente (Craig, 2013). Algunos autores los clasifican en objetos estáticos, como el formato ofj, ya sean naturales (escaneados), artificiales (creadas de cero) o dicom (resultantes de imágenes médicas), u objetos animados, como el formato fbx o md2 (Barroso Osuna et al., 2017).

Los *objetos animados*, es decir que varían en el tiempo de manera independiente al movimiento del usuario, pueden ser de distinta categoría. Algunos movimientos son interactivos, es decir responden a las acciones del usuario; otros sólo son una secuencia de movimiento que se reproduce y detiene o repite indefinidamente; y otros son impulsados por elementos del mundo real o virtual, como las simulaciones de alta gama. Cada una de estas categorías, a su vez, pueden crearse con distintos grados de complejidad, que van desde una textura animada (como colocar una película en la superficie del objeto 3D); el movimiento de un objeto a partir de un trayecto preestablecido; animaciones desencadenadas por las acciones del usuario u objetos creados en tiempo real por medio de un algoritmo (Craig, 2013).

VIDEO

Comprende aquellos objetos resultantes de la grabación de un suceso del mundo real, como también animaciones 2D, por tratarse del mismo tipo de archivo: mp4 o 3g2

(admite canal alpha y, por ende, fondo transparente). En general los archivos en formato mp4 ocupan toda la pantalla, perdiéndose la mixtura de realidad virtual y real, con lo cual dejaría de ser RA, pero pueden facilitar la comprensión del tema presentado cuando complementan materiales de estudio o didácticos en soporte papel (Barroso Osuna et al., 2017).

AUDIO

El audio, al igual que las imágenes, se puede crear y editar desde cero a partir de programas de diseño de sonido, o bien grabar un sonido, crearlo algorítmicamente o comprarlo a un tercero. La principal diferencia con la imagen es que el sonido ocurre en el tiempo, mientras las imágenes existen en el espacio (Craig, 2013). En general, el audio es utilizado para incorporar alguna explicación, la cual se activa cuando se detecta el elemento del mundo real que se desea aumentar (Barroso Osuna et al., 2017). En el ámbito educativo podría estar vinculado a gráficos, imágenes, partituras, maquetas u otros elementos didácticos.

MULTIMEDIA

Consiste en la combinación de objetos virtuales de diferente formato en un mismo escenario para hacerlo más explicativo, tal como ocurre en el ámbito web, los videojuegos o las películas digitales (Craig, 2013). Muy provechoso en disciplinas con mayor carga de contenido visual, como las artes visuales, arquitectura, diseño o salud, o también para temas o materias más conceptuales (Barroso Osuna et al., 2017).

2.1.6. TIPOS DE RA SEGÚN SU FUNCIONALIDAD

Como se dijo precedentemente, la RA constituye una combinación de varias tecnologías y por lo cual, toda experiencia de RA requiere de elementos básicos de hardware – como una computadora, pantalla, cámara, sistemas de seguimiento y detección, una infraestructura de red y marcador/es – y de software – aplicación local, servicios web, servidor de contenido. Tales elementos son requeridos así se trate de sistemas de RA móviles o fijos. La diferencia radica en el grado de libertad de movimiento dada al usuario en los distintos entornos, pero en ambos casos, la experiencia de RA debería ser natural y socialmente aceptable para este (Kipper y Rampolla, 2013). El aspecto funcional de la RA

se refiere a la intencionalidad del recurso y por ello puede clasificarse en cuanto a la percepción aumentada de la realidad o a la creación de un entorno artificial (Kipper y Rampolla, 2013; Barroso Osuna et al., 2017).

Según la RAE, percepción significa aquella “sensación interior que resulta de una impresión material hecha en nuestros sentidos” (Real Academia Española, 2020). La RA, por definición, mejora o completa (aumenta) dicha impresión del entorno por parte del usuario (Kipper y Rampolla, 2013). Por lo tanto, las representaciones del contenido para RA pueden ser variadas, es decir, diseñadas para proporcionar estímulos a los distintos sentidos (vista, oído, olfato, tacto o gusto), mayormente la vista y el oído. (Craig, 2013). Esto puede ser con fines de *entretenimiento* (narrativo o lúdico), o de *información* (Kipper & Rampolla, 2013; Craig, 2013), siendo en este último donde cobra utilidad, ya que puede contribuir a una mejor toma de decisiones y acciones (Kipper y Rampolla, 2013; Barroso Osuna et al., 2017).

La coexistencia de objetos pertenecientes al mundo virtual y al mundo físico en la experiencia de RA admite una mezcla de posibilidades que hace necesario determinar dónde empieza y termina cada mundo o cuáles objetos de cada mundo forman parte del otro (Craig, 2013). Se puede hacer uso de representaciones realistas como abstractas, estas últimas tanto para fines artísticos como para transmitir ideas sin contraparte en el mundo real. O se puede agregar información a los objetos (reales o virtuales), para dar a conocer aspectos ocultos de los mismos. En algunos casos, es necesaria una representación fotorrealista, pero en otros no lo es, e incluso puede ser inapropiada, depende del objetivo de comunicación: brindar información objetiva o atributos físicos, o evocar respuestas emocionales. Se debe tener presente de si se trata de *representaciones físicas*, con contraparte en el mundo real, o bien *representaciones conceptuales*, a la vez de que se está en un medio interactivo, donde el contenido puede cambiar con el tiempo y la posición de usuario, volviendo más complejo su desarrollo ya que deben tenerse en cuenta todas las posibilidades del medio (Craig, 2013).

Cuando la RA muestra al usuario objetos inexistentes en el mundo real y, a la vez, esa visualización o percepción es compartida entre varios usuarios, se estaría frente a un *entorno artificial*, la segunda funcionalidad de la RA (Kipper & Rampolla, 2013). Ese entorno artificial podría tratarse de una realidad futura, como el caso de una habitación o persona real a la que se le incrustan, por ejemplo, objetos de decoración o accesorios

virtuales, o viceversa. Otro caso podría ser el de un entorno que mezcla una realidad pasada con la actual, a partir de elementos virtuales correspondientes a ese pasado junto a un entorno real, o al revés. También podrían plantearse realidades imposibles a partir de imágenes panorámicas, para colocar al usuario en un entorno distinto al que se encuentra (Barroso Osuna et al., 2017; Kipper y Rampolla, 2013).

Las interfaces de manipulación directa, en sus múltiples variaciones y extensiones, se caracterizan por ser rápidas y agradables, razón por la cual atraen a los usuarios. Estas interfaces funcionan en la medida que cumplan los objetivos básicos de las interfaces: ser comprensibles, de rápido aprendizaje, con acciones predecibles y controlables y buena retroalimentación (Shneiderman et al., 2018).

2.1.7. LA REALIDAD AUMENTADA APLICADA A EDUCACIÓN

La RA tiene diversos ámbitos de aplicación, entre ellos el educativo, donde posibilita a los estudiantes tomar el control de su aprendizaje mientras interactúan con el mundo real y virtual, con distintos grados de experiencia de aprendizaje y sin que haya errores reales, a partir de simulaciones o investigación virtual (Kipper y Rampolla, 2013). En el ámbito académico es considerada una herramienta educativa valiosa, dado que puede mejorar la comprensión de la realidad, ya que se trata de un entorno colaborativo que promueve la proyección de los estudiantes. Además, favorece sus habilidades cognitivas, espaciales, de percepción, motoras y temporales, todo lo cual optimiza el aprendizaje y refuerza la motivación (Gergich y Pérez, 2017). Con RA los estudiantes pueden manipular objetos reales y ver los resultados en modelos gráficos (Shneiderman et al., 2018), o bien manipular objetos virtuales, y así aprender tareas y habilidades que de otro modo no sería posible (Kipper y Rampolla, 2013). Como, por ejemplo, manipular moléculas de proteínas para comprender los campos de fuerza de atracción / repulsión entre ellos (Shneiderman et al., 2018), observar dentro de un bloque de motor en funcionamiento o aprender un idioma a partir del método de *vinculación*⁷ (Kipper y Rampolla, 2013).

⁷ Técnica de memoria que permite a las personas asociar nueva información con algo que ya saben (Kipper y Rampolla, 2013).

El material didáctico puede mejorarse a través de la incorporación de RA, como es el caso de los libros en soporte papel o electrónico, en los cuales puede aumentarse contenido específico con gráficos o animaciones en 3D, información de audio o visual y ofrecer una interacción más atractiva con el mismo (Kipper y Rampolla, 2013). Tal es el caso de la aplicación de RA *Magic Book*, desarrollada por el grupo HIT de Nueva Zelanda. Por medio de un visualizador de mano, el alumno puede leer un libro en soporte papel y con la aplicación observar contenidos virtuales sobre las páginas. El *Magic Book* ha sido implementado en la enseñanza de los volcanes y el sistema solar (Basogain et al., 2007). Editorial Santillana presentó por primera vez en Argentina, con la serie Bicentenario 2011, libros de primaria con RA. La serie comprende libros digitales con actividades interactivas con RA como herramienta educativa, desarrollados por la empresa colombiana 3dementes Interactive, para áreas de ciencias, matemáticas, sociales y lenguaje (Cabero y Barroso, 2016).

También se puede combinar el modelo de videojuegos multijugador masivo en línea con la tecnología de RA para posibilitar el aprendizaje colaborativo, a partir de una experiencia de juego inmersiva, social, creativa y de calidad. Tal es el caso de Construct3D⁸, una herramienta de construcción colaborativa tridimensional diseñada para la educación en matemáticas y geometría, en la que los estudiantes ven los objetos tridimensionales en el espacio 3D, en lugar de construirlos mediante métodos 2D tradicionales (Kipper y Rampolla, 2013). En EE. UU., instituciones como Massachusetts Institute of Technology (MIT) y Harvard han desarrollado aplicaciones de RA bajo la forma de juegos, dirigidas a estudiantes de nivel secundario, para enseñar de forma colaborativa matemáticas y ciencias. Por otro lado, en Europa se desarrollaron herramientas basadas en presentaciones 3D interactivas para facilitar el aprendizaje por experimentación de todas las ciencias, como los proyectos CREATE⁹ y ARiSE¹⁰. Asimismo, en educación superior también se desarrollaron aplicaciones para distintas disciplinas académicas, como ingeniería mecánica, matemáticas y geometría (Basogain et al., 2007). Pero antes del diseño final de RA, desde el punto de

⁸ <https://www.ims.tuwien.ac.at/projects/construct3d>

⁹ Proyecto de realidad mixta constructivista para el diseño, la educación y el patrimonio cultural.
<http://www0.cs.ucl.ac.uk/research/vr/Projects/Create/>

¹⁰ El proyecto ARiSE tiene como objetivo integrar una plataforma de enseñanza AR en el entorno cotidiano de profesores y estudiantes, mostrando contenido audiovisual y multimedia de acuerdo con las necesidades identificadas por los expertos en educación e investigadores en las áreas relevantes. Está financiado por la Comisión Europea como parte del programa IST. <https://www.arise-project.org>

vista pedagógico, es de suma importancia establecer correctamente el prediseño que responda al objetivo didáctico a alcanzar, es decir, el tipo de RA a utilizar y su guionización (Gergich y Pérez, 2017).

2.2.INTERACCIÓN

2.2.1. DISCIPLINAS Y MODELOS CONCEPTUALES DE DISEÑO E INTERACCIÓN

El diseño de las interfaces de usuario ha evolucionado junto a los productos o dispositivos (hardware) que las soportan. Esta evolución ha involucrado e involucra varias disciplinas y modelos conceptuales, como aquellos relacionados con los sistemas informáticos interactivos dirigidos a humanos (o Human Computer Interaction o su sigla HCI); el diseño industrial de productos digitales (Diseño de Interacción); la filosofía de diseño que considera las necesidades de los usuarios (Diseño Centrado en el Usuario) y se enfoca en la facilidad y eficiencia con que estos pueden utilizar los productos tecnológicos (Usabilidad); y, finalmente, el estudio en el que se consideran los factores y elementos que influyen en tal interacción, con determinados entorno y dispositivo (Experiencia de Usuario).

En la Tabla 1 se ordenan cronológicamente y definen los conceptos vinculados al estudio de las interfaces de usuario e interacción usuario-producto. Posteriormente, cada uno de ellos se presentan y desarrollan brevemente.

HCI	<i>1980. ACM SIGCHI. Disciplina relacionada con el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para uso humano y con el estudio de los principales fenómenos que los rodean.</i>
Diseño de Interacción	<i>Mediados de los '80. Bill Moggridge. Diseño industrial de productos digitales. Bill Verplank. Aplicación de los principios del diseño de interfaces en el diseño industrial.</i>
Diseño Centrado en el Usuario	<i>1980. Donald Norman. Filosofía de diseño que tiene por objeto la creación de productos que resuelvan necesidades concretas de sus usuarios finales. Se centra en la usabilidad del diseño.</i>

Usabilidad	<i>1990. ISO 25010. Capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones.</i>
UX	<i>Mediados de los '90. ISO 9241-210:2019. La experiencia de usuario (UX su sigla en inglés) comprende las percepciones y respuestas de la persona, resultantes del uso y / o uso anticipado de un producto, sistema o servicio. Nielsen Norman Group. Todos los aspectos de la interacción del usuario final con la empresa, sus servicios y sus productos.</i>

Tabla 1 Conceptos vinculados al estudio y diseño de interfaces de usuario e interacción usuario-producto.

HUMAN COMPUTER INTERACTION (HCI)

Conforme a la ACM SIGCHI¹¹, “es una disciplina relacionada con el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para uso humano y con el estudio de los principales fenómenos que los rodean” (Hewett et al., 1996, pág. 5), cuyo objetivo es lograr sistemas eficaces, eficientes y satisfactorios para los usuarios (Shneiderman et al., 2018). Constituye un área interdisciplinaria de las Ciencias de la Computación, dado que, en pro de un mejor diseño de aplicaciones y mayor satisfacción del usuario, se vale de los aportes de la psicología cognitiva, la sociología, la antropología, la lingüística, las ciencias de la comunicación, del diseño industrial y el diseño gráfico, además de las disciplinas tecnológicas como la computación, programación, ergonomía y el diseño asistido por computadora (Díaz, Harari y Amadeo, 2013; Aceituno, 2018; Shneiderman et al., 2018). También es comprendida como “el intercambio observable de información, datos y acciones entre un humano y la computadora, y viceversa” (Díaz, Harari y Amadeo, 2013, p. 11). Esto es así porque todo sistema de computación, incluidas las aplicaciones, se corresponde con un medio social, organizacional y laboral, y debe contemplar la capacidad humana para procesar información, el lenguaje y características físicas de los usuarios, además de la tecnología desarrollada para la interacción humano-computadora, y un diseño de diálogo, programación y evaluación (Díaz, Harari y Amadeo, 2013). Ver Figura 6.

¹¹ Sociedad internacional para profesionales, académicos y estudiantes que están interesados en la interacción humano-tecnología y humano-computadora.



Figura 6 Interrelaciones entre los distintos tópicos que involucra la HCI. En Díaz, Harari y Amadeo (2013, p. 11).

Surge en la década de 1980 debido a la aparición de las computadoras personales que posibilitó su utilización en hogares y oficinas, lo que llevó a considerar y crear la interacción humano-computadora fácil y eficiente, dirigida a usuarios no-expertos. La expansión de la HCI e incorporación de disciplinas, como las ciencias cognitivas e ingeniería de factores humanos, hace que se superponga con áreas como el diseño centrado en el usuario, el diseño de la interfaz del usuario y el diseño de la experiencia del usuario, y en diversos sentidos se la puede considerar precursora de este último, también conocido como UX (Interaction Design Foundation, 2018). El avance tecnológico (cuestiones de hardware, nuevos dispositivos, tamaño de pantallas, técnicas de entrada, etc.), en las comunicaciones (redes, acceso a bases de datos, etc.) y el impacto social de estos (incremento de usuarios de diversa formación y áreas de aplicación) la vuelven muy dinámica (Díaz, Harari y Amadeo, 2013, 2013; Sastoque, Narvárez y Garnica, 2016).

DISEÑO DE INTERACCIÓN

Expresión surgida a mediados de la década de 1980, acuñada y utilizada por Bill Moggridge¹² en alusión al diseño industrial de productos digitales, y por Bill Verplank¹³ para referirse a la aplicación de los principios del diseño de interfaces en el diseño industrial. La Interaction Design Association (2018) plantea que consiste en el diseño que “define la estructura y el comportamiento de sistemas interactivos”.

El proceso de interacción puede describirse a partir de las etapas y conceptos planteados por Donald Norman en 1986 y Monjo Palau en 2001, como se muestra en la Figura 7 según Aceituno (2018). Dicho proceso inicia con la intención del usuario de lograr cierto objetivo y para lo cual convierte tal intención en una acción sobre la interfaz (como la ejecución de un comando o conjunto de ellos, por ejemplo). Tal acción genera cambios en el sistema que, a su vez, son advertidos e interpretados y evaluados por el usuario para determinar si ha alcanzado su objetivo, dado que pueden ocurrir problemas por parte del sistema (demoras, mal funcionamiento, insuficiencia de memoria, cuestiones de configuración de la interfaz, etc.) o del usuario (desconocimiento del uso de la interfaz o incapacidad para interpretar los resultados – cambios en el sistema). Estos últimos problemas pueden contemplarse en la interfaz mediante ayudas, métodos de anticipación y prevención de errores (Aceituno, 2018).



Figura 7 Etapas del ciclo de interacción. En Aceituno (2018, p. 11).

¹² Diseñador de origen británico, autor, educador, diseñador de la primera computadora portátil (GRiD Compass, 1981) y fundador de la firma de diseño IDEO, homenajeado por su trayectoria con el Premio Nacional de Diseño y el Premio Príncipe Philip Designers.

¹³ Diseñador de interacción, ingeniero de factores-humanos e investigador enfocado en HCI.

“Los diseñadores de interacción buscan crear relaciones significativas entre las personas y los productos o servicios que estos usan, desde computadoras hasta dispositivos móviles y electrodomésticos y más” (Interaction Design Association, 2018). En una entrevista de enero de 2002, prefacio del libro de Moggridge *Designing Interactions*, Crampton, Smith¹⁴ planteó cuatro dimensiones del lenguaje en el diseño de interacción:

- 1D: *Palabras*. Empleadas en menús y cuadros de diálogo, en determinado tono, corresponden a la semántica, o significado, y la naturaleza de las interacciones de un usuario.
- 2D: *Representaciones visuales*. Los elementos que no son palabras dentro de un producto, como la tipografía y sus convenciones jerárquicas, diagramas, iconos y otros gráficos de información.
- 3D: *Objetos físicos o espaciales*. Los medios tangibles de control, como el teclado de una computadora, el mouse, la pantalla táctil, el joystick, el controlador de juegos. Presentan una semántica propia de los productos, para que el usuario comprenda lo que representan sus elementos componentes.
- 4D: *Tiempo*. El tiempo en el que el usuario interactúa y hace uso de las tres primeras dimensiones, a la vez que incluye el sonido, películas y animación (Interaction Design Foundation, 2016) (Crampton Smith, 2007).

Más tarde, Kevin Silver¹⁵ (2007) agregó una quinta dimensión: *Comportamiento*: las acciones del usuario en reacción a la interfaz y cómo responden a él (como se citó en Interaction Design Foundation, 2018). Pero también cabe considerar el comportamiento del sistema o dispositivo basado en computadora, el cuál debe diseñarse, al igual que su apariencia (Crampton Smith, 2007).

¹⁴ Académica líder en el tipo de diseño de interacción que se enseña en las escuelas de arte y diseño.

¹⁵ Diseñador senior de interacción de IDEXX Laboratories.

DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO (DCU)

Teoría de diseño multidisciplinaria, presentada por Donald Norman¹⁶ en la década de 1980, que considera las necesidades, los deseos o intereses, y las limitaciones del usuario final real a través de su participación en el diseño, desarrollo y evaluación mediante un proceso iterativo (Norman y Draper, 1986; Sastoque, Narváez y Garnica, 2016; Shneiderman et al., 2018). Se enfoca en la usabilidad del diseño, es decir en la creación de productos utilizables y comprensibles, para así lograr la mayor satisfacción y la mejor experiencia de uso posible con el mínimo esfuerzo por parte del usuario. Para ello se formulan preguntas relacionadas al usuario acerca de sus tareas y metas, luego se procesan los resultados y sobre ellos se toman decisiones de diseño. Se busca implicar al usuario en el proceso de desarrollo de software. Esta teoría sugiere que el diseño debe: facilitar la determinación de qué acciones son posibles en cada momento; hacer visibles los elementos del sistema; facilitar la evaluación del estado actual del sistema; y seguir las asignaciones naturales entre las intenciones y las acciones necesarias (Norman, 1990). Aplicar y concentrarse en resolver las cuestiones del diseño centrado en el usuario durante las etapas tempranas del desarrollo de software pueden reducir de manera considerable el tiempo y el costo del desarrollo. El desafío puede consistir en encontrar el número de usuarios representativos dispuestos a participar y contar con determinada experiencia técnica (Shneiderman et al., 2018).

El estándar ISO 9241-210: 2019 "*Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems*" provee de un marco teórico para el desarrollo de actividades centradas en el usuario¹⁷ y establece seis características que determinan si un sistema está centrado en el usuario:

1. Diseño fundamentado en una comprensión explícita de usuarios, tareas y entornos.
2. Involucramiento de usuarios durante el diseño y el desarrollo.

¹⁶ Autor de los libros *La psicología de los objetos cotidianos* y *El diseño emocional: por qué nos gustan (o no) los objetos cotidianos*. Profesor emérito de ciencia cognitiva en la University of California, San Diego, profesor de Ciencias de la Computación en la Northwestern University y también enseña en la Universidad de Stanford. Actualmente su campo de trabajo es la ingeniería de la usabilidad.

¹⁷ ISO 9241-210: 2019 proporciona requisitos y recomendaciones para principios y actividades de diseño centrados en el ser humano a lo largo del ciclo de vida de los sistemas interactivos basados en computadora. Está destinado a ser utilizado por aquellos que administran procesos de diseño y se preocupa por las formas en que los componentes de hardware y software de los sistemas interactivos pueden mejorar la interacción entre el sistema humano y el sistema. <https://www.iso.org/standard/77520.html>

3. Diseño dirigido y refinado por evaluaciones centradas en usuarios.
4. Proceso iterativo.
5. Diseño orientado a toda la experiencia del usuario.
6. Equipo de diseño con habilidades y perspectivas multidisciplinares (Sastoque, Narváez y Garnica, 2016).

Esto hace que la construcción y diseño de la interfaz de usuario implique un proceso de desarrollo especial, donde el usuario sea el foco en todas las etapas del proceso, el cual constituye un proceso iterativo de diseño, en el que cada etapa de desarrollo se realiza de forma simultánea y concurrente y es evaluada y modificada de forma permanente. La diferencia con el ciclo de vida tradicional en cascada, donde cada etapa debe completarse para pasar a la siguiente, es que en el diseño centrado en usuario este participa en cada etapa, desde el inicio, las etapas se solapan, adelantan, regeneran, constituyendo un ciclo de vida prototípico. Dado que la interfaz de usuario consiste en la porción del sistema que interactúa directamente con los usuarios, se hace necesario estudiar el comportamiento humano, incluyendo parámetros referidos a ergonomía, facilidad de uso, simpleza, carga de memoria, flexibilidad, entre otros (Díaz, Harari y Amadeo, 2013).

USABILIDAD

La usabilidad constituye un neologismo proveniente del vocablo inglés *usability*, que significa *facilidad de uso*, y se refiere a cuán eficaz, eficiente y satisfactoriamente un usuario puede interactuar con una interfaz de usuario o un objeto. Conforme a la ISO 25010 “Modelos de calidad de sistemas y software”, consiste en la “capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones” (ISO/IEC, 2018). Es decir, es un atributo de calidad del diseño de una interfaz, software u objeto, que debe ser evaluada de forma iterativa y mejorada incrementalmente. Gracias a la *independencia de diálogo* entre la interfaz de usuario (o componente de interacción) y la componente de cómputos (o aplicación), es posible ahondar en detalle acerca de las normas de diseño y objetivos preliminares de cada componente (Díaz, Harari y Amadeo, 2013). El modelo conceptual de la usabilidad proviene del DCU y reviste la idea de utilidad, uso, función o funcionalidad. La ISO/IEC 25022:2016 contiene un

conjunto básico de medidas para cada característica de calidad en el uso, y una explicación de cómo se mide la calidad de uso del software (ISO/IEC, 2018). Existen diversos métodos de evaluación de usabilidad, como el registro visual, la entrevista contextual, los focus group (grupos de enfoque), la prueba remota y los escenarios, entre otros (Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos, 2018).

Conocer en profundidad a la comunidad de usuarios destinatarios de la interfaz lleva a seleccionar correctamente las tareas de referencia sobre las cuales se determinan los objetivos y medidas de usabilidad, lo cual guía el proceso de prueba. De los dos últimos objetivos de la ISO 9241, eficiencia y satisfacción, se desprenden las siguientes medidas de usabilidad orientadas a la evaluación práctica: tiempo de aprendizaje, velocidad de ejecución, tasa de errores de los usuarios, retención en el tiempo y satisfacción subjetiva (Shneiderman et al., 2018). Según la ISO 9241-11:2018, la eficiencia se corresponde a los resultados logrados y la satisfacción incluye una gama amplia de cuestiones (ISO, 2022).

EXPERIENCIA DE USUARIO (UX, USER EXPERIENCE)

Según la ISO 9241-210:2019, este concepto comprende las “percepciones y respuestas de la persona, resultantes del uso y / o uso anticipado de un producto, sistema o servicio” (ISO/IEC, 2019). Puede entenderse, entonces, que la UX comprende aspectos emocionales, perceptuales, ideológicos, de comportamiento, físicos y psicológicos. Para Donald Norman y Jakob Nielsen, la UX “abarca todos los aspectos de la interacción del usuario final con la empresa, sus servicios y sus productos”. Por lo cual, la UX implica un trabajo multidisciplinario (Touloum et al., 2012), donde la interfaz de usuario (UI) es un aspecto importante en el diseño, pero sólo una parte de la experiencia total del usuario. A su vez, la UX es un concepto más amplio que la usabilidad, la cual constituye sólo un atributo de calidad de la interfaz de usuario (Touloum et al., 2012).

De acuerdo con Shneiderman (2018), para lograr experiencias de usuario de alta calidad deben tenerse en cuenta la usabilidad, la universalidad (accesibilidad) y utilidad, como características de calidad. Las interfaces de alta calidad son aquellas que generan sentimientos positivos de éxito, competencia y dominio por parte de los usuarios, quienes logran concentrarse en su tarea u objetivo, olvidándose de la interfaz. Por ello, se considera que los grandes diseñadores de interfaces poseen un alto grado de compromiso por mejorar

la experiencia de usuario, que afrontan decisiones difíciles, con presiones de tiempo y presupuesto, buscando comprender de manera profunda a los usuarios y las tareas a realizar. Para ello estudian pautas sustentadas en evidencia e investigan, y buscan provocar respuestas emocionales en las interfaces, es decir, no se quedan con pautas subjetivas respecto a las nociones de *facilidad de uso, intuitivo y natural*. El diseño de pantalla, la gestión de vistas (ventanas), las animaciones, el diseño web, el color, el diseño no antropomórfico y los mensajes de error, corresponden a cuestiones de diseño que comprenden aspectos funcionales presentes en los criterios de evaluación de la UX. A su vez, el uso creciente de dispositivos móviles en espacios públicos hace que factores tales como la iluminación, el ruido, el movimiento y la vibración sean parte de la experiencia del usuario (Shneiderman et al., 2018).

2.2.2. INTERFAZ DE USUARIO

La interfaz de usuario puede ser entendida como el medio a través del cual se establece, maneja y controla la interacción entre humanos y máquinas; comprendiendo las partes de software y hardware involucradas en el intercambio de información y las secuencias de diálogo respectivas (Díaz, Harari, y Amadeo, 2013). De acuerdo con Simondon (1989), considerado el primer filósofo de las interfaces, la técnica corresponde a la interfaz objetiva (física) entre el humano y el mundo real, y la cultura corresponde a la interfaz subjetiva (simbólica) entre el humano y el entorno técnico (como se citó en Scolari C. , 2018).

