



TESIS DOCTORAL

MOTIV-ARCHE: SISTEMA ADAPTATIVO PARA LA CO-CREACIÓN DE
CONTENIDOS EDUCATIVOS EN EL ÁMBITO DEL PATRIMONIO
CULTURAL Y NATURAL

Juan Camilo González Vargas

2024





TESIS DOCTORAL

MOTIV-ARCHE: SISTEMA ADAPTATIVO PARA LA
CO-CREACIÓN DE CONTENIDOS EDUCATIVOS EN EL
ÁMBITO DEL PATRIMONIO CULTURAL Y NATURAL

Juan Camilo González Vargas

2024

PROGRAMA DE DOCTORADO

Dirigida por:
PhD. Ramon Fabregat Gesa
PhD. Teodor Jové Lagunas
PhD. Angela Cristina Carrillo Ramos

**Memoria presentada para optar al título de doctor por la Universidad de
Girona y Pontificia Universidad Javeriana**



LISTA DE PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS

ARTÍCULOS EN REVISTAS

González Vargas, J.C.; Fabregat, R.; Carrillo-Ramos, A.; Jové, T. Survey: Using Augmented Reality to Improve Learning Motivation in Cultural Heritage Studies. *Appl. Sci.* **2020**, *10*, 897. <https://doi.org/10.3390/app10030897>

González Vargas, J.C.; Fabregat, R.; Carrillo-Ramos, A.; Jové, T. Motiv-ARCHE: an augmented reality application to co-create cultural heritage resources with teenagers. *Post - Classical Archaeologies. PCA* **2021**, *11*, 387-397. ISSN: 2039-7895

ARTÍCULOS EN CONFERENCIAS

González Vargas, J. C., Fabregat, R., Carrillo-Ramos, A. Motiv-ARCHE: A cultural heritage co-creation system to motivate gifted students. *III Conference of Pre-doctoral Researchers Abstract Book* **2020**. ISBN 978 84 8458 573 2, 117

Fabregat, R.; Garcons, N.; Jové, T.; González Vargas, J.C.; Coris, L.; Cocreación de contenidos con Motiv-ARCHE en el proyecto PECT "Costa Brava y Pirineo de Girona: Naturaleza, Cultura e Inteligencia en red". *Congreso Internacional de Museos y Estrategias Digitales. UPV, Valencia, 19-28 de octubre de 2022*. **2022** <https://doi.org/10.4995/CIMED22.2022.15649>

Fabregat, R.; Garcons, N.; Jové, T.; González Vargas, J.C.; Coris, L.; Motiv-ARCHE: pruebas piloto de cocreación de contenidos por expertos patrimoniales. *Imatge i Recerca Centre de Recerca i Difusió de la Imatge (CRDI): Jornades Antoni Varés. Ajuntament de Girona, Girona*. **2022**. https://www.girona.cat/sgdap/cat/jornades_inici.php

LISTA DE ABREVIATURAS

2D: segunda dimensión
3D: tercera dimensión
3MF: 3D Manufacturing Format
AC: acceso de contenidos
ANCOVA: Analysis of Covariance
ANOVA: Analysis of Variance
API: Application Programming Interface
AR: Augmented Reality
ARAM: Augmented Reality Acceptance Model
ARCS: Attention Relevance Confidence Satisfaction
ATS: Affective Tutoring Systems
AUI: Adaptive User Interface
AV: Augmented Virtuality
CAVE: Cave Automatic Virtual Environment
CEP: Convenio Europeo del Paisaje
CIDOC CRM: CIDOC Conceptual Reference Model
CMS: Content Management System
DAE: Digital Asset Exchange
DCS: Didáctica de Ciencias Sociales
DBR: Design-Based Research
FBX: From Film box
FIPI: Five Item Personality Inventory
GLTF: GL Transmission Format
GPS: Global Positioning System
GUMO: General User Modeling Ontology
HARUS: Handheld Augmented Reality Usability Scale
HCI: Human Computer Interaction
HHD: Handheld devices
HMD: Head Mounted Display
HTML: Hypertext Markup Language
HTTP: Hypertext Transfer Protocol
IMMS: Instructional Materials Motivation Survey
LCMS: Learning Content Management System
LMS: Learning Management System
MIT: Massachusetts Institute Technology
MLA: Museum Learning Activities
MNAD: Museo Nacional de Artes Decorativas
MOOC: Massive Open Online Course
MR: Mixed Reality
NFC: Near Field Communication
PDA: Personal Digital Assistant
PDF: Portable Document Format
PLY: Polygon File Format
PUJ: Pontificia Universidad Javeriana
QR: Response Code
RDF: Resource Description Framework
RFID: Radio Frequency Identification
RIMMS: Reduced Instructional Materials Motivation Survey
SAR: Spatial Augmented Reality

SOR: Stimulus-Organism-Response
STEM: Science Technology Engineering and Mathematics
STL: Standard Triangle Language
SUS: System Usability Scale
TAM: Test Acceptance Model
TIC: Tecnologías de Información y Comunicación
UEQ: User Experience Questionnaire
UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
URL: Uniform Resource Locator
USE: Usefulness Satisfaction and Ease of Use
UTAUT: Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
VEP: Visitor Employed Photography
VET: Vocational education training
VME: Virtual Mobile Environment
VR: Virtual Reality
WOS: Web Of Science
XR: eXtended Reality

Quiero dedicar este trabajo de grado en primer lugar a Dios, por haberme brindado las oportunidades necesarias para acceder a realizar mis estudios de posgrado en las universidades, Girona y Pontificia Universidad Javeriana, y poder continuar hasta la culminación de estos sin mayor tropiezo. Por darme la fortaleza necesaria para mantenerme en aquellos momentos en que me sentí desfallecer.

También quiero dedicarlo a mis padres Carlos Arturo González Aguillón y Luz Carime Vargas Guevara, quienes han sido el mayor apoyo a lo largo de mi vida, otorgándome además su amor incondicional; a mis hermanos Carlos Augusto y Daniel Felipe González Vargas, fuente de mi inspiración, quienes de manera activa me brindaron su apoyo y aliento acompañándome hasta alcanzar mi objetivo de crecimiento personal y profesional, en algunas oportunidades con un simple consejo o tan sólo escuchándome, cuando flaqueaba, siendo aliciente para continuar en mi búsqueda de la excelencia.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a Dios, principalmente, y a la Universitat de Girona y a la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, instituciones que siempre me han abierto sus puertas y me han brindado valiosas oportunidades de formación académica y personal. Agradecimiento al programa de Doctorado de la Universidad Javeriana por depositar su confianza en mí y permitirme estudiar con una asistencia graduada.

Un agradecimiento especial a mis directores de tesis Dr. Ramon Fabregat Gesa, Dra. Angela Cristina Carrillo Ramos y Dr. Teodor Jové Lagunas, quienes me acompañaron, como excelsos orientadores, en todo el andar del camino, de principio a final de este trabajo, brindándome su apoyo constante, compartiendo su conocimiento y experiencia para guiarme. Les agradezco profundamente sus comentarios, sugerencias y ayuda continua para lograr una tesis y un trabajo de calidad. Las palabras no bastan para expresarles mi gratitud.

Doy las gracias a los expertos patrimoniales, a los estudiantes y profesores, a los usuarios de la aplicación y a las instituciones por haberla utilizado y proponerme mejoras en la misma.

Por último, quisiera agradecer a todos mis familiares y amigos, quienes han estado siempre pendientes de mí, brindándome su apoyo y fortaleza en los momentos en que se sentía que no podía continuar. Gracias por su constancia y perseverancia, por estar conmigo tanto en los buenos como en los malos momentos, no sólo en lo académico, sino también en lo personal.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento por acompañarme y apoyarme a lo largo de este proceso de investigación.



El Dr. Ramon Fabregat Gesa y el Dr. Teodor Jové Lagunas de la Universidad de Girona y la Dra. Angela Cristina Carrillo Ramos de la Pontificia Universidad Javeriana,

DECLARAMOS:

Que el trabajo titulado Motiv-ARCHE: Sistema adaptativo para la co-creación de contenidos en el ámbito del patrimonio cultural y natural, se ha realizado bajo nuestra dirección.

Y para que así conste y tenga los efectos oportunos, firmamos el presente documento

PhD. Ramon Fabregat Gesa

PhD. Teodor Jové Lagunas

PhD. Angela Cristina Carrillo Ramos

Bogotá, 15 de noviembre de 2024

Girona, 15 de noviembre de 2024



El Dr. Ramon Fabregat Gesa, el Dr. Teodor Jové Lagunas y la Dra. Angela Cristina Carrillo Ramos, como coautores de los artículos siguientes:

- González Vargas, J. C., Fabregat, R., Carrillo-Ramos, A. Motiv-ARCHE: A cultural heritage co-creation system to motivate gifted students. III Conference of Pre-doctoral Researchers Abstract Book 2020. ISBN 978 84 8458 573 2, 117
- Fabregat, R.; Garcons, N.; Jové, T.; González Vargas, J.C.; Coris, L.; Cocreación de contenidos con Motiv-ARCHE en el proyecto PECT "Costa Brava y Pirineo de Girona: Naturaleza, Cultura e Inteligencia en red". Congreso Internacional de Museos y Estrategias Digitales. UPV, Valencia, 19-28 de octubre de 2022. 2022 <https://doi.org/10.4995/CIMED22.2022.15649>
- Fabregat, R.; Garcons, N.; Jové, T.; González Vargas, J.C.; Coris, L.; Motiv-ARCHE: pruebas piloto de cocreación de contenidos por expertos patrimoniales. Imatge i Recerca Centre de Recerca i Difusió de la Imatge (CRDI): Jornades Antoni Varés. Ajuntament de Girona, Girona. 2022. https://www.girona.cat/sgdap/cat/jornades_inici.php
- González Vargas, J.C.; Fabregat, R.; Carrillo-Ramos, A.; Jové, T. Survey: Using Augmented Reality to Improve Learning Motivation in Cultural Heritage Studies. Appl. Sci. 2020, 10, 897. <https://doi.org/10.3390/app10030897>
- González Vargas, J.C.; Fabregat, R.; Carrillo-Ramos, A.; Jové, T. Motiv-ARCHE: an augmented reality application to co-create cultural heritage resources with teenagers. Post - Classical Archaeologies. PCA 2021,11, 387-397. ISSN: 2039-7895

Aceptamos que el Sr. Juan Camilo González Vargas presente los artículos citados como autor principal y como parte de su tesis doctoral, y que dichos artículos no puedan, por consiguiente, formar parte de ninguna otra tesis doctoral.

Y para que así conste y tenga los efectos oportunos, firmamos el presente documento

PhD. Ramon Fabregat Gesa

PhD. Teodor Jové Lagunas

PhD. Angela Cristina Carrillo Ramos

Bogotá, 15 de noviembre de 2024

Girona, 15 de noviembre de 2024

CONTENIDO

LISTA DE PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS	I
LISTA DE ABREVIATURAS	II
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN	1
PARTE I. CONTEXTUALIZACIÓN	4
CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN	5
1.1. <i>Definición del problema</i>	5
1.1.1 Hipótesis	7
1.1.2 Objetivos	7
1.1.3 Metodología de investigación	7
1.1.4 Estructura del documento	9
CAPÍTULO 2 - REVISIÓN DE LA LITERATURA	11
2.1. <i>Revisión de la literatura del uso de tecnologías inmersivas para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural</i>	11
2.2. <i>Resumen y conclusiones del capítulo</i>	33
CAPÍTULO 3 - CONCEPTOS FUNDAMENTALES	36
3.1. <i>Patrimonio cultural y natural</i>	36
3.2. <i>Realidad extendida</i>	39
3.2.1. Realidad aumentada	41
3.2.2. Realidad Virtual	44
3.2.3. Realidad mixta	45
3.2.4. Clasificación de las tecnologías de la realidad extendida	46
3.2.5. Ambientes de ejecución	49
3.2.6. Plataformas de desarrollo	50
3.2.7. Realidad extendida en el patrimonio cultural y natural	51
3.3. <i>Motivación</i>	54
3.4. <i>Co-creación</i>	56
3.5. <i>Adaptación de información</i>	58
3.5.1. Modelado del usuario	59
3.5.2. Métodos y técnicas de adaptación	61
3.5.3. Segunda revisión de la literatura con respecto a la adaptación de la información en el patrimonio cultural y natural	66
3.5.4. Adaptación de información en el patrimonio cultural y natural	73
3.6. <i>Resumen y conclusiones del capítulo</i>	75
CAPÍTULO 4 - MODELOS DE EVALUACIÓN	79
4.1. <i>Aceptación tecnológica</i>	79
4.4.1. Test de aceptación tecnológica	79
4.4.2. Aceptación tecnológica: trabajos relacionados	83
4.2. <i>Motivación</i>	89
4.2.1. Test de motivación	89
4.2.2. Motivación: trabajos relacionados	90
4.3. <i>Co-creación</i>	97
4.3.1. Test de co-creación	98
4.3.2. Co-creación: trabajos relacionados	98
4.4. <i>Resumen y conclusiones del capítulo</i>	100
PARTE II. PROPUESTA Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL	102
CAPÍTULO 5 - MOTIV-ARCHE	103
5.1. <i>Proceso de desarrollo</i>	104
5.1.1. Diseño	104
5.1.2. Implementación	129
5.1.3. Análisis	172
5.2. <i>Resumen y conclusiones del capítulo</i>	179

CAPÍTULO 6 – EVALUACIÓN EXPERIMENTAL	181
6.1. <i>Co-creación de contenidos asociados</i>	182
6.1.1. Facultat d’Educació i Psicologia	182
6.1.2. Institut de Sils	185
6.1.3. Pontificia Universidad Javeriana	186
6.2. <i>Acceso a los contenidos</i>	188
6.2.1. Cuestionario demográfico AC	188
6.2.2. Test de aceptación tecnológica	191
6.2.3. Test de motivación	192
6.2.4. Correlación de las variables	193
6.2.5. Reconocimiento de imágenes	214
6.3. <i>Resumen y conclusiones del capítulo</i>	215
CAPÍTULO 7 - MÓDULO DE ADAPTACIÓN	219
7.1. <i>Modelo de adaptación de información</i>	219
7.1.1. Submodelo de usuario	219
7.1.2. Submodelo de elemento patrimonial	220
7.1.3. Submodelo de contexto	221
7.2. <i>Obtención y actualización de los datos de los submodelos</i>	221
7.3. <i>Servicios de adaptación</i>	223
7.4. <i>Modelo de evaluación para la adaptación de información</i>	230
7.4.1. Test de adaptación de información	230
7.4.2. Adaptación de información: trabajos relacionados	230
7.5. <i>Prueba de adaptación de información</i>	251
7.5.1. Elementos patrimoniales	252
7.5.2. Contenidos asociados	254
7.5.3. Rutas	257
7.6. <i>Resumen y conclusiones del capítulo</i>	259
PARTE III. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	262
CAPÍTULO 8 - CONCLUSIONES	263
CAPÍTULO 9 – TRABAJO FUTURO	269
REFERENCIAS	271

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Metodología DBR.....	8
Ilustración 2. Pasos para la evaluación de los artículos.....	14
Ilustración 3. Primera clasificación de las aplicaciones	16
Ilustración 4. Conceptos básicos para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural	36
Ilustración 5. Clasificación patrimonio. Tomado de (Petti et al., 2019)	38
Ilustración 6. Continuo de la virtualidad	40
Ilustración 7. Teoría de Flow. Tomado de (Csíkszentmihályi, 1990)	55
Ilustración 8. Proceso de co-creación.....	57
Ilustración 9. Ciclo de adaptación y modelado del usuario. Tomado y traducido de (Brusilovsky, 1996)	59
Ilustración 10. Descomposición del proceso de adaptación	60
Ilustración 11. Métodos de la adaptación. Tomado y traducido de (Brusilovsky, 1996)	61
Ilustración 12. Estructura utilizada para el proyecto CHIP. Tomado de (De Bra, 2017; Y. Wang et al., 2008).....	65
Ilustración 13. Realimentación del usuario. Tomado y traducido de (Brusilovsky, 1996)	65
Ilustración 14. Segunda búsqueda artículos.....	66
Ilustración 15. Test TAM, TAM2 y TAM3. Tomado de (Sukackè, 2019)	80
Ilustración 16. Test UTAUT2. Tomado y adaptado de (Ain et al., 2016)	80
Ilustración 17. Test ARAM	82
Ilustración 18. Definición Motiv-ARCHE	103
Ilustración 19. Proceso de co-creación.....	105
Ilustración 20. Realizar registro y enviar correo confirmación.....	108
Ilustración 21. Descargar aplicación móvil	108
Ilustración 22. Iniciar sesión	109
Ilustración 23. Recordar contraseña.....	109
Ilustración 24. Cambiar contraseña.....	110
Ilustración 25. Cambiar idioma.....	110
Ilustración 26. Cambiar mis preferencias	111
Ilustración 27. Cambiar datos de registro	111
Ilustración 28. Buscar elementos patrimoniales	112
Ilustración 29. Consultar elemento patrimonial.....	112
Ilustración 30. Crear elementos patrimoniales	113
Ilustración 31. Editar elemento patrimonial.....	114
Ilustración 32. Eliminar elemento patrimonial	115
Ilustración 33. Validar elemento patrimonial.....	115
Ilustración 34. Visualizar contenidos aplicación web.....	116
Ilustración 35. Visualizar contenidos aplicación móvil (reconocimiento de imagen)	116
Ilustración 36. Visualizar contenidos aplicación móvil (posición geográfica)	117
Ilustración 37. Crear, editar contenido elemento patrimonial	117
Ilustración 38. Eliminar contenido elemento patrimonial	118
Ilustración 39. Validar contenido elemento patrimonial	118
Ilustración 40. Buscar rutas	118
Ilustración 41. Consultar ruta	119
Ilustración 42. Crear ruta.....	119
Ilustración 43. Editar ruta	120
Ilustración 44. Eliminar ruta	120
Ilustración 45. Validar ruta	120
Ilustración 46. Validar elemento patrimonial de la ruta	121
Ilustración 47. Consultar etiquetas.....	121
Ilustración 48. Crear etiqueta elemento patrimonial.....	122

Ilustración 49. Crear etiqueta contenido.....	122
Ilustración 50. Editar etiqueta elemento patrimonial o contenido.....	122
Ilustración 51. Eliminar etiqueta elemento patrimonial o contenido.....	123
Ilustración 52. Crear grupo de usuarios.....	123
Ilustración 53. Consultar grupo de usuarios.....	124
Ilustración 54. Editar grupo de usuarios.....	124
Ilustración 55. Eliminar grupo de usuarios.....	124
Ilustración 56. Crear targets Vuforia.....	125
Ilustración 57. Actualizar targets Vuforia.....	126
Ilustración 58. Eliminar targets Vuforia.....	126
Ilustración 59. Obtener targets Vuforia.....	127
Ilustración 60. Casos de uso de Motiv-ARCHE.....	128
Ilustración 61. Arquitectura Motiv-ARCHE.....	130
Ilustración 62. Pantalla registro en Motiv-ARCHE.....	135
Ilustración 63. Pantalla descargar aplicación Motiv-ARCHE.....	136
Ilustración 64. Pantalla iniciar sesión Motiv-ARCHE.....	137
Ilustración 65. Pantalla recordar contraseña Motiv-ARCHE.....	137
Ilustración 66. Pantalla perfil de usuario.....	138
Ilustración 67. Pantalla cambiar contraseña.....	138
Ilustración 68. Pantalla cambiar idioma Motiv-ARCHE.....	139
Ilustración 69. Pantalla mis preferencias Motiv-ARCHE.....	140
Ilustración 70. Pantalla actualizar datos de registro Motiv-ARCHE.....	141
Ilustración 71. Pantalla buscar elementos patrimoniales Motiv-ARCHE.....	141
Ilustración 72. Obtener elementos patrimoniales aplicación móvil.....	142
Ilustración 73. Pantalla para crear elemento patrimonial Motiv-ARCHE.....	142
Ilustración 74. Seleccionar participantes.....	143
Ilustración 75. Etiquetas de elementos patrimoniales.....	143
Ilustración 76. Activación de realidad aumentada por reconocimiento de imágenes.....	144
Ilustración 77. Activación de realidad aumentada por posición geográfica.....	144
Ilustración 78. Subir target Vuforia.....	145
Ilustración 79. Estado reconocimiento de imagen.....	145
Ilustración 80. Pantalla de resultados de buscar elementos patrimoniales Motiv-ARCHE.....	146
Ilustración 81. Ver elementos patrimoniales aplicación web.....	146
Ilustración 82. Pantalla editar elemento patrimonial Motiv-ARCHE.....	147
Ilustración 83. Pantalla consultar elemento patrimonial Motiv-ARCHE.....	148
Ilustración 84. Detalles imagen de reconocimiento aplicación móvil.....	149
Ilustración 85. Pantalla validar elemento patrimonial Motiv-ARCHE.....	149
Ilustración 86. Pantalla visualizar contenidos asociados al elemento patrimonial Motiv-ARCHE.....	150
Ilustración 87. Pantalla visualizar contenido modelo 3D Motiv-ARCHE.....	151
Ilustración 88. menú principal Motiv-ARCHE.....	151
Ilustración 89. Contenidos Motiv-ARCHE.....	152
Ilustración 90. Recorrido ruta de los elementos patrimoniales.....	153
Ilustración 91. Contenidos aumentados.....	153
Ilustración 92. Pantalla agregar contenidos al elemento patrimonial Motiv-ARCHE.....	154
Ilustración 93. Pantalla validar contenidos del elemento patrimonial Motiv-ARCHE.....	155
Ilustración 94. Pantalla buscar rutas Motiv-ARCHE.....	156
Ilustración 95. Pantalla del resultado de buscar rutas en Motiv-ARCHE.....	156
Ilustración 96. Servicios de rutas.....	157
Ilustración 97. Crear ruta.....	157
Ilustración 98. Agregar elemento patrimonial no existente.....	158
Ilustración 99. Buscar elementos patrimoniales existentes para agregarlo a la ruta.....	158
Ilustración 100. Recorrido de una ruta (ruta definida por el usuario).....	159

Ilustración 101. Recorrido de una ruta (ruta óptima)	160
Ilustración 102. Pantalla editar y consultar ruta Motiv-ARCHE.....	161
Ilustración 103. consultar elemento patrimonial de una ruta	162
Ilustración 104. Pantalla validar ruta Motiv-ARCHE.....	162
Ilustración 105. Pantalla validar elementos patrimoniales de una ruta Motiv-ARCHE.....	163
Ilustración 106. Pantalla etiquetas elementos patrimoniales.....	163
Ilustración 107. Pantalla etiquetas contenidos	164
Ilustración 108. Estructura etiquetas de elementos patrimoniales	164
Ilustración 109. Gestionar grupos	165
Ilustración 110. Crear grupo	166
Ilustración 111. Editar grupo lista desplegable	166
Ilustración 112. Integrantes del grupo a editar	166
Ilustración 113. Lista desplegable usuarios registrados para agregar, editar y eliminar integrantes.....	167
Ilustración 114. Integrantes del grupo seleccionado	167
Ilustración 115. Test de co-creación.....	168
Ilustración 116. Test de motivación.....	169
Ilustración 117. Noticias y eventos.....	169
Ilustración 118. Publicaciones y manuales.....	170
Ilustración 119. Estadística de usuarios en la creación de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas	170
Ilustración 120. Resultados del test de motivación.....	171
Ilustración 121. Correlación de variables del test IMMS en co-creación y datos demográficos (Facultat d'Educació i Psicologia).....	183
Ilustración 122. Correlación entre las variables del test IMMS en co-creación (SILS)	185
Ilustración 123. Correlación de variables del test IMMS en co-creación y edad (PUJ)	187
Ilustración 124. Número de usuarios según nivel de conocimiento sobre el patrimonio cultural	189
Ilustración 125. Número de usuarios según el nivel de conocimiento sobre la realidad aumentada ...	189
Ilustración 126. Número de usuarios según la frecuencia de uso de la realidad aumentada	190
Ilustración 127. Número de usuarios según el género.....	190
Ilustración 128. Número de usuarios según el nivel educativo.....	190
Ilustración 129. Número de usuarios según la edad	191
Ilustración 130. Resultados test ARAM	192
Ilustración 131. Resultados test IMMS.....	192
Ilustración 132. Notación diagramas de correlación de variables.....	203
Ilustración 133. Correlación de variables cuantitativas con cuantitativas de los test y cuestionario (general).....	203
Ilustración 134. Correlación de variables cuantitativas con cuantitativas de los test y cuestionario (adolescentes).....	204
Ilustración 135. Correlación de variables de los test y cuestionario (adultos).....	205
Ilustración 136. Submodelo de usuario	220
Ilustración 137. Modelo de elemento patrimonial.....	220
Ilustración 138. Modelo de contexto	221
Ilustración 139. Relación entre los servicios de adaptación y los submodelos de adaptación.....	223
Ilustración 140. Variables consideradas en cada servicio de adaptación	223
Ilustración 141. Preferencias del usuario	251
Ilustración 142. Elementos patrimoniales almacenados en el sistema.....	252
Ilustración 143. Elementos patrimoniales sugeridos por el sistema para el usuario 1	253
Ilustración 144. Elementos patrimoniales sugeridos por el sistema para el usuario 2	254
Ilustración 145. Contenidos asociados al elemento patrimonial "Señor de la Humildad"	255
Ilustración 146. Contenidos asociados al elemento patrimonial sugeridos por el sistema para el usuario 1	256

Ilustración 147. Contenidos asociados al elemento patrimonial sugeridos por el sistema para el usuario 2	256
Ilustración 148. Resultados con y sin adaptación de contenidos asociados desde la aplicación móvil..	257
Ilustración 149. Rutas almacenadas en el sistema	257
Ilustración 150. Rutas sugeridas por el sistema para el usuario 1	258
Ilustración 151. Rutas sugeridas por el sistema para el usuario 2	259

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Primera tabla comparativa de los trabajos relacionados	17
Tabla 2. Comparación de frameworks de desarrollo para aplicaciones de realidad aumentada	29
Tabla 3. Tabla comparativa realidad aumentada, virtual y mixta. Tomada y traducida de (Rokhsaritalemi et al., 2020)	50
Tabla 4. Comparación de plataformas para desarrollo de aplicaciones en realidad aumentada en patrimonio cultural	51
Tabla 5. Comparación de plataformas para desarrollo de aplicaciones en realidad virtual en patrimonio cultural	51
Tabla 6. Técnicas y métodos de adaptación	62
Tabla 7. Métodos de adaptación	63
Tabla 8. Segundo análisis trabajos relacionados (adaptación)	69
Tabla 9. Tipo de tecnología vs tipo de educación. Tomado y adaptado de (Martó et al., 2023)	83
Tabla 10. Aplicaciones que usan test de aceptación tecnológica	88
Tabla 11. Tabla comparativa variables analizadas	89
Tabla 12: Aplicaciones que utilizan test de motivación	95
Tabla 13: Aplicaciones que utilizan la co-creación	100
Tabla 14. Servicios Motiv-ARCHE	107
Tabla 15. Elementos y contenidos creados en el Museu d'Història Medieval de la Cúria-Presó - s.XIV de Castelló En todas lasd'Empúries	172
Tabla 16. Elementos y contenidos creados en el Parc Natural del Cap de Creus	173
Tabla 17. Elementos y contenidos creados en Museu Municipal de Tossa de Mar	173
Tabla 18. Elementos y contenidos creados en dos escuelas de Salt	173
Tabla 19. Elementos y contenidos creados en Riba-roja	174
Tabla 20. Elementos y contenidos creados en Girona	174
Tabla 21. Elementos y contenidos creados en Facultat d'Educació i Psicologia	174
Tabla 22. Elementos y contenidos creados en el "Institut de Sils"	175
Tabla 23. Elementos y contenidos creados en el Museo Santa Clara	175
Tabla 24. Elementos y contenidos creados en la Pontificia Universidad Javeriana	176
Tabla 25. Elementos patrimoniales Museo Santa Clara	176
Tabla 26. Pruebas estadísticas de normalidad para variables cuantitativas	181
Tabla 27. Pruebas estadísticas de correlación para variables cuantitativas	181
Tabla 28. Pruebas estadísticas de diferencia significativa entre variables cuantitativas y cualitativas ..	182
Tabla 29. Test y cuestionario para los experimentos de co-creación de contenidos asociados	182
Tabla 30. Prueba estadística de normalidad Shapiro Wilk (Facultat d'Educació i Psicologia)	182
Tabla 31. Correlación de Pearson entre las variables cuantitativas del test IMMS enfocado a la co-creación (Facultat d'Educació i Psicologia)	183
Tabla 32. Correlación de edad (no normal) con variables cuantitativas del test IMMS enfocado a la co-creación y variables cuantitativas del cuestionario demográfico (Facultat d'Educació i Psicologia)	183
Tabla 33. ANOVA género con variables del test IMMS en co-creación (Facultat d'Educació i Psicologia)	184
Tabla 34. Varianza significativa del género con respecto a las variables del test IMMS en co-creación (Facultat d'Educació i Psicologia)	184
Tabla 35. Varianza significativa del género con respecto a variables cuantitativas no normales del test IMMS en co-creación (Facultat d'Educació i Psicologia)	184
Tabla 36. Prueba Shapiro-Wilk (SILS)	185
Tabla 37. Correlación de Pearson entre las mismas variables del test IMMS	185
Tabla 38. Prueba Shapiro-Wilk (PUJ)	186
Tabla 39. Correlación de la variable demográfica y variables del test IMMS en co-creación (PUJ)	186
Tabla 40. Correlación de Spearman para la variable C del test IMMS en co-creación (PUJ)	186
Tabla 41. Prueba t-student de las variables del test IMMS con respecto al género	187

Tabla 42. Prueba U de Mann-Whitney para la variable del test IMMS con respecto al género (PUJ)....	187
Tabla 43. Variables para el experimento Museo Santa Clara.....	193
Tabla 44. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (Museo Santa Clara)	194
Tabla 45. Correlación entre variables del mismo test IMMS (general)	195
Tabla 46. Correlación entre variables del mismo test ARAM (general)	195
Tabla 47. Correlación de variables entre el mismo cuestionario demográfico AC.....	196
Tabla 48. Correlación entre las variables del test IMMS y el test ARAM (general).....	196
Tabla 49. Correlación entre las variables del test IMMS y del cuestionario demográfico AC (general) .	196
Tabla 50. Correlación entre las variables del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (general).	197
Tabla 51. Correlación entre las variables del test IMMS (adolescentes)	197
Tabla 52. Correlación entre las variables del test ARAM (adolescentes)	198
Tabla 53. Correlación entre las variables del cuestionario demográfico AC (adolescentes)	198
Tabla 54. Correlación entre las variables del cuestionario demográfico AC y el test ARAM (adolescentes)	199
Tabla 55. Correlación entre las variables del cuestionario demográfico AC y el test IMMS (adolescentes)	199
Tabla 56. Correlación entre las variables del test ARAM e IMMS (adolescentes).....	199
Tabla 57. Correlación entre las variables del test IMMS (adultos).....	200
Tabla 58. Correlaciones entre las variables del test ARAM (adultos).....	200
Tabla 59. Correlaciones entre las variables del cuestionario demográfico AC (adultos)	201
Tabla 60. Correlaciones entre las variables del cuestionario demográfico AC y el test ARAM (adultos)	201
Tabla 61. Correlaciones entre las variables del cuestionario demográfico AC y del test IMMS (adultos)	202
Tabla 62. Correlaciones entre el test ARAM e IMMS (adultos).....	202
Tabla 63. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test IMMS (general).....	206
Tabla 64. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test ARAM (general)	206
Tabla 65. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del cuestionario demográfico AC (general).....	207
Tabla 66. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test IMMS (adolescentes).....	207
Tabla 67. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test ARAM (adolescentes)	207
Tabla 68. Varianza significativa género con respecto a la variable del test de ARAM (adolescentes)....	207
Tabla 69. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del cuestionario demográfico AC (adolescentes).....	208
Tabla 70. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test IMMS (adultos).....	208
Tabla 71. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test ARAM (adultos).....	208
Tabla 72. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del cuestionario demográfico AC (adultos)	208
Tabla 73. H de Kruskal-Wallis test IMMS con nivel educativo (general)	209
Tabla 74. H de Kruskal-Wallis test ARAM con nivel educativo (general).....	209
Tabla 75. Varianza significativa de las variables del test ARAM (general)	210
Tabla 76. H de Kruskal-Wallis cuestionario demográfico AC con nivel educativo (general)	210
Tabla 77. Varianza significativa de las variables del cuestionario demográfico AC (general)	211
Tabla 78. H de Kruskal-Wallis test IMMS con nivel educativo (adolescentes)	211
Tabla 79. Kruskal-Wallis test ARAM con nivel educativo (adolescentes).....	211
Tabla 80. Kruskal-Wallis cuestionario demográfico AC con nivel educativo (adolescentes)	211
Tabla 81. H de Kruskal-Wallis test IMMS con nivel educativo (adultos)	212

Tabla 82. H de Kruskal-Wallis test ARAM con nivel educativo (adultos).....	212
Tabla 83. H de Kruskal-Wallis cuestionario demográfico AC con nivel educativo (adultos)	212
Tabla 84. Prueba de U de Mann-Whitney con las variables de la población con respecto a las variables del test IMMS	213
Tabla 85. Varianza significativa población con respecto a las variables cuantitativas del test IMMS	213
Tabla 86. Prueba de U de Mann-Whitney con las variables de la población con respecto a las variables del test ARAM	213
Tabla 87. Varianza significativa población con respecto a las variables cuantitativas del test ARAM....	214
Tabla 88. Prueba de U de Mann-Whitney con las variables de la población con respecto a las variables del cuestionario demográfico AC	214
Tabla 89. Varianza significativa población con respecto a las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC	214
Tabla 90. Características para buscar elementos patrimoniales (ejemplo A)	225
Tabla 91. Sugerencias de elementos patrimoniales (ejemplo A)	225
Tabla 92. Características para ver medios de los contenidos asociados a los elementos patrimoniales (ejemplo M)	226
Tabla 93. Sugerencias de contenidos asociados de un mismo elemento patrimonial (ejemplo M).....	227
Tabla 94. Preferencias para buscar rutas	228
Tabla 95. Sugerencia de ruta	229
Tabla 96. Resumen CorfuAR	231
Tabla 97. Resumen PEACH.....	232
Tabla 98. Resumen TaggingCreaditor.....	232
Tabla 99. Resumen Yang et al.,2022.....	233
Tabla 100. Resumen Tavčar et al., 2016.....	233
Tabla 101. Resumen ArtSENSE	234
Tabla 102. Resumen CHIP.....	235
Tabla 103. Resumen SMARTMUSEUM	236
Tabla 104. Resumen PIL.....	237
Tabla 105. Resumen MNEMOSYNE	237
Tabla 106. Resumen Cardoso et al., 2020	238
Tabla 107. Resumen Hong et al., 2017	239
Tabla 108. Resumen Partarakis et al., 2016	240
Tabla 109. Resumen Turist@.....	241
Tabla 110. Resumen PhotoTrip	242
Tabla 111. Resumen Meta-museum.....	242
Tabla 112. Resumen PeVEP	243
Tabla 113. Resumen Bartolini et al., 2016.....	244
Tabla 114. Resumen Alexandridis et al., 2019.....	245
Tabla 115. Resumen Noh & Song, 2021	246
Tabla 116. Resumen Lanir et al., 2011.....	246
Tabla 117. Resumen SOMARA.....	247
Tabla 118. Resumen Hippie	247
Tabla 119. Resumen LISTEN.....	248
Tabla 120. Resumen las voces de Oakland.....	249
Tabla 121. Resumen OR.C.HE.S.T.R.A.....	250
Tabla 122. Resumen Khundam & Noël, 2021	250
Tabla 123. Preferencias del usuario 1 y 2.....	251

El patrimonio cultural y natural según la (UNESCO, 2016) *“es el legado cultural que recibimos del pasado, que vivimos en el presente y que transmitiremos a las generaciones futuras”*. Un ejemplo de sitios patrimoniales son los museos, cuyo objetivo es atraer a diferentes tipos de audiencias a visitar los elementos exhibidos. Sin embargo, hay audiencias que no se consideran al mostrar los contenidos asociados con cada elemento. Para dar una solución a este problema, se ha encontrado que se pueden utilizar tecnologías digitales que faciliten y mejoren la experiencia de los visitantes (Cesário, 2019).

Algunas de las tecnologías digitales que se utilizan en los sitios patrimoniales y naturales para mejorar la experiencia de los visitantes y la interacción con los elementos patrimoniales son la realidad extendida (XR- eXtended Reality), la adaptación de la información, la co-creación de contenidos, entre otras.

El término de XR se utiliza para agrupar las tecnologías inmersivas de realidad aumentada (AR – Augmented Reality), realidad virtual (VR – Virtual Reality) y realidad mixta (MR – Mixed Reality) (Silva & Teixeira, 2022). Cada una de estas tecnologías se ha utilizado en diferentes áreas, como en educación (Tzima & Styliaras, 2019), medicina (Morimoto et al., 2022), arquitectura (Banfi et al., 2019), turismo (Guttentag, 2010), patrimonio cultural y natural (Fidas et al., 2016), manufactura (Doolani et al., 2020), entre otras. Estas tecnologías se conocen como inmersivas, dado que buscan replicar elementos del mundo real con elementos digitales con los que los usuarios pueden interactuar.

Se utiliza la AR, la VR y la MR para atraer a los usuarios a visitar lugares patrimoniales, tanto culturales como naturales, ya que su uso permite la creación de experiencias significativas. Estas tecnologías pueden ser utilizadas por diversos tipos de usuarios, permitiéndoles interactuar con los elementos digitales (Silva & Teixeira, 2022). Por ejemplo, en (Dindler, Christian and Iversen, 2009) mencionan que los museos enfrentan retos en el diseño y los espacios que utilizan para exhibir los elementos patrimoniales, por lo que deben dar prioridad a la experiencia del usuario y a los espacios que utilizan para atraer a los visitantes a los sitios patrimoniales y naturales. En (Tzima & Styliaras, 2019) indican que el uso de la AR mejora el proceso del aprendizaje, siendo útil tanto para ambientes de aprendizaje formales como informales. Otro punto importante es que el uso de estas tecnologías es una manera de preservar el patrimonio cultural y natural (Tzima & Styliaras, 2019), ya que, al ser creados de forma digital, no enfrentan problemas como la degradación o destrucción de los elementos patrimoniales reales.

En el caso de la adaptación de la información, al igual que las tecnologías de XR, también se utiliza en diferentes áreas (Staikopoulos & Conlan, 2016a). No obstante, en el ámbito patrimonial, los expertos enfrentan desafíos al intentar mantener el interés de los usuarios en visitar sitios patrimoniales, en particular, cuando se le presenta a un usuario una avalancha de información que no siempre se ajusta a sus necesidades y/o características. (Damala et al., 2013) resaltan problemas como la sobrecarga de información (Ardissono et al., 2012) y la confusión causada por el exceso de información disponible en internet (Ruotsalo et al., 2013), así como la necesidad de adaptar las exhibiciones para incluir diferentes tipos de audiencias, como adultos, niños y personas con dificultades específicas (Cesário et al., 2018; Wu et al., 2013). A menudo, los expertos también enfrentan dificultades para decidir cuándo, qué y cómo presentar la información de manera que responda a las características y necesidades de los usuarios, de modo que se mantenga la atención y motivación para visitar estos sitios patrimoniales (Colace et al., 2019; Damala & Stojanovic, 2012).

En el área educativa, la adaptación de la información se considera que es una tecnología que tiene beneficios pedagógicos para los estudiantes, ya que ajusta dinámicamente los contenidos basándose en la comprensión del material, en las respuestas dadas en las actividades y en la forma en que se presentan (Martin et al., 2020). En relación con el patrimonio cultural y natural, (Damala et al., 2013) mencionan un sistema adaptativo de realidad aumentada que brinda información adicional sobre el elemento patrimonial con contenidos visuales y auditivos, considerando el impacto cognitivo y afectivo del usuario, obtenido a través de las interacciones con elementos del mundo real y del mundo virtual.

Finalmente, el concepto de co-creación surge del marketing al buscar romper el esquema tradicional en el desarrollo de productos y servicios. En el esquema tradicional, la empresa desarrolla un producto o servicio basándose en lo que supone que necesitan sus clientes; sin embargo, el problema es que muchas veces la solución dada no es la más adecuada para todos, ya que cada uno tiene necesidades diferentes. A diferencia del esquema tradicional, la co-creación permite que los clientes sean partícipes en el diseño y desarrollo del producto y servicio, pudiendo así dar opiniones y opciones sobre lo que deberían considerar, mejorar o eliminar, con el objetivo de brindar productos y servicios que tengan un mayor impacto y valor para los clientes (Sanders & Stappers, 2008).

Desde el punto de vista educativo, el concepto de co-creación también puede ser aplicado, ya que se ha visto que los estudiantes tienen un mayor interés de ser partícipes en el desarrollo de las actividades que se realizan en sus instituciones educativas de forma colaborativa. Esto ha mostrado ventajas, ya que se reciben retroalimentaciones y opiniones tempranas para mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y el desarrollo de las actividades (Dollinger et al., 2018). En el caso del patrimonio cultural y natural, la co-creación permite que los residentes y turistas de los sitios patrimoniales no sólo puedan generar conocimiento de sus experiencias, sino que también tengan la opción de decidir qué es importante preservar para las futuras generaciones (Connolly, 2015).

A partir de la literatura revisada y los beneficios de la implementación de las tecnologías de XR, la adaptación de la información y la co-creación tanto en las áreas de educación como en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, el objetivo es evaluar si un sistema que permite la co-creación de contenidos adaptativos y utiliza como tecnología inmersiva la realidad aumentada, motiva a los usuarios en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, considerando sus características, las del contexto y los contenidos co-creados.

En esta tesis se describen inicialmente la problemática, la solución propuesta, la hipótesis, los objetivos y la metodología de investigación utilizada para abordar el problema. Posteriormente se explican los conceptos básicos para entender con mayor detalle qué es el patrimonio cultural y natural, cómo funcionan los diferentes tipos de tecnologías descritas en la XR, cómo funciona la adaptación de la información, qué es la co-creación desde el punto de vista del aprendizaje patrimonial y cómo todas estas variables benefician la motivación de los usuarios. Finalmente, se describe el proceso de diseño, implementación y análisis de la aplicación llamada Motiv-ARCHE, la cual utiliza la AR como tecnología inmersiva para mostrar los contenidos aumentados, la adaptación de la información para sugerir elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas relacionadas a las características del usuario, y permite la co-creación de contenidos. Esta aplicación permite a los usuarios visualizar y co-crear contenidos en realidad aumentada de manera colaborativa, sin necesidad de tener conocimientos previos sobre su uso y funcionamiento. Para realizar sugerencias de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas, la aplicación considera las características del usuario y su contexto, mostrando así contenidos acordes a sus necesidades.

Para evaluar la aplicación en términos de motivación, co-creación, aceptación tecnológica y adaptación, se analizaron diversos artículos y modelos de evaluación utilizados por aplicaciones similares. El objetivo fue determinar si el uso de esta aplicación fomenta la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural.

PARTE I. CONTEXTUALIZACIÓN

En este capítulo se definen los problemas principales encontrados en la revisión de literatura en cuanto a la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, así como los elementos importantes a considerar para solucionar estos problemas. Para ello, se mencionan los problemas en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, se plantea la hipótesis, el objetivo general y los objetivos los específicos de esta tesis. Después, se describe la metodología de investigación utilizada y, finalmente, se ofrece una descripción general de la estructura de este documento.

1.1. Definición del problema

Instituciones como la UNESCO mencionan que los elementos patrimoniales y naturales poseen un gran valor para la sociedad, ya que abarcan aspectos históricos, sociales, económicos y ambientales. Estos elementos contribuyen a preservar la identidad, el valor y la historia de una comunidad, fomentando el sentido de pertenencia y la transmisión del conocimiento a las generaciones presentes y futuras (Ayuso Álvarez et al., 2009a). Inicialmente, el patrimonio cultural y natural se limitaba a monumentos y obras de valor histórico. No obstante, actualmente se define como todos aquellos elementos patrimoniales, tanto tangibles como intangibles que fueron heredados del pasado, que forman parte del presente y que se transmiten a las generaciones futuras.

Anteriormente, los museos se han enfocado en la preservación de los elementos patrimoniales (culturales y naturales) con el fin de que estén disponibles para las generaciones actuales y futuras, dado que, con el tiempo, estos elementos se degradan y es necesario mantenerlos para que las personas conozcan cómo vivieron sus antepasados a lo largo de la historia (Dindler, Christian and Iversen, 2009); En la actualidad, las instituciones como la UNESCO se dedican en la promoción, identificación, protección y preservación del patrimonio cultural, al igual que los museos, que son entidades que investigan, coleccionan, conservan y exhiben diferentes tipos de elementos patrimoniales. Sin embargo, el problema surge cuando no se considera que todos los visitantes de estos sitios no son iguales, no tienen los mismos intereses ni las mismas necesidades, lo que lleva a que ciertas audiencias no se tomen en cuenta al momento de realizar las exhibiciones y de proporcionar la información adecuada sobre los elementos (Cesário et al., 2019).

Este tipo de problemática se describe en (Falk, 2006), donde se menciona que es necesario entender cuáles son las motivaciones para aprender y para visitar los sitios patrimoniales, como lo son los museos. El autor destaca que aspectos como las necesidades, los intereses, las novedades, las emociones y las experiencias, son características que motivan a los usuarios a visitar estos sitios. El modelo mencionado por Falk (Cesário et al., 2017), llamado “one size fits all”, demuestra que cada visitante tiene diferentes puntos de vista de una visita, por lo que es importante adaptar los contenidos según sus necesidades e intereses.

Un ejemplo de esta problemática se encuentra en (Ardissono et al., 2012) donde se menciona que los curadores de los museos, al intentar mostrar la mayor cantidad de información posible sobre los elementos patrimoniales, a menudo saturan a los visitantes con información que no es relevante para ellos. Por lo tanto, considerar las características del usuario, como sus intereses y necesidades, permite ofrecer una solución parcial al mostrar contenidos y evitar la sobrecarga de información. Asimismo, (Cesário et al., 2019) se señala que un público olvidado son los adolescentes, dado que los contenidos que se presentan en los sitios patrimoniales no son acordes a sus intereses y necesidades.

En la literatura se ha encontrado que una manera de atraer a los usuarios es utilizando tecnologías inmersivas, también conocidas como tecnologías de la realidad extendida (XR, por sus siglas en inglés - eXtended Reality), que incluyen la realidad virtual, la realidad aumentada y la realidad mixta (Silva & Teixeira, 2022). La realidad virtual es un mundo completamente generado por computadora, en el que el usuario se sumerge completamente, aislándose del mundo real. La realidad aumentada es una tecnología que tiene la capacidad de combinar el mundo real con el virtual en tiempo real, permitiendo la interacción con contenidos digitales y proporcionando una sensación de inmersión. Esta tecnología se implementa mayormente en dispositivos móviles. Finalmente, la realidad mixta combina las características de la realidad virtual y la aumentada, en la que los objetos del mundo real y virtual se mezclan e interactúan entre sí en tiempo real (Silva & Teixeira, 2022).

En diferentes estudios y aplicaciones, el uso de las tecnologías provee oportunidades a los visitantes de aproximarse más a las experiencias de los antepasados mediante simulaciones y contenidos virtuales de los elementos exhibidos en este tipo de lugares (K. Kim et al., 2009).

Por ejemplo, la (UNESCO Office in Cairo, 2015) menciona que en el mundo existen 1007 lugares patrimoniales y naturales en 161 países, algunos de los cuales se encuentran en riesgo. Un ejemplo de esta problemática se observó en la guerra de Ucrania y Rusia (Riaño, 2022), en la que han sido dañados y destruidos 158 monumentos. Otro ejemplo es la Catedral de Notre Dame en París (Breedon, 2019), que se incendió el 15 de abril de 2019. El uso de las tecnologías de la realidad extendida es una forma de preservar estos elementos patrimoniales (Fanea-Ivanovici & Pana, 2020), así como las costumbres y creencias de nuestros antepasados (Carrozzino et al., 2011), permitiendo además el acceso a usuarios que tengan alguna dificultad para verlos (Fanea-Ivanovici & Pana, 2020).

Adicionalmente, se ha encontrado que una forma efectiva de atraer a las personas a visitar las exhibiciones es permitiéndoles crear los contenidos. Esto fomenta que los usuarios se interesen más en ampliar la información sobre los elementos patrimoniales y naturales, haciéndolos más activos y participativos entre los visitantes (Campos et al., 2018). Un ejemplo de la aplicación de este concepto se describe en (Connolly, 2015), donde los usuarios crean diferentes tipos de contenidos sobre los elementos patrimoniales. Como resultado, se ha observado que han creado mucho más contenido del esperado, ya que se sienten motivados por hacerlo lo mejor posible. Además, al hacerlos partícipes, se crean ambientes colaborativos entre los usuarios y curadores de los museos.

En el documento se realiza una revisión de la literatura sobre el uso de las tecnologías de la realidad extendida en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, donde se concluye que su uso mejora la motivación en el aprendizaje, ya que los usuarios interactúan con contenidos virtuales de manera dinámica, lo que facilita la percepción de los elementos. Sin embargo, se identifican retos y dificultades que no se están considerando, como la adaptación de la información, dado que los sitios patrimoniales tienen una gran cantidad de datos para mostrar a los usuarios, lo que puede generar una sobrecarga cognitiva si se presentan contenidos irrelevantes para ellos. Además, al momento de crear una exhibición, no siempre se tienen en cuenta las características del usuario y su contexto. También se observa que la mayoría de estas aplicaciones requieren la colaboración de un experto en tecnologías inmersivas para crear los contenidos, lo que genera una dependencia de los usuarios.

A partir de lo mencionado anteriormente, se encuentra que la adaptación de la información en los sitios patrimoniales y naturales evita sobrecargar al usuario con información no relevante, al adaptar los contenidos basándose en sus características y necesidades (Ardissono et al., 2012). El uso de tecnologías de la realidad extendida, como la realidad aumentada, mejoraría la experiencia

del usuario y la interacción con las exhibiciones (Bekele et al., 2018; Grevtsova & Sibina, 2018). Además, la co-creación de contenidos atraería a los usuarios a visitar las exhibiciones, fomentando la participación colaborativa entre visitantes y curadores (Bollwerk, 2015; Bollwerk et al., 2015; Cesário et al., 2019).

Por tal motivo, para dar una solución a los problemas mencionados, el objetivo de la investigación es desarrollar un sistema que utilice la realidad aumentada como tecnología inmersiva, así como la co-creación de contenidos para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. En este sistema, los usuarios tendrán la oportunidad de ser partícipes en los sitios patrimoniales, y se emplea la adaptación de la información para que puedan visitar las exhibiciones sin ser sobrecargados de información, mostrando únicamente contenidos relevantes basados en sus características y necesidades.

1.1.1 Hipótesis

La co-creación de contenidos adaptativos en temas relacionados con el patrimonio cultural y natural, junto con el uso de herramientas tecnológicas, motiva a los estudiantes en su proceso de aprendizaje de dicho patrimonio.

1.1.2. Objetivos

Objetivo general: desarrollar un sistema de co-creación de contenidos adaptativos utilizando la Realidad Aumentada, con el fin de motivar a los estudiantes en temas relacionados con el patrimonio cultural y natural, considerando sus características, las de su contexto y las de los contenidos co-creados.

Objetivos específicos:

1. Definir los métodos para la co-creación de contenidos adaptativos de apoyo para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural.
2. Identificar las características de la Realidad Aumentada que permitan motivar a los usuarios en procesos del aprendizaje del patrimonio cultural y natural.
3. Crear un modelo de adaptación que considere las características de los usuarios, de su contexto y de los contenidos co-creados, para presentar contenidos que motiven a los usuarios del sistema propuesto en procesos del aprendizaje del patrimonio cultural y natural.
4. Desarrollar un sistema que permita la co-creación de los contenidos e implemente los servicios adaptativos en un entorno de aprendizaje del patrimonio cultural y natural.
5. Realizar pruebas del sistema a través de un prototipo funcional con usuarios en ambientes patrimoniales.
6. Evaluar el sistema de co-creación desarrollada y los contenidos co-creados

1.1.3. Metodología de investigación

En este trabajo se utilizó la metodología *Design-Based Research* (DBR), la cual ha ganado importancia en investigaciones educativas que se centra en el diseño, implementación y evaluación de problemas complejos en entornos reales (Tinoca et al., 2022).

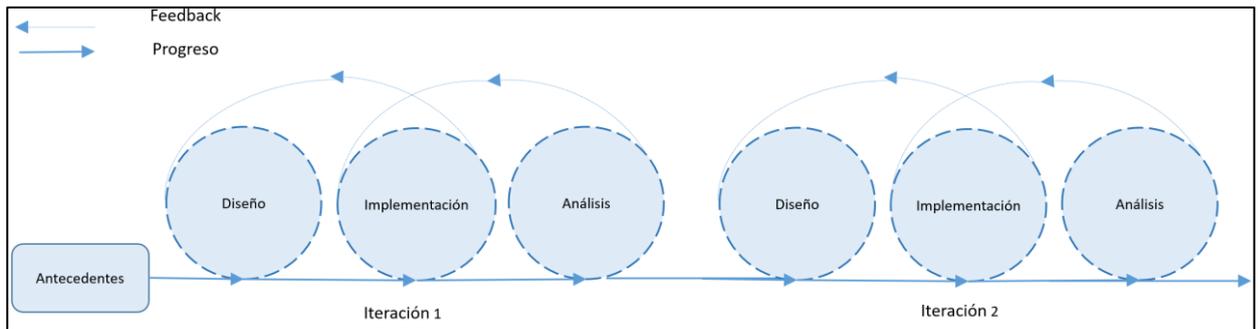


Ilustración 1. Metodología DBR

Esta metodología se basa en los métodos cualitativos y cuantitativos con el objetivo de obtener información relevante para diseñar productos o servicios, considerando cómo los usuarios los utilizan (Tinoca et al., 2022). Este enfoque implica diseños, implementaciones y evaluaciones iterativas para refinar la solución propuesta inicialmente. Este proceso es similar al desarrollo de un nuevo producto, comenzando por identificar el problema, diseñar la solución y probarla en un entorno real (Tinoca et al., 2022). A medida que avanzan las pruebas, se evalúa la efectividad o deficiencia de las características de la aplicación, se reflexiona sobre los resultados y se realiza la siguiente iteración para mejorar esas características, tal como se muestra en la Ilustración 1 donde se recibe retroalimentación de los usuarios para mejorar el funcionamiento de la aplicación.

En (Anderson & Shattuck, 2012) se realiza una revisión de la literatura donde diferentes estudios aplican esta metodología en ámbitos educativos, específicamente en estudiantes de jardín hasta el grado 12 en Estados Unidos y en entornos educativos tecnológicos. Los resultados del estudio indican que la implementación de esta metodología mejora la actitud de los estudiantes y es una buena práctica para aplicaciones educativas.

La ventaja de utilizar esta metodología radica en que el diseño de una aplicación se basa en la información proporcionada por el usuario, permitiendo entender verdaderamente lo que los usuarios desean. Esto facilita una conexión más estrecha y asegura que los resultados se ajusten mejor a sus necesidades (F. Wang & Hannafin, 2005).

Para esta tesis, en la fase de diseño se identifican cuáles son los tipos de contenidos asociados con cada elemento patrimonial, se define el proceso de co-creación, se seleccionan los métodos de activación de la realidad aumentada a utilizar, se especifican las características del usuario que se utilizan para adaptar la información y se determinan los servicios que se implementaron con adaptación. Una vez identificados estos elementos, se procede al desarrollo del modelo de adaptación, los submodelos y de la fase de implementación.

En la fase de implementación, se desarrolla un sistema que permite la co-creación de contenidos y la adaptación de la información según las características y necesidades del usuario y su contexto. Durante esta fase, se crea la aplicación, se integran los servicios de adaptación y se realizan pruebas al sistema antes de pasar a la fase de análisis de los resultados.

Finalmente, en la fase de análisis se evalúa con los usuarios los contenidos creados, las características de adaptación, la motivación y la usabilidad del sistema. Este proceso iterativo continúa realizando ajustes basados en los resultados obtenidos en cada ciclo de retroalimentación con los usuarios, para que el sistema apoye en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural; asimismo, se pretende que el sistema motive a visitar este tipo de sitios.

1.1.4. Estructura del documento

El documento se encuentra dividido en 3 partes y contiene 9 capítulos incluyendo esta parte introductoria y las referencias. A continuación, se describe qué tiene cada parte y cada capítulo del documento:

- **PARTE I – CONTEXTUALIZACIÓN:** se aborda la problemática central que motiva la investigación, se plantea la hipótesis del trabajo, se establecen los objetivos del estudio, se realiza una revisión exhaustiva de la literatura relevante, se explican los conceptos fundamentales necesarios para comprender la propuesta de investigación y se analizan los diferentes modelos de evaluación que se han utilizado en otras aplicaciones similares para evaluar la aceptación tecnológica de la aplicación, la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural y la co-creación.
 - **CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN:** se presenta los elementos principales de la tesis doctoral, incluyendo el problema, la hipótesis, los objetivos y la metodología de investigación utilizada.
 - **CAPÍTULO 2 – REVISIÓN DE LA LITERATURA:** describe la revisión de la literatura sobre el aprendizaje del patrimonio cultural y natural utilizando tecnologías inmersivas para mejorar la motivación de los usuarios.
 - **CAPÍTULO 3 – CONCEPTOS FUNDAMENTALES:** explica los conceptos clave encontrados en la revisión de la literatura, como el patrimonio cultural y natural, la realidad extendida, la motivación, la co-creación y la adaptación de la información.
 - **CAPÍTULO 4 – MODELOS DE EVALUACIÓN:** expone los test y aplicaciones analizadas para evaluar la aceptación tecnológica, la adaptación de la información, la motivación y la co-creación; en educación y en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural.
- **PARTE II – PROPUESTA Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL:** se presenta una solución para abordar las problemáticas identificadas en la investigación llamada Motiv-ARCHE. Motiv-ARCHE es una aplicación que utiliza tecnologías inmersivas, como la realidad aumentada y la co-creación de contenidos, la cual ha sido diseñada para mejorar la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. En esta parte se detalla el proceso de desarrollo de Motiv-ARCHE, los experimentos realizados para evaluar la aplicación y la integración del módulo de adaptación, así como las pruebas que se realizaron para sugerir contenidos, elementos patrimoniales y rutas.
 - **CAPÍTULO 5 – MOTIV-ARCHE:** detalla la aplicación propuesta, Motiv-ARCHE, explicando su origen, objetivos y el proceso de desarrollo.
 - **CAPÍTULO 6 – EVALUACIÓN EXPERIMENTAL:** se presentan ocho experimentos que se realizaron para la co-creación, y uno para el acceso de los contenidos. De estos experimentos, se llevó a cabo un análisis mediante pruebas estadísticas para evaluar la motivación, la co-creación y la aceptación tecnológica por parte de los usuarios del uso de Motiv-ARCHE.

- **CAPÍTULO 7 – MÓDULO DE ADAPTACIÓN:** describe cómo funciona el módulo de adaptación de información de Motiv-ARCHE, incluyendo métodos y técnicas utilizadas para adaptar la información, el modelo de adaptación que incluye los tres submodelos considerados (el de usuario, el de elemento patrimonial y el de contexto), cómo se obtiene y se actualiza la información de los tres submodelos, cuáles son los servicios que proveen información ajustada a las necesidades y características de los usuarios, las aplicaciones que se encuentran en la literatura para probar la adaptación de información y las pruebas que se realizaron para identificar lo que sucede con y sin adaptación en el sistema Motiv-ARCHE.
- **PARTE III – CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO:** se detallan las conclusiones a las que se llegaron en la tesis, así como las características que podrían implementarse en el futuro para mejorar la motivación de los usuarios en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural.
 - **CAPÍTULO 8 - CONCLUSIONES:** presenta cómo se cumplieron los objetivos y las conclusiones a las que se llegaron del desarrollo de la tesis doctoral.
 - **CAPITULO 9 – TRABAJO FUTURO:** presenta las características que se podrían implementar para mejorar el funcionamiento de la aplicación para incrementar la motivación por conocer el patrimonio cultural y natural.
- **REFERENCIAS:** incluye todas las referencias bibliográficas utilizadas en la tesis.

CAPÍTULO 2 - REVISIÓN DE LA LITERATURA

Para evaluar la hipótesis y los objetivos de la tesis, se realizó una revisión sistemática para identificar si la co-creación de contenidos adaptativos, que utilicen como tecnología inmersiva la realidad aumentada, mejora la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. A continuación, se describe el proceso que se llevó a cabo para realizar esta revisión y las conclusiones a las que se llegó del análisis de la literatura y de los trabajos relacionados.

2.1. Revisión de la literatura del uso de tecnologías inmersivas para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural

Para tener una idea inicial, se respondió por qué es importante utilizar la realidad aumentada en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, por lo que se realizó una investigación sobre el uso de esta tecnología en sitios patrimoniales. Como resultado, se encontró que la UNESCO considera que la preservación de los elementos patrimoniales es esencial para la sociedad y que estos se dividen por tangibles e intangibles (Stylianidis & Remondino, 2016). Los elementos tangibles son artefactos físicos como una obra de arte, una construcción, un monumento, entre otras; los elementos intangibles son las prácticas sociales y culturales, como, por ejemplo, conocimientos, expresiones, ritos, costumbres, entre otros.

Según lo que se encontró, la implementación de tecnologías virtuales como la realidad aumentada, permite que instituciones educativas y museos apoyen el proceso de aprendizaje a través de la digitalización de contenidos educativos. Estas tecnologías virtuales ofrecen herramientas que genera cambios positivos en el proceso de aprendizaje de los usuarios y en su motivación porque alienta a los usuarios en interesarse en aprender por cuenta propia y no por recibir algún premio o reconocimiento (Semenov, 2006).

En países europeos, algunos sitios siguen utilizando métodos tradicionales para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural como son los textos, audio guías y presentaciones en el que la interacción se debe realizar cara a cara (Ott & Pozzi, 2011). Un claro ejemplo de un primer sistema que utilizó la realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural es el sistema llamado ARCHEOGUIDE (Augmented Reality-based Cultural Heritage On-site GUIDE) que fue lanzado en el año 2001 (Dähne & Karigiannis, 2002; Gleue & Dähne, 2001; Vlahakis et al., 2001, 2002). El sistema muestra a los usuarios información sobre la historia de Olimpia, Grecia basándose en la posición del usuario utilizando sensores de posición y orientación (Haugstvedt & Krogstie, 2012; Lee, 2012). Este sistema utiliza un computador portátil con la conexión de unos lentes especiales HMD (Head Mounted Display) que se utilizan para sobreponer modelos virtuales de los guerreros antiguos de Grecia sobre el mundo real. También agrega elementos virtuales como construcciones, monumentos, obras de arte, entre otros que han sido destruidos o que estructuralmente se encuentran degradados.

Unos años después, se encontró que los dispositivos móviles como los celulares eran una herramienta que se podía utilizar para el desarrollo de aplicaciones que utilicen la realidad aumentada. Además, el MIT (Massachusetts Institute Technology) consideró que la realidad aumentada es una de las 10 tecnologías emergentes más importantes y que no solamente podía ser utilizado por los visitantes de los sitios patrimoniales, sino también para investigadores y artistas que trabajan en esta área (Angelopoulou et al., 2012a).

Múltiples artículos mencionan el incremento e interés de utilizar la realidad aumentada en la educación y que las instituciones educativas con esta tecnología pueden mejorar la motivación y participación, no solamente de los estudiantes, sino también de los profesores (Di Serio et al., 2013; Yoon, Elinich, Wang, Van Schooneveld, et al., 2012). Cuando la realidad aumentada se utiliza, los estudiantes se involucran más en las explicaciones porque existe un aprendizaje más interactivo y mejora la percepción de comprender los elementos del mundo real a través de la información virtual (Chang et al., 2014; Mortara et al., 2014; Paper et al., 2009).

En (Di Serio et al., 2013) considera que la “motivación proporciona una fuente de energía que es la responsable del por qué los estudiantes deciden hacer un esfuerzo, por cuanto tiempo están dispuestos a realizar una actividad, con qué esfuerzo lo hacen y qué tan atraídos se sienten por la actividad” (Rost, 2006). Además, cuando se comparan los métodos de enseñanza tradicional (uso de diapositivas) con respecto a la realidad aumentada, el artículo muestra que el uso de la realidad aumentada hace que los estudiantes se sientan más motivados en su proceso de aprendizaje (Di Serio et al., 2013).

La realidad aumentada puede ser utilizada no solamente en ambientes de aprendizajes formales como un salón de clase, sino también en ambientes de aprendizaje informales como los museos, parques, sitios arqueológicos, etc. (Ardito et al., 2007; Juan et al., 2017). Utilizar la realidad aumentada en ambientes internos como los museos tiene ventajas en motivar a los usuarios en aprender sobre los recursos que se están presentando. Por ejemplo, en (Damala et al., 2008) evalúa aplicaciones de realidad aumentada en museos y muestra que esta tecnología provee formas intuitivas de la interacción con los objetos que se presentan. Además, la realidad aumentada permite que las exhibiciones se presenten virtualmente en lugares en el que su espacio es limitado o restringido (Choudary et al., 2009), sin invadir el espacio físico (Wojciechowski et al., 2004) y evitando cualquier posibilidad de malestares físicos (Bostanci et al., 2015).

Otra característica es que los sistemas de realidad aumentada han sido utilizados para crear, distribuir y proveer acceso a los recursos educativos (Angelopoulou et al., 2012a), mejorando la interactividad y la inmersión con contenidos virtuales haciendo que la motivación de los estudiantes aumente y se involucren las habilidades en su proceso de aprendizaje (Di Serio et al., 2013).

Por otro lado, es importante considerar cómo la realidad aumentada puede proveer oportunidades de interacción con los elementos para usuarios con alguna dificultad. Por ejemplo, una posible estrategia para ayudar a las personas con problemas visuales con la interacción de los elementos y el acceso a la información que se exhiben en los museos puede ser a través de la música o sonidos (Dulyan & Edmonds, 2010). Otro ejemplo que se encontró en (Albouys-Perrois et al., 2018) de una aplicación llamada PapARt (Paper Augmented Reality Toolkit) muestra un mapa a través de un tablero electrónico con audio.

En general, la realidad aumentada permite a los usuarios tener mejores experiencias en los servicios que se ofrecen desde que se le brinde la información necesaria y esto ayuda a que se mejore el conocimiento de los participantes de los diferentes lugares que van visitando (Bederson, 1995b; Boletsis & Chasanidou, 2018b, 2018a; Park et al., 2006). Por ejemplo, la aplicación llamada AudioNear (Boletsis & Chasanidou, 2018b) utiliza un sistema de realidad aumentada con audio en el transporte público y genera información sobre los monumentos o elementos patrimoniales que se encuentran próximos a la ubicación del usuario.

Una de las dificultades encontradas en la literatura sobre la implementación de la realidad aumentada en ambientes externos son las condiciones ambientales, porque se necesita condiciones óptimas para que su funcionamiento sea correcto. Por ejemplo, en (Angelopoulou et

al., 2012a) se muestra que la experiencia del usuario podría verse afectada, mientras que en (Azuma, 2016) y (Van Krevelen & Poelman, 2010) se describen varias dificultades relacionadas a los aspectos técnicos de la implementación de la realidad aumentada como el registro de los píxeles de una imagen (Azuma, 2016). En (Van Krevelen & Poelman, 2010) se menciona que es importante tener en cuenta que las pantallas de los dispositivos móviles pueden tener bajos niveles de luz, impidiendo que el contenido se vea correctamente. Por lo tanto, el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada debe tener en cuenta factores externos como la cantidad de la luz, los reflejos de los objetos, la posición del usuario, la resolución de la pantalla, el contraste, la profundidad del color, entre otros.

Otra dificultad que se encontró en la mayoría de la literatura y que se menciona en (Radu, 2014) es la usabilidad de la realidad aumentada comparada con otros tipos de tecnologías como los computadores. Radu menciona que el problema se genera porque la realidad aumentada es relativamente una tecnología nueva en las aulas de clase y algunos de los estudiantes y profesores pueden no saber cómo funciona. Un ejemplo se muestra en (Tzima & Styliaras, 2019) en el que la realidad aumentada no es muy bien conocida por los estudiantes y profesores por lo que para ellos se ha encontrado que es complejo la creación de contenidos virtuales. Generalmente, la creación de los contenidos virtuales los realiza un experto; sin embargo, como lo describe en (Wu et al., 2013) los profesores deberían poder modificar los contenidos de una manera más simple. Mientras tanto, en (Tzima & Styliaras, 2019) desarrollan un estudio sobre la efectividad de aplicar la realidad aumentada en educación considerando el punto de vista de los profesores. Los profesores mencionan que el uso de la realidad aumentada no es conveniente, ya que las aplicaciones que existen en la actualidad no solamente requieren que se pague por su uso, sino que se generan cambios constantes tecnológicos y a los contenidos que desean enseñar. De manera similar, (Akçayır & Akçayır, 2017) mencionan que uno de los desafíos para implementar la realidad aumentada en la educación es que debido a que es una tecnología tan nueva, muchos profesores no saben cómo utilizar sus funciones. Por lo tanto, si cambiarán los métodos tradicionales actuales, sería necesario dedicar un tiempo para explicar exactamente cómo se utiliza y funciona la realidad aumentada.

Otro problema, es que el uso de dispositivos móviles puede ser considerado como una desventaja en el aprendizaje de los estudiantes ya que de por sí, se puede convertir en una distracción e incrementar el tiempo que deben dedicar para el desarrollo de las actividades (Wu et al., 2013). Esto incluye obtener información que no se encuentre relacionada con la actividad, haciendo que la tecnología que se utiliza se vuelva algo intrusivo para el proceso de aprendizaje (Bacca et al., 2014). Sin embargo, en (Wu et al., 2013) se describe posibles soluciones o métodos (por ejemplo, envío de notificaciones) para capturar nuevamente el interés del estudiante en la actividad que se esté realizando.

A partir de lo que se encontró en la literatura, se plantearon preguntas de investigación para identificar los aspectos que son importantes considerar para motivar a los usuarios de ir a los sitios patrimoniales y naturales que son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las ventajas, desventajas, limitaciones y retos de la realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural?
2. ¿Qué ventajas y desventajas tiene la realidad aumentada comparándola con otras tecnologías como la realidad virtual y la realidad mixta?
3. ¿Qué herramientas o plataformas de desarrollo de aplicaciones se utilizan en realidad aumentada para la creación de contenidos de elementos patrimoniales y naturales?

4. ¿El uso de la realidad aumentada mejora la motivación en el aprendizaje de los visitantes en temas relacionados con el patrimonio cultural y natural?
5. ¿Qué características se consideran en las aplicaciones actuales para mejorar la motivación de los visitantes y qué es lo que falta considerar?

Para la exploración de los artículos relacionados con respecto al aprendizaje del patrimonio cultural y natural y considerando las preguntas anteriores, se utilizaron técnicas y ejemplos que se describen en (S. Y. Chen, 2018; Frâncila Weidt; Neiva & Da Silva, 2016; Rozo & Real, 2019) para realizar la revisión de la literatura en el que se menciona que el primer paso es analizar las preguntas de investigación y extraer las palabras clave. Ya con las palabras identificadas, es necesario encontrar artículos del área de interés y buscar sinónimos o nuevas palabras que pueden ser utilizadas para realizar la búsqueda. En la Ilustración 2 se muestra la metodología utilizada para esta búsqueda y los resultados obtenidos. A continuación, se explican en detalle cada uno de los pasos.

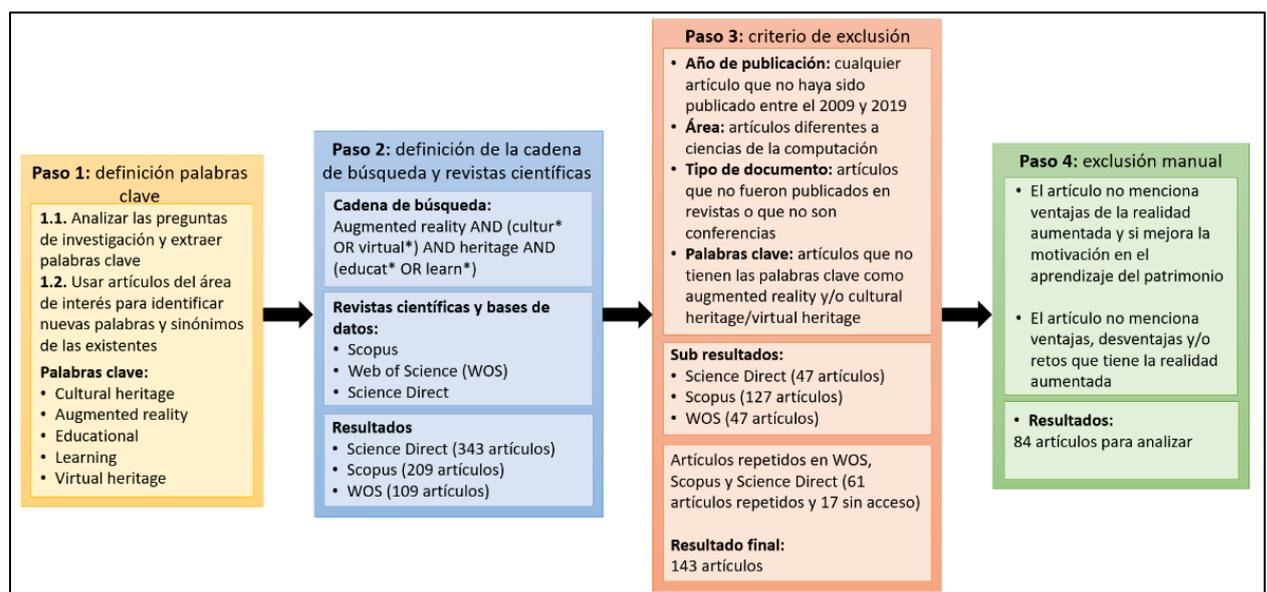


Ilustración 2. Pasos para la evaluación de los artículos

Para el primer paso, se basó en las preguntas de investigación, se obtuvo las primeras palabras clave (realidad aumentada, educación y aprendizaje), después se realizó una primera búsqueda de artículos que utilizaran estas palabras para encontrar nuevas palabras y sinónimos a las mismas. Como resultados de esta búsqueda se obtuvo las palabras patrimonio cultural y patrimonio virtual el cual se utiliza para mencionar el uso de medios electrónicos para la reconstrucción de los elementos culturales (Dela Cruz et al., 2018; Jacobsen & Holden, 2007).