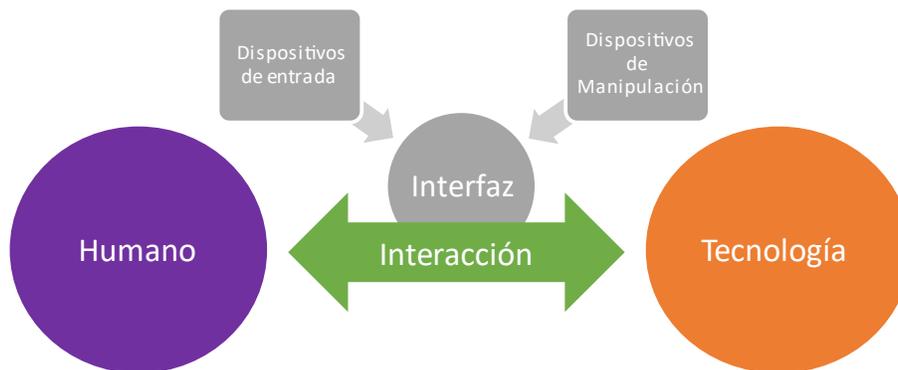


Figura 8 Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), medio de interacción.

La noción de interfaz de usuario, conforme a la *Human Interface Guidelines* de Apple (1995)¹⁸ corresponde al conjunto de “reglas y convenciones a través de las cuales un sistema de computación comunica con su operador” (Scolari, 2004, pág. 42). Es decir, se refiere al espacio de interacción que modela las acciones del diseñador de interfaces (Scolari, 2018), el contexto visual y funcional donde ocurre la interacción entre el usuario y el sistema multimedia, e incluye los dispositivos de entrada (teclado, mouse, micrófono, cámara, etc.) y de manipulación (cursor, botones, iconos, ventanas, menús, etc.) (Figura 8). La misma debe contemplar el diseño del entorno – espacio sensorial – y el diseño funcional, en respuesta a las expectativas buscadas, como podrían ser las didácticas en el caso de sistemas o aplicaciones educativas (Aceituno, 2009).



Figura 9 Modelo de Seeheim, Versión modificada por Mark Green. Adaptado de Díaz, Harari, y Amadeo (2013, pág. 20).

En 1981, H. Rex Hartson, Roger W. Ehrich, plantearon que las partes componentes de un sistema interactivo se corresponden a la interfaz de usuario (o componente de diálogo) y componente de aplicación (o de cómputos), las cuales son independientes y deben ser tratadas separadamente durante el desarrollo, y son las que definen el concepto de “Independencia de diálogo”. Al año siguiente, con motivo de un workshop realizado en Seeheim, Alemania, se planteó un modelo acerca de los componentes de la interfaz de usuario (UI) denominado Modelo de Seeheim, luego modificado en 1985 por Mark Green, de la Universidad de Alberta (Figura 9), el cual consiste en una descripción estructural acerca de cómo se vincula la UI con la aplicación o programa, a través de tres componentes. El primero es el componente de presentación o estético, donde se detallan las pantallas destinadas al usuario y el estilo de interacción; es decir, se definen el *look*¹⁹, tipos de diálogo y de interfaz,

¹⁸ La primera interfaz gráfica de usuario fue diseñada por Xerox en los años 70. Pero no fue hasta los 80 cuando Apple las hizo mundialmente populares en sus ordenadores, posteriormente fueron copiadas por Microsoft con sus "windows" (Scolari, 2004).

¹⁹ Del concepto “look & feel” de la interfaz.

objetos de interacción, esquema de ventanas y dispositivos de entrada y salida. El segundo componente es el control de diálogo o componente dinámico, encargado de gestionar la secuencia de eventos y técnicas de interacción que ofrece la interfaz. Es decir, se especifica el comportamiento o *feel* de la interfaz, la gestión, control, secuenciación y lógica de diálogo, se controlan y manejan los objetos de interacción y sistemas de ventanas, se establecen la navegación e interacción entre ventanas o páginas. También se establece la identificación, control y gestión de objetos computacionales, se determina la estructura, secuencia, proceso de intercambio de información entre usuario y aplicación, funciones sintácticas, tipo de asistencia y cuestiones de adaptación, inteligencia y colaboración. Posteriormente fue agregado el Modelo Interfaz-Aplicación o componente de diálogo interno con la aplicación, donde se observa la aplicación desde la interfaz y viceversa. El mismo comprende la especificación del diálogo interno entre la interfaz y la aplicación, la manera en que el usuario consulta y brinda información a la aplicación además de las acciones de esta frente a las entradas y salidas del sistema, la relación entre eventos de la interfaz y funcionalidades de la aplicación, y cómo se comunican – procedimientos, métodos, estructura de datos (Díaz, Harari y Amadeo, 2013).

2.2.3. EVOLUCIÓN DE LAS INTERFACES, TIPOS Y PRINCIPIOS

Las interfaces de usuario han acompañado la evolución del contexto tecnológico y pasado por ciclos propios: el de las interfaces primitivas de tipo textual, el de las interfaces gráficas de usuario (GUI, del inglés Graphic User Interface), el de las interfaces web (Fernández Ruiz et al., 2001; Scolari, 2004) y las interfaces gestuales y con interacción más directa o natural, como los comandos por voz (Shneiderman et al., 2018; Díaz, Harari y Amadeo, 2013).

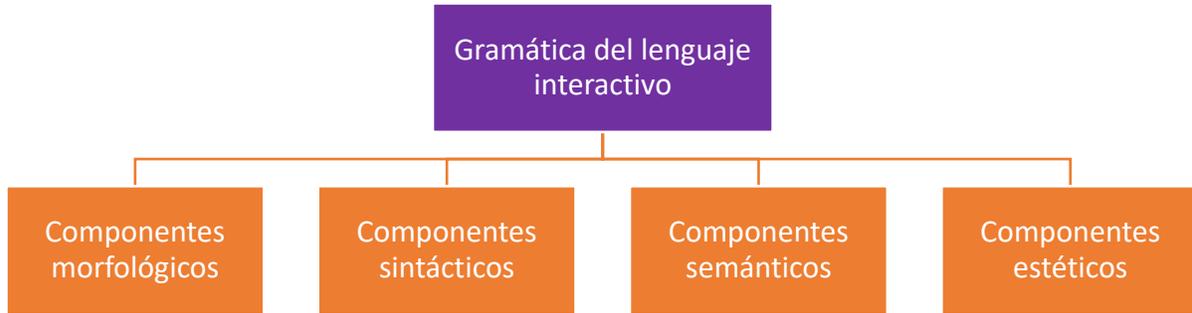


Figura 10 Modelo gramatical del lenguaje interactivo. Adaptado de Aceituno (2018, pág. 14).

Las interfaces de manipulación directa, es decir aquellas donde los objetos están a la vista y presentan acciones de interés, de velocidad incremental y reversibles (Shneiderman, et al., 2018), poseen un lenguaje interactivo propio cuyos signos son el cursor y sus indicadores de estado, y demás dispositivos de manipulación antes mencionados. A su vez, su sintaxis es flexible y amigable, con una estética resultante de su funcionamiento a partir del grado de usabilidad, fluidez de la información, el control del usuario y el diseño de la rapidez e inmediatez (Figura 10). De acuerdo con el objetivo de cada interfaz será necesario y suficiente cierto nivel de interacción: *explorativa, manipulativa o contributiva*. La primera es la de menor nivel, con una navegación sobre el contenido ya definida, no admite creación de secuencias ni modificación del entorno por parte del usuario. La segunda admite la manipulación de diversos objetos a partir de los cuales el usuario puede realizar modificaciones sobre el entorno, pero no el funcionamiento, a diferencia de las contributivas, donde sí puede modificar el entorno, el funcionamiento y las reacciones, como el caso de algunas interfaces de realidad virtual (Aceituno, 2018).

Como se dijo precedentemente, las interfaces de manipulación directa funcionan en la medida que cumplan los objetivos básicos de las interfaces: ser comprensibles, de rápido aprendizaje, con acciones predecibles y controlables y buena retroalimentación (Shneiderman et al., 2018). Según Pressman la UI constituye el “conjunto de mecanismos de interacción” que permiten la “correcta implementación de las reglas doradas” (Pressman,

2010, pág. 265). Estas reglas conforman el conjunto de principios para el diseño de interfaces de usuario que fueron acuñados por Theo Mandel²⁰ y consisten en:

– *Dejar el control al usuario.*

El diseño de la UI debe ser simple en cuanto a la forma de interacción para el usuario, antes que en cuanto a la forma de su construcción. La simpleza de la interacción se logra evitando acciones innecesarias o no deseadas por parte del usuario, como sería el caso de tener que cambiar de vista o modo y luego regresar adonde se encontraba, si es posible hacerlo desde ese mismo lugar.

Se puede lograr una interfaz flexible ofreciendo distintas alternativas de interacción, para que cada usuario elija la forma que le resulta más cómoda o de su agrado.

El usuario tiene el control cuando puede interrumpir o cancelar una acción y revertirla o deshacerla; cuando puede personalizar y realizar de manera más fácil o abreviada las acciones frecuentes, en la medida que se vuelve experto; cuando no se le requiere conocer un código o instrucciones de programación; y cuando puede manipular de manera directa los objetos que observa en pantalla.

– *Reducir la carga de memoria del usuario.*

Cuanto más deba recordar el usuario, mayor puede ser la ocurrencia de errores. Entonces, la interfaz puede brindar información visual acerca de lo ya realizado; iniciar con parámetros preestablecidos que respondan al promedio de los usuarios, pero que se puedan personalizar y restablecer al estado original cuando estos lo requieran; presentar atajos intuitivos, como combinaciones de teclas donde una de ellas corresponde a la inicial del comando a ejecutar, o los accesos directos cuyo nombre y apariencia muestra su función. Es de utilidad el uso de metáforas del mundo real del usuario llevadas a los objetos y aspecto visual de la interfaz. Hacer que la información sea oportuna, es decir, que aparezca cuando sea requerida o necesaria, como cuando se selecciona un objeto y aparecen a la vista herramientas u opciones relacionadas con ese tipo de objeto, o el teclado virtual, cuando se debe ingresar datos o escribir.

²⁰ En su libro: *The Elements of User Interface Design*, Wiley, 1997. Theo Mandel es especialista internacional en experiencia de usuario de productos, estrategia de usabilidad, investigación de usuarios, creación de prototipos, diseño y pruebas de usabilidad.

– *Hacer que la interfaz sea consistente.*

Corresponde a cómo se muestra y obtiene la información en toda la interfaz. Para ello, la información se debe organizar siguiendo criterios de diseño predefinidos que sean respetados en toda la interfaz, como la jerarquía de la información, la paleta de color, homogeneidad en las imágenes y objetos, síntesis visual, composición, grilla, referencias de ubicación y acciones a realizar. Si se trata de un conjunto o familia de aplicaciones o programas, los mismos deben respetar los mismos criterios de diseño, y mantener aquellas formas de interacción exitosas que se volvieron un estándar, en las nuevas versiones (Pressman, 2010).

El conjunto de principios de Theo Mandel constituye un referente para el diseño de interfaces de usuario (Pressman, 2010), así como para su evaluación en la etapa de desarrollo y final (Díaz, Harari y Amadeo, 2013), que contribuye a lograr interfaces de calidad a partir de características como la usabilidad²¹, la accesibilidad y la funcionalidad. Esto se traduce como una interfaz transparente, es decir una interfaz que desaparece cuando el usuario la utiliza para realizar su trabajo, exploración u ocio. Para ello es necesario conocer e interactuar con los usuarios y así definir correctamente las tareas de referencia sobre las que se establecen los objetivos y medidas de usabilidad (Shneiderman et al., 2018). De acuerdo con la ISO 9241-11: 2018 Ergonomía de la interacción humano-sistema, la usabilidad se alcanza con efectividad, eficiencia y satisfacción (ISO, 2018). Shneiderman (2018) plantea una evaluación práctica de la usabilidad a partir de cinco medidas de esta, enfocadas en la eficiencia y satisfacción: tiempo de aprendizaje, velocidad de ejecución de tareas, tasa de errores de los usuarios, retención en el tiempo y satisfacción subjetiva. De acuerdo con la aplicación o programa, serán más relevantes unas medidas a otras. También es sabido que se dificulta el éxito simultáneo en todas ellas, aunque suele haber un sistema de compensaciones forzada: ante un aprendizaje prolongado se puede trabajar en los tiempos de ejecución a través de combinaciones de teclas; o frente a la necesidad de mantener una tasa de errores baja, también puede bajarse la velocidad de desempeño.

²¹ Neologismo proveniente del vocablo inglés usability, que significa facilidad de uso, que se refiere a cuán eficaz, eficiente y satisfactoriamente un usuario puede interactuar con una interfaz de usuario o un objeto. ISO 25010.

Es por esto que los sistemas operativos poseen convenciones de interacción con los diferentes objetos que componen la interfaz. La apariencia y comportamiento de estos objetos otorgan identidad al sistema operativo y hacen que comparta características con otros sistemas, a la vez que determinan la experiencia del usuario (Cuello y Vittone, 2013). Estas características de los sistemas operativos devienen del estudio e implementación de tales reglas y principios del diseño de interfaces de usuario.

A su vez, la evolución tecnológica propicia la creación y variación de opciones tecnológicas o interfaces, cuyos desarrollos llegan a un estado de equilibrio a partir del proceso de selección que realizan los usuarios cuando deciden adoptar determinada interfaz y descartar otra. Esta elección o preferencia responde a la mejor adaptación de esas interfaces a la red sociotécnica de su tiempo, conformado una ecología de interfaces (Scolari, 2018).

2.3. MODELO METODOLÓGICO PARA ANÁLISIS DE PROBLEMAS

La *Teoría de los Signos* de Charles Peirce²² constituye una teoría en la que se sistematiza la semiótica como disciplina científica y método empírico de investigación. Está centrada en el estudio de cómo son entendidos, interpretados y utilizados los signos, dado que para Peirce los signos se encuentran presentes en todas partes de la vida cotidiana, siendo fundamentales para el pensamiento y la comunicación (Magariños de Morentín, 2008).

Peirce definió al signo, o *representamen*, como "algo que está para alguien, por algo, en algún aspecto o disposición": C. P. 2.228; Peirce, Charles S., 1965/1931 (como se citó en Magariños de Morentín, 2008). Es decir, un signo es algo que representa o indica algo más, y que se relaciona con ello de alguna manera; puede ser una palabra, una imagen, un objeto de diseño o cualquier cosa que tenga un significado para alguien. Esta definición de Peirce enfatiza la relación existente entre el signo, el *objeto* del signo y el *interpretante*, y cómo esta relación se puede utilizar para producir un significado o una comprensión de lo que se está representando. Por esto, los signos no solo reflejan la realidad, sino que también la construyen y la transforman.

²² Charles Sanders Peirce (1839 – 1914), fue un académico estadounidense y reconocido pensador que dejó algunas publicaciones e innumerables manuscritos desde 1857 hasta su muerte, y es considerado el padre de la semiótica moderna de base lógica (Guerrero et al., 2016).

2.3.1. CONCEPCIÓN TRIÁDICA DEL SIGNO

Para Peirce cualquier signo consta de tres elementos interconectados: el *representamen*, el *objeto* y el *interpretante*. El *representamen* es la forma física del signo, como una palabra escrita o una imagen. El *objeto* es el referente real al que se refiere el signo, como un objeto o una idea. El *interpretante* es el efecto que el signo tiene en la mente del intérprete, que puede ser una idea, una emoción o una acción. En el ámbito semiótico, el signo constituye la unidad mínima de análisis a partir del cual se pueden relacionar los tres aspectos de su existencia: el “por algo”, el “para alguien” y el “en alguna relación”. El primer aspecto expone el *fundamento* o conocimiento que interesa del objeto. El segundo lo instituye como forma perceptual y soporte sustitutivo, o sea *representamen*. Y el tercero, posibilita la modificación a ese conocimiento del objeto, es decir, el *interpretante* (Magariños de Morentín, 2008). Estas nociones o relaciones tan generales serían las categorías de *primeridad*, *segundidad* y *terceridad* propuestas por Peirce (Magariños de Morentín, 2008; Guerri et al., 2016). La *primeridad* corresponde a las cualidades de los fenómenos (colores, sabores, texturas que describen los objetos), a las sensaciones, que no están presentes en el mundo por tratarse de *potencialidades abstractas*, aprehendidas por los sentidos o conceptualizadas. Para Guerri et al. (2016), toda cualidad primera debe ser cuantificable (por ejemplo, a través de la longitud de onda que definen los colores, o la presencia y proporción de determinadas moléculas o sustancias que definen los sabores) para que pueda haber *segundidad*. Esta última consiste en alguna actualización material concreta o *forma* (un objeto, comportamiento o acción) de esa *potencialidad abstracta* que es la *primeridad*, es una manifestación de lo *diferente*. La *terceridad* consiste en las *leyes* (valores), en aquello que puede ser producido y crecer, se relaciona con el interpretante genérico-social, y por ello representa los valores de un signo para una comunidad específica en un determinado momento. Ver Figura 11.

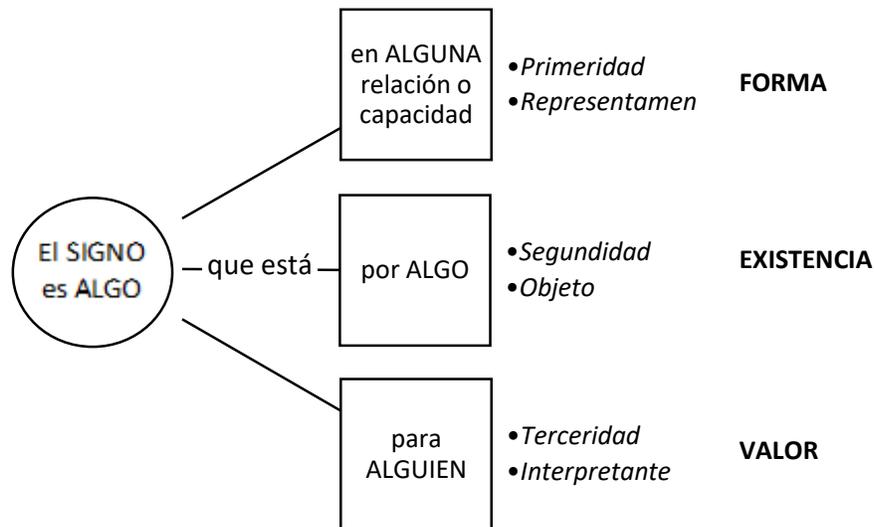


Figura 11 Esquema gráfico de la definición del signo peirceano de CP 2.228, que permite visualizar los tres aspectos del signo y su relación con las tres categorías. En itálica la nomenclatura de Peirce y en negrita mayúscula la nomenclatura de Magariños de Morentín. Adaptado de Guerri et al. (2016, pág. 7)

2.3.2. TRICOTOMÍAS Y CLASES DE SIGNOS

A partir de un desarrollo lógico de la definición inicial, Peirce formula las tricotomías, mediante la determinación de tres relaciones triádicas y tres relaciones de correlato, con las cuales llega a las nueve clases de signos, dado que “cada uno de los elementos de la estructura del signo es, a su vez, un signo”. Entonces, el signo *fundamento* posee su propio *fundamento*, *representamen* e *interpretante*; lo mismo el *representamen* y el *interpretante*. De esta forma es posible la generación infinita de signos, cuyo límite estará dado por los requerimientos de cada disciplina científica o investigación particular que hagan uso de este método (Magariños de Morentín, 2008). En la Figura 12 se muestran los nueve signos con la denominación original y los componentes que le dan origen:

9 SIGNOS (o Clases de Signos)	En alguna relación REPRESENTAMEN Comparación Posibilidad FORMA	Por algo FUNDAMENTO Actuación Hecho EXISTENCIA	Para alguien INTERPRETANTE Pensamiento Necesidad LEY
En alguna relación REPRESENTAMEN Comparación Posibilidad FORMA	1 - CUALISIGNO	2 - ICONO	3 - RHEMA
Por algo FUNDAMENTO Actuación Hecho EXISTENCIA	4 - SINSIGNO	5 - ÍNDICE	6 - DICISIGNO
Para alguien INTERPRETANTE Pensamiento Necesidad LEY	7 - LEGISIGNO	8 - SÍMBOLO	9 - ARGUMENTO

Figura 12 Las clases de signos o 9 signos de Charles Peirce. En Magariños de Morentín (2008, p. 88).

La lectura horizontal, por filas, corresponden al signo que se desea producir o clasificar. De esta forma, el ÍNDICE es la existencia de un *fundamento*, y un ARGUMENTO es el *interpretante* del *interpretante*. Mientras que la lectura vertical, por columnas, muestra los correlatos, siendo el primero (columna del *representamen* o forma) el que identifica el aspecto formal de cada nivel. El segundo correlato muestra el aspecto existencial de cada nivel y el tercero el aspecto legal de la forma, la existencia y la propia legalidad. A continuación, se muestra un esquema ejemplificativo de los nueve signos peirceanos desarrollado por Magariños de Morentín (2008). El 1 corresponde a un ejemplo conceptual de sustitución, el 2 a un ejemplo empírico con el alfabeto Morse, el 3 a ejemplos independientes de signos-objeto, y el 4 a una secuencia constitutiva de un mapa (Figura 13).

CUALISIGNO	ICONO	RHEMA
1. Forma posible de sustitución	1. Existencia posible de la sustitución	1. Valor de la posibilidad de sustitución
2. Forma posible de sustitución	2. "Puntos" y "Rayas" (.) (-)	2. Suficiencia de tal combinatoria
3. Lo verde	3. Una pintura realista	3. Un axioma necesario para la plenitud de un cálculo
4. La interpretabilidad	4. Un modelo	4. Su eficacia para mostrar las relaciones constitutivas de una estructura
SINSIGNO	ÍNDICE	DICISIGNO
1. Existencia de una forma sustitutiva	1. Existencia actual de la sustitución	1. Existencia de un valor de sustitución tal cual se concreta en una situación determinada
2. Disponibilidad del alfabeto Morse	2. (- - . - - . - - -), etc.	2. El alfabeto en el contexto de la comunicación
3. Una caricatura	3. Un billete de banco	3. Un rancho
4. Las características específicas de algún lugar	4. Un mapa determinado	4. La ubicación del mapa anterior en otro (pe.: un mapamundi) más amplio
LEGISIGNO	SÍMBOLO	ARGUMENTO
1. Valor de la forma de sustitución (lugar en un paradigma verbal)	1. Valor de una sustitución existente (morfema)	1. Valor de los valores de sustitución (potencia semántica del sistema de la lengua)
2. La regularidad convencional y pragmática de la combinatoria elegida	2. Las configuraciones del Morse como representantes del alfabeto verbal	2. Correspondencia biunívoca entre ambos alfabetos
3. "Singular"	3. "Caballo"	3. "contigüidad"
4. Las leyes de proyección	4. La representatividad específica de los mapas	4. Criterios interpretativos de la representación cartográfica

Figura 13 Esquema ejemplificativo de los 9 signos de Charles Peirce. En Magariños de Morentín (2008, p. 98).

2.3.3. NONÁGONO SEMIÓTICO

El nonágono semiótico consiste en un *modelo operativo* con capacidad descriptiva y analítica propias, cuyo nombre describe de manera metafórica la forma gráfica de este *ícono-diagramático*. Se presenta como una grilla vacía con forma de cuadro de doble entrada, que permite exponer el sistema de relaciones de un signo (objeto, disciplina, teoría o concepto); es decir, funciona como un *dispositivo interpretador* que posibilita avanzar de manera lógica

en la comprensión de aquello que se investiga. La grilla actúa, por un lado, en un sentido taxonómico, a partir de la descripción fenomenológica del objeto analizado, o proceso cognitivo, y de las relaciones interdependientes. Por otro lado, actúa en un sentido semiótico, que puede ser considerado un mecanismo particular de *Design Thinking*²³, dado el abordaje holístico de la complejidad del objeto de estudio. Ver Figura 14.

SIGNO	<i>1ra. Tricotomía</i>	<i>2da. Tricotomía</i>	<i>3ra. Tricotomía</i>
	F FORMA <i>posibilidad</i> Pasado	E EXISTENCIA <i>actualización</i> Presente	V VALOR <i>necesidad o ley</i> Futuro
<i>1er. Correlato</i> F FORMA <i>posibilidad</i> Pasado	Icono-Icónico F orma de la F orma <i>Diferencia Cualisigno</i>	Icono-Indicial E xist. de la F orma <i>Icono</i>	Icono-Simbólico V alor de la F orma <i>Rhema</i>
<i>2do. Correlato</i> E EXISTENCIA <i>actualización</i> Presente	Índice-Icónico F orma de la E xistencia <i>Sinsigno</i>	Índice-Indicial E xistencia de la E xist. <i>Diferente Índice</i>	Índice-Simbólico V alor de la E xistencia <i>Dicisigno</i>
<i>3er. Correlato</i> V VALOR <i>necesidad o ley</i> Futuro	Símbolo-Icónico F orma del V alor <i>Legisigno</i>	Símbolo-Indicial E xistencia del V alor <i>Símbolo</i>	Símbolo-Simbólico V alor del V alor <i>Diferenciación Argumento</i>

Figura 14 Diagrama del Nonágono Semiótico con los nueve aspectos del signo. En itálica, la terminología original de Peirce, y, en mayúsculas, la terminología propuesta por Magariños de Morentin. En Guerri (2015).

La construcción del nonágono semiótico se basa en los conceptos de categoría (*primeridad, segundidad y terceridad*) y signo de Peirce, pero retoma la terminología propuesta por Magariños de Morentín (1984) de *Forma, Existencia y Valor* para cada aspecto del signo (como se citó en Guerri et al., 2016). A su vez, respecto a lo conceptual, al permitir analizar cada aspecto del signo como un nuevo signo y reconocer tres subaspectos nuevos en cada uno de ellos, también retoma la *recursividad* del signo peirceano. La primera partición

²³ Concepto atribuido a Herbert A. Simon en *The science of the artificial* (1969), pensado originalmente para la investigación y desarrollo de diseñadores, en lo práctico y teórico, que se ha extendido hasta procesos de pensamiento complejo que buscan soluciones innovadoras (Guerri et al., 2016).

del signo permite identificar los *correlatos* (categorías materiales u operativas), mientras que la segunda partición consiste en el desarrollo *triádico* de cada aspecto, es decir la identificación de una *primeridad*, *segundidad* y *terceridad* para cada uno, y que pueden entenderse como categorías formales, teóricas o conceptuales.

También, el nonágono semiótico permite reconocer las relaciones hacia el interior del nonágono y hacia el contexto o mundo exterior. El Argumento o Valor del Valor (A) orienta la coherencia interna del nonágono a partir de los valores contenidos en A (Figura 15). Las flechas B y C muestran las relaciones con el contexto o exterior, una que sale hacia el mundo (inserción) y otra dejando entrar el afuera (adaptación), respectivamente.

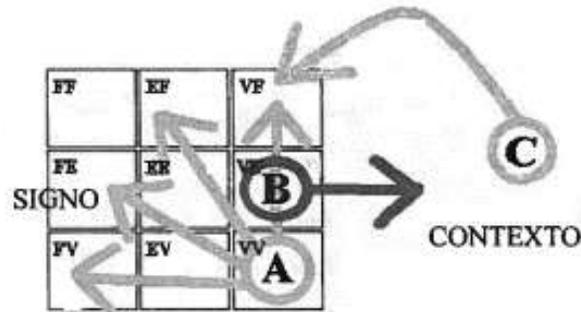


Figura 15 Relaciones posibles del signo que permite visualizar la estructura relacional en tanto operación cognitiva sincrónica: las relaciones internas, el lugar de salida y conexión con el exterior y la puerta de entrada (Guerra, 2003).

Uno de los posibles modos de utilización del nonágono semiótico es desde el orden lógico (además del orden práctico e histórico). En este caso se recomienda iniciar el análisis con el aspecto más conceptual del signo en cuestión, es decir, desde su *primeridad*, luego continuar con su *segundidad* y *terceridad*, en ese orden. Ocurre cuando el análisis está enfocado en proponer una nueva forma, por ejemplo, una representación visual o un nuevo concepto (Guerra et al., 2016).

Capítulo 3 - Planteamiento del problema

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La RA constituye el conjunto de tecnologías que enriquecen la percepción de la realidad del usuario, dado que incorporan objetos virtuales al contexto real, enriqueciendo la experiencia de este y su percepción del mundo real. La RA involucra métodos de interacción, ubicación de objetos virtuales en el mundo real y su visualización o reproducción a través de dispositivos, lo cual la vuelve muy diversa e implica varias decisiones. Debe evaluarse con qué técnica mostrar la RA al usuario (tipo de display), el tipo de componente real más adecuado (patrón, figura, objeto, escenario), el tipo de componente virtual (imágenes 2D, objetos 3D, videos, audios, multimedia), y su funcionalidad (de percepción o entorno artificial). Todo lo cual queda subordinado al tipo de usuario al que está dirigida, al entorno y al sentido o valor que puede proporcionar esta tecnología, al proyecto en sí y a la comunidad en general.

Podría decirse entonces que el corazón de una aplicación de RA está dado por sus componentes virtuales o contenido, porque a través de ellos se combinan el mundo real con el virtual y ocurre la interacción. Este contenido debe ser de calidad, es decir, debe reunir las propiedades de representación necesarias para atraer y enriquecer la experiencia del usuario, pero, sobre todo, debe ser significativo, debe proporcionar sentido y valor en lugar de ser una mera novedad tecnológica. Una forma de lograr contenido significativo es trabajar conforme a la teoría del diseño centrado en el usuario, haciendo participar al mismo del proceso de desarrollo de software para conocer sus necesidades, deseos, intereses y limitaciones, y orientar el diseño a toda la experiencia de este.

No se conoce la aplicación del modelo operativo denominado nonágono semiótico al desarrollo de software con técnicas de RA y, dadas sus características, se lo considera apropiado para proponer una metodología de desarrollo centrada en el usuario basada en el mismo.

3.2. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La hipótesis planteada en la presente tesis de maestría propone que: “es posible aplicar una metodología de carácter lógico-semiótico para el desarrollo de software de Realidad Aumentada centrado en el usuario”.

Dado que el nonágono semiótico consiste en un modelo operativo descriptivo y analítico, que posibilita avanzar de manera lógica en la comprensión de aquello que se investiga, a la vez que actúa en un sentido semiótico debido al abordaje holístico de fenómenos complejos, como la tecnología de RA, se considera factible su adaptación hacia desarrollos de este tipo de software. A partir de una grilla vacía con forma de cuadro de doble entrada, se puede exponer el sistema de relaciones de un signo (Tabla 2), que en este caso correspondería a los distintos objetos y conceptos involucrados en el desarrollo de un software con técnicas de RA. Este desarrollo puede plantearse bajo la filosofía del diseño centrado en el usuario.

Signo	FORMA	EXISTENCIA	VALOR
	<i>Primera tricotomía</i>	<i>Segunda tricotomía</i>	<i>Tercera tricotomía</i>
FORMA <i>Primer correlato</i>	Forma de la Forma	Existencia de la Forma	Valor de la Forma
EXISTENCIA <i>Segundo correlato</i>	Forma de la Existencia	Existencia de la Existencia	Valor de la Existencia
VALOR <i>Tercer correlato</i>	Forma del Valor	Existencia del Valor	Valor del Valor

Tabla 2 Grilla de modelo propuesto.

Mediante la grilla se puede plantear la taxonomía de elementos en un desarrollo particular, a partir de la descripción fenomenológica de cada objeto analizado. La lectura de las filas de la grilla corresponde a la primera partición del signo, la cual permite identificar los correlatos, es decir las categorías materiales u operativas. Mientras que la lectura de las columnas corresponde a la segunda partición y consiste en el desarrollo triádico de cada aspecto del signo, es decir las categorías formales, teóricas o conceptuales. A su vez, el

modelo admite reconocer las relaciones entre el nonágono y el contexto, y no se conoce la aplicación de este al desarrollo de software con técnicas de RA.

3.3.OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Aplicar el método lógico-semiótico de manera sistemática para el desarrollo de software de Realidad Aumentada centrado en el usuario.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- *Identificar los ejes de la metodología lógico-semiótica, a partir de los modelos y tecnología que la estructuran.*
- *Analizar la aplicación operativa y práctica de los distintos aspectos a considerar en el desarrollo software con RA centrado en el usuario, mediante el análisis y definición del signo RA conforme a los aspectos de este y su relación con las categorías planteadas por Peirce.*
- *Visibilizar el sistema de relaciones entre las técnicas de RA, las características de los usuarios y entorno de uso para seleccionar las técnicas más adecuadas, a partir de la definición de las categorías semióticas y el planteo del nonágono semiótico de la RA.*
- *Adecuar la metodología para el desarrollo de software de RA, a través del planteo de los nonágonos correspondientes a los signos propios o más relevantes de la RA y el desarrollo descriptivo de sus correlatos y tricotomías.*
- *Validar el modelo, mediante la aplicación de la metodología propuesta a un caso real de desarrollo de un software de RA.*

3.4.LÍMITES

La presente propuesta de metodología de desarrollo de software educativo con técnicas de RA centrada en el usuario está dirigida a aplicaciones mobile y tiene como foco principal el contenido para RA y la interfaz de usuario. Además de estar planteada para equipos pequeños de desarrollo con plazos y presupuestos acotados.

Capítulo 4 - Solución propuesta

4.1.DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN

La solución propuesta comprende el planteo de una metodología para desarrollo de software con técnicas de RA centrado en el usuario. Esta metodología se basa en el ícono diagramático denominado nonágono semiótico, adopta la filosofía de Diseño Centrado en el Usuario y se enfoca en desarrollos de aplicaciones con RA (Figura 16).

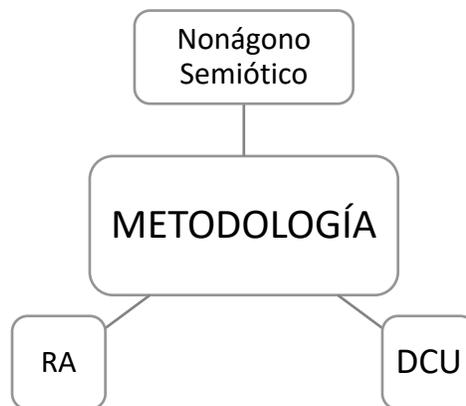


Figura 16 Componentes de la metodología propuesta. RA: realidad aumentada, DCU: diseño centrado en el usuario.

La metodología propuesta se concibe bajo la filosofía del Diseño Centrado en el Usuario, la cual tiene por objeto la creación de productos que resuelvan necesidades concretas de sus usuarios finales; se centra en la usabilidad del diseño. Por ello en los signos propuestos, con sus categorías y correlatos, se incluye al usuario y se busca una comprensión explícita de este, de sus tareas y entornos. Además, el modelo admite el involucramiento de usuarios y permite un proceso iterativo para mejorar el diseño y orientarlo siempre a la UX. El análisis de carácter semiótico da lugar y hasta invita a la conformación de un equipo multidisciplinario y lograr un análisis y comprensión más profundas acerca del diseño y aspectos de interacción de los usuarios con la tecnología, la usabilidad y llegar a una mejor experiencia de uso.

4.2. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

4.2.1. ANÁLISIS DEL SIGNO RA

La metodología aplicada asimila el concepto de signo a los distintos objetos y conceptos involucrados en el desarrollo de un software con técnicas de RA centrado en el usuario. Conforme la definición peirceana de signo, en este caso el signo sería la RA, como se muestra en la Figura 17. La misma está en alguna relación de comparación o cualidad, es decir, los distintos tipos de RA, que deberán ser conjugados con las características de los usuarios a quienes se dirige y las características del entorno donde estos harán uso de esta tecnología, todo lo cual representa la posibilidad de concretar ese algo (RA) bajo determinada forma. La RA está por algo, se presenta o materializa mediante la combinación de tipos (tecnología, contenidos, estética, etc.) elegidos en una aplicación software. Y, finalmente, la RA está para alguien, es decir, está en una relación de pensamiento o convencionalidad con el sistema interpretante (conformado por usuarios, propietarios, desarrolladores, diseñadores y todo sujeto que interprete esa RA y a partir de la cual genere pensamientos, ideas o conocimiento), plasmada en los requisitos que delimitan el desarrollo software.

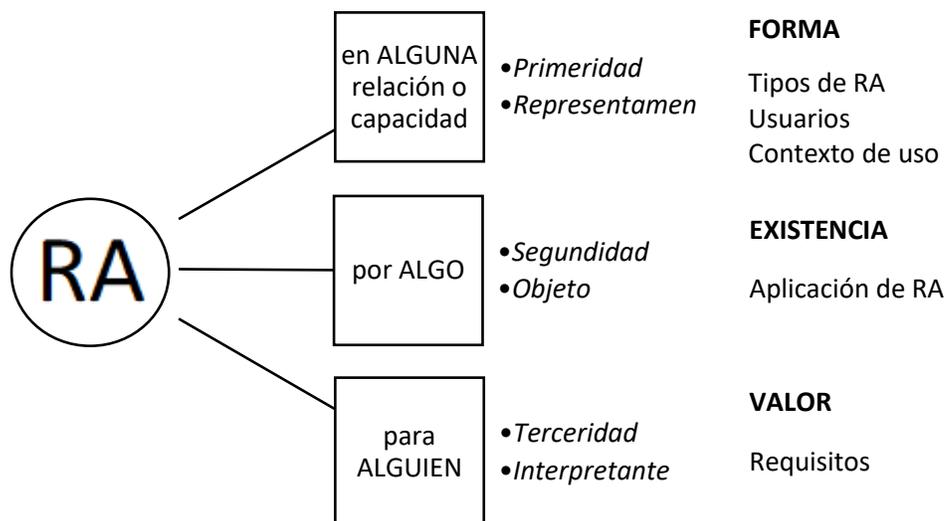


Figura 17 Definición del signo RA

A partir del concepto de RA como signo, para entender qué comprende esta tecnología, descubrir relaciones con otros signos y dar lugar a la profundización del análisis, se plantea su correspondiente nonágono semiótico (ver Tabla 3). Los correlatos corresponden a las categorías materiales u operativas, las cuales se sintetizaron en *Diseño, Desarrollo e Interacción*, pretendiendo mostrar etapas del proceso llevado adelante para obtener una aplicación software. Mientras que el desarrollo triádico de cada aspecto del signo corresponde a las categorías formales, teóricas o conceptuales, en este caso definidas como *Conocimiento, Propuesta y Justificación*.

RA	F CONOCIMIENTO <i>Primera tricotomía</i>	E PROPUESTA <i>Segunda tricotomía</i>	V JUSTIFICACIÓN <i>Tercera tricotomía</i>
F DISEÑO <i>Primer correlato</i>	FF Tipos de RA Usuarios Entorno de uso	EF Prototipos Algoritmos	VF Valor para los distintos actores (usuarios, propietarios, desarrolladores, etc.)
E DESARROLLO <i>Segundo correlato</i>	FE Software, Hardware, Información	EE Aplicación de RA	VE Mejor información, actividad.
V INTERACCIÓN <i>Tercer correlato</i>	FV Lenguajes de comunicación y de interacción, ergometría.	EV Uso	VV Requisitos

Tabla 3 Nonágono semiótico del signo RA

CORRELATOS

Tomando la primera columna, en este caso el CONOCIMIENTO, su primer correlato, DISEÑO, muestra el desarrollo formal del signo, en el que se exploran posibilidades: *tipos de RA, usuarios y entorno de uso*. Como se mencionó en la descripción general, hay distintas formas de mostrar la RA al usuario (display de mano, de cabeza o espacial), tipos de componentes reales (patrón, figura, objeto, escenario), tipos de componentes virtuales (imágenes 2D, objetos 3D, videos, audios, multimedia), y funcionalidades (de percepción o

entorno artificial). También se debe definir e indagar acerca de los usuarios, es decir los destinatarios del producto resultante. Es necesario conocer si hay más de un perfil, quiénes y cómo son, en términos demográficos y psicográficos. A su vez, es necesario conocer acerca de las características del o de los posibles lugares donde se hará uso de la aplicación, si se trata de un interior o exterior, si es público o privado, condiciones de luminosidad, acústicas, edificaciones, equipamiento, energía, redes y todo aquello que se considere significativo para el proyecto, que intervenga en la interacción del usuario con la RA.

El segundo correlato, DESARROLLO, representa la forma en que podrán ser materializadas esas ideas y decisiones resultantes del correlato anterior. Conforme la combinación o relación de cualidades elegida serán necesarios determinados programas o software para la generación y edición de archivos y codificación, los cuales deberán estar soportados en algún hardware, el cual también involucra periféricos necesarios para probar y luego aumentar la información, y a todo esto se suma el acceso redes, como internet o alguna intranet. Puede ser que los contenidos se generen de cero, se los encargue o bien se recurra a bancos de imágenes, modelos 3D, sonidos, entre otros, es decir serán necesarios diversos archivos con los cuales se desarrollará la información a aumentar o que forme parte de la aplicación.

El tercer correlato, INTERACCIÓN, corresponde al conocimiento acerca de las formas en que los usuarios se comunican e interactúan con los sistemas informáticos, es decir las interfaces de usuario. Es necesario definir el nivel de interacción apropiado para el caso particular, describir los componentes de la interfaz, teniendo en cuenta los principios de diseño de interfaces, y el grado de usabilidad, accesibilidad y funcionalidad deseados.

Al pasar a la segunda columna, los correlatos mostrarán cómo las formas de todo ese conocimiento analizado en la primera columna, se vuelve algo concreto, se materializa en una PROPUESTA. Así, de las posibles técnicas de RA, puestas en relación con determinados usuarios y un entorno específico es posible plantear los diversos prototipos que describan y expliquen desde la forma cómo será esa aplicación o producto software. En el primer correlato, a través de esquemas, diagramas, bocetos, planos, sketches, modelos funcionales, se diseña y plantea ese nuevo objeto o producto. Si fuera necesario, también sería la instancia de plantear los algoritmos. En el segundo correlato está la propuesta materializada, o sea,

tenemos la aplicación de RA, cuyo contenido significativo está dado por la información aumentada, es decir, las imágenes 2D, objetos 3D, videos, audios, multimedia desarrollados, junto a sus componentes reales también ya construidos. El tercer correlato corresponde a la situación de uso en sí, es decir al momento en que el usuario interactúa con la aplicación, mediante la interfaz, y logra acceder a la información aumentada dentro del contexto de uso auténtico.

Finalmente, en la tercera columna, JUSTIFICACIÓN, muestra la relación de necesidad o valor del signo con el sistema interpretante. En el primer correlato se evidencia el valor del sistema de cualidades o formas elegidas previamente (de RA, de representación) para los actores (usuarios²⁴, propietarios, desarrolladores, etc.), ya que harán interpretaciones de estas y podrán justificar sus decisiones de diseño. El segundo correlato se refiere al valor de la existencia, es decir justifica el resultado del desarrollo, el producto software, en un contexto (de uso, tecnológico, sociocultural) determinado. De alguna forma responde al para qué, a la función (valor) de la aplicación como herramienta para lograr algo, y vinculación con la ecología de las interfaces (contexto). Mientras que el tercer correlato sintetiza las necesidades a través de los requisitos y da consistencia al sistema.

<i>Primer correlato</i>	Diseño	Relativo al proceso de diseño, comprende toda la investigación y conocimiento del problema, la fase proyectual y sus iteraciones y las justificaciones de cada decisión tomada.
<i>Segundo correlato</i>	Desarrollo	Relativo al proceso de desarrollo, más vinculado a las cuestiones tecnológicas y materiales, que posibilitarán obtener un producto software concreto.
<i>Tercer correlato</i>	Interacción	Relativo al uso de la interfaz, comprende los aspectos de la comunicación, está más orientado a los usuarios en su contexto de uso.

Tabla 4 Los tres correlatos de la RA.

Al realizar una lectura completa de cada fila, de izquierda a derecha, se puede considerar cada correlato como un modo de manifestación diferente y, por ende, una unidad

²⁴ La filosofía del Diseño Centrado en el Usuario admite el involucramiento de usuarios.

de análisis distinta (ver Tabla 4). Entonces, se podrían ver cuestiones referidas a la etapa de DISEÑO (primera fila) con toda su complejidad, a la etapa de DESARROLLO y sus cuestiones más tecnológicas, y a la de INTERACCIÓN, con cuestiones más humanas. El proceso de diseño empieza con la comprensión del problema o aquello que requiere una solución. Por lo tanto, primero se debe investigar y conocer para luego comenzar a proyectar. El proceso proyectual demanda profundizar el conocimiento acerca del problema porque cada idea o posibilidad traerá nuevas preguntas y relaciones con aspectos o cuestiones que irán surgiendo. Esas ideas son representadas de alguna manera para ser registradas, comunicadas y verificadas. La selección de las distintas posibilidades para cada aspecto del problema tiene su justificación, dada por el mayor valor que esas opciones dan a la solución conjunta. El proceso de desarrollo toma el diseño propuesto y lo manifiesta, lo vuelve algo concreto, a partir de la tecnología existente o disponible. La interacción humaniza la tecnología, revistiéndola de un lenguaje comprensible para los usuarios que debiera responder al quién, dónde, cómo, cuándo se usa el producto software. Este sentido de lectura contribuye a destacar las condiciones y criterios implicados en cada correlato o modo de manifestación de la RA: formal, material y valorativo.

TRICOTOMÍAS

La primera tricotomía comprende la primeridad de cada correlato (primera fila de la grilla), es decir las posibles formas del signo RA, antes de volverse algo concreto. En este caso, en el primer correlato, esas formas corresponden a la etapa de DISEÑO, donde se investiga para obtener CONOCIMIENTO de la tecnología de RA, de los destinatarios (usuarios) y el contexto de uso. Luego, en el segundo correlato, se plasma y organiza ese conocimiento a través de representaciones (bocetos, esquemas, *sketches*, etc.) para comenzar a darle forma a la PROPUESTA. El valor de estas formas más definidas está dado en su función comunicacional, ya que sirven como JUSTIFICACIÓN (verificación y validación) de las decisiones de diseño entre los actores que intervienen en el proceso de DISEÑO.

La segunda tricotomía de cada correlato muestra la relación de la RA (signo) con su objeto, es decir las manifestaciones existenciales de cada aspecto. Entonces, el primer aspecto, referido a los tipos de RA, los usuarios y el contexto, se concreta a partir de los medios necesarios para llevar adelante el DESARROLLO, es decir los medios tecnológicos

concretos, la información (archivos) de los usuarios, el contexto, funciones y contenidos. Seguidamente, las representaciones se materializan en la propia aplicación de RA, la PROPUESTA. La misma da carácter de existencia a todo lo anterior en algo nuevo y su JUSTIFICACIÓN o valor está dado por su función, la cual consiste en una mejor forma de proporcionar información o realizar alguna actividad por parte del usuario, que también significa un mejor servicio en caso del propietario de la aplicación.

La tercera tricotomía pone de manifiesto la relación entre la RA y su interpretante, quien da valor a las concreciones existenciales de la tricotomía anterior. Este valor se expresa a través de la INTERACCIÓN, la cual ocurre en las interfaces de usuario. Para esto, se parte del CONOCIMIENTO de los lenguajes de comunicación, la gramática de interacción, la ergonomía, interpretados por diseñadores y desarrolladores para proponer una interfaz, a partir de la cual el usuario hará uso de la aplicación. En el uso de la aplicación, a través de la interfaz, el usuario encontrará el valor de la PROPUESTA, manifestada como su experiencia. Finalmente, la síntesis de interpretaciones del conjunto de actores acerca de los elementos de interacción y el comportamiento de estos y del usuario, la JUSTIFICACIÓN de sus decisiones, queda plasmada en los requisitos.

Forma	Existencia	Valor
CONOCIMIENTO <i>Primera tricotomía</i> El conocimiento acerca de la RA en toda su complejidad tecnológica, para desarrollarla e implementarla, puesta en relación con el conocimiento de los usuarios de esa tecnología y su contexto de uso.	PROPUESTA <i>Segunda tricotomía</i> La generación de algo nuevo, desde que es una idea representada de alguna forma, hasta volverse algo concreto y es finalmente utilizado.	JUSTIFICACIÓN <i>Tercera tricotomía</i> Las razones que motivan y justifican la existencia de ese nuevo desarrollo, esa nueva forma de hacer algo.

Tabla 5 Las tricotomías de la RA.

También es posible realizar una lectura completa de cada columna (de arriba a abajo) para recorrer las tricotomías (ver Tabla 5). Dado que una aplicación software es un signo concreto, se sugiere comenzar la lectura por la segunda columna, en virtud de su carácter descriptivo. Entonces, se detallarían las representaciones, los prototipos necesarios para

mostrar la forma de la PROPUESTA, la aplicación en sí, tutoriales, manuales de uso, y, por último, la experiencia concreta del usuario a partir del uso de la aplicación. En la primera columna se volcaría todo el CONOCIMIENTO acerca de la tecnología de RA, los usuarios y el entorno (la forma), de cómo o con qué medios materializar todo ello, y de las pautas, principios, modos de INTERACCIÓN y medidas de los elementos que la soportan. En la última columna se plantean los valores que justifican las decisiones tomadas para llegar a esa nueva propuesta: el valor para los distintos actores, la solución aportada por la aplicación y los requisitos a los que responde.

USUARIOS

Una forma de analizar y comprender las necesidades, deseos, intereses y limitaciones de los usuarios del futuro software de RA con sentido y valor para estos, es a través de un nonágono semiótico del signo usuario. Para este análisis se definieron los correlatos *Características*, *Comportamiento* y *Cultura*, y las tricotomías *Información*, *Identidad* y *Valores*, como se muestra en las siguientes Tabla 6 y Tabla 7, respectivamente.

<i>Primer correlato</i>	Características	Relativo a las formas en que se puede caracterizar al usuario. Como cuestiones demográficas, rasgos de personalidad, necesidades y demás datos relevantes para el proyecto. Las representaciones de estos datos y la caracterización de estas representaciones en categorías estéticas, emocionales y de comunicación.
<i>Segundo correlato</i>	Comportamiento	Relativo a lo que hace el usuario, cómo, cuándo, con énfasis en su relación con la tecnología. Esto, sumado a lo obtenido en el correlato anterior, conforma una persona, identidad concreta, con objetivos e intereses personales.
<i>Tercer correlato</i>	Cultura	Relativo al conjunto de saberes y aspectos culturales, que completan la información anterior y se pueden sintetizar en un estilo de vida específico, que lo hace parte de una comunidad determinada.

Tabla 6 Correlatos del signo Usuario

<p>Forma</p> <p>INFORMACIÓN <i>Primera tricotomía</i> La información acerca de la persona del usuario, en toda su complejidad humana, y su relación con la tecnología.</p>	<p>Existencia</p> <p>IDENTIDAD <i>Segunda tricotomía</i> La representación de la identidad del usuario concreto.</p>	<p>Valor</p> <p>VALORES <i>Tercera tricotomía</i> Las cuestiones significativas para el usuario y su comunidad o contexto.</p>
--	--	--

Tabla 7 Tricotomías del signo Usuario

A partir de los correlatos y tricotomías planteados, se propone el siguiente nonágono semiótico del Usuario (ver Tabla 8). Se sugiere realizar los nonágonos de algunos potenciales usuarios, considerados representativos del conjunto, y luego conformar un nonágono final con los resultados obtenidos con un perfil ficticio o genérico.

Usuario	F INFORMACIÓN <i>Primera tricotomía</i>	E IDENTIDAD <i>Segunda tricotomía</i>	V VALORES <i>Tercera tricotomía</i>
F CARACTERÍSTICAS <i>Primer correlato</i>	FF Demográfica. Rasgos de personalidad Necesidades	EF Representaciones (fotografías, ilustraciones, gráficos estadísticos, etc.)	VF Estéticos, emocionales, comunicacionales
E COMPORTEAMIENTO <i>Segundo correlato</i>	FE Hábitos de consumo, de uso, de compra, actividades, dispositivos y software que utiliza.	EE Persona real	VE Objetivos, intereses
V CULTURA <i>Tercer correlato</i>	FV Conocimiento, ideas, costumbres, referentes	EV Estilo de vida	VV Comunidad

Tabla 8 Nonágono semiótico del signo Usuario

El primer correlato corresponde a las CARACTERÍSTICAS demográficas del usuario (como edad, género o identidad de género, nivel de educación formal, nivel socioeconómico, estado civil, lugar de residencia y/o trabajo o estudio, lugar de origen), además de los rasgos de personalidad y necesidades en general. En el caso de software, las necesidades pueden

estar referidas a cuestiones de accesibilidad, es decir, características que deba tener el sistema informático para que pueda ser operable por este usuario (compatibilidad con lectores de pantalla, configuraciones de la apariencia como tamaños de fuente, colores, brillo de la pantalla, alertas sonoras, etc.) Se busca tener suficiente información para comenzar a caracterizar al usuario y luego, en la siguiente tricotomía, representarla de manera gráfica (a través de gráficos, fotografías, ilustraciones, paletas de color), ponerle cara, ir descubriendo y comprendiendo su IDENTIDAD. La misma está asociada a determinados VALORES estéticos, formas de expresar y entender la emoción, preferencias y estilos de comunicación, que se desarrollan en la tercera tricotomía.

El segundo correlato está referido a la INFORMACIÓN del COMPORTAMIENTO del Usuario (primera tricotomía). Aquí se analizan los hábitos de consumo, de uso y de compra, en general y de software en particular, como también las actividades que realiza. Conocer cuáles son las interfaces que utiliza habitualmente aporta valiosa información en términos de interacción con sistemas informáticos. La segunda tricotomía de este correlato lleva a la persona real, concreta, del usuario, con objetivos e intereses personales (tercera tricotomía), que es de esperar sean coherentes con sus hábitos y actividades, o tal vez no, y con los valores del correlato anterior.

El tercer correlato, CULTURA, corresponde a una capa más profunda, menos evidente, en la primera tricotomía, ya que se refiere a los conocimientos (que exceden a la educación formal y hasta se vinculan con cuestiones de interacción con interfaces digitales, como videojuegos), ideas en general y sobre temas vinculados al proyecto, costumbres, referentes familiares, deportivos, musicales, académicos u otros. La información cultural junto a la anterior posibilita definir el estilo de vida del usuario, a modo de síntesis acerca de su IDENTIDAD (segunda tricotomía). Todo el conjunto de características, comportamiento, cultura y valores vincula e identifica al usuario con otros y hacen parte de una COMUNIDAD, a partir de la cual validar generalidades y particularidades para la aplicación a desarrollar.

CONTEXTO DE USO

Para comprender, organizar y compartir la información acerca del contexto donde se busca implementar la tecnología de RA, se podría plantear el correspondiente nonágono

semiótico. Aquí se propone el siguiente (ver Tabla 9), donde los correlatos corresponden a las categorías *Diseño, Construcción y Función*, y las del desarrollo triádico a *Relevamiento, Escenario y Comprensión* en un contexto de uso sin RA.