Para el segundo paso, se definió una cadena de búsqueda en el que se consideraron las palabras identificadas en el paso anterior. Para realizar esta cadena, cada palabra clave se enlazó con los sinónimos utilizando el operador OR y con el operador AND con las palabras de la investigación. La cadena de búsqueda generada fue:

Augmented reality AND (cultur* OR virtual*) AND heritage AND (educat* OR learn*)

Con la cadena de búsqueda definida, se procedió a realizar la búsqueda en las bases de datos y en artículos científicos que estuvieran relacionados con las ciencias de la computación (Science Direct, Scopus y Web Of Science). Como resultados se obtuvo 343 artículos de Science Direct, 209 de Scopus y 109 de Web Of Science.

Para el tercer paso, se procede a definir los criterios de exclusión donde se descartaron los que no cumplían con las siguientes características:

- **Año de publicación:** artículos publicados entre el 2009 y 2019. Cabe mencionar que se amplió la revisión de la literatura del 2019 al 2024, incluyendo otras temáticas que se describen en detalle en la sección 3.5.3.
- **Área:** artículos relacionados a las ciencias de la computación
- **Tipo de documento:** artículos publicados en revistas científicas o conferencias
- **Palabras clave:** artículos que tuvieran las palabras clave de realidad aumentada y patrimonio cultural o virtual

Después de aplicar los criterios de exclusión, como resultados se obtuvo 127 artículos de Scopus, 47 de Science Direct y 47 de Web Of Science. Posteriormente, los títulos se revisaron y si había alguno repetido se eliminaban donde 61 se encontraban repetidos y 17 fueron descartados dado que no se tenía el acceso para leerlos. En total se obtuvo 143 artículos.

Para el cuarto paso, se realizó una exclusión manual de los artículos, donde solamente se consideraron los que cumplían con los siguientes criterios:

- El artículo menciona ventajas de la realidad aumentada y si mejora la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural.
- El artículo menciona ventajas, desventajas y retos de la realidad aumentada

Se consideró el primer criterio porque es importante conocer si la digitalización de los elementos patrimoniales mejora la motivación de los usuarios en su proceso de aprendizaje comparándolo con los métodos tradicionales.

Para el segundo criterio, también fue importante considerar las ventajas, desventajas y retos de la realidad aumentada, ya que complementa el primer criterio para evaluar las fortalezas y debilidades que tiene su uso en el patrimonio cultural y natural.

Después de realizar la exclusión manual, como resultado quedaron 84 artículos en el que para cada uno de ellos se realizó un análisis detallado de cómo la realidad aumentada ha sido utilizada para mejorar la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural.

De estos 84 artículos y de las diferentes aplicaciones que se mencionaban, se realizó una clasificación basando la búsqueda en (Ardissono et al., 2012; Azuma, 1997; Bekele et al., 2018; Čopič & Kljun, 2018; Milgram & Kishino, 1994) en el que mencionan categorías de la motivación, la co-creación y los tipos de adaptación. La motivación, la co-creación de contenidos y los tipos de adaptación fueron considerados mientras se realizó la lectura de estos artículos y aplicaciones porque se mencionaba que estas características mejoraban el proceso de aprendizaje en temas relacionados al patrimonio cultural y natural. A continuación se describe lo que significa cada clasificación:

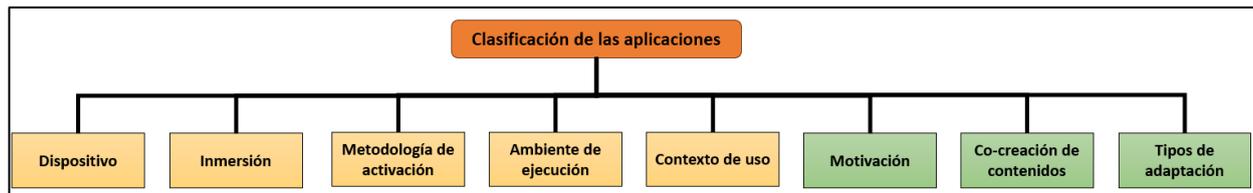


Ilustración 3. Primera clasificación de las aplicaciones

Dispositivo: identifica si la aplicación requiere de un dispositivo especial como son las pantallas en la cabeza (*Head Mounted Display – HMD*), dispositivos móviles, computadores, entre otras. Para esta clasificación, se consideraron los dispositivos que se mencionan en (Azuma, 1997; Bekele et al., 2018) y la opción de interfaz gráfica (GUI) fue adicionada para las aplicaciones que los contenidos solamente se pueden obtener a través de un servidor web y no utilizan algún tipo de tecnología inmersiva.

- **HMD:** dispositivo especial que se utiliza como gafas o cascos para la AR y VR
- **Dispositivos móviles:** dispositivos móviles como tabletas, celulares, PDA, entre otros.
- **Dispositivos espaciales de realidad aumentada (*Spatial Augmented Reality – SAR*):** aumenta objetos del mundo real con pantallas especiales como monitores, proyectores para mostrar información sobre los objetos físicos del mundo real.
- **Otro:** utiliza otro tipo de tecnología
- **GUI:** se refiere a otras tecnologías diferentes a la AR y VR

Inmersión: el tipo de tecnología inmersiva que utiliza (realidad aumentada (AR), realidad virtual (VR), realidad mixta (MR), otro) considerando los diferentes tipos de realidades que se mencionan en (Milgram & Kishino, 1994; Skarbez et al., 2021).

1. **AR:** complementa el mundo real con objetos virtuales
2. **VR:** sumerge al usuario en un mundo completamente virtual
3. **MR:** mezcla la tecnología de realidad aumentada y realidad virtual
4. **Otro:** utiliza otro tipo de tecnología

Los sistemas de realidad virtual y realidad mixta fueron considerados para comparar las ventajas y desventajas que tienen estos dos sistemas con respecto a la realidad aumentada y para determinar cómo la realidad aumentada puede mejorar el proceso del aprendizaje en el patrimonio cultural y natural. En la Tabla 1 se muestra los sistemas que implementan realidad mixta con un + en las opciones de realidad aumentada y realidad virtual porque la realidad mixta mezcla ambas tecnologías.

Tabla 1. Primera tabla comparativa de los trabajos relacionados

Aplicaciones	Dispositivo				Inmersión			Metodología de activación				Ambiente de ejecución			Contexto de uso			Motivación		Co-creación	Adaptación				
	HMD	móvil	SAR	Desktop	AR	VR	Otra	Basado en ubicación		Basado en imágenes		Interno	Externo	Virtual	Museos	Sitios de patrimonio Cultural	Galerías de arte	Intrínseca	Extrínseca		Contexto	Individual	Grupal		
								GPS	Sensor	Código QR	Imagen 2D/3D														
(Alitany et al., 2013)		+			+					NA	NA		+			+									
(Angelopoulou et al., 2012a)		+			+					+		+	+		+										
(Boletsis & Chasanidou, 2018a)		+			+			+				+	+			+									
(Ardito et al., 2007)		+			+			+				+	+			+		+							
(Chang et al., 2014)		+			+							+					+	+						+	
(Choudary et al., 2009)		+			+							+			+										
(Damala et al., 2008)		+			+							+			+										
(Dulyan & Edmonds, 2010)		+				+			+					+	+			+						+	
(Hable et al., 2012)		+			+				+			+				+									
(Julier et al., 2016)		+			+			+					+			+							+		
(Nagata et al., 2016)		+			+			+		+		+	+			+							+		
(Di Serio et al., 2013)		+			+							+					+	+							
(Wojciechowski et al., 2004)		+			+					+		+			+			+							
(Yoon, Elinich, Wang, Steinmeier, et al., 2012)		+			+				+			+				+									
(Dow et al., 2005)		+			+			+					+			+		+						+	
(Fidas et al., 2016) - ARIS		+			+					+		+				+			+						
(Fidas et al., 2016) - TaggingCreaditor		+			+			+	+			+	+		+	+			+					+	
(Damala & Stojanovic, 2012)		+			+				+			+			+			+						+	

Aplicaciones	Dispositivo				Inmersión			Metodología de activación				Ambiente de ejecución			Contexto de uso			Motivación		Co-creación	Adaptación		
	HMD	móvil	SAR	Desktop	AR	VR	Otra	Basado en ubicación		Basado en imágenes		Interno	Externo	Virtual	Museos	Sitios de patrimonio Cultural	Galerías de arte	Intrínseca	Extrínseca		Contexto	Individual	Grupal
								GPS	Sensor	Código QR	Imagen 2D/3D												
(Miyashita et al., 2008)		+			+						+				+			+					
(Zöllner et al., 2009)		+	+		+						+				+			+					
(Kuflik et al., 2015)		+		+	+						+				+			+			+		
(Vanoni et al., 2012)		+			+						+						+						
(Dewi et al., 2019)		+			+						+					+							
(Lee, 2012)	+	+			+			+			+	+				+		+					
(Giordano et al., 2018)		+			+			+				+				+			+				
(Invitto et al., 2014)	+	+			+	+		+			+		+		+			+					
(Fino et al., 2013)		+			+						+		+			+							
(Haugstvedt & Krogstie, 2012)		+			+			+				+				+		+					
(Park et al., 2006)	+				+						+	+			+			+					
(Chrysanthi et al., 2014)	+			+	+	+					+					+							
(Bustillo et al., 2015)	+					+			+			+		+									
(Gaitatzes et al., 2009)	+					+				+			+		+								
(Jacobsen & Holden, 2007)	+					+				+			+		+			+					
(Jiménez Fernández-Palacios et al., 2017)	+					+			+				+		+								
(Ruffaldi et al., 2008)	+			+	+	+					+		+				+						
(Esclapes et al., 2015)	+					+				+				+									
(Debailleux et al., 2018)	+					+				+			+		+								
(Mase et al., 1996)	+					+				+			+		+			+				+	

Aplicaciones	Dispositivo				Inmersión			Metodología de activación				Ambiente de ejecución			Contexto de uso			Motivación		Co-creación	Adaptación		
	HMD	móvil	SAR	Desktop	AR	VR	Otra	Basado en ubicación		Basado en imágenes		Interno	Externo	Virtual	Museos	Sitios de patrimonio Cultural	Galerías de arte	Intrínseca	Extrínseca		Contexto	Individual	Grupal
								GPS	Sensor	Código QR	Imagen 2D/3D												
(Wojciechowski et al., 2004)				+		+			+					+		+							
(Oppermann & Specht, 1999)				+			+		+			+				+					+		
(Fidas et al., 2016) – LoCloud				+			+	NA	NA	NA	NA	+			+								
(El-Hakim et al., 2004)				+		+	+		+				+	+		+							
(Bostanci et al., 2015)			+		+				+		+					+							
(Seo et al., 2010)			+		+					+		+	+		+	+							
(Koutromanos & Styliaras, 2016)		+			+			+			+					+						+	
(S. Chen et al., 2013)				+		+					+				+								
(Martínez-Graña et al., 2013)		+				+					+			+		+							
(Piciarelli et al., 2018)	+				+						+		+		+								
(Eleftheria et al., 2013)		+			+						+		+				+						
(Medina-Carrion et al., 2018)		+			+						+				+								
(Kavakli, 2015)				+	+				+			+				+							
(Grevtsova & Sibina, 2018)		+			+			+					+			+							
(Hiyama et al., 2013)			+		+				+			+				+							
(Gutierrez et al., 2015)		+			+					+		+				+							
(Kyriakou & Hermon, 2019)	+				+				+			+			+								
(Gimeno et al., 2017)		+			+			+				+			+								
(Cabero-Almenara & Roig-Vila, 2019) – Industrial Heritage	+					+		+						+		+							

Aplicaciones	Dispositivo				Inmersión			Metodología de activación				Ambiente de ejecución			Contexto de uso			Motivación		Co-creación	Adaptación		
	HMD	móvil	SAR	Desktop	AR	VR	Otra	Basado en ubicación		Basado en imágenes		Interno	Externo	Virtual	Museos	Sitios de patrimonio Cultural	Galerías de arte	Intrínseca	Extrínseca		Contexto	Individual	Grupal
								GPS	Sensor	Código QR	Imagen 2D/3D												
(Cabero-Almenara & Roig-Vila, 2019) – Malolos City	+				+	+		+			+				+								
(Blanco-Pons et al., 2019)		+			+						+					+							
(Dela Cruz et al., 2018)		+			+						+				+								
(X. Zhou et al., 2016)	+				+	+		+			+		+		+								
(Rattanaungrot & White, 2016)		+			+						+			+							+		
(Makino & Yamamoto, 2019)	+				+	+			+			+	+	+	+	+							
(Ioannides et al., 2016)		+			+			+				+		+									
(Zhang et al., 2018)	+					+			+				+	+									
(Bruno et al., 2019) - Cala Minnola		+			+			+				+			+								
(Bruno et al., 2019) - Cala Minnola VR app	+					+			+				+		+								
(Arias-Espinoza et al., 2018)		+			+					+		+		+									
(Furió et al., 2013)		+			+						+	+				+							
(Puyuelo et al., 2013)			+		+						+	+		+									
(Sylaiou et al., 2010)		+			+					+		+		+									
(Rahaman et al., 2019)	+				+	+		+				+			+								
(Mortara et al., 2014)		+			+			+				+		+	+								
(Alkhafaji et al., 2017)		+			+			+				+			+								
(Morganti & Bartolomei, 2018)		+			+			+				+			+								
(Speiginer et al., 2015) - Argon Project: the lights of St. Etienne		+			+				+			+			+								

Aplicaciones	Dispositivo				Inmersión			Metodología de activación				Ambiente de ejecución			Contexto de uso			Motivación		Co-creación	Adaptación		
	HMD	móvil	SAR	Desktop	AR	VR	Otra	Basado en ubicación		Basado en imágenes		Interno	Externo	Virtual	Museos	Sitios de patrimonio Cultural	Galerías de arte	Intrínseca	Extrínseca		Contexto	Individual	Grupal
								GPS	Sensor	Código QR	Imagen 2D/3D												
(Speiginer et al., 2015) - Argon Project 1: Campus Tour		+			+			+					+			+							
(Speiginer et al., 2015) - Argon Project 1: InfrastructAR		+			+			+					+			+							
(Speiginer et al., 2015) - Argon Project 2: Auburn Avenue				+	+						+				+								
(Speiginer et al., 2015) - Argon Project 2: Neptun		+			+			+				+			+						+		
(Speiginer et al., 2015) - Argon Project 2: Midtown Buzz		+			+			+					+		+								
(Barile et al., 2014) - OR.C.HE.S.T.R.A: Caruso		+			+			+					+		+						+		
(Barile et al., 2014) - OR.C.HE.S.T.R.A: E.Y.E.C.U.			+		+				+			+				+						+	
(Barile et al., 2014) - OR.C.HE.S.T.R.A: Smart Floor			+		+				+			+			+							+	
Subtotal	21	52	7	10	67	21	4	27	25	16	25	49	30	17	35	45	9	17	5	2	2	11	1
Total	84				84			83				84			84			22		2	13		

Metodología de activación: define cómo el sistema activa el activador para ver los contenidos virtuales en el dispositivo. Para esta clasificación se consideraron en (Ardissono et al., 2012; Azuma, 1997; Bekele et al., 2018; Čopič & Kljun, 2018; Van Krevelen & Poelman, 2010) en los que describen diferentes metodologías de activación que pueden ser:

- **Por ubicación:** el contenido se muestra según la ubicación del usuario
 - **Por GPS (*Global Positioning System*):** la ubicación se obtiene por geoposición.
 - **Sensores:** el activador utiliza los sensores del propio dispositivo como son los aceleradores, giroscopios, NFC (*Near Field Communication*), bluetooth, entre otros.
- **Por imágenes:** el contenido virtual a mostrar se activa por el reconocimiento de targets o imágenes
 - **Códigos QR (*Quick Response Code*):** un código de barras bidimensional (código de barras cuadrados)
 - **Reconocimiento de imágenes 2D o modelos 3D:** reconocimiento de imágenes por patrones en elementos 2D o 3D
- **Ambiente de ejecución:** esta categoría define en que ambientes patrimoniales se ejecuta la aplicación. Los valores de la categoría se consideraron en (Ardissono et al., 2012; Čopič & Kljun, 2018):
 - **Ambientes internos:** el sistema se ejecuta en ambientes internos como museos, clases, excavaciones, entre otras
 - **Ambientes externos:** el sistema se ejecuta en ambientes externos como parques, sitios naturales, sitios arqueológicos, transporte público, entre otros.
 - **Ambientes virtuales:** sistemas que se ejecutan en un mundo completamente virtual, en otras palabras, las aplicaciones de realidad virtual.

Contexto de uso: se toma como referencia la clasificación realizada en (Čopič & Kljun, 2018) en el que se consideran que las aplicaciones para el aprendizaje del patrimonio cultural se utilizan en los siguientes tipos de sitios:

- **Museos:** los sistemas se ejecutan en museos
- **Galerías de arte:** sistemas se ejecutan en galerías de arte
- **Sitios de patrimonio cultural y natural:** sistemas se ejecutan en otros ambientes diferentes a los museos y galerías de arte.

Motivación: los tipos de motivación se consideran según lo que se describe en (Garris et al., 2002). Esta categoría se crea para identificar el tipo de motivación y cómo cada sistema lo utiliza para mejorar la motivación en el aprendizaje

- **Intrínseca:** la motivación se genera de forma voluntaria. En los sistemas analizados se considera la motivación intrínseca porque los usuarios pueden seleccionar diferentes opciones para buscar información de los contenidos virtuales.
- **Extrínseca:** la motivación se genera mediante premios o recompensas externas. En los sistemas analizados se consideró la motivación extrínseca para aquellos que utilizan juegos y recompensas para atraer a los usuarios.

Co-creación: identifica si el sistema permite a los usuarios acceder a la creación de contenidos sin ningún conocimiento previo de la tecnología utilizada.

Tipos de adaptación se toma como referencia la clasificación dada en (Ardissono et al., 2012) en el que menciona que el contenido puede ser adaptado por:

- **Contexto:** ubicación del usuario
- **Individual:** usuario específico
- **Grupo:** características del grupo

En (Challenor & Ma, 2019) se evalúan aplicaciones que utilizan la realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural para identificar si el uso de esta tecnología mejora en el aprendizaje en temas como el Holocausto en la historia. Para esta evaluación, los autores clasifican las aplicaciones en el área temática, la autenticidad del contenido aumentado, el nivel de realismo visual (grado de detalle y precisión visual que hace que el contenido parezca auténtico), el impacto en el aprendizaje y el impacto emocional. Comparando esta evaluación con la revisión de la literatura, se encontró que elementos como la co-creación de contenidos, la adaptación, el entorno, la metodología de seguimiento, la motivación, el dispositivo y la inmersión, son factores relevantes para considerar en los sistemas de realidad aumentada para mejorar el proceso de aprendizaje en el patrimonio cultural y natural.

En el momento de realizar la propuesta, no se tuvo en cuenta la motivación, la co-creación ni la adaptación, por lo que en la Ilustración 3 y en la Tabla 1 (en fondo verde) son características que se incluyeron para el análisis de los trabajos. Además, se realizó una nueva revisión de la literatura de trabajos más recientes hasta el año 2024 para enriquecer el análisis inicial. Esta revisión se describe en la subsección 3.5.3, en la que se profundiza en la adaptación de la información en el patrimonio cultural y natural.

Una desventaja de implementar la realidad aumentada desde el punto de vista educativo con la co-creación de contenidos, son que los profesores y los estudiantes no pueden crear sus propios contenidos, dado que requieren tener conocimientos especiales para utilizar el software (Tzima & Styliaras, 2019). En cuanto a la adaptación de información, las aplicaciones deben tener contenidos adecuados para los diferentes tipos de usuarios, ya que algunas de las aplicaciones analizadas no consideran esta característica, produciendo y sobrecargando al usuario con contenidos que pueden ser irrelevantes según sus intereses (Ardissono et al., 2012). Por esta razón, la adaptación de la información es una característica importante, por lo que es necesario considerar las características del usuario y de su contexto. En (Damala et al., 2012, 2013) se menciona que la adaptación/personalización permite que un mismo contenido se muestre de diferentes maneras dependiendo de las preferencias del usuario en cuanto al tipo de medio asociado al elemento patrimonial (por ejemplo, audios, videos, textos, entre otros). Además, la adaptación permite que usuarios que tengan alguna dificultad puedan acceder a este tipo de sitios, por ejemplo, en (Dulyan & Edmonds, 2010), describen un sistema para personas que tengan alguna dificultad visual, puedan recorrer galerías y museos de arte utilizando audios aumentados.

En la Tabla 1 se comparan los sistemas evaluados para cada una de las categorías mencionadas en la Ilustración 3. En la Tabla 1, el símbolo (+) indica que el sistema considera esa característica. En el caso donde aparece (NA), significa que el artículo no menciona específicamente esa característica. Por ejemplo, en (Alitany et al., 2013) mencionan que utilizan la metodología de activación por imágenes, pero no especifican si es con códigos QR, imágenes 2D o modelos 3D. Los campos en vacíos significan que la característica no se menciona. En el caso de la inmersión, quienes implementan realidad mixta (MR), tienen el signo + tanto en la opción de realidad aumentada (AR) como en la realidad virtual (VR).

En el caso de los dispositivos, de los 84 artículos estudiados, 52 (61,9%) utilizan dispositivos móviles para los sistemas de realidad aumentada que también es lo que coincide en (Čopič & Kljun, 2018) en el que se muestra que la mayoría se enfocan en este tipo de tecnología. Se encontró que la mayoría de estas aplicaciones utilizan estos dispositivos y esta tecnología dado que su acceso es cada vez más fácil (Angelopoulou et al., 2012a; Grevtsova & Sibina, 2018). Otra ventaja de este tipo de dispositivos es que ya cuenta con sensores como giroscopio, GPS, Bluetooth, entre otras (Nagata et al., 2016). También se mencionan en algunos artículos que, para el caso de la realidad virtual, también hoy en día se encuentran dispositivos de bajo costo como las CardBoards de Google o el GO de VRelia (Esclapes et al., 2015).

En cuanto a la metodología de activación, se encontró que la mayoría de los sistemas de realidad aumentada se centran en el reconocimiento de imágenes 2D/modelos 3D y el uso del GPS, sin embargo, otros utilizan sensores, como por ejemplo los NFC en una aplicación llamada TaggingCreaditor (Sintoris et al., 2015), Bluetooth (Ardissono et al., 2016; Miyashita et al., 2008), escáneres laser (El-Hakim et al., 2004), entre otros.

En la Tabla 1 se encuentra una relación entre la metodología de activación que utiliza la aplicación y el contexto de uso (museos, galerías de arte, sitios de patrimonio cultural). En el caso de los sitios del patrimonio cultural, la mayoría de la metodología de activación de las aplicaciones funciona a través de la ubicación y el reconocimiento de imágenes 2D/modelos 3D, y la mayoría se implementa en ambientes externos. Por otro lado, en las categorías de museos y galerías de arte, la mayoría de las aplicaciones se centran en ambientes internos y utilizan metodologías de activación como sensores y reconocimiento de imágenes 2D/modelos 3D.

De la revisión de la literatura y de las características mencionadas anteriormente, pocas aplicaciones consideran la adaptación de la información, que es una característica que también se menciona en (Ardissono et al., 2012). Para el caso de la co-creación y motivación, pocos sistemas permite a los usuarios adaptar y crear contenidos para el aprendizaje del patrimonio cultural, dado que no se encuentran enfocados en mejorar la motivación ni consideran las características de los usuarios para mostrar los contenidos. Ambos aspectos son importantes considerarlos en el momento de desarrollar una aplicación de este tipo y por eso fueron incluidos en la Tabla 1.

Con este análisis de los 84 artículos seleccionados y otros que se obtuvieron en la revisión, se respondieron las preguntas de investigación que se propusieron anteriormente. A continuación, se responde cada una de ellas.

1. ¿Cuáles son las ventajas, desventajas, limitaciones y retos de la realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural?

La principal ventaja de usar la realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural es que mejora el rendimiento, genera motivación (Chang et al., 2014), provee nuevos mecanismos de interacción con los elementos físicos (Azuma, 1997; Bostanci et al., 2015) y provee la colaboración entre los usuarios (Chang et al., 2014; Medina-Carrion et al., 2018). También evita el aislamiento entre los usuarios (Bederson, 1995a), mejora la percepción del usuario sobre los elementos patrimoniales y el entorno en el que se encuentra, al añadir información superpuesta en el mundo real mediante contenidos virtuales en 2D y 3D (Sabri et al., 2017), desarrolla el proceso cognitivo del estudiante (Lacka, 2018), tiene un impacto en la retención del aprendizaje (Challenor & Ma, 2019) y es una tecnología altamente confiable porque puede copiar elementos físicos y pasarlos a elementos virtuales que sirven para la conservación del patrimonio cultural y natural (Pieraccini et al., 2001) como las construcciones, obras de arte, ruinas, entre otros. En otras palabras, la realidad aumentada mejora la experiencia del usuario al realizar las reconstrucciones, la exploración y la gestión del patrimonio cultural y natural (Bekele et al., 2018).

Hoy en día, las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y la evolución de los dispositivos móviles, hace que las aplicaciones de realidad aumentada sean más atractivas para sitios de patrimonio cultural y natural, como en los museos porque estos pueden mostrar diferentes tipos de contenidos a otro tipo de audiencias (Medina-Carrion et al., 2018). Como tal, el número de aplicaciones de realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural ha aumentado exponencialmente en el número de usuarios que la utilizan (Blanco-Pons et al., 2019). (Chang et al., 2014), por ejemplo, describe un estudio para identificar las experiencias de los usuarios utilizando la realidad aumentada en una clase de apreciación de arte, en el que concluye que su uso es más efectivo comparado con los métodos tradicionales como las audioguías en un museo de arte. Esto se debe a que la realidad aumentada hace que la información sea más fácil de asimilar a través de contenidos audiovisuales. (Chang et al., 2014) también muestra que, en diferentes estudios, la realidad aumentada ofrece a los visitantes experiencias interesantes, divertidas y desafiantes, así como sensaciones de inmersión. En aplicaciones educativas genera motivación y participación atrayendo a estudiantes y profesores a través de la información adicional que se obtiene con esta tecnología. Al integrar imágenes entre el mundo real y virtual, se disminuye la posibilidad de que los visitantes se sientan abrumados por la cantidad de información que hay disponible y a su vez mejora el proceso de aprendizaje al mostrarle información relevante (Dewi et al., 2019). El uso de la realidad aumentada es una plataforma de aprendizaje útil para el patrimonio cultural y natural porque motiva a estudiantes e investigadores a entender mejor los eventos históricos (Paper et al., 2009).

También mejora la percepción y la interacción con el mundo real (Bostanci et al., 2015) ya que puede ser utilizado para los sentidos del ser humano como la escucha, el gusto, el tacto y la visión (Azuma, 1997; Carmigniani et al., 2011) para mejorarlos o reemplazarlos (Carmigniani et al., 2011). Por ejemplo, en (Boletsis & Chasanidou, 2018a) se habla sobre la realidad aumentada con audio reduce cualquier distracción con los dispositivos móviles, ya que solamente se enfoca en escuchar el contenido. La aplicación que describen se llama AudioTransit, la cual usa la realidad aumentada con audios para realizar una guía turística en el transporte público en el que los usuarios tienen información gratuita sobre elementos patrimoniales por los que van pasando.

Para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, esta tecnología permite que se enfoque en el usuario, porque brinda métodos de navegación, interacción y orientación cuando los museos no tienen suficiente espacio o recursos para presentar sus colecciones, por lo que mejora la experiencia del usuario con la reconstrucción de la información patrimonial (Bekele et al., 2018).

Además, permite que usuarios como investigadores y artistas puedan ampliar el conocimiento y enseñar sobre los elementos culturales y artísticos, y permite que el aprendizaje interactivo pueda ser extendido y mejorado en términos de distribución, creación, colaboración, asignación de tiempo y acceso a los recursos de aprendizaje (Angelopoulou et al., 2012a). También es una herramienta útil para el patrimonio cultural y natural porque puede reconstruir sitios arqueológicos que están en malas condiciones o que ya no existen para las futuras generaciones con elementos virtuales (Bostanci et al., 2015; Jiménez Fernández-Palacios et al., 2017; Paper et al., 2009; Sylaiou et al., 2010). De hecho, hoy en día, las últimas tecnologías móviles permiten a los usuarios aprender sobre el patrimonio cultural y natural en ambientes de aprendizaje informales como son los museos, parques, sitios arqueológicos etc., (Ardito et al., 2007).

El uso de juegos en dispositivos móviles con realidad aumentada puede ser bueno, tanto para ambientes formales como informales, ya que no está limitada a un solo tipo de tecnología y puede ser usada en diferentes ambientes (Koutromanos & Styliaras, 2016), permitiendo que los estudiantes e instructores colaboren y se comuniquen remotamente sobre temas que se encuentren relacionados al patrimonio cultural así como el natural y, puedan compartir experiencias y elementos virtuales entre cada uno de ellos (Eleftheria et al., 2013). En (Furió et al., 2013) se presenta un ejemplo del diseño de una aplicación de realidad aumentada que usa contenidos interactivos para un edificio gótico del mercado de la seda llamado “Lonja de la Seda” ubicado en Valencia, declarado como monumento nacional histórico y artístico en Julio de 1931 y declarado por la UNESCO como patrimonio en diciembre de 1996. Este sitio tenía problemas en cuanto a la iluminación y el acceso y que se resolvieron con realidad aumentada, demostrando que es una tecnología efectiva en accesibilidad y comunicación porque no es intrusiva y brinda información adicional con contenidos virtuales.

Además, la realidad aumentada es una tecnología interesante porque engancha (Gutierrez et al., 2015; Kyriakou & Hermon, 2019) y mejora (De Paolis & Bourdot, 2018; Sabri et al., 2017) la percepción del usuario con contenidos virtuales sobrepuestos en 2D y 3D. Además, al utilizar marcadores para mostrar los contenidos en realidad aumentada incrementa la robustez y reduce la complejidad computacional de las aplicaciones (Piciarelli et al., 2018).

No obstante, la realidad aumentada tiene algunos inconvenientes y limitaciones dependiendo de quién lo use, porque los estudiantes tienen acceso constante a diferentes tipos de tecnologías incluyendo las inmersivas, en el que no necesariamente la realidad aumentada hace que aprendan mejor comparándolo con los métodos tradicionales, ya que la realidad aumentada no solamente se utiliza para el aprendizaje sino también para el entretenimiento (Challenor & Ma, 2019).

Sin embargo, el rol de las instituciones educativas y de los museos es motivar a los estudiantes en su proceso de aprendizaje guiándolos en el correcto uso de las tecnologías (Eleftheria et al., 2013) y en el que la realidad aumentada puede ser una de ellas. (Bustillo et al., 2015) comentan que el uso de la realidad aumentada a través de los juegos puede alterar el proceso de aprendizaje sobre conceptos abstractos del patrimonio cultural y natural si no se utiliza de la manera apropiada. Por ejemplo, (Champion, 2008) describe el uso de un juego interactivo sobre temas que se relacionan al patrimonio cultural y natural en el que dependiendo de la implementación y del contenido del juego (específicamente, juegos de disparos en primera persona) puede generar estados de violencia a los usuarios. Para evitar experiencias negativas, el contenido disponible debe ser útil y apropiado (Bekele et al., 2018), contener material interactivo (Ardissono et al., 2012) y las tecnologías en los museos y sitios patrimoniales deben estimular al usuario en educar a las futuras generaciones para entender el pasado (Champion, 2008). Otra desventaja de la realidad aumentada es que los métodos de activación basados en marcadores pueden ser intrusivos en algunos escenarios (Piciarelli et al., 2018). En la misma línea, es importante considerar diferentes

aspectos que pueden afectar la experiencia del usuario, por ejemplo, en (Blanco-Pons et al., 2019) mencionan que, en su aplicación los contenidos virtuales tomaban mucho tiempo en aparecer en el dispositivo móvil. En (Martinetti et al., 2019) se menciona que el principal factor por lo que no se utiliza la realidad aumentada es por limitaciones tecnológicas y técnicas (reconocimiento de imágenes, conexión a internet, tiempo de respuesta), por la interacción humana (distracción y dispositivos ergonómicos) y por limitaciones organizacionales (manejo de proyectos de realidad aumentada, infraestructura tecnológica, recursos financieros).

En cuanto a los retos de la realidad aumentada se encuentra la precisión, el activador del usuario y el registro de los modelos 3D en ambientes reales. En (Bostanci et al., 2015) se menciona que estos aspectos son importantes tenerlos en cuenta cuando se desarrolla una aplicación. Por ejemplo, en un sitio patrimonial como una excavación, las aplicaciones de realidad aumentada pueden verse afectada por las condiciones climáticas y por consiguiente es fundamental considerar este tipo de problemas para que la aplicación trabaje de manera correcta (Angelopoulou et al., 2012a). El éxito de una aplicación de realidad aumentada depende del contenido disponible que pueden verse afectados por la resolución, la iluminación, el contraste, la latencia y la calibración de los contenidos virtuales sobre el mundo real (Bekele et al., 2018), también puede verse afectados por la precisión geométrica, la captura de detalles, el fotorrealismo, la portabilidad, la eficiencia, entre otras (El-Hakim et al., 2004). Por ejemplo, en (Blanco-Pons et al., 2019; Ch'ng et al., 2019) se menciona que la usabilidad percibida es un factor determinante del uso de las aplicaciones de realidad aumentada (Blanco-Pons et al., 2019) y que su popularidad de uso en una exhibición no depende del museo en sí, sino del contenido ofrecido y del dispositivo que se utiliza (Ch'ng et al., 2019). (Azuma, 2016) menciona que otro punto importante a considerar en una aplicación cuando se usa realidad aumentada en patrimonio cultural y natural, es el seleccionar sitios patrimoniales que sean importantes de recordar y mantener para las futuras generaciones (Tzima & Styliaras, 2019). Además, (Tzima & Styliaras, 2019) menciona que otro factor a considerar en aplicaciones de realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural son las características del entorno urbano, los cambios constantes que sufren las tecnologías y lo que deben hacer los docentes y estudiantes para capacitarse en su uso para mantenerse actualizados.

2. ¿Qué ventajas y desventajas tiene la realidad aumentada comparándola con otras tecnologías como la realidad virtual y la realidad mixta?

La realidad aumentada permite que la interacción con los elementos patrimoniales del mundo real mejore la percepción del ser humano al colocar y enriquecer con contenidos virtuales explicaciones sobre el elemento en tiempo real al momento de realizar la reconstrucción y preservación para las futuras generaciones (Bostanci et al., 2015). Esta tecnología no reemplaza la realidad del usuario (Azuma, 1997), por lo que permite la construcción *in situ*, evitando que se generen dificultades físicas para mostrar los contenidos (Bostanci et al., 2015). Tampoco genera aislamiento entre usuarios (Bederson, 1995b) sino que, al contrario, genera interacción con otros usuarios por lo que se mejora la experiencia en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural (Bostanci et al., 2015). También, reduce el tiempo consumido para la recreación de los elementos virtuales (Piciarelli et al., 2018) porque el usuario percibe ambas realidades simultáneamente (Blanco-Pons et al., 2019) y evita problemas como el mareo (Piciarelli et al., 2018). Por ejemplo, (Ardito et al., 2007) describen una de las aplicaciones educativas que también se conocen como aplicaciones de entretenimiento con enfoque educativo (edutainment) que usa la realidad aumentada en parques arqueológicos en el que los estudiantes se animaban y se involucraban en el desarrollo de las actividades de aprendizaje a través de juegos.

Como la realidad aumentada solo manipula parte del mundo real, es una tecnología viable en costos tecnológicos y económicos, así como en la creación de los contenidos (Fällman et al., 2013; Park et al., 2006).

A diferencia de la realidad virtual en el que todos los elementos son virtuales, la realidad aumentada replica la autenticidad de los elementos y no requiere de software especial para utilizar la aplicación (Challenor & Ma, 2019). En la realidad virtual la ubicación del usuario no es primordial, no obstante, el problema es que los elementos son totalmente sintéticos por lo que no ofrece elementos reales y la autenticidad de estos elementos patrimoniales se pierden (Dow et al., 2005). La realidad aumentada provee percepciones reales aumentadas sobre los contenidos porque a diferencia de la realidad virtual, la realidad aumentada no cambia completamente los elementos del mundo real (Park et al., 2006), permitiendo que los usuarios tengan la oportunidad de experimentar con los elementos del mundo real (Lee, 2012). Por ejemplo, en (Challenor & Ma, 2019) mencionan que la realidad virtual crea ambientes completamente inmersivos, aunque falla en la estimulación de los sentidos como el olfato porque el ambiente no es real. La realidad aumentada tiene el potencial de transformar las maneras de enseñar sobre el mundo y de los lugares que nos rodean. (Choudary et al., 2009) mencionan que en el caso de las cuevas prehistóricas donde su acceso es restringido, la realidad aumentada permite que el usuario pueda visitar estos sitios virtualmente. Para los museos, la realidad aumentada proporciona una interacción precisa e intuitiva con los elementos que se muestran al público (Damala et al., 2008).

La desventaja de la realidad aumentada comparada con la realidad virtual es que los elementos del mundo real y el virtual deben coexistir y estar alineados, por lo que la realidad aumentada debe tener una mayor precisión comparado con respecto a la realidad virtual (Azuma, 1997). También, (Yovcheva et al., 2013) mencionan que hay evidencia que muchos de los dispositivos de realidad aumentada y algunos contenidos pueden generar confusión, insatisfacción, fatiga física, entre otras. En cuanto aspectos externos como la iluminación, reflejos y el clima pueden afectar el funcionamiento de las aplicaciones. Por ejemplo, (Gutierrez et al., 2015) describen una aplicación que se utiliza en el exterior e interior de un templo. Cuando hay mucha luz o muchas sombras en los grabados del templo, la funcionalidad de la aplicación se ve afectada cuando el usuario quiere ver el contenido aumentado.

(Fällman et al., 2013) mencionan que (Winn, 1993) identifica un número de ventajas de la realidad virtual con respecto a la realidad aumentada: (i) en un mundo virtual, la realidad virtual permite que se realicen cambios a un tamaño relativo al elemento, (ii) el usuario puede interactuar y diseñar todo el mundo virtual por sí mismo, (iii) se pueden crear y visualizar elementos que son difíciles de representar en el mundo real y (iv) las experiencias del usuario son más seguras y protegidas que en lugares donde la interacción con elementos reales podrían afectar a otros usuarios (Jacobsen & Holden, 2007). Por ejemplo, (Jiménez Fernández-Palacios et al., 2017) muestra que la realidad virtual ayuda a los ingenieros a visualizar diferentes técnicas en un entorno 3D para entrenamiento militar que imita situaciones de emergencia, pero, que, a su vez, evita posibles daños o accidentes porque todo son elementos virtuales. Sin embargo, en la realidad virtual al ser más interactivo, es posible que los usuarios quieran manipular o sabotear los elementos (Champion, 2011).

La realidad mixta, por otro lado, brinda al usuario las ventajas que tiene la realidad aumentada y la realidad virtual (Bekele et al., 2018; F. Zhou et al., 2008), aunque su inconveniente es que actualmente utiliza dispositivos más costosos como, por ejemplo, los HoloLens de Microsoft para mostrar los contenidos (Čopič & Kljun, 2018).

Tabla 2. Comparación de frameworks de desarrollo para aplicaciones de realidad aumentada

Framework	Versión	Método de activación					Soporta AR/VR	Plataforma	Open Source	Comercial	Gratis	Precio
		Código QR	Imagen	Modelo	Múltiples imágenes	GPS						
Vuforia	8.1	+	+	+	+	-	+	iOS, Android, Unity	No	Sí	Sí, versión de desarrollador	Estándar - 500\$ por año Cloud - 100\$ por mes Pro - por contacto
Wikitude	8.5	+	+	+	+	+	+	iOS, Android, Unity	No	Sí	Sí (prueba y características limitadas)	Pago 1 vez / por suscripción Demo - 499E SDK Pro - 1990E / 2490E por año SDK Pro 3D 2490E / 2990E por año Cloud - 4490E por año
ARKit (Apple)	2.0	+	+	+	+	+	+	iOS	No	Sí	Sí (número límite de proyectos en la semana)	Cuenta de desarrollador 100\$ por año
ARCore (Google)	1.9.190422066	+	+	+	+	+	+	iOS, Android	Sí	No	Sí	No especifica
Kudan	1.5	+	+	+	+	+	+	iOS, Android, Unity	No	Sí	Sí (con marca de agua)	AR negocios - 1500\$ por año AR empresa - por contacto
ARToolKit	5.3.2	+	+	-	+	+	+	iOS, Android, Unity	Sí	No	Sí	No se especifica
ARMedia	No se especifica	+	+	+	-	+	+	iOS, Android	No	Sí	Sí (no licencia comercial)	Por contacto
Maxst	4.1.1	+	+	+	-	+	-	iOS, Android, Unity	No	Sí	Sí (con marca de agua y sin licencia comercial por 1 mes)	Pro - 39\$ por mes Empresarial - por contacto
droidAR	3.0	-	+	+	+	+	-	Android	Sí	No	Sí	No se especifica
layAR	No se especifica	+	-	-	-	+	+	iOS, Android	No	Sí	No	Por contacto
Aurasma (HP Reveal)	2.0	+	+	-	-	-	-	iOS, Android	No	Sí	No	SDK en desarrollo
Xzing	No se especifica	-	+	+	-	-	-	iOS, Android, Unity	No	Sí	Sí (características limitadas)	Profesional - por contacto

Framework	Versión	Método de activación					Soporta AR/VR	Plataforma	Open Source	Comercial	Gratis	Precio
		Código QR	Imagen	Modelo	Múltiples imágenes	GPS						
Augment	No se especifica	-	+	+	-	-	-	iOS, Android	No	Sí	Sí (14 días)	Esencial - 9 e por dispositivo Profesional - 25 E por dispositivo Empresarial - 59 E por dispositivo
EasyAR	2.0.0	-	+	-	+	-	-	iOS, Android	No	No	Sí (características limitadas)	Por contacto
simpleCV	1.3	-	+	-	-	-	+	Android	Sí	No	Sí	No se especifica
BlippAR	No se especifica	-	+	-	-	-	-	iOS, Android	No	Sí	Sí (30 días)	Por contacto
CraftAR	3.4.1	-	+	-	-	-	-	iOS, Android	No	Sí	No	Indie - 9 E por página Pro - por contacto
PixLive	No se especifica	-	+	-	-	-	-	iOS, Android	No	Sí	Sí (demo 30 días)	Indie - 9 E por mes Pro - por contacto
DeepAR	No se especifica	-	+	-	-	-	-	iOS, Android, Unity	No	Sí	Sí (30 días)	Por contacto
NyARToolKit	5.0.8	+	-	-	-	-	-	iOS, Android	Sí	No	Sí	No se especifica

3. ¿Qué herramientas o plataformas de desarrollo de aplicaciones se utilizan en realidad aumentada para la creación de contenidos de elementos patrimoniales y naturales?

Para determinar qué herramientas o plataformas de desarrollo se utilizan para las aplicaciones de realidad aumentada, se realizó un análisis para evaluar e identificar a nivel tecnológico y económico cual es la más factible de utilizar para resolver los retos mencionados en la pregunta anterior. En la Tabla 2 se comparan las características de cada una de ellas. En color azul se encuentra el nombre del framework y la versión, en verde los métodos de activación de la realidad aumentada, en rojo si soporta realidad aumentada o virtual y si es Open Source y en naranja si es comercial o no, si existe una gratuita y su precio.

En la Tabla 1 se muestra que la mayoría de las aplicaciones utilizan dispositivos móviles y que la mayoría de los contenidos en realidad aumentada se ejecutan en ambientes internos y externos con métodos de activación como códigos QR, imágenes 2D, modelos 3D, GPS y sensores. No obstante, en el caso de los códigos QR y las imágenes 2D y modelos 3D, las aplicaciones se enfocan en ambientes internos mientras que el GPS y los sensores se usan en ambientes externos. La Tabla 2 contiene información sobre la versión, el método de activación que puede ser implementado, donde el símbolo + indica que la característica puede ser utilizada o el símbolo – si no la tiene, las plataformas que soportan la realidad aumentada (Unity, Android, iOS), si es Open Source, si requiere de alguna licencia para utilizarlo, si hay una licencia comercial y cuál es su costo.

4. ¿El uso de la realidad aumentada mejora la motivación en el aprendizaje de los visitantes en temas relacionados al patrimonio cultural y natural?

Del análisis se deduce que la realidad aumentada mejora el proceso de aprendizaje (Eleftheria et al., 2013; Lee, 2012) y se extiende interactivamente (Angelopoulou et al., 2012a) al ofrecer a los usuarios una guía autónoma que proporciona información sobre los elementos patrimoniales y naturales. Por ejemplo, la aplicación descrita en (Ardito et al., 2007) ha sido utilizada con estudiantes de secundaria de Michelangelo (Bari, Italia). La aplicación consiste en un juego de 4-5 jugadores en el que deben formular hipótesis y discutirlos con el objetivo de descubrir y aprender sobre la cultura de la antigua Roma. Gracias a esta tecnología, los estudiantes que participaron se sintieron más involucrados al mostrar contenidos en 3D y que estos modelos puedan ser impresos en impresoras 3D. Comparándola con los métodos tradicionales, se mejoró la motivación de los estudiantes para comprender los temas, se desarrollaron sus habilidades y hubo un fomento en la construcción de las relaciones sociales entre los compañeros (Paper et al., 2009). Usar juegos con realidad aumentada estimula la comprensión de la historia para estudiantes que le es difícil comprender. Esta es una forma divertida de tratar los temas y ellos pueden aprender mejor comparándolo con los métodos tradicionales porque las actividades requieren de diferentes habilidades que pueden ser desarrolladas simultáneamente y también aumenta la colaboración entre los compañeros (Ardito et al., 2007). No obstante, es importante distinguir el entretenimiento con la educación porque utilizar juegos en general, no significa que los estudiantes aprenderán acertadamente (Champion, 2011); por lo que los objetivos educativos deben ser incluidos. Un ejemplo, (Di Serio et al., 2013) muestra que la realidad aumentada tiene un impacto positivo en la motivación de los estudiantes con respecto a la prueba realizada llamada *Instructional Materials Motivation Survey* (IMMS). Esta evaluación de satisfacción y motivación considera cuatro factores de motivación: la atención, la relevancia, la satisfacción y la confianza. Los científicos, investigadores y profesores están de acuerdo en que cuando los estudiantes se sienten motivados por aprender, ellos retienen más información sobre los temas que se están explicando y de finalizar las actividades propuestas, permitiendo que los estudiantes puedan interactuar con sus compañeros de clase y profesores para mejorar sus habilidades y rendimiento educativo (Di Serio et al., 2013).

Para propósitos educativos, el proceso se vuelve más fácil en museos y salones de clase porque los métodos convencionales fallan en atraer y motivar a los estudiantes (Eleftheria et al., 2013). Los museos y los salones de clase no necesariamente son tan efectivos sin la implementación de la realidad aumentada para ayudar a los estudiantes a imaginar escenas históricas y comprender lo que sucedió en ciertos lugares (Gimeno et al., 2017). Recientemente, las aplicaciones móviles con realidad aumentada han sido utilizadas satisfactoriamente en museos, sitios patrimoniales, turismo y en ambientes de aprendizaje ya que se ha demostrado que es una tecnología prometedora porque incrementa el contenido asociado a los elementos patrimoniales, atrae a nuevos usuarios, incrementa la motivación y promueve la participación (Gimeno et al., 2017). Además, el uso de la realidad aumentada en ambientes de aprendizaje es más fluido, esporádico y participativo (Yoon, Elinich, Wang, Van Schooneveld, et al., 2012) y los métodos basados en textos son menos efectivos a la hora de ayudar a los estudiantes de entender los eventos históricos. Sin embargo, es importante mencionar que el uso de las tecnologías como lo es la realidad aumentada no reemplaza las clases ni los métodos tradicionales; ésta solamente es una herramienta que mejora el proceso de aprendizaje del estudiante (Eleftheria et al., 2013).

De igual forma, la realidad aumentada no solo permite la participación entre estudiantes, sino también entre profesores (Chang et al., 2014) generando ambientes colaborativos en que ellos pueden trabajar juntos de forma simultánea, permitiendo que los estudiantes tengan control sobre su experiencia de aprendizaje atrayéndolos con información adicional que la tecnología sobrepone (Di Serio et al., 2013) como se describe en (Kerawalla et al., 2006).

5. ¿Qué características se consideran en las aplicaciones actuales para mejorar la motivación de los visitantes y qué es lo que falta considerar?

Las características que fueron consideradas por las aplicaciones analizadas son el dispositivo, la tecnología, el método de activación, el ambiente en el que se usa, entre otras. Estas características solamente se enfocan en software y hardware, aunque algunas de ellas consideran el ambiente (interno y externo) en que se ejecutan.

Por lo tanto, muy pocas aplicaciones consideran a los estudiantes como un foco importante. En (Ardissono et al., 2012) se muestra que en la adaptación/personalización es esencial considerar del estudiante su interés, conocimiento, características personales, etc. Siempre que permita que se le muestre el contenido más apropiado y evitando que se sobrecargue al usuario que no sea de su interés. Un buen ejemplo en el que se considera al usuario es una aplicación llamada HIPS (Oppermann & Specht, 1999), que usa sensores infrarrojos en un museo y el usuario puede seleccionar un recorrido preparado por un curador, diseñar su propio recorrido o seleccionar otro generado por otros usuarios. En la evaluación del proyecto descrito por (Champion, 2011) muestra que elementos como la interactividad y la adaptación/personalización puede ser más importante que el realismo de los elementos virtuales, ya que en el patrimonio cultural y natural se tiene mucha información que no necesariamente es igual de relevante para cada uno de los usuarios. Además, (Ardissono et al., 2012) muestra que, en el caso del turismo, que es una actividad social, el sistema adapta el contenido por grupos de usuarios que tengan intereses, experiencias y necesidades similares porque cada uno requiere diferente tipo y nivel de detalle de la información. Por ejemplo, (Oppermann & Specht, 1999) muestra que la información seleccionada y presentada depende de la ubicación, del nivel de interés, del conocimiento y de las preferencias del usuario (por ejemplo, el usuario puede seleccionar cómo quiere que la información se presente (video, audio, texto, etc.)). La realidad aumentada también ofrece a los usuarios que tengan alguna dificultad, la oportunidad de visitar museos y galerías (Dulyan & Edmonds, 2010).

Gracias a los avances tecnológicos de los dispositivos móviles, estos ahora cuentan con sensores como barómetros, giroscopios, acelerómetros, entre otras, permite crear nuevas aplicaciones para el aprendizaje y evaluación del conocimiento, generando así dos nuevas metodologías en educación conocido como el aprendizaje ubicuo (u-learning) y el aprendizaje móvil (m-learning) (Nagata et al., 2016). En (Damala et al., 2012) la información que se brinda sobre una obra de arte puede ser complementada seleccionando diferentes medios (videos, audios, textos, etc.) y los intereses del usuario. Esta aplicación ha sido desarrollada para diferentes tipos de visitantes (grupos escolares, niños, familias, adultos, etc.).

Por otro lado, pocas aplicaciones consideran el tipo de motivación del estudiante (extrínseca o intrínseca) y si tanto estudiantes como profesores pueden crear contenidos. En (Bekele et al., 2018) menciona que una aplicación sólo funcionará si el contenido que se genera es útil e interesante. Hoy en día, la educación debe enfocarse en el estudiante y en sus habilidades personales porque estas habilidades son las que definirán quién va a ser en un futuro y son las que mejorarán su conocimiento crítico, responsabilidad, pasión, motivación, entusiasmo, confianza, etc. (Vocaturo et al., 2019). Es por estas razones que el patrimonio cultural y natural en educación es importante tenerlo en cuenta porque son factores que pueden mejorar el proceso del aprendizaje. Por ejemplo, en (Wu et al., 2013) se menciona que, para un aprendizaje activo, el sistema de realidad aumentada debe considerar tres elementos: (i) ser divertido, (ii) ofrecer retos interesantes, y (iii) generar curiosidad sobre los temas explicados.

Además, las futuras aplicaciones de realidad aumentada necesitarán considerar la usabilidad y la co-creación de contenidos (Bower et al., 2014) ya que se encontró que algunas de las aplicaciones de realidad aumentada eran difíciles de usar por los estudiantes debido a problemas técnicos como el tamaño de la pantalla, la velocidad de la red, la duración de la batería del dispositivo, etc., y por desconocimiento sobre cómo utilizar la tecnología (Tzima & Styliaras, 2019). Otro estudio muestra que un aspecto a mejorar en las aplicaciones es la creación de los contenidos para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, ya que actualmente toma mucho tiempo (Bower et al., 2014). Por ejemplo, la construcción de monumentos en 3D exige que se dedique suficiente tiempo para recopilar datos, al reentrenamiento (por cambios constantes que sufre la tecnología) y a la implementación porque para mostrar el contenido de realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural se necesita desarrolladores de software capacitados y diseñadores expertos en imágenes 2D y modelos 3D, modelado, edición de video, etc., (Tzima & Styliaras, 2019).

En el análisis de la literatura, se evidencia que la realidad aumentada es una herramienta efectiva para mejorar la percepción, la interacción y el aprendizaje en relación con el patrimonio cultural y natural. Sin embargo, uno de los principales desafíos radica en la adaptación de la información en las aplicaciones existentes. Estas no suelen considerar suficientes características de los usuarios ni su contexto, haciendo que los contenidos no se encuentren alineados con sus intereses y necesidades. Además, muchas de estas aplicaciones dependen de la colaboración de expertos en tecnología de realidad aumentada para generar contenidos, lo que dificulta su uso. Esta dependencia limita la interacción de los usuarios con la herramienta en la creación de contenidos, complicando su implementación en los sitios patrimoniales.

2.2. Resumen y conclusiones del capítulo

A través de las características definidas en esta revisión y el análisis de los trabajos relacionados, se observó que el uso de la realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural genera un impacto positivo en la motivación en temas relacionados con arte, historia, ciencias, etc.

La realidad aumentada se puede aplicar en ambientes formales como las aulas de clase y en ambientes informales como los museos, parques, sitios arqueológicos, sitios de patrimonio cultural, transporte público, etc. Con base en esto, el uso de esta tecnología permite complementar información que es relevante para un estudiante y mejora la experiencia de aprendizaje en temas relacionados al patrimonio cultural y natural. A continuación, se mencionan los puntos que resumen de lo que se obtuvo de la revisión de la literatura y del análisis de los trabajos relacionados.

- La mayoría de los sistemas, hoy en día se enfocan en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural utilizando la realidad aumentada y realidad virtual. Ambas tecnologías tienen ventajas y desventajas dependiendo en el contexto en el que se utilicen.
- El aprendizaje del patrimonio cultural y natural se centra en complementar el proceso de aprendizaje del estudiante, principalmente con el uso de la realidad aumentada en ambientes informales como museos, parques, transporte público, galerías de arte, etc.
- La mayoría de los estudios muestran que para los museos y sus curadores/administradores, la motivación mejora al implementar estas tecnologías porque atrae y alienta a diferentes tipos de públicos a visitar sus galerías y presentaciones.
- Pocos sistemas consideran la adaptación/personalización del contenido al momento de visualizarlos. De las aplicaciones que, si tienen implementada esta característica, para adaptar la información de forma individual tienen en cuenta la ubicación del usuario, tiempo disponible, intereses, medios de presentar los contenidos (audio, video, texto) y algunas dificultades o miedos que pueda tener el usuario (por ejemplo, en (Speiginer et al., 2015) se menciona usuarios que sufren de claustrofobia). En cuanto a la adaptación grupal considera los intereses similares entre los integrantes.
- Se ha encontrado que, con el avance del tiempo, la mayoría de las aplicaciones de realidad aumentada utilizan dispositivos móviles (tabletas, celulares, computadores portátiles, etc.) porque acceder a estos dispositivos hoy en día es más fácil.
- Para el desarrollo de aplicaciones futuras, es importante considerar la usabilidad y aspectos técnicos como el ambiente en el que será ejecutado, el contenido a mostrar, los métodos de activación, etc.
- La mayoría de las aplicaciones de realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural se centran en temas relacionados al arte e historia. Además, muchos de ellos usan como método de reconocimiento el GPS, imágenes 2D y modelos 3D.
- Las aplicaciones que utilizan la motivación intrínseca se centran en la motivación del estudiante por lo que se les permite que ellos puedan seleccionar realmente lo que quieren aprender, mientras que las aplicaciones con motivación extrínseca utilizan otras maneras para motivar a los estudiantes, la mayoría utilizando juegos.
- Dependiendo del ambiente en que se ejecute la aplicación, se debe utilizar un método de activación específico. Por ejemplo, la mayoría utilizan sensores, códigos QR, imágenes 2D y modelos 3D para ambientes internos y GPS para ambientes externos.
- Pocos sistemas consideran la co-creación de contenidos por parte del estudiante o del profesor.
- Pocos sistemas consideran la motivación del estudiante, ya que generalmente se centran en la experiencia del usuario en términos de contenido y la tecnología que utiliza.

Como se encontró en la revisión de la literatura, implementar la realidad aumentada en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural mejora la experiencia y motivación del estudiante,

por lo que, para cumplirlo, las aplicaciones deben desarrollar contenidos útiles basándose en el tipo de aplicación, el método de activación, el ambiente, el dispositivo, etc. Además, hay que recordar que la mayoría de las aplicaciones se centran en dispositivos móviles, ya que hoy en día es más fácil tener acceso a ellos.

Sin embargo, de lo que se mencionó en secciones anteriores, algunos de los retos de implementar la realidad aumentada para el aprendizaje son la (i) usabilidad dado que es una tecnología relativamente nueva y pocos usuarios saben cómo funciona, (ii) la creación de contenidos es difícil para usuarios que no son expertos, (iii) la sobrecarga de la información la cual no es importante para los usuarios y (iv) el uso inadecuado de la tecnología. Finalmente, los aspectos técnicos como la luminosidad, el reflejo de los elementos, el dispositivo, el método de activación, etc., son factores que se deben considerar al momento de desarrollar este tipo de aplicaciones.

Una forma de superar estos retos es incluir al estudiante como parte del sistema donde pueda crear su propio contenido en colaboración con compañeros y profesores y mostrar esa información de diferentes maneras, ya sea como video, audio, texto, etc. El objetivo aquí es ayudar a mejorar la motivación de los usuarios, ya que ellos mismos son quienes crean las actividades relacionadas con el aprendizaje del patrimonio cultural y natural a través de la realidad aumentada.

La co-creación permite que el usuario sea participe del contenido generado, por lo que al momento de crearlo es necesario utilizar información que sea adecuada a cada usuario. Al mismo tiempo, la adaptación/personalización de contenidos significa que el usuario tiene la oportunidad de aprender temas que se relacionen a sus intereses y necesidades. No obstante, para implementar la adaptación se requiere definir un modelo de usuario y de contexto para evitar la sobrecarga cognitiva con información que no es importante, seleccionando contenidos aumentados que considere las preferencias del estudiante como, por ejemplo, la forma de mostrarlo ya sea audio, video, texto, etc.

La motivación puede ser intrínseca o extrínseca; en el caso de la motivación intrínseca, los usuarios desarrollan las actividades sin esperar un premio o reconocimiento porque su interés en aprender y en dedicarle tiempo para desarrollar bien las actividades. Por otro lado, la motivación extrínseca se centra en dar premios por alcanzar un objetivo específico y, por esa razón, esta es una característica que se debe considerar al generar contenido en realidad aumentada.

Durante la lectura y el análisis de los artículos de la revisión de la literatura se encontró que la adaptación de información es importante incluirla porque mejora la motivación y disminuye la sobrecarga cognitiva en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural (Ardissono et al., 2012; Höpken et al., 2011; Lanir et al., 2011; Partarakis et al., 2016). Por tal motivo, se realizó una segunda revisión sistemática que incluyera la adaptación de la información y que se explica en el próximo capítulo.

Del análisis de la Tabla 2, se puede deducir que los frameworks más completos para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada que se utilizan actualmente son Vuforia, ARKit (Apple), ARCore (Google) y Wikitude. En aplicaciones futuras, estos frameworks son los que se recomendarían utilizar, ya que admiten la mayoría de los métodos de activación y dispositivos móviles que existen actualmente. Además, para los desarrolladores estas plataformas tienen documentación detallada sobre cómo crear contenidos en realidad aumentada. También, estos frameworks se pueden utilizar para desarrollar un sistema de realidad aumentada que mejore la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural al considerar no solamente las características del usuario, sino también la co-creación de contenidos en realidad aumentada para ambientes externos e internos porque la mayoría soportan diferentes plataformas y dispositivos.

CAPÍTULO 3 - CONCEPTOS FUNDAMENTALES

A partir de la problemática, la revisión de la literatura, el análisis de los trabajos relacionados y la metodología de investigación mencionada anteriormente, los conceptos que se consideraron que son los más relevantes para entender esta tesis y dar una solución al problema son el patrimonio cultural y natural, la realidad extendida (XR), la adaptación de la información, la co-creación y la motivación tal y como se muestra en la Ilustración 4.

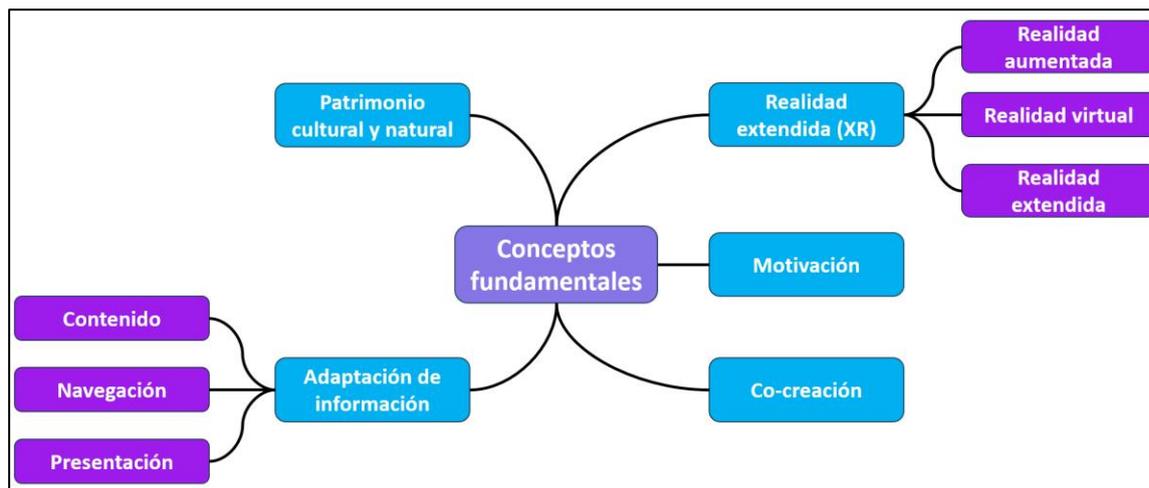


Ilustración 4. Conceptos básicos para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural

En esta sección se describe en detalle cada uno de estos conceptos para saber qué se considera como patrimonio cultural y natural, cómo funcionan los diferentes tipos de tecnologías de la realidad extendida, los tipos de motivación, qué es la adaptación de la información y cómo funciona y qué es la co-creación, todo esto enfocado en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural.

3.1. Patrimonio cultural y natural

Los términos de patrimonio cultural y natural, según la UNESCO es “*el legado cultural que recibimos del pasado, que vivimos en el presente y que transmitiremos a las generaciones futuras*” (UNESCO, 2016) y donde no solamente se refiere a los elementos físicos como los monumentos o las colecciones de objetos también conocidos como el patrimonio cultural material o tangible, sino también a las tradiciones orales, rituales, prácticas, baile, gastronomía, entre otras también conocido como el patrimonio cultural inmaterial o intangible (Voinea & Girbacia, 2019).

Estos términos han sido utilizados en diferentes ámbitos políticos, culturales, empresariales, educativos, entre otros, dado que integra diferentes perspectivas desde la historia, geografía, arqueología antropología y la conservación (Nilson & Thorell, 2014). También es importante mencionar que estos elementos son importantes para la sociedad, dado que es una manera de mostrar quienes son y es una opción que mejora el desarrollo económico al ser considerados como una riqueza económica y social al ser elementos no renovables y que han sido preservadas durante décadas para las generaciones actuales y futuras (Ayuso Álvarez et al., 2009b).

Por ejemplo, en Europa, el patrimonio se encuentra asociado a las ciudades antiguas, en América del Norte a parques nacionales, museos y galerías y en Australia se asocia a la cultura e identidad indígena. En sí, el estudio del patrimonio surge por el libro que escribió David Lowenthal llamado *The Past is a Foreign Country* en el año 1985 que describe cómo es la interacción de los usuarios y el patrimonio (Nilson & Thorell, 2014).

Desde el punto de vista de la UNESCO, el patrimonio cultural tangible se divide en las siguientes tres dimensiones (UNESCO, 1972):

- **Monumentos:** trabajos arquitectónicos, esculturas, pinturas, estructuras arqueológicas naturales y cuevas.
- **Grupos de edificios:** grupos de edificios separados o conectados que por su forma estructural o ubicación tienen un valor desde el punto de vista histórico, artístico o científico.
- **Sitios:** obras del hombre u obras combinadas de la naturaleza y el hombre, incluyendo sitios arqueológicos que tienen un valor desde el punto de vista histórico, estético, etnológico y antropológico

En cuanto a lo que se considera como patrimonio natural, la UNESCO lo divide en (UNESCO, 1972):

- Monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas.
- Formaciones geológicas y fisiológicas y zonas estrictamente delimitadas que constituyan el hábitat de especies animales y vegetales
- Lugares o zonas naturales estrictamente delimitadas que tengan un valor desde el punto de vista de la ciencia, conservación o belleza natural

Ejemplos de lo que se considera como patrimonio natural son los paisajes, la flora y fauna y los elementos geológicos, paleontológico y morfológicos (Mortara et al., 2014). En general, cuando se habla de patrimonio natural, se refiere a elementos que fueron construidos por la naturaleza y que se mantienen en su forma original, en otras palabras, son elementos patrimoniales en el que no intervino el ser humano, pero que se considera que tiene un valor patrimonial para la sociedad (Ayuso Álvarez et al., 2009b).

Una de las problemáticas de estos tipos de elementos, es que, al ser no renovables, pueden deteriorarse con el paso del tiempo por aspectos externos como el cambio climático, por cómo la sociedad las manipula y por la deforestación. Por eso, las instituciones que se preocupan por su mantenimiento como por ejemplo la UNESCO o el Consejo de Europa, ponen en marcha herramientas, estrategias y marcos de actuación para su protección y gestión, como la Estrategia Territorial Europea o el Convenio Europeo del Paisaje (CEP) (Ayuso Álvarez et al., 2009b).

Cabe resaltar que las características mencionadas previamente se basan en otros criterios como el momento histórico o la región donde se encuentra (Gobierno de España, 2000). Por tal motivo, cada país tiene sus propios criterios para considerar cuáles son las medidas de conservación y protección. Para ello, se generó la Convención para la protección del Patrimonio Mundial, cultural y natural que se promovió en 1972 por la UNESCO cuyo objetivo es la protección y conservación del patrimonio a nivel mundial (Gobierno de España, 2000).

En (Petti et al., 2019) se mencionan tres clasificaciones de los elementos patrimoniales que tienen los países de Italia, Inglaterra y España, que al compararla con la clasificación dada por la UNESCO (Definición & Patrimonio, 1972; Petti et al., 2020) tienen conceptos en común. La clasificación dada por la UNESCO es la que se muestra en la Ilustración 5.

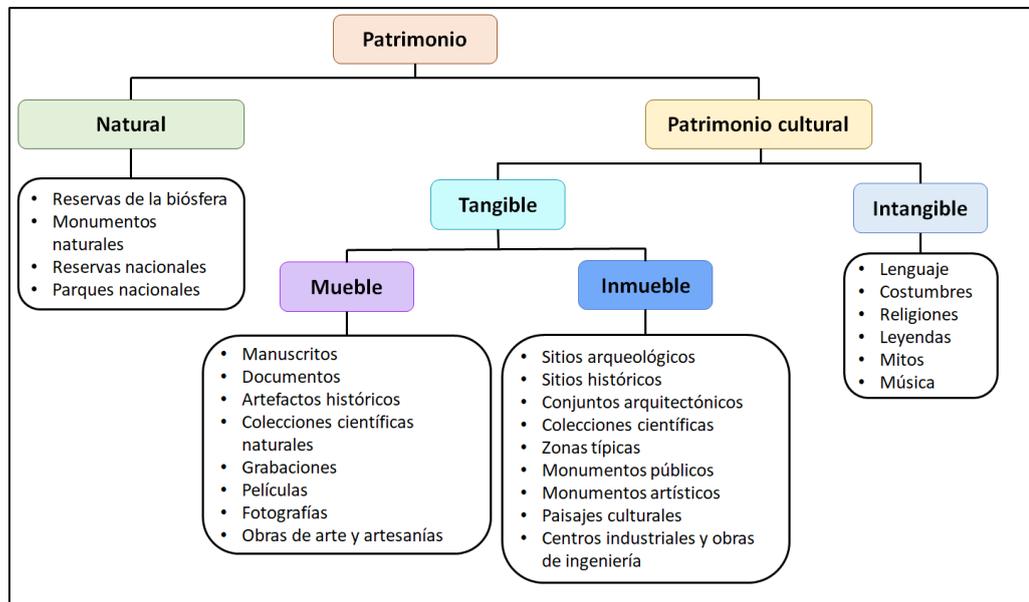


Ilustración 5. Clasificación patrimonio. Tomado de (Petti et al., 2019)

El patrimonio cultural tangible inmueble son todos aquellos que no pueden trasladarse de un lugar a otro a diferencia del patrimonio cultural tangible mueble que son todos aquellos que se pueden mover y trasladar. Dentro de un elemento cultural inmueble pueden contener elementos culturales muebles como puede ser una escultura, un cuadro, una cerámica, etc.).

En (Ronchi, 2009) se menciona que las TIC son motores que mejoran la economía del mundo, ya que contribuyen y crean valor a la sociedad al generar conocimiento. Por tal motivo, para el caso del patrimonio cultural y natural, también es un aspecto esencial para el aprendizaje, ya que es un medio que se utiliza para preservar el conocimiento humano, creencias, costumbres, lenguajes, ideas, rituales, entre otras.

Desde el punto de vista turístico, en (Poria et al., 2003) el objetivo es investigar sobre la relación que existe entre los turistas y percepciones se encuentran relacionados con los patrones para realizar las visitas. Como resultado, se obtuvo que la motivación por visitar un sitio patrimonial se basa en sus características y en la percepción de lo que considera relevante. Cuando se planea, se desarrolla y se manejan sitios de patrimonio cultural, múltiples factores se deben tener en cuenta como el acceso a estos elementos para preservarlos y mantenerlos como un objeto histórico (Nilson & Thorell, 2014).

El patrimonio cultural y natural, desde el punto de vista educativo, se encuentran múltiples sitios que atraen frecuentemente a turistas de todo el mundo; sin embargo, se ha encontrado que no solamente es importante considerar el elemento o servicio que se le ofrece a los visitantes, sino también, la interacción (Nilson & Thorell, 2014). En este mismo artículo, mencionan que tanto museos como instituciones educativas han encontrado que incorporar métodos de revivir la historia son herramientas que se utilizan para educar a los visitantes sobre cómo vivía la sociedad en épocas pasadas, donde la autenticidad es un papel importante para generar experiencias duraderas para el visitante.

Ahora, uno de los problemas principales que se genera en estos tipos de sitios, es que, la mayoría de las veces, las exhibiciones que se realizan no son acordes para todos los públicos, como lo mencionan (Cesário, 2018; Tzibazi, 2013) en el que una población descuidada son los adolescentes, específicamente los que se encuentran en un rango de edad entre los 13 y 19 años. También, se encontró que otro problema es toda la información que pueden brindar los sitios patrimoniales a sus visitantes en el que no siempre requieren toda la información de un elemento patrimonial, por lo que pueden llegar a generar sobrecarga de información.

También se encuentra que para el caso de los elementos patrimoniales intangibles un reto que deben controlar es la globalización y la homogeneización cultural, dado que la única manera para conservarlo es a través de la transmisión del conocimiento, por lo que, esto puede afectar las tradiciones locales por prácticas que se frecuentan utilizar más, desconectando a las comunidades de su entorno original. Además, se debe tener en cuenta que el patrimonio cultural y natural también se percibe como un producto comercial por lo que se plantean preguntas sobre hasta qué momento debe ser explotado estos recursos como entretenimiento (Cranmer et al., 2023).

Desde el punto de vista turístico, uno de los problemas que más preocupa es el daño y deterioro de los sitios patrimoniales y naturales, ya que el cierre de estos genera pérdidas a nivel económico, cultural y social, por lo que el uso de la tecnología son mecanismos que permiten conservar, documentar y preservar elementos tangibles e intangibles.

En la literatura se encuentra mencionan que los visitantes más jóvenes conocidos también como la generación Z, hoy en día piden que las experiencias del aprendizaje del patrimonio cultural y natural utilice tecnologías innovadoras tal como la realidad aumentada que ha demostrado mantener la atención de esta población en diferentes ámbitos como lo es el patrimonio cultural y natural (Buhalis and Karatay, 2022).

Para la siguiente sección se describe lo que es la realidad extendida, qué tipos de realidades existen, cómo funcionan, cuáles son las ventajas y desventajas y cómo estas tecnologías pueden ser utilizadas para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural.

3.2. Realidad extendida

En el año 1994, Milgram y Kishino describen el término de la continuidad de la virtualidad para mostrar la diferencia de los ambientes de realidad virtual (*Virtual Reality – VR*), realidad mixta y de realidad aumentada (*Augmented Reality - AR*) (ver Ilustración 6), donde existen dos extremos que los nombra el ambiente completamente real (mundo real) y el ambiente completamente virtual (ambiente virtual) (Milgram & Kishino, 1994). De acuerdo con estos autores, la realidad aumentada complementa la realidad del usuario sin reemplazarla, pero agregando contenido virtual sobre dicha realidad.

A diferencia de la realidad virtual, esta tecnología sumerge al usuario en un mundo completamente sintético (digital) en el que pierde la posibilidad de lo que sucede en el mundo real (Milgram & Kishino, 1994). En cuanto a la virtualidad aumentada, significa que aumenta el mundo virtual con escenas del mundo real, en otras palabras, hay más contenido virtual que real. En el caso de la realidad mixta (*Mixed Reality* – MR), considera los aspectos de la realidad aumentada y de la virtualidad aumentada donde mezcla elementos del mundo real y del mundo virtual al coexistir e interactuar en tiempo real.

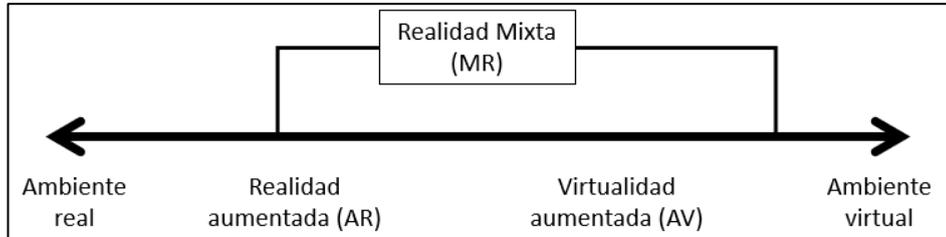


Ilustración 6. Continuo de la virtualidad

Dependiendo del tipo de tecnología que se utilice para el desarrollo de aplicaciones inmersivas, tienen diferentes nombres según su nivel de inmersión, de percepción y el uso de dispositivos que se necesitan para observar los contenidos generados por computador (contenidos virtuales) para imitar experiencias reales (Ratcliffe et al., 2021).

Estas tecnologías han sido utilizadas en diferentes ámbitos como en mercadeo, medicina, educación, entretenimiento, publicidad, entre otros y han sido utilizados para cambiar la forma de aprender, trabajar, conectar y jugar, ya que brinda nuevas experiencias al usuario al involucrarlo en un mundo virtual, como por ejemplo los videos 360 o los juegos que utilizan la realidad virtual para simular estar dentro del juego con modelos tridimensionales, permitiendo que a través de estos ambientes virtuales parezcan para los usuarios como elementos reales (Chuah, 2019).

Una de las ventajas es que por la inversión de empresas de desarrollo y por los avances tecnológicos, el uso de este tipo de tecnologías, hoy en día son más accesibles para los usuarios, dado que antes solamente lo podían utilizar en ámbitos específicos como en la medicina por el precio de los dispositivos para su uso era costoso para un usuario común (Doolani et al., 2020).

A pesar de que en la literatura se usa mucho la definición de Milgram y Kishino del continuo de virtualidad, en (Skarbez et al., 2021), menciona que, con el avance tecnológico, esta definición debe ser redefinida porque se ignoran ciertas características que no se consideran en la actualidad como es la percepción, interacción, costos, disponibilidad, el estímulo generado para el usuario y la calidad de los contenidos virtuales. Estos autores mencionan que el concepto de continuo de la virtualidad es obsoleto dado que la realidad virtual perfecta no existe y la realidad mixta aborda otros tipos de elementos diferentes a las experiencias que se generan en la realidad virtual.

Este tipo de problema, en cuanto a la definición se ha dado porque se ha enfocado en la forma en que se presenta de manera visual los contenidos virtuales (Speicher et al., 2019). La mayoría de los expertos e investigadores que trabajan en estas tecnologías, generalmente definen la tecnología que utilizan por la forma en que el dispositivo muestra los elementos virtuales, en otras palabras, en la pantalla y/o el tipo de dispositivo que se utiliza (Speicher et al., 2019). Dependiendo del tipo de tecnología, ya sea la realidad aumentada, realidad virtual o la realidad mixta, de cómo controlan el contenido y del cómo lo visualizan se puede considerar una tecnología u otra, por ejemplo, las gafas HTC Vive se consideran que son para aplicaciones de realidad virtual porque sumergen al usuario en un mundo completamente virtual y donde reemplaza el mundo real; en cambio, el uso

los dispositivos móviles, la mayoría se encuentran enfocados para aplicaciones que utilizan la realidad aumentada ya que sobreponen contenidos virtuales sobre los elementos del mundo real (Castro et al., 2017).

En la literatura, para hacer referencia a las tecnologías inmersivas, se utiliza el término de realidad extendida (Extended Reality – XR), donde también tiene como sinónimos la computación espacial o inmersiva (Ratclife et al., 2021) y agrupa a todas las tecnologías que utilizan contenidos virtuales para simular y/o imitar elementos de la vida real.

Desde el punto de vista educativo, los componentes de la inteligencia humana, como las habilidades es aplicado en muchos aspectos de la vida cotidiana, como la decodificación de imágenes, la lectura de mapas, la comprensión de lectura, entre otras. Sin embargo, el razonamiento espacial es muy poco incluido en las aulas y pruebas académicas, por lo que, al ver contenidos aumentados, los usuarios pueden interactuar con los elementos para observarlos de mejor manera (Baumgartner et al., 2022). Por ejemplo, en un estudio realizado en (Bruce & Hawes, 2015) menciona que el uso de imágenes tridimensionales ayuda en el razonamiento espacial, dado que a través de modelos bidimensionales y tridimensionales facilitan a los niños a comprender su razonamiento en temas como la geometría y las matemáticas.

Otro aspecto que menciona (Tuker & Fine, 2018) es que hay un interés en utilizar tecnologías de la realidad extendida, como la realidad virtual y realidad aumentada ya que mejoran el rendimiento en las áreas de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas también conocida como el STEM. También se ha encontrado que su uso son medios que mejorar la motivación de los estudiantes (Tuker & Fine, 2018) al enriquecer el ambiente de aprendizaje donde los profesores puedan interactuar con ambientes inmersivos y los estudiantes con los contenidos a partir de simulaciones generando ambientes de aprendizaje que se basan en las estrategias de aprendizaje.

En las siguientes subsecciones se explican cada una de las tecnologías por las que se encuentra compuesta la realidad extendida, para después realizar una comparación entre cada una de ellas.

3.2.1. Realidad aumentada

Los primeros prototipos de la realidad aumentada fueron creados por Ivan Sutherland y sus estudiantes en la Universidad de Harvard en el año 1960 para presentar gráficos en tercera dimensión (Carmigniani & Furht, 2011). Después un grupo de investigadores en el laboratorio de la Fuerza Aérea de Armstrong de Estados Unidos en el instituto tecnológico de Massachusetts en el Norte de Carolina continuó con la investigación entre los años 1970 y 1980 el cual fue la época en que surgen los primeros dispositivos móviles como fue el Walkman de Sony en el 1979. Después surgen los computadores personales y asistentes digitales como lo fueron los PDA, las tabletas y los teléfonos móviles donde se dan los primeros pasos al concepto de la realidad aumentada (Van Krevelen & Poelman, 2010).

A partir de ello, se ha tratado de dar una definición de lo que es la realidad aumentada, la cual es una tecnología que utiliza contenidos virtuales que se crean en computador y se sobreponen en el mundo real como lo son los audios, archivos de video, textos e incluso información táctil y olfativa las cuales pueden ser incluidas en lo que percibe el usuario del mundo real (Yuen et al., 2011) y a diferencia de lo que es la realidad virtual, la realidad aumentada no reemplaza completamente el mundo real con el contenido virtual (Bederson, 1995c), enriqueciendo el mundo real con los elementos virtuales.

Un de las definiciones más aceptadas además de la que se mencionó en la sección anterior es la que define Azuma que implementan la realidad aumentada son los sistemas que consideran las siguientes características (Azuma, 1997):

1. Combina o sobrepone objetos virtuales en el mundo real o físico
2. Se ejecuta en tiempo real
3. Permite la interacción del usuario con los elementos virtuales y reales

Al principio, el uso de esta tecnología sólo estaba enfocado para aplicaciones profesionales y complejas como son las visualizaciones médicas o la reparación de equipos, ya que era muy costoso en cuanto a los precios, el acceso a los dispositivos, en la implementación y desarrollo, dado que solo algunos tenían el capital suficiente para utilizarlo (Azuma, 2016; Wojciechowski et al., 2004). Hoy en día, múltiples compañías han invertido en el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada como, por ejemplo, ARCore, ARToolKit, Vuforia, LayAR, entre otras, permitiendo así que ahora su uso sea asequible para cualquier tipo de usuario y aplicación (Cabero Almenara & Llorente Cejudo, 2019).

A diferencia de la realidad virtual, la realidad aumentada es una extensión de la realidad virtual dado que soporta la mezcla de elementos virtuales y reales en una misma escena al utilizar técnicas que mezclan los elementos del mundo real con los del mundo virtual (Wojciechowski et al., 2004; Zöllner et al., 2009).

Además, con el avance tecnológico, específicamente para el año 2016, el uso de la realidad virtual ganó popularidad, permitiendo que este tipo de tecnologías estuvieran disponibles para la gente del común (Azuma, 2016; Mahale & Yeddu, 2016) y con el crecimiento de los dispositivos móviles, esta tecnología ahora pueda ser utilizada para diferentes ámbitos como el entretenimiento, educación, comercio electrónico, turismo, entre otros (Yuen et al., 2011).

Una de las aplicaciones más relevantes que utilizó la realidad aumentada fue Pokemon Go, el cual abrió la posibilidad de utilizar la realidad aumentada en otros ámbitos por el potencial que encontraron al utilizar el contenido virtual sobre el mundo real (Azuma, 2016).

En los años recientes, instituciones de investigación, universidades y empresas han invertido en la investigación de la realidad aumentada, donde se han publicado múltiples artículos científicos y resultados de su uso y se ha encontrado que la utilización de esta tecnología es viable en diferentes ámbitos (Azuma, 1997; Van Krevelen & Poelman, 2010). También, este tipo de tecnología ha sido clasificado como uno de los diez más prometedores en el futuro para las organizaciones (Angelopoulou et al., 2012a).

Las ventajas de utilizar la realidad aumentada, es que permite expandir otros sentidos del ser humano, como la vista, olfato, gusto, escucha y tacto la cual puede ser utilizada para mejorar estas sensaciones o reemplazarlas por aquellas que el usuario ha perdido (Carmigniani et al., 2011), mejora la percepción del ser humano sobre los elementos reales (Bostanci et al., 2015) y permite la restauración y reconstrucción de elementos patrimoniales usando contenidos virtuales (H. Kim et al., 2017).

Las áreas donde ha sido aplicada este tipo de tecnología han sido en turismo, arqueología, arte, comercio, manufactura industrial, restauración, educación, manejo de emergencias, entretenimiento, tratamientos médicos, entre otras (Mahale & Yeddu, 2016).

Desde el punto de vista del turismo, el uso de la realidad aumentada permite que las atracciones turísticas puedan ser restaurados al usar contenido virtual que se sobrepone en el elemento o sitio histórico usando la cámara del dispositivo móvil

En un estudio realizado en Europa, se encontró que el 35% de los museos ya han incorporado la realidad virtual y que el uso de la realidad aumentada para presentar los contenidos ha mejorado las exhibiciones realizadas dentro de los sitios patrimoniales (Angelopoulou et al., 2012a).

Tal y como se ha mencionado previamente, la realidad aumentada permite a los usuarios sobrepone contenidos virtuales sobre el mundo real; sin embargo, existen diferentes formas de realizarlo (Bekele et al., 2018; Bostanci et al., 2015; Lee, 2012; Mahale & Yeddu, 2016):

1. *Marker based augmented reality*: es un elemento que se puede distinguir de otros objetos, el cual identifica un patrón como lo sería un código QR. Para realizar este reconocimiento, la mayoría de las aplicaciones, usan la cámara del dispositivo móvil.

Un ejemplo de este método de reconocimiento se encuentra descrito en la documentación de la herramienta de desarrollo Vuforia (Vuforia, 2019a), el cual es una librería que se utiliza para realizar el reconocimiento de imágenes y a partir de dicho reconocimiento se activa la información asociada. En la documentación se describe cómo es el proceso para realizar dicho reconocimiento, así como las características mínimas que debe tener la imagen para considerarlo como un buen elemento de activación. Otro ejemplo de su uso se encuentra en (Bostanci et al., 2015), quienes utilizan como programa de desarrollo ARToolKit para rastrear un código y mostrar un modelo tridimensional.

2. *Marker-less augmented reality*: este tipo de ejecución se realiza por sistemas de activación que no necesariamente requieren del reconocimiento de una imagen. Un ejemplo de este tipo es el uso del sensor GPS (*Global Position System*). La ventaja comparada con la activación anterior funciona en cualquier lugar y no requiere de un elemento especial.

Desde el punto de vista educativo, la realidad aumentada ha sido utilizada en diferentes temáticas como la ingeniería, arte, química, electromagnetismo, mecánica, entre otros (Pooja et al., 2020; Yoon, Elinich, Wang, Van Schooneveld, et al., 2012). Como ventaja, su uso ha demostrado ser eficiente para mejorar la motivación en el proceso de aprendizaje y mejora el aspecto educativo dado que se generan prácticas basadas en los elementos reales y virtuales (Lee, 2012).

Otro ejemplo se describe en (Mahale & Yeddu, 2016), en el cual muestra que, en un aula de clase, un profesor en vez de enseñar un modelo en dos dimensiones, al utilizar modelos tridimensionales se tiene una mejor percepción de lo que se explica, ya que pueden consultar un elemento desde diferentes ángulos, permitiendo así también que se mejore el proceso de la enseñanza.

Desde el punto de vista del patrimonio cultural y natural, estos tipos de sitios ofrecen una variedad de servicios que ayudan a que el turista comprenda la importancia de cierto elemento o costumbre de la sociedad. Sin embargo, muchas veces la información que se provee no es intuitiva, ya que muchas veces se brinda la información como audios y textos que no permiten visualizar de forma completa la información (K. Kim et al., 2009). También su uso permite que los elementos patrimoniales puedan estar disponibles para las generaciones futuras (Bostanci et al., 2015), cumpliendo así el objetivo planteado por la UNESCO de la conservación del patrimonio, pero de forma digital.

Uno de los problemas que se tiene a la hora de implementar esta tecnología es la exactitud para el activador del usuario y, por consecuencia, el registro de los modelos tridimensionales, dado que puede verse afectado por la posición del dispositivo, la posición del usuario, parámetros de la cámara, entre otras (Bostanci et al., 2015). Uno de los retos que se menciona en (Lee, 2012) es la integración de los métodos tradicionales específicamente en la educación y el entrenamiento, es el costo para el desarrollo y el mantenimiento de aplicaciones que utilizan la realidad aumentada dado que la mayoría son reservados en el uso de esta tecnología. No obstante, por los estudios que se han encontrado, algunos de ellos muestran las diferentes ventajas que trae consigo de implementarlas en las aulas de clase.

3.2.2. Realidad Virtual

La realidad virtual es una tecnología que crea un ambiente digital donde el usuario interactúa con elementos virtuales en un mundo totalmente inmerso, sin embargo, una inmersión completa también debe considerar otras sensaciones como el olor, sabor, movimientos sensoriales, entre otros (Bekele et al., 2018).

En la actualidad, este tipo de tecnología ya tiene un alto nivel de madurez por lo que ha sido implementado en diferentes aplicaciones de la vida real, como en la medicina, educación, patrimonio cultural y natural, entre otras (Wojciechowski et al., 2004).

Se ha encontrado que utilizar la realidad virtual en el patrimonio cultural y natural ha resultado ser una buena iniciativa para mostrar la arquitectura y las actividades que se realizan de manera cotidiana a través de experiencias inmersivas (Esclapes et al., 2015). Hoy en día, se encuentra que el acceso a dispositivos de realidad virtual es cada vez más accesible para los usuarios, permitiendo que exista la interacción con el mundo virtual desde la comodidad del hogar y a un precio razonable como los son las Cardboard de Google (Esclapes et al., 2015).

Los mundos virtuales se han aplicado en sitios de patrimonio cultural y natural, ya que permite que los usuarios tengan en acceso a este mundo de forma remota y desde cualquier parte, ofreciendo oportunidades para el caso de los usuarios simular la visita de los sitios patrimoniales como si estuvieran dentro del él y desde el punto de vista de los museos, mostrar elementos que son frágiles, que tienen un riesgo de sufrir algún tipo de daño al estar expuesto al público en general y aquellos que han sido destruidos, pero que usando modelos virtuales se realiza la reconstrucción de los mismos para apreciar de cómo eran en su momento (Mortara et al., 2014).

Un término para hacer referencia al uso de la realidad virtual en el patrimonio cultural y natural se le conoce como patrimonio virtual, que lo que en sí define las técnicas digitales que se utilizan para la reconstrucción y preservación de elementos patrimoniales (Ruffaldi et al., 2008). Para el caso de este tipo de aplicaciones, el artículo también menciona que es importante considerar para las fases del diseño y desarrollo cómo se va a obtener la información (escaneo de modelos 2D/3D, fotografías, videos, textos, audios, entre otros), el procesamiento de la información, las técnicas de visualización y la aplicación. Un ejemplo es cuando el elemento patrimonial ya existe, se puede utilizar escáneres para capturar el modelo tridimensional o basado en fotografías con técnicas como la fotogrametría generarlos. En caso de no contar con un elemento físico, es importante tomar información para realizar el modelado del elemento de forma manual.

3.2.3. Realidad mixta

El término de la realidad mixta tiene muchas definiciones, dado que algunos mencionan que este tipo de tecnología es parecida a la realidad aumentada según la definición dada por Milgram y Kishino en el continuo de la virtualidad (Milgram & Kishino, 1994), en el que mencionan que es una subclase de la realidad aumentada, dado la mezcla de objetos virtuales con los reales dentro de una misma pantalla. Otros, consideran que la realidad mixta, es diferente de la realidad aumentada y de la virtual, ya que esta tecnología permite la interacción y percepción entre los elementos reales y virtuales y comparándola con la realidad aumentada, esa interacción no se puede dar (Speicher et al., 2019), ya que, a diferencia de la realidad aumentada y virtual, la realidad mixta permite que los elementos virtuales y los elementos reales coexistan (Bekele et al., 2018).

La realidad mixta es una tecnología inmersiva que propone maximizar la interacción del usuario con el mundo real comparándola con otros tipos de tecnología inmersiva. Muchas de estas tecnologías han surgido por la importancia de facilitar la interacción del usuario como la realidad virtual, la realidad aumentada y la realidad mixta (Bekele et al., 2018).

Por ejemplo, la realidad virtual provee un ambiente generado por computador donde un usuario puede ingresar e interactuar con los elementos virtuales utilizando cascos de realidad virtual, aunque, el problema de esta tecnología es que reemplaza toda la realidad del usuario con contenidos virtuales (Bekele et al., 2018).

Para dar solución al problema anterior, surge la realidad aumentada, ya que esta tecnología a diferencia de la realidad virtual, si permite sobreponer contenidos virtuales sobre elementos del mundo real (Bekele et al., 2018). Ahora, a pesar de que el usuario puede interactuar y observar los elementos virtuales con los elementos reales, el problema en el caso de la realidad aumentada es que no existe una interacción entre ambos tipos de elementos al sobreponer el contenido virtual y por dicha razón surge lo que se conoce como la realidad mixta, permitiendo que tanto los elementos virtuales como los elementos reales puedan interactuar entre sí. Para que un sistema se considere como realidad mixta, se deben considerar tres (3) características: el primero es que exista la combinación de los objetos del mundo real con el mundo virtual, la segunda es que exista interacción en tiempo real y la tercera que se tengan interacciones con los elementos del mundo real y del mundo virtual (Bekele et al., 2018).

En la literatura, se encuentra que la realidad mixta se encontró entre las 10 tendencias tecnológicas más valoradas en el 2018 (Flavián et al., 2019). Este tipo de aplicaciones pueden ser implementadas en diferentes ámbitos como en el caso de la realidad aumentada, donde puede ser usada tanto para ambientes internos y externos.

A pesar de que la realidad mixta tiene muchas ventajas, también tiene retos a la hora de implementar aplicaciones que utilicen esta tecnología las cuales son los dispositivos por utilizar para mostrar el contenido con una resolución y contraste apropiado y el activador entre los elementos virtuales y reales, ya que se deben conocer la posición de ambos tipos de elementos (Bekele et al., 2018).

En el caso de las aplicaciones de realidad mixta, es importante considerar tener un buen algoritmo que mejore la precisión de los elementos virtuales con los elementos del mundo real para crear un ambiente que unifique la interacción de ambos mundos y evitando que afecte el rendimiento de la aplicación que debe realizar para incluir los elementos virtuales en el mundo real (Mourtzis et al., 2022).

Otro aspecto que considerar para este tipo de tecnología, son los dispositivos que se requieren utilizar como cámaras y cascos HMD para evitar la inestabilidad de los elementos virtuales que se colocan sobre el mundo real, donde debe tener en cuenta elementos del mundo real que pueden afectar la visibilidad de los elementos virtuales como lo es la luz del sol (Ruiz Torres, 2011).

3.2.4. Clasificación de las tecnologías de la realidad extendida

Dependiendo de la tecnología que se utilice, varía la manera en que las aplicaciones realizan la interacción, el seguimiento y los dispositivos que se utilizan para la visualización de los contenidos. En (Bekele et al., 2018) se mencionan algunas de las características que se deben considerar según el tipo de tecnología que se utilice y lo clasifica según el tipo de activación, el modelado del ambiente virtual, los dispositivos y la interacción con la interfaz.

Para el caso de la activación, existen tres tipos que se basan por cámara, por sensores e híbridos. Las activaciones por cámara utilizan la cámara del dispositivo para reconocer el elemento y mostrar los contenidos virtuales y se dividen en los siguientes:

- **Activación por marcadores:** utiliza la cámara digital y algoritmos de visión que fácilmente reconoce un patrón de un código o imagen, generalmente este tipo de reconocimientos ha sido utilizado para ambientes internos como externos y que pueden ser pasivos como marcadores que se imprimen o activos como la emisión de una luz infrarroja. La mayoría de las aplicaciones utilizan los marcadores pasivos. Dependiendo de donde se realiza la implementación (ambientes internos o externos), es importante, como, por ejemplo, la condición de luz que se requiere para generar un buen reconocimiento (Bekele et al., 2018).
- **Activación sin marcadores:** utiliza la cámara para rastrear y reconocer características geométricas del elemento en el ambiente real, ya sea tridimensional o bidimensional; sin embargo, una de las desventajas es que el algoritmo que se utilice debe procesar una mayor cantidad de información por lo que la carga de los contenidos puede tomar más tiempo de lo requerido porque debe considerar y distinguir entre los elementos características geométricas como las aristas y vértices del elemento. Este tipo de técnica se ha encontrado que se utiliza tanto en ambientes internos como en ambientes externos; no obstante, no es muy utilizada dado que se requiere tener una base de datos con imágenes que permitan obtener más información del elemento y tener varias tomas de este desde diferentes puntos de vista, además que tiene una mayor probabilidad a fallar al no realizar un registro correcto, haciendo que no se active de forma correcta (Bekele et al., 2018).
- **Activación por sensores infrarrojos:** es un método que estima la posición del usuario dependiendo de la posición y de la orientación donde se encuentre este activador. La diferencia con los métodos mencionados anteriormente es que siempre se utilizan sensores infrarrojos y no se ve afectada por las condiciones de luminosidad. Otra diferencia, es que este tipo de activación es activo, por lo que siempre está emitiendo de forma periódica diodos para realizar la activación del elemento (Bekele et al., 2018).

Para la activación por sensores, utiliza los sensores de los dispositivos para identificar la ubicación del usuario con respecto al elemento real. Para este tipo de activación se utilizan sensores electromagnéticos, acústicos y de inercia. A continuación, se describe cada uno de ellos.

- **Activación electromagnética:** mide la intensidad del campo electromagnético entre un elemento base y el elemento de medición. La ventaja es que es un sistema con baja latencia, pero su inconveniente es que puede tener interferencias por otros campos electromagnéticos que existan en el espacio de seguimiento.
- **Activación acústica:** estima la posición según el tiempo en que tarda en viajar una onda desde un objetivo (emisor) hasta el sensor (receptor). Este tipo de sensores se utilizan en algunos dispositivos como son los HMD los cuales utilizan sensores ultrasónicos. La desventaja es que este tipo de sensor tiene una tasa de actualización baja por la velocidad relativamente lenta del sonido y esta propenso a generar errores por el ruido que se genere en el ambiente.
- **Activación por inercia:** es un sistema que utiliza el giroscopio para medir la rotación y el acelerómetro para el movimiento de un elemento. El acelerómetro mide la aceleración lineal con respecto a una posición inicial y una posición final. En el caso del giroscopio, mide la velocidad angular permitiendo calcular la rotación del elemento entre una posición inicial y una posición final.

Para implementar la activación híbrida, mezcla de los métodos mencionados anteriormente y permiten tener mejores resultados si se compara su implementación de manera separada.

El modelado del ambiente virtual es un proceso que simula los elementos reales y los coloca sobre el mundo virtual. Este tipo de modelado se realiza por la adquisición de datos del elemento o por métodos de modelado que se explican a continuación:

- **Adquisición de datos:** la adquisición de datos se puede tomar por medición real, matemática y por construcción artificial. En el caso de la medición real se refiere a los datos del elemento adquiridos por procesos de escaneos 2D y 3D, como por ejemplo la fotogrametría y escaneo laser; la medición matemática utiliza modelos matemáticos y abstracciones para realizar el elemento virtual y la construcción artificial son elementos generados por la imaginación humana, en otras palabras, un elemento completamente ficticio.
- **Métodos de modelado:** se clasifican según las modalidades de percepción del usuario y de los elementos simulados. Desde la parte sensorial se clasifican por visuales, auditivos y hápticos. Desde la perspectiva del elemento se clasifican por la apariencia en la escena, comportamiento basado en las leyes de la física y modelado combinado entre los elementos reales y virtuales.

Ahora, dependiendo de la tecnología que se utilice (AR, VR o MR) se puede utilizar diferentes tipos de dispositivos. Para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural se han utilizado los siguientes (Carmigniani et al., 2011):

1. **Head Mounted display (HMD):** utilizados para aplicaciones de realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta. Para el caso de la realidad aumentada, son por transparencia óptica o de video. Por transparencia óptica, a los usuarios se les permite ver parte del mundo real a través de los lentes mientras que el de transparencia por video proporciona unas transmisiones de video por múltiples cámaras portátiles. En otras palabras, el óptico muestra el contenido y sobrepone el contenido virtual sobre el mundo real y, dicho contenido se observa a través de los lentes, en cambio, el de vídeo a través de las cámaras externas procesa las imágenes que toma para simular dentro del ambiente

virtual los contenidos que se encuentran en el mundo real, siendo más exigente en términos de computación.

2. **Realidad aumentada espacial (SAR):** coloca una capa de información virtual directamente sobre el mundo real, ya sea utilizando video proyectores o a través de hologramas. Este tipo de dispositivos pueden ser utilizados para aplicaciones de realidad aumentada o realidad mixta.
3. **Handheld devices (HHD):** puede ser usado para aplicaciones de realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta. Esta combina los sensores de la cámara, de inercia y GPS y la pantalla portable. Cuando se usa la realidad aumentada y la realidad mixta, en el caso de la realidad aumentada y la realidad mixta sobrepone el contenido virtual sobre lo que se observa a través de la pantalla del dispositivo portátil del usuario. En el caso de la realidad virtual, se utiliza para los sistemas que no son inmersivos.
4. **Computador y proyección:** este sistema es utilizado para ambientes no inmersivos y semi inmersivos para aplicaciones de realidad virtual.
5. **Cave Automatic Virtual Environment (CAVE):** es una proyección poliédrica que permite a múltiples usuarios tener una experiencia completamente inmersiva en un ambiente virtual tridimensional. Múltiples proyecciones se muestran en las paredes, normalmente entre 3 y 6 para simular un cubo donde los usuarios se sitúan dentro para tener una experiencia completamente inmersiva.

La interacción con la interfaz es uno de los aspectos más importantes entre las aplicaciones. En el caso de la realidad virtual la percepción está físicamente presente con un mundo no físico (mundo virtual). En general existen seis tipos de interfaces para los sistemas de realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta, los cuales son:

1. **Tangible:** permite la manipulación directa de la información a través de los objetos físicos. En el caso de la realidad aumentada y mixta al combinar el contenido virtual con el mundo real el usuario puede interactuar con los elementos virtuales (realidad aumentada), aunque también, los elementos virtuales coexisten con los elementos del mundo real (realidad mixta).
2. **Colaborativo:** utiliza múltiples pantallas como el HMD y SAR para compartir información entre los diferentes tipos de dispositivos
3. **Basado en el dispositivo:** interacción con la interfaz de usuario utilizando dispositivos hápticos o convencionales como el ratón, teclado, mandos de juegos, entre otros
4. **Basado en sensores:** emplea sensores para interactuar con la interfaz del usuario como los sensores de activación de la posición, seguimiento de la vista y el reconocimiento de voz
5. **Híbrido:** integra diferentes tipos de interfaces que complementan a las anteriores.

3.2.5. Ambientes de ejecución

Dependiendo de la tecnología que se utilice y del dispositivo, las aplicaciones se pueden desarrollar en diferentes ambientes de ejecución. Para el caso de la realidad aumentada o realidad mixta, estos se ejecutan en ambientes internos y externos con equipos fijos o dispositivos móviles. Para el caso de la realidad virtual, se dividen considerando el tipo de experiencia del usuario, ya sea no inmersiva, semi inmersiva o completamente inmersiva. A continuación, se menciona cada uno de ellos (Bekele et al., 2018):

1. **Ambientes internos:** se utilizan activadores con marcadores o sin marcadores, ya sea utilizando los dispositivos HMD o móviles. Este tipo de ambiente no necesita del sensor GPS, pero puede utilizar otros tipos de sensores.
2. **Ambientes externos:** utilizado con activadores sin marcador e híbridos con dispositivos móviles.
3. **Realidad virtual no inmersiva:** la versión menos inmersiva de la realidad virtual. No necesitan activadores de la posición, dado que los elementos virtuales se observan a través del computador de escritorio o del dispositivo móvil.
4. **Realidad virtual semi inmersiva:** para que una aplicación sea semi inmersiva consiste en utilizar un sistema de proyección para mostrar los contenidos virtuales. Para este caso, al igual que la no inmersiva, no se requiere tener un activador de los usuarios; sin embargo, si es una sola persona el que utiliza el sistema, la posición del usuario puede ser importante para mostrar una correcta perspectiva de los contenidos virtuales.
5. **Realidad virtual completamente inmersiva:** sumerge a los usuarios dentro del ambiente virtual, mostrando la perspectiva que deben tener ya sea utilizando el dispositivo HMD o los CAVE

En el caso de la realidad aumentada, la activación debe realizarse sobreponiendo el contenido virtual sobre el mundo real. Para el caso de la realidad virtual, el objetivo es colocar en el lugar correcto el contenido virtual, por lo que para este tipo de tecnología no existe en si un activador de los elementos virtuales sino del usuario, dado que todo el ambiente se genera de forma virtual. También dependiendo del dispositivo que se utilice se requiere un activador del usuario. Por ejemplo, una aplicación de escritorio o para dispositivos móviles que utilicen la realidad virtual no inmersiva puede mostrar simplemente contenidos virtuales sin necesidad de rastrear la ubicación del usuario (Bekele et al., 2018).

En el caso de la realidad aumentada y la realidad mixta, es relevante considerar la ubicación del usuario porque deben mostrar los contenidos del mundo virtual en el mundo real y, por consiguiente, considerar la perspectiva del usuario y la ubicación donde se sobrepondrá los contenidos virtuales sobre el mundo real en el que se encuentra, para que no exista discrepancia en la interacción de ambos mundos (virtual y real). En el caso de la realidad mixta, además de considerar la posición del usuario, también debe considerar la posición de los elementos del mundo real para calibrar cómo se interponen los elementos para tener una misma percepción (Bekele et al., 2018).

De igual manera, dependiendo del tipo de sensores se puede realizar la activación de los diferentes tipos de tecnologías inmersivas. En el caso de la realidad aumentada existen sensores físicos como son técnicas basadas en cámara (basada en marcadores, por posición geográfica o sensores

infrarrojos), por sensores electromagnéticos o métodos híbridos que mezclan los métodos mencionados en la subsección anterior.

En el caso de la realidad virtual existen diferentes formas de obtener la posición, ya sea a través de sensores electromagnéticos, acústicos, de inercia y activador híbrido. La excepción para este caso es haciendo uso de sensores infrarrojos. Para el caso de la realidad mixta, el activador es similar a los métodos mencionados en la subsección anterior.

En (Rokhsaritalemi et al., 2020) realizan una comparación de los diferentes tipos de tecnologías que hacen parte de la realidad extendida. En la Tabla 3 se muestra la comparación en cuanto al tipo de dispositivos que se utilizan, la forma en que se genera los contenidos, el ambiente en que interactúan, la forma en que el usuario observa los contenidos virtuales y el reconocimiento que se obtiene de los elementos del mundo real y virtual.

Tabla 3. Tabla comparativa realidad aumentada, virtual y mixta. Tomada y traducida de (Rokhsaritalemi et al., 2020)

Característica	Realidad aumentada	Realidad virtual	Realidad mixta
Pantalla del dispositivo	HMD opcional	Uso de HMD	HMD opcional
Fuente de la imagen	Combinación de imágenes de los objetos generados por computador y del mundo real	Objetos reales producidos por computador	Combinación de imágenes de los objetos generados por computador y del mundo real
Ambiente	Objetos del mundo real y virtual se observan en el mismo dispositivo	Completamente digital	Objetos del mundo real y virtual se observan en el mismo dispositivo
Perspectiva	Objetos virtuales se comportan según la perspectiva del usuario en el mundo real	Objetos virtuales cambian su posición y tamaño según la perspectiva del usuario en el mundo virtual	Objetos virtuales se comportan según la perspectiva del usuario en el mundo real
Presencia	sensación de estar todavía en el mundo real, pero con nuevos objetos superpuestos	sensación de ser transportado a otro lado sin sentir que se encuentra en el mundo real	sensación de estar todavía en el mundo real, pero con nuevos objetos superpuestos
Reconocimiento	Objetos virtuales se pueden identificar considerando su naturaleza y comportamiento, como textos flotantes que sigue el usuario	Objetos virtuales renderizados que no pueden distinguirse de los objetos reales	Objetos virtuales perfectamente renderizados los cuales no pueden distinguirse de los objetos reales

3.2.6. Plataformas de desarrollo

En (Bekele et al., 2018) menciona que para la implementación de aplicaciones que utilicen estas tecnologías, existen diferentes plataformas de desarrollo. Para el caso de aplicaciones que utilizan la realidad aumentada las plataformas más utilizadas son Wikitude, Layar, Vuforia, PanicAR, DroidAR, ARToolKit, entre otros. Cada una de estas plataformas tienen ciertas características en la manera que se implementa y en la Tabla 4 se muestra las características que tiene cada una de ellas.

Tabla 4. Comparación de plataformas para desarrollo de aplicaciones en realidad aumentada en patrimonio cultural

SDK	Uso en ambientes	Activador	Plataformas	Gráficos	Computación en la nube	Sensores de activación	Licencia
Wikitude	Interno y externo	Inercia, Marker-less, basado en modelos	iOS y Android	Unity 3D, imágenes 2D, texto, modelos 3D	Sí	Cámara, GPS, IMU (Sensor de inercia)	Gratis y comercial
Layar	Externo	Inercia	iOS y Android	Imágenes 2D y modelos 3D	Sí	GPS, IMU	Comercial
Vuforia	Interno	Marker-less, basado en modelos	iOS y Android	Unity 3D, OpenGL y modelos 3D	Sí	Cámara	Gratis y comercial
PanicAR	Externo	Inercia	iOS	imágenes 2D y textos	No	GPS, IMU	Gratis
DroiAR	Externo	Inercia	Android	Imágenes 2D y textos	No	GPS, IMU	Gratis
ARToolKit	Imágenes 2D y marcadores	Marker y Marker-less	iOS y Android	Unity 3D y Android	No	Cámara	GPL

En cuanto a las plataformas que se han utilizado para el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual son los que se encuentran la Tabla 5.

Tabla 5. Comparación de plataformas para desarrollo de aplicaciones en realidad virtual en patrimonio cultural

SDK	Plataformas	Gráficos	Editor visual	Dispositivos	Licencia
Unity 3D	Windows Phone, iOS, Android, Tizen	Unity 3D, imágenes 2D, texto, modelos 3D	Si	Oculus Rift, Gear VR	Propietario
OpenSceneGraph	-	Imágenes 2D y modelos 3D	No	-	Open Source
Unreal	iOS y Android	Unity 3D, OpenGL y modelos 3D	Si	HTC Vive, Oculus Rift, Google VR, Samsung Gear VR	Gratis y comercial
CryENGINE	iOS y Android	Imágenes 2D y textos	Si	PlayStation, Xbox, HTC Vive, Oculus Rift, Google VR, Samsung Gear VR	Gratis y comercial

3.2.7. Realidad extendida en el patrimonio cultural y natural

Desde el punto de vista del patrimonio cultural, (Banfi et al., 2019) muestra que la conservación y la construcción de elementos patrimoniales tangibles e intangibles es uno de los objetivos más importantes para el patrimonio cultural digital, donde no solamente estén disponibles para expertos en esta área como son los arquitectos, ingenieros, restauradores e historiadores, sino también para usuarios no expertos como los turistas y visitantes.

En cuanto a su uso, se ha demostrado que tiene potencial para mejorar la experiencia de los usuarios en el momento de mostrar los contenidos virtuales con el propósito de ampliar la información de los elementos tangibles que se exhiben dentro de estos sitios (Mortara et al., 2014).

Además, se ha demostrado que utilizar alguna de estas tecnologías, es eficaz para complementar información de los elementos patrimoniales que se encuentran en museos, exhibiciones y libros a través de los contenidos virtuales (Bekele et al., 2018; Mortara et al., 2014). Dependiendo del tipo de tecnología que se utilice, estas permiten que se centre en el usuario y que los contenidos realmente puedan ser accesibles a los turistas, específicamente cuando existen restricciones para acceder a ciertos lugares o elementos patrimoniales (Bekele et al., 2018).

Este tipo de tecnologías beneficia en la experiencia del usuario en sitios patrimoniales, ya que experimentan otra forma de consultar los contenidos comparándola con la forma tradicional al mejorar la percepción e interacción con los contenidos digitales (Bekele et al., 2018). Un ejemplo que aplican las tecnologías descritas en la realidad extendida se muestra en (Banfi et al., 2019) al implementar modelos tridimensionales que muestran los cambios que se han generado en la Basílica de San Ambrosio en Milán donde al pasar de los años ha sido destruida, reconstruida y restaurada.

En el caso de la realidad virtual crea experiencias fuera del sitio patrimonial en el que se sumerge al usuario en un entorno virtual mientras que la realidad aumentada brinda información relevante en sitio. Una de las ventajas de la realidad aumentada es que ha sido utilizada para reconstruir digitalmente sitios en deterioro brindando información adicional del elemento patrimonial por lo que impacta positivamente en la autenticidad, presencia, satisfacción e intención de comportamiento (Zhu et al., 2023).

A pesar de las ventajas que se tienen al implementar la realidad extendida, las dos dificultades que han encontrado los museos al utilizar tanto la realidad aumentada como la realidad virtual, es la eficiencia al crear los elementos tridimensionales (Wojciechowski et al., 2004), sin embargo, con el avance de la tecnología este ya no es un problema, dado que ya existen sistemas que permiten obtener modelos tridimensionales de muy buena calidad de un elemento patrimonial utilizando escáneres tridimensionales.

Otro aspecto que mencionan que es importante evaluar y que es un problema al momento de generar los contenidos virtuales es que en términos del costo/beneficio y los métodos que se utilizan para la creación de los contenidos virtuales es que generalmente los encargados de los sitios patrimoniales son los que tienen la mayor parte de la información sobre los elementos patrimoniales, por lo que si quisieran implementar estas tecnologías, deberían tener conocimientos de cómo funciona y no que solamente los expertos tecnológicos lo sepan (Wojciechowski et al., 2004).

Una de las problemáticas que se ha encontrado en ambientes de aprendizaje como los museos, es que ellos brindan descripciones de los elementos patrimoniales de forma informativa, pero no de forma interactiva (Bekele et al., 2018). Por tal motivo, es importante la implementación de estos tipos de tecnologías que permitan mejorar la experiencia del usuario en estos ambientes de aprendizaje.

Cuando se menciona el patrimonio cultural tangible, se refiere a todos los elementos físicos (tales como construcciones, creaciones artísticas) a diferencia del patrimonio cultural intangible que representan elementos no físicos (como las expresiones, el conocimiento y prácticas) que son vitales para la cultura de una ciudad, pueblo o país (Bekele et al., 2018).

En (Bekele et al., 2018) realizan un estudio donde se realiza la clasificación de diferentes aplicaciones para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural utilizando la realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta, así como cuál es la tecnología que más se utiliza para dar una solución a la problemática que se encontró en cada una de ellas. La forma en que se clasifican estas

aplicaciones se basa en el patrimonio cultural, pero específicamente desde el punto de vista de la educación, exhibición, exploración, reconstrucción y museos virtuales. Educación lo clasifica como aplicaciones que permiten el aprendizaje de aspectos históricos del patrimonio cultural tangible e intangible, exhibición en cuanto a la mejora de la experiencia del visitante en un museo, exploración en la visualización de exploración de elementos históricos para obtener nuevos conocimientos, reconstrucción para permitir a los usuarios visualizar e interactuar con la reconstrucción de vistas históricas del patrimonio tangible e intangible y los museos virtuales que simulan el patrimonio cultural tangible e intangible con museos digitales para el público.

Otra problemática, es que algunas veces los museos no tienen la posibilidad de presentar los sitios de patrimonio cultural y natural como pueden ser los sitios arqueológicos de forma realista e interesante para los visitantes, ya sea porque no se pueden acceder directamente a ellos, se encuentran degradados o porque ya no existen. Por tal motivo (Zöllner et al., 2009) mencionan que una manera de dar solución a este problema es haciendo uso de tecnologías inmersivas como lo es la realidad aumentada sobreponiendo información virtual sobre los elementos reales, ya sea utilizando modelos tridimensionales, imágenes o videos.

Una de las ventajas de utilizar dispositivos móviles, es que se pueden crear sistemas que apoyen el aprendizaje, también se les conoce a estos conceptos como los sistemas m-learning (mobile learning), donde la personas no requieran siempre aprender en un ambiente formal como un aula de clase, un laboratorio o desde casa, sino también en ambientes informales como serían los museos, sitios arqueológicos, parques naturales, entre otras (Ardito et al., 2007).

Otra desventaja desde el punto de vista del aprendizaje del patrimonio cultural y natural es que los usuarios que visitan este tipo de sitios, la mayoría han mencionado que los niños no se involucran por completo cuando se realizan guías de la forma tradicional, por lo que la implementación de dispositivos móviles y/o utilizando juegos que permitan estimular el aprendizaje del patrimonio cultural (Ardito et al., 2007).

Otro concepto que también se trabaja desde el punto de vista educativo es lo que se conoce como *edutainment*, que lo que significa es la unión de lo que se conoce al aprendizaje y al entretenimiento, buscando que el uso del entretenimiento también es un mecanismo que se utiliza para mejorar el aprendizaje, ya sea a través de juegos, imágenes, videos, entre otras (Ardito et al., 2007) dado que promueve la participación en las actividades. En (Mortara et al., 2014) mencionan otro concepto que se encuentra relacionado con el entretenimiento y educación conocido como *serious games*, que son juegos con propósitos educativos para aprender mientras se está jugando, ya que se enganchan en entender lo que se explica para cumplir un objetivo dentro del juego.

Por ejemplo, en (Baumgartner et al., 2022) mencionan que utilizaron un instrumento de razonamiento espacial para evaluar si mejora el rendimiento de los estudiantes de primaria en el área de las matemáticas. Este estudio se realizó con estudiantes entre los 8 y 11 años en el que se evaluó su razonamiento antes y después de utilizar videos con las tecnologías de la realidad extendida y que como resultado se obtuvo que si hubo una mejora en su comprensión.

Desde el punto de vista del uso de la realidad extendida en sitios de patrimonio cultural y natural, en (Silva & Teixeira, 2022) realizan una revisión sistemática en el que encuentran diferentes tipos de aplicaciones desarrolladas en las tecnologías con el objetivo de saber el número de trabajos que han utilizado estas tecnologías en los países europeos en el que se ha encontrado un crecimiento desde el 2018 en adelante.

3.3. Motivación

Los seres humanos siempre tenemos una motivación por hacer algo, ya sea para ganar algún tipo de recompensa o un reconocimiento que se encuentra relacionado por objetivos personales o por el ambiente en el que nos encontremos (Benabou & Tirole, 2003).

El primer tipo de motivación se conoce como extrínseca y sucede cuando se genera una recompensa o castigo que se obtiene al realizar una actividad, como por ejemplo trabajar para obtener un salario. El otro tipo de motivación es la intrínseca se genera cuando la actividad se realiza para un beneficio propio sin tener una recompensa externa, como por ejemplo realizar algún deporte para mejorar el estado físico (Csikszentmihalyi & Hermanson, 1995). La motivación puede darse por un solo tipo o por ambas de forma simultánea, como, por ejemplo, las personas que trabajan porque aman su labor, pero que también esperan recibir un pago por ello.

La motivación también se encuentra estrechamente relacionada con el logro del aprendizaje, por lo que se considera un concepto relevante en el comportamiento, desempeña un papel importante en el aprendizaje de los estudiantes y ayuda a los educadores a encontrar mejores formas para que los estudiantes aprendan mejor (Li & Keller, 2018) Desde el punto de vista educativo, el diseño motivacional se define como: *“el proceso de organizar recursos y procedimientos para generar cambios en la motivación de las personas”* (Keller, 2010a). En otras palabras, consiste en incorporar elementos que hagan que la experiencia de aprendizaje esté más alineada con las necesidades e intereses del usuario. Uno de los modelos de la motivación más utilizados para en el ámbito educativo es el modelo de atención, relevancia, confianza y satisfacción (ARCS – *attention, relevance confidence, satisfaction*). El modelo menciona que, para mantener la motivación de los estudiantes, los materiales que se utilicen deben captar y mantener la atención de los estudiantes, mencionar por qué los estudiantes necesitan aprender, hacer que se sientan capaces de lograr los objetivos si se esfuerzan y ayudarles a que se sientan orgullosos y recompensados de lo aprendido.

En (Csikszentmihalyi & Hermanson, 1995) en relación con la motivación desde la perspectiva del aprendizaje del patrimonio cultural y natural se menciona que adultos, profesionales o científicos que ya son exitosos; se ha motivado en el momento de visitar un museo porque vieron algo nuevo que les llamó la atención o la curiosidad sobre alguna temática de su interés, aunque no sólo por aspectos intelectuales sino también emocionales y sensoriales.

Por otra parte, en (Luo & Ye, 2020) se menciona que generalmente los visitantes de los museos amplían sus experiencias más allá de lo que obtienen del museo con el fin de fortalecer vínculos familiares y personales. Consideran que los museos son una forma de comprender el pasado y de transferir lo que se vive hoy a las futuras generaciones, en este caso, la motivación se relaciona con aportar conocimiento.

Utilizar la realidad aumentada y virtual agregan una sensación adicional de inmersión de lo que se está aprendiendo, lo que hace que los usuarios se sienten más motivados en el momento de realizar las actividades (Restivo et al., 2014).

En (Restivo et al., 2014) se realiza un estudio con 20 estudiantes áreas STEM (*science, technology, engineering and mathematics*) específicamente en la temática de circuitos eléctricos. Para evaluar si el uso de la realidad aumentada mejora la motivación del aprendizaje, realizan una encuesta que mide la efectividad, la satisfacción y el logro de los objetivos en el aprendizaje y formación. Como resultados obtienen que la mayoría de los estudiantes aumentaron dichos criterios.

Otro ejemplo se describe en (Angelopoulou et al., 2012b) donde se menciona que el uso de las tecnologías de la realidad extendida provee herramientas a los usuarios para mejorar su proceso de aprendizaje al extender su conocimiento de los elementos del mundo real con contenidos virtuales. Utilizan la teoría de Flow, que fue descrita en (Csíkszentmihályi, 1990), que generalmente se utiliza para los video juegos pero que también ha sido aplicada para actividades educativas relacionadas con el patrimonio cultural y natural. Esta teoría mide el placer que siente una persona en realizar una actividad considerando su dificultad y las habilidades de la persona (ver Ilustración 7).

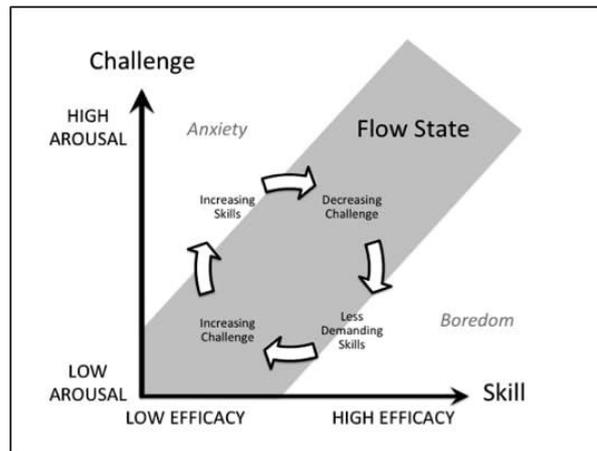


Ilustración 7. Teoría de Flow. Tomado de (Csíkszentmihályi, 1990)

Esta teoría menciona que las personas son más felices cuando se encuentran en un estado de fluidez al estar concentrados en la actividad a realizar. Para que se encuentre en ese flujo es importante considerar la dificultad de la actividad, así como de las habilidades que tiene para su desarrollo. Si la actividad es sencilla y si sus habilidades son superiores para desarrollarla, la persona puede caer en el estado de aburrimiento. En cambio, si la actividad es retadora pero no tiene suficientes habilidades puede caer en un estado de ansiedad, ya que piensa que no podrá finalizarla. El objetivo es mantener el flujo respecto a la dificultad de la actividad y a las habilidades de la persona.

En (Falk, 2006), se responde qué es lo que recuerdan las personas al visitar un museo y cuáles fueron los factores por lo que lo recuerdan. El estudio se realizó con 22 personas que habían visitado hace 6 meses un museo y se les preguntó los motivos por los que recordaban la visita. Las respuestas fueron que esos recuerdos vienen porque tuvieron una necesidad o un interés por los elementos novedosos, por el alto contenido emocional que brinda el elemento a la persona y por experiencias previas. Sin embargo, el autor aclara que es diferente lo que recuerda y lo que aprende al realizar la visita. Por tal motivo, en (Falk, 2009) se realiza una clasificación de los tipos de visitantes de los museos y cómo sus características afectan la experiencia de la visita, ya que, dependiendo de las instalaciones, del personal, del contexto socio cultural y de la identidad del usuario, cambian la intención del por qué realizan el recorrido dentro del museo. Algunos visitantes pueden estar interesados en aprender sobre un tema en específico, en compartir experiencias con familiares o amigos, en crear nuevas experiencias, en ganar conocimiento de algo que ya conoce o simplemente en desconectarse del día a día. Falk define 5 tipos de visitantes:

1. **Explorador:** es el que no tiene objetivos específicos cuando entra al museo, solamente ingresa para explorar y descubrir elementos que le sean interesantes
2. **Facilitador:** es la persona (allegada al visitante) que busca mostrar a los demás las experiencias que ha tenido, actuando como un guía turístico dentro del museo.

3. **Buscador de experiencias:** es el que busca nuevas experiencias sin importar el tiempo y energía que tome ver lo que hay dentro del museo. Generalmente es el que toma fotografías y disfruta de las exhibiciones interactivas.
4. **Profesional o por hobby:** es el que conoce la temática que se trabaja dentro del museo o que se enfocan en aprender más sobre lo que ya conocen.
5. **Recargado:** es el que visita los museos como una actividad de relajación tomándose su tiempo para ver las exhibiciones. No necesariamente lee toda la información que se muestra de un elemento, solamente va a observar lo que hay.

En (Di Serio et al., 2013) se evalúa la motivación de los estudiantes de secundaria de un curso de artes visuales utilizando la encuesta de motivación IMMS (*Instructional Materials Motivation Survey*) realizada por Keller y que se basa en el modelo de motivación ARCS (*attention, relevance, confidence and satisfaction*) (Keller, 2010b). Los resultados indican que los estudiantes se sienten algo más motivados en aprender cuando se utiliza la realidad aumentada en comparación con las presentaciones tradicionales. Según el modelo ARCS, hay una diferencia estadísticamente significativa entre estas dos formas de aprendizaje, especialmente en términos de atención y satisfacción. Esto sugiere que implementar esta tecnología tienen un impacto considerable en la motivación de los estudiantes en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural.

3.4. Co-creación

En relación con el proceso de la co-creación es importante considerar buenas prácticas y métodos para realizar una correcta implementación de las ideas planteadas por los usuarios y que respondan realmente a sus necesidades. El término de co-creación, que en la literatura también se encuentra como “creación en colaboración”, es una práctica donde las partes interesadas (por ejemplo, como los expertos de software y los usuarios) participan activamente para crear de forma colaborativa un sistema que considere las necesidades del usuario. Vale recalcar que este proceso involucra a los usuarios no solamente como clientes sino también como participantes activos en la obtención de requisitos y en el diseño del sistema (Westen & Dijk, 2019).

Otra característica de la co-creación es que al involucrar al usuario se obtienen múltiples perspectivas y pensamientos, generando ambientes abiertos y colaborativos. Al permitir que los usuarios opinen y den ideas de cómo definir, diseñar e implementar un sistema se genera un proceso de mejora continua que responde a las necesidades de los usuarios (ver Ilustración 8). Para tener una aplicación que responda a las necesidades del usuario se realizan los siguientes puntos: se entrevista al usuario consultando cuáles son las necesidades y/o problemas que ha encontrado, se le solicita ideas de cómo se podría dar una solución a esos problemas y necesidades, se co-diseña una aplicación con el usuario donde también se incluyen ideas de cómo debe verse y utilizarse la aplicación, el experto en software diseña e implementa la aplicación y finalmente el usuario la evalúa y da realimentación. A partir de esta realimentación se repite el proceso hasta que el usuario considere que la aplicación que realmente de solución a sus problemas y cumple con sus necesidades.



Ilustración 8. Proceso de co-creación

Un ejemplo del uso de la co-creación de contenidos en un entorno patrimonial se muestra en (Bollwerk et al., 2015). Definen la “arqueología pública” como la participación del público en los trabajos de investigación que se encuentren realizando los arqueólogos. Se menciona que la interacción y el trabajo con el público es parte vital de la misión profesional de los museos, por lo que han tenido que convertirse en espacios más accesibles y atractivos para el público. Por ejemplo, el movimiento del Nuevo Museo de John Cotton Dana impulsaba que los museos dejaran de enfocarse en las colecciones y se centraran en las necesidades del público. Además de difundir la información de los elementos patrimoniales se debía fomentar el intercambio y la creación del conocimiento de forma recíproca. Esto hace que los objetos físicos obtengan un mayor valor para la sociedad y que las personas tengan una comunicación asertiva con los expertos patrimoniales al hablar y colocar contenidos sobre los elementos patrimoniales.

En (Ciasullo et al., 2015) se menciona que, con el avance tecnológico, los visitantes de los museos ahora acceden a otros tipos de información que antes no se tenía. Por ejemplo, usando códigos QR los visitantes obtienen información adicional sobre los elementos patrimoniales. Sin embargo, el reto para este tipo de sitios patrimoniales es desarrollar aplicaciones que relacionen las colecciones y los servicios con las preferencias de los usuarios y que en estas aplicaciones los usuarios puedan consultar, discutir y debatir. Por tal motivo, surge el concepto de la demanda cultural centrada en el usuario en la que el visitante en vez de ser un usuario pasivo se vuelve a un usuario activo en la producción y consumo de contenidos, convirtiéndose en co-creador de la oferta cultural.

En (Cesário et al., 2019) se muestra que el incremento de las exhibiciones tradicionales y el estilo de comunicación no atraen a los adolescentes porque la generación de los contenidos, no se realiza con ellos. Un adolescente es una persona que se encuentra entre los 15 y los 19 años y se les ha nombrado nativos digitales. Sin embargo, en la mayoría de las investigaciones que mencionan en este trabajo relacionado el aprendizaje del patrimonio cultural se enfoca en personas entre 4 y 11 años. Para involucrar a los adolescentes es necesario realizar un proceso de co-diseño en el que los diseñadores y los adolescentes participan colaborativamente. Otro ejemplo de co-creación para el aprendizaje del patrimonio cultural se encuentra en (Connolly, 2015) donde realizan una práctica en el museo arqueológico en el museo Nash de Chucalissa en el que los patrocinadores y los participantes voluntarios definen y crean los objetivos del proyecto. Esto permite que estos proyectos co-creativos brinden a los miembros de la comunidad local la oportunidad de expresar sus necesidades e intereses a través de sus experiencias y relatos. También mencionan que la co-creación aplicada a la arqueológica no solamente consiste en crear conocimiento, sino también

en involucrar a las comunidades en tomar decisiones sobre la preservación y la presentación de los elementos patrimoniales.

En (Julier et al., 2016) se describe un proyecto llamado VisAge que es un sistema de realidad aumentada en el que la comunidad cuenta historias patrimoniales sobre elementos. A través de un portal web los usuarios suben contenidos digitales (imágenes, textos y audios) y con la aplicación móvil pueden observarlos. Para crear los contenidos, el autor selecciona puntos existentes o selecciona en cualquier parte del mapa para crear un nuevo punto. Cuando se crea un punto, al inicio es privado y una vez se publica se vuelve visible y público para todos los usuarios, y a partir de ese momento cualquier usuario puede agregar contenidos adicionales.

En (Fidas et al., 2016) se describe el concepto llamado “*end-user development*” que se define como los métodos, técnicas y herramientas que permiten que los usuarios actúen como desarrolladores de software no profesionales en algún momento de las fases de análisis y diseño de un producto de software. Desde el punto de vista patrimonial mencionan que este concepto puede ser aplicado en el patrimonio cultural, ya que es una forma de contribuir y mantener los elementos patrimoniales con la creación de contenidos virtuales.

En (Jung & tom Dieck, 2017) menciona que la co-creación tiene ventajas en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, dado que beneficia la actividad social en este tipo de sitios en el que los visitantes juegan un rol de productores de contenidos asociados y en la personalización de estos. Los beneficios se han encontrado en el uso de las tecnologías inmersivas en el que los usuarios al ser partícipes sienten una mayor responsabilidad en el desarrollo del sistema y de la reputación que tiene para otros usuarios. Desde el patrimonio cultural y natural, se ha encontrado que la co-creación genera experiencias enriquecedoras y memorables (Binkhorst, 2006).

3.5. Adaptación de información

La adaptación es el proceso por el cual un organismo se ajusta a un ambiente cambiante. Desde el punto de vista biológico, la adaptación es un proceso de evolución natural donde los seres vivos ajustan sus rasgos morfológicos a las condiciones de su hábitat para evolucionar y aumentar las expectativas de vida de su especie (Staikopoulos & Conlan, 2016a). Desde el punto de vista tecnológico, la adaptación está enfocada hacia los usuarios. Un sistema adaptativo es un sistema que modifica sus propiedades basándose en los requisitos y en los cambios constantes que necesite un usuario o un grupo de usuarios considerando características como el tiempo y el contexto en el que se encuentra (Staikopoulos & Conlan, 2016b).

Existen múltiples sistemas adaptativos en diferentes áreas de aplicación como en la educación, los negocios y la salud, entre otras. Estos sistemas, para adaptar la información utilizan diferentes técnicas para obtener información del usuario y del contexto. Por ejemplo, se utilizan: cuestionarios donde se le pregunta al usuario información básica (información explícita), los sensores recopilan, por ejemplo, la ubicación del usuario, los tipos de contenidos que más observa, la interacción con las aplicaciones, entre otras. (información implícita relacionada con la interacción hombre-máquina), y bases de datos para que a través de la deducción encontrar similitudes con otros usuarios (minería de datos, inteligencia artificial, web semántica y sistemas basado en reglas) (Bra & Pechenizkiy, 2009; Brusilovsky, 2007).

Hoy en día, los sistemas tienen la capacidad de almacenar mucha información, sin embargo, no siempre se brinda la información que es relevante para un usuario porque no se considera el nivel de detalle que se requiere generándole una sobrecarga de la información. Para solucionar esta problemática, la adaptación de la información busca evitar la sobrecarga filtrando y prediciendo

qué información es relevante para los usuarios. Para seleccionar si es relevante o no, es necesario considerar las características y necesidades que tiene el usuario (Gorgoglione et al., 2019).

Por ejemplo, en las tiendas en línea es importante tener una estrategia que cumpla las expectativas de los clientes. Para conseguirlo, han implementado diferentes técnicas de adaptación de la información considerando las características de los usuarios como son sus intereses y preferencias. Esto permite brindar a los usuarios los productos que realmente necesitan y se ajusten a sus necesidades (Gorgoglione et al., 2019).

Según (Masthoff, 2011) uno de los inconvenientes que tienen los sistemas adaptativos es que la mayoría se enfocan en adaptar los elementos de forma individual basándose en experiencias previas. Sin embargo, pueden existir situaciones donde se requiere sugerir contenidos a un grupo de usuarios. Para este tipo de sugerencia se basa no solamente en los intereses de forma individual, sino también en los intereses que puede tener en común con otros usuarios, permitiendo así que se complemente la sugerencia por la similitud de intereses.

En la actualidad, la adaptación para el aprendizaje es algo relevante en la educación, dado que se ha encontrado que genera beneficios en la pedagogía como realimentación inmediata, metacognición, aprendizaje basado en el dominio y el aprendizaje interactivo ya que es un proceso que, de forma dinámica, adapta el contenido a explicar basándose en la comprensión y respuestas que se obtienen del usuario y considerando las preferencias de su aprendizaje (Martin et al., 2020).

En las siguientes subsecciones, se explicará con mayor detalle la forma en que se puede obtener la información del usuario y contexto, así como los métodos y las técnicas que adaptan la información a las características del usuario y necesidades.

3.5.1. Modelado del usuario

Para adaptar la información, es necesario modelar al usuario. Para hacerlo, en el año 1996 (Brusilovsky, 1996) describe un modelo básico llamado “el ciclo de adaptación y modelado del usuario”, que después fue redefinido por (Knutov, 2012a), cuyo objetivo es considerar la interacción que tiene el usuario con el sistema (ver Ilustración 9).

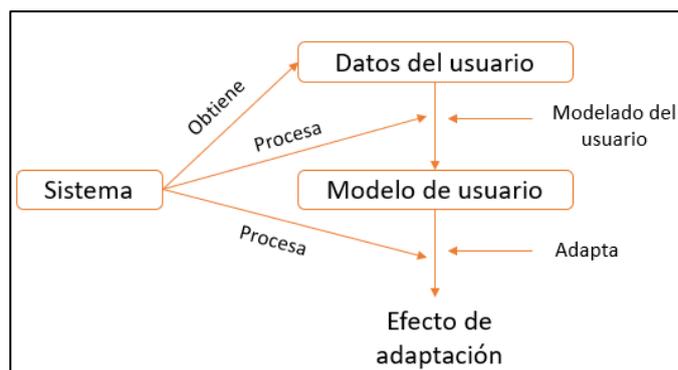


Ilustración 9. Ciclo de adaptación y modelado del usuario. Tomado y traducido de (Brusilovsky, 1996)

Para adaptar la información, es importante considerar los aspectos que son relevantes para un usuario o un grupo de usuarios (ver Ilustración 10).

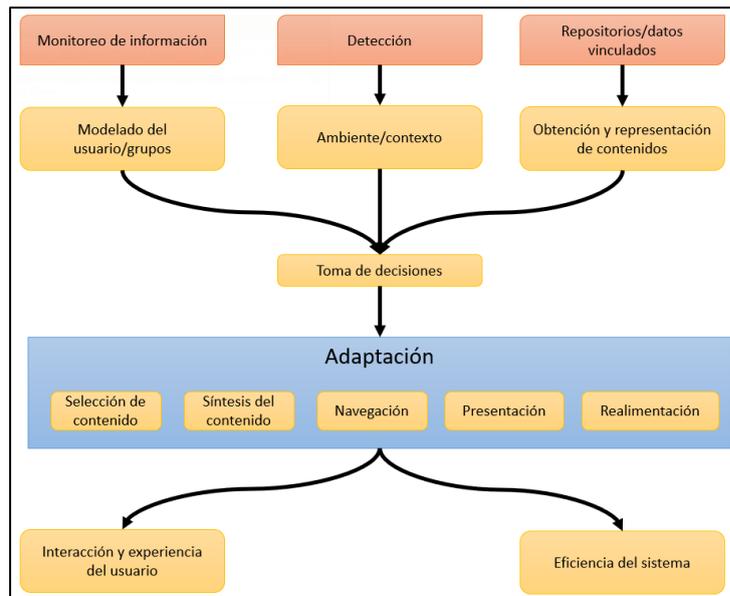


Ilustración 10. Descomposición del proceso de adaptación

Para obtener la información que se necesita adaptar, se monitorea la información del usuario, se detectan características externas y se vincula esta información a los datos almacenados en el repositorio de la aplicación.

Para monitorear la información del usuario se genera un modelo de usuario donde se consideran características básicas y se solicitan generalmente a través de una encuesta o formulario.

En cuanto a las características externas como el ambiente y contexto en el que se encuentra el usuario, para obtener la información se utilizan sensores de los dispositivos que detecten otro tipo de información del usuario como la ubicación en la que se encuentra, la hora, la fecha, la velocidad con la que va, entre otras.

Para el caso de los contenidos almacenados en la aplicación, es necesario vincular las características del usuario y del contexto para así adaptar y mostrar contenidos que consideren dichas características con el fin de mostrar contenidos relacionados a sus intereses, preferencias y necesidades.

Para tomar la decisión de los contenidos a mostrar se utilizan métodos de adaptación como el aprendizaje automático, la minería de datos y/o motor de reglas para realizar deducciones sobre las características que tiene un usuario en específico o un grupo de usuarios (Staikopoulos & Conlan, 2016b).

Vale recalcar que no solamente se requiere conocer la información del usuario, ya que características externas como son el contexto, pueden beneficiar la experiencia del usuario frente a un sistema. Para el caso de las características contextuales los métodos que generalmente se utilizan son los sensores para obtener otro tipo de información del usuario como la ubicación geográfica, el idioma con la que se comunica, métodos de comunicación que más utiliza, entre otros que se encuentra almacenada en los dispositivos que utiliza frecuentemente (Staikopoulos & Conlan, 2016b). Por ejemplo, se puede hacer uso de la cámara del dispositivo móvil de usuario para predecir estados afectivos del usuario, por ejemplo, si está aburrido, cansado o confundido al utilizar técnicas que analizan las emociones faciales del usuario (Rodrigues et al., 2017).

Una vez el sistema tiene identificada las características del usuario, del contexto y de los contenidos se buscan correlaciones que adapten dichos contenidos basándose en las necesidades del usuario y del contexto (Staikopoulos & Conlan, 2016b). Esta adaptación debe considerar qué contenido se va a mostrar, de qué estará compuesto, cómo se realizará la navegación, cómo se va a presentar y cómo el usuario nos dará la realimentación para mejorar la experiencia del usuario (Staikopoulos & Conlan, 2016b).

Finalmente, para mejorar las sugerencias dadas por el sistema, se requiere obtener una realimentación de los usuarios que evalúen su experiencia al momento de utilizarla con pruebas de usabilidad que evalúan lo bien o mal que se sintieron al utilizar la aplicación, así como los tiempos de respuesta para mostrar los contenidos que para ello se evalúa el sistema a través de pruebas para el sistema como las pruebas funcionales, pruebas de rendimiento, pruebas de volumen, pruebas de sobrecarga, pruebas de operación, entre otras. Por ejemplo, una prueba de rendimiento se obtiene midiendo el tiempo que tarda en adaptar cierta información, la capacidad para responder las solicitudes a nivel de usuarios y en el tamaño de los contenidos en la forma en que el sistema responde de forma paralela las peticiones de los usuarios (Staikopoulos & Conlan, 2016b).

3.5.2. Métodos y técnicas de adaptación

Diversas aplicaciones como guías de museos, agencias de viajes, tiendas virtuales, entre otras, registran la interacción del usuario y aplican reglas que modelan al usuario para extraer información relevante de dichas interacciones. Una vez se tiene esta información y se sabe cómo se va a mantener actualizada, con el modelo se pasa al proceso de la adaptación llamada también como los métodos y técnicas de la adaptación que se muestra en la Ilustración 11 (Brusilovsky, 1996).

Para considerar los elementos a adaptar se debe realizar las preguntas de la Ilustración 11 (Brusilovsky, 1996):

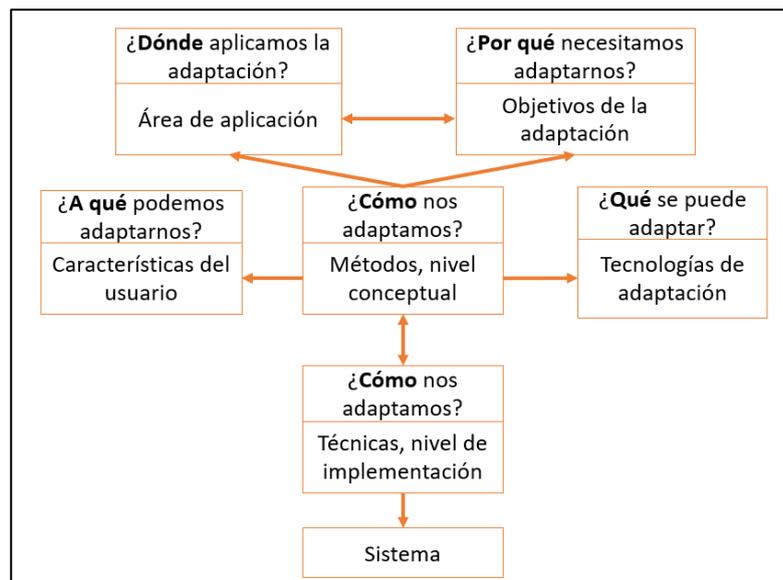


Ilustración 11. Métodos de la adaptación. Tomado y traducido de (Brusilovsky, 1996)

A partir de las preguntas mencionadas anteriormente, (Knutov, 2012a) ha definido las técnicas y métodos que se utilizan para adaptar la información con el objetivo de responder cada una de las preguntas que se muestran en la Ilustración 11.

También (Knutov, 2012a) definió una taxonomía de técnicas y métodos de la adaptación como se muestra en la Tabla 6, las cuales son por contenidos, por presentación y/o por navegación. Las técnicas pueden ser aplicadas para adaptar el contenido, la presentación y/o navegación donde el carácter X hace referencia a que el método se aplica a la técnica. Por ejemplo, la técnica de zoom/escalar puede ser aplicada para las tres técnicas, si se selecciona el método de la escala convencional a nivel de contenido se aumenta el tamaño de la letra, a nivel de presentación se muestra más o menos contenido dependiendo del dispositivo y en cuanto a la navegación al agregar un enlace que en otra página aumente el tamaño del contenido.