Contexto de Uso sin RA	F RELEVAMIENTO <i>Primera tricotomía</i>	E ESCENARIO <i>Segunda tricotomía</i>	V COMPRESIÓN <i>Tercera tricotomía</i>
F DISEÑO <i>Primer correlato</i>	FF Descripción	EF Representaciones	VF Ambiente
E CONSTRUCCIÓN <i>Segundo correlato</i>	FE Equipamiento	EE Espacio concreto	VE Permanencia o estar
V FUNCIÓN <i>Tercer correlato</i>	FV Objetivos Normas	EV Actividades	VV Experiencia

Tabla 9 Nonágono semiótico del signo Contexto de Uso sin RA

El correlato de DISEÑO, a diferencia del nonágono de RA, hace referencia a lo existente y no lo proyectado. En la primera columna se busca describir el espacio tal cual existe antes del desarrollo del software con RA. Entonces, primero se hace una descripción de este, en cuanto a sus dimensiones, si se trata de un lugar abierto o cerrado, público o privado, su localización, orientación y demás características que ayuden a clasificarlo y entenderlo. En el segundo correlato, CONSTRUCCIÓN, se pasaría a listar los elementos que conforman el equipamiento del sitio, como ser mobiliario, luminarias, solados, aberturas, señalética, tomas eléctricas, acceso a redes y demás. El tercer correlato está referido a la FUNCIÓN de ese espacio, es decir, si se trata de un entorno educativo, administrativo, industrial, recreativo u otro, y a sus normas o pautas de funcionamiento (horarios, permisos de admisión, uso de elementos de seguridad, dispositivos, etc.). La primera tricotomía, RELEVAMIENTO, corresponde a la información de ese espacio, que se puede obtener a partir de la observación directa, la lectura de documentación y el cliente. En el correlato DISEÑO del ESCENARIO, estarían las descripciones materializadas en planos, esquemas, sketches del

sitio, propios o dados por el cliente. En el segundo correlato se encuentra el espacio real, donde se busca implementar la tecnología de RA y en el tercer correlato la narración o descripción de la o las actividades que se llevan adelante en él, principalmente aquella a la que se desea modificar incorporando RA, para comprender acabadamente cómo es la dinámica, los elementos empleados al momento, etc. La segunda tricotomía muestra el ESCENARIO de uso actual, desde representaciones, al espacio concreto y a su FUNCIÓN concreta. El primer correlato de la última columna se corresponde con el registro de cómo es el ambiente o clima en ese espacio, las sensaciones que genera en las personas que están en él. Si tiene alguna impronta, a lo que denota o cómo se interpreta ese espacio, si se trata de un lugar tranquilo, relajado, descontracturado o lo contrario. El segundo correlato baja esto a la permanencia concreta en ese lugar, al relato de cómo es estar ahí. El tercer correlato consiste en la experiencia de quienes realizan las actividades en ese espacio, a la validación de los objetivos de aprendizaje, trabajo, entretenimiento. La tercera tricotomía, COMPRENSIÓN, entonces, refiere a cómo es entendido ese espacio por los diversos actores, a lo que ocurre en él y si se cumplen los objetivos para los cuales está destinado.

Contexto de Uso con RA	F RELEVAMIENTO <i>Primera tricotomía</i>	E ESCENARIO <i>Segunda tricotomía</i>	V COMPRENSIÓN <i>Tercera tricotomía</i>
F DISEÑO <i>Primer correlato</i>	FF Descripción	EF Representaciones con intervenciones para RA	VF Ambiente
E CONSTRUCCIÓN <i>Segundo correlato</i>	FE Equipamiento con componentes reales	EE Espacio concreto intervenido	VE Permanencia o estar
V FUNCIÓN <i>Tercer correlato</i>	FV Objetivos Normas	EV Actividades con RA	VV Experiencia con RA

Tabla 10 Nonágono semiótico del signo Contexto de Uso con RA

Una vez que se comprenda y analicen las distintas alternativas tecnológicas de la RA, podrían plantearse los nonágonos del contexto de uso con las variantes de esta tecnología

4.2.2. ANÁLISIS DE LOS SIGNOS COMPONENTES VIRTUALES Y REALES

El análisis del proceso de desarrollo de una aplicación de RA puede involucrar el desarrollo de varios nonágonos, ya que la grilla vacía se debe completar y revisar y volver a plantear como un proceso iterativo, en el que se trabaja como en capas de conocimiento y detalle. La grilla de la Tabla 3 es orientativa y, además de guiar acerca de los aspectos a considerar e investigar, puede abrirse en nuevos signos para profundizar el análisis. A continuación, se plantean los nonágonos correspondientes a los signos principales, los componentes virtuales y reales, donde se describen las clases de signos a modo enunciativo. Estos signos mayormente implican un diseño y desarrollo a medida de la aplicación software a desarrollar, a diferencia del tipo de display o forma de mostrar la RA al usuario, que en este planteo está dado, porque se plantea utilizar los dispositivos móviles de los usuarios. Si fuera necesario, podría plantearse un nonágono para analizar y definir el tipo de display más funcional al proyecto.

NONÁGONO DE COMPONENTES VIRTUALES

Este segundo nonágono se refiere específicamente al contenido de la aplicación, es decir a las representaciones del mundo real o componentes virtuales, a los objetos digitales que se combinan con el mundo real. Es a través de este contenido que ocurre la interacción, la experiencia de RA, y, por lo tanto, debe ser significativo para los usuarios. Al igual que en el nonágono de RA, los correlatos de este segundo nonágono corresponden a las categorías materiales u operativas de *Diseño, Desarrollo e Interacción*, que muestran etapas del proceso para obtener los objetos digitales o contenido de la aplicación. Mientras que los aspectos triádicos del signo corresponden a las categorías formales, teóricas o conceptuales, definidas, en este caso, como *Conocimiento, Propuesta y Justificación*. (Ver Tabla 11)

Componentes virtuales	F CONOCIMIENTO <i>Primera tricotomía</i>	E PROPUESTA <i>Segunda tricotomía</i>	V JUSTIFICACIÓN <i>Tercera tricotomía</i>
F DISEÑO	FF Tipos de componentes virtuales (imágenes 2D,	EF Representaciones	VF Estética. Eficiencia.

<i>Primer correlato</i>	objetos 3D, videos, audios, multimedia).	(Bocetos, esquemas, diagramas), Guiones, Prototipos.	Características, preferencias de los usuarios.
E DESARROLLO <i>Segundo correlato</i>	FE Software, archivos, almacenamiento, localización.	EE Información Aumentada.	VE Más y mejor información y comprensión.
V INTERACCIÓN <i>Tercer correlato</i>	FV Principios, reglas, medidas de usabilidad.	EV Interacción concreta (aprendizaje, tarea, entretenimiento, otra).	VV Mejor experiencia perceptual o artificial.

Tabla 11 Nonágono semiótico del signo Componentes virtuales de la RA

En el primer correlato del CONOCIMIENTO, el DISEÑO, se expone el desarrollo formal del signo, es decir las posibilidades de representación del mundo real: *tipos de componentes virtuales*. Estos pueden ser imágenes 2D, objetos 3D, videos, audios, multimedia. Conforme a la naturaleza y atributos del elemento real que se desea representar, será más pertinente uno u otro tipo o una combinación de ellos. Habrá que considerar las distintas formas de percepción, el grado de comprensión del mundo real, el carácter realista o abstracto, físico o emocional del elemento, si se trata de un objeto o una historia, entre otras cuestiones, y el nivel de interacción definido previamente. Todo esto puesto en relación con el entorno y grupo de usuarios a quien está dirigido este contenido, cuya información se planteó en el primer nonágono. El segundo correlato, DESARROLLO, constituye la forma en que podrán ser materializados esos contenidos, es decir los programas o software para la generación y edición, los soportes y demás hardware necesario, como cámaras, micrófonos, instrumentos musicales, tabletas digitalizadoras, etc., además del acceso a redes, como Internet u otra. Los contenidos pueden ser generados de cero, desarrollados por terceros o bien obtenidos en bancos de imágenes, modelos 3D, sonidos, entre otros. Depende de qué se trate, el tiempo para su obtención o generación puede ser importante, en algunos casos podría implicar el traslado a determinados lugares en épocas y momentos específicos, y sus correspondientes permisos de acceso. El tercer correlato, INTERACCIÓN, está referido al conocimiento del conjunto de principios para el diseño de interfaces de usuario, a las dimensiones del lenguaje de interacción y a las medidas de las características de calidad del uso de la interfaz.

En la siguiente columna, todo ese conocimiento analizado se materializa en una PROPUESTA. En el correlato de DISEÑO, a través de esquemas, diagramas, bocetos, planos, sketches, modelos funcionales, se diseña y plantean los nuevos objetos virtuales en distintas instancias de desarrollo. En el segundo correlato está la propuesta materializada, o sea, las imágenes 2D, objetos 3D, videos, audios, multimedia desarrollados. El tercer correlato corresponde a la interacción del usuario con esos componentes, a la información aumentada dentro del contexto de uso real.

El tercer correlato, JUSTIFICACIÓN, muestra la relación de necesidad o valor del signo para los usuarios o interpretantes, y se aprecia el contacto con el entorno, dado que los valores que traen los usuarios se originaron en este. La estética elegida para los objetos y los elementos de comunicación para validarlos deben coincidir o guardar relación con el código utilizado por los usuarios (público objetivo). No es el mismo código visual, textual, musical para niños, adolescentes o adultos, pertenecientes a distintos grupos socioeconómicos, nivel de formación o instrucción, especialistas o público en general, etc. Las características comunicacionales de los objetos digitales serán más eficientes si son compartidas por los usuarios destinatarios. El segundo correlato se refiere al valor de la existencia, es decir justifica la realización o existencia de esos objetos virtuales que completan la información brindada en el entorno, y contribuyen a una mejor comprensión de un tema o actividad. Responde al para qué, al carácter funcional (valor) de la información aumentada, cuya forma de representación elegida dialoga con la estética, formatos y tecnologías del contexto con el que se corresponde. El tercer correlato plantea que las decisiones previas dan lugar a una mejor experiencia de uso y la actividad en general. Para conocer con certeza cuánto mejor es, habría que plantear alguna instancia de evaluación.

En cuanto a las tricotomías, se observa que la primera tricotomía se corresponde con la primeridad de cada correlato (primera fila de la grilla), es decir las posibles formas de los componentes virtuales antes de volverse información aumentada concreta. En este caso, en el primer correlato, esas formas corresponden a la etapa de DISEÑO, donde se investiga para obtener CONOCIMIENTO de las diversas formas de representación para el caso en cuestión. Luego, en el segundo correlato, se plasma y organiza ese conocimiento a través de representaciones preliminares (bocetos, esquemas, sketches, etc.) para darle forma a la

PROPUESTA. Las mismas sirven para comunicar y entender la propuesta, siendo esto su valor o JUSTIFICACIÓN (verificación y validación) entre los interpretantes del proceso de DISEÑO.

La segunda tricotomía de cada correlato muestra la relación del signo, componentes virtuales, con sus manifestaciones existenciales en cada aspecto, siendo el primero de ellos los tipos de componentes virtuales. Los cuales se materializan a partir de los recursos necesarios para realizar su DESARROLLO, es decir los recursos tecnológicos determinados y los archivos. Seguidamente, las representaciones preliminares o prototipos se materializan en los objetos digitales finales, la PROPUESTA, la cual provee de una nueva existencia a todo lo anterior. Su JUSTIFICACIÓN o valor está dado por su función, la cual consiste en una mayor y mejor información.

La tercera tricotomía pone de manifiesto la relación entre los componentes virtuales y el usuario, su interpretante, quien valora las materializaciones de la tricotomía anterior a través de la INTERACCIÓN. Para esto, se parte del CONOCIMIENTO del conjunto de principios para el diseño de interfaces de usuario, a las dimensiones del lenguaje de interacción y a las medidas de las características de calidad del uso de la interfaz. En la manipulación de los objetos virtuales el usuario encontrará el valor de la PROPUESTA, la cual le permite comprender mejor determinado contexto o tema, realizar mejor cierta actividad, entretenerse más o lo que plantee dicha propuesta. En esa mejor experiencia de RA se encuentra la JUSTIFICACIÓN o valor de los componentes virtuales desarrollados.

Los componentes virtuales, por su estrecho contacto con los usuarios, hacen que el desarrollo de este nonágono lleve a revisar la información de estos, y hasta sea necesario indagar más acerca de ellos. Sería útil proponer algún nonágono cuyo signo sea algún concepto que represente un valor significativo para el grupo de usuarios. Por ejemplo, si se trata de una aplicación de entretenimiento dirigida a adolescentes, podría plantearse el nonágono del signo diversión. O si fuera una aplicación para un entorno laboral, el signo podría ser eficiencia, o precisión. Lo que se obtenga de ese análisis podrían ser características del contenido de la aplicación de RA.

NONÁGONO DE COMPONENTES REALES

El siguiente tercer nonágono (ver Tabla 12) se refiere a los componentes físicos o reales, es decir, a los elementos a través de los cuales se activa la información digital o aumentada, también llamados marcadores, activadores o trackables. Al igual que en los anteriores nonágonos, los correlatos del presente nonágono corresponden a las categorías materiales u operativas de *Diseño*, *Desarrollo* e *Interacción*, que muestran etapas del proceso para definir y obtener el o los marcadores para la aplicación software. En tanto que los aspectos triádicos del signo marcador corresponden a las categorías formales, teóricas o conceptuales, definidas como *Conocimiento*, *Propuesta* y *Justificación*, en este caso.

Componentes reales	F CONOCIMIENTO <i>Primera tricotomía</i>	E PROPUESTA <i>Segunda tricotomía</i>	V JUSTIFICACIÓN <i>Tercera tricotomía</i>
F DISEÑO <i>Primer correlato</i>	FF Tipos de componentes reales (patrón, figura, objeto, escenario).	EF Representaciones (Bocetos, maquetas), Prototipos.	VF Características del usuario y del entorno.
E DESARROLLO <i>Segundo correlato</i>	FE Software, Hardware, materiales, soportes.	EE Marcadores o disparadores de RA.	VE Mejor reconocimiento y activación de la RA.
V INTERACCIÓN <i>Tercer correlato</i>	FV Análisis de ergonomía y manipulación.	EV Uso de la RA.	VV Mejor experiencia perceptual o artificial.

Tabla 12 Nonágono semiótico del signo Componentes reales de la RA

En este nonágono, el DISEÑO, primer correlato del CONOCIMIENTO, muestra las distintas formas de activar la información aumentada, las cuales pueden ser patrones, figuras, objetos o escenarios. Habrá que evaluar la robustez y eficiencia de cada opción, la irrupción visual en la escena real o bien la presencia de objetos físicos que puedan operar como marcadores, el acceso a redes de internet o móvil, además, de las características del entorno y de los usuarios. El segundo correlato, el DESARROLLO, constituye la forma en que podrán ser materializados esos marcadores, es decir los programas o software para la generación y

edición de archivos o georreferenciación, las características físicas de los objetos que soporten los marcadores y demás hardware y materiales necesarios. Los archivos a partir de los cuales se generen los marcadores pueden ser propios, o no. El tercer correlato, INTERACCIÓN, corresponde al conocimiento correspondiente a la forma de manipulación del display sobre el marcador, distancias y posturas apropiadas, tiempo, características (principalmente anatómicas) de los usuarios que intervengan en la forma de acceder a la información aumentada.

En la segunda columna, ese conocimiento se materializa en una PROPUESTA. En el correlato de DISEÑO, a través bocetos, detalles constructivos, maquetas, sketches, se diseñan los marcadores. En el segundo correlato los marcadores constituyen objetos concretos, está materializada la propuesta. El tercer correlato corresponde a la interacción del usuario con los marcadores para acceder a la información aumentada en el contexto de real uso.

La JUSTIFICACIÓN, el tercer correlato, explicita la relación de necesidad o valor del signo marcador para los usuarios o interpretantes y el entorno. Las características materiales, estructurales, formales de los objetos que soporten los marcadores deben contribuir al buen funcionamiento de estos, haciendo que la información aumentada se active prontamente y sin dificultades en el entorno de uso real. Pero también deben ser cómodos, estéticos, funcionales respecto a las características físicas y de comportamiento de los usuarios. El segundo correlato se refiere al valor de la existencia, es decir justifica la existencia de esos marcadores y no otros, dada la facilidad de su reconocimiento por parte del display en ese entorno específico y la consecuente activación de la RA. Por último, el tercer correlato, a través de esa mejor experiencia perceptual o artificial justifica y da consistencia al sistema de marcación.

En cuanto a las tricotomías, la primera se corresponde con la primeridad de los distintos correlatos, es decir las posibles formas de los componentes reales antes de su existencia material. En el primer correlato, esas formas corresponden a la etapa de DISEÑO, donde se indaga acerca de distintas formas de marcación hasta tener el CONOCIMIENTO necesario sobre esto. En el segundo correlato ese conocimiento es materializado y organizado a través de representaciones (bocetos, maquetas, etc.) para dar forma a la PROPUESTA. Estas

representaciones sirven para testear y probar la propuesta de marcación, siendo este su valor o JUSTIFICACIÓN.

La segunda tricotomía de cada correlato muestra la relación del signo marcador con sus manifestaciones existenciales. La primera manifestación corresponde a la forma en que cada tipo de marcador puede ser materializado en la etapa de DESARROLLO, es decir los recursos informáticos y materiales. Luego, las representaciones preliminares o prototipos se materializan en marcadores físicos, la PROPUESTA, la cual constituye una nueva existencia de lo anterior. Su JUSTIFICACIÓN o valor está dado por su función, la cual consiste en el reconocimiento y activación de la información aumentada, de manera eficiente.

La tercera tricotomía pone de manifiesto la relación entre los componentes reales, los usuarios y el entorno de uso. Conforme al CONOCIMIENTO del sistema de marcación elegido, la manipulación de dispositivos y ergonomía, el usuario encontrará el valor de la PROPUESTA cuando utilice los marcadores y pueda vivenciar una mejor experiencia perceptual o artificial. Si bien cada usuario es interpretante, y por esto quien valora las materializaciones a través de la INTERACCIÓN, esta valoración depende del buen desempeño de los marcadores en el entorno de uso. Los marcadores están en el mundo real y por lo tanto los factores de este mundo pueden incidir en el reconocimiento y activación de la RA. Este nonágono visibiliza la necesidad de conocer en detalle el entorno de uso. En la mejor experiencia perceptual o artificial se encuentra la JUSTIFICACIÓN o valor de los marcadores desarrollados.

4.3.DESCRIPCIÓN DEL DOMINIO DEL PROBLEMA

Los jardines botánicos reciben millones de visitantes al año por lo que constituyen espacios de alto valor para la trasmisión de conocimientos sobre el medio ambiente y su valoración (Pisetta et al., 2015). Un proyecto del Jardín Botánico Arturo E. Ragonese (JBAER) del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Castelar es el sendero de atracción de mariposas, creado en el año 2013. Su finalidad es la vinculación directa de los visitantes (mayoritariamente grupos escolares) con distintas temáticas ambientales como las mariposas como indicadoras de pérdida de hábitat, su rol como polinizadores y su estrecha relación con sus plantas hospederas, orientadas a recrear el concepto de biodiversidad y su importancia en

los ecosistemas (Pidal et al., 2018). La observación de distintas especies de mariposas diurnas de la provincia de Buenos Aires, así como los diferentes estados de su ciclo de vida (huevo, oruga, pupa y adulto), puede verse imposibilitada debido a las variables ambientales que condicionan su presencia, siendo la oferta florística del sendero y la temperatura ambiental las más significativas (Tubio, 2017).

La tecnología de RA, al incorporar objetos virtuales al contexto real del usuario, posibilita completar la experiencia de observación a campo (experimental) durante los “baches” de observación que ocurren en el sendero por condiciones ambientales, de oferta florística y/o por dificultad de visualización por varias causas como tamaño (demasiado pequeños), color (mimetismo), hábito de alimentación de las orugas (solitario o gregario), entre otros. Para esto se hace necesario plantear una metodología de desarrollo de software con RA centrada en el usuario, que enriquezca y mejore la experiencia de los visitantes en el sendero.

4.3.1. MARIPOSAS NATIVAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Las mariposas son insectos conocidos y valorados por los seres humanos, dadas sus formas, colores y tamaños, y cuya metamorfosis siempre ha generado asombro y curiosidad. Además, son indicadoras de pérdida de hábitat naturales en ambientes modificados, como los que rodean a las grandes ciudades, dada su alta dependencia con ciertas especies vegetales, para el desarrollo completo de su ciclo de vida (Pidal et al., 2018).

CLASIFICACIÓN

Mariposas y polillas forman el orden *Lepidoptera* – del griego *lepidos*: escamas y *pteron*: ala –, ya que es una característica de este grupo el tener alas con escamas. Son el segundo orden en importancia de la clase Insecta, luego de los coleópteros (escarabajos), con aproximadamente 150.000 especies en el mundo. Las mariposas y polillas se diferencian, además de su hábito (diurno o nocturno, respectivamente), en general, por la situación de descanso, las antenas, los colores y el acoplamiento alar. Sin embargo, no hay reglas estrictas o exclusivas para separarlas, ya que características generales de un grupo pueden presentarse excepcionalmente en el otro (Núñez Bustos, 2010).

MORFOLOGÍA

El cuerpo de las mariposas, como el de todo insecto, se divide en tres regiones: cabeza, tórax y abdomen; siendo en la primera donde se hallan los órganos sensoriales y de la alimentación, entre ellos antenas, palpos, ojos compuestos y espiritrompa (aparato bucal succionador semejante a un largo tubo o “trompa”, por donde aspiran o liban el néctar de las flores y/o líquidos como sales disueltas en agua o jugos de frutas en descomposición, que permanece plegado en espiral, debajo de la cabeza, cuando se encuentra en reposo). Los sentidos del olfato, equilibrio y tacto son percibidos en sus antenas. Poseen tres pares de patas (como todos los insectos) y dos de alas en el tórax. Según su ubicación, las alas se denominan anteriores o delanteras y posteriores o traseras, y poseen dos caras o lados: faz superior o dorsal y faz inferior o ventral. Las mismas están formadas por una membrana venosa recubierta por escamas aplanadas, que son las que dan el color a las mismas. Las mariposas varían de tamaños y formas de acuerdo con cada especie (Núñez Bustos, 2010; Varga, 2000).

CICLO DE VIDA

Los lepidópteros pertenecen al grupo de insectos que realizan metamorfosis completa, es decir, un tipo de desarrollo en el que se suceden cuatro etapas conocidas como *estados*: huevo, larva u oruga, pupa o crisálida e imago o mariposa (adulto). Asimismo, el estado de larva se subdivide en diferentes *estadios* (generalmente 5 o 6) debido a las mudas consecutivas que estas realizan para aumentar de tamaño (Sbordoni y Forestiero 1998; Mattoni y Vannucci 2008; como se citó en Tubio, 2017). La duración de este ciclo y de cada etapa depende de la especie, región geográfica y factores climáticos (Varga, 2000). Asimismo, las características morfológicas en cada etapa son muy variables para cada especie de mariposa (Núñez Bustos, 2010). Sin embargo, pueden encontrarse patrones más o menos comunes dentro de las distintas Familias taxonómicas que agrupan aquellas especies que comparten ciertos rasgos morfológicos y de comportamiento (Inza 2022 com. pers.).

RELACIÓN CON LAS PLANTAS

La relación entre las mariposas diurnas y sus plantas hospederas es uno de los ejemplos más tangibles de relaciones inter-específicas en los ambientes urbanizados. La alta dependencia de las mariposas con ciertas especies vegetales, para el desarrollo completo de

su ciclo de vida, las convierte en importantes indicadores de la pérdida de hábitats naturales en ambientes modificados, como los que rodean a las grandes ciudades. Cada especie de mariposa se relaciona con un tipo o grupo reducido de especies de plantas hospederas del mismo género o la misma familia botánica, generalmente nativas (propias de la región) que pueden ser desde árboles y arbustos hasta pequeñas herbáceas, las cuales detectan a grandes distancias, y sino las encuentran no pondrá huevos ni podrá desarrollar su ciclo de vida. A su vez, las plantas con flor proveen de néctar a las mariposas diurnas en su estado adulto, siendo las flores de colores fuertes, poco perfumadas y con forma tubulosa las más visitadas por estas (Inza y Pidal, 2020). Además de ser indicadores ambientales, las mariposas prestan diferentes servicios ecosistémicos: los adultos son polinizadores, las orugas controlan la biomasa vegetal, y ambos sirven de alimento de otras especies animales (Núñez Bustos, 2010).

MARIPOSAS NATIVAS EN EL JBAER

Las especies de mariposas diurnas observadas y censadas en los avistajes realizados durante la primavera 2014 y el verano - otoño 2015 para la evaluación del sendero fueron 15, siendo las más frecuentes: *Agraulis vanillae*, *Danaus erippus*, *Vanessa sp.*, *Colias lesbia*, *Eurema deva*, *Junonia sp.*, *Ortilia ithra*, *Battus polydamas*, *Actinote pellenea*. y *Doxocopa laurentia* (Pisetta et al., 2015). Todas ellas corresponden a mariposas nativas de la provincia de Buenos Aires, es decir, especies pertenecientes a los ambientes de esta región (Núñez Bustos, 2010) dada la presencia de flora que constituye su alimento y debido a que reúne las condiciones para el desarrollo de su ciclo de vida completo.

4.3.2. SENDERO DE ATRACCIÓN DE MARIPOSAS DEL JBAER – INTA CASTELAR

El sendero de atracción de mariposas del Jardín Botánico Arturo Ragonese de INTA Castelar es un espacio diseñado con plantas hospederas y plantas con flor atractivas para las principales especies de mariposas diurnas de la provincia de Buenos Aires. El mismo constituye una herramienta educativa para el abordaje de temas como la biodiversidad y la importancia de las mariposas en los ecosistemas (Inza y Pidal, 2020). El objetivo de su creación consistió en generar una herramienta educativa a partir de la observación y

monitoreo de mariposas, dada la capacidad de estos insectos como bioindicadores del *estado de salud* de los ecosistemas debida a su respuesta frente a procesos como la contaminación y pérdida de hábitat. Así, el fin último del sendero es la de educación ambiental (Pidal e Inza, 2015).



Figura 19 Cartel con la sectorización del JBAER ubicado en las proximidades del centro de visitantes. PH Silvana Padovano

El sendero comenzó hacia el año 2013 como un jardín ornamental en el sector de la familia botánica de las Asteráceas (Compuestas), como muestra la Figura 19, plantas cuyas flores poseen características morfológicas (forma y color) que resultan atractivas para las mariposas diurnas. Con una extensión aproximada de 150 metros y un ancho de 4,50 m, posee dos extremos totalmente soleados y un sector central que se encuentra sombreado en primavera-verano y semi-abierto en otoño-invierno, cuando caen las hojas del bosque de álamos que lo atraviesa. Además de las Compuestas ya existentes, se sumaron plantas de otras familias botánicas como Labiadas y Verbenáceas cuyas flores también son preferidas por estos insectos como fuente de néctar para los adultos, denominadas plantas con flor (PF) (Pidal e Inza, 2016). Asimismo, se fueron incorporando, en varias etapas, diferentes plantas

hospederas (PH) que son aquellas que los adultos eligen para oviponer, cuyas hojas constituyen el alimento de vida de las larvas y permiten el desarrollo de su ciclo de vida completo (Figura 20).

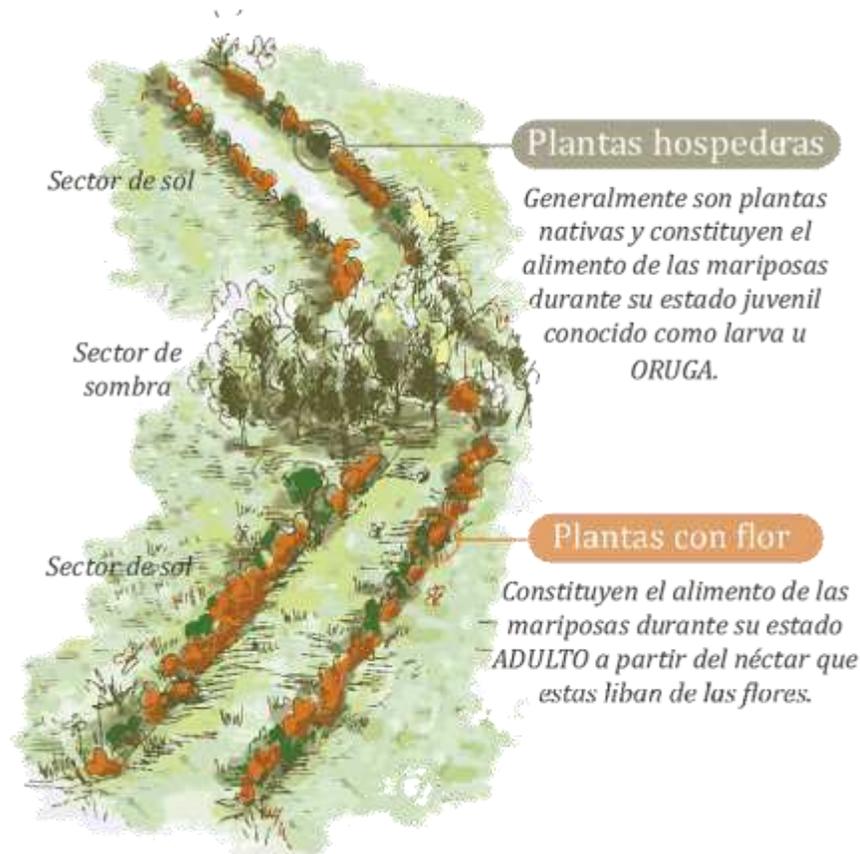


Figura 20 Ilustración del sendero con sus sectores y distribución de plantas hospederas y con flor, realizada por Lic. Carmen Casanova para el folleto educativo del Sendero de Atracción de mariposas en el JBAER.