Tabla 6. Técnicas y métodos de adaptación

			Técnica					
			Método	Sub-método				
Adaptación de la información	Contenido	Presentación		Insertar/eliminar fragmentos				
				Alterar fragmentos				
				Ocultar fragmentos				
				Ordenar fragmentos				
				Estirar texto				
	Navegación		Zoom/ escalar			Zoom convencional		
						Ojo de pescado		
						Resumen de fragmentos		
			Diseño				Partición/zoom	
							Reordenar	
							Ajuste de planilla	
			Organizar/ordenar enlaces					
			Anotación enlace					
			Técnica combinada				Enlaces contextuales	
							Enlaces no contextuales	
							Contenidos/ enlaces de índice	
							Mapas locales y globales	
			Generar enlace				Adaptar enlace	
							Adaptar URL	
							Adaptar destino	
Guía				Local				
				Global				
Ocultar enlace				Deshabilitar				
				Remover				

La adaptación de los contenidos se puede realizar de dos formas mostrando/ocultando información. Para esta categoría el insertar, eliminar, ocultar o alterar fragmentos de información, modifica en sí la información que se le muestra al usuario. Sin embargo, la adaptación en contenidos también puede hacerse simultáneamente por la manera en que se presenta dicha información, por ejemplo, ya sea cambiando el tamaño de la letra y la fuente que se utiliza. Con este tipo de adaptación un usuario experto puede recibir información más detallada que la que recibiría un usuario novato (se le darán explicaciones adicionales) (Brusilovsky, 1996).

La adaptación de la presentación se enfoca en la forma en que se presenta la información haciendo que el contenido pueda ser modificado por el tamaño de la letra, permitiendo que se pueda ampliar o reducir y la fuente que se utiliza. Un ejemplo para este tipo de adaptación se obtiene al momento

de consultar un contenido en dispositivo móvil o desde una aplicación web, ya que, dependiendo de las características del dispositivo, se le puede mostrar con diferentes fuentes y/o tamaños de letra. Esta adaptación de la presentación también se puede realizar en los contenidos adaptados mencionados previamente. Finalmente, la adaptación en la navegación se encuentra relacionada con la manera en que el usuario navega dentro de la aplicación adaptándola según sus objetivos, preferencias y conocimientos. El objetivo de este tipo de adaptación es ayudar al usuario a obtener más rápido sus metas, reducir la sobrecarga en la navegación e incrementar la satisfacción del usuario con el sistema. Este tipo de adaptación ha sido utilizado en diferentes áreas como el comercio, el aprendizaje y museos virtuales. Este tipo de adaptación se puede realizar de dos formas: obligando al usuario a seguir un camino sugerido por el sistema. Para hacerlo se muestran al usuario enlaces que le pueden ser de interés o se pueden definir enlaces predeterminados.

A pesar de que cada una de las técnicas manejan diferentes tipos de adaptación, algunas de ellas pueden implementarse de forma simultánea. En la Tabla 7 se describe lo que realiza cada una de estas técnicas:

Tabla 7. Métodos de adaptación

Técnica		Método	Descripción	
Contenido		Insertar/eliminar fragmentos	Inserta y/o elimina cierta información que puede ser relevante o no para el usuario	
		Alterar fragmentos	De la información que ya existe, se alteran ciertos datos para el usuario	
		Ocultar fragmentos	A diferencia de eliminar el fragmento de la información, esta técnica lo que realiza es ocultarla y el usuario puede obtener más información en caso de que lo solicite.	
		Ordenar fragmentos	Cambia el orden en el que se muestra la información	
		Texto extensible	Dependiendo del tipo de dispositivo que utiliza el usuario y de los recursos con los que cuenta, la información que se muestra puede ser más o menos grande	
Presentación	Navegación	Zoom/escalar	Escala convencional/zoom	Mecanismo que permite cambiar el tamaño de la fuente del texto o el tamaño de la imagen ya sea para aumentarlo o para reducirlo
			Ojo de pez	Permite una vista diferente sobre el contenido donde cierta información tiene un mayor enfoque con respecto a lo demás
			Resumen de fragmentos	Se genera un resumen del contenido completo, un ejemplo es pasar de una descripción textual a una imagen
		Diseño	Partición/zoom	Dependiendo de cómo se encuentre diseñada la aplicación, se divide, se reduce o amplía el contenido
			Ordenar fragmentos	Define la manera en que se realiza la organización de los fragmentos dependiendo del tipo de dispositivo
			Ajuste de la plantilla	Dependiendo de las plantillas utilizadas para el almacenamiento de los elementos visuales, ajusta este contenido considerando el tamaño de la plantilla y la resolución del dispositivo del usuario
		Organizar/ordenar enlaces	Ordena los enlaces de un sitio web basándose en el modelo de usuario y sus criterios, lo primero que se le muestran son los enlaces más relevantes. Los enlaces pueden ser contextuales (enlace con palabras clave y que está relacionado con la información que se encuentra relacionada) o no contextuales (enlaces que no se relacionan con el contenido).	
		Anotación enlace	Aumentar un enlace con comentarios que proporcionen más información sobre el enlace	
		Técnicas combinadas	Enlaces contextuales	Son enlaces de contenido que tienen contenido extra y que generalmente se describen con una palabra clave dentro del texto del enlace.
			Enlaces no contextuales	Se refiere a los enlaces estructurales de la página, como por ejemplo un menú principal
			Contenidos, enlaces de índice	Son los enlaces que muestran nuevos contenidos según el contexto o el índice definido en la página web
			Mapas locales y globales	Son representaciones gráficas en el hiperespacio como una red de nodos conectados por flechas, donde al utilizar mapas el usuario puede navegar directamente haciendo clic sobre nodo deseado
		Generar enlace	Adaptación enlace	Se adapta la lista del conjunto de botones o listas de un menú emergente, ya sea ordenándolos u ocultándolos.

Técnica			Método	Descripción	
			Adaptación URL	Se adapta el color de navegación de la URL, mostrando los enlaces que ya ha visto o no ha visto	
			Adaptación destino	Modifica el redireccionamiento del enlace que consulta el usuario	
			Dirección	Dirección local y global	Define cuál es la mejor ruta (enlaces) que el usuario puede visitar de acuerdo con su objetivo. La dirección global hace referencia a información que se puede encontrar en diferentes nodos o enlaces de la página web y la dirección local hace referencia a contenidos que solamente se encuentran almacenados en un enlace específico
			Ocultar enlace	Ocultar	Ocultar los enlaces que pueden no ser relevantes para el usuario considerando sus criterios y necesidades
				Deshabilitar	Deshabilitar los enlaces que no son relevantes para el usuario, pero que siguen manteniendo la estructura de la página web
				Remover	Eliminar los enlaces que el usuario puede visitar, basándose en sus objetivos y criterios sobre la información que desea consultar

La adaptación se puede generar de acuerdo con el contenido, a la navegación y a la presentación (Bunt et al., 2007). La adaptación de acuerdo con el contenido considera las necesidades del usuario decidiendo cuál es el contenido más relevante para el usuario. Por ejemplo, presentar a un usuario experto monumentos con mayor detalle, mostrándole aspectos del elemento de patrimonio cultural tales como el material en que se encuentra hecho y sus atributos históricos, por otro lado, para un turista, simplemente se le muestra información básica del objeto.

La adaptación por navegación y presentación involucra cómo se va a presentar la información al usuario (presentación) y la forma en que se oculta y/u ordena el contenido (navegación). Por ejemplo, un usuario prefiere contenidos de tipo video y otro usuario prefiere que los recorridos dentro de los sitios de patrimonio cultural sean con audios

Uno de los retos en la adaptación de la información, es la identificación de las características de los usuarios al momento de ofrecer los servicios, por lo que se deben tener mecanismos que almacene y actualice la información del usuario para así ofrecer servicios que se adapten a sus características y necesidades. Una forma de dar solución en la obtención y actualización de la información del usuario es utilizando reglas simples para entender lo que quiere éste quiere (De Bra, 2017).

El uso de sistemas adaptativos también soluciona el problema de la sobrecarga de la información pues tienen la habilidad de predecir de un usuario los elementos que realmente le gustaría observar según el perfil obtenido (Isinkaye et al., 2015). Estos tipos de sistemas benefician no solamente al usuario, sino también a los que proveen los servicios, ya que permite que los contenidos que se generan sean de calidad para sus usuarios.

Un ejemplo que implementa un sistema de adaptación de contenidos para el aprendizaje del patrimonio cultural es el proyecto CHIP (De Bra, 2017; Y. Wang et al., 2008), que brinda contenidos de las obras artísticas según los intereses del visitante. Para hacer adaptación considera la temática, el autor de la obra, el lugar donde se encuentra, entre otras. Específicamente, el proceso que utiliza la adaptación se muestra en la Ilustración 12. El usuario al momento de ver las diferentes obras califica cada una de ellas. Dada la calificación que brinda el usuario, el sistema basándose en las características del usuario y las de usuarios con intereses y necesidades similares, sugiere otras obras que no ha visto durante su visita.

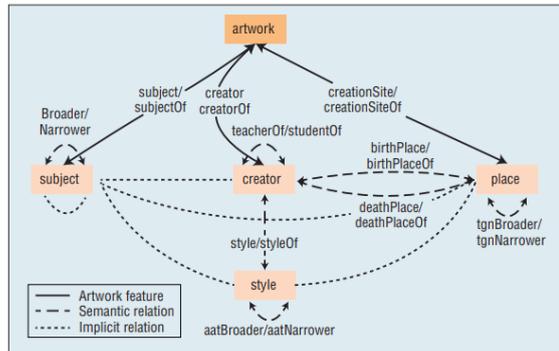


Ilustración 12. Estructura utilizada para el proyecto CHIP. Tomado de (De Bra, 2017; Y. Wang et al., 2008)

El sistema, para mantener actualizada la información y brindar mejores servicios, requiere que en ciertos momentos el usuario brinde una realimentación de cada uno de los servicios que provea el sistema (Jothi et al., 2019). Para ello, se define la forma en que se obtiene la información, cómo el sistema la va a utilizar para generar la adaptación y, finalmente, a partir de los servicios adaptados, el usuario evalúe qué tan de acuerdo se encuentra con lo que le brinda el sistema (ver Ilustración 13).

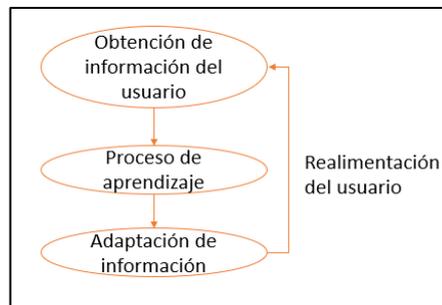


Ilustración 13. Realimentación del usuario. Tomado y traducido de (Brusilovsky, 1996)

1. **Obtención de la información del usuario:** a través de cuestionarios y del uso del dispositivo móvil, los sistemas obtienen cierta información del usuario. A partir de ésta, el desarrollador del sistema genera a un modelo de usuario y del contexto que permiten adaptar los servicios del sistema considerando las características del usuario y de su contexto. Por ejemplo, para el ámbito educativo, la información del usuario que se consideran son las habilidades cognitivas, intelectuales, estilos de aprendizaje, intereses, preferencias e interacción con el sistema.
2. **Proceso de aprendizaje:** a partir del perfil del usuario y del contexto, el sistema utiliza métodos que permiten entender cuáles son las necesidades e intereses del usuario para así adaptar los servicios. Por tal motivo, para este proceso de aprendizaje es importante mantener actualizada la información para brindar servicios que realmente considere las características del usuario.
3. **Adaptación de información:** el sistema una vez entiende lo que quiere el usuario, predice, con la información almacenada y obtenida, los servicios a adaptar basándose en sus características y necesidades.

Para mantener actualizada la información del usuario, es necesario tener una realimentación del usuario, ya sea de forma explícita, implícita o híbrida; a continuación, se definen cada uno de ellos (Jothi et al., 2019):

- 1. Realimentación explícita:** se obtiene preguntado directamente al usuario si las adaptaciones dadas son acordes a sus intereses y preferencias. Para ello se le solicita al usuario que evalúe cada pregunta.
- 2. Realimentación implícita:** de manera automática el sistema infiere las preferencias del usuario a partir de las acciones que éste realiza. Por ejemplo, el historial de navegación, el tiempo que ha estado viendo cierto contenido, el número de búsquedas realizadas de un tema, entre otras.
- 3. Realimentación híbrida:** este tipo de realimentación considera tanto la evaluación de la adaptación dada por el usuario, así como los elementos con los que ha interactuado.

El reto a la hora de implementar un sistema de adaptación es que la obtención de la información del usuario no sea intrusiva. Hay que tener claro que las características del usuario pueden cambiar con el avance del tiempo (Pechenizkiy & Calders, 2007).

Minimizarla realimentación por parte del usuario es lo más deseable, ya que reduce la intrusión y evita que los usuarios se molesten al pedir información nueva o actualizada (Pechenizkiy & Calders, 2007).

3.5.3. Segunda revisión de la literatura con respecto a la adaptación de la información en el patrimonio cultural y natural

Tras la primera revisión de la literatura, se observó en las conclusiones de algunas de las aplicaciones y de los trabajos analizados la importancia de incluir la adaptación de la información para potenciar la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. Por lo tanto, se llevó a cabo una segunda búsqueda con el objetivo de identificar qué aspectos del usuario y del contexto son considerados para generar dichas sugerencias. Además de revisar los trabajos previos que abordan la adaptación de la información, se consultaron artículos recientes en revistas científicas especializadas. Este proceso siguió los mismos pasos metodológicos que la primera revisión de la literatura, ampliando el análisis para incluir la adaptación como se muestra en la Ilustración 14.

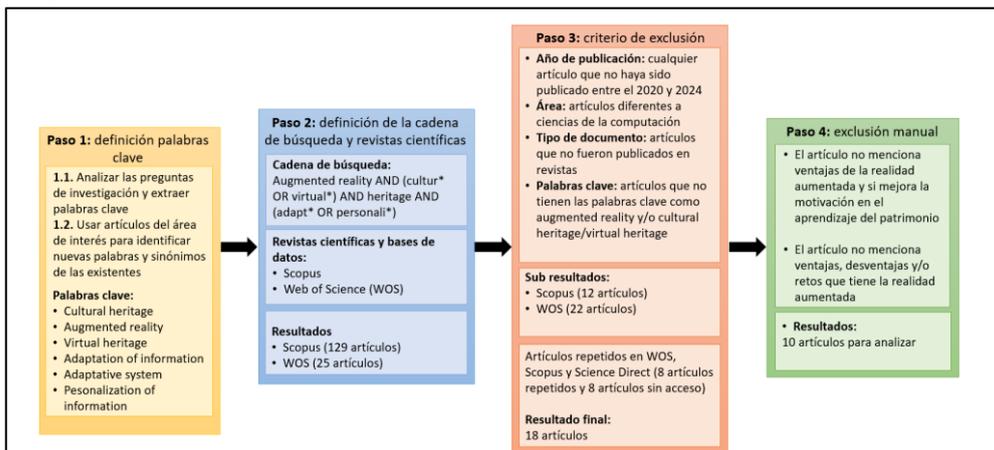


Ilustración 14. Segunda búsqueda artículos

Como palabras clave se encontró sistemas adaptativos, adaptación de información y personalización de la información. Como base, se tomó la cadena de la primera revisión de la literatura y se adicionó la adaptación y personalización para buscar los artículos en las bases de datos de Scopus y Web Of Science. La cadena de búsqueda que se generó fue la siguiente:

Augmented reality AND (cultur* OR virtual*) AND heritage AND (educat* OR learn*) **AND (adapt* OR personal*)**)

Como resultados, en Scopus se obtuvieron 129 artículos y en WOS 25 artículos. Como criterios de exclusión se eliminaban artículos que no cumplieran los siguientes criterios:

- **Año de publicación:** artículos publicados entre el 2020 y 2024
- **Área:** artículos relacionados a las ciencias de la computación
- **Tipo de documento:** artículos publicados en revistas científicas o conferencias
- **Palabras clave:** artículos que tuvieran las palabras clave de realidad aumentada y patrimonio cultural o virtual

De esta exclusión de Scopus se obtuvo 12 artículos y de WOS 22 artículos de los cuales 8 estaban repetidos y 8 no se tuvieron el acceso para revisarlos, obteniendo un total de 18 artículos. Para la exclusión manual, se tuvieron los mismos criterios de la primera búsqueda, por lo que finalmente se obtuvo un total de 10 artículos nuevos para analizar.

A continuación, se describen los conceptos relevantes de esta tesis para entender lo que es patrimonio cultural y natural, cuáles son las tecnologías inmersivas, qué es la motivación, qué es la co-creación y finalmente qué es y cómo se utiliza la adaptación de la información.

Después de este análisis, se procede a realizar una segunda revisión de la literatura en el que se consideró la adaptación de la información (como se muestra en la Ilustración 14). Para esta segunda revisión, se consideraron los trabajos de la primera revisión de la literatura que tienen características de adaptación y se agregaron los nuevos artículos encontrados.

Para realizar la clasificación de estos nuevos trabajos se realizó una taxonomía y un análisis de cada uno como se muestra en la Tabla 8. La taxonomía que se utilizó para la adaptación de la información es la que se describe en (Knutov, 2012) sobre las técnicas, los métodos y los sub-métodos que se utilizan para adaptar la información. Además de esta taxonomía se consideraron otras características que se explican a continuación:

1. **Adaptación de información:** taxonomía presentada en (Knutov, 2012). En la Tabla 8, las filas de color amarillo claro.
2. **Modelos de adaptación:** los modelos que se han definido son el modelo de usuario, el de contexto y del elemento patrimonial. En la Tabla 8, las filas de color lavanda.
3. **Tipos de medios de contenidos asociados:** si la aplicación utiliza audios, imágenes, vídeos, modelos 3D, sitios web, archivos PDF o textos. En la Tabla 8, las filas de color azul claro.
4. **Tecnología:** el tipo de tecnología de la realidad extendida que utiliza para mostrar los contenidos de los elementos patrimoniales que puede ser por realidad aumentada o realidad virtual. En el caso de las aplicaciones que no utilizan ninguna de éstas, el acceso a los contenidos es a través de un servidor web. En la Tabla 8, las filas de color verde claro.
5. **Tecnología de activación:** define la forma en que se activa la tecnología para mostrar los contenidos virtuales, que puede ser por la cámara del dispositivo móvil realizando el reconocimiento de la imagen o mediante sensores. Para el caso de la tecnología de activación por cámara, ésta se ejecuta cuando en la imagen reconoce un patrón como un código de barras, un código QR o una imagen. Para el caso de los sensores, se utilizan

diferentes tipos para determinar la ubicación del usuario (GPS, sensores radio frecuencia (RFID), beacons que se activan por Bluetooth, NFC cuyo sensor sirve para intercambiar datos entre otros dispositivos, sensores inerciales, sensores acústicos o sensores electromagnéticos). En la Tabla 8, las filas de color verde oscuro.

6. **Aplicación:** sistema operativo en el que fue desarrollado la aplicación, ya sea en Android (A), iOS (I), web (W) u otro tipo (O), ya sea en Linux, Windows o Mac para el caso de aplicaciones que han sido desarrollado como sitios web. En la Tabla 8, las 4 primeras filas de color gris.
7. **Ambiente de ejecución:** define para qué tipo de espacios o equipamientos patrimoniales se ha desarrollado la aplicación. La I hace referencia a que la aplicación ha sido desarrollada para que funcione en ambientes interiores como por ejemplos museos y edificios patrimoniales y la hace referencia E que ha sido desarrollada para que funcione en ambientes exteriores como, por ejemplo, parques naturales y excavaciones arqueológicas. En la Tabla 8, las filas siguientes dos filas de color gris.
8. **Multilinguaje:** hace referencia a si la aplicación está implementada para que funcione en diversos idiomas. En la Tabla 8, la penúltima fila de color gris.
9. **Co-creación:** hace referencia a aquellos trabajos que permiten que los usuarios sean partícipes de la creación de los contenidos patrimoniales. En la Tabla 8, la última fila en color gris.

En la Tabla 8, se ha incluido una última columna que menciona las características que se consideran para la aplicación a desarrollar llamada Motiv-ARCHE que se presenta más adelante en este documento.

En relación con las técnicas de adaptación se puede observar que 21 artículos utilizan algún método/sub-método para realizar la adaptación a nivel de contenidos, 23 para realizarla a nivel de presentación y 23 para realizarla a nivel de navegación.

En relación con el modelo de adaptación, la totalidad de los trabajos consideran el submodelo de usuario excepto dos trabajos que no consideran ningún submodelo. Además, este modelo suele utilizarse de manera conjunta con uno de los otros submodelos e incluso con los otros dos. El submodelo de contexto es utilizado más frecuentemente que el submodelo de elemento patrimonial. En el capítulo 7 se describe con mayor detalle los trabajos que utilizan algún submodelo de adaptación, las variables que se consideran para adaptarla y lo que adapta. Se analizan estos trabajos en adaptación para identificar las características que son importantes considerar a la hora de adaptar la información e incluirlas en los submodelos que se proponen para esta tesis.

En relación con los tipos de medios asociados a los contenidos que se utilizan para realizar la explicación de los elementos patrimoniales, generalmente es mucho más frecuente el uso de sitios web, audio guías e imágenes, pero también se usan vídeos y modelos 3D. Aunque para mostrar los contenidos, incluir archivos PDF y textos, cubrirían más formas de interactuar con los elementos patrimoniales y se aprovecharía mejor lo que ofrece la realidad aumentada y la realidad virtual, ya que los archivos PDF no han sido considerados en ninguno de los 27 trabajos.

Tabla 8. Segundo análisis trabajos relacionados (adaptación)

Adaptación de la información (25)		Contenido (21)		Técnica																						Total	Motiv-ARCHE																
				Método	Sub-método																																						
		Presentación (23)		Navegación (23)																																							
				Insertar/eliminar fragmentos		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	X		
				Alterar fragmentos					X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10				
				Ocultar fragmentos							X																X													3	X		
				Ordenar fragmentos			X																																	2	X		
				Estirar texto																																					1		
		Zoom/ escalar		Zoom convencional			X	X			X	X															X	X												6	X		
				Ojo de pescado																																						0	
				Resumen de fragmentos																																							0
		Diseño		Partición/zoom																									X													1	X
				Reordenar																																						0	
				Ajuste de planilla					X	X									X									X				X										5	
				Organizar/ordenar enlaces																										X												1	X
				Anotación enlace																																						0	
				Enlaces contextuales																																						0	

Tipos de medios de contenidos asociados (todos)	Tipos de medios de contenidos asociados (todos)																												
	(Kourouthanassis et al., 2015)	(Stock et al., 2007)	(Chang et al., 2014)	(Kuflik et al., 2015)	(Y. Wang et al., 2008)	(Partarakis et al., 2016)	(Tavčar et al., 2016)	(Batet et al., 2012)	(Bujari et al., 2017)	(Damaia et al., 2012)	(Sintoris et al., 2015)	(Ruotsalo et al., 2013)	(Yang et al., 2022)	(Mase et al., 1996)	(Bonis et al., 2009)	(Bartolini et al., 2016)	(Alexandridis et al., 2019)	(Khundam & Noël, 2021)	(Noh & Song, 2021)	(Lanir et al., 2011)	(Cardoso et al., 2020)	(Rattanaungrot & White, 2016)	(Oppermann & Specht, 1999)	(Terrenghi & Zimmermann, 2004)	(Dow et al., 2005)	(Barile et al., 2014)	(Banfi et al., 2019)	Total	Motiv-ARCHE
Audio			X			X				X										X			X	X	X	X	X	8	X
Imagen			X	X		X				X	X		X					X		X	X	X	X			X	X	12	X
Vídeo		X				X				X		X										X					X	5	X
Modelo 3D										X			X	X				X	X			X				X	6	X	
Sitio web					X			X	X			X				X	X	X					X			X	9	X	
Archivo PDF																											0	X	
Texto	X		X				X		X		X		X								X	X					8	X	
Realidad aumentada	X	X	X	X		X				X	X		X							X	X	X			X	X		13	X
Realidad virtual							X						X	X				X	X								X	5	
Servidor web					X			X	X			X				X	X	X			X		X		X		10	X	
Imagen			X			X				X												X					4	X	
GPS	X						X	X	X			X				X	X								X		8	X	
RFID		X			X						X	X											X	X			6		
Beacon		X																		X							2		
NFC				X							X																2		
Otro											X		X	X	X			X	X							X	X	7	

En cuanto a los trabajos relacionados se encontró que, para adaptar la información 22 consideran características del usuario, 18 características del contexto y 15 características de los elementos patrimoniales. En cuanto a las características del usuario se consideran intereses y preferencias con respecto al tipo de medios que se utilizan para mostrar los contenidos patrimoniales y las temáticas de interés, la ocupación del usuario, su edad, su nivel educativo, el autor de la obra y el periodo histórico. En cuanto al contexto se considera la ubicación del usuario y del elemento patrimonial, la luminosidad, el ruido del ambiente, los horarios de apertura y cierre, los medios de transporte, el tipo de dispositivo móvil y el tiempo atmosférico. Finalmente, del elemento patrimonial se considera el nombre del artista, el estilo, la ubicación, el año de creación, el material, la temática, el color, el tamaño, los horarios de visita y los tipos de medios a los que se utilizan para acceder desde el dispositivo.

En relación con la tecnología inmersiva, la mayoría de las aplicaciones utilizan la realidad aumentada, aunque ambas tecnologías han demostrado que tienen la capacidad de mejorar la experiencia de los usuarios al permitir que se pueda obtener más información de un elemento patrimonial al mostrar contenidos virtuales sin tener que ocupar un espacio físico para explicarlo (Alnagrat et al., 2022; Wojciechowski et al., 2004). Además, el uso de estas tecnologías permite que el usuario tenga una experiencia más realista como la que se describe en (Seran Bria et al., 2018) al permitir que exista una interacción directa con los contenidos.

Dependiendo del ambiente en el que se encuentra desarrollada la aplicación, se utiliza ciertos elementos (sensores o imágenes) para la activación de la tecnología implementada. Por ejemplo, para los ambientes externos, la mayoría utilizan el GPS, pero en cambio para ambientes internos se utiliza la activación por imágenes o sensores de aproximación como los RFID, beacons y NFC. Para el caso de las aplicaciones que utilizan como tecnología la realidad virtual los sensores que utilizan son GPS u otro tipo de sensor (acústico, electromagnético o inercia).

Finalmente, a pesar de que la co-creación, es decir que los usuarios sean partícipes en el desarrollo de los contenidos patrimoniales, mejora la experiencia de los usuarios al realizar la visita patrimonial (Connolly, 2015; Ribes-Giner et al., 2016; Sintoris et al., 2015) entre los trabajos analizados únicamente se ha encontrado un trabajo en el que se use la co-creación, la realidad aumentada y la adaptación de la información.

En la Tabla 8 para comparar Motiv-ARCHE con los trabajos previos, se ha añadido una última columna detallando las características de la última versión de Motiv-ARCHE. En la columna correspondiente a Motiv-ARCHE se indican los métodos de adaptación, los submodelos de adaptación considerados, los tipos de medios utilizados, los métodos de activación de la realidad aumentada, los dispositivos compatibles, el ambiente de ejecución, la funcionalidad de multilenguaje y la posibilidad de co-creación, detallando las características que se utilizan en la última versión de la aplicación presentada en esta tesis.

3.5.4. Adaptación de información en el patrimonio cultural y natural

En el momento de presentar la información relacionada con los elementos patrimoniales es necesario adaptarla para no sobrecargar a los usuarios de información que no sea de su interés (Kuflik et al., 2011), por lo que hay que considerar las características, las necesidades (Marienko et al., 2020) y el tiempo que tienen disponible los usuarios para visitar los elementos patrimoniales (Ardissono et al., 2012).

En la literatura se evidencia que los museos tienen mucha información asociada a cada uno de los elementos patrimoniales, pero no siempre se le brinda de la mejor forma a los usuarios y se les genera sobrecarga de la información y esto afecta a la experiencia del usuario al realizar la visita (Kuflik et al., 2011). Dependiendo del objetivo del usuario al realizar la visita al sitio patrimonial, se le debe mostrar información relevante, conforme a su objetivo, sus características y necesidades.

Cada usuario posee características y necesidades diferentes, lo que los convierte en un grupo heterogéneo. (Falk, 2009) identifica y clasifica los diferentes tipos de visitantes de sitios patrimoniales, destacando las características principales para tener en cuenta para asegurar que cada uno tenga una experiencia satisfactoria. Cada visitante en el momento de realizar la visita de los museos tiene diferentes objetivos, por lo que es importante adaptar la información a sus características y sus necesidades para mejorar su experiencia con los elementos patrimoniales.

En cuanto a las necesidades, no todos los visitantes disponen del mismo tiempo para recorrer los sitios patrimoniales (Ardissono et al., 2012) por lo que al adaptar la información según la disponibilidad de cada usuario mejora su visita a los elementos patrimoniales.

Por ejemplo, los museos virtuales que ofrecen tours con la misma información para todos los usuarios no satisfacen sus necesidades al mostrar contenidos que no le interesan al usuario por lo que es necesario adaptar la información que se le proporciona (Brusilovsky & Maybury, 2002).

También uno de los retos de implementar la adaptación, específicamente en el ámbito patrimonial, es mostrar dichos contenidos a usuarios que visitan los sitios por primera vez, dado que la mayoría de las veces, los turistas que los visitan generalmente solo lo harán una vez (Ardissono et al., 2012). Sin embargo, por todo el avance tecnológico la exploración del patrimonio cultural y natural es un proceso continuo donde los visitantes pueden interactuar y visitar nuevamente estos sitios a través del internet.

Otro aspecto que es relevante es la falta de espacio físico para mostrar gran cantidad de material sobre los elementos patrimoniales (Ardissono et al., 2012; Wojciechowski et al., 2004). El uso de la tecnología les ha permitido mostrar toda esta información a los usuarios que quiera obtener más detalles de un elemento patrimonial (Ardissono et al., 2012).

Entre las técnicas de adaptación, la que se relaciona al contenido se ha utilizado para cambiar la cantidad de información que se le da al usuario, aunque muchas veces se ignoran en este tipo de adaptación características externas como las del contexto del usuario, por lo que también son importantes para mejorar su experiencia. A partir de las técnicas de adaptación, la que se relaciona al contenido se ha utilizado para cambiar la cantidad de información que se le da al usuario, pero muchas veces se ignoran en este tipo de adaptación características del contexto del usuario, por lo que las características externas al usuario también son aspectos que mejoran la experiencia del usuario. En (Not & Petrelli, 2013), se considera que realizar una visita a un sitio patrimonial es una actividad social pues se interactúa con otros tipos de visitantes, y por ello la comunicación entre los gestores patrimoniales y visitantes debe ser lo mejor posible.

Generalmente los usuarios, antes de realizar una visita a los sitios patrimoniales, se toman su tiempo para investigar qué exhibiciones son las que deben o les falta visitar. Por otra parte, los gestores patrimoniales de los museos esperan enganchar a los usuarios con sus exhibiciones implementando experiencias más personalizadas y esto se puede obtener a través del uso del internet (Y. Wang et al., 2009). En otras palabras, combinar internet, dispositivos móviles y tecnologías inmersivas con la información que se muestra de manera física en los sitios patrimoniales permitiría que los usuarios se sientan más interesados en visitarlos. Por tal motivo, es importante generar experiencias únicas según las características del usuario cambiando lo que

es normalmente hasta ahora un monólogo del museo por información centrada en el usuario (Y. Wang et al., 2009).

Uno de los retos que tienen los museos es implementar estos mundos considerando los intereses y necesidades del usuario, donde se incluya la información virtual de lo que se encuentra dentro del museo (Y. Wang et al., 2009).

Los retos (Y. Wang et al., 2009) en los que han trabajado los museos son en cómo llamar la atención de los usuarios en sus exhibiciones, qué tipo de servicios son los que se deben personalizar en los sitios web y dentro del museo y cómo se enlazan la experiencia previa del usuario al revisar el sitio web del museo con la experiencia una vez se encuentre de manera presencial en este. Dado el punto de vista de las ciencias de la computación (Y. Wang et al., 2009), los retos son cómo enriquecer la información del museo con los contenidos digitales, cuál es el método para sugerir elementos patrimoniales basándose en los intereses y necesidades del usuario, cómo se debe construir el sistema para que el sistema sea dinámico e interactivo y cómo crear los museos personalizados en línea para convertirlos también en visitas a través del dispositivo móvil.

Con el avance tecnológico y la cantidad de información que se manejan en los diferentes sitios patrimoniales es necesario la adaptación de la información para que los visitantes de estos sitios no se sientan abrumados por la información y para que tengan una buena experiencia de la visita (Pechenizkiy & Calders, 2007).

La adaptación en el patrimonio cultural y natural ayuda a los visitantes a seleccionar y filtrar información que sea relevante, evitando generar la pérdida de tiempo en el momento de consultar los contenidos y mejorando la usabilidad en la navegación de los contenidos virtuales de las exhibiciones presentadas (Pechenizkiy & Calders, 2007). De igual manera, la adaptación ayuda a obtener una mayor cantidad de información y a que haya un crecimiento en el público diverso que existe en estos sitios, ya que características como la edad, nivel de educación, estilo de aprendizaje y conocimientos afecta en la experiencia del usuario en los sitios patrimoniales para cambiar el sentido de interactuar con los visitantes.

3.6. Resumen y conclusiones del capítulo

A partir de la revisión de la literatura y de los trabajos relacionados analizados en el capítulo 2, se definen los conceptos relevantes para esta tesis. Los conceptos que se consideraron fueron:

Patrimonio cultural y natural: se divide en elementos patrimoniales tangibles e intangibles. Los elementos patrimoniales tangibles son todos los elementos físicos como los monumentos, las pinturas, las esculturas, entre otras. En cambio, los elementos patrimoniales intangibles son las tradiciones orales, los rituales, las prácticas, entre otras. Para el caso del patrimonio natural son todos los elementos que no han sido hechos ni manipulados por el ser humano pero que la UNESCO considera que son patrimonio de la humanidad.

La UNESCO y la CEP se preocupan por el mantenimiento de los elementos patrimoniales, por lo que utilizar estrategias como las tecnologías de la realidad mixta son posibles soluciones para conservar y preservar los elementos patrimoniales para las generaciones actuales y futuras.

Realidad extendida: este concepto se compone por tres tecnologías inmersivas llamadas realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta. En el capítulo se describen con detalle los tipos de dispositivos que se utilizan, los métodos para activar y visualizar los contenidos, las herramientas actuales que existen para desarrollar este tipo de aplicaciones, los ambientes en que se ejecutan y el uso de estas tecnologías en el patrimonio cultural y natural.

El uso de las tecnologías inmersivas en el patrimonio cultural y natural brinda beneficios como la conservación y construcción de los elementos patrimoniales que se encuentran degradados o destruidos, mejora la experiencia de los usuarios al mostrar contenidos virtuales, genera nuevos medios para ver los contenidos, no requieren de un espacio físico para mostrar la información del elemento, motiva a que los usuarios visiten los sitios patrimoniales, mejora el rendimiento y comprensión de lo que se está aprendiendo. Comparándolos con los métodos tradicionales brindan al usuario experiencias interactivas con los contenidos. No obstante, una de las dificultades que tienen los expertos patrimoniales es que, si quieren usar estas tecnologías, tienen que conocer su funcionamiento.

Motivación: se define como las razones o interés que impulsan a una persona a realizar alguna acción o actividad para alcanzar un objetivo. Se divide en intrínseca y extrínseca. La motivación intrínseca se genera cuando la acción o actividad que se esté realizando se hace porque genera un beneficio propio. En cambio, en la extrínseca, la acción o actividad que se realiza es obtener una recompensa. La acción o actividad que se realice puede ser por ambos motivos o por uno solo.

Desde el punto de vista del aprendizaje patrimonial, las aplicaciones que utilizan métodos como la gamificación se enfocan en la motivación extrínseca al brindar una recompensa por completar la acción o actividad, a diferencia de la motivación intrínseca en la que la motivación se obtiene por lo relevante que es la información para el usuario. No obstante, para atraer a que los usuarios visiten los sitios patrimoniales es necesario brindar experiencias que hagan que recuerden lo que hicieron y el motivo por el que lo visitaron. Para poder aumentar la motivación de los usuarios es importante considerar el tipo de usuario que está realizando la visita. Falk los divide en:

- **Explorador:** visita un museo solamente por explorar y descubrir que es lo que hay en la exhibición.
- **Facilitador:** persona allegada que busca mostrar a los demás la experiencia que tuvo al visitar el museo.
- **Buscador de experiencias:** busca nuevas experiencias sin importar el tiempo y la energía que se requiera para ver lo que se exhibe en un museo. Generalmente, es aquel que toma su tiempo para tomar fotografías y apreciar los elementos patrimoniales.
- **Profesional o hobby:** visita el museo porque se muestran temas de su interés o porque trabajan en esa área.
- **Recargado:** visita un museo como una actividad de relajación.

Co-creación: se define como la creación en colaboración en el que las partes interesadas participan activamente con los productores de un producto o un servicio de forma colaborativa. Este enfoque ha sido aplicado en ámbitos empresariales, pero también se ha utilizado en ambientes educativos.

Desde el punto de vista del aprendizaje del patrimonio cultural y natural es una forma en que los usuarios se involucren y se interesen en preservar su historia para la generación actual y las futuras. Además, al permitir que los usuarios ayuden a crear contenidos para las exhibiciones, se enriquece el conocimiento, se generan conexiones emocionales, se fomenta la sostenibilidad y se mejora la difusión hacia otros usuarios para que visiten este tipo de sitios.

Adaptación de información: desde el punto de vista tecnológico, la adaptación de información es un proceso que ajusta las propiedades de un sistema según los requisitos del usuario y los cambios constantes en su contexto.

Implementar este concepto en el patrimonio cultural y natural es fundamental, ya que uno de los problemas comunes en museos es la abundancia de información sobre un elemento patrimonial lo que puede sobrecargar al usuario con contenido que no es de su interés. La adaptación de información permite filtrar y presentar solo aquello que es relevante para cada usuario.

Para implementar la adaptación es necesario definir un submodelo de usuario que identifique qué características deben considerarse para adaptar la información según sus intereses y necesidades. También se debe especificar la forma de obtener estas características. Esto puede realizarse de forma explícita (a través de encuestas o formularios) o implícita (utilizando datos de la interacción del usuario con el sistema).

Para adaptar la información hay que definir y seleccionar técnicas y métodos de adaptación adecuados, los cuales pueden centrarse en el contenido (qué información mostrar), la presentación (cómo mostrarla) y la navegación (el acceso a la información adaptada).

De las revisiones literarias se concluye que:

- Instituciones diferentes a la UNESCO tales como el CEP, así como los museos, también buscan la conservación de los elementos patrimoniales tangibles e intangibles tanto para la generación actual como las futuras, ya que les preocupa la degradación de los elementos (patrimoniales y naturales) que son afectados por condiciones climáticas y factores humanos.
- Para evitar la pérdida de los elementos patrimoniales, una solución corresponde a las tecnologías de información y comunicación. Estas tecnologías han sido utilizadas en el turismo con el objetivo de motivar a los visitantes para que conozcan los sitios patrimoniales; cabe mencionar que esto también es una manera de conservar, así como de preservar los elementos patrimoniales con contenidos virtuales.
- Para incentivar a los usuarios a visitar un elemento patrimonial es importante considerar tanto la motivación como la experiencia de la visita, por lo que, el contenido mostrado debe alinearse con los intereses y necesidades del usuario.
- Se ha encontrado que no todas las exhibiciones en los museos son adecuadas para todos los públicos, en particular para los adolescentes, ya que es una población que frecuentemente no es tomada en cuenta a la hora de diseñar estas exhibiciones, las cuales están más orientadas ya sea a un público mayor o a expertos en arte o en patrimonio
- Dado que los museos tienen una gran cantidad de información, esto puede causar sobrecarga cognitiva al visitante, por lo que la implementación de sistemas adaptativos permitirá mostrar aquella información que es relevante para cada usuario. Uno de los principales objetivos es que el usuario sienta que la aplicación está hecha a su medida y que “considera” sus necesidades de información, tomando en cuenta sus características y las de su entorno.
- Para las instituciones patrimoniales, atraer a los usuarios a que visiten los elementos patrimoniales es fundamental, por lo que no solo es importante los servicios que ofrecen en el sitio, sino que también es relevante el identificar la interacción de los usuarios con los contenidos asociados a cada elemento patrimonial con el fin de mejorar su experiencia de la visita y que esta información ayude a satisfacer su necesidad de información.

- Las tecnologías inmersivas que se encuentran en la XR son métodos que ayudan a preservar los elementos patrimoniales y naturales; a diferencia de los métodos tradicionales, estas tecnologías mantienen la autenticidad del elemento al replicarlo a través de modelos virtuales.
- Las tecnologías inmersivas han sido utilizadas en diferentes áreas, incluyendo el patrimonio cultural y natural; estas tecnologías han contribuido a presentar contenidos asociados a los elementos patrimoniales, así como a enriquecer la percepción a través de los sentidos del usuario.
- La motivación para que un usuario visite un sitio patrimonial se encuentra vinculado con el interés de lo que se exhibe; no sólo es importante lo que se va a mostrar, sino la manera de hacerlo, todo esto con el objetivo de mejorar su experiencia e interacción con la aplicación.
- La co-creación para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural es una forma de motivar a que los usuarios tengan un sentido de pertenencia, generen conocimiento y promuevan la visita de los elementos patrimoniales de una manera compartida con otras personas. Además, se convierte en una manera de enriquecer un elemento con diversos contenidos generados, mostrando diversas perspectivas de este.
- Uno de los problemas que limita el uso de las tecnologías inmersivas consiste en que el hecho de crear contenidos virtuales requiere de conocimientos avanzados en su manejo. Por ello, desarrollar una aplicación que permita a cualquier usuario generar estos contenidos sin necesidad de tener experiencias previas, ayudaría a incrementar su adopción en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural y a reducir su posible temor en el uso de tecnología que aparentemente puede llegar a ser compleja.

En este capítulo no solo se definieron estos conceptos, sino que también se realizó una segunda revisión de la literatura y una tabla comparativa para ampliar, identificar y seleccionar las características que utilizan los trabajos relacionados y los que se han utilizado en esta tesis para adaptar la información.

Con esta información se van a definir en los siguientes capítulos los métodos empleados para adaptar los contenidos (inserción, eliminación, ocultamiento y ordenación). Los medios utilizados para mostrar estos contenidos (audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, archivos PDF y/o textos). La tecnología inmersiva que se va a utilizar es la realidad aumentada y los elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas que se van a almacenar en un servidor web.

En capítulos posteriores también se va a presentar la aplicación Motiv-ARCHE en la que la activación de la realidad aumentada se va a realizar mediante posición geográfica y/o reconocimiento de imágenes. La aplicación va a ser compatible con dispositivos Android, iOS y navegadores web, va a funcionar en entornos internos y externos, va a estar disponible en español, inglés y catalán, y va a permitir la co-creación de contenidos.

CAPÍTULO 4 - MODELOS DE EVALUACIÓN

En este capítulo se analizan y se describen diversos test que han sido utilizados en diferentes trabajos relacionados para evaluar la aceptación tecnológica, la motivación, la co-creación y la adaptación de información (ver sección 7.5) en diferentes entornos educativos y patrimoniales. En las siguientes subsecciones se explica en detalle cómo funciona cada uno de los test y cómo se utilizan para evaluar estas características en ambientes educativos y patrimoniales.

4.1. Aceptación tecnológica

En (Vlachogianni & Tselios, 2022) se menciona que las tecnologías de información y comunicación (TIC) en ámbitos educativos han tomado fuerza porque son formas en la que los estudiantes pueden aprender a su propio ritmo y estilo de aprendizaje. Sin embargo, la implementación de la tecnología por sí sola no mejora el proceso en el aprendizaje del estudiante, ya que para que funcione se deben considerar características de la tecnología como lo es la usabilidad percibida ya que tiene un alto impacto en la experiencia del aprendizaje y en el rendimiento académico. En esta sección se describen diferentes test que se utilizan para evaluar la usabilidad percibida, así como artículos que las han utilizado.

4.4.1. Test de aceptación tecnológica

Para evaluar la usabilidad percibida en (Brooke, 1996) desarrolló una escala de usabilidad del sistema (SUS – *System Usability Scale*) que es un test psicométrico confiable gratuito y ha sido utilizada en varias aplicaciones. Este test es un cuestionario con 10 preguntas (las impares se plantean de manera positiva y las pares de manera negativa) en el que se responde con una escala de Likert entre 1 y 5. El resultado del test se calcula a partir del resultado de las preguntas. Para las impares se le resta 1 al valor seleccionado y para las pares al valor de 5 se le resta el valor seleccionado. Posteriormente se suman los puntajes de cada una y al total se multiplica por 2,5 obteniendo un valor entre 0 y 100. Si el resultado es mayor de 51 la usabilidad es aceptable, de 72 a buena y si es mayor de 85 a excelente.

Por otra parte, el test TAM (*Test Acceptance Model*) fue desarrollado en (Fred & Davis, 1989). Trata de explicar cómo y por qué los usuarios utilizan ciertas tecnologías. Este test se centra en la utilidad percibida, que hace referencia al uso de la tecnología mejora el desempeño en ciertas actividades, y en la facilidad de uso percibida, que se relaciona a la facilidad de uso de la tecnología (ver Ilustración 15). No obstante, este modelo ha ido actualizándose con otras variables. La última versión que se tiene de este modelo es el TAM3 que fue definida en el 2008.

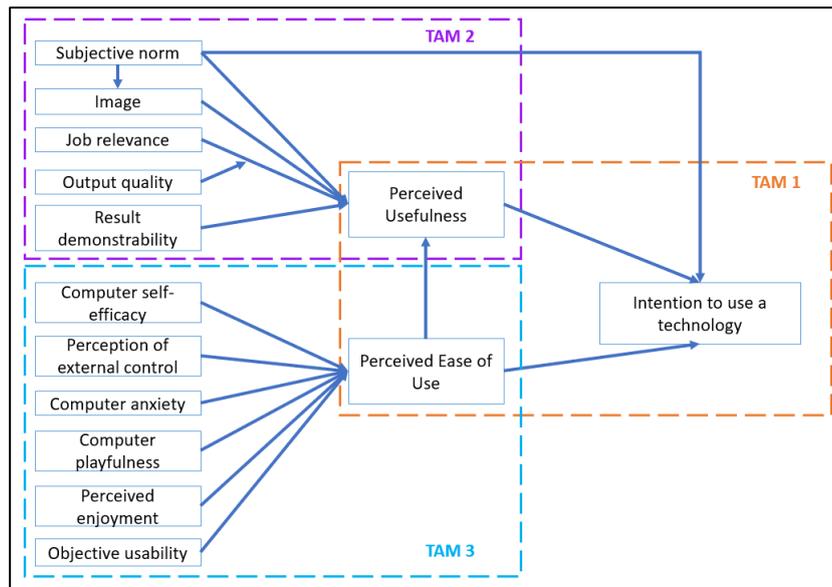


Ilustración 15. Test TAM, TAM2 y TAM3. Tomado de (Sukacké, 2019)

A pesar de que en muchas aplicaciones se ha utilizado el test TAM para evaluar la usabilidad del sistema (Ain et al., 2016; Marto et al., 2023), uno de los problemas que tiene, es que el test no incluye variables que evalúen la intención del usuario de utilizar una nueva tecnología, a diferencia del test UTAUT (*Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*), ni variables que investiguen el contexto de uso del consumidor como el que se considera en el UTAUT2 (Cardoso et al., 2020).

El test UTAUT y UTAUT2 (Ain et al., 2016) busca comprender y predecir la aceptación de la tecnología por parte de los usuarios evaluando 4 variables en el UTAUT y 3 variables adicionales en el UTAUT2 relacionados con la intención y el comportamiento de uso: (1) expectativa de desempeño, (2) expectativa de esfuerzo, (3) influencia social, (4) condiciones facilitadoras, (5) motivación hedónica, (6) valor percibido y (7) hábito (ver Ilustración 16). Este test se ha utilizado en sistemas de gestión de aprendizaje (LMS – *Learning management systems*). Sin embargo, una variable que se utiliza para medir la usabilidad es el precio que se paga por el sistema, por lo que en ámbitos educativos esta variable puede ser irrelevante dado que lo que más valor tiene es el tiempo y el esfuerzo que se requiere para aprender la temática que se está explicando.

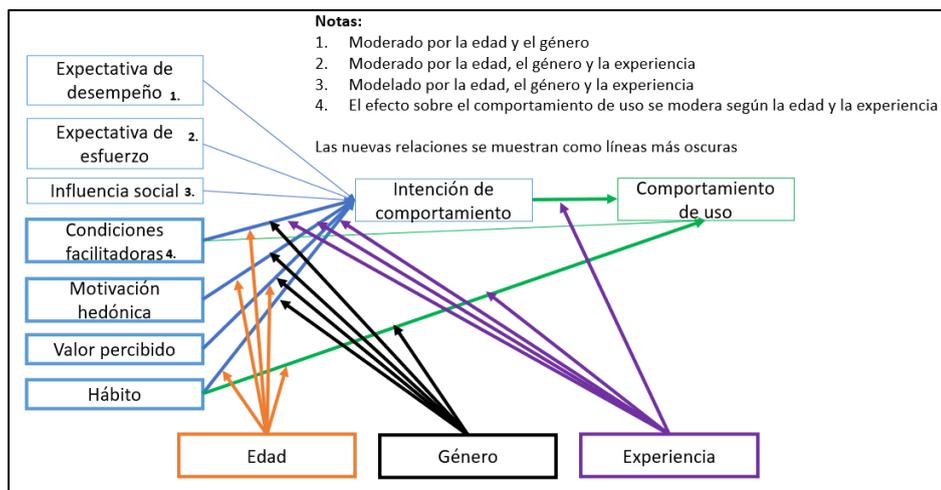


Ilustración 16. Test UTAUT2. Tomado y adaptado de (Ain et al., 2016)

En (Marto et al., 2023) realizan una revisión sistemática de los diferentes test de aceptación tecnológica. Marto propone un nuevo test para evaluar la intención de uso de la realidad aumentada, específicamente para sitios patrimoniales llamado ARAM (*Augmented Reality Acceptance Model*). Este test se basa en la UTAUT para medir la expectativa de desempeño, la expectativa de esfuerzo, la influencia social, y las condiciones facilitadoras, aunque se le adiciona la ansiedad informática y la motivación hedónica. Más adelante se definen estos términos.

El test está compuesto por 28 preguntas que se evalúan con una escala de Likert de 1 a 7 donde 1 es totalmente en desacuerdo y 7 totalmente de acuerdo. El test fue validado con 528 participantes y los resultados confirman que es un test fiable para evaluar el uso de la realidad aumentada en entornos patrimoniales (Marto et al., 2023). En este caso, se mide la intención conductual de los usuarios al utilizar la realidad aumentada cuando visitan un sitio patrimonial. Para ello considera las siguientes variables para determinar la intención del comportamiento y se basan en el modelo UAUT:

1. **Expectativa de desempeño (PE – *Performance Expectancy*)**: grado en que el usuario puede beneficiarse del uso del sistema tecnológico. Para el caso de ARAM hace referencia a la cantidad de información, la rapidez en su obtención, el interés y la exploración. Para evaluar esta variable se hacen 4 preguntas.
2. **Expectativa de esfuerzo (EE – *Effort Expectancy*)**: grado de facilidad asociado al uso del sistema. En ARAM se considera la facilidad de uso, la claridad en la interacción y la facilidad para volverse hábil. Para evaluar esta variable se hacen 3 preguntas.
3. **Influencia social (SI – *Social Influence*)**: grado en que una persona percibe que todas las personas importantes para ella creen que debería usar el sistema. En ARAM se considera la opinión de amigos y familiares, la influencia de amigos y familiares, así como la influencia de las personas de alrededor. Para evaluar esta variable se hacen 3 preguntas.
4. **Condición facilitadora (FC – *Facilitating Conditions*)**: grado en que la persona cree que tiene las condiciones necesarias para acceder a la tecnología. En ARAM se considera la entrega de recursos adecuados, el conocimiento adecuado, la compatibilidad con otras tecnologías y la ayuda disponible. Para evaluar esta variable se hacen 4 preguntas.
5. **Ansiedad informática (CA – *Computer Anxiety*)**: grado de aprensión o miedo de la persona ante la posibilidad de utilizar un nuevo sistema tecnológico. Esta variable ha sido agregada a este modelo y para evaluarla consideran el nerviosismo, la inseguridad y el miedo. Para evaluar esta variable se hacen 3 preguntas.
6. **Motivación hedónica (HM – *Hedonic Motivation*)**: grado de placer y dominio que experimenta la persona al interactuar con el sistema. Esta variable ha sido agregada a este modelo y para evaluarla consideran la diversión, la estimulación y el dominio. Para evaluar esta variable se hacen 3 preguntas.
7. **Expectativa de confianza (TE – *Trust Expectancy*)**: grado en que una persona confía en la información que percibe mientras utiliza el sistema tecnológico. Evalúa la credibilidad, la fiabilidad y confiabilidad que percibe al ver los contenidos aumentados. Para evaluar esta variable se hacen 3 preguntas.
8. **Innovación tecnológica (TI – *Technological Innovation*)**: grado de características innovadoras deseables que se introducirán en el sistema tecnológico. Para este caso está enfocado en los estímulos auditivos, olfativos, y hápticos. Para evaluar esta variable se hacen 3 preguntas.
9. **Intención de comportamiento (BI – *Behavioral Intention*)**: disposición o intención del usuario en utilizar la tecnología de realidad aumentada en el futuro. Para evaluarla, consideran la intención de utilizar la realidad aumentada en entornos patrimoniales de forma frecuente, lo antes posible y en el futuro. Para evaluar esta variable se hacen 3 preguntas.

El test que se muestra en la Ilustración 17 menciona que para validar la tecnología se plantearon 8 hipótesis para saber que variables se encuentran influenciadas en el uso del sistema. Para el planteamiento de estas hipótesis se consideraron las relaciones entre variables del test UTAUT. Para este test (ARAM) las hipótesis que se plantearon fueron:

- **H1₀**: la innovación tecnológica (TI) influye en la expectativa de desempeño (PE).
- **H2₀**: la expectativa de confianza (TE) influye en la expectativa de desempeño (PE).
- **H3₀**: la expectativa de esfuerzo (EE) influye en la motivación hedónica (HM).
- **H4₀**: la ansiedad informática (CA) influye en la motivación hedónica (HM).
- **H5₀**: la expectativa de desempeño (PE) influye en la intención de comportamiento (BI).
- **H6₀**: la influencia social (SI) influye en la intención de comportamiento (BI).
- **H7₀**: la condición facilitadora (FC) influye en la intención de comportamiento (BI).
- **H8₀**: la motivación hedónica (HM) influye en la intención de comportamiento (BI).

Para validar las hipótesis la varianza media extraída (AVE) debe ser mayor de 0.5, la confiabilidad compuesta (CR) mayor de 0.7 y el Alfa de Cronbach (AC) mayor de 0.7. Los resultados muestran que las hipótesis H1 a la H5, la H7 y la H8 cumplen con el criterio de evaluación y que se representa en la Ilustración 17 con color negro a diferencia de H6 que no la cumple por lo que se representa con color gris.

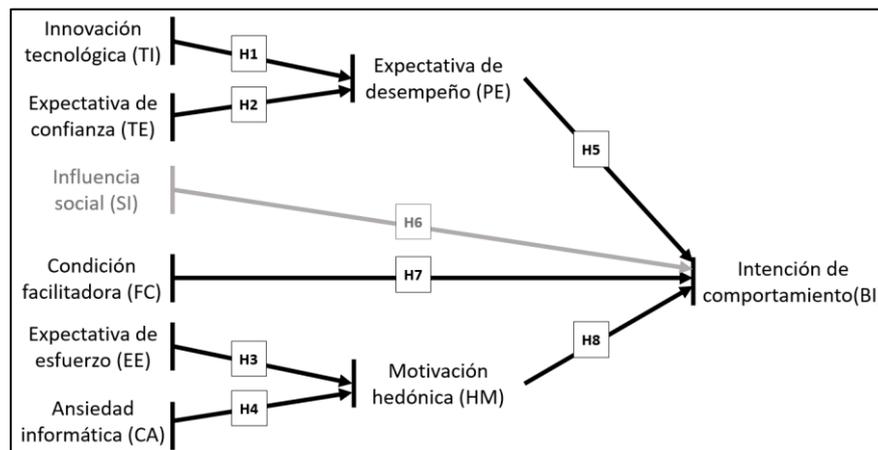


Ilustración 17. Test ARAM

En (Santos et al., 2014) se menciona el test HARUS (*Handheld augmented reality usability scale*) que ha sido desarrollado para evaluar la comprensión y manipulación de aplicaciones móviles de realidad aumentada. La variable de comprensión se refiere a la facilidad de comprender la información que se le presenta y la manipulación a la facilidad de manejar el sistema para realizar las actividades. Para realizar el test, se basaron en SUS utilizando una escala de Likert de 1 a 7. Se encuentra compuesto por 16 preguntas. Las primeras 8 miden la manipulación y las restantes la comprensión. Al igual que el SUS, para las preguntas que son positivas, se les resta 1 de la respuesta y para los negativos a 7 se le resta la respuesta seleccionada. Se suman los resultados obtenidos de cada pregunta y se divide por 0.96 para obtener un resultado entre 0 y 100.

4.4.2. Aceptación tecnológica: trabajos relacionados

A. En (Vlachogianni & Tselios, 2022) se realiza una revisión sistemática de 104 trabajos que utilizaron el test SUS en ambientes que utilizan las TIC en educación. Las preguntas de investigación que plantearon y las respuestas a las mismas fueron:

1. ¿Cuál es el nivel de usabilidad de los diferentes tipos de tecnología en educación considerando del test SUS?

En los trabajos que analizaron, clasificaron los tipos de tecnología en: plataformas de internet (LMS, CMS, LCMS, MOOC, wiki, aplicaciones en la nube), aplicaciones móviles (libros electrónicos, libros en VR y AR), sitios web de universidades, sistemas multimedia y ATS (*affective tutoring systems*). Como resultado, se obtuvo que estos tipos de tecnologías se consideran aceptables y buenas. Para las plataformas de internet la puntuación fue de 66.25, en las aplicaciones móviles de 73.62, en sitios web de universidades de 63.82, en los sistemas multimedia de 76.43 y en la ATS de 68.87.

2. ¿Hay alguna diferencia significativa en la usabilidad dependiendo del tipo de tecnología que se utiliza?

Para evaluar si existía una diferencia significativa entre los tipos de tecnologías, realizaron un análisis de varianza (ANOVA) encontraron que las aplicaciones móviles y las plataformas de internet, los sitios web de universidades y las aplicaciones móviles, los sistemas multimedia y las plataformas de internet, los sistemas multimedia y los sitios web de universidades y los ATS y los sistemas multimedia tienen una correlación significativa.

3. ¿Hay alguna relación entre la edad, las temáticas, el nivel de educación, y el número de participantes con respecto al resultado del SUS?

No encontraron una correlación significativa entre la edad de los participantes y el puntaje obtenido en el test SUS. Las temáticas las clasificaron en ciencias naturales, lenguas foráneas, informática, habilidades y medicina; además, encontraron correlaciones entre medicina y ciencias naturales, medicina y lenguas foráneas, medicina e informática y medicina y habilidades. En cuanto al nivel educativo, lo clasificaron en primaria, secundaria y educación superior, no encontraron diferencias significativas. Finalmente, el número de participantes está relacionado con el resultado del SUS.

4. ¿Qué tipo de tecnología se utiliza más en cada nivel de educación?

En la Tabla 9 se muestran los resultados que obtuvo de 79 trabajos analizados. Las plataformas de internet, aplicaciones móviles, sitios web de universidades, multimedia y ATS se utilizan la mayoría en la educación superior.

Tabla 9. Tipo de tecnología vs tipo de educación. Tomado y adaptado de (Martó et al., 2023)

Tipo de tecnología	Educación primaria	Educación secundaria	Educación superior
Plataformas de internet	2.8%	5.6%	91.7%
Aplicaciones móviles	12.5%	6.25%	81.25%
Sitios web de universidades			100%
Multimedia	40%		60%
ATS	16.7%		83.3%

5. ¿Hay alguna diferencia entre la usabilidad percibida para el mismo sistema a lo largo del tiempo?

Para responder esta pregunta, realizaron pruebas en diferentes años para ver si durante el tiempo, la percepción de usabilidad seguía igual o cambiaba. Como resultados no encontraron cambios significativos en la percepción de las tecnologías que se utilizaban.

- B. En (Ruotsalo et al., 2013) se describe un sistema llamado SMARTMUSEUM que sugiere sitios patrimoniales (como museos y construcciones arquitectónicas de interés), brindando al usuario descripciones de los elementos patrimoniales con contenidos multimedia. Este sistema se validó con 11 usuarios en el Museo Nacional de Bellas Artes de Malta y con 13 en el Museo Galileo de Florencia. Durante 30 minutos se explica a los usuarios cómo funciona la aplicación. Para medir la satisfacción del usuario, utilizaron el test SUS después de que los usuarios terminaran la visita.
- C. En (Sintoris et al., 2015) se describe la aplicación llamada TaggingCreaditor que permite la creación y edición de contenidos de patrimonio cultural para juegos móviles basados en la ubicación. Estos juegos son aplicaciones que desarrollan actividades en las que se requiere que los jugadores se muevan dentro de un espacio físico e interactúen con elementos del mundo real. Por lo tanto, es necesario conocer la ubicación, ya sea utilizando el GPS del dispositivo o solicitando al usuario que escanee un tag NFC o un código QR. Para probar la aplicación, 9 estudiantes universitarios debían crear contenidos tanto desde la aplicación móvil como desde la versión de escritorio. En este sistema, se evaluó el proceso de creación, por lo que los estudiantes, al finalizar, debían realizar el test SUS para evaluar su experiencia en la creación de contenidos con el sistema. Como resultado, para ambas versiones (móvil y web) se obtuvo una puntuación aceptable: 75 puntos para la versión móvil y 78 para la versión de escritorio. Los estudiantes comentaron que la opción de crear sus propios contenidos es útil para el aprendizaje.
- D. En (Yang et al., 2022) se describe un prototipo utilizado en la ciudad de Zúrich en el que se seleccionaron 3 construcciones y 4 estatuas. Para evaluar el prototipo, 15 personas entre 20 y 35 años participaron en el experimento. La mayoría eran estudiantes universitarios, estudiantes de investigación y empleados. A cada usuario se le asignaron entre 2 y 3 sitios patrimoniales para visitar. Al finalizar, completaron el test SUS para evaluar la usabilidad de la aplicación, obteniendo un puntaje de 87.3 según la escala. Como comentarios, mencionaron que no fue difícil utilizar la aplicación, pero que algunas funciones podrían mejorar, como la opción de zoom para ver los contenidos y la precisión del algoritmo de localización que a veces no concordaba con la posición real del sitio patrimonial.
- E. En (Kuflik et al., 2011) se describe PIL (*Personal experience with active cultural heritage-Israel*) que es una aplicación que ha sido probada en el Museo Hecht de la Universidad de Haifa, ubicada en Israel. Para evaluar la aplicación se realizaron 3 pruebas piloto: en la primera y en la segunda prueba participaron 9 usuarios, y en la última 22. Utilizaron el test SUS, obteniendo un resultado de 52.08 para la versión adaptativa y 53.75 para la no adaptativa. Hicieron caso de la prueba antes y después de la visita; sin embargo, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre cada una. En la tercera prueba para la evaluación de la aplicación participaron 116 estudiantes de la universidad: 62 utilizaron la versión adaptativa y 54 la no adaptativa. Los resultados mostraron que los estudiantes consideraron buena la personalización de la información para los usuarios. En cuanto al test SUS, obtuvieron un resultado de 80 para la versión adaptativa y 79 para la no adaptativa.

- F. En (Brancati et al., 2016) se describe una aplicación que se utiliza en ambientes externos y que permite ver diferentes lugares de interés (restaurantes, hoteles, iglesias, museos, estaciones de metro, tiendas, atracciones y sitios arqueológicos). Para evaluar la aplicación, 35 participantes realizaron 4 tipos de cuestionarios. Usaron el SUS, para obtener una evaluación rápida de la usabilidad percibida y obtuvieron un resultado del 6.57. Además, usaron el UEQ (*User Experience Questionnaire*), para evaluar variables como lo atractivo, perspicacia, eficiencia, confiabilidad, estimulación y novedad; el USE (*Usefulness, Satisfaction, and Ease of Use*), para evaluar la utilidad, facilidad de uso, facilidad de aprendizaje y satisfacción percibida; y el *Device Assessment Questionnaire*, para evaluar el esfuerzo físico y mental requerido por el usuario al interactuar con el sistema.
- G. En (Karaman et al., 2016) se describe el sistema MNEMOSYNE ha sido probado en una exhibición llamada Le Murate en el Museo Nacional de Bargello en Florencia. Utiliza técnicas de visión por computadora para modelar al usuario con respecto a los elementos que pueden ser de su interés teniendo en cuenta los elementos patrimoniales que este observando. Para evaluar la usabilidad percibida del sistema, utilizaron el test SUS con 24 visitantes y obtuvo un resultado de 73.54.
- H. En (Haugstvedt & Krogstie, 2012) se describe el sistema “*The Historical Tour Guide*” ha implementado en versiones web y móvil para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural a través de fotografías de las calles de Trondheim en Noruega y que como tecnología utiliza la realidad aumentada. Para evaluar el sistema realizaron una prueba con 200 usuarios para la aplicación web y 42 utilizaron la aplicación móvil en las calles de Trondheim. Usaron el test TAM para evaluar la utilidad percibida del sistema. Sin embargo, se hicieron cambios en las preguntas, dado que el TAM original incluye preguntas sobre el rendimiento en el trabajo y esta aplicación no está enfocada en ello. Utilizaron una escala de Likert de 1 a 7.

Para la aplicación web, los resultados obtenidos fueron:

- Utilidad percibida: 5.1
- Facilidad de uso: 5.07
- Disfrute percibido: 5.88
- Intención de uso: 4.3

Para la aplicación móvil, los resultados obtenidos fueron:

- Utilidad percibida: 6.17
- Facilidad de uso: 5.69
- Disfrute percibido: 5.75
- Intención de uso: 5.63

Los autores concluyeron que los usuarios tuvieron buenos resultados en las variables evaluadas. Sin embargo, como recomendaciones, los participantes sugirieron agregar videos, permitir la conexión a la aplicación para realizar tours ya definidos y mejorar la personalización de la aplicación.

- I. En (Boboc et al., 2019) se describe la aplicación móvil con realidad aumentada llamada OvidAR la cual explica la vida histórica del poeta romano Ovidio. Las pruebas de la aplicación se realizaron en tres ciudades diferentes de Italia y Rumania. Para evaluar la aplicación, primero obtuvo información de los usuarios: la edad, género, grado de familiaridad con aplicaciones móviles y si sabían quién era Ovidio. Después utilizaron el test HARUS (*Handheld Augmented Reality Usability Scale*) y finalmente se basaron en las preguntas de (Haugstvedt & Krogstie, 2012) del test TAM. En la prueba participaron 23 usuarios, pero se eliminaron 2 test porque estaban incompletos. Para validar los resultados, utilizaron el alfa de Cronbach y la proporción de varianza con el índice de Kaiser-Meyer-Olkin. En promedio, obtuvieron los siguientes puntajes:
- Comprensión: 91.06
 - Manipulación: 93.81
 - Disfrute: 95.88
 - Usabilidad: 87.57
- J. En (Tom Dieck & Jung, 2018) se describe un test de aceptación de la realidad aumentada para el patrimonio cultural urbano. Realizaron la prueba con 5 grupos, compuestos por 44 mujeres inglesas que visitaban la ciudad de Dublín. La aplicación utiliza la activación de la realidad aumentada basada en marcadores y GPS (video, audio y texto). Además, probaron la aplicación utilizando la activación de realidad aumentada por posición geográfica en la calle O'Connor y con marcadores en la Oficina de Correos en Dublín. Cada grupo estaba conformado por 8 a 9 participantes y tenían un tiempo entre 16 y 23 minutos. Los grupos fueron dirigidos por un moderador para no influenciar a los participantes. Para evaluar la aplicación utilizaron el test TAM. Como conclusiones de los resultados, mencionan que variables externas como la calidad de la información, la calidad del sistema, los costos, las recomendaciones, la innovación, los riesgos y las condiciones de uso benefician la facilidad de uso y la usabilidad al usar la realidad aumentada.
- K. En (Weng et al., 2018) se evalúan los efectos de utilizar las tecnologías de información en ambientes educativos. Utilizan el test TAM de 18 preguntas traducido al mandarín para explorar los efectos en el aprendizaje en Chiayi, Taiwán. Inicialmente se realizó una prueba piloto con seis profesores de educación primaria y después 90 participantes realizaron el test para analizar la validez y la traducción de las preguntas. El estudio final estaba planeado para realizarse con 2317 profesores de 1312 clases en 122 escuelas de 17 municipios de Chiayi. Para la prueba se realizaron 4 clasificaciones según el número de clases que dicta cada escuela: 1) 6 o menos, 2) entre 7 y 12, 3) entre 12 y 24, y 4) más de 25. De los 460 cuestionarios, se utilizaron 441. También se evaluó la información demográfica como sexo, edad y nivel educativo. Para el análisis de los resultados, se calculó el coeficiente de correlación entre las preguntas del TAM utilizando el método de Pearson. Los resultados mostraron que la usabilidad percibida se encuentra entre 6.824 y 12.803, y la correlación entre 0.775 y 0.863. Los resultados mostraron que el uso de las tecnologías de información en ambientes educativos utilizando materiales multimedia mejoran la facilidad del uso e intención de la tecnología.

También se utilizó el método de Cronbach Alpha para probar la consistencia interna de las preguntas. Se realizó un análisis de regresión para identificar cuáles variables eran dependientes e independientes. Las variables evaluadas fueron:

1. La relación entre la facilidad de uso percibida y la usabilidad percibida
2. La relación entre la facilidad de uso percibida, la usabilidad percibida y la intención de uso
3. La relación entre usabilidad percibida, actitud de uso e intención de uso

Como resultados, se encontró que la facilidad de uso percibida es un predictor significativo y proporcional de la usabilidad percibida. Tanto la facilidad de uso percibida como la usabilidad percibida tienen un impacto similar en la actitud de uso, aunque la usabilidad percibida ejerce una influencia ligeramente mayor. Además, la usabilidad percibida tiene un efecto significativo en la intención de uso; sin embargo, la actitud de uso muestra un impacto más fuerte que la usabilidad percibida sobre dicha intención.

- L. En (Kourouthanassis et al., 2015) se describe una guía turística desarrollada como una aplicación móvil de realidad aumentada que brinda recomendaciones según las características del usuario. Para evaluar la aplicación, utilizan el modelo UTAUT2 con visitantes de la ciudad de Corfú, Grecia, para entender y predecir la aceptación del uso de la tecnología por parte de los usuarios, evaluando su utilidad en el ámbito laboral, la facilidad de uso, el disfrute y los beneficios percibidos. En la prueba consideran a los visitantes que estén en la ciudad por motivos de negocio, que tengan dispositivos Android y experiencia en el uso de dispositivos móviles. Ésta se lleva a cabo durante dos semanas, y un total de 105 turistas aceptan participar en ella. Primero explicaron los objetivos del estudio a los grupos de turistas interesados en la aplicación, se les instaló la aplicación y cada uno tenía la libertad de ingresar con o sin personalización. Al finalizar, se les pidió a los participantes que completaran un cuestionario en el que se evaluaba el comportamiento de adopción percibida de la aplicación, midiendo la usabilidad, el estímulo emocional y el comportamiento de la aplicación. Después de obtener los resultados, también analizaron las diferencias entre los participantes que utilizaron la versión personalizada y aquellos que no la utilizaron. Para revisar la usabilidad del sistema, utilizaron el test UTAUT2, y para la estimulación de emociones, emplearon la teoría PAD (*Pleasure, Arousal, and Dominance*) de (Mehrabian & Russell, 1974). Para integrar estos aspectos, utilizaron el test SOR (*Stimulus-Organism-Response*). Para evaluar los resultados, primero consideraron los datos de todos los usuarios (tanto los que usaron la personalización como los que no). Posteriormente, separaron a los participantes en dos grupos: aquellos que utilizaron la aplicación con personalización (69) y aquellos que la usaron sin personalización (36). Para identificar las diferencias entre ambos grupos, emplearon pruebas t.

En la Tabla 10 se encuentra un resumen de las descripciones anteriores en el que se muestra por cada trabajo de investigación el tipo de test que utilizan, el número de participantes del experimento y las variables que fueron analizadas.

Tabla 10. Aplicaciones que usan test de aceptación tecnológica

Aplicación	Referencia	Test	Número de participantes	Variables analizadas
B	(Ruotsalo et al., 2013)	SUS	24 (grupo experimental)	Facilidad de uso, integración y consistencia de las funcionalidades e intención de uso
C	(Sintoris et al., 2015)	SUS	9 (grupo experimental)	Creación de contenidos y facilidad de uso del sistema
D	(Yang et al., 2022)	SUS	15 (grupo experimental)	Tipos de usuarios (universitarios, estudiantes de investigación y empleados), relevancia de las sugerencias, facilidad de uso y personalización de la información
E	(Kuflik et al., 2011)	SUS	116 (grupo experimental) 9 (prueba 1 - grupo de control) 9 (prueba 2 - grupo de control) 22 (prueba 3 - grupo de control)	Diseño de la interfaz del usuario, personalización y facilidad de uso
F	(Brancati et al., 2016)	SUS	35 (grupo experimental)	Experiencia del usuario, satisfacción percibida, facilidad de uso, facilidad de aprendizaje, esfuerzo físico y esfuerzo mental
G	(Karaman et al., 2016)	SUS	24 (grupo experimental)	Distancia entre elemento patrimonial y el usuario, frecuencia de uso, facilidad de uso, consistencia
H	(Haugstvedt & Krogstie, 2012)	TAM	200 (grupo de control - usuarios en aplicación web) 42 (grupo experimental - usuarios usan la aplicación en las calles de Trondheim)	percepción en la facilidad de uso, intención de uso, disfrute percibido, intención de uso
I	(Boboc et al., 2019)	HARUS/TAM	21 (grupo experimental)	Comprensión, manipulación de la información, disfrute, facilidad de uso, intención de uso, actitud de uso
J	(Tom Dieck & Jung, 2018)	TAM	44 (grupo experimental)	Calidad de la información, facilidad de uso percibida, calidad del sistema, esfuerzo de uso, condiciones de facilidad, actitud, intención de uso
K	(Weng et al., 2018)	TAM	6 (grupo de control) 90 (grupo experimental - primera prueba) 460 (grupo experimental - segunda prueba)	Número de clases que dicta cada escuela, información demográfica (sexo, edad, nivel educativo), consistencia de las preguntas, facilidad de uso, intención de uso, actitud de uso
L	(Kourouthanassis et al., 2015)	UTAUT2	105 (grupo experimental)	facilidad de uso, estímulos emocionales, comportamiento del usuario

En la Tabla 11 se presentan las variables analizadas en cada uno de los estudios, organizadas de mayor a menor frecuencia. La variable más comúnmente considerada en todos los trabajos es la facilidad de uso. Sin embargo, pocas de estas aplicaciones contemplan variables centradas en el usuario, como el tipo de usuarios a los que está dirigida la aplicación, la personalización, la creación de contenidos y características que pueden verse influenciadas por el contexto del usuario.

Tabla 11. Tabla comparativa variables analizadas

Variables analizadas	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	total
Facilidad de uso	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11
Intención de uso	X						X	X	X	X		5
Consistencia	X					X				X		3
Calidad sistema/información				X				X	X			3
Actitud de uso								X	X	X		3
Satisfacción/disfrute					X		X	X				3
Tipos de usuarios			X							X		2
Personalización			X	X								2
Facilidad de aprendizaje					X			X				2
Experiencia del usuario					X						X	2
Esfuerzo					X				X			2
Contexto						X				X		2
Creación de contenidos		X										1
Relevancia			X									1
Frecuencia de uso						X						1
Comportamiento											X	1

Algunos de los trabajos que se han mencionado en esta sección (Karaman et al., 2016; Kourouthanassis et al., 2015; Kuflik et al., 2011; Ruotsalo et al., 2013; Sintoris et al., 2015; Stock et al., 2007; Yang et al., 2022) también se incluyen en el capítulo 7.

4.2. Motivación

La realidad aumentada ha sido una tecnología que tiene altos potenciales en diferentes ambientes de aprendizaje y áreas como la ciencia, la medicina, el patrimonio cultural, la industria, entre otras (Amores-Valencia et al., 2022; Bacca et al., 2014, 2018, 2019; Cabero-Almenara & Roig-Vila, 2019; Schultz & Kumar, 2024). Por ejemplo, en (Amores-Valencia et al., 2022) se realiza una revisión sistemática para mirar cómo influye en el estudiante el uso de la realidad aumentada en la motivación y el rendimiento académico. Se ha encontrado que la falta de motivación de los estudiantes no es sólo por los conceptos que se tratan, sino también la forma en que los profesores lo explican.

4.2.1. Test de motivación

En (Bacca et al., 2018, 2019; Barroso Osuna et al., 2016; Y. C. Chen, 2015; Khan et al., 2019; M. Wang et al., 2020) para evaluar la motivación en ámbitos educativos se utiliza el test IMMS (*Instructional Materials Motivation Survey*) que también ha sido utilizado en algunas aplicaciones para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural (Chang et al., 2014; Chin et al., 2020; Di Serio et al., 2013). El test IMMS desarrollado por Keller (Keller, 2010c) se basa en el modelo ARCS (*attention, relevance, confidence, satisfaction*) y con 36 preguntas mide la motivación en las 4 variables del modelo. Este test se aplica en diferentes ámbitos educativos, tanto en el aprendizaje tradicional como en el apoyado por tecnología computacional. En (Li & Keller, 2018) se realiza una revisión de la literatura del uso de este test en ámbitos educativos y encontraron que se ha utilizado durante más de 30 años en la educación primaria, secundaria y universitaria de diferentes áreas y países.

El test IMMS (Keller, 2010c) es un cuestionario que ha sido desarrollado para medir la motivación de los usuarios. Se evalúan 4 factores (modelo ARCS):

1. **Atención:** evalúa si los materiales generados mantienen en interés del estudiante
2. **Relevancia:** evalúa si los usuarios sienten que los contenidos son importantes para su vida e intereses.
3. **Confianza:** evalúa si los usuarios se sienten confiados en el momento de realizar las actividades propuestas.
4. **Satisfacción:** evalúa si los usuarios se sienten satisfechos cuando completan las actividades y alcanzan sus objetivos.

El test está compuesto por 36 preguntas que evalúan los 4 factores (9 preguntas por cada factor) mencionados anteriormente y cada pregunta se evalúa con una escala de Likert de 1 a 5 en el que 1 significa que está completamente en desacuerdo y 5 completamente de acuerdo. Una vez se tiene las respuestas de cada pregunta, se suma el puntaje obtenido para cada factor, se saca el promedio y si tiene un puntaje alto significa que el material utilizado cumple con los factores mencionados. Con los resultados se puede identificar qué elementos son necesarios mantener y modificar de los contenidos creados para motivar a los usuarios en su proceso de aprendizaje.

Otro test que se encontró fue el RIMMS (*Reduced Instructional Materials Motivation Survey*) que se basa en los mismos factores del modelo ARCS pero que utiliza menos preguntas para medir la motivación en los materiales educativos (M. Wang et al., 2020). En este caso, el test en vez de estar compuesto por 36 preguntas tiene únicamente 12 preguntas haciendo que evite sobrecargar al estudiante con muchas preguntas.

En la siguiente subsección se explican en detalle las diferentes aplicaciones que han utilizado algunos de estos dos test en ámbitos educativos en temáticas como las matemáticas, la química y la anatomía, aunque también en temáticas relacionadas con el aprendizaje del patrimonio cultural y natural como la apreciación y el aprendizaje del arte, en el patrimonio cultural y en el aprendizaje de arte visual. También se muestra una tabla de resumen sobre el test que utilizan, los participantes y las observaciones a las que llegaron en su uso.

De los trabajos analizados, solamente 3 se encuentran enfocados al aprendizaje del patrimonio cultural y natural; sin embargo, se analizaron otros en el que evaluaron la motivación con aplicaciones de realidad aumentada para el aprendizaje.

4.2.2. Motivación: trabajos relacionados

Con el fin de evaluar la motivación en el aprendizaje, en (Y. C. Chen, 2015) se utiliza el IMMS para evaluar si la realidad aumentada ayuda a mejorar la motivación en el aprendizaje de las matemáticas enfocándose principalmente en las variables de la atención y satisfacción. Para evaluar si esta tecnología mejora la motivación, realizan un estudio de investigación cuasi experimental en el que utilizan dos clases de matemáticas en Taiwán en el que seleccionaron 5 temas de matemáticas y los materiales del curso se crearon con realidad aumentada. Para comparar los resultados de la forma tradicional y el uso de la realidad aumentada. El mismo profesor impartió el curso durante 6 semanas en dos grupos diferentes y el contenido fue el mismo. En un grupo se utilizó el material habitual (libro de texto y diapositivas) y en el otro grupo se utilizó realidad aumentada. En este estudio se realizó una modificación del IMMS. Se realizaron 26 preguntas en el que 7 se encontraban relacionadas con la atención, 8 sobre la relevancia, 5 con la confianza y 6 sobre la satisfacción. Después de tener los datos de la encuesta, calculan el coeficiente alfa de Cronbach para determinar la confiabilidad de la tecnología obteniendo un

coeficiente de confiabilidad de .96. En atención se obtuvo el 0.89, en relevancia .85, en confianza .83 y en satisfacción .88. Comparando el grupo que utilizó el material habitual con los que utilizaron la realidad aumentada, el segundo grupo tuvo un mejor resultado en la atención y satisfacción, demostrando que la realidad aumentada es más atractiva e interesante para los usuarios.

En otro estudio realizado en Taipéi, Taiwán, realizan una prueba con 135 estudiantes de arte para evaluar si una aplicación móvil que utiliza la realidad aumentada ayuda a mejorar la motivación en la apreciación y el aprendizaje del arte (Chang et al., 2014). Para saber si mejora la motivación, los investigadores dividen en 3 grupos a los 135 estudiantes en el que 2 grupos son experimentales y otro es de control. Los dos grupos experimentales tienen 46 y 44 estudiantes y en el de control 45 que deben apreciar 16 obras artísticas. Para cada grupo, se le asigna una forma específica para evaluar la efectividad del aprendizaje y experiencia que tienen durante la visita. Para el primer grupo experimental la explicación se da con audio-guías y para el segundo con una aplicación móvil utilizando la realidad aumentada. Para el grupo de control, no se le brinda ninguna guía, por lo que los estudiantes aprenden solamente de lo que vean dentro del museo de arte. Como comentarios de los estudiantes, mencionaron que el uso de la realidad aumentada comparado con los otros métodos mejora la forma de interacción con las obras de arte, dado que se da más información como imágenes que brindan un mayor detalle y son más fáciles de recordar.

En (Barroso-Osuna et al., 2018) se describe el proyecto que se realizó en junio de 2015 a diciembre de 2017 en el que describieron las experiencias de uso de la realidad aumentada en ambientes educativos en España y México específicamente para los ambientes universitarios. El proyecto desarrollado en España se dividió en 4 fases. En la primera se evaluó y se analizaron productos de software y dispositivos que se utilizan para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada. En la segunda diseñaron y generaron contenidos en realidad aumentada. En la tercera identificó cómo el estudiante puede ser desarrollador de experiencias formativas utilizando la realidad aumentada y en la cuarta crearon un libro electrónico de realidad aumentada que se utilizó para capacitar a los docentes en el diseño, producción y utilización. En el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE) (México) se realiza el primer planteamiento en el Laboratorio de Innovación Educativa (EDULAB) con el propósito de desarrollar conocimiento sobre cómo los avances tecnológicos proponen estrategias educativas para el aprendizaje en el ámbito latinoamericano. En el año 2013 surge como idea una aplicación móvil de realidad aumentada llamada KuruchuSoft para ofrecer experiencias interactivas a niños de primaria transformando el aprendizaje tradicional a partir de libros en una experiencia más dinámica e inmersiva. La aplicación se inició con un libro de geografía de quinto grado que se instala en dispositivos móviles y que no requiere conexión a internet. Como contenidos aumentados muestra videos, animaciones y textos. Esta aplicación fue probada con más de 200 alumnos de diversos cursos de primaria del Distrito Federal y Estado de México para conocer su interés y motivación en su uso. Como resultados obtuvieron que los niveles de satisfacción fueron significativos.

En (Barroso Osuna et al., 2016; Cabero-Almenara & Roig-Vila, 2019) se describen diferentes proyectos financiados por el Ministerio de Economía y Competitividad en España para producir contenidos en realidad aumentada para el aprendizaje y la enseñanza universitaria con el objetivo de conocer el grado de motivación del uso de esta tecnología por parte de los estudiantes. En (Barroso Osuna et al., 2016) se describe una aplicación para el aprendizaje y enseñanza de la anatomía del cuerpo humano en el que crean 4 objetos de realidad aumentada (coxofemoral, hombro, tobillo y cervical) que tienen asociados un video y animaciones en tercera dimensión en el que pueden ampliar o reducir el tamaño del objeto para verlo en detalle. Para evaluar la motivación utilizan el test IMMS y para obtener el índice de fiabilidad de los resultados aplican el alfa de Cronbach que es un estadístico apropiado para este tipo de instrumentos. La prueba se realiza con 21 estudiantes hombres y 29 mujeres del primer curso del grado de medicina de la Universidad de Sevilla en la asignatura de Histología Humana. Como resultados se encontró que el

uso de la tecnología les ayudó a mantener la atención, a disfrutarse la experiencia y que no tuvieron dificultades en utilizarla.

En (Chin et al., 2020) se describe un estudio sobre un sistema ubicuo para la guía-aprendizaje que mejore el rendimiento de los estudiantes y la participación en cursos del patrimonio cultural. Este sistema ha sido desarrollado para que funcione en ambientes externos en el que los estudiantes utilizan el GPS del dispositivo móvil para saber a dónde deben dirigirse y desarrollar las actividades que se encuentren asociadas al elemento patrimonial. Mencionan que el sistema es flexible y permite que los estudiantes puedan revisar nuevamente lo que han visto las veces que lo necesiten. El sistema ha sido desarrollado con un módulo de menú principal en cual se comunica con otros módulos, el módulo de mapas que utiliza el GPS para darle indicaciones al usuario sobre el elemento patrimonial a visitar, el módulo de enseñanza en el que los usuarios pueden descargar contenidos multimedia (imágenes, videos, modelos 3D) de una base de datos externa, el módulo de preguntas que se ejecuta una vez se finaliza la interacción con los contenidos y el módulo de tablero de logros que guarda y monitorea el progreso que ha obtenido durante las actividades de aprendizaje. Para evaluar el sistema, seleccionan 8 sitios patrimoniales y realizan el experimento con 62 estudiantes entre los 18 y 20 años de dos clases de la Facultad de Humanidades de la Universidad de Aletheia en Taiwán. Se crean dos grupos en el que uno es el de control (30 estudiantes, 19 hombres y 11 mujeres) un grupo experimental (32 estudiantes, 19 hombres y 13 mujeres) en el que se les brinda el mismo material preparado por el docente, aunque varía el método de aprendizaje. En el grupo de control, los estudiantes siguen al instructor a los 8 elementos patrimoniales escuchando y tomando notas sobre lo que les va diciendo. En el caso del grupo experimental, se les entregan dispositivos móviles con la aplicación previamente instalada explicando los mismos 8 elementos. Para evaluar el rendimiento y la motivación en el aprendizaje utilizan 2 pruebas (pretest y post test). En el pretest se evalúan los conocimientos previos y en el post test se evalúa la retención y la comprensión de la explicación. Para el pretest se realizan 20 preguntas cerradas sobre los elementos patrimoniales y por cada pregunta correcta obtienen 3 puntos. En el post test se realizan 8 preguntas abiertas y por cada pregunta correcta obtienen 5 puntos. Entre los dos test el máximo que se puede obtener son 100 puntos. Para evaluar la motivación del usuario usan el IMMS. Para analizar los resultados, realizan un diseño experimental ANCOVA para evaluar la covarianza en el pretest y post test en el que la variable independiente es el método de enseñanza y la dependiente los estudiantes con respecto al rendimiento y a la motivación. Para evaluar los resultados utilizan el índice de fiabilidad alfa de Cronbach. Como conclusiones del análisis de los resultados encuentran que en el pretest no hay una diferencia significativa entre los dos grupos, pero que en el post test si se encuentra una diferencia significativa entre el grupo experimental y el de control demostrando que mejora la retención y la comprensión de la información. Con respecto a la motivación, se encuentra que los estudiantes del grupo de control se encuentran moderadamente motivados utilizando el método tradicional y los del grupo experimental ligeramente más motivados para aprender utilizando el sistema. Esta mejora se dio por el uso del sistema porque los estudiantes podían concentrarse en la información que se les presentaba. Como comentarios de los estudiantes mencionaron que utilizarían el sistema para aprender sobre otros elementos patrimoniales, que encontraron los contenidos multimedia entretenidos, que engancha a los usuarios a aprender y que se tiene un mayor control dado que no depende de alguien para entender el elemento patrimonial permitiendo tener una mayor flexibilidad en el momento de realizar la visita.

En (Di Serio et al., 2013) se describe un sistema de realidad aumentada para el aprendizaje de arte visual que tiene un impacto positivo en la motivación de los estudiantes de secundaria. Con el objetivo de evaluar la motivación utilizan el test IMMS. Para evaluar el impacto que tiene la realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural han realizado un caso de estudio en el que han seleccionado 3 secciones de un curso de artes visuales que se enseña en un colegio de Madrid (España). Se ha realizado dos sesiones y los profesores del curso han diseñado materiales para 8

obras maestras del arte renacentista italiano. En la primera sesión se explican las obras utilizando diapositivas y en la segunda sesión se explica usando la realidad aumentada para evaluar si existe alguna diferencia en la motivación de los estudiantes dependiendo de la forma en la que los estudiantes obtienen y aprenden sobre los elementos patrimoniales, y para ver si hay alguna dificultad en el uso de la realidad aumentada. Para el experimento, la institución no deja que se separe a los estudiantes en dos grupos diferentes, por lo que todos participan en la sesión como grupo de control y grupo experimental por lo que se les aplica el mismo test IMMS en la primera y en la segunda sesión para ver si hay diferencias en la motivación en ambos escenarios. Los participantes del estudio fueron 69 estudiantes entre 13 y 16 años de 3 secciones del colegio público. Se pide el consentimiento informado a los padres para la participación en el experimento. Solamente 2 participantes tienen celulares y han tenido contacto previo con la realidad aumentada. Los autores han modificado el test IMMS original en cuanto a la terminología utilizada y utilizan la escala de Likert de 1 a 5. En el momento de realizar las pruebas y obtener los resultados, de los 69 estudiantes, únicamente se pudieron utilizar 55 porque de los otros no se obtuvo todos los datos de las sesiones. Como conclusiones de los resultados han encontrado que los estudiantes se encuentran moderadamente motivados al utilizar diapositivas, pero se encuentran más motivados si se utiliza la realidad aumentada. Para comparar la motivación en las dos sesiones, utilizan la prueba de Shapiro-Wilk de la distribución normal para evaluar si hay una diferencia significativa estadísticamente. Encuentran que si hay una mejoría al utilizar la realidad aumentada comparándola con las diapositivas para el aprendizaje del patrimonio cultural. Con respecto al uso de la realidad aumentada, en la fase del tutorial muchos estudiantes estaban ansiosos por utilizar la aplicación por lo que ellos mismos intentaron utilizar la herramienta antes de dar una explicación. Sin embargo, solamente el 20% supo cómo se utilizaba. Posteriormente se hace la explicación del funcionamiento y se procede a utilizar el sistema. Para saber la satisfacción y las dificultades que tuvieron los estudiantes, se entrevistaron a 24 estudiantes en el que como comentarios mostraron que aprender a usar el sistema fue fácil y agradable. Una de las dificultades que encontraron fue que en algunos casos era difícil mantener visible la información superpuesta en la imagen real. La solución fue cambiar la posición de la imagen real con respecto a la cámara del dispositivo. El segundo problema estaba relacionado con el movimiento de las imágenes y este no fue posible resolverlo en ese momento.

En (M. Wang et al., 2020) se utiliza una versión reducida de IMMS llamada RIMMS (*Reduced Instructional Materials Motivation Survey*). Participan 429 estudiantes entre 14 y 17 años de noveno grado de 21 provincias de China utilizando una aplicación llamada SquirrelAI para la asignatura de matemáticas. Los autores mencionan que los sistemas de aprendizaje adaptativos han demostrado mejorar la motivación porque ésta depende de la experiencia del usuario. También mencionan que un problema es que la motivación en el aprendizaje tiende a disminuir a medida en que avanza el sistema educativo desde el jardín hasta la secundaria y que esto se ve influenciado por la falta de satisfacción en los sistemas educativos. Después de usar la aplicación se les solicita a los participantes que completen el test RIMMS. Se les da 30 minutos para completarlo, pero la mayoría la completan en 10 minutos. Con este test evalúan asociaciones en cuanto al modelo ARCS para identificar si el género, la aspiración educativa, la familiaridad con las computadoras y la educación de los padres son variables que afectan en la motivación de los estudiantes. Como resultados, el género y la familiaridad con las computadoras no se relacionan con las características del modelo ARCS. La aspiración educativa se relaciona con la atención, la relevancia, la confianza y satisfacción. En cuanto a la variable de la educación de los padres, las características se relacionan con la atención, la relevancia y la satisfacción.

En (Bacca et al., 2019) se menciona que una de las ventajas de la realidad aumentada en la educación es que incrementa la motivación de los estudiantes. Sin embargo, muchas aplicaciones no mencionan cuáles son las características que son necesarias considerar para que la motivación sea efectiva. En este trabajo de investigación se basan en el modelo ARCS para identificar los

componentes que deben tener las aplicaciones de realidad aumentada en educación. Para ello, describen un framework para diseñar aplicaciones de realidad aumentada para el aprendizaje basándose en 3 fundamentos teóricos que son el diseño motivacional, el diseño de aprendizaje universal y la co-creación para apoyar efectivamente la motivación de los estudiantes. Para evaluar el framework realizan un caso de estudio con 58 estudiantes de química matriculados en el programa de educación y capacitación vocacional (VET – *Vocational education training*) en el tema de la nomenclatura inorgánica que es un tema abstracto en el que los estudiantes tienen dificultades. La prueba se llevó a cabo en dos institutos, uno en España y otro en Colombia. En el instituto español, se formó un grupo experimental compuesto por 26 estudiantes, mientras que en el instituto colombiano se estableció un grupo de control con 32 estudiantes, todos con edades comprendidas entre los 17 y 19 años. En ambas instituciones se asegura que los contenidos que se dictan son iguales. Para evaluar la motivación utilizan el test IMMS con una escala de Likert de 1 a 5. Para el grupo de control se sigue la forma tradicional de aprendizaje y para el grupo experimental se instala la aplicación y se les da un libro que contiene marcadores de realidad aumentada. Como resultados encuentran que, comparando ambos grupos, hay una diferencia a favor al grupo experimental en la variable de atención y confianza del modelo ARCS y una diferencia a favor en la satisfacción en el grupo de control.

En (Bacca et al., 2018) se describe un estudio para identificar los componentes que benefician la motivación del estudiante en experiencias de aprendizaje en realidad aumentada en el programa de educación y capacitación vocacional (VET). A partir de una prueba que duró 20 días en las que 35 estudiantes interactúan con una aplicación de realidad aumentada llamada Paint-cAR explican el proceso de reparar la pintura de un automóvil en un curso de mantenimiento de automóviles y que va guardando las interacciones que realiza el estudiante con los módulos de la aplicación (oportunidades de éxito, retroalimentación en tiempo real y evaluación). Esta aplicación ha sido co-creada con profesores, desarrolladores y expertos en tecnología educativa. Para evaluar la motivación utilizan el test IMMS. Se encontró que las variables que benefician dicha motivación son la construcción de conocimiento, la retroalimentación en tiempo real, el grado de éxito, el tiempo en realizar una actividad y el resultado del aprendizaje los cuales se encuentran relacionados con el modelo de motivación ARCS. En el módulo de las oportunidades de éxito, los estudiantes pueden pedirle a la aplicación ayuda en cualquier momento para que le brinde pistas e información para seleccionar las herramientas y productos químicos adecuados para realizar el trabajo de reparación de la pintura del automóvil. El módulo de retroalimentación les da información a los estudiantes sobre las opciones correctas e incorrectas y el módulo de monitoreo captura la interacción del estudiante con los otros módulos. Para identificar las características de motivación se definen 5 variables en las que 2 de ellas se relacionan con la interacción de los estudiantes con respecto a la construcción del conocimiento, la retroalimentación en tiempo real y 3 con el rendimiento en cuanto a las lecciones aprendidas, el grado de éxito y el tiempo del desarrollo de las actividades. El grupo de variables lo han llamado VARLE y después las relacionan con las 4 dimensiones del modelo de ARCS. Como resultados, muestran que las oportunidades de éxito se relacionan con la relevancia y la satisfacción, la retroalimentación en tiempo real con la satisfacción, el grado de éxito con la satisfacción, el resultado de aprendizaje con la relevancia y la confianza y el tiempo para realizar una actividad con la satisfacción y la atención.

En (Khan et al., 2019) se menciona que investigaciones de aplicaciones de realidad aumentada enfocadas en educación siguen estando en una etapa temprana por lo que no se encuentran efectos e implicaciones en este contexto. La propuesta de este trabajo de investigación es medir y entender el impacto de la realidad aumentada en el aprendizaje y en la motivación de estudiantes en el área de las ciencias de la salud en el tema de anatomía de la Universidad de Cape Town ubicado al Sur de África. Para evaluar la motivación, utilizan el test IMMS con 78 estudiantes para enseñar la anatomía del cuerpo humano. Inicialmente, se realiza una prueba utilizando libros y presentaciones. En la segunda prueba se utiliza una aplicación de realidad aumentada. Con el test

se comparan las variables del modelo ARCS para ver si mejoran o empeoran los resultados de la motivación. Para ello, se calcula el alfa de Cronbach en ambas pruebas y se analizó si estadísticamente existe una diferencia significativa en la motivación entre los dos métodos de enseñanza. Como resultados encontraron que según el modelo ARCS se mejoró la atención, la satisfacción y la confianza, sin embargo, la relevancia no hay una mejora significativa.

En la Tabla 12 se presenta un resumen sobre las aplicaciones que han sido descritas previamente. Se menciona el test que se utilizó, el número de participantes y las observaciones que se encontraron para cada artículo.

Se encontró que la mayoría de las investigaciones que utilizan la realidad aumentada, para evaluar la motivación utilizan el test IMMS con el modelo ARCS y la comparan con respecto a los métodos tradicionales versus el uso de la realidad aumentada.

Tabla 12: Aplicaciones que utilizan test de motivación

Artículo	Test	Temática	Participantes	Observaciones
(Y. C. Chen, 2015)	Modelo ARCS (IMMS)	Matemáticas	Grupo de control (67 estudiantes) Grupo experimental (70 estudiantes)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comparan el uso de la realidad aumentada y los métodos tradicionales (textos y diapositivas) para el aprendizaje de matemáticas 2. Modifican el test IMMS original reduciéndola a 26 preguntas con una escala de Likert de 1 a 5.
(Chang et al., 2014)	Modelo ARCS (IMMS)	Apreciación y aprendizaje del arte	2 grupos experimentales (46 y 44 estudiantes) 1 grupo de control (45 estudiantes)	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema tiene asociado 16 elementos patrimoniales (obras de arte) 2. El primer grupo experimental (46 estudiantes) utilizan la aplicación como audio guía y el segundo con una aplicación de realidad aumentada. 3. En el grupo de control la visita no es guiada por lo que cada estudiante debe consultar la información que hay de cada elemento patrimonial. 4. Comparado con los métodos de sin guía y audio guías, encontraron que el uso de la realidad aumentada mejora la motivación e interacción con los elementos patrimoniales al brindarles más información. 5. Para el test IMMS utilizan las 36 preguntas con una escala de Likert de 1 a 5
(Barroso Osuna et al., 2016)	Modelo ARCS (IMMS)	Anatomía	1. Grupo experimental (estudiantes de medicina - 21 hombres y 29 mujeres)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para el test IMMS utilizan las 36 preguntas con la escala de Likert de 1 a 7. 2. Sistema para estudiantes universitarios en el que explican con realidad aumentada la anatomía del cuerpo humano creando 4 objetos en realidad aumentada (coxo femoral, hombro, tobillo y cervical). 3. Los estudiantes comentan que utilizar la realidad aumentada les ayudó a mantener la atención, que disfrutaron de la experiencia y que no tuvieron dificultades en su uso.

Artículo	Test	Temática	Participantes	Observaciones
(Chin et al., 2020)	Modelo ARCS (IMMS)	Patrimonio cultural	<p>1. Grupo de control (30 estudiantes – 19 hombres y 11 mujeres)</p> <p>2. Grupo experimental (32 estudiantes – 19 hombres y 13 mujeres)</p>	<p>1. Desarrollan una aplicación de realidad aumentada que funciona en ambientes externos. La prueban en 8 sitios patrimoniales en el que un grupo la utiliza y otro no. El objetivo es comparar si existe alguna diferencia significativa en la motivación de los estudiantes al utilizar o no la aplicación.</p> <p>2. Los estudiantes han mencionado que el uso de la realidad aumentada y los contenidos asociados a los elementos patrimoniales ayudan a que se mantenga la atención y el interés en aprender sobre los elementos patrimoniales.</p>
(Di Serio et al., 2013)	Modelo ARCS (IMMS)	Arte visual	<p>1. Grupo de control (explicación con diapositivas – 55 estudiantes)</p> <p>2. Grupo experimental (usando la aplicación de realidad aumentada – 55 estudiantes)</p>	<p>1. Describen una aplicación de realidad aumentada para el aprendizaje de arte visual y encuentran que el uso de la realidad aumentada tiene un alto impacto en la motivación de estudiantes de secundaria.</p> <p>2. Para la evaluación han seleccionado 3 secciones de un curso de artes visuales para diseñar materiales de 8 obras maestras del arte renacentista italiano. Para identificar si mejora la motivación utilizan el test IMMS con una escala de 1 a 5. También entrevistan a 24 estudiantes para obtener comentarios sobre qué ventajas y desventajas encontraron al utilizar la aplicación.</p>
(M. Wang et al., 2020)	Modelo ARCS (RIMMS)	Matemáticas	1. Grupo experimental (429 estudiantes de grado noveno entre los 14 y 17 años)	<p>1. Para evaluar la motivación utilizan el test RIMMS (Reduced IMMS) en el que se reduce el número de preguntas del test original de 36 a 12.</p> <p>2. Participan 429 estudiantes de 21 provincias de China utilizando la aplicación de realidad aumentada llamada SquirrelAI para enseñar y aprender matemáticas.</p> <p>3. Evalúan si variables como el género, la aspiración educativa, la familiaridad con las computadoras y la educación de los padres, son variables que afectan o benefician la motivación de los estudiantes. Como resultados se encuentra que la aspiración educativa y la educación de los padres son variables que si influyen en la motivación.</p>
(Bacca et al., 2019)	Modelo ARCS (IMMS)	Nomenclatura inorgánica	<p>1. Grupo de control (32 estudiantes de Colombia)</p> <p>2. Grupo experimental (26 estudiantes de España)</p>	<p>1. Describen un framework para diseñar aplicaciones de realidad aumentada. Se basan en el diseño motivacional, el diseño de aprendizaje universal y en la co-creación.</p> <p>2. La aplicación va dirigida a estudiantes de química en el tema de nomenclatura inorgánica</p>

Artículo	Test	Temática	Participantes	Observaciones
				<ol style="list-style-type: none"> Una estrategia que mejora la motivación de los estudiantes es que puedan completar las actividades de aprendizaje que se asignen y que se incluya mecanismos para que cada vez sean más retadoras. El tipo de contenidos que se muestran en realidad aumentada debe capturar su atención, como audios, imágenes, videos, modelos 3D. Se le debe dar al estudiante una realimentación de las actividades que va desarrollando.
(Bacca et al., 2018)	Modelo ARCS (IMMS)	Mantenimiento de automóviles	1. Grupo experimental (35 estudiantes)	<ol style="list-style-type: none"> Describen una aplicación llamada Paint-CAR y evalúan si variables como la construcción de conocimiento, la retroalimentación en tiempo real, el grado de éxito y el tiempo de realizar una actividad son variables que se relacionan con la motivación desde el punto de vista del modelo ARCS. Como resultados, las oportunidades de éxito se relacionan con la relevancia y satisfacción, el grado de éxito con la satisfacción, el resultado de aprendizaje con la relevancia y la confianza y el tiempo para realizar una actividad con la satisfacción y la atención.
(Khan et al., 2019)	Modelo ARCS (IMMS)	Anatomía	<ol style="list-style-type: none"> Grupo de control (78 estudiantes) Grupo experimental (78 estudiantes) 	<ol style="list-style-type: none"> Investigan aplicaciones que utilicen la realidad aumentada enfocadas en educación y observan que se encuentran en una etapa temprana. El objetivo de la investigación es medir y entender el impacto de la realidad aumentada en el aprendizaje y la motivación. Como resultados encuentran que se mejora la atención, la satisfacción y la confianza comparándolo con métodos tradicionales (textos y diapositivas). En cambio, respecto a la relevancia no se obtiene una mejora significativa

4.3. Co-creación

La co-creación es un proceso en el que diversas partes interesadas, como los usuarios, los expertos y las comunidades, trabajan de forma colaborativa para crear un producto o servicio que aporte valor a la sociedad (Bollwerk, 2015; Khol, 2003; Ribes-Giner et al., 2016). En el ámbito del aprendizaje del patrimonio cultural y natural, este concepto de co-creación también se ha aplicado, ya que, de manera colaborativa, las comunidades y las personas se involucran en la creación de contenidos para preservar y conservar los elementos patrimoniales y naturales relevantes para la sociedad. En esta subsección se describe la forma en que las aplicaciones analizadas en los trabajos relacionados (Cesário et al., 2019; Ciasullo et al., 2015; Connolly, 2015; Julier et al., 2016; Sintoris et al., 2015) evalúan la co-creación de contenidos en el ámbito del patrimonio cultural y natural.

4.3.1. Test de co-creación

En la literatura no se encuentra un test específico para evaluar la co-creación de contenidos. En los trabajos relacionados, lo que se hace es crear un cuestionario en el que se pregunta a los usuarios su opinión sobre el proceso de co-creación (Cesário et al., 2019; Ciasullo et al., 2015; Connolly, 2015; Sintoris et al., 2015) y en (Julier et al., 2016) se evalúa la calidad de los contenidos generados por los usuarios. En la siguiente subsección se explican cada uno de estos.

4.3.2. Co-creación: trabajos relacionados

En (Cesário et al., 2019) se describe una metodología que se utiliza para evaluar el co-diseño de una aplicación. El experimento se realizó con 13 adolescentes entre 15 y 17 años que se dividieron en 5 grupos. En la primera semana, 2 grupos trabajan con el Museo de Ingeniería y los otros 3 con el Museo de Medicina en Porto, Portugal. En esa semana, los adolescentes realizan una serie de actividades lúdicas y han sido reservados 2 días para diseñar e implementar la experiencia en el museo. Para implementarlo, han utilizado el software Aurasma el cual es una herramienta de realidad aumentada que permite observar e interactuar con el mundo a través de auras. Un aura se traduce como un contenido digital (video, enlace a sitio web, modelo 3D animado) que se desbloquea con la aplicación Aurasma. El proceso de diseño que se llevó a cabo fue: 1. Explicarles a los adolescentes cómo ver videos asociados al elemento patrimonial con el software y qué deben considerar para armar sus propios videos. 2. Realizar una primera visita al museo en el que los curadores explican los elementos patrimoniales sin utilizar ninguna tecnología digital y se les pide a los adolescentes que durante el recorrido vayan tomando fotografías y notas sobre los elementos que consideran que son necesarios incluir en el software. 3. Realizar una lluvia de ideas entre los grupos para crear una historia del elemento patrimonial y acertijos para identificar cuál era el otro elemento patrimonial que debían visitar. 4. Construir un guion para crear videos de cada uno de los elementos patrimoniales. 5. Realizar una segunda visita al museo para aclarar dudas sobre elementos patrimoniales específicos. 6. Construir el segundo guion en el que se incluyen los cambios obtenidos de la segunda visita. 7. Desarrollar los videos con segundo el guion. 8. Convertir cada video un Aura para después subirlo al software Aurasma. 9. Realizar un tercer recorrido en el museo utilizando el software Aurasma y 10. Realizar la evaluación con los participantes en el que se les pide llenar una encuesta sobre su experiencia en el diseño de contenidos para los elementos patrimoniales del museo. El cuestionario tiene 6 preguntas. Las 3 primeras se evalúan de 1 a 5 donde 1 es horrible y 5 brillante, la 4 con opciones de si, tal vez o no y las 2 últimas son preguntas abiertas. Las preguntas del cuestionario son:

1. ¿Qué tal le pareció la primera visita liderada por su director?
2. ¿Qué le pareció la actividad de co-diseño de un juego para el museo?
3. ¿Qué le pareció la actividad de explorar el museo con los juegos desarrollados por sus compañeros?
4. ¿Utilizarías la aplicación Aurasma en el futuro?
5. Describa toda la actividad realizada en el museo en una frase
6. ¿En qué ocasión y por qué motivo utilizaría la aplicación Aurasma?

En (Ciasullo et al., 2015) se menciona que la Web 2.0 favorece el desarrollo de comunidades virtuales como las redes sociales y aplicaciones para compartir contenidos, pero que desde el punto de vista del patrimonio cultural se deben generar aplicaciones que no se enfoquen solamente en el entretenimiento, sino también en el aprendizaje. Para conseguirlo hay que enfocarse en la creación y la organización de los contenidos y en los factores como la usabilidad, fiabilidad y formas de entregarlos. Por lo tanto, para diseñar un modelo que garantice las características mencionadas

es necesario que un conjunto de personas expertas establezca límites en los contenidos creados por los usuarios para los elementos patrimoniales. Los autores proponen un modelo para evaluar los contenidos creados por los usuarios para el elemento patrimonial la Pietà de Michelangelo Bounarroti que es una escultura dentro del Vaticano de Roma. Para este modelo se evalúan tres características: la originalidad de los contenidos, el impacto percibido por los usuarios y la calidad de los contenidos con una escala de 1 a 6 donde 1 es que no se alcanzó el criterio y 6 que es excelente.

En (Connolly, 2015) se describe una práctica que se realiza en el C.H. Museo Nash de Chucalissa con 9 estudiantes de secundaria de la comunidad local para crear contenidos de 25 elementos patrimoniales que se exhiben en el museo. Los estudiantes crean los contenidos de la exhibición durante 150 horas repartidas en 5 semanas y se les da un pequeño pago por ello. En la creación de estos contenidos, se trabaja con estudiantes graduados del departamento de Antropología y son ellos los que coordinan el proyecto. Para crear los contenidos se analizan los elementos patrimoniales, se hacen entrevistas con los miembros de la comunidad e historiadores, se busca literatura y se define el espacio en el que se ubicará el elemento patrimonial dentro del museo. Al finalizar la práctica, cuando los estudiantes tuvieron la libertad de decidir qué contenidos mostrar, optaron por crear muchos más contenidos de los que inicialmente planificados, demostrando un alto nivel de interés y creatividad en el proceso.

VisAge es un proyecto desarrollado como una aplicación web y móvil en el que los usuarios pueden subir historias patrimoniales sobre elementos urbanos nuevos o ya existentes en el sistema (Julier et al., 2016). Inicialmente se prueba la creación de los elementos urbanos y contenidos, por lo que 6 voluntarios de la ciudad de Brunswick crean contenidos (imágenes, textos, vídeos) de elementos históricos. Mencionan que la herramienta es una forma innovadora de difundir material cultural e histórico, pero que la motivación para crearlos depende de factores como el interés intrínseco, el hábito de publicar contenidos en línea y el interés para subirlo ya sea por un valor personal, histórico, cultural, educativo o sentimental. Posteriormente prueban la aplicación móvil durante 1 día en el evento abierto de Brighton & Hove del 2015 donde participan 6 visitantes para ver 3 lugares que cuentan la historia de la familia Croxon. A cada participante se les pide que piensen en voz alta lo que van viendo, lo comenten a los investigadores y se les realiza una entrevista. Estos 6 participantes tienen entre los 20 y 60, los cuales 3 son jóvenes. Los jóvenes responden de manera positiva al uso de la aplicación a diferencia de los de mayor edad en el que expresaron que prefieren aprender de forma independiente a través de libros. Sin embargo, la mayoría de ellos encontraron que la aplicación es interesante cuando se utiliza con realidad aumentada y la forma en que se puede transmitir con ella historias de los elementos de la ciudad.

En (Sintoris et al., 2015) se describe una aplicación llamada TaggingCreaditor que es un juego para el aprendizaje del patrimonio cultural basado en la ubicación del usuario. Ha sido implementado como una aplicación de escritorio y móvil. Esta aplicación da la posibilidad a los usuarios de crear y editar contenidos de elementos patrimoniales que se encuentran registrados en el sistema. Para probar la aplicación, a 9 estudiantes universitarios de diferentes disciplinas y nacionalidades se les pide crear contenidos para 2 juegos llamados CityScrabble y TanGling que tiene elementos patrimoniales del Museo de Arte Moderno de Macedonia en Grecia y que los contenidos se muestran según la ubicación en la que se encuentra el usuario. Para probar la creación, se le pide a cada participante que creen contenidos en la versión de escritorio y en la móvil. Los participantes comentaron que les pareció que crear contenidos de aprendizaje de los elementos patrimoniales es útil e interesante.

En la Tabla 13 se encuentra cada uno de los artículos que se describieron previamente, el número de participantes y las observaciones que se encontraron en el uso de la co-creación de contenidos.

Tabla 13: Aplicaciones que utilizan la co-creación

Artículo	Participantes	Observaciones
(Cesário et al., 2019)	13 usuarios entre los 15 y 17 años	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se realiza pruebas de co-diseño con Aurasma en las que los estudiantes crean contenidos virtuales (videos) sobre los elementos patrimoniales y se evalúan estos contenidos con un cuestionario.
(Ciasullo et al., 2015)	4 expertos patrimoniales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para probar la co-creación, se realizó una evaluación con 4 expertos en patrimonio, quienes fueron divididos en dos grupos: expertos homogéneos y heterogéneos. La clasificación se basó en la similitud o diversidad de las votaciones que cada uno otorgó respecto al elemento patrimonial evaluado. Esta comparación permitió analizar cómo las diferentes perspectivas influyen en la valoración del patrimonio en un proceso de co-creación.
(Connolly, 2015)	9 estudiantes de secundaria	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para co-crear los contenidos, con la colaboración de graduados en Antropología, se crean contenidos sobre 25 elementos patrimoniales que se encuentran en el museo C.H. Museo Nash de Chucalissa
(Julier et al., 2016)	<p>Prueba aplicación web (6 participantes)</p> <p>Prueba aplicación móvil (6 participantes)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los participantes consideran que es una herramienta innovadora porque brinda información cultural e histórica de los elementos urbanos de la ciudad. 2. Es importante tener en cuenta la motivación de los usuarios al crear elementos patrimoniales y contenidos, teniendo en cuenta factores como el interés intrínseco, el hábito de subir contenidos en internet, así como sus intereses personales, históricos, culturales, educativos o sentimentales. Estos aspectos influyen significativamente en la participación y la calidad de los contenidos que generan.
(Sintoris et al., 2015)	9 estudiantes universitarios	<ol style="list-style-type: none"> 1. TaggingCreaditor es un juego en el que los participantes pueden agregar y editar contenidos de elementos patrimoniales que ya existen en el sistema. 2. La creación y edición de los contenidos se puede realizar en la aplicación de escritorio o móvil. 3. Los participantes mencionan que les parece que crear contenidos es útil e interesante para el aprendizaje del patrimonio cultural.

4.4. Resumen y conclusiones del capítulo

De la revisión de la literatura y de los trabajos relacionados explicados en capítulos anteriores, se analiza qué test utilizan estos artículos para evaluar la aceptación tecnológica, la motivación y la co-creación en aplicaciones educativas especialmente aquellos orientados al aprendizaje del patrimonio cultural y natural.

En el capítulo se describen los test que se encuentran para evaluar cada uno de estos conceptos y qué variables consideran. Después, se describen brevemente los trabajos relacionados que utilizan alguno de estos test, el número de participantes que participan en el experimento y las variables que se analizaron.

Los test de aceptación tecnológica se emplean para evaluar la usabilidad y la aceptación de la tecnología. En la literatura se destacan los test SUS, TAM (versiones 1, 2 y 3), UTAUT (versiones 1 y 2), ARAM y HARUS. El test SUS se utiliza para evaluar la experiencia de uso de una aplicación. El test TAM evalúa la utilidad percibida, la facilidad de uso y la intención de uso. Este test en su versión 2 incorpora variables adicionales, como la experiencia, la relevancia en el trabajo y la demostrabilidad de los resultados, entre otras. La versión TAM3 añade variables sociales y externas como la autoeficacia computacional, la ansiedad informática y el disfrute percibido. En las aplicaciones revisadas se utiliza mayormente la primera versión.

El test UTAUT evalúa la tecnología a través de variables como la expectativa de rendimiento, la expectativa de esfuerzo, la influencia social y las condiciones facilitadoras. La segunda versión de UTAUT considera también la motivación hedónica, el valor percibido y el hábito.

En la literatura se menciona que el test ARAM se basa en el UTAUT con la adición de variables como la ansiedad informática y la motivación hedónica. Finalmente, el test HARUS evalúa la usabilidad de aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles y se basa en el test SUS.

Los trabajos relacionados muestran que la realidad aumentada en entornos educativos mejora la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, en comparación con los métodos tradicionales. Más aún, la realidad aumentada facilita la interacción con los elementos patrimoniales a través de contenidos virtuales, con lo que se despierta un mayor interés del usuario, generando así una intención mayor de su uso.

Los trabajos que utilizaron la co-creación mencionan que, al permitir a los usuarios crear contenidos de manera colaborativa, se fomenta su participación, interés y motivación para investigar, así como se enriquece el conocimiento que se tiene sobre los elementos patrimoniales.

Aunque las tecnologías de información y comunicación cada vez se utilizan más en ambientes educativos, su implementación no garantiza por sí sola el aumento en la motivación. Por esta razón es importante considerar las características de la tecnología seleccionada, ya que pueden influir de manera positiva o negativa en la motivación y, por eso, se requiere evaluar el uso de la tecnología.

Durante la revisión de la literatura se encontró que el test ARAM ha sido probado y validado con 528 participantes y que fue creado específicamente para evaluar aplicaciones que utilizan realidad aumentada en el patrimonio cultural y natural, razón por la cual fue seleccionado para evaluar Motiv-ARCHE desde el punto de vista de la aceptación de la tecnología.

Para evaluar la motivación se emplea el test IMMS, el cual considera cuatro variables: atención, relevancia, confianza y satisfacción. Este test ha sido ampliamente utilizado para evaluar la motivación de los usuarios en el contexto educativo y también ha sido adaptado para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. La mayoría de los trabajos relacionados analizados emplean la versión original del test, mientras que algunas utilizan una versión reducida llamada RIMMS. Para evaluar la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural se utilizó el test IMMS.

Finalmente, para la co-creación no existen test que midan esta característica. En los trabajos generalmente se utiliza algún tipo de cuestionario creado por los autores en que a los usuarios se le hacen preguntas sobre los contenidos que crean dentro de la aplicación. En esta tesis se adaptaron las preguntas del test de motivación IMMS enfocándolo hacia la motivación en la co-creación de contenidos.

PARTE II. PROPUESTA Y EVALUACIÓN

EXPERIMENTAL

CAPÍTULO 5 - MOTIV-ARCHE

Tras el análisis de los trabajos relacionados con el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, se ha visto la necesidad de crear un sistema que motive a los usuarios a visitar los sitios patrimoniales. Este sistema aprovecha las ventajas de la realidad aumentada para mostrar contenidos asociados a los elementos patrimoniales en diversos medios, adaptándose para evitar la sobrecarga de información y fomentando la participación de los usuarios en la co-creación de contenidos.

En esta sección se describe el sistema propuesto y desarrollado para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, abordando las problemáticas mencionadas en capítulos anteriores. Se consideraron tanto las fortalezas y las debilidades identificadas en las revisiones literarias y en los trabajos relacionados con respecto al uso de la realidad aumentada, la adaptación de la información y la co-creación. A continuación, se explica la aplicación Motiv-ARCHE, los servicios implementados, los componentes utilizados y el proceso de desarrollo.

Motiv-ARCHE es una aplicación de realidad aumentada diseñada para facilitar el aprendizaje del patrimonio cultural y natural que muestra contenidos asociados a cada elemento patrimonial (como audios, imágenes, videos, modelos 3D, archivos PDF, sitios web y textos) basándose en las características del usuario, de las de su contexto y en los del elemento patrimonial. El nombre 'Motiv' refleja el objetivo de mejorar la motivación de los usuarios, 'AR' indica que utiliza tecnología de realidad aumentada y 'CHE' hace referencia a Cultural HEritage (Ver Ilustración 18).

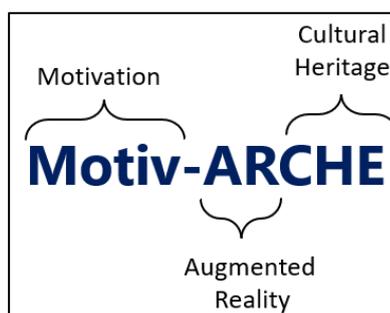


Ilustración 18. Definición Motiv-ARCHE

Esta aplicación ha sido implementada para que sea utilizada tanto por usuarios como por expertos patrimoniales, que de manera colaborativa crean contenidos de diversos elementos patrimoniales y rutas con ellos. La aplicación funciona como una aplicación web y como una aplicación móvil en la que los usuarios pueden asociar contenidos a los elementos patrimoniales y visualizar con realidad aumentada estos contenidos virtuales asociados a los elementos patrimoniales. La realidad aumentada se activa por reconocimiento de imágenes o por posición geográfica.

Para desarrollar esta investigación se utilizó la metodología DBR (F. Wang & Hannafin, 2005) que en la actualidad es utilizada no solo en el campo de la tecnología sino también en la educación en general (Jong et al., 2022; Leinonen & Durall, 2014). Esta metodología se divide en tres (3) fases que consisten en diseñar, implementar y analizar la aplicación. Esta iteración se va repitiendo hasta que el usuario está satisfecho con el funcionamiento de la aplicación desarrollada. Por tal motivo, al finalizar las tres fases se les pregunta a los usuarios qué características se debían mejorar. A continuación, se describe cada una de las fases:

Fase de diseño: en esta fase se consideró inicialmente el análisis y los resultados de la revisión de la literatura y de los trabajos relacionados. Con esta información se procedió a definir qué medios de contenidos se iban a mostrar, cómo era el proceso para co-crear contenidos, qué métodos de activación de la realidad aumentada se iban a utilizar, cuáles son las características que se consideraban del usuario, de su contexto y del elemento patrimonial para determinar qué elementos patrimoniales y contenidos asociados se iban a mostrar al usuario y qué servicios se iban a implementar.

Fase de implementación: tras identificar los medios de contenidos, los métodos de activación, las características del usuario, de su contexto, del elemento patrimonial y los servicios, se seleccionaron las herramientas necesarias para implementar la aplicación. En las iteraciones posteriores se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en la fase de implementación de la iteración previa. Un conjunto de servicios que se introdujo en una de las versiones de la aplicación fueron los mecanismos de adaptación tal como se explica en capítulo 7.

Fase de análisis: en esta fase, con cada versión de la aplicación implementada, se procede a utilizarla y evaluarla con usuarios y expertos patrimoniales para tener su retroalimentación y mejorar con la misma la aplicación.

Cabe recalcar que, al estar implementando la metodología de la DBR, estas tres fases se van realizando de forma iterativa, por lo que en cada fase de análisis se volvía a pasar por la fase de diseño con el fin de mejorar la aplicación considerando los comentarios que los usuarios realizaban.

5.1. Proceso de desarrollo

Esta sección describe en detalle lo que se realizó en cada una de las fases propuestas en la DBR.

5.1.1. Diseño

En esta fase, inicialmente teniendo en cuenta las fortalezas, debilidades y desafíos identificados en la revisión de la literatura y trabajos relacionados, y posteriormente la retroalimentación de los usuarios, se especifican los medios que se utilizarán para mostrar la información de los elementos patrimoniales, el proceso de co-creación, los métodos de activación de la realidad aumentada y se definen los servicios que el sistema debe ofrecer.

5.1.1.1. Tipos de medios de los contenidos asociados

A partir de los trabajos relacionados se encontró que generalmente los sitios patrimoniales como medios utilizan audios en audioguías, imágenes en impresiones que contiene información del elemento patrimonial, videos en pantallas dentro del sitio patrimonial y textos en documentos impresos o folletos. Sin embargo, mientras los usuarios iban probando la aplicación, se encontró la necesidad de agregar información en medios que no se estaban utilizando para mejorar la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. Estos medios que se agregaron son los modelos 3D, sitios web y los archivos PDF. Por lo tanto, los medios que se definieron para que la aplicación mostrara contenidos asociados a los elementos patrimoniales son audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y/o archivos PDF.

5.1.1.2. Proceso de co-creación

En (Bollwerk, 2015; Bollwerk et al., 2015; Cesário et al., 2017, 2019; Connolly, 2015) se menciona en relación con el aprendizaje del patrimonio cultural y natural que para algunos usuarios las visitas a los museos son una fuente importante de aprendizaje pero que estas son aburridas porque no muestran nada nuevo. En cada uno de estos artículos se menciona el valor que tiene la co-creación con los usuarios en el que ellos son partícipes en la creación de los contenidos que se van a mostrar en el sitio patrimonial.

En (Cesário et al., 2019) los investigadores proponen un proceso de co-creación mediante una actividad con estudiantes de entre 15 y 17 años. En esta actividad, los estudiantes crean experiencias para ciertos museos, las cuales luego son utilizadas para visualizar contenidos generados en realidad aumentada. Las actividades incluyen la explicación del uso de herramientas de realidad aumentada, una visita al museo donde los expertos patrimoniales brindan información sobre los elementos patrimoniales, una sesión de lluvia de ideas para recopilar opiniones de los participantes sobre cómo mejorar la experiencia, y finalmente, la construcción de los contenidos para explicar el elemento patrimonial.

Por otro lado, Bollwerk lleva a cabo un proceso de co-creación en el museo C.H. Nash de Chucalissa, ubicado en Memphis, Tennessee. En este caso, los expertos patrimoniales otorgan voz a la comunidad local. Participaron nueve estudiantes de secundaria, seleccionados de un grupo de 35 para crear una exhibición en el museo. Durante cinco semanas, los estudiantes trabajaron en colaboración con dos expertos patrimoniales en Antropología. Las actividades incluyeron la selección de los elementos patrimoniales, entrevistas con miembros de la comunidad e historiadores, investigación bibliográfica y, finalmente, la selección de los contenidos a presentar.

En ambos casos se encuentra que al implementa la co-creación, los estudiantes se sientan más motivados para investigar e incluir contenidos relevantes tanto para ellos como para otros usuarios. Además, fomenta un sentido de pertenencia y motiva a otros visitantes a explorar estos contenidos y elementos patrimoniales.

A partir de los ejemplos anteriores, en Motiv-ARCHE se realiza un proceso para la co-creación de contenidos (ver Ilustración 19) que consiste en (1.) seleccionar el elemento patrimonial, (1b.) etiquetar el elemento con la clasificación dada por la UNESCO para diferenciarlo en la aplicación con respecto a otros elementos que ya se encuentren registrados en la aplicación, (2.) definir cuál es el método de activación de la realidad aumentada que se va a utilizar (por reconocimiento de imágenes y/o por posición geográfica), (3.) agregar los contenidos al elemento (audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y/o archivos PDF) y finalmente etiquetar cada uno de los contenidos para diferenciarlos de otros contenidos registrados en la aplicación.

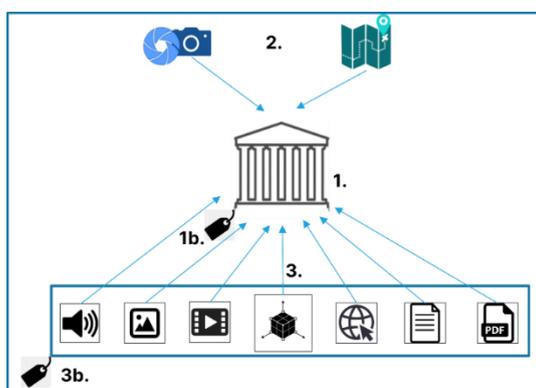


Ilustración 19. Proceso de co-creación

Este enfoque permite que los estudiantes se sientan más motivados para investigar e incluir contenidos relevantes tanto para ellos como para otros usuarios. Además, fomenta un sentido de pertenencia y motiva a otros visitantes a explorar estos contenidos y elementos patrimoniales.

Para agregar los elementos patrimoniales y los contenidos asociados, los usuarios que ya se han registrado dentro de la aplicación realizan los pasos descritos anteriormente, y para validarlos, los expertos patrimoniales pueden agregar comentarios a cada uno de los elementos y contenidos que se hayan agregado.

5.1.1.3. Métodos de activación de la realidad aumentada

Los métodos seleccionados para la activación de la realidad aumentada fueron: el reconocimiento de imágenes y la posición geográfica. Estos métodos fueron seleccionados dado que la mayoría de los trabajos relacionados los utilizan con el objetivo de mejorar la motivación de los usuarios en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. Estos trabajos abarcan todo tipo de sitios patrimoniales como museos, parques, sitios arqueológicos, etc., por lo que la activación, independientemente de si se encuentra en un ambiente interno o externo, no debe generar problemas en el momento de mostrar los contenidos. Como se mencionó en capítulos anteriores, para la creación de un elemento que se encuentre en un ambiente interno, se recomienda que el elemento se cree con un reconocimiento por imágenes y en el caso de que el ambiente sea externo se recomienda hacerlo por posición geográfica. Sin embargo, la aplicación da la posibilidad de crear para un mismo elemento el reconocimiento por más de una imagen de reconocimiento y/o por una posición geográfica.

Para la activación por reconocimiento de imágenes se seleccionó Vuforia. Además de los costos de licenciamiento, este framework y la plataforma de desarrollo seleccionada Unity, permite que, con un mismo código, la aplicación funcione tanto para dispositivos móviles con sistemas operativos Android como en iOS. La licencia gratuita también incluye la versión en la nube lo que permite que, en el momento de desarrollar la aplicación, los contenidos que se cargan en Motiv-ARCHE se pudieran acceder en tiempo real.

Vuforia en su documentación menciona entre otras características cómo es el proceso para tener una buena imagen, en qué tipo de papel se debe imprimir, qué elementos se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar la imagen y los formatos que soporta (Vuforia, 2019).

Como pre-requisito, las imágenes que se utilizan deben ser con extensión JPG o PNG. No pueden superar los 2,25 MB y deben tener un tamaño mínimo de 320 píxeles. Las características como tal de la imagen se almacenan en la base de datos de Vuforia.

Para la activación por posición geográfica se utilizó la librería AR+GPS Location que se encuentra disponible en la tienda de Unity (Unity, 2018). Su ventaja es que es compatible con Vuforia, por lo que se pueden integrar ambas herramientas y no se generan problemas en el momento de ejecutar la aplicación. La activación en este caso se ejecuta según una distancia de activación entre el elemento patrimonial y la ubicación del usuario que se debe definir.

5.1.1.4. Servicios

El sistema Motiv-ARCHE ha sido diseñado e implementado para que funcionen para usuarios que se encuentren o no registrados en la aplicación. Los usuarios que se encuentran registrados en la aplicación tienen más servicios que los que puede utilizar un usuario no registrado. A continuación, se explican los servicios básicos, los servicios de los elementos patrimoniales, los servicios de contenidos, los servicios de rutas, los servicios de etiquetas, los servicios de grupo, otros servicios del usuario, los servicios de Vuforia y los servicios adaptativos (ver Tabla 14).

Tabla 14. Servicios Motiv-ARCHE

1. Servicios básicos	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar • Descargar aplicación móvil • Iniciar sesión • Recordar contraseña • Cambiar contraseña • Cambiar idioma • Cambiar mis preferencias • Actualizar datos de registro
2. Servicios de elementos patrimoniales	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar elementos patrimoniales • Crear – editar – eliminar – consultar elementos patrimoniales • Validar elemento patrimonial
3. Servicios de contenidos	<ul style="list-style-type: none"> • Visualizar contenidos • Crear – editar – eliminar contenidos del elemento patrimonial • Validar contenidos del elemento patrimonial
4. Servicios de rutas	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar rutas • Crear – editar – eliminar – consultar rutas • Validar ruta y elementos patrimoniales de la ruta
5. Servicios de etiquetas	<ul style="list-style-type: none"> • Crear - editar - eliminar - consultar etiquetas
6. Servicios de grupos	<ul style="list-style-type: none"> • Crear - editar - eliminar - consultar grupo de usuarios
7. Otros servicios del usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Test para evaluar la aplicación • Manuales y noticias • Publicaciones y eventos • Estadísticas en la creación de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas • Reportes de evaluación
8. Servicios de Vuforia	<ul style="list-style-type: none"> • Crear - actualizar - eliminar targets de Vuforia • Obtener targets de Vuforia • Resumen base de datos de Vuforia
9. Servicios adaptativos	Ver capítulo 7 – Módulo de adaptación

1. Servicios básicos:

- **Registrar:** permite registrar al usuario dentro del sistema Motiv-ARCHE para que pueda iniciar sesión y ejecutar el resto de las funcionalidades. Para el registro, la información que se solicita es: nombre, apellido, fecha de nacimiento, género, correo electrónico, contraseña y confirmación de contraseña. Para validar que los datos y el correo electrónico ingresados son válidos, el sistema envía un correo para activar la cuenta. En la Ilustración 20 se muestra la secuencia de eventos de este servicio.

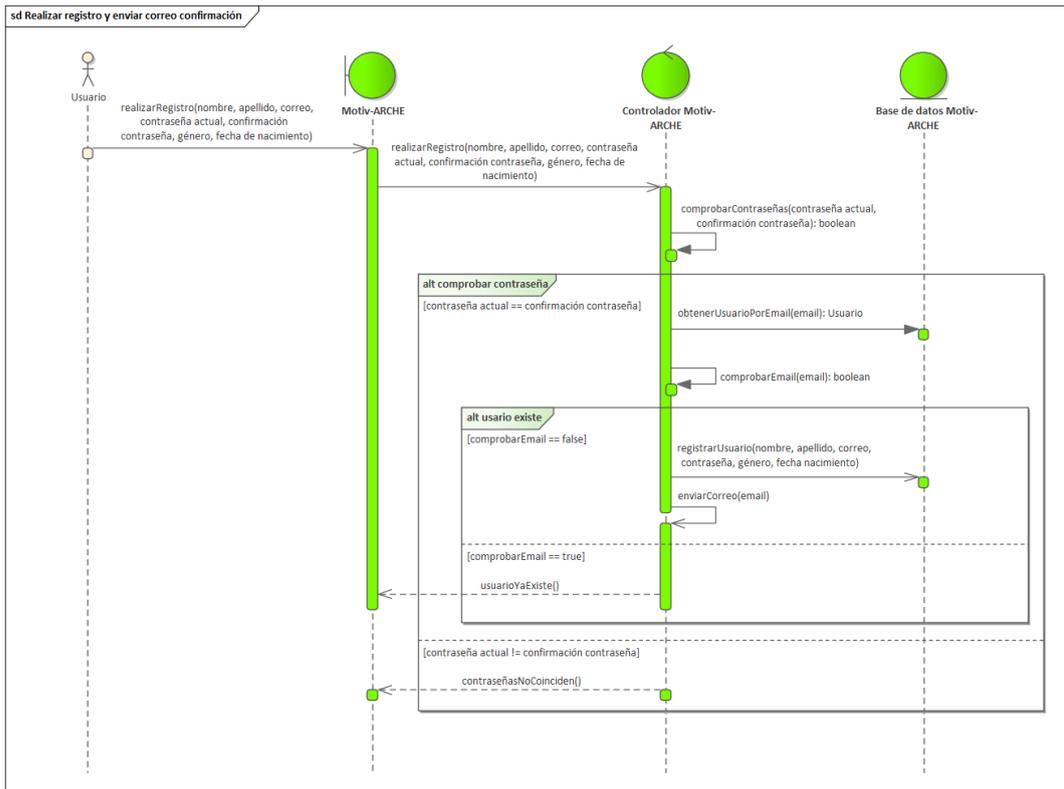


Ilustración 20. Realizar registro y enviar correo confirmación

- **Descargar aplicación móvil:** desde la aplicación web, el usuario puede descargar la aplicación Motiv-ARCHE para dispositivos móviles con sistema operativo Android. El archivo que retorna es un .apk para realizar la instalación. También hay una forma más fácil de instalar la aplicación y es ingresando al Play Store y buscar la aplicación Motiv-ARCHE. En la Ilustración 21 se muestra la secuencia de eventos que el usuario y el sistema realizan para ejecutar esta funcionalidad.

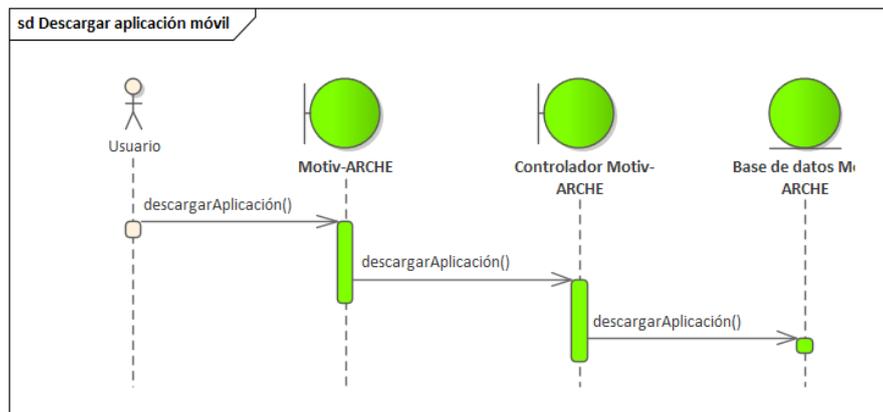


Ilustración 21. Descargar aplicación móvil

- **Iniciar sesión:** una vez el usuario se encuentra registrado dentro del sistema y su cuenta está activa, puede iniciar una sesión. Después de haber ingresado se le muestran los otros servicios que puede ejecutar. Para ingresar, se le solicita al usuario el correo electrónico y la contraseña (ver Ilustración 22).

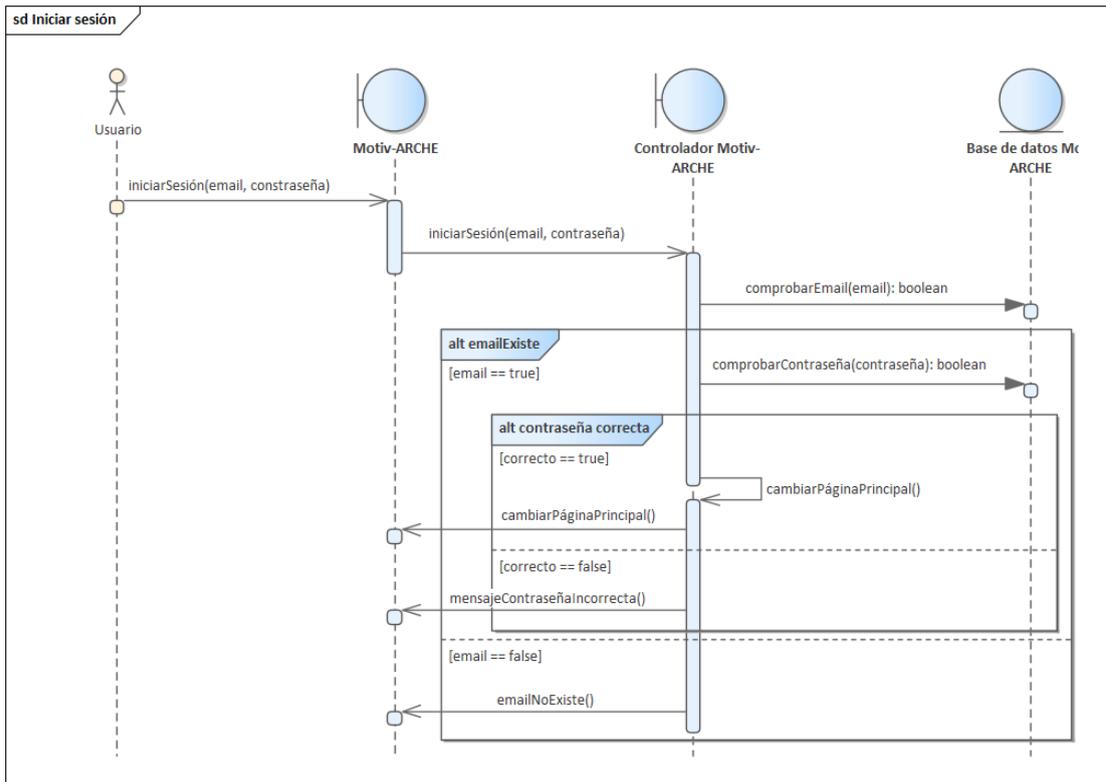


Ilustración 22. Iniciar sesión

- **Recordar contraseña:** en caso de que el usuario no recuerde la contraseña, el sistema Motiv-ARCHE ofrece una opción de recuperarla. Como al registrarse se le ha solicitado el correo electrónico, el sistema le envía un enlace para que pueda cambiarla. En caso de que el enlace enviado no sea utilizado durante las 24 horas, se deberá solicitar nuevamente (ver Ilustración 23).

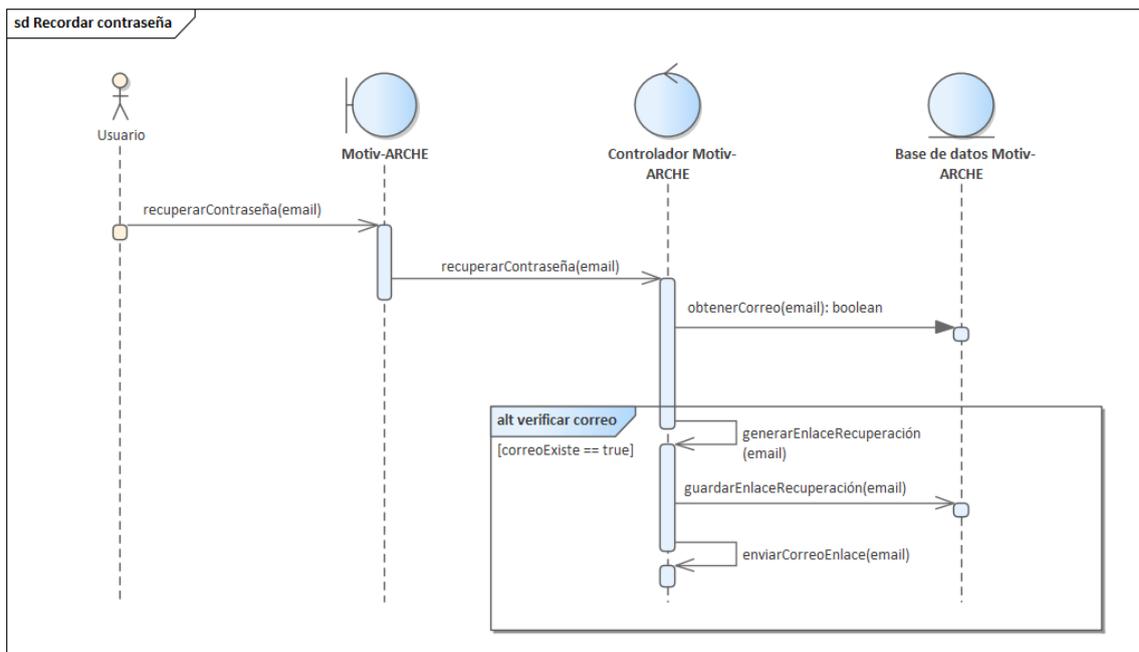


Ilustración 23. Recordar contraseña

- **Cambiar contraseña:** el usuario puede cambiar la contraseña. Para cambiarla, el usuario debe iniciar sesión y dentro de la opción perfil, seleccionar el servicio cambiar contraseña. Para cambiarla, se le solicita la contraseña actual, la contraseña nueva y la confirmación de la nueva contraseña (ver Ilustración 24).

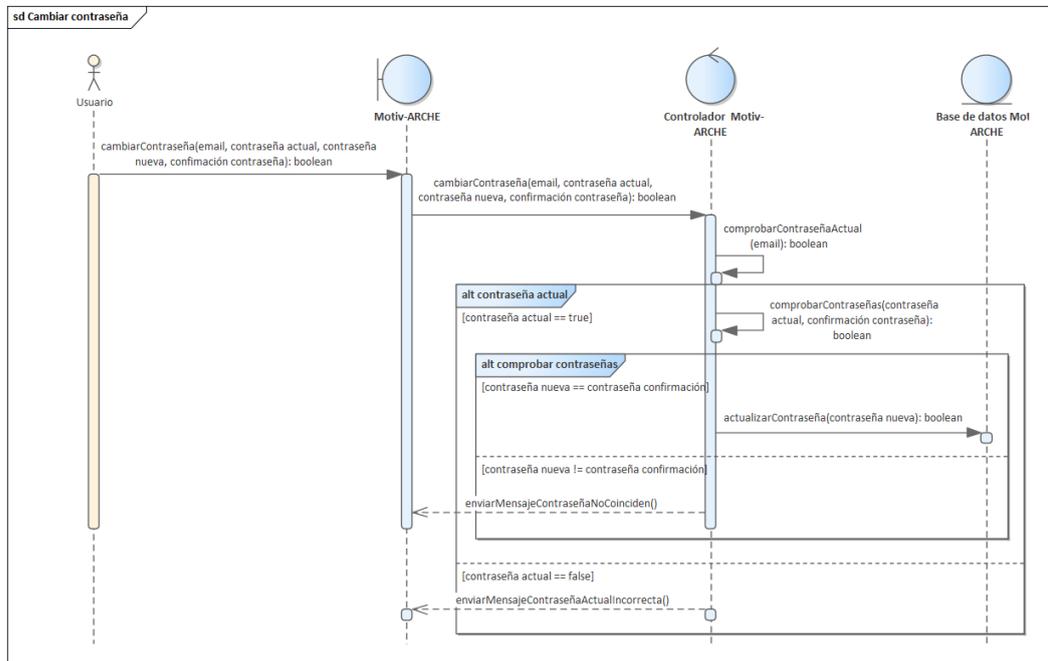


Ilustración 24. Cambiar contraseña

- **Cambiar idioma:** el usuario puede cambiar el idioma de la aplicación seleccionando alguno de los que se encuentren en la lista. Actualmente la aplicación se encuentra por defecto en español, pero también está disponible en inglés y en catalán. Cuando el usuario inicia una sesión, puede cambiar el idioma predeterminado en la opción perfil seleccionando el idioma de preferencia (ver Ilustración 25).