En 2015, el sendero contaba con más de 120 PF correspondientes a 10 familias botánicas diferentes; y con más de 80 PH de los géneros *Aristolochia*, *Asclepias*, *Passiflora*, *Senna*, *Austroeupeatorium* y *Citrus*. Las PF correspondían a plantas nativas o exóticas de los géneros *Zinnia*, *Tithonia*, *Gaillardia*, *Glandularia*, *Lantana*, *Buddleja*; y espontáneas de los géneros *Senecio*, *Leucantheum*, *Wedelia*, *Trifolium*, *Plantago*, *Taraxacum*, etc. (Pisetta et al., 2015; Tubio, 2017). A poco tiempo de su creación de modo de examinar la efectividad del sendero se realizaron dos experiencias preliminares que evaluaron los dos objetivos de esta propuesta:

1. El funcionamiento del sendero como fuente de alimento de adultos y hábitat para el desarrollo del ciclo de vida completo de distintas especies de mariposas diurnas de la provincia de Buenos Aires.
2. El alcance de esta iniciativa como recurso educativo.

Para cumplir con el primer objetivo se realizaron 20 avistajes de mariposas diurnas durante la primavera 2014 y el verano - otoño 2015 (entre las 11:30-12:30 h) durante 15 minutos, en los sitios con sol y con sombra del sendero. Durante esa temporada se observaron 260 mariposas diurnas de al menos 15 especies diferentes, con lo cual se pudo calificar al sendero como sitio propicio para dicho objetivo (Pisetta et al., 2015). Posteriormente a estos resultados, se sumó un estudio de menor duración, pero mayor frecuencia de observación sobre la temporada de mayor presencia de mariposas (primavera-verano) correspondiente a la Tesis de Grado de Ágata Tubio (2017)²⁵. En este trabajo se realizaron 40 avistajes de mariposas diurnas (durante 10 minutos entre las 12:00 y 13:00 h) dos veces por semana, desde agosto hasta diciembre de 2016. Además, se realizaron 15 monitoreos de estados juveniles (huevo, larva y pupa) de mariposas diurnas, en septiembre y diciembre del mismo año; y 5 censos florísticos mensuales para determinar la caracterización de la riqueza florística (cantidad de especies) y abundancia (cantidad de individuos) de PH y PF presentes en el sendero. Como eje central de este estudio se relacionó la riqueza (número de especies) y abundancia (número de individuos por especies) de mariposas diurnas con variables ambientales (temperatura y asoleamiento) y la oferta florística del sendero (PH y PF) a lo largo de la temporada de observación. Fueron registradas 745 mariposas adultas diurnas correspondientes a 14 especies y se observó un incremento gradual de la riqueza y abundancia de estos insectos conforme avanzaba la primavera (de agosto a diciembre) y con relación a los sitios con sol. Asimismo, las distintas especies mostraron diferente cronología de aparición, con especies presentes durante los 5 meses (*A. vanillae* y *Vanessa sp.*) y otras con patrones de distribución más acotado hacia finales de la primavera (*A. pellenea* y *E. deva*). La observación de estados juveniles fue muy baja (sólo orugas de dos especies y

²⁵ Tesis de grado presentada el 1/12/2017 para optar al título de Ingeniero Agrónomo FAUBA, titulada “Los jardines de atracción de mariposas como una herramienta para contribuir a la conservación de la biodiversidad.”

huevos de otras dos especies). Con el censo florístico se registraron 233 plantas (113 PH y 120 PF) de 48 especies distintas (Tubio, 2017).

Respecto al segundo objetivo, 65 alumnos de primero y quinto años de nivel medio polimodal de la EMM N°7 del Barrio Satélite de Moreno visitaron el sendero, en el marco de una experiencia educativa piloto en los meses de abril y octubre del año 2015, respectivamente. Luego de una clase teórica en el Centro de Visitantes del JBAER (Figura 21), los alumnos realizaron avistajes y reconocimiento a campo de mariposas diurnas de la provincia de Buenos Aires, tanto de adultos como de estadios juveniles sobre sus plantas hospederas (Figura 22 y Figura 23). Finalmente, reflexionaron acerca de las consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas naturales y la pérdida asociada de especies nativas; el valor de las mariposas como polinizadoras y su rol como indicadores de pérdida de hábitat, mostrando motivación por la curiosidad y el contacto directo con un entorno natural.



Figura 21 Alumnos de 5to año, Escuela EMM N°7, Barrio Satélite, Moreno, el 22/04/2015 en el Centro de Visitantes del JBAER. PH: Silvana Padovano.



Figura 22 Alumnos de 5to año, Escuela EMM N°7, Barrio Satélite, Moreno, el 22/04/2015 en el Sendero de atracción de mariposas nativas de Buenos Aires del JBAER. PH: Silvana Padovano.



Figura 23 Alumnos de 5to año, Escuela EMM N°7, Barrio Satélite, Moreno, el 22/04/2015 en el Sendero de atracción de mariposas nativas de Buenos Aires del JBAER. PH: Silvana Padovano.

Los resultados observados a partir de estas experiencias confirmaron de modo preliminar ambos objetivos de la propuesta (de investigación y difusión-educativa): el funcionamiento del sendero como fuente de alimento y hábitat de distintas especies de mariposas, y su alcance como recurso educativo. Podría decirse que un jardín que atrae mariposas representa un aula al aire libre donde las nuevas generaciones pueden conocer y aprender sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad. El aprendizaje de los visitantes del JBAER los convierte en agentes multiplicadores de los jardines de atracción de mariposas en escuelas, plazas y jardines privados, lo que hace de la propuesta del sendero de atracción de mariposas una herramienta educativa de valor potencial (Pisetta et al., 2015; Pidal et al., 2018).

El sendero de atracción de mariposas del JBAER del INTA Castelar recibe visitas de grupos escolares, mayoritariamente a alumnos de los primeros años del nivel medio, o sea jóvenes adolescentes (Pidal et al., 2018). Aunque también se organizan visitas con grupos de personas adultas, como parte de las propuestas que ofrece el JBAER (INTA, 2019). Su estrategia consiste en favorecer el desarrollo de plantas que atraen mariposas y permiten el desarrollo completo de su ciclo de vida. Así enseñar cómo el uso de estas plantas en los jardines y ambientes urbanos y periurbanos constituye un importante aporte a la conservación de la diversidad de mariposas, y a la biodiversidad en general y sus servicios ecosistémicos asociados.

4.3.3. BACHES DE OBSERVACIÓN

Como se mencionó precedentemente, la observación en el sendero de distintas especies de mariposas diurnas de la provincia de Buenos Aires, así como los diferentes estados de su ciclo de vida (huevo, oruga, pupa y adulto), depende de las variables ambientales que condicionan su presencia (Tubio, 2017). Los resultados de los estudios previos realizados mostraron las siguientes causas y motivos de los *huecos* o falta de observación de especies de mariposas, en adelante “baches de observación”, que se detallan a continuación:

– *Estacionalidad en la presencia de mariposas.*

Durante los estudios realizados de septiembre de 2014 a junio de 2015 pudo registrarse un aumento del número de mariposas promedio avistadas de primavera a verano y una caída en otoño, que coincide con el patrón de temperaturas promedio del mismo período. También se observó un aumento del número de mariposas junto al aumento de la temperatura promedio diaria (Pisetta et al., 2015). A su vez, en 2016, fue observado un aumento en la abundancia y riqueza de mariposas en el periodo de agosto a diciembre, coincidente con la dinámica estacional (Tubio, 2017). Según Scott y Epstein (1987), la variación estacional del ambiente es una de las causas significativas de los cambios en las comunidades de mariposas de zonas templadas, dadas las variaciones térmicas más extremas (como se citó en Tubio, 2017).

– *Cronología de aparición propia de cada especie.*

Para Scott y Epstein (1987) la presencia de cada especie de mariposa puede guardar relación con alguna época del año en particular (como se citó en Tubio, 2017). Esto puede deberse a que la variación de la temperatura corporal de los insectos tiene relación con los cambios de temperatura del ambiente, afectando su metabolismo y, por lo tanto, su crecimiento y desarrollo. Ante las bajas temperaturas invernales o veranos muy calurosos y secos, algunas especies pueden detener su desarrollo o extender sus ciclos biológicos (Mareggiani y Pelicano 2010 como se citó en Tubio, 2017). El estudio de Pisetta et al. (2015) registró presencia de *Agraulis vanillae* y *Danaus erippus* durante las tres estaciones, mientras que las demás especies tuvieron presencia más estacional. En coincidencia, Tubio (2017) registró *Vanessa sp.* de septiembre a marzo y sugiere la ausencia de *Junonia sp.* por tratarse de una especie de aparición tardía. Además, observó picos poblacionales de *Actinote pellenea* y *Eurema deva* en noviembre y diciembre.

– *Estacionalidad en la riqueza/abundancia de PH y PF*

Otra razón de la estacionalidad de las mariposas se corresponde con la oferta de PH y PF. Entre agosto y noviembre de 2016 hubo un incremento de abundancia de PH y PF, en parte debido a la incorporación de especies anuales que el personal del JBAER realiza cada año (Tubio, 2017).

– *Menor abundancia/riqueza de mariposas en sectores de sombra.*

Durante los avistajes de septiembre de 2014 a junio de 2015, el 83% de las mariposas adultas se encontraban en los sectores de sol, mientras que sólo el 17% estaba en el sector de sombra (Pisetta et al., 2015). En el otro estudio se pudo determinar que 10 de las 14 especies de mariposas presentes en el sendero fueron avistadas en mayor medida en los sectores de sol, donde también hubo mayor abundancia de plantas censadas durante todo el periodo (Tubio, 2017).

– *Dificultad en la observación de estados juveniles.*

Los huevos, larvas y pupas son más difíciles de observar, ya sea por razones de mimetismo, tamaño y hábito de alimentación solitario de las orugas (cuando el hábito es gregario se ven más fácilmente) o localización sobre el envés de hojas (huevos y larvas). El trabajo de Pisetta et al. (2015) muestra sólo la observación de larvas de *Danaus erippus* sobre *Asclepia sp.*, *Agraulis vanillae* en *Passiflora sp.* y *Actinote sp.* en *Austroepatorium sp.*; y huevos de *Battus polydamas* y *Eurema deva* en *Aristolochia sp.* y *Senna sp.*, respectivamente. Tubio (2017), a su vez, observó únicamente larvas de *Actinote pellenea* sobre *Austroepatorium inulifolium* en el mes de septiembre y *Agraulis vanillae* sobre *Passiflora sp.* en el mes de diciembre; y huevos de *Battus polydamas* y *Eurema deva* en el mismo mes.

– *Menor abundancia/riqueza de mariposas asociada a la falta de hábitat.*

La intervención de los paisajes naturales a partir del trazado vial, el avance de la trama urbana o el desmonte en pos de tierras para el monocultivo, conlleva la pérdida de especies vegetales nativas, alimento y hábitat de especies de mariposas diurnas. Dada la alta especificidad en la relación de las mariposas diurnas con sus PH, la ausencia de estas imposibilita el desarrollo completo de su ciclo de vida (Inza y Pidal, 2020). Asimismo, la ausencia de PF significa la ausencia de alimento para individuos adultos. El estudio de Tubio (2017) mostró relaciones altamente positivas y significativas entre la abundancia y riqueza de mariposas y la presencia de PF (alimento de adultos).

- *Menor abundancia/riqueza de mariposas asociada a la contaminación en ambientes urbanos.*

Otro motivo de pérdida de hábitat está dado por el efecto de contaminantes aéreas y polución ambiental. Las mariposas son altamente sensibles a la presencia de sustancias tóxicas en el aire, como los pesticidas, volviéndolas buenas indicadoras de contaminación ambiental (Kremen et al. 1993, Fagua 1999, Mattoni y Vannucci 2008, como se citó en Tubio, 2017).

- *Estado meteorológico que impida el recorrido a campo durante la visita.*

Durante los avistajes de septiembre de 2014 a junio de 2015, el 75% de las mariposas adultas se observaron en días soleados, y sólo el 25% en días nublados (Pisetta et al., 2015). Por otro lado, Tubio (2017) no consideró para su análisis las fechas de avistaje en días lluviosos dado que la abundancia y riqueza de mariposas era nula. Entonces, ya sea por la incidencia de diferentes condiciones ambientales, como nubosidad/ asoleamiento o precipitaciones sobre la presencia de mariposas, o considerando la seguridad y resguardo de los visitantes, no siempre es posible recorrer el sendero para realizar avistajes.

Ambos estudios concluyen que tanto la temperatura, la orientación a pleno sol, así como la oferta adecuada de PH y PF constituyen factores determinantes para favorecer la riqueza y abundancia local de mariposas diurnas, aunque el ciclo de vida completo de estos insectos está sujeto a un entramado más complejo de diferentes factores tanto ambientales como tróficos y humanos (Pisetta et al., 2015; Tubio 2017).

Capítulo 5 - Validación de la solución

Alas App es una aplicación mobile de RA, con una interfaz de manipulación directa, desarrollada en el marco de las Becas del Bicentenario a la Creación 2016 del Fondo Nacional de las Artes (FNA), con el fin de enriquecer la experiencia de los visitantes (mayoritariamente grupos escolares) del sendero de atracción de mariposas del JBAER del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Castelar, y complementar la información que estos reciben por transmisión oral y por la propia observación del *contexto real del usuario*.

Los objetos virtuales de la aplicación permiten la observación de distintas especies de mariposas diurnas adultas de la provincia de Buenos Aires, independientemente de las variables ambientales que condicionan su presencia, siendo la oferta florística del sendero y la temperatura ambiental las más significativas (Tubio, 2017). Además, el contenido de la aplicación posee información de los diferentes estados del ciclo de vida (huevo, oruga, pupa y adulto) de estas especies de mariposas y de sus plantas hospederas.

La aplicación consiste en una herramienta educativa de alto valor, al completar o complementar la enseñanza oral (teórica) y la experiencia de observación a campo (experimental) durante los “baches” de observación en el sendero por condiciones ambientales, de oferta florística y/o dificultad de visualización, etc. A través de esta tecnología de Realidad Aumentada se fortalece no sólo la ampliación de los conceptos sino también, principalmente, la interacción con el visitante (el cual visualiza y manipula objetos en 3D), constituyéndose como una herramienta educativa y de concientización sobre nuestros ambientes, su biodiversidad y la importancia de su conservación.

5.1. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Durante los “baches” de observación en el sendero de atracción de mariposas nativas de Buenos Aires es posible incorporar objetos virtuales con tecnología de RA al contexto real del usuario y, así, completar la experiencia de observación a campo (experimental). Entonces, para analizar el problema y aportar a su solución, se plantean los nonágonos semióticos correspondientes a los distintos signos de la aplicación de RA a desarrollar.

5.1.1. NONÁGONO SEMIÓTICO DEL CONTEXTO DE USO SIN RA

Para comprender, organizar y compartir la información del contexto de uso de la aplicación de RA, se plantea el correspondiente nonágono semiótico, con los correlatos y tricotomías propuestos en la metodología, como se muestra a continuación (Tabla 13).

Sendero del JBAER sin RA	F RELEVAMIENTO <i>Primera tricotomía</i>	E ESCENARIO <i>Segunda tricotomía</i>	V COMPRESIÓN <i>Tercera tricotomía</i>
F DISEÑO <i>Primer correlato</i>	FF INTA Castelar 150 m de largo por 4,5 m de ancho aproximados Orientación NO - SE Exterior de acceso restringido	EF Esquemas, fotografías, vistas satelitales	VF Espacio verde, silencioso, distendido.
E CONSTRUCCIÓN <i>Segundo correlato</i>	FE Detalle de la oferta florística (PH y PF) Equipamiento mínimo o inexistente (luminarias, señalética, mobiliario, solado, instalaciones para riego, etc.). Sin acceso a wifi.	EE Sendero del JBAER real	VE Tiempo acotado según la duración de la visita, en horario diurno y supeditado a condiciones meteorológicas.
V FUNCIÓN <i>Tercer correlato</i>	FV Educación ambiental Pautas para la visita	EV Visitas guiadas: recorrido para observación de flora y avistaje de mariposas.	VV Aprendizaje sobre el valor de las mariposas, la biodiversidad de los ecosistemas y su conservación.

Tabla 13 Nonágono semiótico del signo Sendero JBAER sin RA

En el primer correlato, DISEÑO, se ofrece una breve descripción acerca de la localización, dimensiones, orientación y tipo de lugar y acceso, todo lo cual se puede entender mejor a partir de las representaciones gráficas del sendero o ESCENARIO (las Figura 19, Figura 20, y Figura 24, Figura 25 y Figura 26 del Anexo 1). Se comprende que se trata de un espacio verde silencioso y tranquilo. En el segundo correlato, referido a la CONSTRUCCIÓN, se señala

la existencia de un detalle o lista acerca de la vegetación que compone el sendero (Anexo 2), y se señalan elementos del equipamiento presente, el cual es poco, casi inexistente, debido a los objetivos de uso de ese espacio, además de cuestiones de presupuesto y riesgo de pérdida de materiales por vandalismo. Dada la distancia al Centro de Visitantes del JBAER no se cuenta con señal de Wifi. Así se llega al sendero real y a las indicaciones acerca de la permanencia en el mismo, en las siguientes tricotomías. En el tercer correlato se explicita que la FUNCIÓN del sendero consiste en la educación ambiental, conforme a ciertas pautas de funcionamiento. Una de las actividades llevadas adelante en este ESCENARIO consiste en las visitas guiadas, en las que se observa la flora (PH y PF) y las mariposas en sus distintas etapas del ciclo de vida, si fuera posible. La COMPRENSIÓN de la actividad debiera resultar en el aprendizaje acerca del valor de las mariposas como polinizadoras e indicadores ambientales, las relaciones entre especies, la importancia de la biodiversidad de los ecosistemas y su conservación. Comenzar por este nonágono posibilita comprender el contexto de la actividad para la cual se desarrolla la aplicación y, luego, analizar y comprender a los usuarios en ese rol.

5.1.2. NONÁGONO SEMIÓTICO DEL SIGNO USUARIO

Para analizar y comprender a los usuarios de la aplicación de RA a desarrollar se completó el nonágono propuesto en la metodología con la información relevada (Tabla 14).

Usuario de la App	F INFORMACIÓN <i>Primera tricotomía</i>	E IDENTIDAD <i>Segunda tricotomía</i>	V VALORES <i>Tercera tricotomía</i>
F CARACTERÍSTICAS <i>Primer correlato</i>	FF Adolescentes de clase media, estudiantes de polimodal, de Zona Oeste, AMBA. Curiosos, motivados por el contacto con la naturaleza. Necesidades básicas satisfechas. Necesidades de interacción: feedback continuo, retos, tienen	EF Fotografías de visitantes	VF Tener metas y compromiso con ellas. Interfaces útiles y fáciles de manejar.

	capacidad de mejora y poca paciencia.		
E COMPORTAMIENTO <i>Segundo correlato</i>	FE Consumos de carácter personal (indumentaria, regalos, ocio, etc.). Redes sociales (Snapchat, Instagram, Twitter, Facebook, Pinterest, WhatsApp, etc.), juegos en línea, videojuegos, recursos escolares, otros. Computadoras, smartphones.	EE Visitantes reales	VE Terminar la escuela. Progresar en la vida. Intereses variados.
V CULTURA <i>Tercer correlato</i>	FV Conocimientos técnicos regulares. Referentes: youtubers (Bonar, El Rubius), Guillermo Francella, Lali Espósito, entre otros.	EV Estudiante de nivel medio, invierte tiempo con sus amigos. Le gustan las actividades recreativas, sociales.	VV Comunidad escolar, de amigos, familiar.

Tabla 14 Nonágono semiótico del signo usuario de la aplicación de RA.

El primer correlato reúne información demográfica, algunos rasgos de personalidad y necesidades de los visitantes escolares del sendero. Se utilizaron fotografías de un grupo de visitantes (Figura 21, Figura 22 y Figura 23) tomadas durante el voluntariado en 2015 y a partir de estudios consultados en Internet se indagó acerca de las necesidades y valores de los adolescentes (Anexo 3). Para el segundo correlato, COMPORTAMIENTO, se buscó conocer qué consume este grupo de usuarios, entendiendo que no siempre son quienes compran y que sus elecciones no incluyen todo lo que necesitan dado que otros bienes o servicios le son provistos por sus familias. Entonces se hizo foco en los consumos personales (como vestimenta, calzado, regalos para amigos, entretenimiento, ocio) y digitales, es decir qué aplicaciones utilizan y en qué dispositivos. Con todo esto se llega a la persona real del visitante, la cual, piensa en el futuro, es decir tiene objetivos e intereses. Uno de los objetivos compartidos es la finalización de su escolarización, y, más a futuro, su progreso social y económico. Los intereses pueden variar de persona a persona. Para el tercer correlato, CULTURA, se investigó y encontró que el conocimiento técnico de los adolescentes no es tan

bueno como el de los adultos, y qué figuras públicas son sus principales referentes. Así se definió un estilo de vida e incluyó en algunas comunidades. El hecho de que la aplicación les sea dada para un momento y espacio en particular, que no haya una finalidad comercial y competidores, sumado a la falta de tiempo y presupuesto, hicieron que este análisis fuera menos exhaustivo.

5.1.3. NONÁGONO DEL SIGNO COMPONENTES VIRTUALES

El presente nonágono se refiere al contenido de la aplicación, que es donde ocurre la interacción y experiencia de RA. Para su confección se toma la información de los nonágonos anteriores, especialmente del correlato FUNCIÓN y la categoría COMPRENSIÓN del nonágono del signo Sendero JBAER, en vinculación con el nonágono Usuario, en particular con la categoría INFORMACIÓN. A partir de ello se puede decidir el tipo de contenido más apropiado para el caso y demás características de este, para lograr un resultado significativo para los usuarios. Como en los anteriores nonágonos, se utilizan las categorías propuestas en la metodología (Ver Tabla 15).

Componentes virtuales de la App	F CONOCIMIENTO <i>Primera tricotomía</i>	E PROPUESTA <i>Segunda tricotomía</i>	V COMPORTAMIENTO <i>Tercera tricotomía</i>
F DISEÑO <i>Primer correlato</i>	FF Tipos de componentes virtuales: objetos 3D animados, para dispositivos móviles.	EF Bocetos, fotografías, vectores, modelos 3D de prueba, prototipos animados.	VF Estética realista. Rápida activación. Fácil lectura y manipulación. Ni aburrido ni demasiado entretenido.
E DESARROLLO <i>Segundo correlato</i>	FE Illustrator, Photoshop, Blender, Unity, Trello, Google Drive, etc.	EE Modelos 3D animados de mariposas nativas de Bs. As.	VE Aplicaciones de RA. Redes sociales (Snapchat, Instagram, Twitter, Facebook, Pinterest, WhatsApp, etc.), juegos en línea, videojuegos, recursos escolares, otros.

			Computadoras, smartphones.
V INTERACCIÓN <i>Tercer correlato</i>	FV Pantallas pequeñas, débil ergonomía. Interfaces útiles y fáciles de manejar (tiempo de aprendizaje mínimo, velocidad de realización de tareas alta, bajo porcentaje de errores de usuario, aprendizaje duradero, satisfacción).	EV Interacción concreta de aprendizaje salvando baches de observación de mariposas nativas.	VV Aprendizaje sobre el valor de las mariposas y la biodiversidad de los ecosistemas, con mínima o sin pérdida de calidad perceptual.

Tabla 15 Nonágono semiótico del signo Componentes virtuales de la aplicación de RA

Este nonágono puede resultar más fácil de armar y comprender si se comienza por la PROPUESTA, la segunda tricotomía, dado que se trata de un objeto. Recordar el para qué, lo que motiva el desarrollo, en este caso salvar los “baches” de observación de las distintas especies de mariposas presentes o que se espera que estén en el sendero, y facilitar a observación de los estados de huevos, larvas o pupas, que suelen ser más difíciles de observar dado su tamaño, hábito o mimetismo. Las mariposas son objetos reales, tangibles, entonces su reemplazo por objetos virtuales orienta la decisión hacia modelos 3D animados de las catorce especies definidas en la lista de avistajes (Anexo 2). Para el DISEÑO de los modelos se utilizan distintas representaciones de las mariposas reales, como fotografías, y se plantearán bocetos, modelos y prototipos de prueba hasta llegar a los modelos finales. Entonces, en el primer correlato se conoce que el tipo de componente es un objeto 3D animado, el cual será visto desde algún dispositivo móvil y debe tener una estética realista, por el carácter científico-educativo de la aplicación y por las preferencias de los usuarios (que no son niños y buscan diferenciarse de estos). Además, dada la poca paciencia de los usuarios, los modelos deberán activarse con rapidez, ser fáciles de manipular y no excederse en entretenimiento sin caer en lo aburrido. En la primera versión de Alas App, dadas las restricciones de tiempo y presupuesto para llegar a un entregable, no se incluye audio, pero no se descarta su incorporación en una futura versión accesible de la aplicación. Se tiene en cuenta este formato para descripciones audibles de mariposas y demás objetos reales en consideración de usuarios con baja visión o ciegos. En cuanto al DESARROLLO de los

modelos, segundo correlato, serán necesarios programas de modelado y animación 3D, como también de tratamiento de imágenes (vectoriales y mapas de bits), de RA, como Unity, de trabajo colaborativo y almacenamiento virtual, entre otros de uso habitual, como los de ofimática. Los objetos 3D resultantes deben dialogar, presentar características comunes con las interfaces del entorno de los usuarios destinatarios en particular y de las aplicaciones de RA en general. En el tercer correlato, INTERACCIÓN, se reseñan características del display y medidas de usabilidad, que llevan a una PROPUESTA significativa donde el usuario pueda observar mariposas, aunque haya baches, y aprender sobre su valor como indicadoras de biodiversidad de los ecosistemas.

5.1.1. NONÁGONO DEL SIGNO COMPONENTES REALES

Este nonágono, cuyas categorías utilizadas son las propuestas por la metodología, está referido a los elementos que han de activar los modelos 3D animados en el sendero (Tabla 16). El conocimiento del contexto de uso permite definir o descartar alternativas de marcadores, además del tipo de display y componente virtual determinados. Si bien todo el análisis realizado para el signo Sendero JBAER es de importancia, el correlato CONSTRUCCIÓN cobra mayor relevancia, como también la tercera tricotomía, COMPRENSIÓN. A su vez, es importante para este nonágono la INFORMACIÓN acerca de las CARACTERÍSTICAS de los usuarios, especialmente las físicas y cognitivas, sobre todo antes cuestiones relativas a la accesibilidad.

Componentes reales de la App	F TECNOLOGÍA <i>Primera tricotomía</i>	E PROPUESTA <i>Segunda tricotomía</i>	V COMPORTAMIENTO <i>Tercera tricotomía</i>
F DISEÑO <i>Primer correlato</i>	FF Tipos de componentes reales: marcadores de figura.	EF Imágenes, fotografías, detalles constructivos de soportes, prototipos.	VF Características del usuario (estatura). Características del entorno (espacio exterior, restringido, riesgo de vandalismo).
E	FE	EE	VE

DESARROLLO <i>Segundo correlato</i>	Photoshop, Vuforia, máquina fotográfica, Drive o disco virtual, impresiones, soporte o estructura física.	Carteles con fotografías de PH o PF marcadores o disparadores de RA instalados en el sendero.	Rápido reconocimiento y activación de la RA.
V INTERACCIÓN <i>Tercer correlato</i>	FV Carteles con fotografías de PH o PF para apuntar con la cámara del dispositivo, el cual deberá sostenerse y manipular con ambas manos.	EV Uso de la RA en el sendero durante la visita guiada.	VV Aprendizaje sobre el valor de las mariposas y la biodiversidad de los ecosistemas, con mínima o sin pérdida de calidad perceptual.