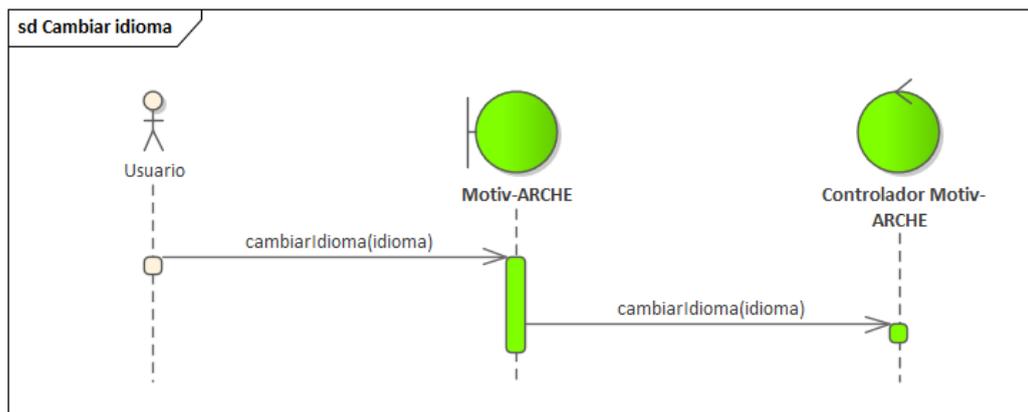


Ilustración 25. Cambiar idioma

- **Cambiar mis preferencias:** para cambiar las preferencias del usuario en relación con los contenidos, los elementos patrimoniales y las rutas, el usuario debe ingresar a Motiv-ARCHE y seleccionar la opción "Cambiar preferencias" (ver Ilustración 26).

En cuanto a los contenidos, se pueden elegir entre distintos medios: audio, imagen, video, modelo 3D, sitio web, texto y PDF.

Para los elementos patrimoniales se consideran: el tipo de ambiente (interno o externo), el tipo de patrimonio (tangible, intangible, cultural o natural), el período histórico (prehistoria, edad antigua, edad media, renacimiento, edad moderna, revolución industrial, edad contemporánea) y la temática (arte, cultura, historia, música, ciencia, ciencias sociales, tecnología, antropología, naturaleza y medio ambiente).

Respecto a las rutas, se pueden ajustar las preferencias respecto al número de elementos patrimoniales a visitar, la distancia entre la ubicación del usuario y el elemento patrimonial, el tipo de ruta (definida por el usuario o más corta), el modo de viaje (caminando, conduciendo, en bicicleta), la distancia máxima a recorrer y las condiciones climáticas (tormenta, llovizna, lluvia, nieve, neblina, soleado, nublado).

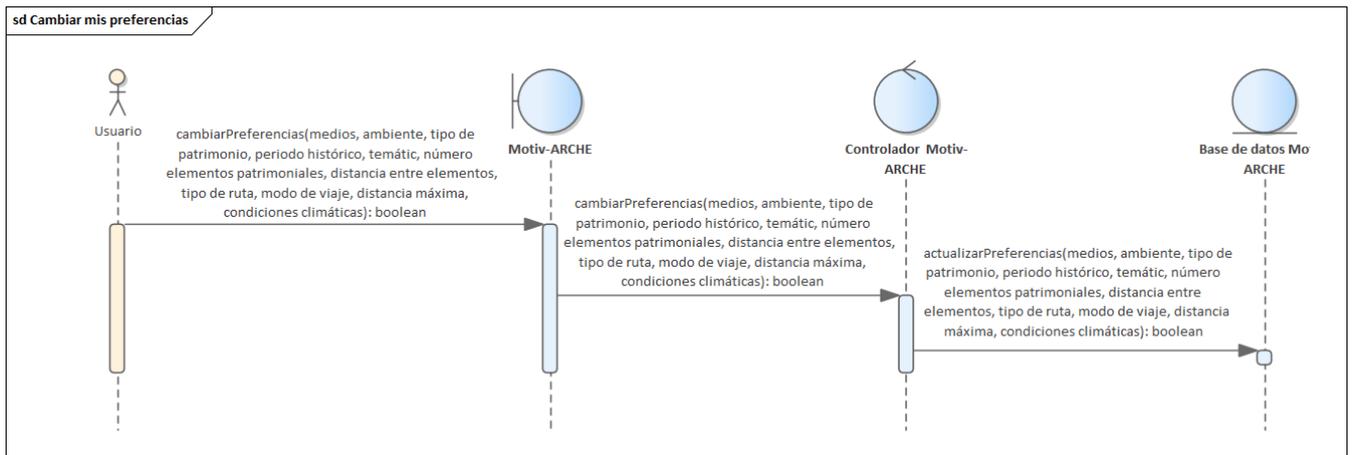


Ilustración 26. Cambiar mis preferencias

- **Actualizar datos de registro:** para cambiar la información del registro, el usuario debe ingresar a la aplicación y, en su perfil, seleccionar la opción "Actualizar datos de registro". En esta opción, se le solicita el nombre, el apellido, el correo electrónico, el género y la fecha de nacimiento (ver Ilustración 27).

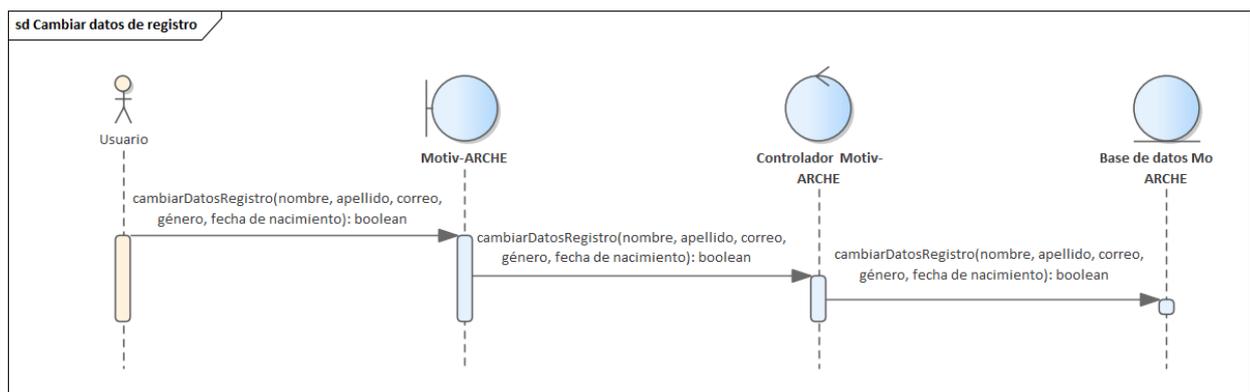


Ilustración 27. Cambiar datos de registro

2. Servicios de elementos patrimoniales:

- **Buscar elementos patrimoniales:** para buscar elementos patrimoniales no es necesario que el usuario se encuentre registrado en la aplicación. Puede buscar por el nombre, las etiquetas, los permisos de visualización y edición los métodos de activación de la realidad aumentada (imágenes y/o posición geográfica). Cuando la activación es por reconocimiento de imágenes puede buscar por el rating de reconocimiento de las imágenes (ver Ilustración 28).

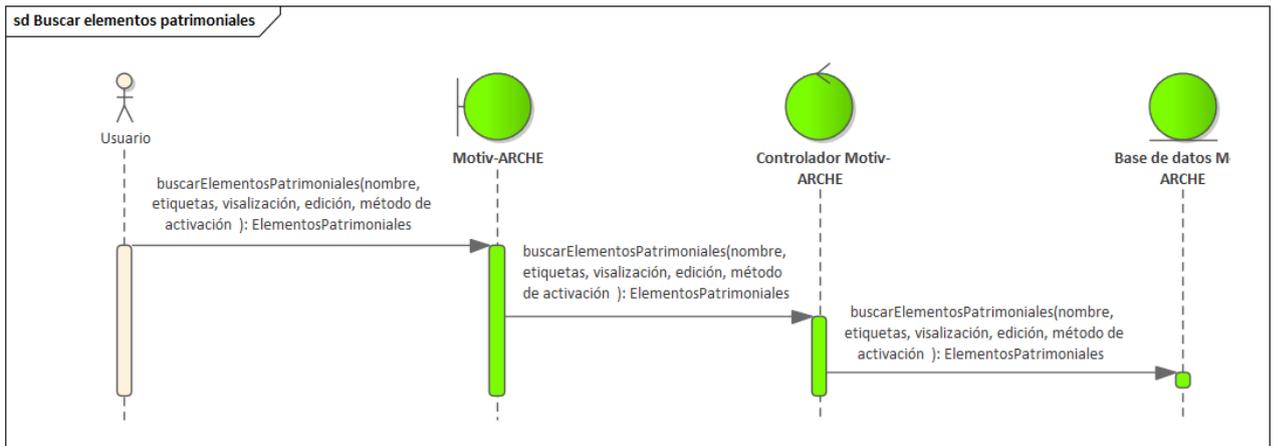


Ilustración 28. Buscar elementos patrimoniales

- **Crear - editar - eliminar - consultar elementos patrimoniales:** mientras los usuarios no hayan iniciado la sesión, de estos cuatro servicios solamente podrán utilizar el de consultar (ver Ilustración 29). El servicio de consultar muestra detalles de cada elemento patrimonial: el nombre, quién lo puede consultar y/o editar, la accesibilidad, el estado de conservación y los contenidos asociados.

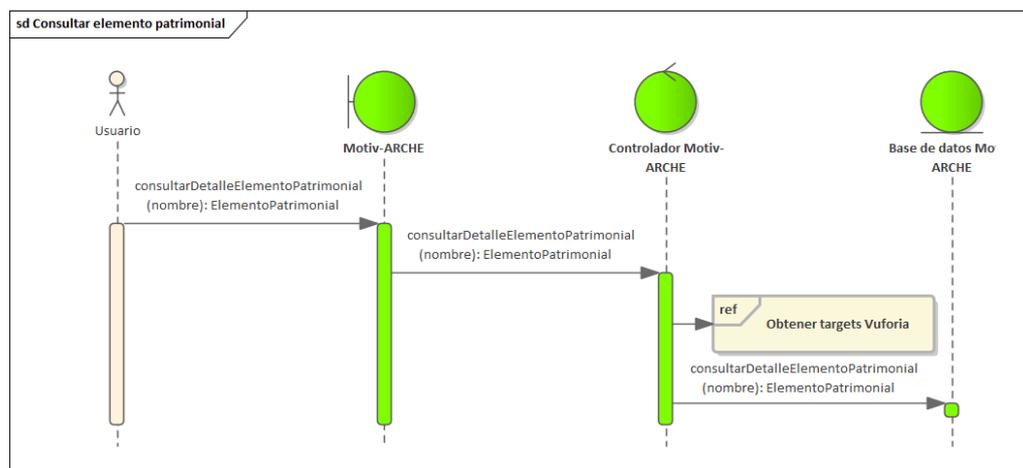


Ilustración 29. Consultar elemento patrimonial

Una vez iniciada la sesión pueden ejecutar el resto de estos servicios. Para crear un elemento patrimonial se le solicita el nombre del elemento patrimonial, las etiquetas, los permisos de quien lo puede consultar y/o editar, cuál es la accesibilidad, el estado de conservación, los métodos de activación de la realidad aumentada (reconocimiento de imágenes y/o posición geográfica) y los medios que se encuentran asociados a ese elemento patrimonial los cuales pueden ser audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y/o archivos PDF (ver Ilustración 30).

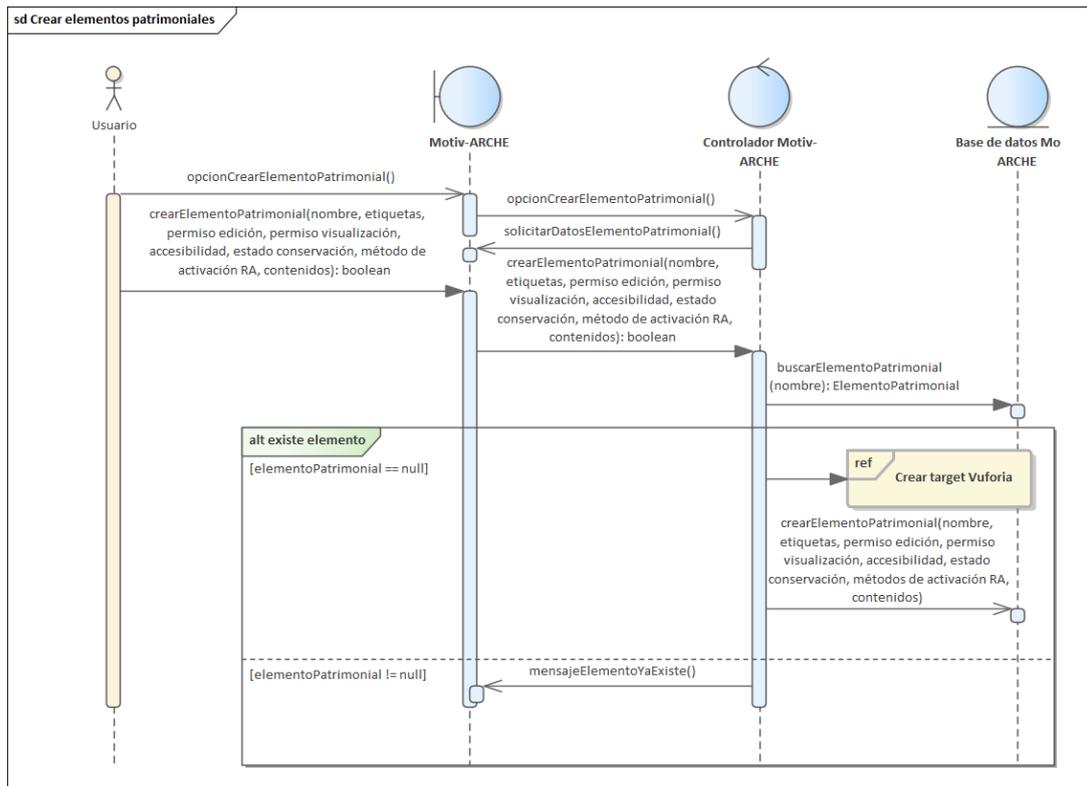


Ilustración 30. Crear elementos patrimoniales

Dependiendo de los permisos que se dan a cada uno de los elementos patrimoniales, los usuarios podrán eliminar y/o editar la información asociada al elemento patrimonial. Para editar, eliminar y consultar un elemento patrimonial, primero se debe buscar.

Al editarlo, el usuario puede cambiar el nombre del elemento patrimonial, las etiquetas asociadas, los permisos de edición y visualización, los métodos de activación de la realidad aumentada, la accesibilidad, el estado de conservación y los contenidos asociados (nombre, archivo o enlace, etiquetas del contenido) (ver Ilustración 31).

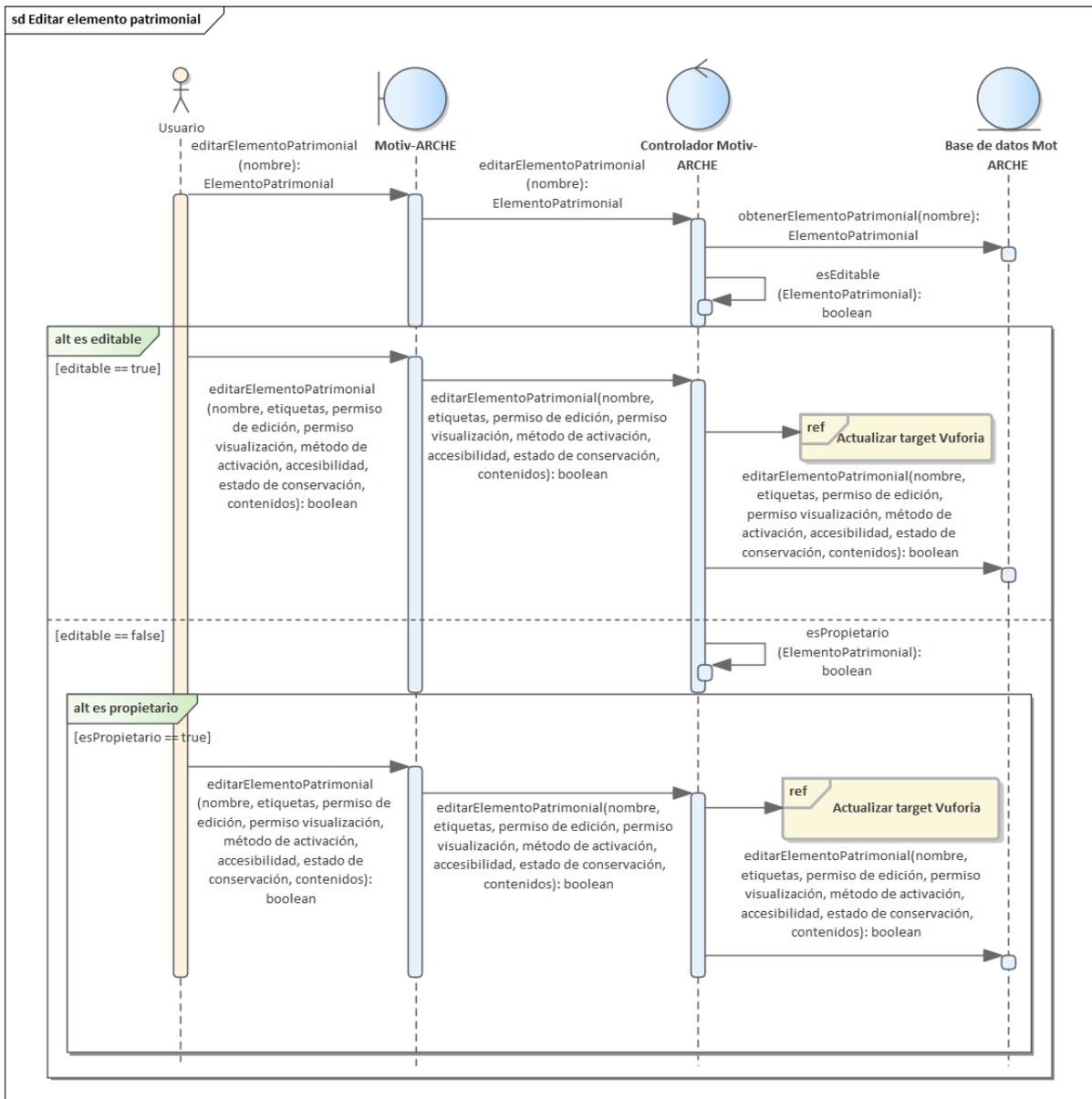


Ilustración 31. Editar elemento patrimonial

Para eliminar un elemento patrimonial, el usuario debe primero buscarlo y luego seleccionar la opción de eliminar. Sin embargo, es necesario contar con los permisos adecuados para completar esta acción (ver Ilustración 32).

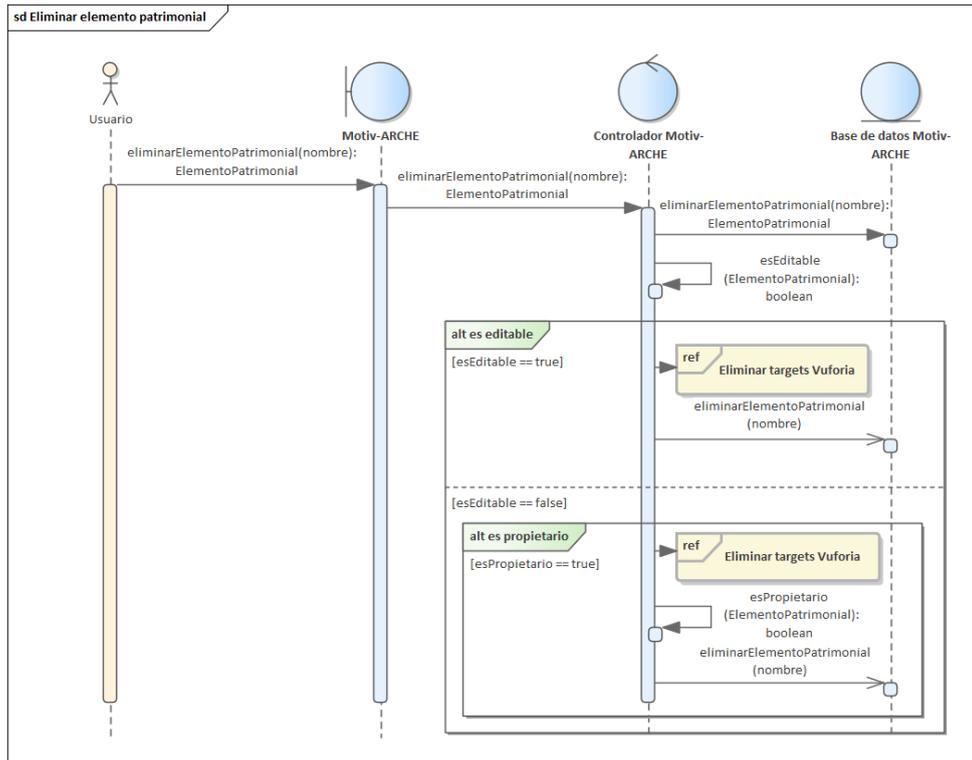


Ilustración 32. Eliminar elemento patrimonial

- **Validar elemento patrimonial:** validar un elemento patrimonial sólo lo puede realizar un experto patrimonial. Para ello, debe realizar la búsqueda y la consulta de los elementos patrimoniales. A partir del resultado obtenido, el experto puede comentar sobre el elemento y validar si la información ingresada por el usuario que ha creado el elemento es correcta o no (ver Ilustración 33).

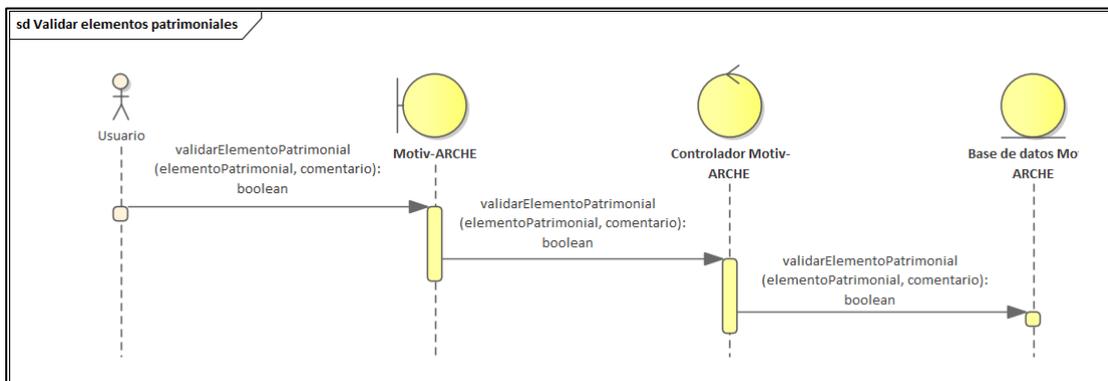


Ilustración 33. Validar elemento patrimonial

3. Servicios de contenidos:

- **Visualizar contenidos:** para visualizar los contenidos asociados al elemento patrimonial, desde la aplicación web se debe buscar el elemento patrimonial y seleccionar la opción de consultar (ver Ilustración 34).

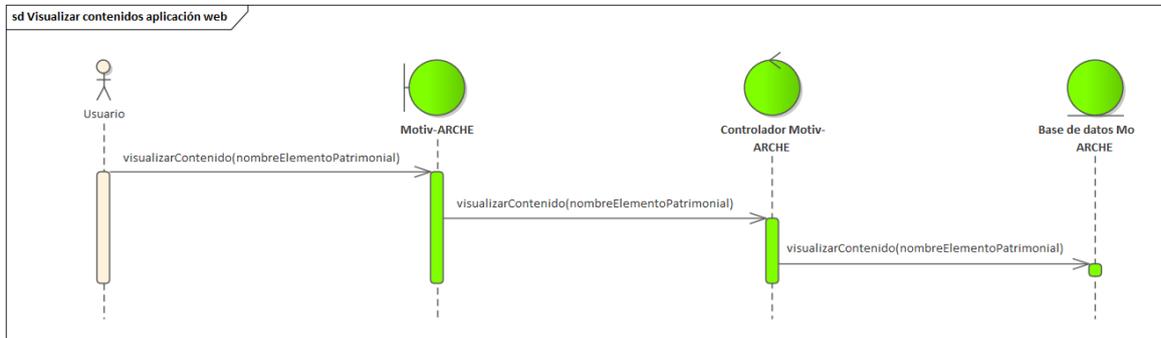


Ilustración 34. Visualizar contenidos aplicación web

Desde la aplicación móvil, los contenidos se pueden observar mediante la activación de la realidad aumentada (por reconocimiento de imágenes o por posición geográfica). Si es por reconocimiento de imágenes se utiliza la cámara del dispositivo móvil y se le solicita al usuario que apunte a la imagen que se asignó para activar la realidad aumentada (ver Ilustración 35).

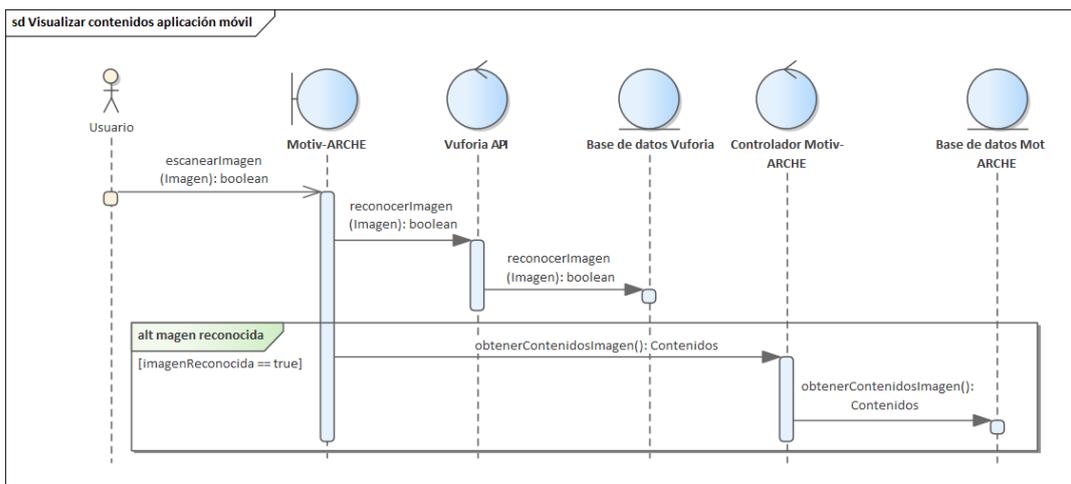


Ilustración 35. Visualizar contenidos aplicación móvil (reconocimiento de imagen)

En cambio, sí es por posición geográfica, la activación de la realidad aumentada se realiza cuando el usuario está dentro del radio de distancia definido (ver Ilustración 36). Los tipos de contenidos que puede visualizar son audios, imágenes, videos, modelos 3D, textos, sitios web y archivos PDF.

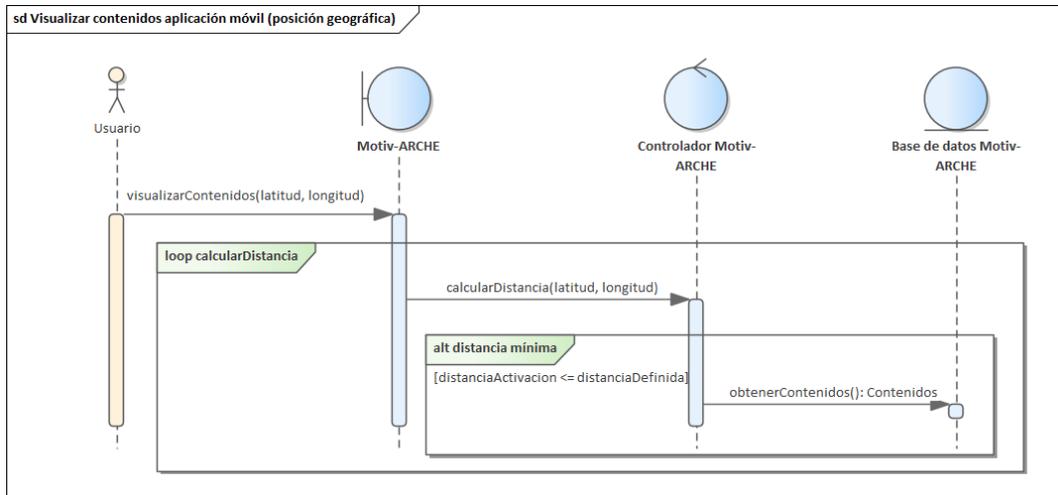


Ilustración 36. Visualizar contenidos aplicación móvil (posición geográfica)

- **Crear - editar - eliminar contenidos del elemento patrimonial:** mientras los usuarios no hayan iniciado la sesión, de estos tres servicios solamente podrá utilizar el de consultar. Una vez iniciada la sesión pueden ejecutar los otros dos servicios. Para crear o editar un contenido, primero se debe realizar la búsqueda del elemento patrimonial del que se quieren crear o editar contenidos. Si el usuario tiene los permisos necesarios, selecciona la opción de editar elemento patrimonial y dentro de esta opción puede crear, editar o eliminar contenidos asociados al elemento. Los tipos de contenidos que puede agregar son audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y archivos PDF. Como información de los contenidos se le solicita el nombre del contenido, las etiquetas para identificar el tipo de contenido y el enlace donde se encuentra o el archivo local para subirlo al servidor de la aplicación.

La Ilustración 37 describe las opciones de crear y editar un elemento patrimonial.

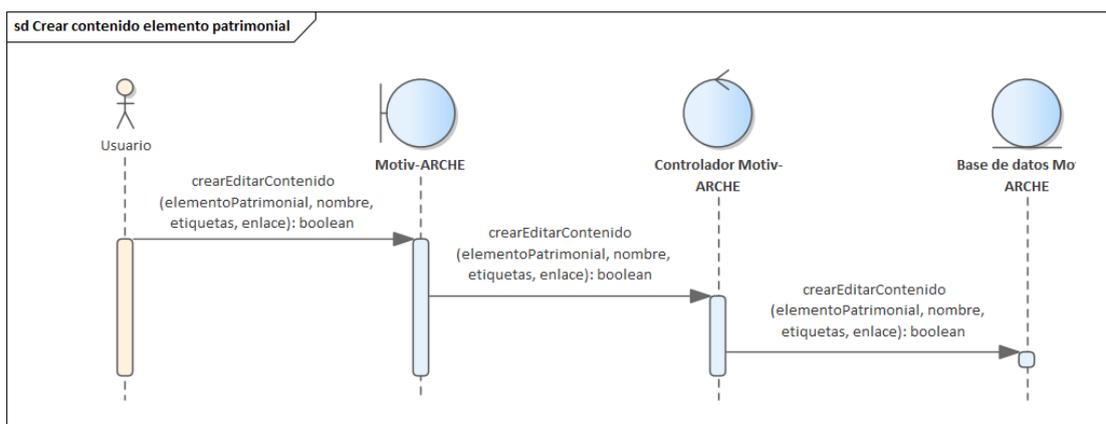


Ilustración 37. Crear, editar contenido elemento patrimonial

La Ilustración 38 describe la opción de eliminar un elemento patrimonial.

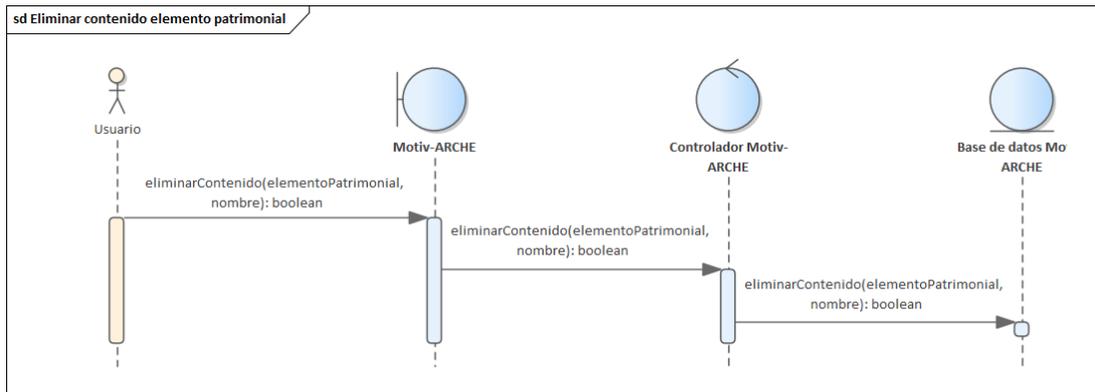


Ilustración 38. Eliminar contenido elemento patrimonial

- **Validar contenidos del elemento patrimonial:** validar los contenidos de un elemento patrimonial solamente lo puede realizar un experto patrimonial. Primero se debe busca el elemento patrimonial y después se selecciona la opción de más información donde se muestran los contenidos que tiene asociados el elemento patrimonial. Para cada contenido hay un cuadro para que el experto coloque algún comentario y la opción de validar, para indicar que la información puesta por los usuarios es correcta (ver Ilustración 39).

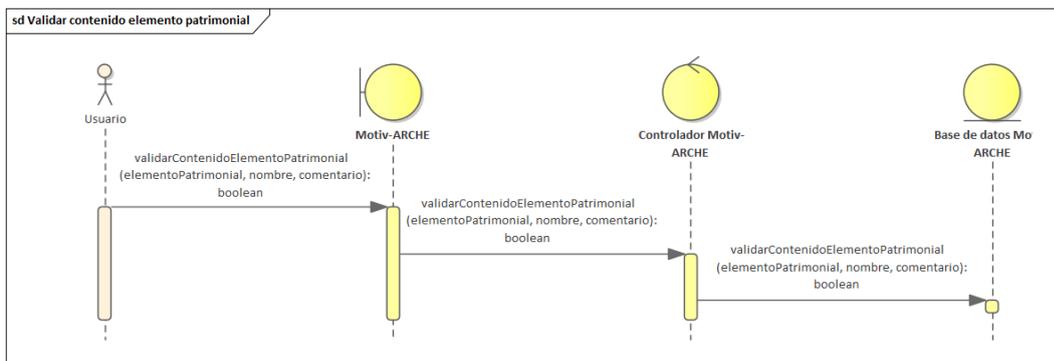


Ilustración 39. Validar contenido elemento patrimonial

4. Servicios de rutas:

- **Buscar rutas:** para buscar rutas no es necesario que el usuario se encuentre registrado en la aplicación. Puede buscar por el nombre, las etiquetas, por el tipo de ruta (definida por el usuario u optimizada) y el modo de viaje (caminar, cicla, conducir) (ver Ilustración 40).

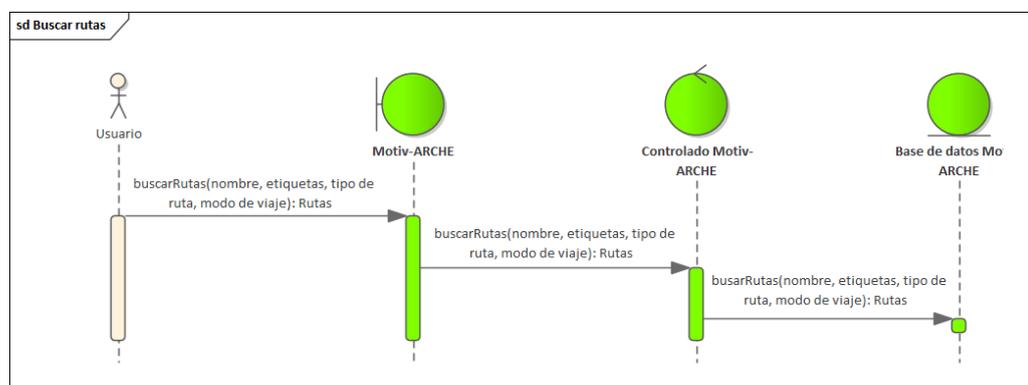


Ilustración 40. Buscar rutas

- **Crear - editar - eliminar - consultar rutas:** tal como sucede con los servicios anteriores, mientras los usuarios no hayan iniciado la sesión, de estos cuatro servicios solamente podrán utilizar el de consultar (ver Ilustración 41).

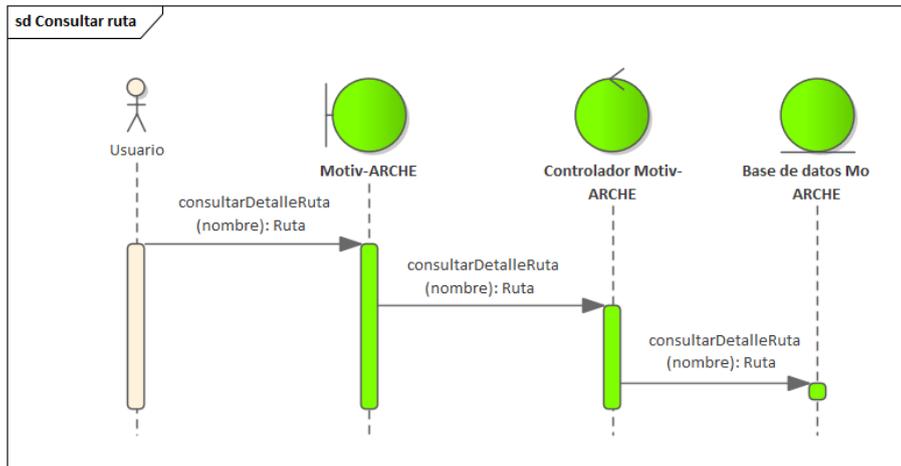


Ilustración 41. Consultar ruta

Una vez iniciada la sesión el usuario puede ejecutar los otros tres servicios. Para crear una ruta se solicita el nombre de la ruta, el método de viaje (caminando, conduciendo, bicicleta), los elementos patrimoniales por los que se encuentra conformada y si la ruta se realiza según el orden de los puntos definidos por el usuario o la ruta más corta calculada por el API de Google (ver Ilustración 42).

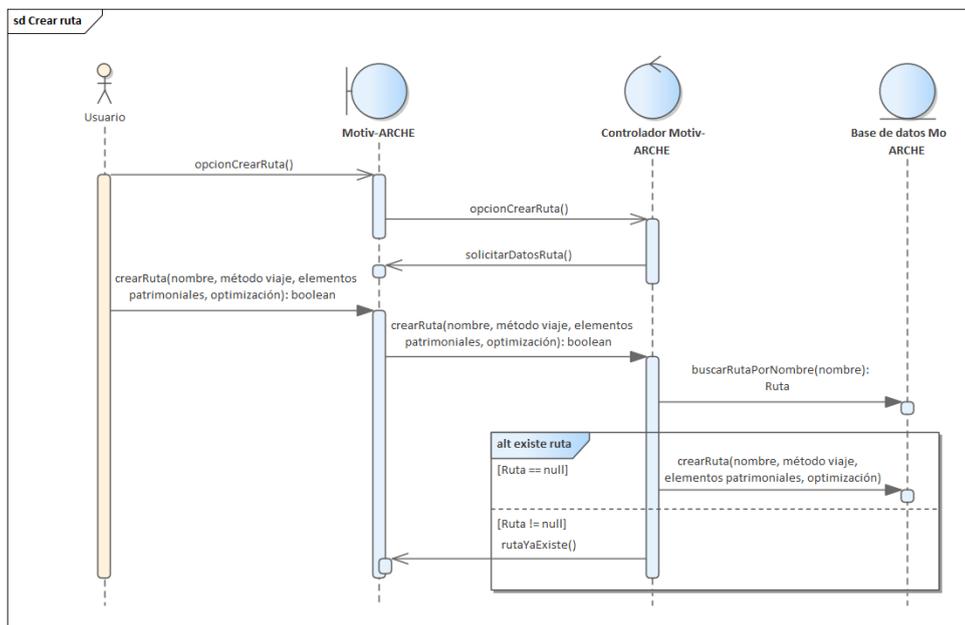


Ilustración 42. Crear ruta

De cada uno de los elementos patrimoniales de la ruta se tendrá acceso a toda la información relacionada con ese elemento patrimonial. Para editar, si tiene los permisos necesarios, consulta primero la ruta y después le da la opción editar. En esta opción puede editar el nombre de la ruta, el método de viaje, los elementos patrimoniales por los que se encuentra conformada la ruta y la forma en que se realiza (definida por el usuario o ruta más corta) (Ver Ilustración 43).

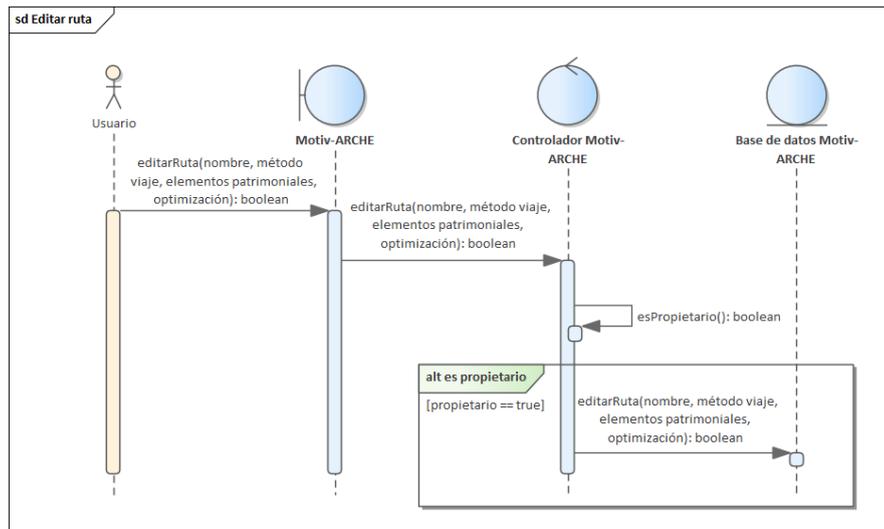


Ilustración 43. Editar ruta

En caso de que desee eliminar la ruta, si tiene los permisos se borra toda la información asociada (ver Ilustración 44).

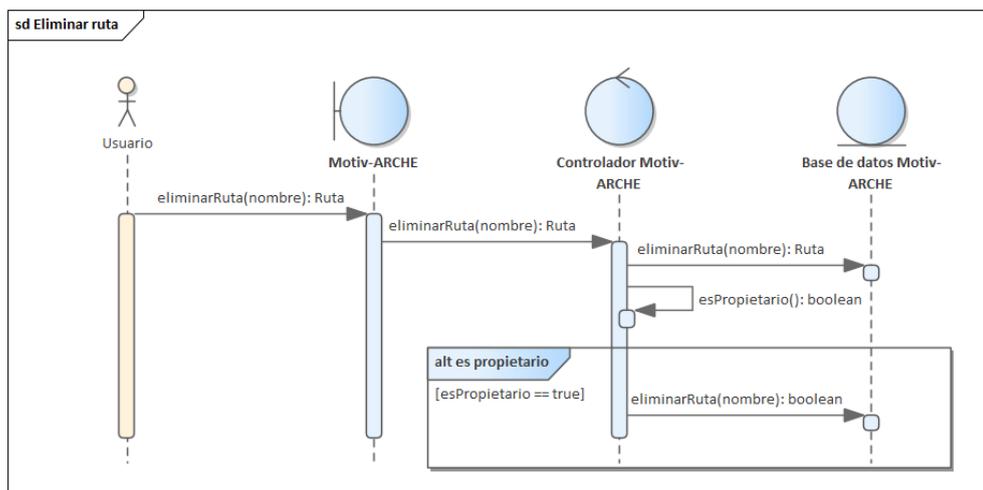


Ilustración 44. Eliminar ruta

- **Validar ruta y elementos patrimoniales de la ruta:** validar la ruta solamente lo puede realizar un experto patrimonial. Después de buscar la ruta podrá escribir un comentario y validar si la información puesta es correcta (ver Ilustración 45).

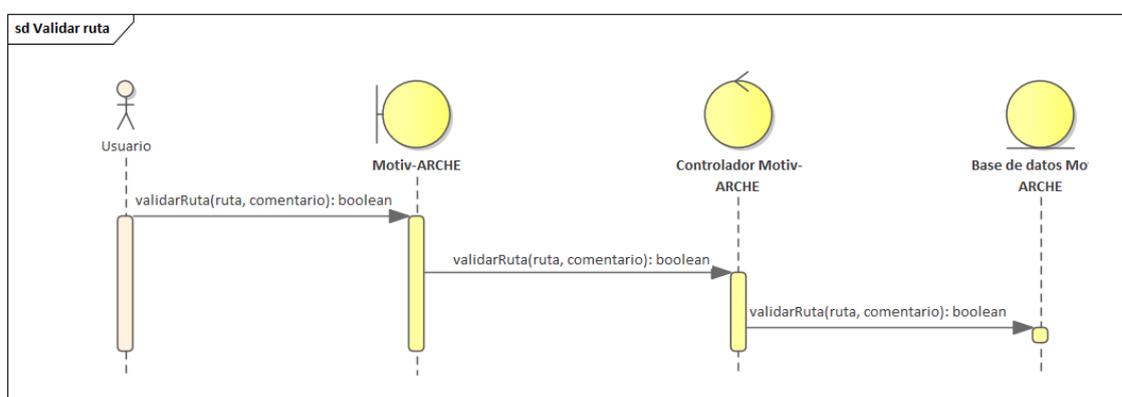


Ilustración 45. Validar ruta

Además, para validar cada uno de los elementos patrimoniales que conforman la ruta, el usuario debe consultar los detalles de la ruta. Para cada elemento patrimonial, tendrá la opción de escribir un comentario y proceder a su validación (ver Ilustración 46).

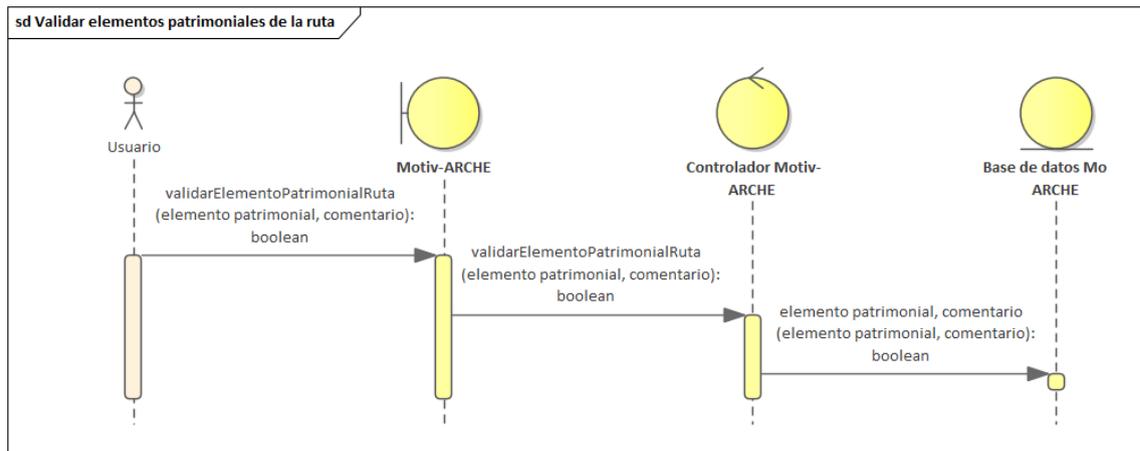


Ilustración 46. Validar elemento patrimonial de la ruta

5. Servicio de etiquetas:

- **Crear - editar - eliminar - consultar etiquetas:** el usuario tiene la opción de crear, editar y eliminar etiquetas definidas tanto para los elementos patrimoniales como para los contenidos asociados a los mismos. Para ejecutar cualquiera de estos servicios, el usuario debe haber iniciado sesión y seleccionar la opción de “Etiquetas” (ver Ilustración 47).

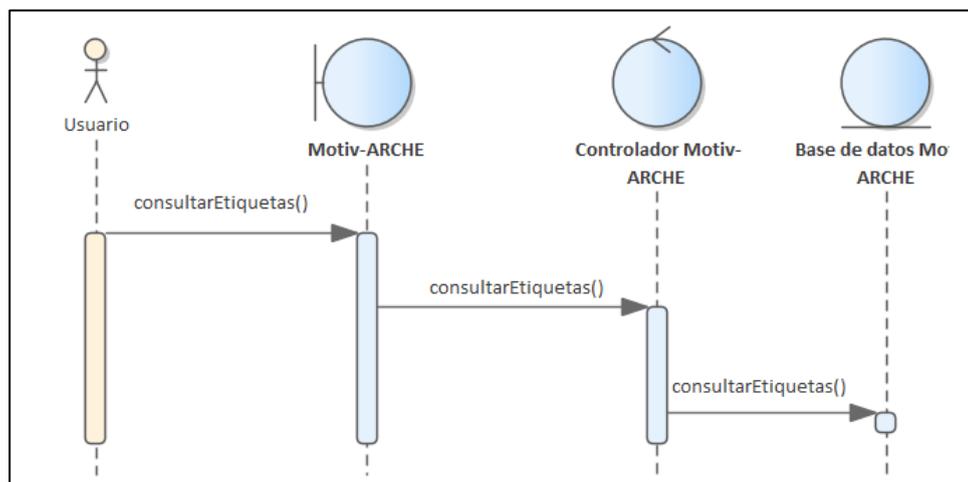


Ilustración 47. Consultar etiquetas

Para crear una etiqueta de los elementos patrimoniales la información que se le solicita es el nombre de la etiqueta y si alguien la puede modificar (ver Ilustración 48).

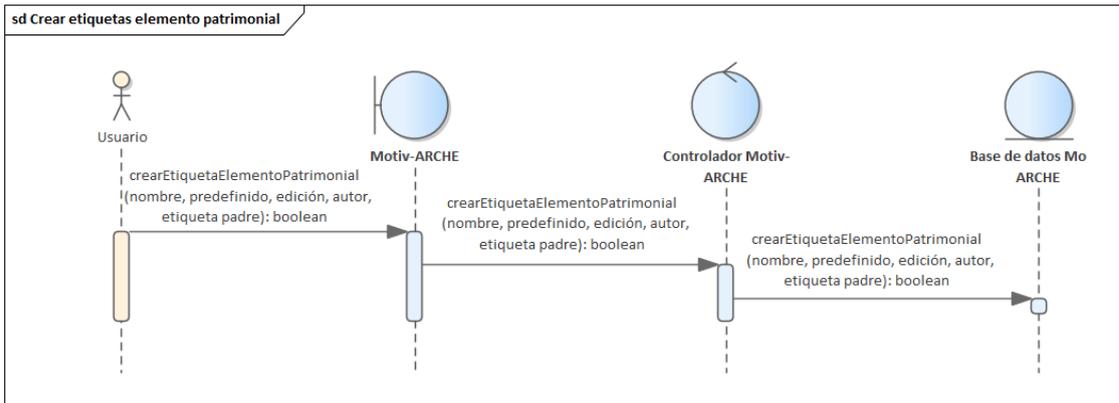


Ilustración 48. Crear etiqueta elemento patrimonial

Para crear una etiqueta de los contenidos asociados la información que se le solicita es el nombre de la etiqueta y si alguien la puede modificar (ver Ilustración 49).

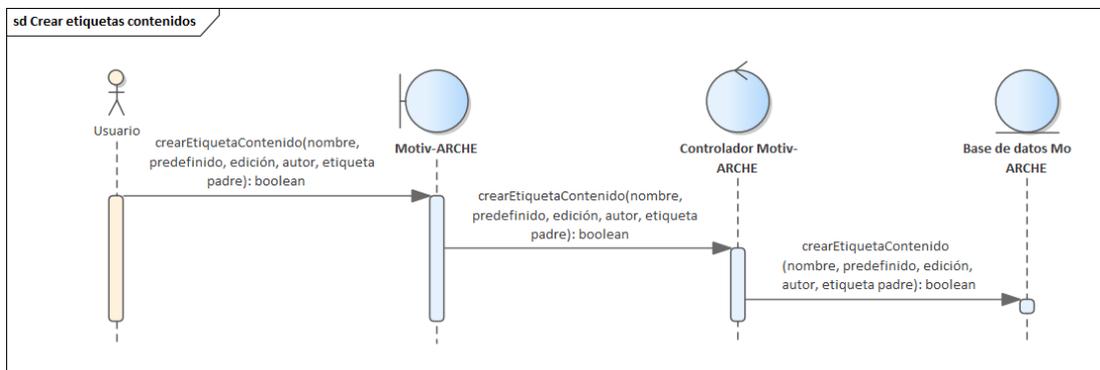


Ilustración 49. Crear etiqueta contenido

Para editar una etiqueta de los elementos patrimoniales o de los contenidos asociados, la información que se le solicita es el nombre nuevo y si alguien la puede modificar. Cabe resaltar que una etiqueta solamente la puede modificar si tiene los permisos para hacerlo (ver Ilustración 50).

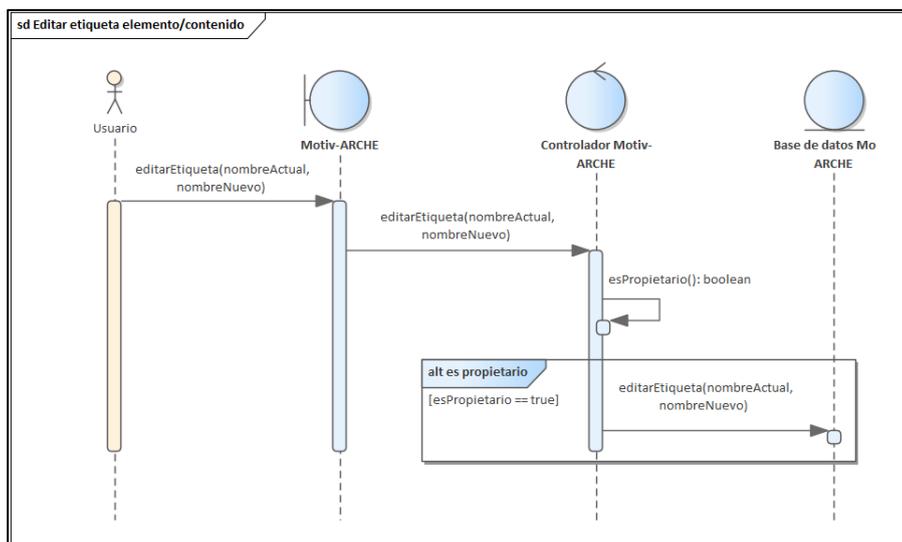


Ilustración 50. Editar etiqueta elemento patrimonial o contenido

En caso de que lo que busca es eliminarla, primero se consulta que la etiqueta no se encuentre asociada a ningún elemento patrimonial o contenido, en caso contrario no podrá ser eliminada (ver Ilustración 51).

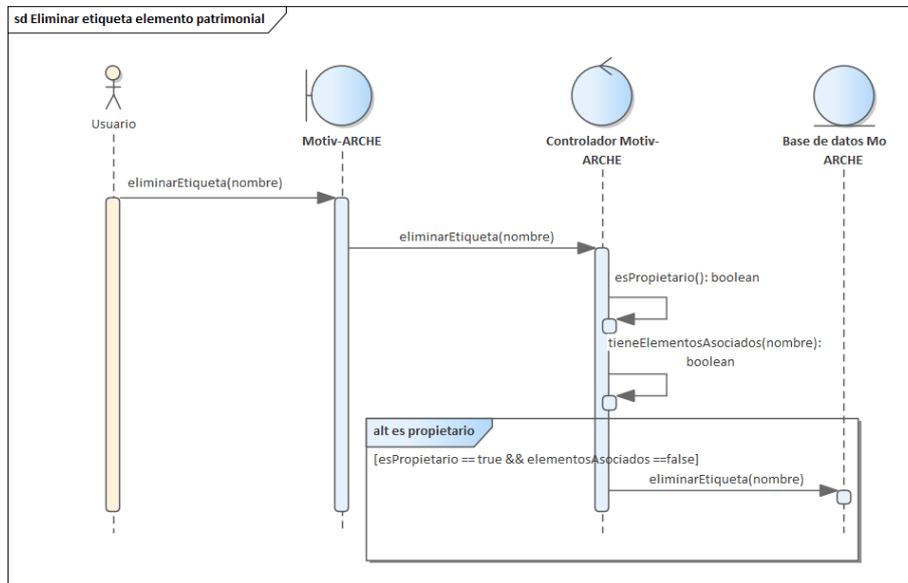


Ilustración 51. Eliminar etiqueta elemento patrimonial o contenido

Estas etiquetas se utilizan en los servicios adaptativos para sugerir elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas. Siguiendo la clasificación de elementos patrimoniales mencionada por la UNESCO (ver Ilustración 5), se han creado etiquetas y sub-etiquetas predeterminadas que no pueden ser editadas ni eliminadas.

6. Servicio de grupos:

- **Crear - editar - eliminar - consultar grupo de usuarios:** un usuario registrado puede crear, editar o eliminar un grupo de usuarios. Para cada uno de estos grupos se pueden determinar los permisos que tienen los miembros de ese grupo para ejecutar acciones sobre ese elemento patrimonial. Para crear un grupo se solicita el nombre del grupo y los usuarios que lo forman (ver Ilustración 52).

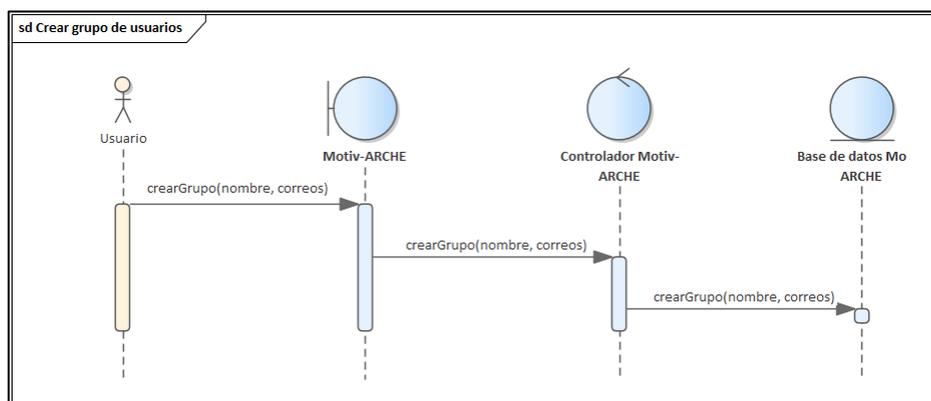


Ilustración 52. Crear grupo de usuarios

Cada usuario se identifica a partir del correo que ha utilizado para registrarse en la aplicación y podrá consultar los grupos que existen en el sistema (Ilustración 53).

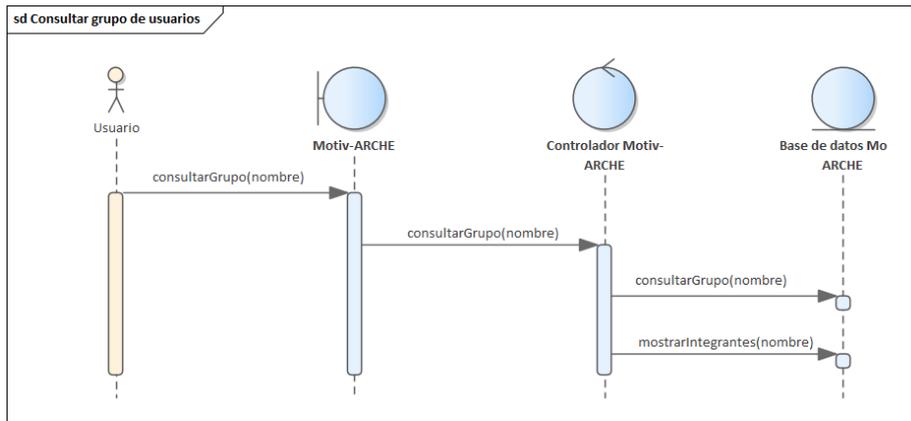


Ilustración 53. Consultar grupo de usuarios

El servicio editar un grupo solamente lo puede ejecutar el creador del grupo. Para hacerlo debe consultar los grupos a partir del nombre, seleccionar el grupo que quiera editar y agregar nuevos miembros o eliminar a miembros existentes (ver Ilustración 54).

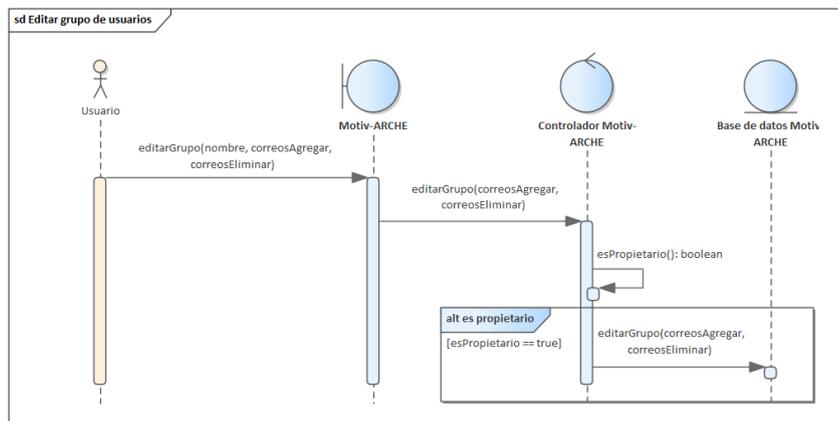


Ilustración 54. Editar grupo de usuarios

El servicio eliminar un grupo también lo puede ejecutar solamente el creador del grupo. En este caso una vez seleccionado el grupo debe ejecutar la opción de eliminarlo (Ilustración 55).

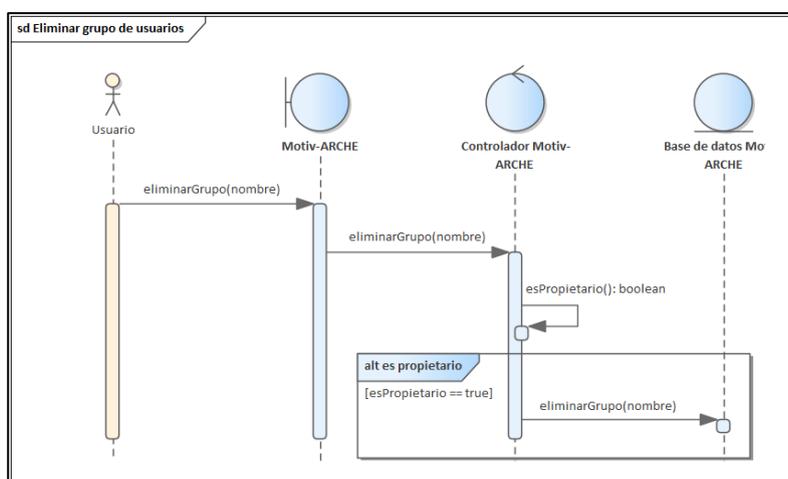


Ilustración 55. Eliminar grupo de usuarios

7. **Otros servicios del usuario:** son servicios que se utilizan para que el usuario evalúe la aplicación, vea cómo funciona la aplicación y conozca sobre las publicaciones, eventos, noticias y manuales que se han desarrollado durante esta investigación. Estos servicios también incluyen funciones que solo pueden ser ejecutadas por un administrador. Estas se utilizan para obtener estadísticas sobre el número de contenidos, elementos patrimoniales y rutas creadas por los usuarios, así como para recopilar los resultados de los test que los usuarios realizan para evaluar la aplicación.
8. **Servicios de Vuforia:** se encuentran enfocados principalmente hacia el usuario administrador de la aplicación, ya que es información que se encuentra en la base de datos de Vuforia.
 - **Crear, actualizar, eliminar targets de Vuforia:** al crear, actualizar o eliminar un target (imagen que se utiliza para la activación de la realidad aumentada por reconocimiento de imágenes) primero se valida la información a través de los servicios de Vuforia, se consulta la base de datos de Vuforia y una vez creado, eliminado o actualizado el target se replica la información en la base de datos del servidor web de Motiv-ARCHE. Este servicio se realiza cuando un usuario selecciona la opción de crear, actualizar o eliminar elemento patrimonial.

La Ilustración 56 muestra el proceso para crear un target en la base de datos de Vuforia y cómo este se replica en la base de datos de Motiv-ARCHE.

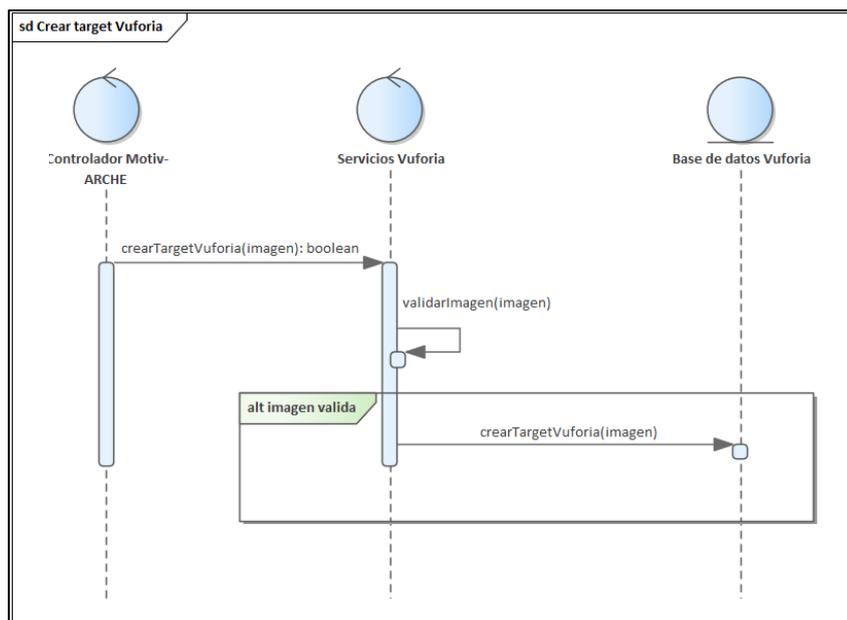


Ilustración 56. Crear targets Vuforia

La Ilustración 57 muestra el proceso para actualizar un target en la base de datos de Vuforia.

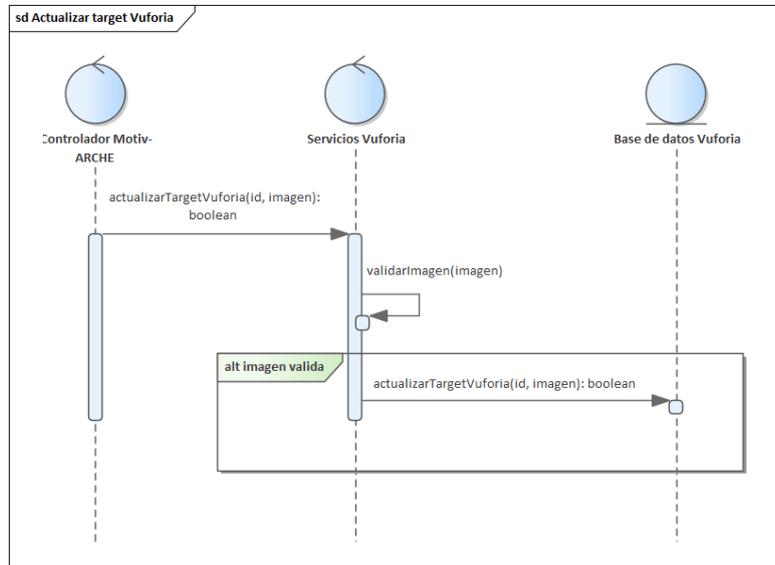


Ilustración 57. Actualizar targets Vuforia

La Ilustración 58 muestra el proceso para eliminar un target en la base de datos de Vuforia y cómo este se replica en la base de datos de Motiv-ARCHE.

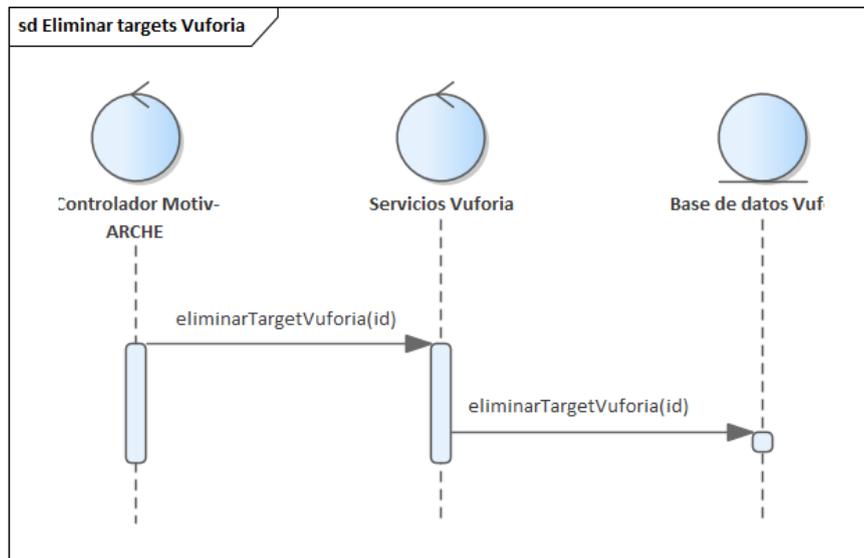


Ilustración 58. Eliminar targets Vuforia

- **Obtener targets de Vuforia:** para obtener los targets, la aplicación Motiv-ARCHE a través de la cámara del dispositivo y de los servicios que ofrece el componente servicios de Vuforia realiza el reconocimiento de la imagen y consulta la base de datos de Vuforia (ver Ilustración 59). Para obtener el estado de la imagen y el rating de reconocimiento, Vuforia según los patrones que encuentra en la imagen coloca un valor entre 1 a 5 (donde el valor 1 indica que es una imagen mala para ser reconocida y el valor 5 que indica que es una imagen muy buena) y por defecto lo deja en estado activo. Una vez reconocida la imagen, solicita al servidor web los contenidos asociados a ese elemento patrimonial.

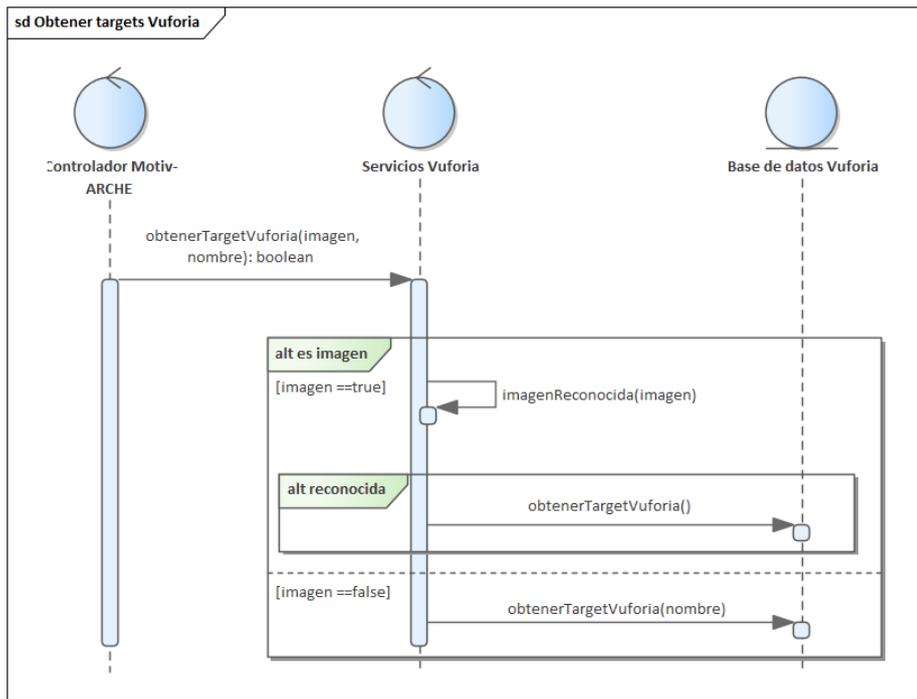


Ilustración 59. Obtener targets Vuforia

- **Resumen base de datos de Vuforia:** muestra la información acerca de las imágenes que se encuentran almacenadas en la base de datos de Vuforia. Como información se muestra el número de targets que se encuentran activos, inactivos, en procesamiento o inactivos, el número de reconocimientos totales, del mes actual y del mes anterior y el nombre de la base de datos. Para obtener esta información se consulta directamente a los servicios de Vuforia desde la aplicación web. Este servicio solamente puede ejecutarlo el administrador del sistema.

En la Ilustración 60 se muestra a través de un diagrama de casos de uso los servicios que han sido implementados en el sistema Motiv-ARCHE. Los casos de uso de color verde representan aquellos servicios que cualquier usuario ejecuta sin necesidad de estar registrado dentro de la aplicación. Los casos de uso de color azul son los que únicamente pueden ejecutar los usuarios que se han registrado y han entrado en la aplicación (usuario registrado, experto patrimonial y administrador). En color amarillo son los casos de uso que únicamente puede ejecutar el experto patrimonial. Finalmente, en rojo son los casos de uso que puede ejecutar el administrador. Por tal motivo, según el tipo de usuario que sea en el sistema tiene permisos diferentes para ejecutar los servicios de la aplicación.