Tabla 16 Nonágono semiótico del signo Componentes reales de la aplicación de RA

Al igual que el anterior, este nonágono también puede resultar más fácil de armar y comprender si se comienza por la PROPUESTA, la segunda tricotomía, dado que se trata de un objeto. En este caso el uso de un objeto o entidad 3D como marcador, como ser la propia vegetación del sendero, se descarta dada la irregularidad y fenología de la vegetación. Si bien las plantas de una misma especie presentan el mismo patrón morfológico en sus órganos (hojas, flores), no son idénticas y sufren cambios por la acción de agentes ambientales y durante su ciclo de vida (crecimiento, floración, fructificación). La opción de coordenadas de posicionamiento global se descarta previendo posibles inconvenientes de conexión a la red móvil y uso de datos (el wifi del centro de visitantes no llega al sendero), por la proximidad entre los objetos dada la longitud del sendero, y el posible efecto distractor sobre los visitantes adolescentes, que en lugar de poner su atención a las indicaciones de los guías del recorrido estuvieran buscando objetos virtuales con sus teléfonos móviles. Entonces se considera más apropiado el uso de carteles con imágenes-marcador. Estas imágenes corresponden a fotografías de PH o PF, dispuestas a lo largo del sendero, para que al activar la RA se observe el modelo 3D animado sobre las mismas, durante el recorrido (INTERACCIÓN). Para llegar a la versión final de cada marcador, se debe generar o conseguir las fotografías de determinadas plantas, con las características adecuadas de forma y contorno para funcionar como marcador. Además, se debe determinar un soporte apropiado para exteriores (en cuanto a su duración y la correcta visualización ante factores ambientales como luz intensa, sombra, humedad) y robusto (para prevenir roturas por mal uso), cuyas

dimensiones sean cómodas para cuerpos adolescentes, como se reseña en el correlato de DISEÑO. En el siguiente correlato, DESARROLLO, se detallan las aplicaciones, materiales y soportes necesarios para materializar los carteles con las imágenes-marcador a ser instaladas en el sendero. La construcción de estos puede tercerizarse o estar a cargo del cliente (INTA) y se debe testear su funcionamiento para que su reconocimiento no demore o de errores y se logre la correcta activación del contenido de RA. El tercer correlato, INTERACCIÓN, refiere a cómo es la manipulación del dispositivo sobre el cartel para lograr activar el contenido de RA, la cual debiera hacerse en el contexto de la visita guiada y cuya finalidad coincide con el del componente virtual, ya que ambos hacen a la experiencia de aprendizaje buscada.

5.1.4. NONÁGONO SEMIÓTICO DEL CONTEXTO DE USO CON RA

Una vez comprendido el contexto de uso y habiendo definido el tipo de componentes virtuales y reales adecuados para el caso, se llega al siguiente nonágono (Tabla 17). En él se pueden apreciar las intervenciones (componentes reales) al contexto de uso para implementar la tecnología de RA.

Sendero del JBAER con RA	F RELEVAMIENTO <i>Primera tricotomía</i>	E ESCENARIO <i>Segunda tricotomía</i>	V COMPRESIÓN <i>Tercera tricotomía</i>
F DISEÑO <i>Primer correlato</i>	FF INTA Castelar 150 m de largo por 4,5 m de ancho aproximados Orientación NO - SE Exterior de acceso restringido	EF Esquemas, fotografías, vistas satelitales	VF Espacio verde, silencioso, distendido.
E CONSTRUCCIÓN <i>Segundo correlato</i>	FE Detalle de la oferta florística (PH y PC) Equipamiento mínimo o inexistente (luminarias, señalética, mobiliario, solado, instalaciones para riego, etc.) <i>con marcadores</i> . Sin acceso a wifi.	EE Sendero del JBAER real <i>con carteles marcadores instalados</i> .	VE Tiempo acotado según la duración de la visita, en horario diurno y supeditado <i>o adaptado</i> a condiciones meteorológicas.

V FUNCIÓN <i>Tercer correlato</i>	FV Educación ambiental Pautas para la visita	EV Visitas guiadas: recorrido para observación de flora y avistaje de mariposas <i>complementada con RA.</i>	VV Aprendizaje sobre el valor de las mariposas y la biodiversidad de los ecosistemas <i>con mínima o sin pérdida de calidad perceptual.</i>
--	--	---	---

Tabla 17 Nonágono semiótico del signo Sendero JBAER con RA

No se altera el DISEÑO del sendero, sino que se trata de una mínima intervención en la CONSTRUCCIÓN, el agregado de los carteles marcadores en el sendero real, cuyo objetivo es mejorar la FUNCIÓN del contexto de uso, mejorando y complementando la experiencia de aprendizaje durante la visita. En el caso de que las condiciones meteorológicas impidan o disminuyan la presencia de mariposas, está la tecnología de RA para evitar la cancelación de la actividad o el bache de observación. Incluso, de no poder visitarse el sendero (por ej. por lluvia), con una impresión de las imágenes marcador se podrían ver los modelos desde el Centro de Visitantes.

5.1.5. NONÁGONO SEMIÓTICO DE LA APLICACIÓN DE RA

A partir de todo el análisis anterior se construye el nonágono correspondiente a la aplicación mobile de RA, denominada Alas App, a través de la cual objetos virtuales se entremezclan y complementan la información del contexto real del usuario, el sendero de atracción de mariposas nativas de Buenos Aires del JBAER. Se trata de una interfaz de manipulación directa cuya función es informativa, con representaciones físicas de tipo realista dado su carácter educativo y científico, y al tipo de usuario y contexto de uso, donde el límite entre lo real y virtual es claro. Los usuarios de la aplicación corresponden a los visitantes (mayoritariamente grupos escolares de nivel medio) del sendero. Los objetos virtuales permiten la observación de diferentes especies de mariposas diurnas nativas, aunque en tiempo real las variables ambientales, como temperatura y asoleamiento, o la oferta florística (plantas hospederas y plantas con flor) en el sendero no sean favorables para su observación. Por ejemplo, durante la estación de invierno, cuando las bajas temperaturas no son óptimas para la presencia de mariposas en estado adulto, estas se pueden observar a través

de RA. En este nonágono (Tabla 18) también se utilizan las categorías planteadas en el nonágono del signo RA de la metodología.

Alas App	F CONOCIMIENTO <i>Primera tricotomía</i>	E PROPUESTA <i>Segunda tricotomía</i>	V JUSTIFICACIÓN <i>Tercera tricotomía</i>
F DISEÑO <i>Primer correlato</i>	FF <i>Display</i> de mano Representación de objetos concretos Modelos 3D animados Marcadores de figuras RA de percepción Escolares de secundaria Sendero de atracción de mariposas de Bs. As. del JBAER, INTA Castelar	EF Prototipos (modelos 3D preliminares, diagramas de la aplicación, wireframes, imágenes-marcador provisionarias, etc.)	VF Valor para los escolares visitantes del sendero, personal del JBAER a cargo de las visitas guiadas, diseñadores y desarrolladores, FNA.
E DESARROLLO <i>Segundo correlato</i>	FE Illustrator, Photoshop, Blender, Unity, Vuforia, Trello, Computadoras, Dispositivos móviles con Android, cámaras fotográficas, información de usuarios, de las 14 especies de mariposas, PH y PF.	EE Mariposas 3D animadas Contenido complementario de las mariposas, PH, PF y el sendero.	VE Aplicaciones de RA educativas, videojuegos, redes sociales y demás aplicaciones utilizadas por adolescentes. Dispositivos móviles utilizados por estos usuarios.
V INTERACCIÓN <i>Tercer correlato</i>	FV Pantallas pequeñas, débil ergonomía. Interfaces útiles y fáciles de manejar. Marcadores donde apuntar con la cámara del dispositivo y poder manipular el mismo con ambas manos para interactuar con la RA.	EV Uso de la aplicación en el propio sendero del JBAER	VV Requisitos (plazo de entrega, SO Android, sin acceso a Internet en el sendero, dispositivos regulares, altas condiciones de luminosidad, etc.)

Tabla 18 Nonágono semiótico del signo Alas App

El primer correlato corresponde a la etapa de DISEÑO de la aplicación, lo cual implica la investigación y conocimiento del problema, la fase proyectual y sus justificaciones. El

CONOCIMIENTO en este proceso está dado por el tipo de display que se utiliza para visualizar el contenido, por quiénes y en qué contexto. En este caso sería de mano y proporcionado por los propios usuarios, visitantes escolares, o el JBAER, en el sendero de atracción de mariposas del JBAER. Conforme a lo analizado en los nonágonos previos, los componentes virtuales corresponden a los modelos 3D animados de las mariposas e información complementaria y los componentes reales a las imágenes-marcador. Para el diseño de la aplicación, PROPUESTA, se hace uso de diversos prototipos, como diagramas y wireframes de la aplicación (Anexo 4), para conformar su estructura, funciones, pantallas, además de bocetos de la marca (Anexo 5), y los propios de los componentes virtuales y reales. Los componentes virtuales de esta aplicación son objetos 3D animados, logrados a partir de una combinación de objetos 2D y 3D. El cuerpo de la mariposa consiste en un modelo 3D basado en un modelo existente y modificado con un programa de modelado 3D. Las alas de las mariposas se modelan aparte sobre una malla de polígonos a las que se les montan imágenes de las venas, para dar la sensación de volumen, e imágenes realistas (fotografías) de las texturas de cada faz del ala, dado que son distintas, para cada especie representada. Luego se lleva adelante el proceso de animación (Anexo 6). La información didáctica de soporte, incluida en la aplicación es acerca de las características generales de las mariposas, ciclo de vida, plantas hospederas, plantas con flor e información sobre el sendero de mariposas del JBAER (Figura 20 y Anexo 7). Los componentes reales o marcadores corresponden a fotografías (imágenes 2D) de PH y PF, soportadas en un cartel (Anexo 8). El valor o JUSTIFICACIÓN de este desarrollo no sólo es para los visitantes del sendero, para quienes se salvan los baches de observación, sino también para los docentes y el personal del JBAER, quienes cuentan con otro recurso educativo, para el equipo desarrollador, por el conocimiento y experiencia que implica este desarrollo, y para el FNA, que entregó la beca que financió el proyecto.

El segundo correlato se refiere al proceso de DESARROLLO, vinculado a la tecnología y materiales necesarios para obtener una versión entregable de la aplicación, en condiciones de ser subida a la plataforma *Google Play Store*, para su descarga e instalación por parte de los usuarios. El desarrollo de cada parte componente, la generación o edición de cada objeto de la aplicación requiere el uso de uno o varios programas informáticos, al igual que la programación o codificación de la aplicación, y archivos sobre los cuales trabajar y generar

el nuevo contenido. En este caso, se utiliza mucho material fotográfico de cada especie de mariposa, en cada etapa de su ciclo de vida (huevo, oruga, pupa y adulto), y de las especies vegetales. Su condición de seres vivos con ciclos de vida cortos condiciona la obtención de fotografías de propia autoría y se debe recurrir a expertos o aficionados, lo que extiende el proceso de desarrollo. La falta de imágenes de alta resolución impide el desarrollo del contenido visual y no se puede reemplazar con cualquier imagen dado su carácter científico, además de tener que ser de estilo realista conforme al grupo de usuarios de la aplicación. Debido a esto, el material visual es un punto crítico en este desarrollo. La construcción de los carteles para los marcadores se terceriza con una empresa dedicada a cartelería industrial. Con el material necesario y en consideración de la PROPUESTA de DISEÑO, se llega a los modelos 3D animados de las mariposas (ANEXO 9^{Anexo 9Anexo 9}), al contenido complementario incluido en la aplicación y a los marcadores construidos e instalados en el sendero (Anexo 10). Las características comunes entre Alas App y otras aplicaciones mobile utilizadas por los adolescentes, las aplicaciones del mismo tipo (RA) y las que estén orientadas a la educación conforman el contexto de valoración, ya que comprenden el mundo conocido (valores) de los usuarios y de la comunidad informática y educativa. Este es el entorno tecnológico donde están quienes han de interpretar (valorar) este desarrollo.

El tercer correlato, INTERACCIÓN, expone lo relativo al uso de la interfaz, entonces comienza por el CONOCIMIENTO adquirido en los nonágonos previos y ahora presentado de manera conjunta. La manipulación del contenido aumentado se realiza sobre la pantalla del dispositivo, ya que se activa al apuntar a los carteles marcadores en posición erguida. Los usuarios se encuentran parados frente a los carteles, con los dispositivos en mano, todo lo cual ocurre en un exterior, en horarios con alta luminosidad. A esto se suman las preferencias y demás características de estos usuarios que deben quedar plasmadas en la interfaz. La concreta INTERACCIÓN con la PROPUESTA ocurre en el sendero real, cuando visitantes concretos hacen uso de la aplicación. Es decir, con la aplicación ya instalada en sus dispositivos, es el momento donde efectivamente se encuentran delante de un marcador y al apuntar con la cámara del dispositivo visualizan y manipulan los modelos 3D animados de alguna mariposa, la cual pueden agrandar o achicar, girar y ver desde distintos ángulos conforme la ubicación del dispositivo en relación con el marcador. Para acceder al contenido complementario no se necesita apuntar al marcador o estar conectado a una red

wifi (Anexo 11). Todo el funcionamiento de la aplicación, desde la activación del contenido aumentado y su manipulación hasta la carga y visualización del contenido complementario, debe ocurrir sin inconvenientes, y resultar una experiencia de uso positiva, en la medida que se hayan definido e implementado correctamente todos los requisitos.

Capítulo 6 - - Conclusiones y futuras investigaciones

6.1. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta una metodología para desarrollo de software con técnicas de RA centrado en el usuario, que se basa en el ícono diagramático denominado nonágono semiótico. La misma fue concebida bajo la filosofía del Diseño Centrado en el Usuario, dado que pretende la creación de productos significativos para los destinatarios finales. Por ello, los signos propuestos en la solución, con sus categorías y correlatos, incluyen al usuario con el fin de llegar a una comprensión explícita de este, de sus tareas y entornos. El modelo admite el involucramiento de usuarios y permite un proceso iterativo para mejorar el diseño y orientarlo a la UX. Pero para lograr un análisis y comprensión más profundas acerca del diseño y aspectos de interacción de los usuarios con la tecnología y llegar a una mejor experiencia de uso, se recomienda conformar un equipo multidisciplinario, o bien trabajar algunos signos con especialistas de estos. Además, el llenado de los nonágonos puede complementarse con técnicas de relevamiento de información y pueden ser modificados las veces que se considere necesarias.

Dado que son los componentes virtuales o contenido de una aplicación de RA los que combinan el mundo real con el virtual y, entonces, el principal espacio de interacción, deben considerarse prioritarios en desarrollos que pretendan ser significativos para los usuarios. El caso de Alas App muestra dos aspectos de significación: funcional (salva los “baches de observación”) y de diseño (tipo y calidad de representación e interacción de los objetos 3D animados de mariposas). A su vez, la significación del desarrollo está vinculada al entorno o ecologías de interfaces que lo contiene. Entonces, se podría afirmar que con la metodología se logra comprender distintos aspectos del desarrollo de software de RA, como el entorno de uso, el usuario y tipos de componentes, quedando expuestas las relaciones entre todos ellos. La metodología es una guía para el desarrollo de software de RA centrado en el usuario. Lo que se logre a partir de ella dependerá del trabajo y compromiso del equipo desarrollador. Entonces, se confirma la hipótesis de que “es posible aplicar una metodología de carácter lógico-semiótico para el desarrollo de software de Realidad Aumentada centrado en el usuario”.

Para esto se ha logrado el objetivo general de “aplicar el método lógico-semiótico de manera sistemática para el desarrollo de software de Realidad Aumentada centrado en el usuario”, dado que:

- *Se identificaron los ejes de la metodología lógico-semiótica*, dado que la metodología propuesta se basa en el ícono diagramático denominado nonágono semiótico, adopta la filosofía de Diseño Centrado en el Usuario y se enfoca en desarrollos de aplicaciones con RA. Esto se explicita en la descripción general de la solución, al principio del Capítulo 4.
- Se analizó y definió la tecnología RA como signo semiótico, de acuerdo con la definición peirciana. Así se pudo establecer que la FORMA de este signo está dada por la relación entre los distintos tipos de RA y las características de los usuarios y del entorno de uso; que su EXISTENCIA se materializa en una aplicación software concreta donde se combinan tecnologías, contenidos, estética, etc.; y su VALOR queda plasmado en los Requisitos, conforme las interpretaciones de usuarios, propietarios, desarrolladores, diseñadores y otros interesados. De esta manera, se pudo *analizar la aplicación operativa y práctica de los distintos aspectos a considerar en el desarrollo de software con RA centrado en el usuario*.
- Se planteó el nonágono semiótico del signo RA para entender qué comprende esta tecnología, descubrir relaciones con otros signos y dar lugar a la profundización del análisis. Para esto se establecieron como correlatos, o categorías materiales u operativas, DISEÑO, DESARROLLO e INTERACCIÓN, las cuales muestran etapas del proceso de desarrollo de una aplicación software. En el desarrollo triádico de cada aspecto del signo se definieron las categorías formales, teóricas o conceptuales, CONOCIMIENTO, PROPUESTA y JUSTIFICACIÓN. De esta manera se pudo *visibilizar el sistema de relaciones entre las técnicas de RA, las características de los usuarios y entorno de uso para seleccionar las técnicas más adecuadas*.
- Fue posible plantear el nonágono semiótico de la RA como signo y realizar el desarrollo descriptivo de sus correlatos y tricotomías, como también los nonágonos correspondientes a los signos Usuario, Contexto de Uso, Componentes Virtuales y Componentes Reales, considerados como propios y los más relevantes para este tipo

de software. De esta forma se pudo *adecuar la metodología para el desarrollo de software de RA*.

- *Validar el modelo*, mediante la aplicación de la metodología propuesta al desarrollo de Alas App, como caso real de desarrollo de un software de RA. Para lo cual se han podido plantear y describir los nonágonos correspondientes a los signos que la conforman: usuario de la aplicación, Sendero del JBAER (su contexto de uso con y sin RA), componentes virtuales y componentes reales de la aplicación y la propia Alas App. Con este análisis se ha logrado comprender distintos aspectos del desarrollo de este software de RA.

A través de la tecnología de Realidad Aumentada de Alas App se fortaleció no sólo la ampliación de los conceptos sino también, principalmente, la interacción con el visitante (el cual visualiza y manipula objetos en 3D), constituyéndose como una herramienta educativa y de concientización sobre los ambientes, su biodiversidad y la importancia de su conservación. Por ello, es importante contar con una metodología que admita y facilite el abordaje sistemático para el desarrollo de software de RA centrado en el usuario, que permita desarrollar aplicaciones mobile significativas para los usuarios.

6.2. FUTURAS INVESTIGACIONES

A futuro se propone investigar y plantear herramientas que complementen el análisis de nonágono semiótico del signo usuario, para que sea más operativo y preciso, especialmente para el correlato Cultura.

También se propone investigar y desarrollar una versión accesible de la aplicación, en la que se complementen los modelos 3D animados, descripciones audibles de las mariposas y demás objetos virtuales y reales destinadas a usuarios con baja visión o ciegos.

Bibliografía

- Abásolo Guerrero, M. J., Manresa Yee, C., Más Sansó, R., y Vénere, M. (2011). *Realidad virtual y realidad aumentada: Interfaces avanzadas*. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Aceituno, M. (2009). Clase 6: Hipertexto, hipermedia y multimedia. En A. Imperatore, D. Schneider, M. Aceituno, M. Landau, M. Gergich, N. Tessio, y S. López, *Principios de Diseño y Evaluación de Materiales Didácticos*. Bernal: Secretaría de Posgrado, Universidad Nacional de Quilmes.
- Aceituno, M. (2018). "Clase 5. Interactividad". *Seminario de producción multimedia - Diseño de hipermedias didácticos* (2º Ed. marzo de 2016 - Última actualización: octubre de 2018). Secretaría de Posgrado, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal.
- Agudelo Toro, A. (2005). Modelo de contexto para realidad aumentada. *Universidad EAFIT*, 41(138), 44-64.
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments.*, 6(4), 355-385.
- Barroso Osuna, J., Cabero Almenara, J., García Jiménez, F., Calle Cardoso, F. M., Gallego Pérez, Ó., y Casado Parada, I. (2017). *Diseño, producción, evaluación y utilización educativa de la realidad aumentada*. Sevilla: Secretariado de Recursos Audiovisuales y NNTT. Universidad de Sevilla.
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., y Olabe, C. R. (2007). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. ONLINE EDUCA MADRID 2007: 7ª Conferencia Internacional de la Educación y la Formación basada en las Tecnologías. (págs. 24-29). Madrid: ONLINE EDUCAMADRID'2007 Proceedings.
- Cabero, J., y Barroso, J. (2016). Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada. *NEW APPROACHES IN EDUCATIONAL RESEARCH*, 46-52. DOI: 10.7821/naer.2016.1.140
- Craig, A. (2013). *Understanding Augmented Reality. Concepts and Applications*. Morgan Kaufmann.
- Crampton Smith, G. (2007). Prefacio. En B. Moggridge, *Designing Interactions* (págs. vii - xix). Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Cuello, J., y Vittone, J. (2013). *Diseñando apps para móviles*. <http://appdesignbook.com/es/el-proyecto/>: Catalina Duque Giraldo.
- Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. (s.f.). *How To y Tools: Methods: Usability Evaluation Methods*. Obtenido de Usability. Obtenido el 7 de mayo de 2018 de <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/usability-evaluation/index.html>
- Díaz, J., Harari, I., y Amadeo, A. (2013). *Guía de recomendaciones para diseño de software centrado en el usuario*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.

- Fundación Telefónica. (2011). *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Barcelona: Ariel y Fundación Telefónica.
- Gergich, M., y Pérez, M. X. (2017). Realidad Aumentada en el marco de la universidad bimodal. En Gergich, M. e Imperatore, A. *Innovaciones didácticas en contexto. Colección Ideas de Educación Virtual* (págs. 55 - 70). Bernal.: Universidad Nacional de Quilmes.
- Gilbert, L. E., y Singer, M. C. (1975). Butterfly ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 6, 365-397.
- González Morcillo, C., Vallejos Fernández, D., Albusac Jiménez, J., y Castro Sánchez, J. (2012). *Realidad Aumentada. Un enfoque práctico con ARToolkit y Blender*. Ciudad Real: Bubok Publishing.
- Google. (s.f.). *Realidad Aumentada: técnicas de visualización*. Obtenido el 28 de octubre de 2019 de Google Web site: <https://sites.google.com/site/realidadvirtualmk/tecnicas-de-visualizacion>
- Guerra, C. (2003). *El nonágono semiótico: un ícono diagramático y tres niveles de iconicidad*. Barcelona: Gedisa.
- Guerra, C. (2015). Nonágono Semiótico, por qué, para qué, para quién. VI JORNADAS "PEIRCE EN ARGENTINA". Buenos Aires.
- Guerra, C., Acebal, M., Alisio, J., Betancourt Ruiz, M. X., Binnevies, A. M., Bohorquez Nates, M., . . . Voto, C. (2016). *Nonágono Semiótico: un modelo operativo para la investigación cualitativa*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Edudeba.
- INTA. (s.f.). *Jardín Botánico Arturo E. Ragonese: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Obtenido el 2 de noviembre de 2019 de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: <https://inta.gob.ar/jardinbotanico>
- Interaction Design Association. (s.f.). *Global: about-history*. Obtenido el 1 de mayo de 2018 de IxDA: <http://ixda.org/ixda-global/about-history/>
- Interaction Design Foundation. (2016). *Literature: Article: The Five Languages or Dimensions of Interaction Design*. Obtenido el 1 de Mayo de 2018 de Interaction Design Foundation: <https://www.interaction-design.org/literature/article/the-five-languages-or-dimensions-of-interaction-design>
- Interaction Design Foundation. (s.f.). *Literature: topics: Human Computer Interaction (HCI)*. Obtenido el 6 de mayo de 2018 de Interaction Design Foundation: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/human-computer-interaction>
- Inza, V., Pidal, B. (2020). *Recurso Educativo de acceso libre Un Jardín de Mariposas en un Espacio Urbano*. Plataforma virtual de educación a distancia PROCADIS - INTA. <http://procadisaplicativos.inta.gob.ar/cursosautoaprendizaje/mariposas/index.html>
- ISO. (2018). *ISO 9241-11: 2018 (en) Ergonomía de la interacción humano-sistema - Parte 11: Usabilidad: Definiciones y conceptos*. Obtenido de ISO Org Web site: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>

- ISO/IEC. (s.f.). *NORMAS ISO 25000: ISO 25010: Usabilidad*. Obtenido el 7 de 5 de 2018 de ISO: <http://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010/23-usabilidad>
- ISO/IEC. (s.f.). *Store: Standards catalogue: Browse by ICS: 35: 35.080*. Obtenido el 7 de 5 de 2018 de ISO: <https://www.iso.org/standard/35746.html>
- ISO/IEC. (s.f.). *Store: Standards catalogue: Browse by ISO 9241-210:2019(en) Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*. Obtenido el 30 de 11 de 2019 de ISO: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-210:ed-1:v1:en>
- Kipper, G., y Rampolla, J. (2013). *Augmented reality: an emerging technologies guide to AR*. Waltham: Elsevier.
- Klotz, A. B. (1960). *Vida y Costumbres de las mariposas*. Barcelona: Juventud.
- Magariños de Morentín, J. (2008). *La semiótica de los bordes*. Córdoba: Comunic-Arte
- Mangiarua, N., Ierache, J., Igarza, S., Becerra, M., Bevacqua, S., Verdicchio, N., . . . de la Llave, E. (2014). *Herramienta de Realidad Aumentada para la Explotación de Material Didáctico Tradicional*. IX Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología. Chilecito, La Rioja, Argentina: Universidad Nacional de Chilecito.
- Mareggiani, G., y Pelicano, A. (2010). *Zoología agrícola*. Buenos Aires: Hemisferio Sur.
- Norman, D. (1990). El Diseño Centrado en el Usuario. En D. Norman, *La psicología de los objetos cotidianos* (págs. 231-265). Madrid: Nerea.
- Norman, D., y Draper, S. (Edits.). (1986). *User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer*. New Jersey: L. Erlbaum Associates Inc.
- Núñez Bustos, E. (2010). *Mariposas de la Ciudad de Buenos Aires y alrededores*. Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores.
- Pea, R. D. (1985). User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer. En D. A. Norman, y S. W. Draper (Edits.). New Jersey: L. Erlbaum Associates Inc.
- Pidal, B., y Inza, M. V. (2015). *Mariposas, bioindicadoras del estado de los ecosistemas*. INTA Informa. <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=27185>
- Pidal, B., y Inza, M. V. Pampero TV. 2016. INTA Informa, Pampero You tube. Obtenido el 19 de diciembre de 2016 de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=vDCAYB6H13A>
- Pidal, B., Inza, M., Tubio, A., Pisetta, T., y Medero, S. (2018). Aprendiendo a conservar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en el sendero de atracción de mariposas. *PERIURBANOS hacia el consenso* (pág. 103). Resúmenes cortos: libro 2, eds P. Tittonell y B. Giobellina, 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Pisetta, T.; Pida, B.; Padovano, S.; Casanova, C.; e Inza, M.V. (2015). *Sendero de mariposas del Jardín Botánico del INTA: un espacio para aprender y valorar los servicios ecosistémicos* Libro de Resúmenes 4º Congreso Internacional de Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos: de la investigación a la acción. Mar del Plata.