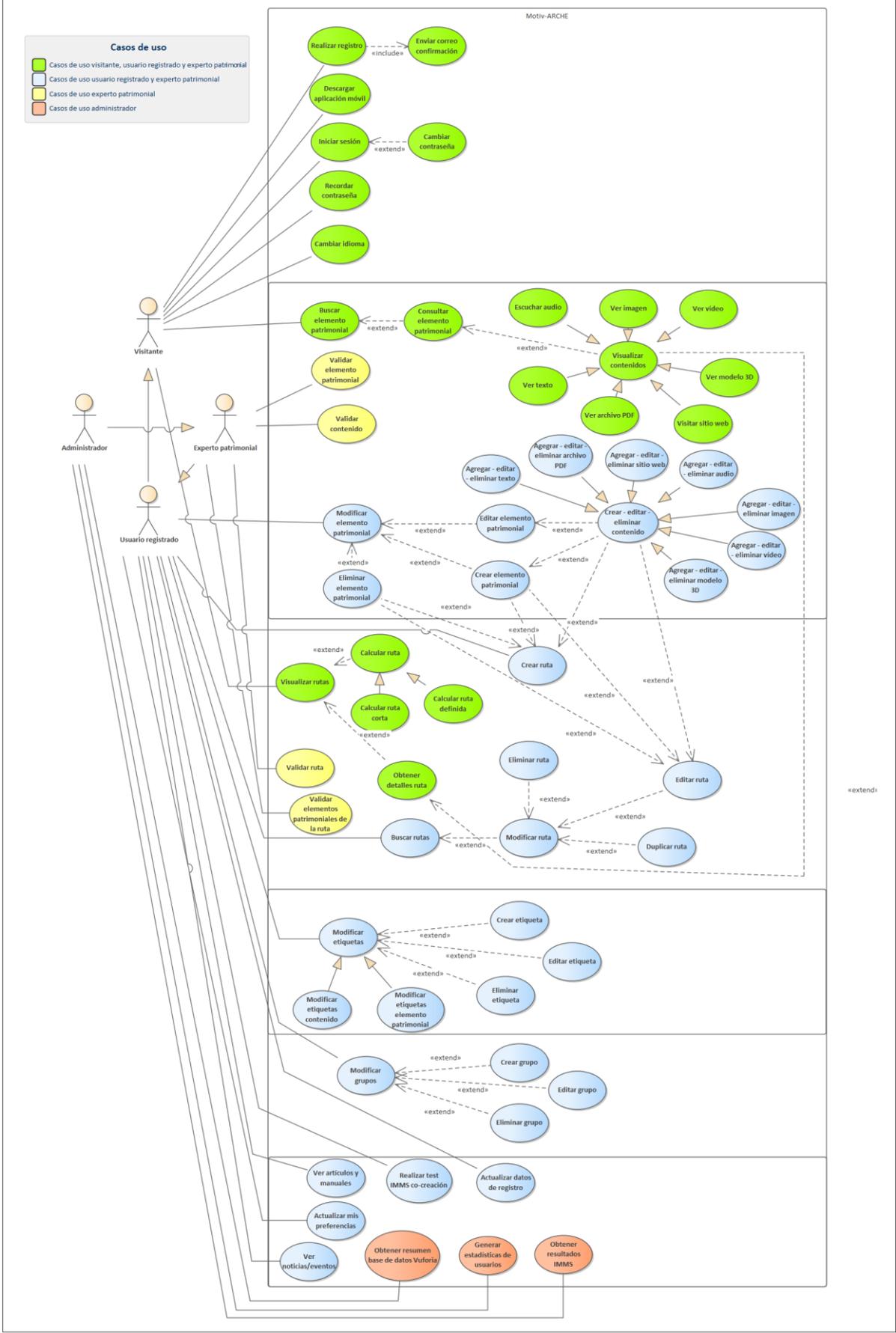


Ilustración 60. Casos de uso de Motiv-ARCHE

9. Servicios adaptativos: estos servicios se consideraron en una de las versiones de la aplicación teniendo en cuenta los comentarios realizados por los usuarios en una versión previa. Los servicios adaptativos fueron sugerir contenidos, elementos patrimoniales y rutas que incluyan un conjunto de elementos. Para ello, ha sido necesario considerar las características del usuario, de su contexto y del elemento patrimonial. Se consideraron estas características basándose en la revisión de la literatura y en los comentarios realizados por expertos patrimoniales y usuarios durante los experimentos realizados. Una vez identificadas las características, se definieron los submodelos de adaptación y la forma de obtenerlas y actualizarlas. Estos submodelos se explican con detalle en el capítulo 7 donde se describen las características de cada submodelo, los métodos utilizados para obtener y actualizar la información y los servicios adaptativos para sugerir a cada usuario contenidos, elementos patrimoniales o rutas considerando las características de los tres submodelos de adaptación.

5.1.2. Implementación

En esta fase se definió cómo debía ser implementada la aplicación Motiv-ARCHE. Para el diseño, se consideraron los servicios que se definieron en la fase anterior, así como de las tecnologías de activación de realidad aumentada que se pueden utilizar y el precio para acceder a sus servicios.

5.1.2.1. Arquitectura

Motiv-ARCHE es una aplicación que está disponible desde cualquier parte del mundo, por lo que se diseñó como una aplicación móvil y una aplicación web (<https://motivarch.online/index.php>). Desde este enlace se accede a todos los servicios relacionados para la creación, edición, eliminación y consulta de los contenidos, elementos patrimoniales y rutas. Algunos de estos servicios requieren que los usuarios se encuentren registrados, así como el tipo de rol que tienen dentro de la aplicación (usuario no registrado, usuario registrado, experto patrimonial y administrador), dado que no todos los servicios los puede ejecutar cualquier tipo de usuario. En cuanto a la aplicación móvil, ha sido diseñada para aquellos usuarios que ya se encuentren registrados en el sistema y desde ella podrán visualizar los contenidos y rutas de elementos patrimoniales utilizando la realidad aumentada.

Para que Motiv-ARCHE funcionara en cualquier parte se ha implementado utilizando una arquitectura cliente/servidor en la que el cliente puede acceder a través de un navegador web (Google Chrome, Mozilla, Internet Explorer y Safari) o desde su dispositivo móvil (Ver Ilustración 61).

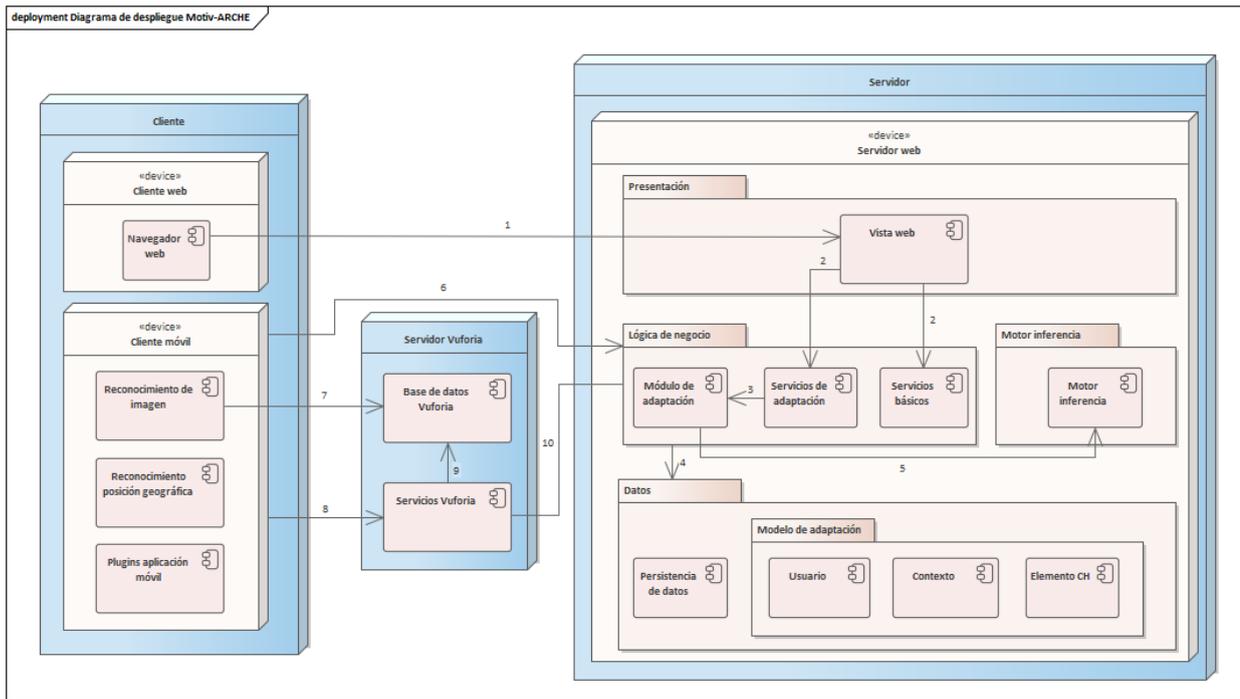


Ilustración 61. Arquitectura Motiv-ARCHE

La aplicación Motiv-ARCHE está compuesta por diferentes componentes que permiten que los usuarios ingresen y ejecuten los servicios desde la aplicación web y desde la móvil. A continuación, se explica cada uno de los componentes:

- **Cliente web:** este componente representa la máquina en la que ingresa el usuario para acceder a la aplicación web y a los servicios de Motiv-ARCHE. Para ingresar, el usuario desde cualquier navegador web (Google Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer o Safari) ingresa en la barra de búsqueda el enlace <https://motivarch.online/index.php> en el que se encuentra alojado los servicios de Motiv-ARCHE.
- **Cliente móvil:** este componente representa el dispositivo móvil que utiliza el usuario para acceder a la aplicación móvil y los servicios de Motiv-ARCHE. Para acceder, es necesario que previamente tenga instalada la aplicación en su dispositivo, ya sea a través del enlace <https://assets.motivarch.online/uploads/motivarch.apk> o descargándola directamente desde el Play Store de Google. Inicialmente la aplicación solamente se encuentra para dispositivos que tengan el sistema operativo Android y que cuenten con cámara y GPS para la activación de la realidad aumentada. Como herramienta de desarrollo se utilizó la plataforma Unity (permite que a través de un solo código la aplicación pueda funcionar en Android y en iOS). Dentro de este cliente, se encuentran otros componentes:
 - **Reconocimiento de imagen:** para reconocer una imagen y realizar la activación de la realidad aumentada por este método, es necesario tener permisos del usuario para acceder a la cámara de su dispositivo móvil. Con estos permisos y a través del algoritmo de reconocimiento de Vuforia se activan los contenidos que se encuentren asociados a un elemento patrimonial utilizando el reconocimiento de patrones que maneja Vuforia.
 - **Reconocimiento por posición geográfica:** dado que Vuforia no tiene la activación de la realidad aumentada por posición geográfica, se utilizó el plugin de un tercero para la activación. El plugin fue desarrollado por Daniel Fortes y se encuentra en el

enlace

<https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/ar-gps-location-134882>.

Esta herramienta permite la integración con herramientas de realidad aumentada como Vuforia y ARFoundation, haciendo que la activación y la visualización de los contenidos de realidad aumentada funcione por ambos métodos.

- **Plugins aplicación móvil:** dentro de Motiv-ARCHE se han utilizado otras herramientas para visualizar los contenidos y las rutas con realidad aumentada. Para la visualización y el recorrido de las rutas se ha utilizado el plugin llamado Online Maps v3 (<https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/online-maps-v3-138509>) que se ha integrado con Google Maps que es la herramienta que se utiliza en la aplicación web para visualizar los mapas. Otro plugin que se utilizó se llama Trilib 2 que es la herramienta que se utiliza para cargar modelos 3D en tiempo real. Este plugin acepta como formatos archivos con extensión FBX, OBJ, GLTF2, STL, PLY, 3MF, DAE y ZIP. Para los modelos 3D también se utilizó un plugin desarrollado por Zoe (<https://github.com/Zoe-Immersive/SketchfabCSharp?tab=readme-ov-file>) que permite descargar los modelos 3D a través de un enlace de Sketchfab. Sin embargo, vale recalcar que para que se pueda realizar la descarga y para que pueda funcionar en Motiv-ARCHE es necesario que el modelo 3D que se encuentre en la página sea gratuito y sea público. Para la manipulación de los modelos 3D, imágenes y videos se utilizó el plugin Lean Touch + que se encuentra documentado en el enlace <https://assetstore.unity.com/packages/tools/input-management/lean-touch-72356>. Finalmente, para cargar contenidos en el que los videos son de YouTube, se utilizó el plugin YoutubePlayer + Youtube API y que se encuentra en el enlace <https://assetstore.unity.com/packages/tools/video/youtube-video-player-youtube-api-29704>.
- **Servidor Vuforia:** en este componente se encuentran los servicios que ofrece la aplicación Vuforia y se utiliza para que la aplicación móvil se comunice con Vuforia para obtener los contenidos de los elementos patrimoniales que se encuentren asociados a las imágenes de reconocimiento.
 - **Base de datos Vuforia:** Vuforia tiene una base de datos propia donde se almacena la información de las imágenes de reconocimiento que se utilizan para activar por reconocimiento de imágenes la realidad aumentada.
 - **Servicios Vuforia:** esta herramienta cuenta con una API para realizar la comunicación de aplicaciones web y móviles. Se encuentra documentado en el enlace <https://developer.vuforia.com/library/sites/default/files/references/unity/index.html>. Esta API se utiliza para obtener los detalles de las imágenes de reconocimiento que se utilizan para activar los contenidos de un elemento patrimonial que utiliza el reconocimiento por imágenes, así como la ejecución de los servicios de Vuforia.
- **Servidor web:** es el componente principal que permite el funcionamiento de los diferentes componentes implementados en Motiv-ARCHE. En él se encuentra toda la información sobre cómo está implementada la aplicación web en cuanto a la interfaz gráfica, la lógica de negocio y la persistencia de la información. Todos los datos se encuentran alojados en

un servidor virtual privado de la empresa DigitalOcean. Este componente se encuentra dividido en los siguientes componentes:

- **Presentación:** hace referencia a todos los elementos visuales de la aplicación. Se compone del componente de la vista web.
 - **Vista web:** se encuentra todo el código implementado en cuanto a la interfaz gráfica. Para la implementación de esta interfaz gráfica se utilizaron como herramientas de desarrollo PHP, JQuery, HTML, JavaScript. Se integra con la API de Google llamado Google Maps Platform para la búsqueda de los elementos patrimoniales, la visualización (Maps JavaScript) y el recorrido (Directions API) que se debe realizar en una ruta seleccionada.
- **Lógica de negocio:** es el componente en el que se encuentra alojado todo el componente lógico de la aplicación de Motiv-ARCHE. Se encuentra dividido en:
 - **Servicios básicos:** son todos los servicios mencionados en la fase de análisis que tanto los usuarios registrados como los no registrados pueden utilizar.
 - **Módulo de adaptación:** son los servicios que se utilizan para realizar la sugerencia de contenidos asociados, elementos patrimoniales y rutas. Para que el servicio sea adaptativo, este módulo se conecta con la base de datos y el componente del motor de inferencia. A partir de los submodelos de adaptación y de las reglas definidas en el sistema, se determinan las características y necesidades del usuario. Lo que permite sugerir los contenidos, los elementos patrimoniales y las rutas.
- **Motor inferencia:** en este componente se encuentran las reglas que se utilizan para sugerir los contenidos, los elementos patrimoniales y las rutas.
 - **Motor de inferencia:** el motor de inferencia lo utiliza el módulo de adaptación para sugerir los contenidos, los elementos patrimoniales y las rutas. Para definir las reglas para dar las sugerencias considerando las características del usuario, del elemento patrimonial y del contexto del usuario se utilizó un motor de inferencias llamado RulerPHP.
- **Datos:** en este componente se encuentra toda la información que persiste de los usuarios, los elementos patrimoniales, los contenidos y las rutas. En este mismo componente se encuentran almacenadas las características del submodelo de usuario, de elemento patrimonial y de contexto que son utilizados para generar las sugerencias.
 - **Persistencia de datos:** este componente almacena toda la información básica del usuario, de los elementos patrimoniales, de las rutas, de los grupos, de las etiquetas, de los comentarios y de las validaciones.
 - **Modelo de adaptación:** este componente es el que guarda toda la información sobre las características de los usuarios, de su contexto y de los elementos patrimoniales que posteriormente se utilizan para generar

las sugerencias de contenidos, elementos patrimoniales y rutas. Toda esta información se explica con mayor detalle en el capítulo 7.

- **Submodelo de usuario:** se encuentra almacenada la información del usuario como la edad, ocupación, género, entre otras.
- **Submodelo de elemento patrimonial:** se encuentra almacenada la información del elemento patrimonial como el nombre, periodo histórico, contenidos asociados, entre otras.
- **Submodelo de contexto:** se encuentra almacenada información externa al usuario como el idioma, la ubicación del usuario, el dispositivo que utiliza, entre otras.

En la Ilustración 61 se enumeran los caminos que se toman para la ejecución de diferentes servicios, ya sea desde la aplicación web o desde la aplicación móvil. A continuación, se explica cada uno de ellos:

- **Ejecución de servicios desde la aplicación web:** un usuario a través de un navegador web ingresa al enlace <https://motivarch.online/index.php> (1). Al ingresar, carga todos los elementos visuales de la aplicación de Motiv-ARCHE y las opciones que el usuario puede ejecutar. Dentro de las opciones se encuentran los servicios básicos y los servicios de adaptación.

Cuando el usuario selecciona un servicio básico, la componente vista web se comunica con el componente servicios básicos (2) ejecutando el servicio solicitado por el usuario. Si el servicio seleccionado requiere almacenar o consultar información de la base de datos de Motiv-ARCHE, el sistema se comunica con el componente datos (4).

Si el usuario selecciona un servicio de adaptación (2), este componente se comunica con el módulo de adaptación (3) para saber qué es lo que debe sugerir, obtiene los datos del componente datos (4) y con esta información consulta las reglas del componente motor de inferencia (5) para saber qué es lo que el sistema debe sugerir al usuario.

Si, por ejemplo, el usuario que accede es un administrador, tiene permiso para visualizar la información almacenada en Vuforia. Para ello, se conecta desde su navegador web con el componente de la vista web (1) y selecciona un servicio de Vuforia (2). Este componente se comunica directamente con la API de Vuforia (10) y si es necesario, recupera información de la base de datos a través del enlace (9).

- **Ejecución de servicios desde la aplicación móvil:** para ingresar desde la aplicación móvil, el usuario previamente debe tener instalada la aplicación Motiv-ARCHE en su dispositivo Android. Dentro de la aplicación, para ejecutar los servicios es necesario que se encuentre registrado en el sistema. Una vez se encuentre registrado, el usuario puede ejecutar los servicios para consultar los contenidos aumentados, ya sea por reconocimiento de imágenes o por posición geográfica, y las rutas que se encuentran registradas en el sistema. Al seleccionar cualquier servicio dentro de la aplicación móvil, la comunicación se realiza a través de la ejecución de un servicio web con el componente de la lógica de negocio (6) donde se encuentran los servicios básicos y los servicios adaptativos.

Si el servicio solicitado es un servicio básico, el camino que sigue es igual que el de la aplicación web en el que se comunicará con el componente datos (4) en caso de que el servicio necesite persistir o consultar información de la base de datos.

Si el servicio solicitado es adaptativo, el servicio se comunica con el módulo de adaptación (3), después consulta la información de la base de datos (componente persistencia de datos) (4) y las características de los submodelos de adaptación (componente modelo de adaptación), para después realizar la sugerencia de contenidos, elementos patrimoniales y rutas utilizando las reglas que se definen en el componente motor de inferencia (5).

Al igual que la aplicación móvil, si es un usuario administrador, puede ejecutar servicios que ofrece la herramienta Vuforia (8). Si es necesario consultar, insertar, actualizar o eliminar información de la base de datos de Vuforia se realiza la tarea (9) y devuelve el resultado.

- **Visualización de contenidos de los elementos patrimoniales por reconocimiento de imágenes:** para visualizar los contenidos de un elemento patrimonial por reconocimiento de imágenes es necesario que el usuario ya se encuentre dentro de la aplicación móvil y que tengan los permisos necesarios para acceder a la cámara del dispositivo del usuario. Para visualizar los contenidos, la comunicación se realiza desde el componente cliente móvil en el que el usuario apunta con la cámara a la imagen que quiere reconocer. Cuando Vuforia reconoce la imagen a la que está apuntando el usuario, el componente cliente móvil se comunica con el componente de la base de datos Vuforia (7) para obtener información de la imagen de reconocimiento y de los contenidos que se encuentran asociados a la misma. Dependiendo del contenido que se vaya a visualizar (audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y archivos PDF) se utilizan los plugins (componente plugins de la aplicación móvil) que se encuentran integrados en la aplicación Motiv-ARCHE.
- **Visualización de contenidos de los elementos patrimoniales por posición geográfica:** para visualizar los contenidos de un elemento patrimonial por posición geográfica se utiliza uno de los plugins que se encuentran en el componente plugins de la aplicación móvil. Específicamente el plugin AR+GPS Location que debe tener permisos para acceder al GPS del dispositivo. Dentro del plugin se define la distancia mínima que debe existir entre la posición del elemento patrimonial y la posición donde se encuentra el usuario para realizar la activación de la realidad aumentada. Para eso antes requiere: comunicarse con el componente de la lógica de negocio del servidor (6), comunicarse con el módulo de adaptación (3), consultar los datos de la base de datos y los submodelos de adaptación (4) y obtener la regla de la activación con respecto a la distancia definida en el motor de reglas (5). Si la distancia entre el usuario y el elemento patrimonial es menor o igual a la distancia mínima especificada en los datos (4) y cumple con la distancia definida en el motor de inferencia (5), se muestran los contenidos del elemento patrimonial. Para visualizar estos contenidos se utilizan los plugins necesarios para visualizar distintos medios de contenidos (audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y/o archivos PDF).

5.1.2.2. Servicios implementados

En esta subsección se explica el proceso de la implementación de los servicios de la aplicación Motiv-ARCHE, así como ejemplos de su funcionamiento. Como se mencionó anteriormente (ver sección 5.1.1.4 y la Tabla 14), la metodología utilizada en esta investigación fue la DBR. En cada iteración, se solicitaba retroalimentación de los usuarios para mejorar y mantener las características clave implementadas en Motiv-ARCHE. Por esta razón, las fases de diseño, implementación y análisis se repetían de manera iterativa, de acuerdo con los comentarios proporcionados por los usuarios de la aplicación. A continuación, se explica los servicios implementados y los cambios que se han realizado durante el desarrollo de este trabajo.

1. Servicios básicos:

- **Registrar:** para registrarse en la aplicación Motiv-ARCHE, se solicita la siguiente información: nombre, apellido, correo electrónico, contraseña, género y fecha de nacimiento (ver Ilustración 62). Cuando se completan los datos correctamente, se envía un correo al correo ingresado para activar la cuenta e ingresar a los servicios que ofrece Motiv-ARCHE.

The screenshot shows a registration form with the following fields and elements:

- Nombre:** * Ingrese nombre
- Apellido:** * Ingrese apellido
- Correo electrónico:** * Ingrese correo electrónico
- Contraseña actual:** * La contraseña debe tener al menos 5 caracteres. Ingrese contraseña (with a lock icon and an eye icon to toggle visibility).
- Confirmar contraseña:** * La contraseña debe tener al menos 5 caracteres. Ingrese confirmación contraseña (with an eye icon to toggle visibility).
- Género:** * - (dropdown menu)
- Fecha de nacimiento:** * 06/11/2024 (calendar icon)
- Soy humano (with hCaptcha logo and 'Privacidad - Condiciones' link)
- Registrarse** (blue button)
- ¿Ya eres miembro? [Iniciar sesión](#)

Ilustración 62. Pantalla registro en Motiv-ARCHE

Inicialmente, para esta opción solo se solicitaba el nombre, apellido, correo electrónico y contraseña. Posteriormente, se consideró incluir información básica del usuario, como ocupación, religión, edad y género. Sin embargo, durante el desarrollo y tras recibir retroalimentación de los usuarios y expertos patrimoniales, se sugirió modificar la edad por la fecha de nacimiento y eliminar la religión y la ocupación, ya que podían ser datos que los usuarios preferían no compartir o consideraban demasiado personales.

- **Descargar aplicación móvil:** la aplicación móvil ha sido desarrollada para dispositivos Android y se puede descargar desde Google Play (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.motivarche.online&pli=1>) o en la página web seleccionando la opción App de la página principal (ver Ilustración 63). Se aconseja descargarlo desde Google Play, ya que así detecta si el móvil tiene los dispositivos y tecnología necesaria para usar Motiv-ARCHE.



Ilustración 63. Pantalla descargar aplicación Motiv-ARCHE

Anteriormente sólo se tenía la opción de descargarlo desde la página web, aunque se decidió publicarlo en Google Play porque desde la página web, por temas de seguridad, se deben hacer modificaciones en el dispositivo móvil.

- **Iniciar sesión:** para ingresar a la aplicación, solamente se le pide al usuario el correo electrónico y la contraseña con la que se registró (ver Ilustración 64). Para este servicio no hubo cambios con el avance de la investigación.

Iniciar sesión

Correo electrónico: *

Ingrese correo electrónico

Contraseña actual: * La contraseña debe tener al menos 5 caracteres

Ingrese contraseña

Iniciar sesión

No eres miembro todavía? [Regístrate](#)

No recuerda la contraseña? [Click aquí](#)

Ilustración 64. Pantalla iniciar sesión Motiv-ARCHE

- **Recordar contraseña:** si el usuario no recuerda su contraseña, puede solicitar un cambio ingresando el correo electrónico con el que se registró (ver Ilustración 65). Si el correo ingresado está en la base de datos de Motiv-ARCHE, el sistema enviará un correo con un enlace para restablecer la contraseña. Si el enlace no se utiliza dentro de las 24 horas, la contraseña no se cambiará y el usuario deberá solicitar un nuevo enlace. Para este servicio, se agregó un captcha como medida de seguridad. Esto evita que máquinas soliciten automáticamente el envío de correos electrónicos para registro o recuperación de contraseñas, protegiendo así contra posibles ataques cibernéticos.

Reiniciar contraseña

Correo electrónico:

Ingrese correo electrónico

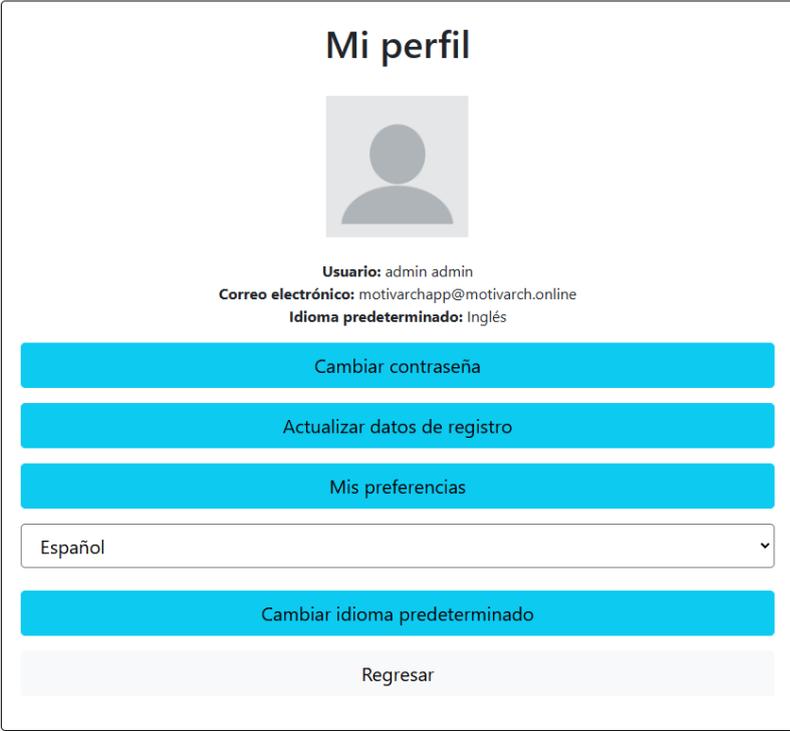
Soy humano

hCaptcha
Privacidad - Condiciones

Reiniciar contraseña

Ilustración 65. Pantalla recordar contraseña Motiv-ARCHE

- **Cambiar contraseña:** para cambiar la contraseña el usuario debe iniciar sesión dentro de la aplicación, después seleccionar perfil en el que se le muestra las opciones: cambiar contraseña, actualizar datos de registro, mis preferencias y cambiar idioma predeterminado (ver Ilustración 66).



Mi perfil

Usuario: admin admin
Correo electrónico: motivarchapp@motivarch.online
Idioma predeterminado: Inglés

Cambiar contraseña

Actualizar datos de registro

Mis preferencias

Español

Cambiar idioma predeterminado

Regresar

Ilustración 66. Pantalla perfil de usuario

Para cambiar la contraseña selecciona la opción Cambiar contraseña en el que se le solicita la contraseña actual, la contraseña nueva y la confirmación de la contraseña (ver Ilustración 67). Para este servicio, no hubo cambios durante el desarrollo de la investigación.



Actualizar contraseña

Contraseña actual: * La contraseña debe tener al menos 5 caracteres

Ingrese contraseña actual

Contraseña nueva: * La contraseña debe tener al menos 5 caracteres

Ingrese contraseña nueva

Confirmar contraseña: * La contraseña debe tener al menos 5 caracteres

Ingrese confirmación contraseña

Actualizar contraseña

Regresar

Ilustración 67. Pantalla cambiar contraseña

- **Cambiar idioma:** para cambiar el idioma de la aplicación, el usuario puede seleccionar un idioma de la lista de la página principal (ver Ilustración 68). Por defecto el idioma predeterminado es español, pero se encuentra disponible en inglés y catalán.



Ilustración 68. Pantalla cambiar idioma Motiv-ARCHE

Durante la investigación, la aplicación estaba implementada únicamente en español. Sin embargo, se decidió agregar el inglés, por ser un idioma universal, y el catalán, ya que es el idioma oficial que se habla en Girona. Después se decidió que, para sugerir los contenidos, era importante considerar el idioma de preferencia del usuario. Por ello, se agregó esta opción en el perfil de usuario, permitiendo que, cada vez que inicie sesión, el idioma cambie automáticamente según el que haya seleccionado.

- **Cambiar mis preferencias:** al revisar la literatura, se identificó que una de las principales problemáticas de la mayoría de las aplicaciones de realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural es que no consideran las características y necesidades del usuario. Por esta razón, se decidió sugerir contenidos, elementos patrimoniales y rutas mediante la definición de un submodelo de usuario, un submodelo de contexto y un submodelo de elemento patrimonial.

Para obtener las características del usuario, se implementó un formulario (ver Ilustración 69) donde se recogen sus preferencias en cuanto a los contenidos, a los elementos patrimoniales y a las rutas. En este formulario, el usuario puede definir el orden y el tipo de contenidos, elementos patrimoniales y rutas que le gustaría que el sistema le sugiriera.

Mis preferencias

Orden sugerencias

Orden de preferencia para la sugerencia de los puntos de interés	Temáticas de interés	Periodo histórico	Tipos de medio	Distancia del usuario al punto de interés
Seleccione el orden de preferencia para realizar las sugerencias de los puntos de interés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1. Distancia del usuario al punto de interés				
2. Tipos de medio				

Orden de preferencia para la sugerencia de rutas	Modo de viaje	Condiciones climáticas	Ruta	Número de puntos a visitar	Distancia total a recorrer
Seleccione el orden de preferencia para realizar las sugerencias de las rutas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1. Modo de viaje					
2. Distancia total a recorrer					
3. Ruta					

Preferencias de despliegue

Tipos de medio	Audio	Imagen	Vídeo	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF
Selecciona y ordena los tipos de medios en los que prefieres que estén los contenidos asociados a los puntos de interés	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ilustración 69. Pantalla mis preferencias Motiv-ARCHE

- **Actualizar datos de registro:** este servicio permite a un usuario registrado actualizar la información que ingresó al momento de registrarse. Los datos que se pueden modificar incluyen el nombre, apellido, correo electrónico, género y fecha de nacimiento (ver Ilustración 70). Durante la investigación, los cambios realizados a este servicio fueron los mismos que se aplicaron al servicio de registro.

Actualizar datos de registro

Nombre: *

Apellido: *

Correo electrónico: *

Género: *

Fecha de nacimiento: *

Ilustración 70. Pantalla actualizar datos de registro Motiv-ARCHE

2. Servicios de elementos patrimoniales:

- **Buscar elementos patrimoniales:** el usuario puede buscar elementos patrimoniales por nombre, permisos de visualización y edición, métodos de activación de la realidad aumentada (tipo de reconocimiento), etiquetas y correo electrónico (ver Ilustración 71).

Punto de interés

Nombre	Visualización	Edición	Rating reconocimiento
<input type="text" value="Mostrar todos"/>			
Etiquetas	Correo electrónico	Tipo reconocimiento	
<input type="text" value="Mostrar todos"/>	<input type="text" value="Mostrar todos"/>	<input type="text" value="Mostrar todos"/>	

Ilustración 71. Pantalla buscar elementos patrimoniales Motiv-ARCHE

Inicialmente, este servicio no existía, ya que simplemente se mostraban al usuario todos los elementos patrimoniales registrados. Este servicio también estaba disponible en la aplicación móvil. Sin embargo, con el tiempo y el aumento en el número de elementos patrimoniales registrados, se volvió más complicado visualizar la información y los contenidos desde la aplicación móvil (Ilustración 72). Por esta razón, se decidió que la aplicación móvil se utilizaría únicamente para visualizar los contenidos en realidad aumentada, activados por posición geográfica o por reconocimiento de imágenes.



Ilustración 72. Obtener elementos patrimoniales aplicación móvil

- **Crear – editar – eliminar – consultar elementos patrimoniales:** para crear un elemento patrimonial se solicita el nombre, la visualización (sólo yo/todo el mundo), la visualización (sólo yo/todo el mundo), los participantes que pueden co-crear contenidos asociados al elemento patrimonial, la accesibilidad, el estado de conservación, las etiquetas, los activadores de realidad aumentada (imágenes y/o posición geográfica) y los contenidos asociados (ver Ilustración 73).

Crear punto interés

Nombre: *

Visualización: solo yo todo el mundo

Edición: solo yo todo el mundo

Ninguno seleccionado

Accesibilidad

Ninguno

Estado conservación

Ninguno

Etiquetas

Activadores de realidad aumentada *

Por reconocimiento de imágenes(0)

Por posición geográfica(0)

Contenidos aumentados

Ilustración 73. Pantalla para crear elemento patrimonial Motiv-ARCHE

En la Ilustración 74 se muestra los usuarios y/o grupos que pueden co-crear contenidos asociados al elemento patrimonial.

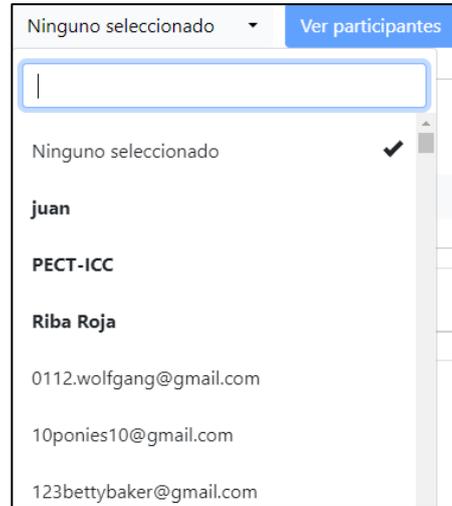


Ilustración 74. Seleccionar participantes

En la Ilustración 75 se muestra las etiquetas que se asocian al elemento patrimonial.

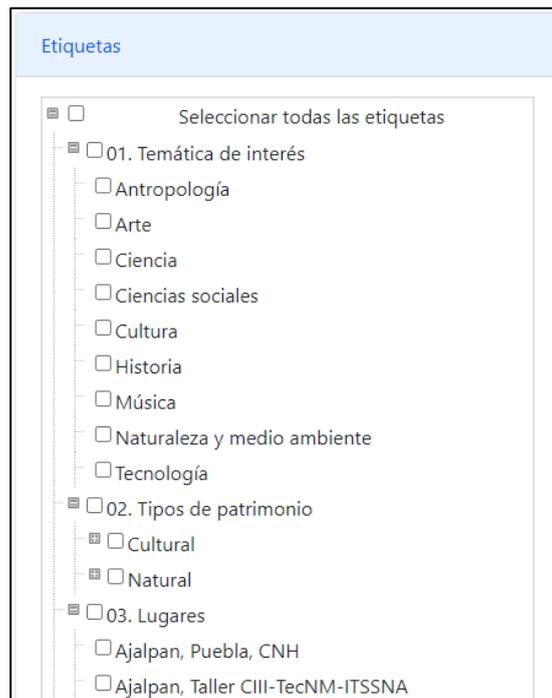


Ilustración 75. Etiquetas de elementos patrimoniales

Si el usuario desea que la activación de la realidad aumentada sea por reconocimiento de imágenes, se le solicitan imágenes en formato JPG o PNG con las características recomendadas por Vuforia (ver Ilustración 76).



Ilustración 76. Activación de realidad aumentada por reconocimiento de imágenes

Si prefiere la activación por posición geográfica, puede hacerlo haciendo clic en el mapa, ingresando la latitud y longitud, o buscando el elemento patrimonial por su nombre o dirección. Para agregarlo por nombre o dirección, se utiliza Google Maps, y la latitud y longitud se asignan automáticamente al seleccionar el elemento de la lista sugerida por Google (ver Ilustración 77).

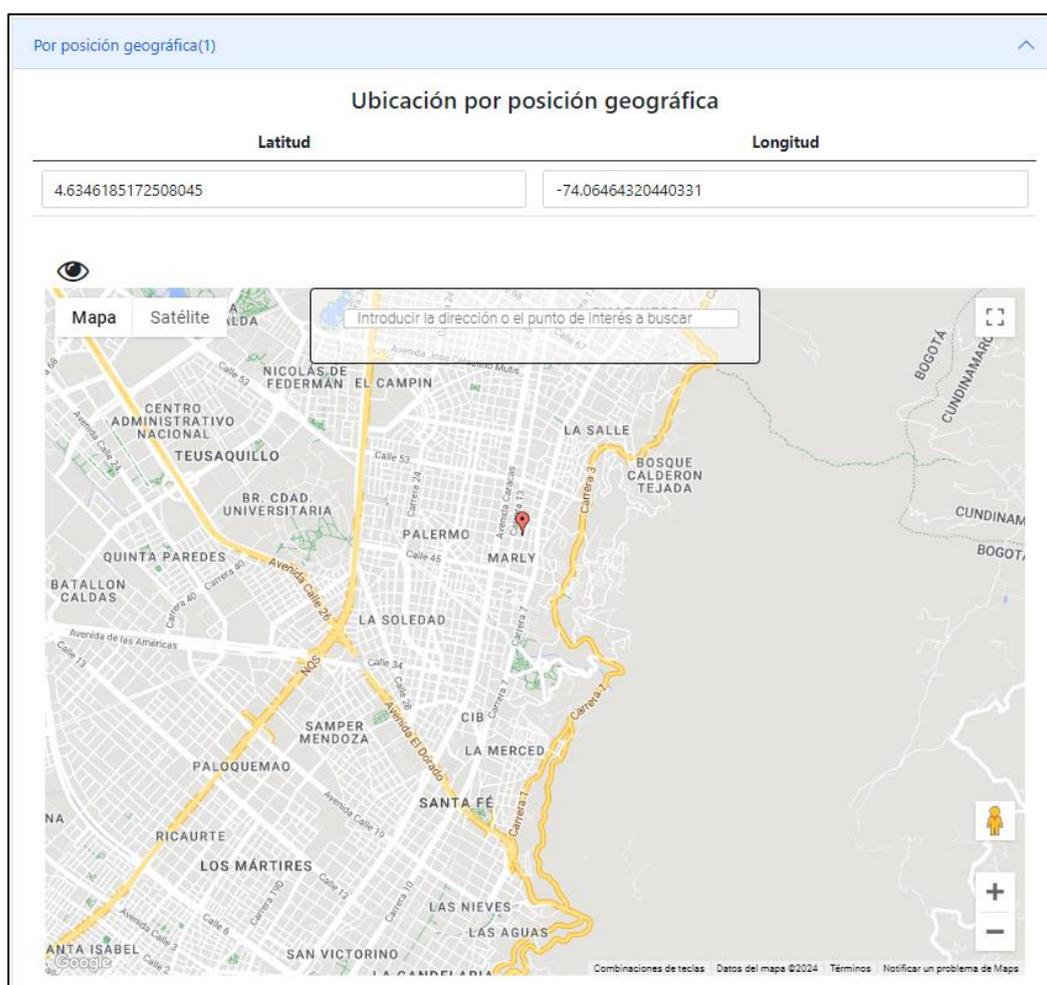


Ilustración 77. Activación de realidad aumentada por posición geográfica

Inicialmente, la información solicitada para un elemento patrimonial incluía el nombre, los contenidos asociados y solo una imagen para la activación de la realidad aumentada. Este servicio también estaba disponible en la aplicación móvil bajo el nombre "subir target Vuforia", donde la imagen de reconocimiento se podía seleccionar desde la galería de fotos del dispositivo o capturar utilizando la cámara de este (ver Ilustración 78).



Ilustración 78. Subir target Vuforia

Al seleccionar la opción "Tomar foto", la aplicación de Vuforia evaluaba la calidad de la imagen para su reconocimiento, utilizando un código de colores: rojo indicaba una imagen de baja calidad, amarillo de calidad media y verde de alta calidad (ver Ilustración 79). Sin embargo, esta función tuvo que ser eliminada debido a los numerosos problemas que generaba y la empresa decidió retirarla en las últimas versiones de la aplicación.

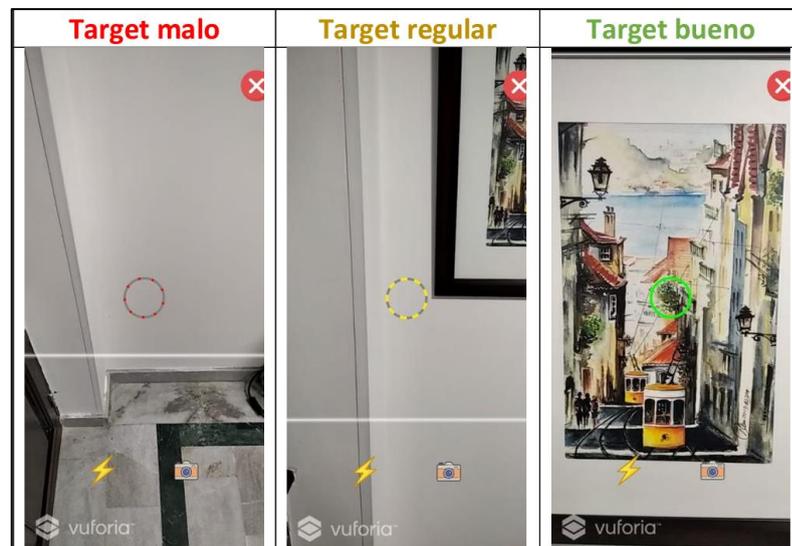


Ilustración 79. Estado reconocimiento de imagen

Para editar o eliminar un elemento patrimonial, el usuario debe buscar el elemento en el sistema. Los resultados de la búsqueda muestran información relacionada con el elemento, junto con tres opciones: un botón azul con un ícono de lápiz para editar, un botón rojo con un ícono de papelera para eliminar y un botón verde con un ícono de "i" para obtener más detalles (ver Ilustración 80).

Número de imágenes de reconocimiento	Imagen	Posición geográfica	Nombre	Visualización	Edición	Rating reconocimiento	Editar	Eliminar	Detalles	Punto validado
2		latitud: 4.5969777999999990 longitud: -74.077320200000000	Adoración de los Reyes Magos	solo yo	solo yo	★★★★★				Punto no validado   
2			Anunciación	solo yo	solo yo	★★★★★				Punto no validado 

Ilustración 80. Pantalla de resultados de buscar elementos patrimoniales Motiv-ARCHE

Anteriormente, la aplicación mostraba todos los elementos patrimoniales registrados en el sistema, mostrando solo una imagen de reconocimiento para la activación de la realidad aumentada, junto con el nombre del elemento, el rating de reconocimiento y las opciones de editar, eliminar y obtener detalles (ver Ilustración 81).

Imagen	Target id	Nombre	Estado	Tamaño imagen	Rating reconocimiento	Editar	Eliminar	Detalles
	d903e2b1369846a8aced060e393edf0b	alpacas	activo	32	★★★★★			
	d5e9b258e5254ef2bc4f892e8008c532	Botero	activo	32	★★★★★			
	635200f3da6947688ceab12e4f3c00b8	Radiador	activo	32	★★★★★			

Ilustración 81. Ver elementos patrimoniales aplicación web

Para editar un elemento patrimonial, se solicita la misma información que en el servicio de creación de un nuevo elemento patrimonial. En la Ilustración 82 se muestra un ejemplo en el que se edita el elemento patrimonial llamado "Adoración de los Reyes Magos", donde se carga la información previamente registrada y el usuario puede agregar nueva información al elemento.

Editar punto de interés

Nombre: *

Visualización: solo yo todo el mundo

Edición: solo yo todo el mundo

Ninguno seleccionado

Accesibilidad **Estado conservación**

Verde Bien

Etiquetas

Activadores de realidad aumentada *

Archivo	Imagen	Editar	Eliminar
<input type="text" value="https://assets.motivarch.online/up"/>		<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="https://assets.motivarch.online/up"/>		<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>

Por posición geográfica(1)

Contenidos aumentados

Ilustración 82. Pantalla editar elemento patrimonial Motiv-ARCHE

Al igual que el servicio de creación, este servicio también estaba disponible en la aplicación móvil. No obstante, la gran cantidad de información y la dificultad para agregar contenidos hacían que los usuarios tuvieran problemas para utilizarlo desde este medio. Por esta razón, este servicio ahora solo se ofrece a través de la aplicación web.

La opción "Eliminar" borra toda la información relacionada con el elemento patrimonial. Este servicio sólo puede ser ejecutado por los usuarios que el creador del elemento haya seleccionado, en caso de que la opción de edición haya sido configurada como "Solo yo". Si no es así, cualquier usuario registrado en el sistema podrá realizar la eliminación.

Finalmente, el servicio de consulta de elementos patrimoniales muestra los detalles del elemento patrimonial (ver Ilustración 83). Para ejecutar este servicio, se realiza la búsqueda del elemento patrimonial y se selecciona el botón "Detalles" (botón verde con el ícono de una "i")

□
2

Adoración de los Reyes Magos

solo yo solo yo

★★★★★

✎
✖
-

Punto no validado

✓
✗

Guardar comentarios

Imágenes de reconocimiento

Imagen 1

★★★★★

Imagen 2

★★★★★

Información del punto de interés

nombre del punto de interés: Adoración de los Reyes Magos

Visualización: solo yo

Edición: solo yo

Correo del creador del punto de interés: motivarchapp@motivarch.online

Accesibilidad:

● Verde

Estado conservación:

■ Bien

Etiquetas

El punto de interés no tiene etiquetas asignadas

Contenidos aumentados

Texto: Pintura adoración de los reyes magos - esta imagen ilustra uno de los momentos que rodean el nacimiento de Jesús narrado en el Evangelio de San Mateo. Según el evangelista, en tiempos del rey Herodes unos magos llegaron de Oriente a Jerusalén, preguntando por el recién nacido que era el rey de los judíos y a quien ofrecerían como dones oro, incienso y mirra. De acuerdo con los textos apócrifos, los Reyes Magos fueron tres: Melchor, Gaspar y Baltasar. La pintura tiene en la parte inferior una inscripción que señala A DEVOCIÓN DE Dn P. CABREJO, lo cual indica que la obra ingresó al templo por una devoción particular.

Contenidos validados (0/4)

✓
✗

Contenido no validado

✓
✗

Comentarios

Guardar comentarios

Comentarios

Ilustración 83. Pantalla consultar elemento patrimonial Motiv-ARCHE

Inicialmente, desde la aplicación móvil se podían apreciar los detalles de los elementos patrimoniales (ver Ilustración 84). Sin embargo, debido al creciente número de puntos registrados en el sistema, resultaba más complicado para los usuarios visualizar los detalles desde la aplicación móvil. Por ello, esta función fue eliminada de la versión móvil y se mantuvo únicamente en la aplicación web.



Ilustración 84. Detalles imagen de reconocimiento aplicación móvil

- **Validar elemento patrimonial:** para validar un elemento patrimonial, el usuario primero debe buscarlo, y en los resultados aparece la opción de validar el punto. Por defecto, todos los puntos creados por los usuarios se registran como elementos patrimoniales no validados. Para validarlos, el usuario debe oprimir el botón de verificación (ver Ilustración 85). Si desea agregar comentarios sobre la verificación, puede hacerlo presionando el botón "Guardar comentarios".

Este servicio no fue contemplado inicialmente y se agregó en la última iteración, a partir de los comentarios de los expertos patrimoniales. Estos expertos señalaron que, al ser una plataforma abierta para la creación de contenidos, elementos patrimoniales y rutas, era necesario validar que los elementos añadidos realmente correspondieran a lo que los usuarios estaban registrando en el sistema.

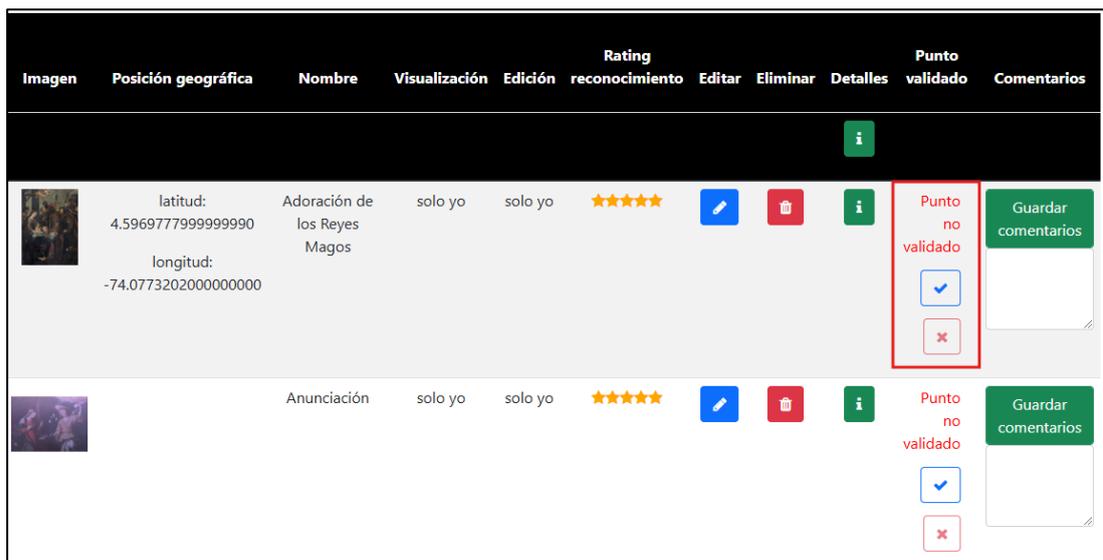


Ilustración 85. Pantalla validar elemento patrimonial Motiv-ARCHE

3. Servicios de contenidos:

Visualizar contenidos: para ver los contenidos asociados a un elemento patrimonial, primero se debe realizar la búsqueda del elemento. Una vez obtenidos los resultados, el usuario puede consultar el elemento patrimonial, donde se mostrarán los detalles y los contenidos asociados (ver Ilustración 86). Para cada contenido, se proporciona un enlace o una ventana emergente que permite reproducirlo.

Contenidos aumentados

Audio: [audio faraon](#)

▶ 0:00 / 1:56 

Modelo: [faraon 3d niños](#)

Imagen: [imagen faraon](#) 

Vídeo: [video prueba](#)

Web: [faraon ramses](#) https://es.wikipedia.org/wiki/Rams%C3%A9s_II

PDF: [Descripción Ramses](#)

Texto: descripción ramses II - Ramsés II era hijo del faraón Seti I y de su Gran Esposa Real, Tuya. No fue, como a veces se asume, hijo único; se sabe que tuvo al menos dos hermanas y, al parecer, un hermano llamado Nebchasetnebet, quien murió antes de alcanzar la edad adulta, por lo que Ramsés II pasó automáticamente a ser el heredero de Seti I. Desde niño vivió la actividad castrense, como miembro de una

Ilustración 86. Pantalla visualizar contenidos asociados al elemento patrimonial Motiv-ARCHE

Por ejemplo, en la Ilustración 87 se muestra el contenido de un modelo 3D desde la aplicación web.

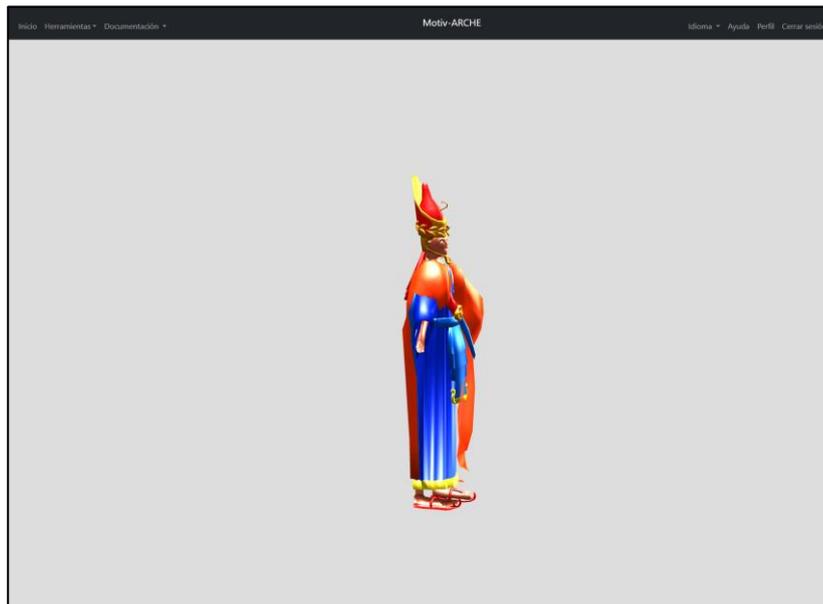


Ilustración 87. Pantalla visualizar contenido modelo 3D Motiv-ARCHE

Para visualizar los contenidos desde la aplicación móvil, el usuario debe iniciar sesión con su correo y contraseña. Posteriormente, debe seleccionar la opción "Ver contenidos RA por imagen" (ver Ilustración 88), que abrirá un escáner para iniciar el reconocimiento de la imagen y mostrar los contenidos en realidad aumentada.



Ilustración 88. menú principal Motiv-ARCHE

En la Ilustración 89 se muestra un ejemplo del escáner y los diferentes tipos de medios asociados a un elemento patrimonial.

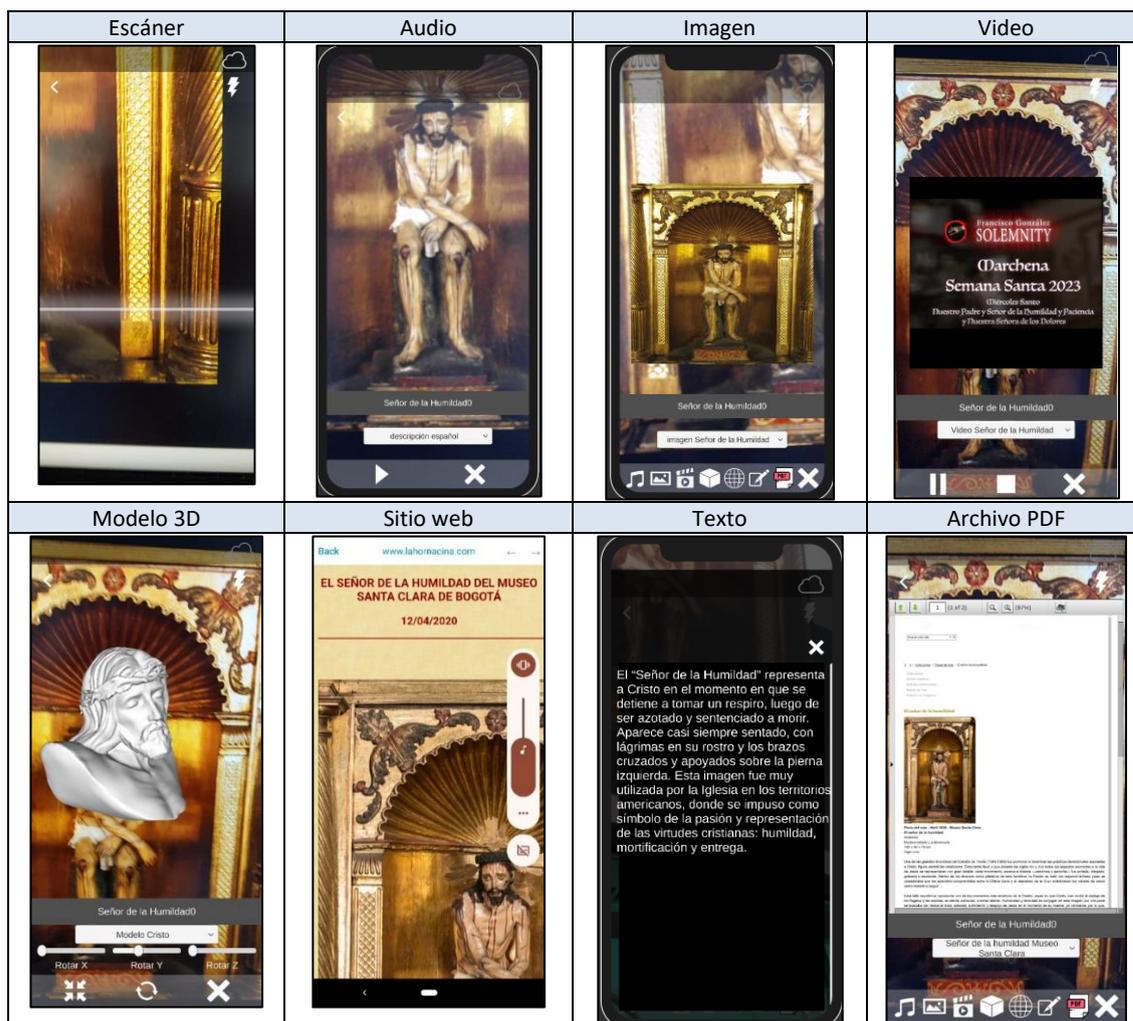


Ilustración 89. Contenidos Motiv-ARCHE

Si el usuario desea observar los contenidos mediante la activación por posición geográfica, debe seleccionar la opción “Ver contenidos RA por GPS”. Una vez seleccionada esta opción, deberá elegir de las rutas registradas en el sistema la que desea realizar.

Al seleccionar la ruta, la aplicación le mostrará en un mapa el recorrido que debe seguir. Además, se añadió al servicio que, al utilizar la cámara del dispositivo, se visualiza en realidad aumentada el camino que debe tomar el usuario. (El servicio de realidad aumentada sólo es aplicable para recorridos a pie) (ver Ilustración 90).

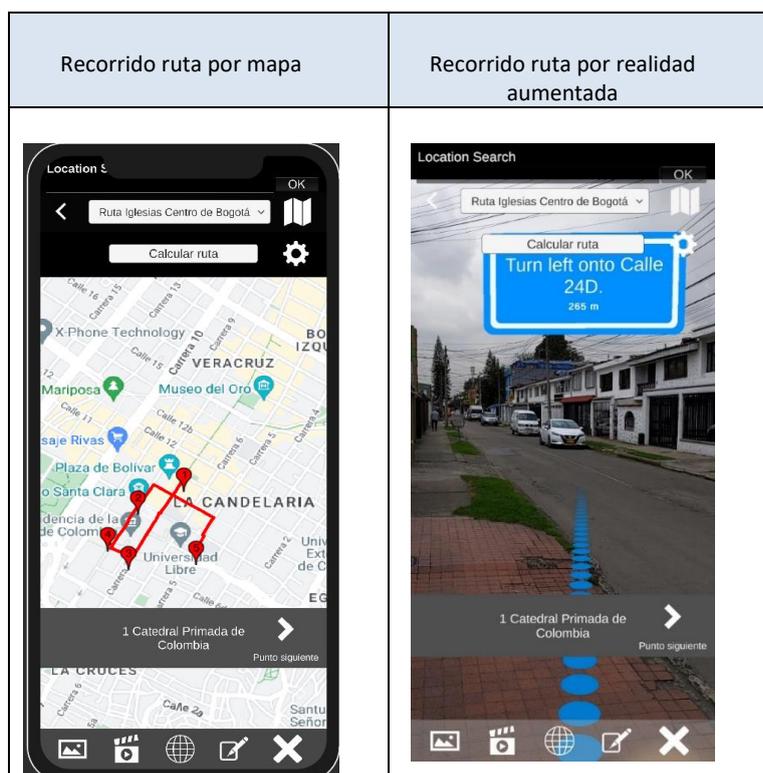


Ilustración 90. Recorrido ruta de los elementos patrimoniales

Al principio, la aplicación sólo permitía usar audios, imágenes, videos, modelos 3D y sitios web como medios (ver Ilustración 91). No obstante, los usuarios de Motiv-ARCHE pidieron agregar otros tipos, como textos y archivos PDF. También se cambió la manera en que se mostraban los contenidos, ya que antes sólo se podía agregar un contenido por cada tipo de medio. Para los modelos 3D, al inicio sólo se permitían los archivos con extensión .obj, pero con el plugin Trilib 2.0 se añadieron más formatos. Después, se integró el plugin de Sketchfab con Motiv-ARCHE, lo que permitió visualizar modelos 3D guardados en ese servidor externo.



Ilustración 91. Contenidos aumentados

Inicialmente, la activación de la realidad aumentada por posición geográfica no se había contemplado. Sin embargo, surgió la necesidad de visitar múltiples sitios patrimoniales, lo que llevó a la implementación de un mapa que muestra el orden en que se deben recorrer los elementos patrimoniales de la ruta. Posteriormente, se observó que muchos usuarios tenían dificultades para orientarse, por lo que, en la última iteración, se agregó la opción de visualizar el camino a seguir en realidad aumentada.

- **Crear – editar – eliminar contenidos del elemento patrimonial:** para crear, editar o eliminar contenidos asociados a los elementos patrimoniales, el usuario debe seleccionar la opción de crear o editar un elemento patrimonial. Al final de la pantalla, en la sección "Contenidos aumentados", puede gestionar los diferentes tipos de medios (audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y/o archivos PDF) (ver Ilustración 92).

Para agregar contenidos como audios, imágenes, videos, modelos 3D o archivos PDF, el usuario puede ingresar un enlace donde se encuentre el contenido o seleccionar un archivo local del dispositivo. Para los contenidos de texto, hay un espacio donde puede escribir el texto a mostrar, y para los sitios web, sólo se permite ingresar un enlace.

Si el usuario desea editar un contenido y tiene los permisos necesarios, simplemente selecciona el contenido a cambiar, ingresa el nuevo enlace o selecciona el nuevo archivo. En caso de que quiera eliminar un contenido, debe tener los permisos correspondientes y hacer clic en el botón rojo con la opción "Eliminar".

Contenidos(4)
^

Agregar
elemento de
audio

Agregar
elemento de
imagen

Agregar
elemento de
video

Agregar
elemento de
modelo 3D

Agregar
elemento de
sitio web

Agregar
elemento de
texto

Agregar
archivo PDF

- Texto 1:

esta imagen ilustra uno de los momentos que rodean el nacimiento de Jesús narrado en el Evangelio de San Mateo. Según el evangelista, en tiempos del rey Herodes unos magos llegaron de Oriente a Jerusalén, preguntando por el

adultos
 expertos
 extenso
 IES_SILS
 niños
 no_mostrar

Eliminar

- Imagen 1:

Ingresar url
 Seleccionar archivo

adultos
 expertos
 extenso
 IES_SILS
 niños
 no_mostrar

Eliminar

- Imagen 2:

Ingresar url
 Seleccionar archivo

adultos
 expertos
 extenso
 IES_SILS
 niños
 no_mostrar

Eliminar

Ilustración 92. Pantalla agregar contenidos al elemento patrimonial Motiv-ARCHE

154

Inicialmente, la aplicación únicamente permitía agregar un audio, una imagen, un video, un modelo 3D y un sitio web, y únicamente se aceptaba un enlace por cada medio. No obstante, durante el avance del proyecto, los usuarios sugirieron que sería importante tener la posibilidad de asociar más de un medio a los elementos patrimoniales y, también, seleccionar contenidos desde sus dispositivos.

En otra iteración, se identificó la necesidad de agregar etiquetas a los contenidos para facilitar las sugerencias basadas en ellas. Finalmente, los expertos patrimoniales recomendaron añadir nuevos tipos de medios, como textos y archivos PDF, por lo que estos fueron incluidos en la versión final de Motiv-ARCHE.

Validar contenidos del elemento patrimonial: para validar el contenido de un elemento patrimonial, el usuario debe consultar dicho elemento. En la consulta, se muestran los detalles del elemento, incluidos los contenidos asociados. En la sección de los contenidos, al igual que en la validación de los elementos patrimoniales, aparece una opción de verificación y un cuadro de texto para agregar comentarios (ver Ilustración 93). Cuando un usuario agrega o edita un contenido, por defecto se marca como no validado.

Este servicio se implementó en la última iteración de la investigación, siguiendo la recomendación de los expertos patrimoniales, quienes destacaron la importancia de verificar que los contenidos añadidos por los usuarios estuvieran realmente relacionados con el elemento patrimonial.



Ilustración 93. Pantalla validar contenidos del elemento patrimonial Motiv-ARCHE

4. Servicios de rutas:

- **Buscar rutas:** para buscar una ruta, el usuario puede hacerlo utilizando diferentes criterios: el nombre de la ruta, el tipo de ruta (definida por el usuario o más corta), las etiquetas, el modo de viaje (caminando, conduciendo o en bicicleta) o el usuario que la ha creado (ver Ilustración 94).



Ilustración 94. Pantalla buscar rutas Motiv-ARCHE

En la Ilustración 95 se presenta un ejemplo de búsqueda de rutas según el creador. En la tabla se muestra el nombre de la ruta, el usuario que tiene permiso para editarla, y las opciones para editar, consultar, duplicar, eliminar y verificar la ruta.

Rutas						
Borrar filtros		Buscar		Exportar Excel		
Nombre	Etiquetas	Correo electrónico				
Mostrar todos	Mostrar todos	motivarchapp@motivarch.online				
Ruta	Modo de viaje					
Mostrar todos	Mostrar todos					
Nombre ruta	Edición	Ver ruta	Duplicar ruta	Eliminar ruta	Validar	Comentarios
Museos Bogota Colombia	motivarchapp@motivarch.online				Ruta no validada 	Guardar comentarios
Museos Bogota Colombia(1)	motivarchapp@motivarch.online				Ruta no validada 	Guardar comentarios

Ilustración 95. Pantalla del resultado de buscar rutas en Motiv-ARCHE

Al inicio de la investigación, este servicio no se contempló, ya que la activación de la realidad aumentada se pensaba únicamente mediante el reconocimiento de imágenes. Sin embargo, durante la investigación y al implementar la activación de la realidad aumentada por posición geográfica para los elementos patrimoniales, se consideró importante incluir la opción de generar rutas que conecten los elementos patrimoniales registrados en el sistema.

- **Crear – editar – eliminar – consultar rutas:** para crear una ruta, el usuario debe ingresar a la aplicación web y dirigirse a la opción "Rutas", donde encontrará las opciones para crear, buscar y consultar rutas sugeridas (ver Ilustración 96). Para iniciar el proceso de creación de una ruta, debe seleccionar la opción "Crear".

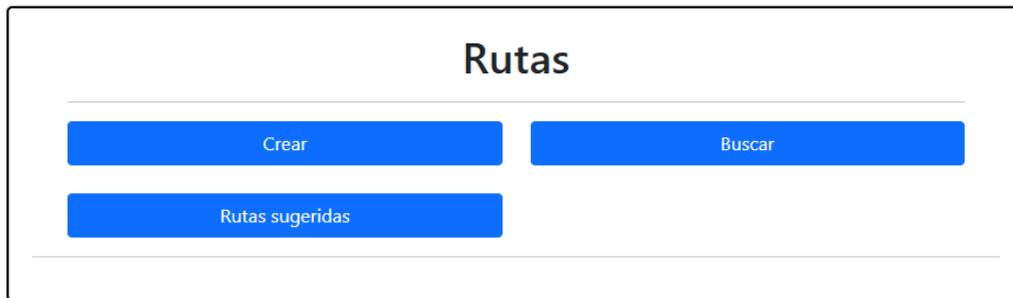


Ilustración 96. Servicios de rutas

Al seleccionar la opción "Crear", se le solicita al usuario que ingrese el nombre de la ruta, el modo de viaje y los puntos patrimoniales que la componen (ver Ilustración 97). Para agregar un elemento patrimonial, el usuario puede hacerlo de tres maneras:

1. Ingresando la latitud y longitud del elemento patrimonial.
2. Buscando el elemento patrimonial y seleccionándolo de la lista que muestra Google Maps (ver Ilustración 98).
3. Agregando elementos patrimoniales que ya estén registrados en el sistema.

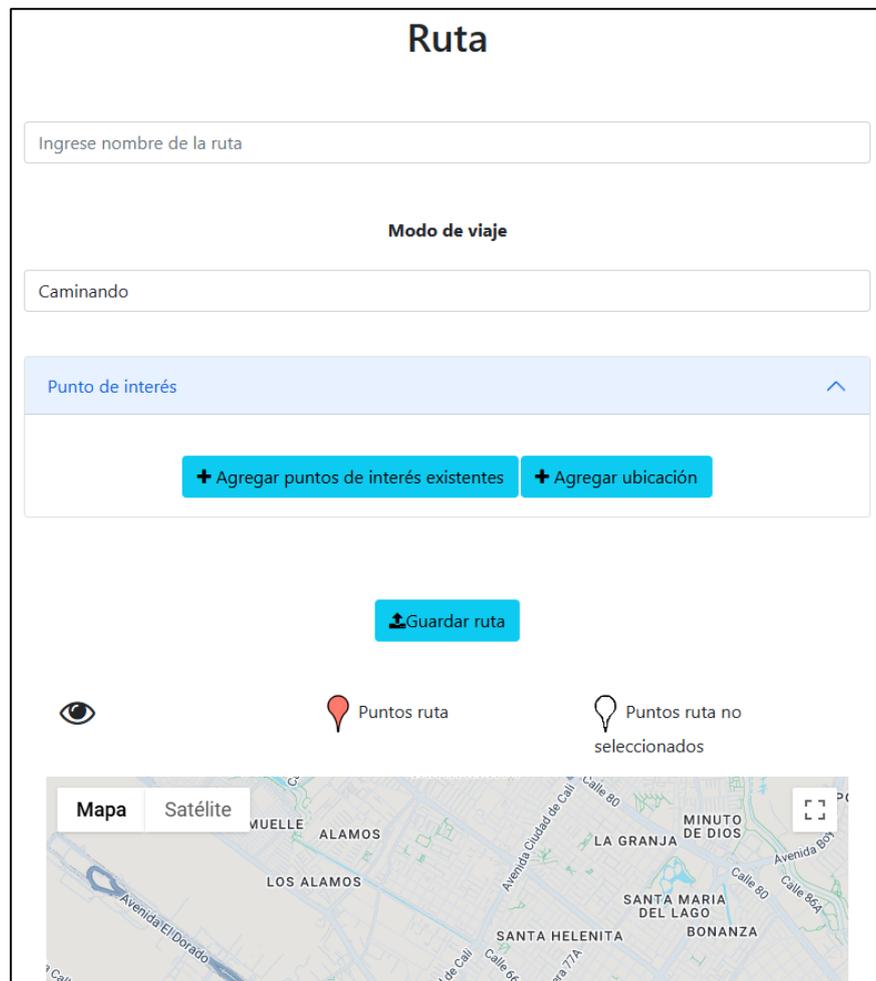


Ilustración 97. Crear ruta

Ruta

Ingrese nombre de la ruta

Modo de viaje

Caminando

Punto de interés ^

Puntos validados (0/2)

Ingrese latitud, longitud Ej: 41.987 Punto no validado

4.5969777999999900,-74.0773202 i Punto no validado

powered by Google

Ilustración 98. Agregar elemento patrimonial no existente

Si el usuario selecciona la opción de agregar un elemento patrimonial existente, se abrirá una nueva pantalla con un cuadro de búsqueda que muestra los elementos patrimoniales que tienen activación de realidad aumentada por posición geográfica (ver Ilustración 99).

Agregar puntos de interés existentes

Nombre	Visualización	Edición	Rating reconocimiento
Mostrar todos ▾	Mostrar todos ▾	Mostrar todos ▾	Mostrar todos ▾
Etiquetas	Correo electrónico	Tipo reconocimiento	
Mostrar todos ▾	motivarchapp@motivarch.online ▾	Posición geográfica ▾	

	Nombre	Latitud	Longitud	Visualización	Edición	Detalles
<input type="checkbox"/>	Adoración de los Reyes Magos	4.5969777999999990	-74.0773202000000000	solo yo	solo yo	i
<input type="checkbox"/>	Catedral Primada de Colombia	4.5980748999999990	-74.0753995000000000	solo yo	solo yo	i
<input type="checkbox"/>	Centro de Estudios Islámicos AlQurtubi	4.6515444000000010	-74.0832628000000000	solo yo	solo yo	i

Ilustración 99. Buscar elementos patrimoniales existentes para agregarlo a la ruta

Una vez que el usuario ha seleccionado los elementos patrimoniales que conformarán la ruta, debe elegir cuáles de estos puntos desea incluir en la ruta y el orden en que desea recorrerlos.

La Ilustración 100 muestra la ruta según el orden definido por el usuario.