- Pressman, R. S. (2010). Diseño de la interfaz de usuario. En R. S. Pressman, *Ingeniería del Software: un enfoque práctico* (págs. 265-294). México: McGrawHill.
- Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la lengua española, 23.ª ed.*, 23.3 en línea. Recuperado el 13 de 10 de 2020, de <https://dle.rae.es/percepci%C3%B3n>
- Sastoque, S., Narváez, C., y Garnica, G. (2016). Metodología para la construcción de Interfaces Gráficas Centradas en el Usuario. (J. Sánchez, Ed.) *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, 12, 314 - 324.
- Scolari, C. (2004). *Hacer clic: Hacia una sociosemiótica de las integraciones digitales*. Barcelona: GEDISA.
- Scolari, C. (2018). *Las leyes de la interfaz*. Barcelona: GEDISA.
- Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M., Jacobs, S., Elmqvist, N., y Diakopoulos, N. (2018). *Designing the User Interface. Strategies for Effective Human-Computer Interaction* (6th Edition ed.). Harlow, United Kingdom: Pearson Education Limited.
- Touloum, K., Idoughi, D., y Seffah, A. (2012). User experience in service design: Defining a common ground from different fields. En A. I. Conference, *Advances in the Human Side of Service Engineering* (págs. 257-269). Boca Raton: James C. Spohrer, Louis E. Freund. CRC Press.
- Tubio, Á. M. (2017). *Los jardines de atracción de mariposas como una herramienta para contribuir a la conservación de la biodiversidad*. Tesis de Grado, FAUBA. Buenos Aires, Argentina.
- Varga, A. E. (2000). *Mariposas Argentinas. Guía práctica e ilustrada para la identificación de las principales mariposas diurnas y nocturnas de la Provincia de Buenos Aires. Volumen 1*. San Miguel (Pcia. de Buenos Aires): Museo Entomológico Mariposas del Mundo.

Anexos

ANEXO 1: REPRESENTACIONES PARA EL NONÁGONO SEMIÓTICO DEL CONTEXTO DE USO SIN RA

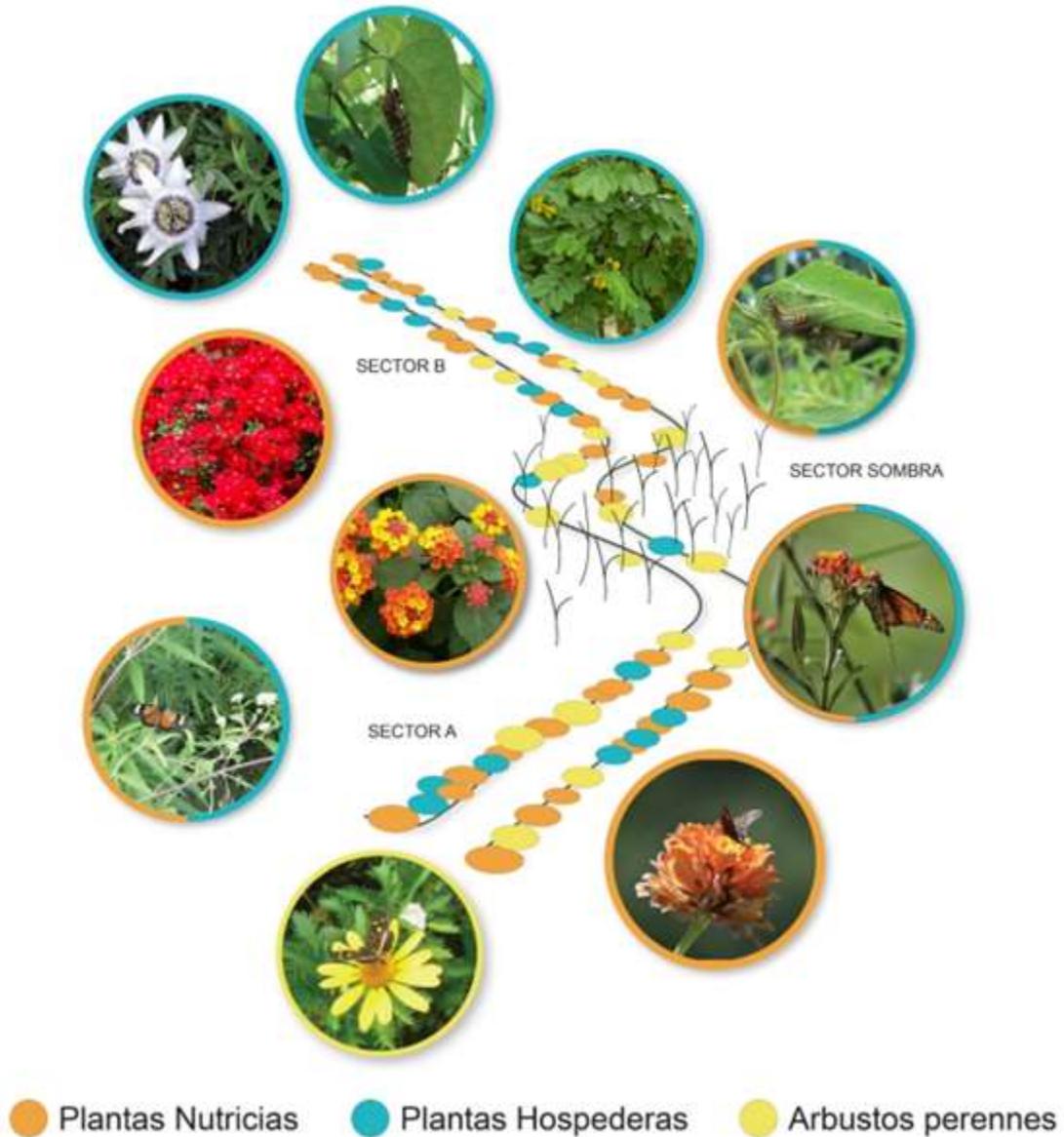


Figura 24 Imagen publicada en Pisetta et al. (2015).

Esquema elaborado durante el voluntariado realizado en el JBAER en los años 2014 y 2015, publicado en un póster de investigación (Pisetta et al., 2015). Es el resultado de tareas de georreferenciación de las especies vegetales presentes en sendero en aquél momento y que

permitieron generar las siguientes imágenes con Photoshop a partir de una base satelital tomada de Google Earth (Figura 25).

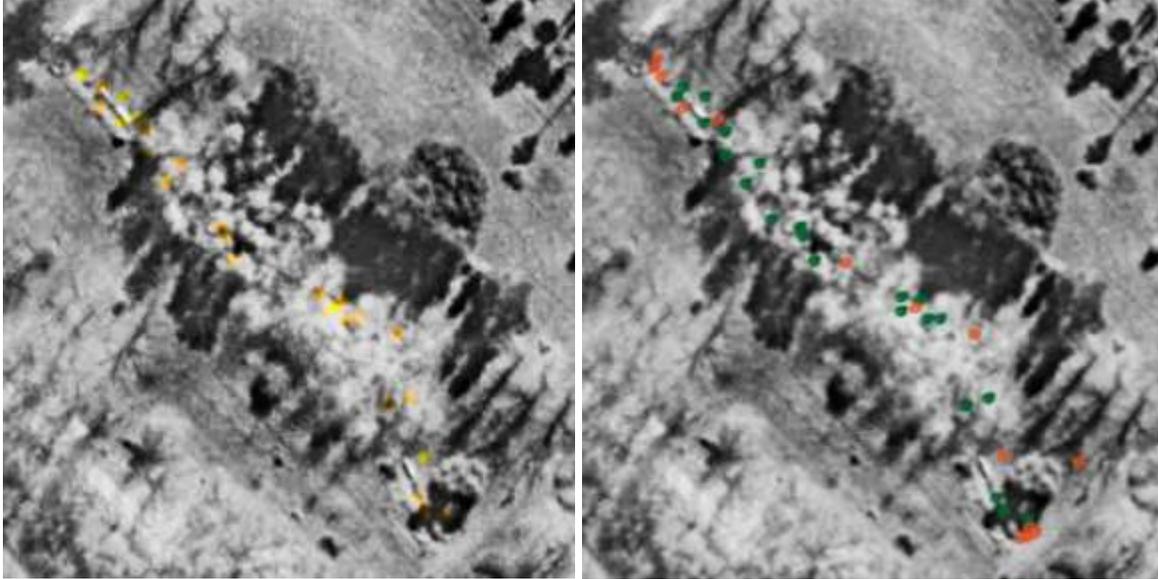


Figura 25 Georreferenciación de especies vegetales del sendero del JBAER según su relación con las mariposas o su ciclo de vida. A la izquierda: plantas nutricias o con flor (naranja) y plantas con flor y hospederas (amarillo). A la derecha: plantas perennes (verde) y plantas anuales (naranja oscuro).

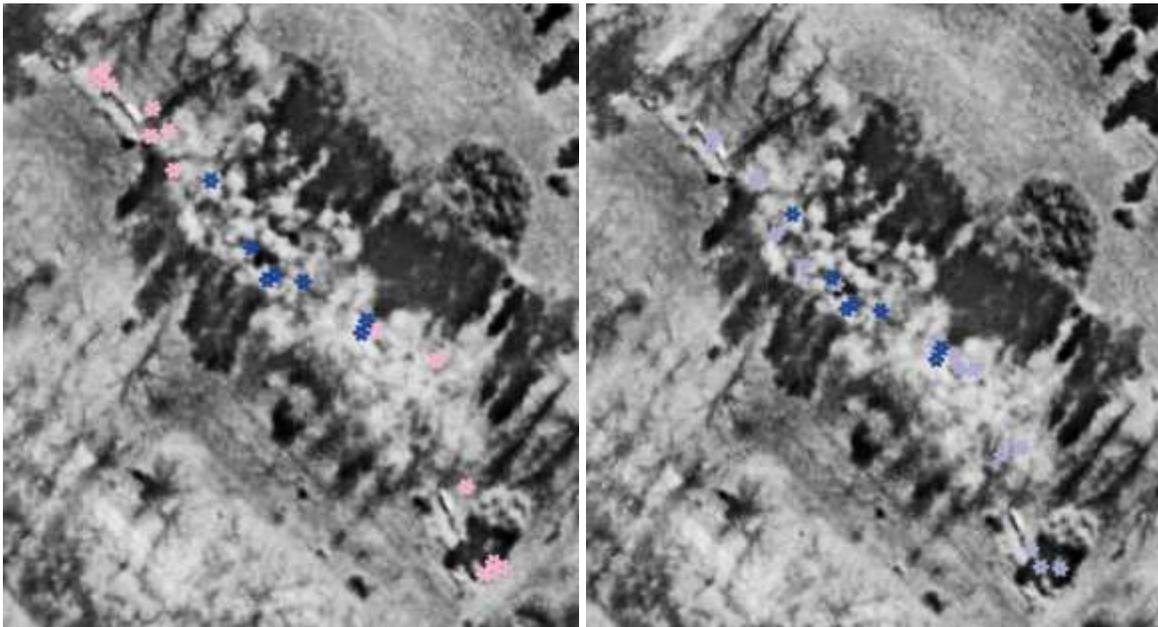


Figura 26 Georreferenciación de especies vegetales del sendero del JBAER según su floración. A la izquierda: plantas con floración todo el año (azul) y plantas con floración en primavera (rosa). A la derecha: plantas con floración todo el año (azul) y plantas con floración verano-otoño (lila).

ANEXO 2: DETALLE DE VEGETACIÓN Y MARIPOSAS DEL SENDERO

	PLANTA HOSPEDERA		MARIPOSA				
	allí ovipone el adulto, sp. alimento de las larvas		nombre científico	nombre vulgar	Familia	Subfamilia	
1	<i>Canna sp.</i> (achiras)		<i>Calpodus ethlius</i>	achirera	Hesperiidae	Hesperiinae	
2	<i>Passiflora misera</i> <i>P. suberosa</i> <i>P. caerulea</i> <i>P. alata</i>		<i>Agraulis vanillae</i>	mariposa espejito	Nymphalidae	Heliconiinae	
3	<i>Asclepia curassavica</i> <i>Araujia hortorum</i> (tasi)		<i>Danaus erippus</i>	mariposa monarca	Nymphalidae	Danainae	
4	<i>Taraxacum officinale</i> ? <i>Plantago sp.</i> ? <i>sp.</i> ?	<i>Malva</i>	<i>Vanessa sp.</i>	vanesa	Nymphalidae	Nymphalinae	
5	<i>Baccharis salicifolia</i> (chilca), <i>Eupatorium</i> , <i>Senecio</i>		<i>Actinote pelenea</i>	perezosa	Nymphalidae	Heliconiinae	
6	<i>Ruellia sp.</i> , <i>Justicia sp.</i> , <i>Blechnum sp.</i>		<i>Junonia sp.</i>	cuatro ojos o pavo real	Nymphalidae	Nymphalinae	
7	<i>Dicliptera tweediana</i> (canario rojo)		<i>Ortilia ithra</i>	Bataraza	Nymphalidae	Nymphalinae	
8	<i>Celtis tala</i>		<i>Doxocopa laurentia</i>	zafiro del tala	Nymphalidae	Apaturinae	
9	<i>Scutia buxifolia</i>		<i>Morpho catenarius</i>	Bandera argentina	Nymphalidae	Morphinae	
10	<i>Senna corymbosa</i>		<i>Eurema deva</i>	limoncito	Pieridae	Colianinae	
11	<i>Medicago sativa</i> , <i>Medicago sp.</i> , <i>Trifolium sp.</i>		<i>Colias lesbia</i>	oruga de la alfalfa	Pieridae	Colianinae	
12	<i>Aristolochia fimbriata</i> <i>Aristolochia triangulares</i> <i>Aristolochia sp.</i>		<i>Parides bunichus</i>	viuda del monte	Papilionidae	Papilioninae	
13	<i>Aristolochia fimbriata</i> <i>Aristolochia triangulares</i> <i>Aristolochia sp.</i>		<i>Battus polydamas</i>	mariposa borde de oro	Papilionidae	Papilioninae	
14	<i>Citrus sp.</i>		<i>Heraclides thoas</i>	Limonera grande	Papilionidae	Papilioninae	

Figura 27 Planilla utilizada para tareas de avistaje y monitoreo de mariposas durante el voluntariado.

*El nombre de la especie *Morpho catenarius* cambió a *Morpho epistrophus*.

ANEXO 3: CONSUMOS DE LOS USUARIOS

A continuación, se presentan los extractos de estudios y publicaciones consultadas para conocer acerca de los consumos de los adolescentes, aunque no se trate específicamente de adolescentes del AMBA.

REDES SOCIALES PREFERIDAS POR LOS ADOLESCENTES

Los adolescentes muestran una clara preferencia hacia los juegos online con plataformas chat y las comunicaciones instantáneas, sean vía chat o vía imagen. De esta manera, el uso de aplicaciones como WhatsApp, Line o Messenger, o las redes sociales que mejor les permitan esa comunicación chat son las que marcan la tendencia. El cambio de 2015 a 2016 en el ranking efectuado refleja esta pauta, ya que Instagram ha sido masivamente destronada por Snapchat, una red de reciente aparición que permite el intercambio de mensajes audiovisuales instantáneos que desaparecen a los 30 segundos. Esta presunta impunidad e intrascendencia con la que Snapchat tienta a los jóvenes supone una verdadera problemática para padres y pedagogos a la hora de controlar casos, como decíamos, de acoso virtual o ciberbullying.

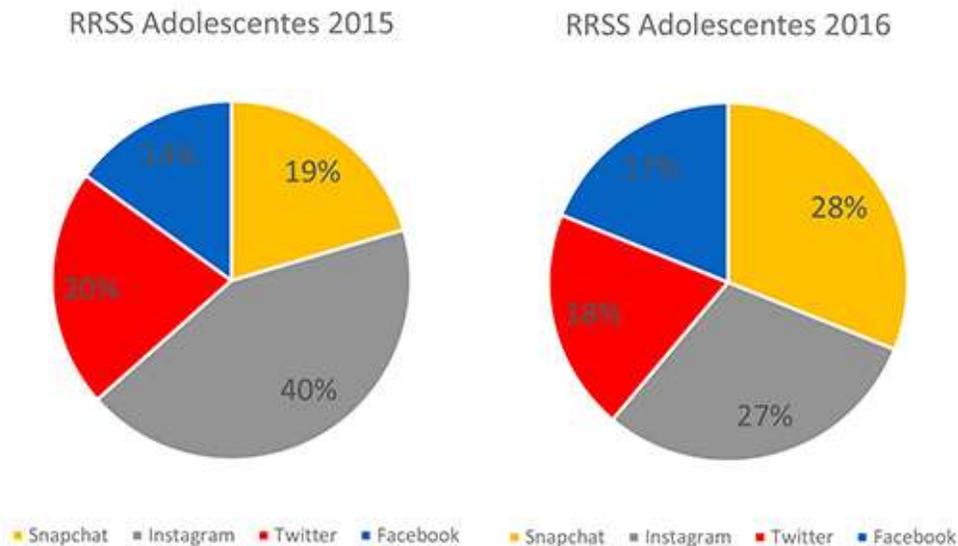


Figura 28 Ranking de las redes sociales preferidas por los adolescentes a 2016 según Poper Jaffray.

Fuente: <https://www.almudenaseguros.es/blog/las-7-redes-sociales-preferidas-por-los-adolescentes/>

USABILIDAD PARA USUARIOS ADOLESCENTES

La información corresponde a la publicación Jakob Nielsen's Alertbox del 1 de febrero de 2013, traducida al español, de la cual se extrajo lo siguiente:

“Los adolescentes se muestran muy confiados en sus habilidades digitales. Sin embargo, se desenvuelven peor que los adultos en ese contexto. Menor nivel de lectura, impaciencia, y unas habilidades para la investigación poco desarrolladas reducen el nivel de cumplimentación de las tareas en un entorno web por parte de ese grupo de usuarios. Lo que necesitan son sitios web simples.”

Estereotipos refutados:

- Sólo quieren entretenerse con elementos multimedia.
- Son muy buenos conocedores de los aspectos técnicos.
- Utilizan el smartphone para todo.
- Quieren que todo tenga un componente social.

Géneros y contenidos de sitios webs consultados:

- Recursos escolares
- Turismo, arte y entretenimiento
- Salud
- Información y sitios de referencia
- Noticias
- Ocio y juegos
- Comercio electrónico
- Sitios corporativos
- Gobierno y administración pública
- Organizaciones sin ánimo de lucro

Utilización de la web:

- Las tareas escolares
- Aficiones o intereses especiales (incluyendo el aprendizaje de nuevas habilidades o encontrar actividades divertidas)
- Entretenimiento (incluyendo música y juegos)
- Noticias (incluyendo deportes, actualidad y entretenimiento)
- Aprender acerca de nuevos temas
- Hablar con amigos

- Compras (no compran, pero buscan productos, seleccionarlos y confeccionar su lista de deseos)

Razones por las que obtienen peores resultados que los adultos en la web:

- Bajas habilidades de lectura
- Estrategias de investigación muy poco sofisticadas
- Niveles de paciencia muy bajos

Recomendaciones y consideraciones:

- Estrategias de fácil lectura
- Evitar los tamaños pequeños de la tipografía
- Evitar el contenido aburrido y el demasiado entretenido
- Utilizan computadoras y dispositivos de segunda mano
- Separar los contenidos para niños de los contenidos para adolescentes
- Diseñar para pantallas pequeñas y con débil ergonomía

Fuente: <https://www.torresburriel.com/weblog/2013/02/04/usabilidad-para-usuarios-adolescentes/>

LOS CONSUMOS ADOLESCENTES

Tabla 3.1. Gastos de los jóvenes cubiertos por ellos mismos o por sus familias

Gastos que cubren los jóvenes	Gastos que cubre la familia
<ul style="list-style-type: none">- Gastos esporádicos (por ejemplo: viajes).- Compra de vestuario o complementos relacionados con las identidades grupales (por ejemplo: chaquetas de cuero, los varones; las chicas, prendas de marca).- Adquisición de bienes y servicios relacionados con el tiempo libre (por ejemplo: bicicletas, cámaras fotográficas), o con las actividades de ocio (por ejemplo: cines, discotecas).- Gastos de bolsillo (por ejemplo: tabaco, transporte o revistas de entretenimiento).- Regalos a las familias y a las amistades (por ejemplo: discos o libros).	<ul style="list-style-type: none">- Gastos vitales (las vacaciones también suelen tener esa consideración de gasto vital).- Formación (por ejemplo: matrículas).- Infraestructuras para la formación (por ejemplo: ordenadores).- Bienes relacionados con la información (por ejemplo: periódicos, libros, enciclopedias videos, etc.).

Elaboración propia a partir del estudio *Juventud y Consumo* del Instituto Nacional de Consumo. Datos correspondientes al año 1996⁴¹⁵.

Figura 29 Gastos de jóvenes cubiertos por ellos mismos o sus familias, elaborado por María Elena Izco Montoya

http://www.injuve.es/sites/default/files/adjuntos/2022/07/premiosinjuvetesis2007_losadolescentese_nlaplanificaciomedios_3-losadolescentescomoconsumidores_0.pdf

ANEXO 4: ALGUNOS PROTOTIPOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE ALAS APP

A continuación, se muestran capturas de pantalla o imágenes de distintos prototipos (diagramas, bocetos, esquemas, etc.), utilizados en el diseño de la aplicación.

PRESENTACIÓN DE POWER POINT

La primera forma de esquematizar el contenido de la aplicación fue hacer una distribución de los conceptos e imágenes preliminares en una presentación (Figura 30), donde cada diapositiva correspondería a una pantalla o sección, de acuerdo con la extensión que tuviera. Para la misma se utilizó como referente una presentación dada por personal del JBAER, y algunas ilustraciones realizadas para el folleto del sendero (Figura 32 y Figura 32) diseñado durante el voluntariado.

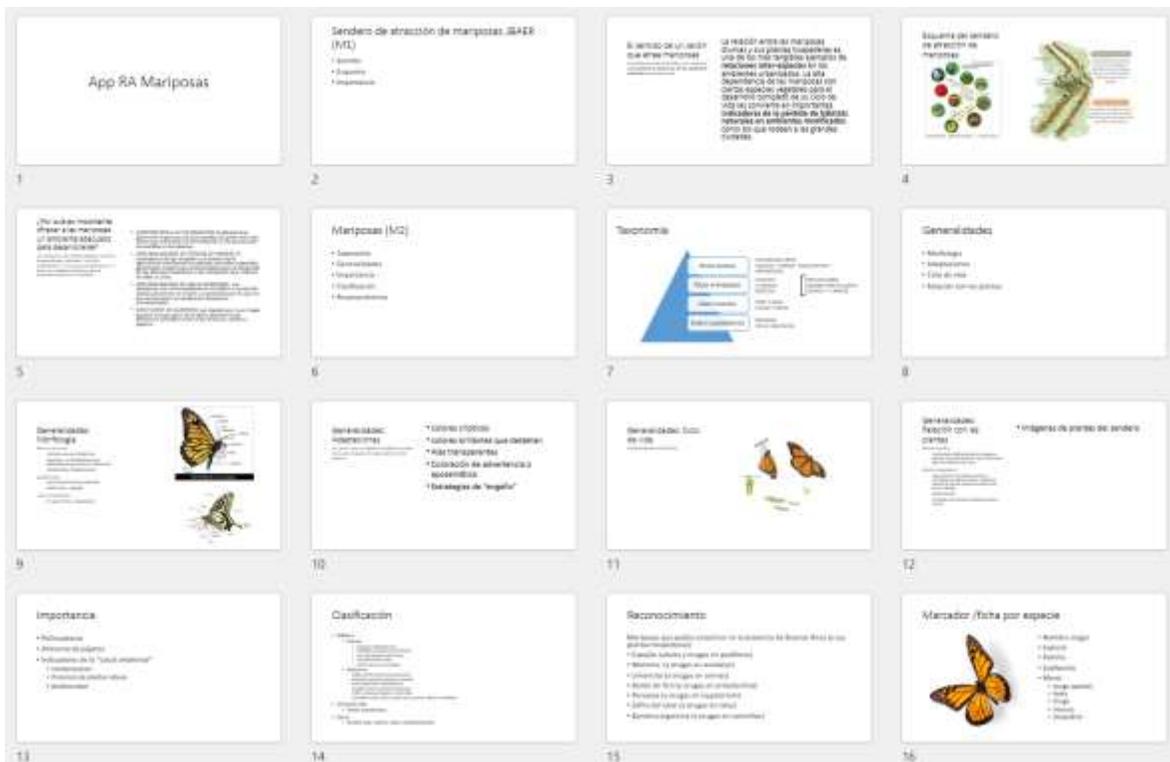


Figura 30 Captura de pantalla de las diapositivas de la presentación sobre el boceto de Alas App



Figura 31 Tríptico del sendero del JBAER INTA Castelar. Cara externa. <https://inta.gob.ar/documentos/folleto-sendero-de-atraccion-de-mariposas-jardin-botanico-inta-castelar>

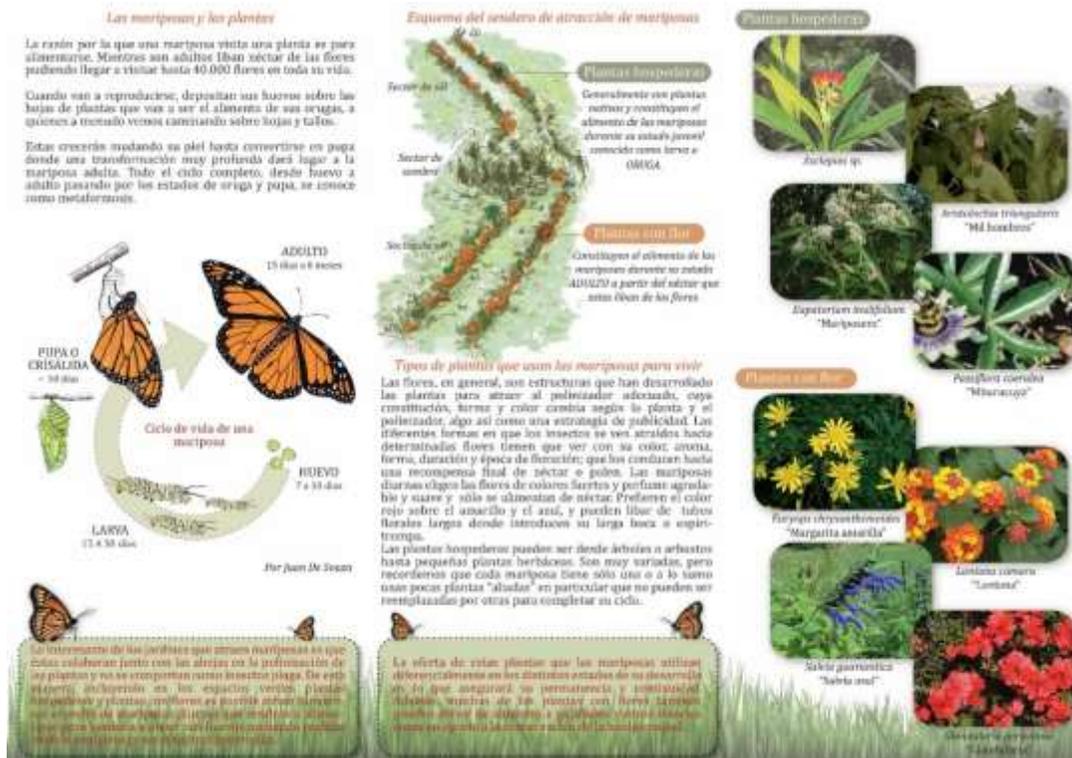


Figura 32 Tríptico del sendero del JBAER INTA Castelar. Cara interna. <https://inta.gob.ar/documentos/folleto-sendero-de-atraccion-de-mariposas-jardin-botanico-inta-castelar>

ETAPAS DE DESARROLLO DE LA APLICACIÓN



Figura 33 Esquema con las etapas de desarrollo de la aplicación

DISEÑO DE PANTALLAS

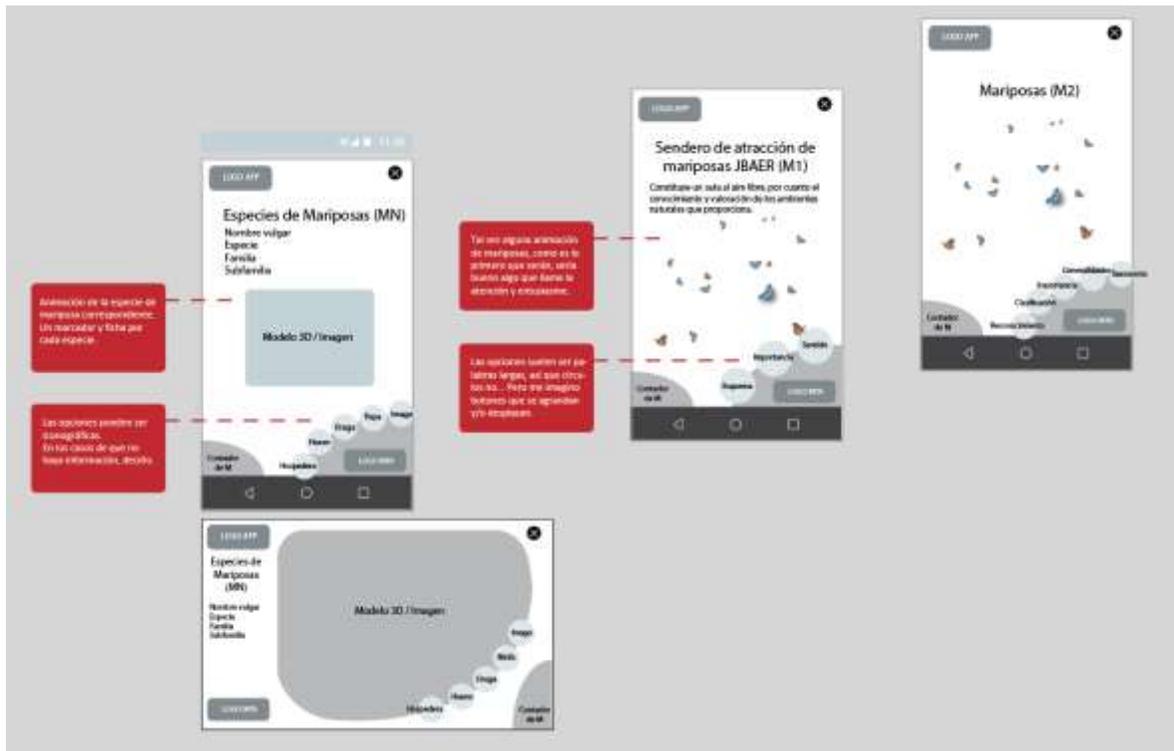


Figura 34 Wireframe de las principales secciones de la aplicación.

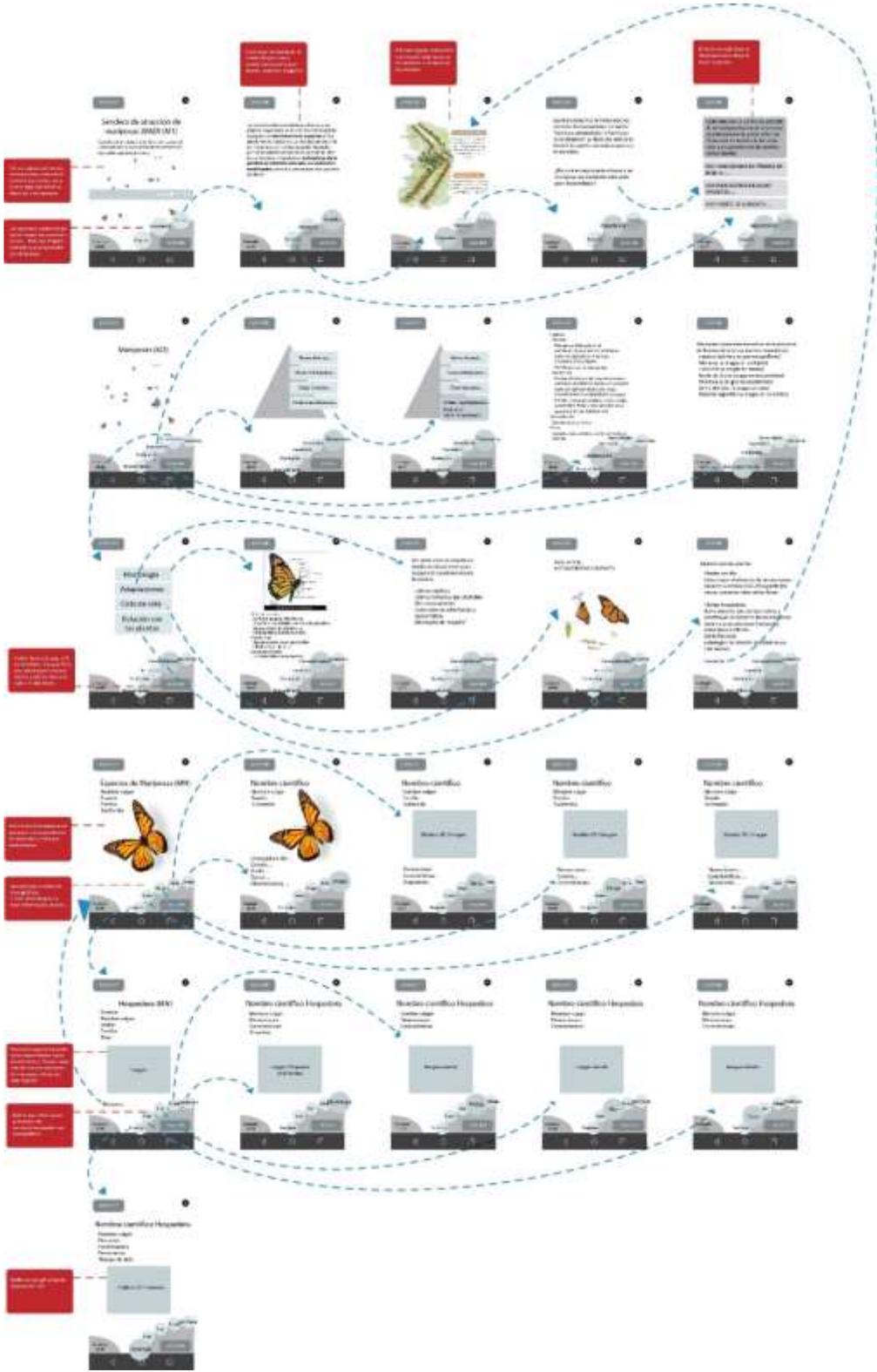


Figura 35 Wireframe de la aplicación en pantalla vertical

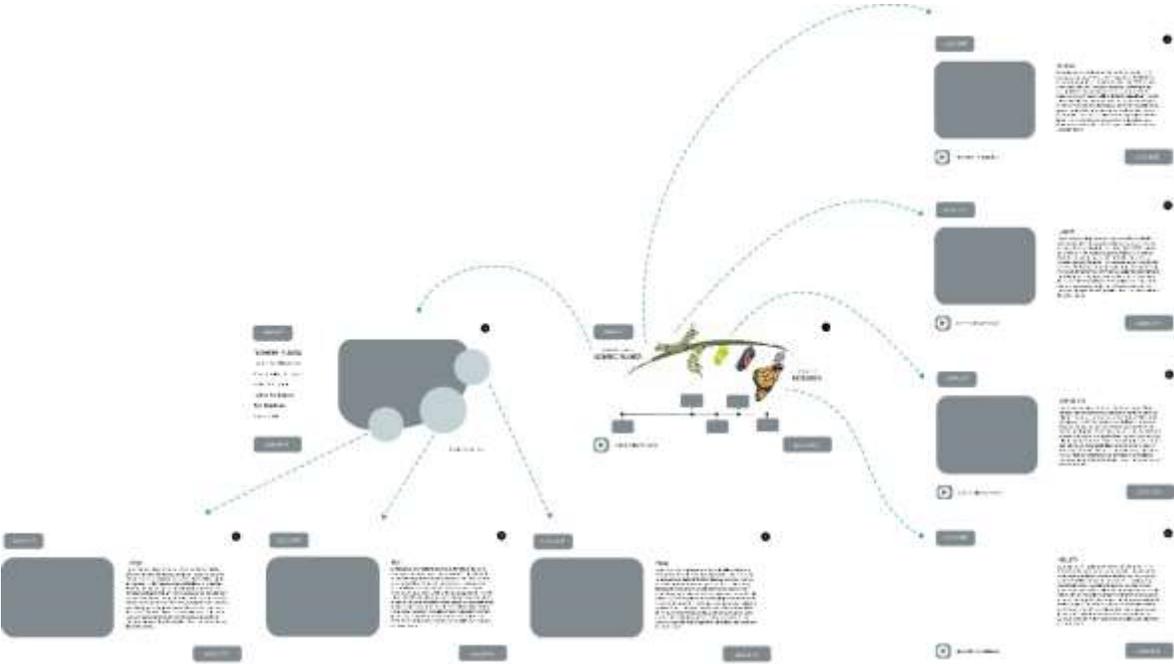


Figura 36 Wireframe de la sección Plantas hospederas.

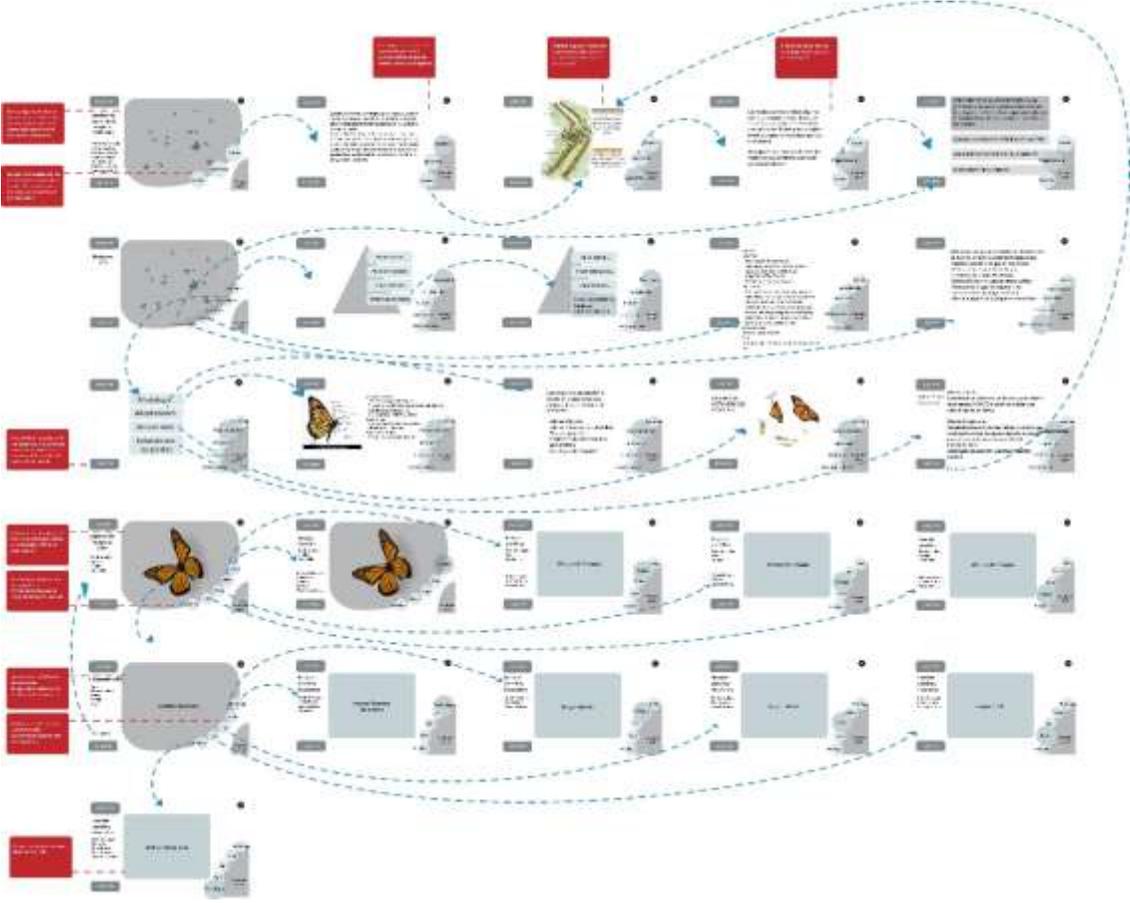


Figura 37 Wireframe de la aplicación con rotación de pantalla (horizontal)

ANEXO 5: MARCA ALAS APP

El logo de la marca corresponde a la sigla Aplicación de Lepidópteros Aumentados y el isotipo²⁶, al perfil de una mariposa (Figura 40), que se logró a partir de la vectorización y mejoras de un boceto manuscrito (Figura 38). Los colores corresponden a una tríada de colores complementarios secundarios (dos fríos y uno cálido), para generar impacto y movimiento, y es la paleta utilizada en los objetos de la aplicación. El naranja es uno de los colores presentes en las alas de varias de las especies más avistadas en el sendero, el verde alude a la vegetación y el violeta refiere al aspecto creativo y reflexivo de la aplicación.



Figura 38 Bocetos preliminares de isotipo de la marca.



Figura 39 Pruebas de color del isologotipo



Figura 40 Isologotipo final

²⁶ Parte simbólica de la marca (imagen).

ANEXO 6: MODELADO DE MARIPOSAS

MODELADO 3D DEL CUERPO DE LAS MARIPOSAS ADULTAS

A partir de imágenes esquemáticas del cuerpo de los lepidópteros, se toman las partes, formas y rasgos principales. Además, se utilizan imágenes fotográficas de mariposas reales, para comprender volumetría y detalles de cada especie.

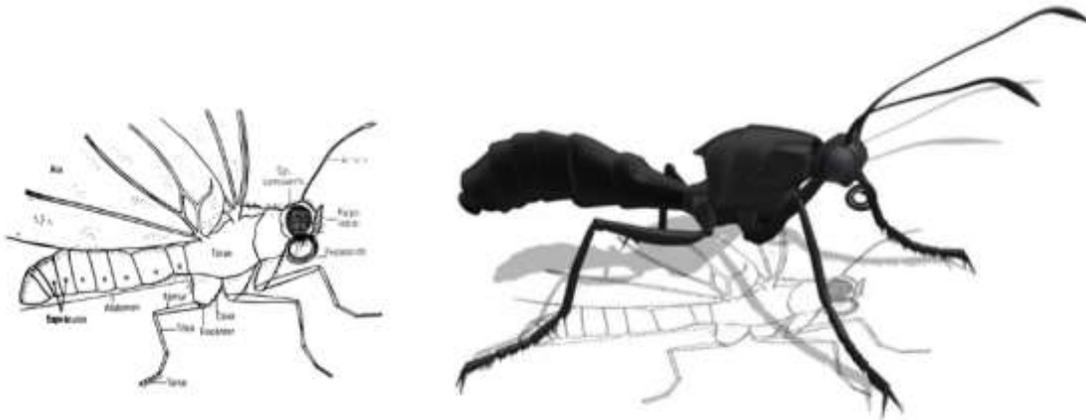


Figura 41 Esquema y modelo 3D del cuerpo de una mariposa.

PROCESO DE MODELADO DE ALAS

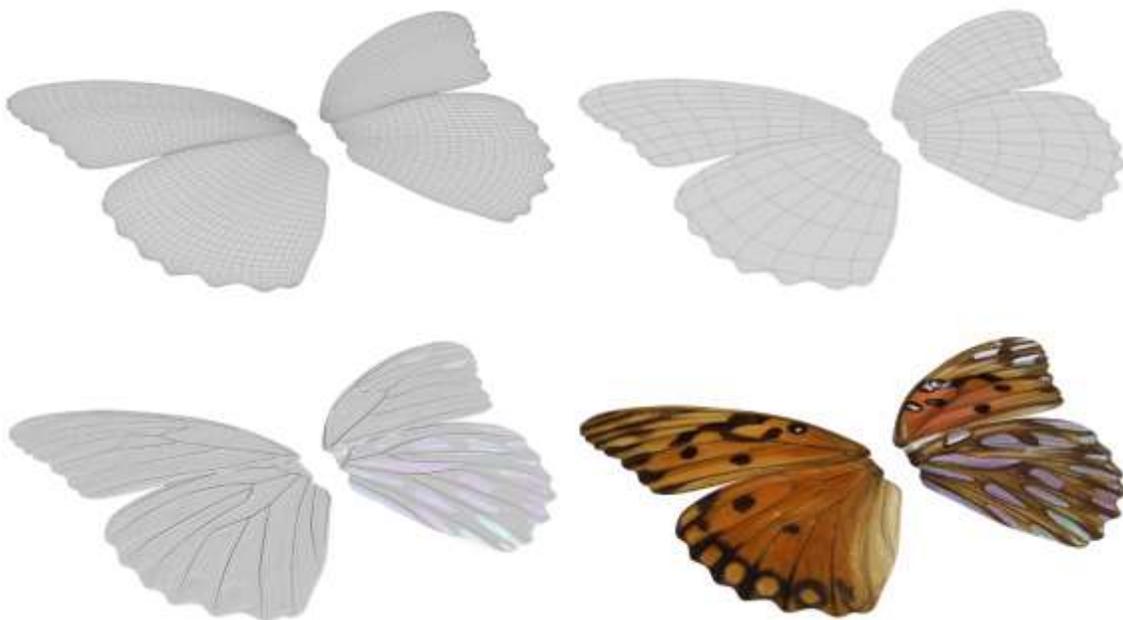


Figura 42 Secuencia del proceso de modelado de alas de una mariposa.

Las alas de las mariposas se trazan con vectores y modelan sobre una malla de polígonos que luego se simplifica de modo que se reduce la cantidad de estos (primeros dos pares de alas en la parte superior de la Figura 42). A la malla de polígonos simplificada se le monta las imágenes de las venas, para dar sensación de volumen. Luego se montan las fotografías de las alas, extendidas y plantas recortadas (Figura 43), de las texturas de cada faz del ala, dado que la cara interna y externas son distintas (segundos dos pares de alas en la parte inferior de la misma figura). Esto se realiza para el modelo 3D de cada especie de mariposa adulta representada. El cuerpo base también se colorea según cada especie, se une con el par de alas y se lleva adelante el proceso de animación.

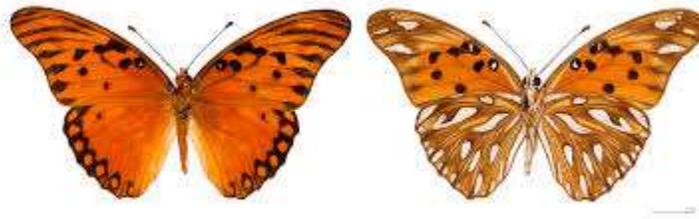


Figura 43 Cara externa (izquierda) e interna (derecha) de las alas de *Agraulis vanillae*



Figura 44 Modelo 3D animado de la mariposa Espejitos (*Agraulis vanillae*)

ANEXO 7: INFORMACIÓN DE SOPORTE DE LA APLICACIÓN



Ilustraciones de Juan De Souza (INTA)

Figura 45 Esquema ilustrado por Juan De Souza (INTA), de la metamorfosis o ciclo de vida de las mariposas diurnas

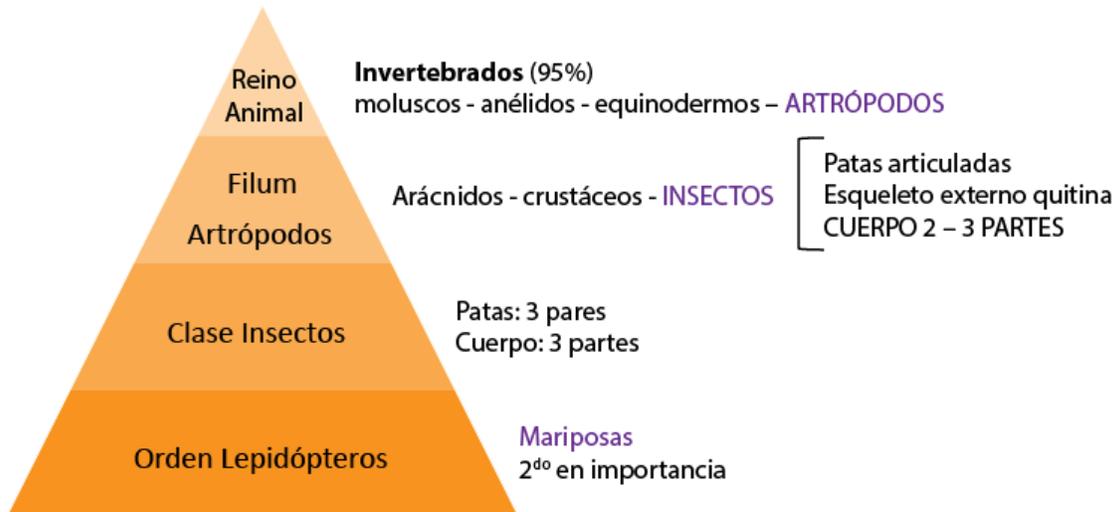


Figura 46 Esquema de taxonomía

ANEXO 8: IMÁGENES MARCADOR Y SOPORTES

La forma de implementar técnicas de RA en el sendero es por medio de marcadores (carteles, Figura 48), dispuestos en el sendero, que sirvan como objeto de reconocimiento y sobre los cuales proyectar el contenido aumentado al ser escaneados por una cámara. Los marcadores se corresponden con fotografías propias de plantas hospederas o plantas con flor presentes en el sendero. Estas deben contener formas distintas con contornos complejos para que sean reconocidas fácilmente por algoritmos de reconocimiento y seguimiento de imágenes (Figura 47). Las mismas se registran manualmente en Vuforia, la aplicación elegida en este caso.

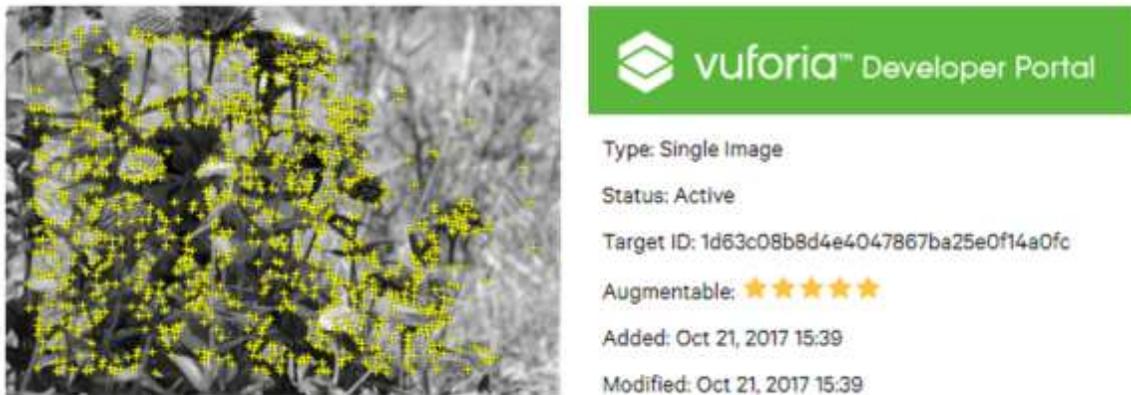


Figura 47 Imagen plana cargada en Vuforia para ser utilizada como marcador

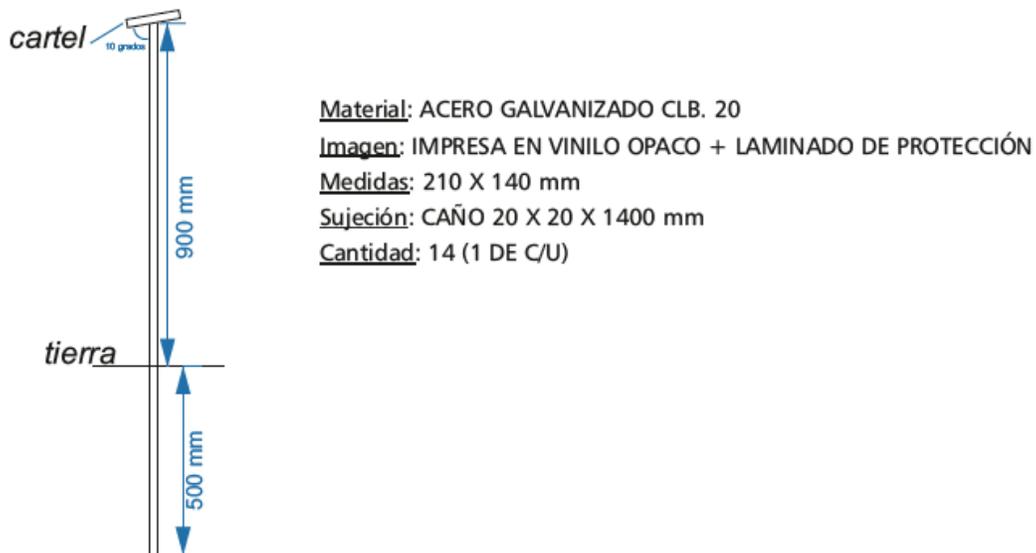


Figura 48 Detalle constructivo de los carteles con las imágenes marcador.

ANEXO 9: MODELOS 3D ANIMADOS DE MARIPOSAS DE ALAS APP

La idea original era modelar las mariposas en cada etapa del ciclo de vida (huevo, oruga, pupa y adulto), pero la falta de imágenes e información (como tamaño, aspecto, etc.) y el tiempo limitado hicieron que sólo se modelaran los adultos. El detalle de cada especie (texto e imágenes) conforma el contenido complementario de la aplicación.



Bandera argentina (*Morpho catenarius*)



Limoncito (*Eurema deva*)



Achirera (*Capodes ethlius*)



Bataraza (*Ortilia ithra*)



Borde de Oro (*Battus polydamas*)



Cuatro ojos (*Junonia sp.*)



Espejitos (*Agraulis vanillae*)



Monarca (*Danaus erippus*)



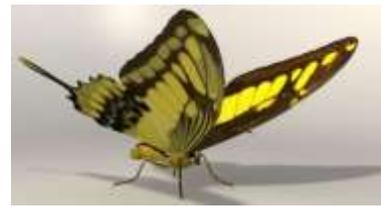
Vanesa (*Vanessa sp.*)



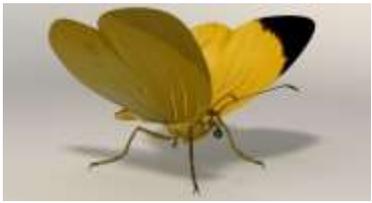
Perezosa (*Actinote pellenea*)



Zafiro del Tala (*Doxocopa laurentia*)



Limonera grande (*Heraclides thoas*)



Isoca de la alfalfa (*Colias lesbia*)



Viuda de Monte (*Parides bunichus*)

Tabla 19 Imágenes de las 14 especies de mariposas modeladas para Alas App

*El nombre de la especie *Morpho catenarius* cambió a *Morpho epistrophus*.

ANEXO 10: MARCADORES DE ALAS APP

El planteo original era utilizar imágenes de PH o PF relacionadas con cada especie de mariposa (según Anexo 2). Algunas especies no se pudieron fotografiar (dada la época o ausencia en zonas cercanas) o la imagen disponible no funcionaba como marcador. Se reemplazó por la imagen de alguna planta donde se observó posada a la mariposa adulta.



Target de PH de Bandera argentina



Target de PH de Limoncito



Target de PF de Achirera



Target de PF de Bataraza



Target de PH de Borde de Oro



Target de PF de Cuatro ojos



Target de PF de Espejitos



Target de PF de Monarca



Target de PF de Vanesa



Target de Perezosa



Target de Zafiro del Tala



Target de Limonera grande



Target de PH de Isoca de la alfalfa



Target de PF de Viuda de Monte

Tabla 20 Imágenes de los 14 marcadores de Alas App

ANEXO 11: INTERFAZ DE ALAS APP

Al iniciar la aplicación se carga una primera pantalla en la que el usuario puede elegir qué contenido desea ver, el contenido complementario (información referida a las especies de mariposas y sus plantas hospederas, y al sendero) o bien el contenido de RA. Para el primero no es necesario utilizar los marcadores.



Figura 49 Pantallas de la interfaz de Alas App



Figura 50 Pantalla de la sección de RA de Alas App

Si se desea ver la información aumentada se debe elegir la opción “Scan”, mientras se apunta la cámara del dispositivo sobre un marcador. Así se carga el modelo 3D animado de la mariposa correspondiente con ese marcador. Al girar el dispositivo sobre la imagen el modelo se muestra desde otra perspectiva y se lo puede manipular (cambiar de tamaño, girar) a través de acciones sobre la pantalla.

Las imágenes marcador y la propia aplicación podían descargarse desde la web de Alas App:

<http://www.alasapp.com.ar/>