Tramo 1
DESDE(1) Dessalitzadora Blanes **HASTA(2)** Ciutat Esportiva Blanes 
Distancia: 2.54 Km

Tramo 2
DESDE(2) Ciutat Esportiva Blanes **HASTA(3)** Cala Sant Francesc Blanes 
Distancia: 4.145 Km

Ilustración 100. Recorrido de una ruta (ruta definida por el usuario)

La Ilustración 101 muestra la ruta según la ruta más corta que se obtiene mediante la API de Google.

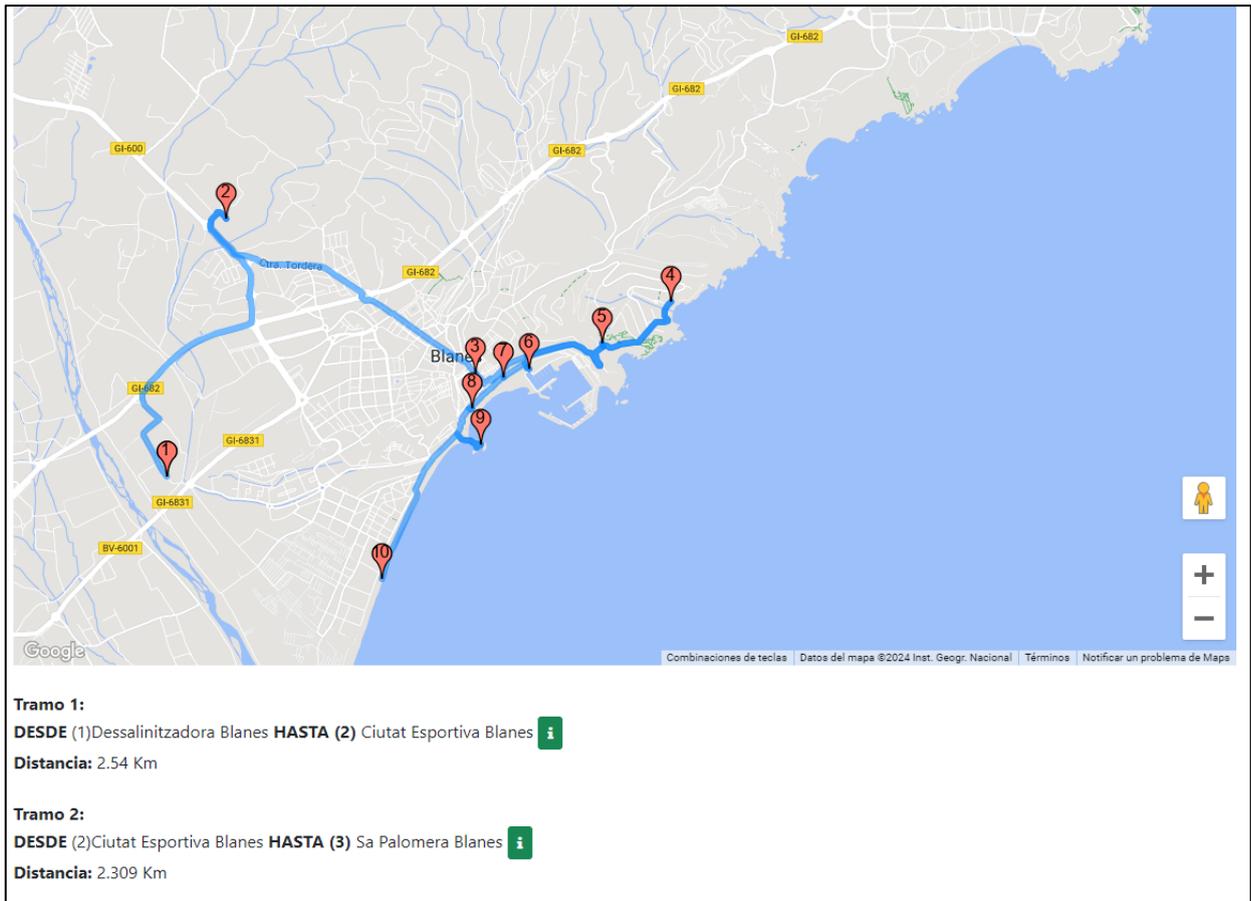


Ilustración 101. Recorrido de una ruta (ruta óptima)

Durante el desarrollo de este servicio, al principio únicamente se permitía crear rutas definidas por el usuario, y solamente se podían agregar elementos patrimoniales que ya existieran en el sistema. Posteriormente, se incorporó la opción de incluir elementos patrimoniales que no estuvieran registrados en Motiv-ARCHE. Además, se agregó la funcionalidad para crear nuevos elementos patrimoniales que no existieran en el sistema, permitiendo a los usuarios agregarlos y asociarles contenidos.

Como opción adicional, durante la búsqueda de rutas, se implementó la funcionalidad de duplicar una ruta. Esto permite que un usuario que no tenga permisos para modificar una ruta original pueda crear una copia con los mismos elementos patrimoniales y cambiar las características de la nueva ruta según lo desee.

Para editar o consultar una ruta, el usuario debe primero buscar la ruta en el sistema. Una vez que obtiene los resultados, debe seleccionar la opción de editar o consultar, representada por un botón azul (ver Ilustración 95). Al hacer clic en esta opción, se muestra la pantalla de la Ilustración 102, donde se carga toda la información de la ruta, incluyendo el nombre, el modo de viaje, los elementos patrimoniales y el orden en que se recorren.

Ruta

Museos Bogota Colombia

Modo de viaje

Caminando

Punto de interés ^

Puntos validados (0/3)

i ✓ ✕ Guardar comentarios

	○ El Museo Colonial	4.5967309000000	✓ ✕	i	Punto no validado	✓ ✕	
	○ La Piedad con Do	4.5969777999999	✓ ✕	i	Punto no validado	✓ ✕	
	○ test	4.6269729481016	✓ ✕	i	Punto no validado	✓ ✕	

+Agregar puntos de interés existentes
+Agregar ubicación

Ruta definida por el usuario
Ruta más corta

↻Actualizar ruta

Ilustración 102. Pantalla editar y consultar ruta Motiv-ARCHE

El servicio de consulta de rutas permite visualizar los detalles de una ruta (ver Ilustración 102). En esta sección se muestra el nombre de la ruta, el modo de viaje, los elementos patrimoniales que la componen, el orden en que deben ser recorridos, un mapa, así como la distancia total de la ruta y la distancia entre cada uno de los elementos patrimoniales. Para cada elemento patrimonial, se pueden obtener detalles como el nombre del elemento, opciones de visualización y edición, el usuario que lo creó, su accesibilidad, estado de conservación, etiquetas y contenidos asociados (ver Ilustración 103).

El Museo Colonial 4.596730900000C - Punto no validado

Información del punto de interés

nombre del punto de interés: El Museo Colonial

Visualización: todo el mundo

Edición: solo yo

Correo de quien creó la ubicación: motivarchapp@motivarch.online

Accesibilidad:
Ninguno

Estado conservación:
Ninguno

Etiquetas
MuseoColonial

Contenidos aumentados

Texto: El Museo Colonial - Las primeras colecciones del Museo se formaron gracias a la donación de algunas piezas pertenecientes al acervo del expresidente Eduardo Santos, a la compra de las colecciones de Carlos Pardo y Josefina y Pablo Argáez, y al traslado de la colección de arte colonial del Museo Nacional. Estas piezas se exhibieron inicialmente en una primera sala dedicada al pintor Gregorio Vásquez y otra a la exposición de la colección comprada a los Argáez. Otras salas exhibieron platería, mobiliario doméstico y eclesiástico, pintura y escultura devocional y retratos de virreyes. La colección está compuesta por más de mil seiscientos piezas entre las que se cuentan: pinturas de caballete, esculturas, platería, grabados, textiles, elementos de metalistería, cerámicas, mobiliario, entre otras correspondientes a piezas de numismática, piezas ornamentales, impresos y manuscritos. Los grupos de piezas más destacados corresponden a los de pintura y escultura devocional de los siglos XVII y XVIII. Igualmente, importantes son las obras que han entrado por comodato de colecciones particulares y que han podido ser disfrutadas por los públicos.

Ilustración 103. consultar elemento patrimonial de una ruta

Inicialmente, en la consulta de rutas, sólo se mostraba información sobre los elementos patrimoniales que la conformaban, sin incluir la distancia total ni la distancia entre cada uno de los elementos patrimoniales.

- **Validar ruta y elementos patrimoniales de la ruta:** para validar las rutas y los elementos patrimoniales que las conforman, el usuario debe buscar la ruta para validarla (ver Ilustración 104).

Nombre ruta	Edición	Ruta	Modo de viaje	Puntos ruta	Distancia total a recorrer	Ver ruta	Duplicar ruta	Eliminar ruta	Validar	Comentarios
Ruta Iglesias Centro de Bogotá	motivarchapp@motivarch.online	Ruta definida por el usuario	Caminando	5	1.345 Km				Ruta validada <input checked="" type="checkbox"/> <input style="border: 1px solid red; color: red;" type="checkbox"/>	<div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Guardar comentarios</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; font-size: small;">La ruta contiene museos</div>

Ilustración 104. Pantalla validar ruta Motiv-ARCHE

Al consultar la ruta y obtener cada uno de los elementos patrimoniales, es posible validar cada uno de ellos (ver Ilustración 105). Inicialmente, este servicio no estaba contemplado, aunque fue implementado a raíz de las sugerencias de los expertos patrimoniales, quienes recomendaron verificar que, tanto las rutas como los elementos patrimoniales fueran correctos.

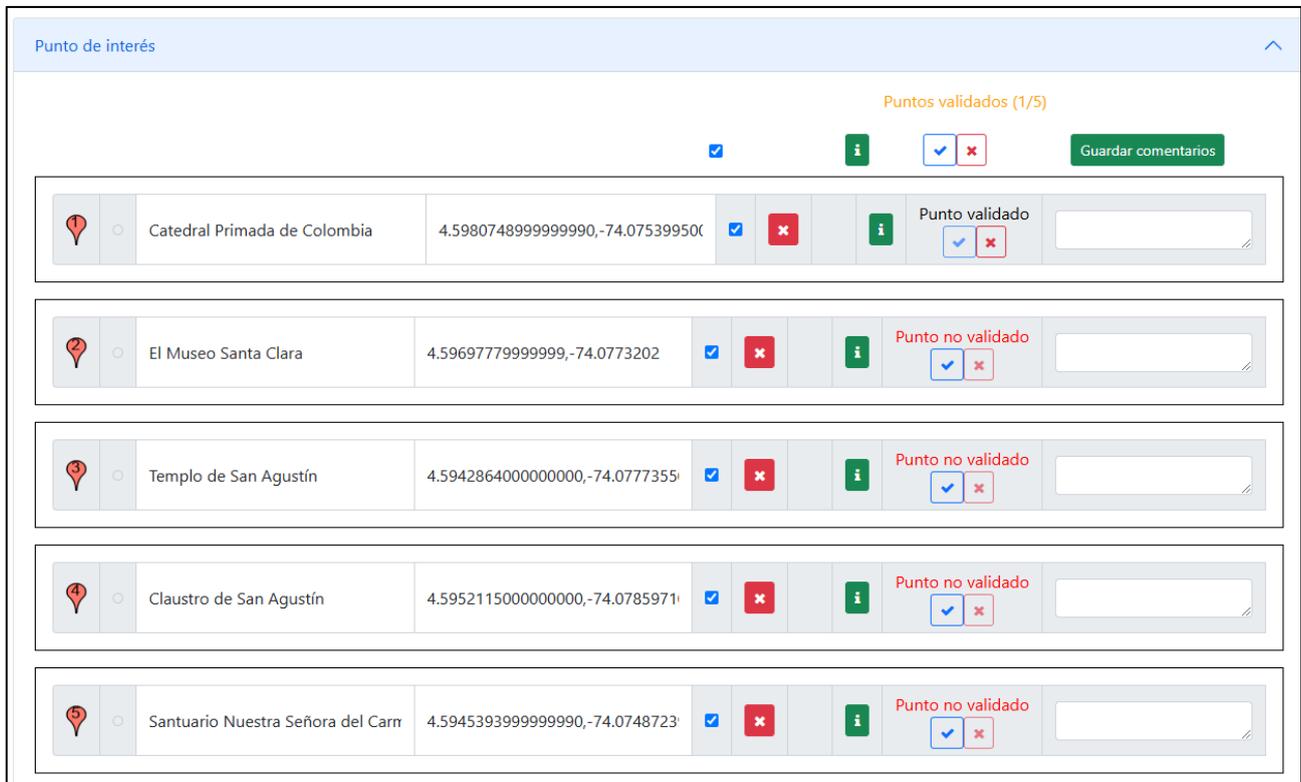


Ilustración 105. Pantalla validar elementos patrimoniales de una ruta Motiv-ARCHE

5. Servicio de etiquetas:

- **Crear – editar – eliminar – consultar etiquetas:** este servicio permite crear, editar, eliminar y consultar etiquetas para elementos patrimoniales y contenidos asociados.

La Ilustración 106 muestra la pantalla para crear, editar, eliminar y consultar etiquetas para los elementos patrimoniales.

Etiquetas de los puntos de interés						
Nombre etiqueta	Definida por el usuario	Edición	Autor	Etiqueta padre	Editar	Eliminar
01. Temática de inti	Sí	solo yo	motivarchapp@motivarch.online	Ninguno		
02. Tipos de patrim	Sí	solo yo	motivarchapp@motivarch.online	Ninguno		
03. Lugares	No	solo yo	motivarchapp@motivarch.online	Ninguno		
Ajalpan, Puebla, CN	No	Todo el mt	CIII06@motivarche.online	03. Lugares		
Ajalpan, Taller CIII-1	No	Todo el mt	CIII06@motivarche.online	03. Lugares		

Ilustración 106. Pantalla etiquetas elementos patrimoniales

La Ilustración 107 muestra la pantalla para crear, editar, eliminar y consultar etiquetas para los contenidos.

Etiquetas de los contenidos						
Nombre etiqueta	Definida por el usuario	Edición	Autor	Etiqueta padre	Editar	Eliminar
adultos	Si	solo yo	motivarchapp@motivarch.online	Ninguno		
expertos	Si	solo yo	motivarchapp@motivarch.online	Ninguno		
extenso	Si	solo yo	motivarchapp@motivarch.online	Ninguno		
IES_SILS	Si	solo yo	nuria.4casas@gmail.com	Ninguno		
niños	Si	solo yo	motivarchapp@motivarch.online	Ninguno		

Ilustración 107. Pantalla etiquetas contenidos

El objetivo de estas etiquetas es que los usuarios clasifiquen los elementos y contenidos. De esta manera, se facilita la búsqueda de elementos patrimoniales y contenidos. Además, el sistema al sugerir elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas utilice la clasificación proporcionada por los usuarios para ofrecer sugerencias que se acomoden a sus características, intereses y necesidades.

Para crear una etiqueta, se requiere especificar el nombre, los usuarios que tienen permiso para modificarla y la opción de asignar una etiqueta padre. Esta etiqueta padre permite la creación de sub-etiquetas, formando así una estructura jerárquica, como se muestra en la Ilustración 108

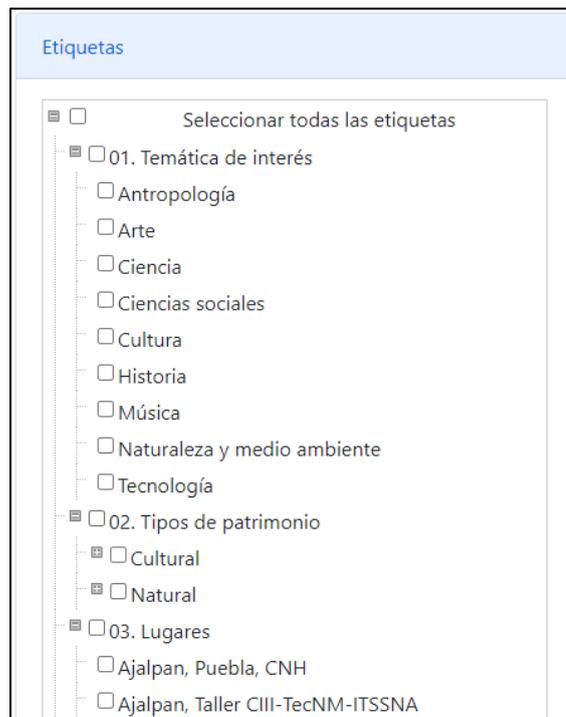


Ilustración 108. Estructura etiquetas de elementos patrimoniales

Inicialmente, este servicio no se había contemplado, aunque surgió la necesidad de implementarlo para facilitar la búsqueda de elementos patrimoniales y contenidos relacionados. Tras su implementación, se decidió no incluir etiquetas con un sistema jerárquico. No obstante, se introdujo esta jerarquía para organizar mejor los elementos patrimoniales, teniendo en cuenta las clasificaciones propuestas por la UNESCO y para después utilizarlas en los servicios adaptativos relacionados con sugerir contenidos, elementos patrimoniales y rutas.

6. Servicio de grupos:

- **Crear – editar – eliminar – consultar grupo de usuarios:** para crear, editar, eliminar o consultar grupos, el usuario debe iniciar sesión en la aplicación web y acceder a la opción "Grupos", donde se mostrará la pantalla de la Ilustración 109.

Gestionar grupos

Ninguno seleccionado ▾ Ver participantes Editar grupo

Mis grupos

#	Nombre grupo	Participantes
1	juan	juanchopaulo@hotmail.com juangonzalez1221@gmail.com juteck2008@hotmail.com

Grupos a los que pertenezco

#	Nombre grupo	Creador
---	--------------	---------

Ilustración 109. Gestionar grupos

Para crear un grupo, en la lista desplegable el usuario debe seleccionar la opción "+ Crear grupo" (ver Ilustración 110). Para crearlo, se le pide el nombre del grupo y los integrantes que lo conforman.



Ilustración 110. Crear grupo

Para editar un grupo debe oprimir la opción “Editar grupo” y aparece una pantalla con una lista desplegable de los grupos que puede modificar (ver Ilustración 111).

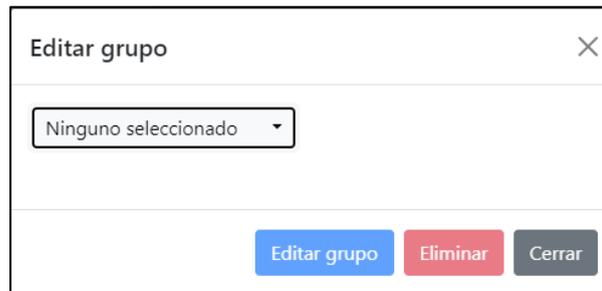


Ilustración 111. Editar grupo lista desplegable

Una vez selecciona el grupo a modificar, se le muestra los integrantes del grupo y debe nuevamente colocar la opción “Editar grupo” (ver Ilustración 112).

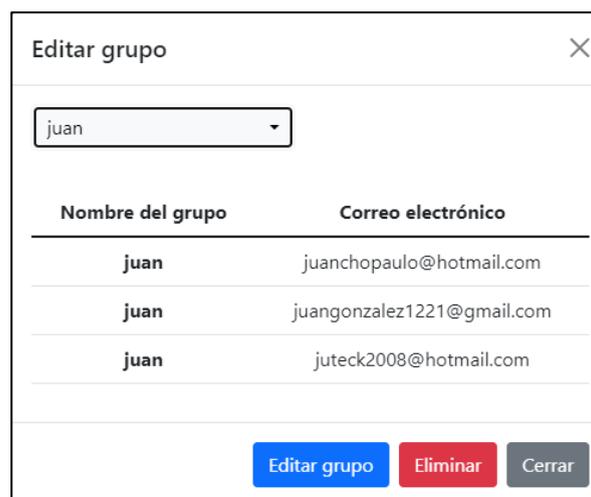


Ilustración 112. Integrantes del grupo a editar

Al oprimir la segunda vez esta opción, se muestra otra pantalla en el que puede modificar los integrantes que conforman el grupo (Ilustración 113).

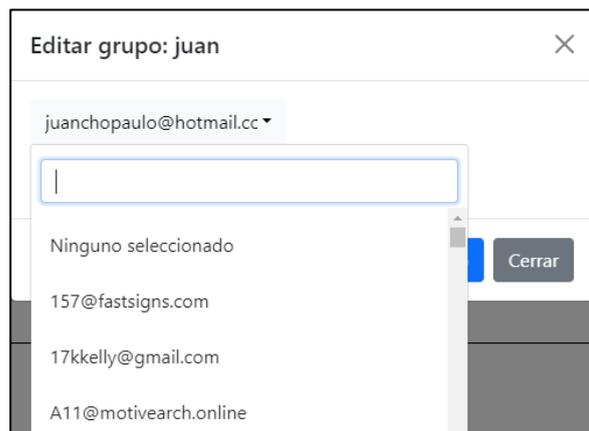


Ilustración 113. Lista desplegable usuarios registrados para agregar, editar y eliminar integrantes

Para eliminar un grupo, el usuario debe seleccionar la opción “Editar grupo” y después “Eliminar grupo”. Esta acción borrará todo el grupo y a todos los integrantes que lo conforman. Si el objetivo es quitar solo a algunos integrantes del grupo, el usuario debe ir a la opción “Editar grupo”, donde se mostrarán los detalles del grupo. Posteriormente, debe seleccionar nuevamente esta opción y retirar al integrante de la lista desplegable.

Finalmente, para consultar un grupo, el usuario debe ir a la pantalla de gestión de grupos (ver Ilustración 109) y seleccionar un grupo de la lista desplegable. Después debe oprimir la opción “Consultar participantes”. Como resultado, se genera una nueva pantalla que muestra los integrantes que conforman el grupo (ver Ilustración 114).

Nombre del grupo	Correo electrónico
PECT-ICC	busquetsx@gmail.com
PECT-ICC	xavier.busquets@ajgirona.cat

Ilustración 114. Integrantes del grupo seleccionado

Inicialmente, este servicio no estaba contemplado. Sin embargo, a medida que avanzaba la investigación, expertos patrimoniales y usuarios sugirieron la implementación de un sistema que permitiera la colaboración de otros usuarios para agregar contenidos, elementos patrimoniales y rutas. Esto se haría sin restringir los permisos únicamente al creador o a todos los usuarios. Posteriormente, se consideró la implementación de la co-creación, con el objetivo de permitir que otros usuarios y expertos patrimoniales colaboraran en la creación de diferentes elementos dentro de la herramienta.

7. Otros servicios del usuario:

Estos servicios permiten al usuario evaluar la aplicación en términos de co-creación y motivación.

La Ilustración 115 muestra el test que se utiliza para evaluar la co-creación de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas que hacen los usuarios en Motiv-ARCHE.

ENCUESTA USO Motiv-ARCHE - co-creación

Esta es una encuesta sobre el uso de la aplicación Motiv-ARCHE para la co-creación de contenidos de realidad aumentada.

Esta encuesta no tiene ninguna nota para esta asignatura y sus respuestas serán usadas de manera confidencial con propósitos de investigación.

Esta encuesta tardará en responderla entre de 15 y 20 minutos.

Lea atentamente las preguntas

Le agradecemos que conteste sinceramente a todas las preguntas basándose en su experiencia personal utilizando Motiv-ARCHE para la co-creación de contenidos.

Selecciona una respuesta

Usuario UdG/Javeriana	<input type="text" value="Ingrese nombre de usuario de la Universitat de Girona/Pontificia Universidad Javeriana si lo tiene"/>
Usuario Motiv-ARCHE	motivarchapp@motivarch.online
Fecha de nacimiento	<input type="text" value="20/04/1992"/>
Género	<input type="text" value="Chico"/>

1. Cuando me han explicado en que consistía el uso de Motiv-ARCHE he tenido la impresión de que sería fácil para mí

a. No es cierto.

b. Tal vez es cierto

Ilustración 115. Test de co-creación

La Ilustración 116 muestra el test que se utiliza para evaluar la motivación al usar las aplicaciones de Motiv-ARCHE.

Test de motivación

Este cuestionario no tiene respuestas buenas o malas. Selecciona 0 si esta completamente en desacuerdo o 7 si esta completamente de acuerdo con la pregunta. Los resultados de este cuestionario serán utilizados de manera confidencial y solo serán usados para el propósito de la investigación. Por tal motivo, es importante que al momento de responder el cuestionario sea lo más honesto posible.

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7
1. Cuando vi por primera vez el ejercicio, tuve la impresión de que sería fácil para mí.	<input type="radio"/>						
2. Hubo algo interesante en los contenidos con realidad aumentada que me llamó la atención.	<input type="radio"/>						

Ilustración 116. Test de motivación

En la aplicación Motiv-ARCHE, también se presentan noticias, eventos, publicaciones y manuales generados durante esta tesis.

La Ilustración 117 muestra algunas noticias y eventos que han surgido durante el desarrollo de esta tesis.

Noticias y eventos

10/08/2022 - Doctoral Research Seminar Pontificia Universidad Javeriana [Motiv-ARCHE: adaptive co-creation system with AR to motivate heritage education](#)

19/04/2022 - [Presentació prova pilot de valorització dels forns d'oli de ginebre, en el marc del projecte @Livhes Sudoe](#)

04/04/2022 - [Proves pilot a Escola Pia i Escola Silvestre Santaló de Salt](#)

01/03/2022 - Prova pilot Riba Roja de l'Ebre - [Diseñando una acción de valorización del patrimonio cultural inmaterial](#)

23/11/2021 - Jornada: [Transformació digital de les Industries Culturals Creatives. Més enllà de tenir un perfil a les xarxes](#) (Ajuntament Girona)

20/11/2021 - Virtual Reality Day: ["Co-creación de contenidos patrimoniales con la aplicación Motiv-ARCHE"](#)

19/11/2021 - Jornada: [Tecnología X Patrimoni](#) (UdG - Campus Sectorials)

Ilustración 117. Noticias y eventos

La Ilustración 118 muestra algunas noticias y eventos que han surgido durante el desarrollo de esta tesis.

Publicaciones y manuales

Publicaciones científicas

2022 - Gascons, N. Coris, González-Vargas J. C., L., Fabregat, R., Jové, T. (2022). "Experiència 3: Cocreació de continguts amb Motiv-ARCHE". Universitat 360 

2022 - Fabregat, R., González-Vargas J. C., Gascons, N., Jové, T. (2022). "[Co-creación de contenidos y uso de la realidad aumentada para motivar a los jóvenes por el patrimonio cultural y natural](#)". Aumenta.me 2022      

2022 - Fabregat, R., Gascons, N., Jové, T., González-Vargas J. C., Coris, L. (2022). Motiv-ARCHE: pruebas piloto de cocreación de contenidos por expertos patrimoniales". [Jornades Imatge i Recerca Centre de Recerca i Difusió de la Imatge \(CRDI\)](#). 

2022 - Fabregat, R., Gascons, N., Jové, T., González-Vargas J. C., Coris, L. (2022). "Cocreación de contenidos con Motiv-ARCHE en el proyecto PECT Costa Brava y Pirineo de Girona: Naturaleza, Cultura e Inteligencia en red". Libro de Actas: II Congreso Internacional de Museos y Estrategias Digitales. UPV, Valencia, 19-28 de Octubre de 2022. <https://doi.org/10.4995/CIMED22.2022.15649>

2021 - González Vargas, J. C., Fabregat, R., Carrillo-Ramos, A., & Jové, T. (2021). "Motiv-ARCHE: an augmented reality application to co-create cultural heritage resources with teenagers". European Journal of Post-classical Archeologies (PCA), 11, 387-397. http://www.postclassical.it/PCA_Vol.11_files/PCA11_GonzalezVargas-et-al.pdf

Ilustración 118. Publicaciones y manuales

Los servicios adicionales que puede ejecutar el administrador incluyen la obtención de estadísticas sobre los elementos patrimoniales, los contenidos asociados y las rutas creadas por un usuario dentro de la aplicación (ver Ilustración 119).

Estadística usuarios

Borrar filtros Buscar Exportar Excel

Correo electrónico

Mostrar todos ▼

Correos seleccionados

No se han seleccionado correos

Ilustración 119. Estadística de usuarios en la creación de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas

Para acceder a las estadísticas de los usuarios, es necesario ingresar el nombre de los usuarios y después seleccionar la opción “Exportar a Excel”, lo cual genera un informe detallado de los elementos patrimoniales creados, los contenidos asociados y las rutas.

Además, el administrador puede generar estadísticas de los resultados del test de motivación IMMS como se muestra en Ilustración 120.

Generar resultados IMMS

Borrar **Seleccionar correos que comiencen por** **Exportar Excel**

Por ejemplo correos que comienzan con DCS_

Mostrar todos

Correos seleccionados

No se han seleccionado correos

Ilustración 120. Resultados del test de motivación

Para obtener los resultados del IMMS, al igual que con las estadísticas de los usuarios, se solicita el nombre de los usuarios de los que se desean obtener los resultados. Este servicio también genera un archivo en formato Excel.

Al inicio estos dos servicios no fueron considerados. Se implementaron al final de la investigación como una forma de facilitar el análisis de resultados, así como la cantidad de contenidos, elementos patrimoniales y rutas que los usuarios han creado.

8. Servicio de Vuforia:

- **Crear, actualizar, eliminar targets de Vuforia:** este servicio se ejecuta de manera simultánea al realizar acciones como crear, actualizar o eliminar un elemento patrimonial. Cuando se crea, edita o elimina un elemento patrimonial que utiliza la activación de realidad aumentada por reconocimiento de imágenes, el sistema se comunica con la API de Vuforia para registrar, editar o eliminar esa imagen en la base de datos de Vuforia. Si se crea o se edita, se valida que la imagen sea apta para activar la realidad aumentada. Si el resultado es positivo, la información se replica en la base de datos de Motiv-ARCHE, donde se almacena la imagen utilizada y el rating de reconocimiento.
- **Obtener targets de Vuforia:** este servicio se activa cuando el usuario utiliza la realidad aumentada por reconocimiento de imágenes desde su dispositivo móvil. En la aplicación móvil, se implementa el servicio de visualización de contenidos por reconocimiento de imágenes, que se explicó anteriormente. Si la imagen es reconocida, el sistema devuelve como resultado los contenidos asociados y el nombre de la imagen de reconocimiento que se le asignó, tal como se mostró en la Ilustración 89.

- **Resumen base de datos de Vuforia:** este servicio proporciona información sobre el uso de la plataforma de Vuforia. Retorna el nombre de la base de datos, el número de reconocimientos permitidos por mes, el total de imágenes de reconocimiento que se pueden almacenar, el número de peticiones permitidas para reconocer imágenes al mes, y la cantidad de imágenes que se encuentran activas, inactivas, en procesamiento y que han fallado. Además, incluye el número de reconocimientos realizados en el mes y el total acumulado.

5.1.3. Análisis

Como se mencionó anteriormente, esta fase consiste en evaluar cada versión de la aplicación implementada con los usuarios y expertos patrimoniales para tener retroalimentación e ir mejorando las funcionalidades de la aplicación. En esta sección se mencionan los experimentos realizados para evaluar la co-creación de contenidos y el acceso a los mismos. Aunque solo se menciona un experimento relacionado con el acceso a los contenidos, en los experimentos de co-creación tanto los participantes de estos experimentos como otros usuarios han probado el acceso a los contenidos generados.

5.1.3.1. Co-creación de contenidos asociados

Los experimentos de co-creación consistieron en la creación de elementos patrimoniales, de contenidos asociados a estos elementos patrimoniales y de rutas utilizando los elementos patrimoniales co-creados. En las tablas que se presentan para cada experimento, se describen el número de elementos creados, el número de imágenes de reconocimiento utilizadas para activar la realidad aumentada, el número de posiciones geográficas utilizadas para la activación por GPS, el total de contenidos creados, su distribución por cada tipo de medio (audio, imagen, video, modelo 3D, sitio web, texto y PDF) y las rutas creadas. A continuación, se detallan algunos de los experimentos realizados.

1. **“PECT: Costa Brava i Pirineu de Girona: Natura, Cultura i Intel·ligència en xarxa”:** en el marco de este proyecto han sido contratadas dos personas expertas en patrimonio cultural (Nuria Gascons y Laura Coris) que han realizado unos experimentos de co-creación en colaboración con responsables y con personal tres sitios patrimoniales: el Museu d’Història Medieval de la Cúria-Presó - s.XIV de Castelló d’Empúries, el Parc Natural del Cap de Creus y el Museu Municipal de Tossa de Mar.

En la Tabla 15 se encuentran los elementos y contenidos creados en el Museu d’Història Medieval de la Cúria-Presó - s.XIV de Castelló d’Empúries.

Tabla 15. Elementos y contenidos creados en el Museu d’Història Medieval de la Cúria-Presó - s.XIV de Castelló En todas lasd’Empúries

Museu d’Història Medieval de la Cúria-Presó - s.XIV de Castelló d’Empúries												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	17	14	17	206	103	41	9	0	4	45	4	3

En la Tabla 16 se encuentran los elementos y contenidos creados en el Parc Natural del Cap de Creus.

Tabla 16. Elementos y contenidos creados en el Parc Natural del Cap de Creus

Parc Natural del Cap de Creus												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	49	7	49	216	8	56	3	1	10	91	47	1

En la Tabla 17 se encuentran los elementos y contenidos creados en el Museu Municipal de Tossa de Mar.

Tabla 17. Elementos y contenidos creados en Museu Municipal de Tossa de Mar

Museu Municipal de Tossa de Mar												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	27	30	15	135	0	49	8	0	2	57	19	1

- 2. Experimento en Salt:** en el marco del proyecto “Investigación y aplicaciones para promover el bienestar infantil y adolescente mediante la participación social de los alumnos y sus familias en los centros escolares” (PSI2017-88054-R) en el que participa el grupo de investigación “Infància, adolescència, drets dels infants i la seva qualitat de vida (ERIDIQV)” se realizó la actividad “Educant en els drets dels infants per al compromís cívic a nivell municipal mitjançant l’ús de la realitat augmentada a escoles d’educació primària” en la Escola Silvestre Santaló y en la Escola Pia de Salt. En estos experimentos de co-creación participaron 84 estudiantes que trabajaron en grupos de un número variado de estudiantes. Los contenidos que crearon los alumnos explicaron que cambios harían en diversos lugares de Salt para que estos lugares fueran más adecuados para que se cumplan los derechos de los niños (ver Tabla 18).

Tabla 18. Elementos y contenidos creados en dos escuelas de Salt

Escuelas de Salt												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	33	9	33	185	0	55	15	0	22	61	32	10

- 3. Valorización del patrimonio cultural inmaterial Riba-roja:** en el marco del proyecto “LIVHES: Living heritage for sustainable development” del programa Europeu Interreg SUDOE, el Dr. Jordi Montlló realizó experimentos de co-creación de contenidos de los “forns d’oli de ginebre” que hay en la localidad de Riba-roja y de su funcionamiento. Estos experimentos de co-creación se realizaron con la colaboración de la asociación Amics de Riba-roja y con otros miembros de la comunidad. También se realizaron experimentos de co-creación con todos los estudiantes de quinto y sexto grado y con profesores de la Escola Sant Agustí de Riba-roja. En la Tabla 19 se encuentran los elementos y contenidos creados en Riba-roja.

Tabla 19. Elementos y contenidos creados en Riba-roja

Riba-roja (experto)												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	16	0	16	84	0	67	0	1	0	16	0	3
Riba-roja (estudiantes)												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	5	0	5	34	0	26	4	0	0	0	4	1

4. **Esculturas Girona:** en el marco del proyecto “PECT: Indústries Culturals i Creatives de Girona i el seu entorn territorial” se ha colaborado con la l’Associació Amics de la UNESCO de Girona para incorporar en Motiv-ARCHE los contenidos de los elementos artísticos, como por ejemplo esculturas, que hay en el espacio público de Girona. Para facilitar la co-creación de los elementos patrimoniales y de los contenidos asociados se ha implementado un módulo que importa automáticamente estos contenidos desde la base de datos que se utiliza para la creación de la página web de la iniciativa. En la Tabla 20 se encuentran los elementos y contenidos creados en la ciudad de Girona.

Tabla 20. Elementos y contenidos creados en Girona

Esculturas Girona												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	163	2	163	672	0	508	1	1	161	1	0	6

5. **Facultat d’Educació i Psicologia:** en la asignatura “Didàctica específica de l’àmbit de ciències socials” impartida en el Grado de Educación primaria de la “Facultat d’Educació i Psicologia” de la “Universitat de Girona” se ha realizado la co-creación de contenidos relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de diferentes elementos ubicados en Girona y en otras poblaciones. En el experimento, participaron 88 estudiantes que han trabajado cooperativamente en grupos de entre 4 y 5 estudiantes. En la Tabla 21 se encuentran los elementos y contenidos creados de este experimento.

Tabla 21. Elementos y contenidos creados en Facultat d’Educació i Psicologia

Facultat d’Educació i Psicologia												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	201	0	201	478	3	260	22	0	19	160	14	52

48 de los participantes respondieron los test IMMS y un cuestionario demográfico para evaluar la aplicación desde el punto de vista de la co-creación de los elementos patrimoniales, de los contenidos asociados y de las rutas co-creadas.

- 6. Institut de Sils:** en el marco de las prácticas del "Máster en Formación del Profesorado de ESO y Bachillerato" que hizo Nuria Gascons en el Institut d'Educació Obligatoria de la localidad de Sils, se han propuesto dos situaciones de aprendizaje en la asignatura de Historia de Arte de Cuarto de ESO para la co-creación de contenidos, elementos patrimoniales y rutas del municipio. En el experimento participaron 16 estudiantes que participaron en una situación de aprendizaje en grupo y otra individual. En la situación de aprendizaje grupal los estudiantes se repartieron en 9 grupos de 3 a 5 personas para realizar una ruta cultural con los elementos patrimoniales que eligió cada uno de ellos. En la situación de aprendizaje individual los estudiantes seleccionaron su obra de arte preferida y crearon como contenidos asociados un mem relacionando esa obra de arte con un chiste que sea comprendido a nivel social. En la Tabla 22 se encuentran los elementos y contenidos creados en el "Institut de Sils".

Tabla 22. Elementos y contenidos creados en el "Institut de Sils"

SILS												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	57	26	33	321	23	101	35	3	46	60	53	5

11 de los participantes respondieron el test IMMS para evaluar la aplicación desde el punto de vista de la co-creación de los elementos patrimoniales, de los contenidos asociados y de las rutas co-creadas.

- 7. Museo Santa Clara:** en el Museo de Santa Clara ubicado en la ciudad de Bogotá, Colombia, se han co-creado contenidos y elementos patrimoniales de pinturas y esculturas del museo. En el experimento, 3 expertos patrimoniales seleccionaron 10 elementos patrimoniales y co-crearon contenidos asociados a cada uno de estos elementos. En la Tabla 23 se encuentran los elementos y contenidos creados en el Museo Santa Clara.

Tabla 23. Elementos y contenidos creados en el Museo Santa Clara

Museo Santa Clara												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	10	20	0	60	4	14	8	1	11	21	1	0

- 8. Pontificia Universidad Javeriana:** en la sede de Bogotá de la Pontificia Universidad Javeriana se ha realizado la co-creación de elementos y contenidos que se encuentran dentro del campus universitario. En el experimento han participado 8 estudiantes los cuales han seleccionado los elementos del campus universitario para los que iban a co-crear contenidos. En la Tabla 24 se encuentran los elementos seleccionados y contenidos asociados co-creados en la Pontificia Universidad Javeriana.

Tabla 24. Elementos y contenidos creados en la Pontificia Universidad Javeriana

Pontificia Universidad Javeriana												
Descripción	Número de elementos	Imágenes de reconocimiento	Posiciones geográficas	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	Rutas
Total	62	70	64	64	0	60	2	0	0	2	0	0

5.1.3.2. Acceso a los contenidos

El experimento de acceso a los contenidos consistió en observar y evaluar los contenidos asociados a los elementos patrimoniales que fueron generados en los experimentos de co-creación de contenidos asociados. A continuación, se detalla el experimento de acuerdo con los contenidos co-creados en el Museo Santa Clara.

1. **Museo Santa Clara:** el experimento consistió en que los visitantes del museo evaluaban la aplicación como consumidores de los contenidos para los 10 elementos patrimoniales mencionados en la sección anterior y que en la Tabla 25 se describe con detalle los elementos patrimoniales y los contenidos asociados a cada uno de ellos. En el experimento participan 44 participantes de diferentes edades en un rango de 18 y 93 años. Para el experimento se realiza un cuestionario de preguntas demográficas y un cuestionario para evaluar si las imágenes de reconocimiento para activar la realidad aumentada que se utilizaron para los elementos patrimoniales funcionan. También se realiza el test IMMS para evaluar la motivación y el test ARAM para la aceptación tecnológica.

Tabla 25. Elementos patrimoniales Museo Santa Clara

Elemento patrimonial	Imágenes de reconocimiento	Contenidos totales	Audio	Imagen	Video	Modelo 3D	Web	Texto	PDF
Adoración de los Reyes Magos (pintura)	2	4	0	3	0	0	0	1	0
Anunciación (pintura)	2	3	0	0	1	0	0	2	0
Desposorios místicos de Santa Catalina de Alejandría (pintura)	2	6	0	2	1	0	0	3	0
San Guillermo de Aquitania (pintura)	2	4	0	1	0	0	2	1	0
San Vicente Ferrer (escultura)	2	4	0	1	1	0	1	1	0
Santa Clara de Asís (pintura)	2	5	0	1	1	0	2	1	0
Santa Rosa de Lima (pintura)	2	6	0	2	1	0	1	2	0
Santa Teresa de Jesús (pintura)	2	7	0	2	1	0	2	2	0
Señor de la Humildad (escultura)	2	14	4	1	1	1	1	5	1
Visión de San Ignacio de Loyola en la Cueva de Storia (pintura)	2	7	0	1	1	0	2	3	0
Total: 10	20	60	4	14	8	1	11	21	1

Entre las sugerencias brindadas por los usuarios, se destacó la utilidad de mostrar un recuadro que indique dónde debe encuadrarse la imagen de reconocimiento para activar la realidad aumentada, así como incluir más contenidos en 3D e integrar funciones de juego para hacer la experiencia más atractiva.

Además, se propuso mejorar el aspecto visual de la aplicación y evitar la necesidad de volver al menú principal para reconocer una imagen. En cuanto a los medios de tipo audio y video, algunos usuarios sugirieron que se reprodujeran automáticamente e incluir un menú que permitiera adelantar o retroceder en estos contenidos, así como unificar el tono de voz en las explicaciones de los elementos patrimoniales. Respecto a las imágenes, se recomendó mantener la relación de aspecto. Finalmente, se sugirió aumentar la inmersión con el mundo real y permitir compartir lo que se visualiza en tiempo real con otras personas.

5.1.3.3. Sugerencias de mejora en la aplicación

En esta sección se describe la retroalimentación que se obtuvo de los usuarios y expertos patrimoniales quienes participaron en los experimentos mencionados anteriormente. A continuación, se muestran las sugerencias de la aplicación en la co-creación de contenidos, en el acceso a los contenidos y sugerencias de servicios adicionales que no se obtuvo durante los experimentos.

- **Co-creación de contenidos:**
 - Modificar la pantalla de búsqueda de los elementos patrimoniales con el fin de agregar varios medios y así usar más de una etiqueta para clasificar los elementos patrimoniales y contenidos.
 - Permitir asociar otros tipos de medios a los elementos patrimoniales (PDF y descripciones en texto).
 - Mejorar las acciones que puede ejecutar el usuario en un elemento patrimonial al momento de editarlo o eliminarlo.
 - Al mostrar la ruta, tener información adicional como la distancia total y la que hay entre dos elementos patrimoniales.
 - Mejorar la gestión de etiquetas para que se puedan definir de forma jerárquica, en otras palabras, como un sistema de clasificación en el que las etiquetas principales pueden tener sub-etiquetas.
 - Definir un proceso de importación y exportación de datos desde un archivo para automatizar el proceso de creación y modificación de elementos patrimoniales y de los contenidos asociados.
 - En la creación de las rutas, agregar la opción de crear elemento patrimonial sobre la misma pantalla sin necesidad de tener que ir a crearlo previamente en la aplicación.
 - Modificar la creación de los contenidos en el que el usuario creador defina el orden en que deben mostrarse.
 - Incluir para los elementos patrimoniales iconos para describir la accesibilidad y el estado de conservación.

- **Acceso a los contenidos:**
 - Mejorar los métodos de búsqueda para los elementos patrimoniales por múltiples etiquetas asociadas a los elementos patrimoniales.
 - Implementar un servicio en el que se le permita a otros usuarios a editar y/o eliminar información de elementos patrimoniales existentes.

- Mejorar el método de búsqueda para los elementos patrimoniales en el que se muestre información detallada (contenidos asociados, etiquetas, creador del elemento)
 - Implementar en el servicio de detalles, la opción de consultar los contenidos directamente sobre la aplicación sin necesidad de abrirlo en una pestaña nueva.
 - En el servicio de reportes de elementos patrimoniales y rutas, agregar un hipervínculo para consultar el elemento patrimonial directamente en la aplicación web.
 - Mostrar un recuadro en la aplicación móvil en el que se muestre que se debe realizar un reconocimiento de imagen.
 - Mejorar el aspecto visual de la aplicación cambiando letras por íconos.
 - Mejorar la búsqueda de elementos patrimoniales por el tipo de activación de la realidad aumentada (reconocimiento de imágenes, posición geográfica o ambos).
 - Al mostrar una ruta, en la aplicación web, mostrar el recorrido por tramos.
 - Al oprimir el elemento patrimonial de una ruta en la aplicación móvil, activar los contenidos asociados.
 - Al crear una ruta, seleccionar los puntos que se incluyen en la ruta.
 - Modificar la edición de las rutas donde no sea necesario eliminar el elemento patrimonial para pasarlo a otra posición.
 - Permitir que la activación de realidad aumentada por posición geográfica se pueda hacer buscando el elemento patrimonial o seleccionándolo en el mapa
 - Expandir y contraer información de todos los elementos patrimoniales y rutas con un solo botón.
 - Visualizar modelos 3D que se encuentren públicos en Sketchfab
 - Mostrar, en realidad aumentada, el camino que debe tomar el usuario para dirigirse al siguiente elemento patrimonial de la ruta.
 - En la aplicación móvil definir la distancia mínima para activar, en realidad aumentada, los contenidos asociados a un elemento patrimonial.
- **Servicios adicionales:**
 - Servicio para generar reportes en Excel en el que se mencione el número de elementos patrimoniales que han creado los usuarios.
 - Adicionar al servicio de reportes, el número de contenidos asociados al elemento patrimonial.
 - Adicionar al servicio de reportes, las rutas que ha creado cada usuario.
 - Adicionar al servicio de reportes, el número de veces que aparece un elemento patrimonial en las rutas creadas dentro del sistema.
 - Implementar un servicio de validación de la información de los elementos patrimoniales y contenidos que crean los usuarios del sistema.
 - Al adicionar imágenes como contenidos, implementar un servicio que comprima la imagen y se muestre en los detalles del elemento patrimonial para los contenidos de tipo imagen como un ícono.

5.2. Resumen y conclusiones del capítulo

En este capítulo se describe qué significa Motiv-ARCHE, el público al que está dirigida la aplicación, la metodología de desarrollo utilizada y las funcionalidades que ofrece.

El nombre Motiv-ARCHE proviene de la combinación de tres conceptos clave: "Motiv" porque el objetivo principal es mejorar la motivación de los usuarios; "AR" porque la aplicación utiliza realidad aumentada; y "CHE" porque se enfoca en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural.

Para el desarrollo de Motiv-ARCHE se empleó la metodología de DBR, que se divide en tres fases: diseño, implementación y análisis. En la fase de diseño, el objetivo es identificar el problema y diseñar una solución. En la fase de implementación, se desarrolla la aplicación según lo identificado en la fase de diseño. Finalmente, en la fase de análisis se evalúa la aplicación con los usuarios para obtener retroalimentación y mejorar las funcionalidades. Este proceso se repite de manera iterativa hasta que el usuario esté satisfecho con el sistema desarrollado.

En la fase de diseño, se identificaron las fortalezas y debilidades de los trabajos previos, y, con la retroalimentación de los usuarios, se realizaron mejoras en las versiones de la aplicación. Durante esta fase, también se definieron los tipos de medios que se utilizarían para mostrar la información relacionada con los elementos patrimoniales, así como el proceso para co-crear elementos patrimoniales y contenidos. Además, se establecieron los métodos y herramientas para activar la realidad aumentada, así como los servicios que debía incluir Motiv-ARCHE.

Con estas características definidas se pasó a la fase de implementación, en la que se crearon, modificaron y añadieron servicios a Motiv-ARCHE para entregar un producto ajustado a las necesidades del usuario. En esta fase, se describen con detalle todos los servicios implementados en la aplicación, la arquitectura de software utilizada, los flujos de ejecución de los servicios desde las plataformas web y móvil y el funcionamiento de cada uno de ellos.

En la fase de análisis se realizaron experimentos con usuarios y expertos en patrimonio. En algunos de estos experimentos, se utilizaron los test mencionados en el capítulo anterior para evaluar la aplicación. A través de estos experimentos, se obtuvo retroalimentación de los usuarios para mejorar las versiones siguientes de Motiv-ARCHE.

La aplicación Motiv-ARCHE ha sido diseñada para permitir que cualquier usuario, sin necesidad de conocimientos avanzados en realidad aumentada, pueda co-crear y visualizar contenidos asociados a elementos patrimoniales. Los usuarios pueden incorporar diversos tipos de medios, como audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y documentos PDF, utilizando una aplicación web con el fin de asociar estos contenidos al elemento patrimonial correspondiente. Con respecto a la co-creación se resalta que diversos usuarios, de manera colaborativa, puedan enriquecer un elemento con diferentes contenidos, mostrándolo desde varias perspectivas y ampliando su contenido a través de los diferentes tipos de medios, lo que puede llegar a atraer la atención de los usuarios, motivándolos a que conozcan más de este elemento patrimonial.

Motiv-ARCHE permite a los usuarios explorar elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas que se ajusten a sus características e intereses. Para visualizar los contenidos en realidad aumentada se utiliza una aplicación móvil que activa la realidad aumentada mediante el reconocimiento de imágenes o la ubicación geográfica del dispositivo a través del GPS.

La aplicación es compatible con dispositivos móviles que operan con sistemas Android, así como iOS; además está disponible en inglés, español y catalán. También, Motiv-ARCHE emplea métodos y técnicas de adaptación de información, como el ajuste, ocultamiento o reordenación de elementos patrimoniales, contenidos y rutas con el objetivo de mejorar la experiencia de usuario. Por ejemplo, en el caso de medios como modelos 3D, imágenes y archivos PDF, la aplicación ofrece una función de zoom que permite una visualización detallada del contenido.

CAPÍTULO 6 – EVALUACIÓN EXPERIMENTAL

En este capítulo se evalúan algunos de los experimentos que se han descrito en la sección 5.1.3 para evaluar la aplicación Motiv-ARCHE en la co-creación de contenidos asociados y en el acceso a los mismos. El objetivo de la evaluación es comprobar si al utilizar Motiv-ARCHE, la co-creación de contenidos utilizando la realidad aumentada motiva a los estudiantes en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural y si los contenidos que han sido co-creados motiva a otros usuarios a visitar los sitios patrimoniales. Los test utilizados para hacer esta evaluación son los que se han explicado en el capítulo 4 relacionados con la aceptación tecnológica, la motivación y la co-creación.

Con los resultados de los test y del cuestionario demográfico que se utilizan en algunos de los experimentos se realizan pruebas estadísticas para determinar si las variables de los test y del cuestionario influyen en la aceptación tecnológica y en la motivación. Las pruebas estadísticas que se utilizan se muestran en la Tabla 26, en la Tabla 27 y en la Tabla 28.

Las pruebas estadísticas de la Tabla 26 muestran el tipo de prueba que se utiliza según el número de participantes en el experimento para identificar si las variables cuantitativas se encuentran en una distribución normal. Se considera que siguen una distribución normal cuando la significancia es mayor a 0,05.

Tabla 26. Pruebas estadísticas de normalidad para variables cuantitativas

Prueba Kolmogorov	Prueba Shapiro-Wilk
Se utiliza cuando el número de la población es mayor a 50 N > 50	Se utiliza cuando el número de la población es igual o menor a 50 N ≤ 50

- Si la significancia es mayor a 0,05, la variable sigue una distribución normal y se debe aplicar pruebas paramétricas (Sig. >0,05)
- Si la significancia es menor o igual a 0,05, la variable no sigue una distribución normal y se debe aplicar pruebas no paramétricas (Sig. ≤ 0,05)

Los resultados de las pruebas estadísticas de la Tabla 27 y de la Tabla 28 muestran el tipo de prueba que se utiliza según el resultado de la prueba de normalidad realizada previamente en la prueba estadística. Si las variables obtenidas a partir de la muestra siguen una distribución normal, se aplica la prueba paramétrica y si no, la no paramétrica.

Las pruebas estadísticas de la Tabla 27 se aplican para verificar si hay correlación entre variables cuantitativas con cuantitativas y sirve para verificar si hay correlación entre una variable y otra. El resultado de la significancia es un valor entre -1 y 1. Si la significancia es igual a 1, es una correlación positiva perfecta, si es igual a 0 no existe correlación y si es igual a -1 es una correlación negativa perfecta.

Tabla 27. Pruebas estadísticas de correlación para variables cuantitativas

Tipo de variables	Prueba paramétrica	Prueba no paramétrica
Cuantitativa + cuantitativa (variables independientes)	Correlación de Pearson	Correlación de Spearman

Las pruebas estadísticas de la Tabla 28 se aplican para ver la correlación entre variables cuantitativas con cualitativas. En estas pruebas se selecciona la prueba estadística según el número de opciones que tenga la variable cualitativa. Se considera que tiene una diferencia significativa cuando la significancia es menor o igual a 0,05.

Tabla 28. Pruebas estadísticas de diferencia significativa entre variables cuantitativas y cualitativas

Tipo de variables	Prueba paramétrica	Prueba no paramétrica
Cuantitativa + cualitativa (2 grupos)	T student para muestras independientes	U de Mann Whitney
Cuantitativa + cualitativa (más de 2 grupos)	ANOVA	Test de Kuskral-Wallis

- Si la significancia es mayor a 0,05 no hay relación entre las variables (Sig > 0,05)
- Si la significancia es menor o igual a 0,05 hay relación entre las variables (Sig <= 0,05)

6.1. Co-creación de contenidos asociados

Como se ha mencionado previamente en la sección 5.1.3 se han realizado diversos experimentos de co-creación, pero en este capítulo solo se explicarán los que se realizaron en la “Facultat d’Educació i Psicologia”, en el “Institut de Sils” y en la sede de Bogotá de la Pontificia Universidad Javeriana. Para estos experimentos los usuarios no consumen los contenidos existentes en la aplicación, sino que son ellos quienes crean elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas.

Para evaluar la co-creación, se utilizó el test IMMS, aunque con algunas adaptaciones. Las preguntas se reformularon para centrarse en la motivación hacia la creación, se eliminaron algunas, quedando un total de 28, y se ajustó la escala de calificación a una escala Likert de 1 a 5. También se diseñó un cuestionario demográfico en el que se le pregunta al usuario la edad y el género (me considero chico, me considero chica, no me considero ni chico ni chica), pero este cuestionario no fue aplicado en todos los experimentos. En la Tabla 29 se muestra un resumen de las variables que se consideran en los experimentos.

Tabla 29. Test y cuestionario para los experimentos de co-creación de contenidos asociados

Cuestionario /test	Acrónimo	Variables	Tipo de variable
Demográfico	Género	Género	Cualitativa
	Edad	Edad	Cuantitativa
IMMS	A	Atención	Cuantitativa
	R	Relevancia	Cuantitativa
	C	Confianza	Cuantitativa
	S	Satisfacción	Cuantitativa

6.1.1. Facultat d’Educació i Psicologia

En este experimento los participantes responden el test de motivación IMMS y un cuestionario demográfico en el que se le pregunta el género y la edad. El número de participantes es de 48 usuarios por lo que se aplica la prueba Shapiro-Wilk para verificar si las variables cuantitativas siguen una distribución normal. El resultado muestra que la mayoría de las variables cuantitativas siguen una distribución normal, excepto la variable edad (ver Tabla 30).

Tabla 30. Prueba estadística de normalidad Shapiro Wilk (Facultat d’Educació i Psicologia)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Edad	0,794	48	0,000
A	0,979	48	0,520
R	0,959	48	0,088
C	0,975	48	0,381
S	0,955	48	0,064

Dado que las variables del test IMMS presentan una distribución normal, se realiza la prueba de correlación de Pearson para verificar si existen correlaciones entre ellas.

Tabla 31. Correlación de Pearson entre las variables cuantitativas del test IMMS enfocado a la co-creación (Facultat d'Educació i Psicologia)

		A	R	C	S
A	Correlación de Pearson	-			
	Sig. (bilateral)				
	N	48			
R	Correlación de Pearson	,834**	-		
	Sig. (bilateral)	0,000			
	N	48	48		
C	Correlación de Pearson	,682**	,584**	-	
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000		
	N	48	48	48	
S	Correlación de Pearson	,850**	,802**	,603**	-
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	
	N	48	48	48	48

Como se muestra en la Tabla 31 , todas las variables del test IMMS se correlacionan entre sí.

Tabla 32. Correlación de edad (no normal) con variables cuantitativas del test IMMS enfocado a la co-creación y variables cuantitativas del cuestionario demográfico (Facultat d'Educació i Psicologia)

			Edad	A	R	C	S
Rho de Spearman	Edad	Coeficiente de correlación	1,000	-0,151	-0,101	-,330*	-0,149
		Sig. (bilateral)		0,306	0,495	0,022	0,311
		N	48	48	48	48	48

En la Tabla 32 se observa que, a pesar de que la edad no sigue una distribución normal, sí tiene una correlación con la variable Confianza (C) del test IMMS. A partir de estos resultados, se elabora la Ilustración 121.

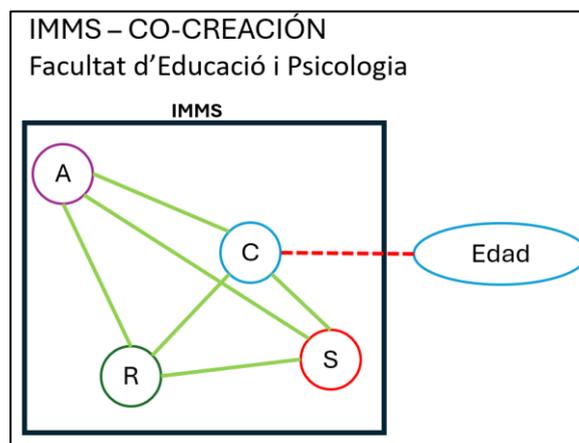


Ilustración 121. Correlación de variables del test IMMS en co-creación y datos demográficos (Facultat d'Educació i Psicologia)

Para la variable cualitativa género, para verificar la varianza entre las variables cuantitativas que siguen una distribución normal del test IMMS (ARCS) se utiliza la prueba ANOVA. Se utiliza esta prueba estadística porque la variable cuenta con tres grupos (me considero chico, me considero chica y no me considero ni chico ni chica) y permite verificar si existen diferencias significativas en los resultados seleccionados según el grupo.

En la Tabla 33 se muestra que la variable cualitativa género presenta una varianza significativa en las variables cuantitativas Atención (A), Confianza (C) y Satisfacción (S) del test IMMS. En la Tabla 34 se presentan los resultados de varianza en relación con el género y el test IMMS.

Tabla 33. ANOVA género con variables del test IMMS en co-creación (Facultat d'Educació i Psicologia)

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
A	Entre grupos	2,776	2	1,388	3,574	0,036
	Dentro de grupos	17,477	45	0,388		
	Total	20,253	47			
R	Entre grupos	2,778	2	1,389	1,968	0,152
	Dentro de grupos	31,765	45	0,706		
	Total	34,543	47			
C	Entre grupos	4,723	2	2,361	4,379	0,018
	Dentro de grupos	24,267	45	0,539		
	Total	28,990	47			
S	Entre grupos	6,068	2	3,034	3,366	0,043
	Dentro de grupos	40,557	45	0,901		
	Total	46,625	47			

Tabla 34. Varianza significativa del género con respecto a las variables del test IMMS en co-creación (Facultat d'Educació i Psicologia)

		N	Media	Desv. estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
A	Me considero chico	12	2,5133	0,67680	0,19538	2,0833	2,9434	1,63	3,88
	Me considero chica	29	3,0838	0,58728	0,10906	2,8604	3,3072	1,63	4,25
	No me considero ni chico ni chica	7	2,9657	0,68076	0,25730	2,3361	3,5953	2,25	4,00
	Total	48	2,9240	0,65644	0,09475	2,7333	3,1146	1,63	4,25
R	Me considero chico	12	2,5558	0,97304	0,28089	1,9376	3,1741	1,00	3,67
	Me considero chica	29	3,0400	0,80587	0,14965	2,7335	3,3465	1,00	4,50
	No me considero ni chico ni chica	7	3,2614	0,72642	0,27456	2,5896	3,9333	2,33	4,17
	Total	48	2,9513	0,85730	0,12374	2,7023	3,2002	1,00	4,50
C	Me considero chico	12	2,5750	0,69541	0,20075	2,1332	3,0168	1,13	3,50
	Me considero chica	29	3,3128	0,76128	0,14137	3,0232	3,6023	1,00	4,50
	No me considero ni chico ni chica	7	2,9657	0,67337	0,25451	2,3429	3,5885	2,00	3,75
	Total	48	3,0777	0,78537	0,11336	2,8497	3,3058	1,00	4,50
S	Me considero chico	12	2,2217	1,18987	0,34349	1,4657	2,9777	1,00	4,17
	Me considero chica	29	3,0000	0,86834	0,16125	2,6697	3,3303	1,33	4,67
	No me considero ni chico ni chica	7	3,1657	0,80324	0,30360	2,4228	3,9086	1,67	4,33
	Total	48	2,8296	0,99600	0,14376	2,5404	3,1188	1,00	4,67

Para la variable cualitativa género, para verificar la varianza con la variable cuantitativa que no sigue una distribución normal (en concreto la edad), se utiliza la prueba H de Kruskal-Wallis (ver Tabla 35). Para este caso, se utiliza esta prueba porque los grupos de esta variable son tres (me considero chico, me considero chica y no me considero ni chico ni chica) y la edad no sigue una distribución normal. El resultado muestra que no hay diferencia significativa de la edad con respecto al género.

Tabla 35. Varianza significativa del género con respecto a variables cuantitativas no normales del test IMMS en co-creación (Facultat d'Educació i Psicologia)

	Edad
H de Kruskal-Wallis	4,015
gl	2
Sig. asin.	0,134

6.1.2. Institut de Sils

Para este experimento solamente se utiliza el test IMMS y no se realiza ningún cuestionario demográfico. Al ser una población de 11 participantes se utiliza la prueba de Shapiro-Wilk para verificar si las variables cuantitativas del test siguen una distribución normal. En la Tabla 36, se muestra el resultado de la prueba, en el que se encuentra que todas las variables cuantitativas siguen una distribución normal.

Tabla 36. Prueba Shapiro-Wilk (SILS)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
A	0,892	11	0,145
R	0,973	11	0,912
C	0,929	11	0,398
S	0,926	11	0,369

Dado que todas las variables cuantitativas del test IMMS siguen una distribución normal, para verificar si hay correlación entre las variables cuantitativas se utiliza la correlación de Pearson. La Tabla 37 muestra que las todas las variables cuantitativas tienen correlación, excepto entre las variables Confianza (C) y Atención (A).

Tabla 37. Correlación de Pearson entre las mismas variables del test IMMS

		A	R	C	S
A	Correlación de Pearson	-			
	Sig. (bilateral)				
	N	11			
R	Correlación de Pearson	,639*	-		
	Sig. (bilateral)	0,034			
	N	11	11		
C	Correlación de Pearson	0,375	,680*	-	
	Sig. (bilateral)	0,256	0,021		
	N	11	11	11	
S	Correlación de Pearson	,651*	,771**	,784**	-
	Sig. (bilateral)	0,030	0,005	0,004	
	N	11	11	11	11

A partir de los resultados obtenidos y de las variables cuantitativas correlacionadas, se elabora la Ilustración 122.

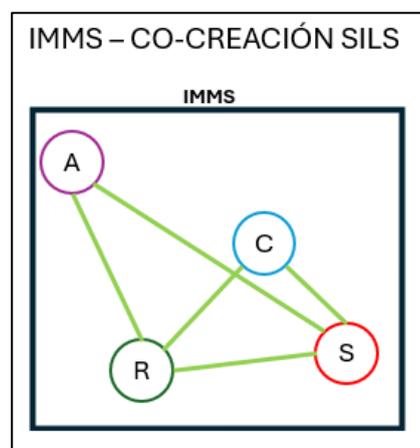


Ilustración 122. Correlación entre las variables del test IMMS en co-creación (SILS)

6.1.3. Pontificia Universidad Javeriana

En este experimento se realiza el test de motivación IMMS y un cuestionario demográfico (género y edad). Al ser la población de 8 usuarios se utiliza la prueba de Shapiro-Wilk para ver si las variables demográficas cuantitativas (edad) y las del test IMMS siguen una distribución normal.

Tabla 38. Prueba Shapiro-Wilk (PUJ)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Edad	0,918	8	0,416
A	0,981	8	0,967
R	0,909	8	0,346
C	0,794	8	0,025
S	0,868	8	0,144

Los resultados indican que las variables cuantitativas que siguen una distribución normal son la edad de los datos demográficos y las variables Atención (A), R (Relevancia) y S (Satisfacción) del test IMMS en co-creación (ver Tabla 38).

Tabla 39. Correlación de la variable demográfica y variables del test IMMS en co-creación (PUJ)

		Edad	A	R	S
Edad	Correlación de Pearson	-			
	Sig. (bilateral)				
	N	8			
A	Correlación de Pearson	-0,636	-		
	Sig. (bilateral)	0,090			
	N	8	8		
R	Correlación de Pearson	-0,400	0,301	-	
	Sig. (bilateral)	0,326	0,470		
	N	8	8	8	
S	Correlación de Pearson	-0,565	,821*	0,706	
	Sig. (bilateral)	0,144	0,012	0,050	
	N	8	8	8	8

Como se muestra en la Tabla 39, las únicas variables que se correlacionan entre sí son la Satisfacción (S) y la Atención (A) del test IMMS.

Para el caso de la variable cuantitativa Confianza (C) que no sigue una distribución normal, se realiza la prueba de correlación Spearman. El resultado de la prueba se muestra en la Tabla 40 donde se encuentra que la variable cuantitativa Confianza (C) no tiene correlación con ninguna otra de las variables cuantitativas del test IMMS ni con las del cuestionario demográfico.

Tabla 40. Correlación de Spearman para la variable C del test IMMS en co-creación (PUJ)

		Edad	A	R	C	S
C	Coeficiente de correlación	-0,267	0,661	0,079	1,000	0,638
	Sig. (bilateral)	0,522	0,075	0,852		0,089
	N	8	8	8	8	8

A partir de los resultados anteriores, se encuentra que la única relación que se tienen entre las variables cuantitativas del test IMMS y la variable cuantitativa del cuestionario demográfico edad es entre la variable cuantitativa atención (A) con la variable cuantitativa satisfacción(S) del test IMMS como se muestra en la Ilustración 123.

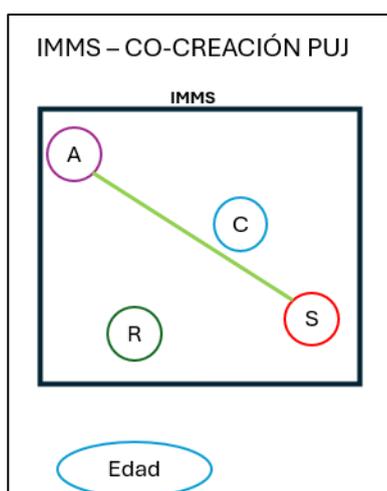


Ilustración 123. Correlación de variables del test IMMS en co-creación y edad (PUJ)

Para la variable cualitativa del cuestionario demográfico llamada género, en los resultados, los usuarios solamente seleccionaron “me considero chico” o “me considero chica”, por lo que para verificar si hay una diferencia significativa entre las variables cuantitativas del test IMMS y la variable cuantitativa del cuestionario demográfico edad se realiza el test t-student. El resultado se muestra en la Tabla 41, donde no hay ninguna diferencia significativa.

Tabla 41. Prueba t-student de las variables del test IMMS con respecto al género

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias							95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Significación		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior	
						P de un factor	P de dos factores					
Edad	a	5,692	0,054	-0,191	6	0,427	0,855	-0,26667	1,39417	-3,67807	3,14474	
	b			-0,147	2,208	0,448	0,895	-0,26667	1,80862	-7,38635	6,85302	
A	a	0,167	0,697	0,024	6	0,491	0,982	0,00867	0,36837	-0,89269	0,91002	
	b			0,026	5,532	0,490	0,980	0,00867	0,33736	-0,83405	0,85138	
R	a	0,010	0,925	-0,652	6	0,269	0,539	-0,27667	0,42448	-1,31533	0,76200	
	b			-0,627	3,858	0,283	0,566	-0,27667	0,44114	-1,51939	0,96605	
S	a	3,187	0,124	-0,238	6	0,410	0,820	-0,07800	0,32732	-0,87891	0,72291	
	b			-0,262	5,616	0,401	0,803	-0,07800	0,29760	-0,81843	0,66243	

a. Se asumen varianzas iguales

b. No se asumen varianzas iguales

Para la variable cuantitativa que no sigue una distribución normal (en concreto la confianza – C) y la variable cualitativa género del cuestionario demográfico se utiliza la prueba de U de Mann Whitney al tener esta variable cualitativa dos grupos (me considero chico y me considero chica). El resultado de la prueba muestra que la variable Confianza (C) no tiene ninguna diferencia significativa con respecto al género (ver Tabla 42).

Tabla 42. Prueba U de Mann-Whitney para la variable del test IMMS con respecto al género (PUJ)

	C
U de Mann-Whitney	6,500
W de Wilcoxon	12,500
Z	-0,302
Sig. asin. (bilateral)	0,763
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,786 ^b

a. Variable de agrupación: Género

6.2. Acceso a los contenidos

En este experimento se realizó en el Museo Santa Clara, participaron 44 usuarios y se ha explicado anteriormente en la sección 5.1.3.2. La duración promedio del experimento fue de 40 minutos. Durante este tiempo, los usuarios instalaron la aplicación, realizaron el reconocimiento de imágenes asociados a 10 elementos patrimoniales del museo, visualizaron los contenidos y completaron los test y cuestionarios mencionados a continuación:

1. **Cuestionario demográfico AC (acceso a los contenidos):** recopila información sobre algunas características de los usuarios, como la edad, el género, el nivel educativo, el nivel de conocimiento sobre el patrimonio cultural y la realidad aumentada, y la frecuencia de uso de la realidad aumentada.
2. **Test ARAM:** evalúa la aceptación tecnológica de Motiv-ARCHE. Evalúa la percepción de los usuarios sobre la facilidad de uso, utilidad y su disposición a adoptar esta tecnología.
3. **Test IMMS:** evalúa la motivación de los usuarios al interactuar con Motiv-ARCHE. Considera factores como atención, relevancia, confianza y satisfacción.
4. **Cuestionario de reconocimiento de imágenes:** evalúa la capacidad de Motiv-ARCHE para reconocer las imágenes activadoras de la realidad aumentada.

En las siguientes subsecciones se describe en detalle el contenido del cuestionario demográfico AC, los resultados obtenidos del experimento y el análisis de las variables de los test y del cuestionario AC usando pruebas estadísticas.

6.2.1. Cuestionario demográfico AC

Este cuestionario tiene como objetivo obtener algunas características de los usuarios, como su edad, su género y su nivel educativo, para verificar si influyen en su motivación hacia el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. El cuestionario está compuesto por 8 preguntas que recogen la siguiente información:

1. **Nivel de conocimiento sobre patrimonio cultural:** conocimiento que el usuario considera que tiene en relación con el patrimonio cultural. Se usa una escala de 1 a 7, donde 1 indica muy poco conocimiento y 7 mucho conocimiento.
2. **Nivel de conocimiento sobre realidad aumentada:** conocimiento que el usuario considera que tiene en relación con la realidad aumentada. También se utiliza una escala de 1 a 7, donde 1 indica muy poco conocimiento y 7 mucho conocimiento.
3. **Experiencia previa con realidad aumentada:** si el usuario ha utilizado aplicaciones de realidad aumentada previamente, con opciones de respuesta "sí" o "no".
4. **Frecuencia de uso de realidad aumentada:** con qué frecuencia el usuario utiliza aplicaciones de realidad aumentada. Solo deben responder quienes hayan respondido "sí" en la pregunta anterior. Se evalúa en una escala de 1 a 7, donde 1 indica rara vez y 7 frecuentemente.
5. **Género:** con el que se identifica el usuario, ofreciendo opciones de "masculino" o "femenino".
6. **Nivel educativo:** nivel de formación alcanzado o en curso. Las opciones incluyen: "cursando primaria/secundaria", "primaria/secundaria", "cursando universitario",

"universitario", "cursando maestría/especialización", "maestría/especialización", "cursando doctorado", y "doctorado".

7. Edad: edad actual del usuario.

8. Comentarios y/o sugerencias: espacio abierto para que el usuario comparta sus opiniones y sugerencias sobre la aplicación.

Este cuestionario permite recopilar datos clave sobre las características demográficas y el conocimiento de los usuarios, con el fin de analizar cómo estas variables pueden influir en su motivación para aprender sobre el patrimonio cultural y natural.

La edad de los usuarios participantes oscila entre los 18 y los 93 años. Aunque la aplicación está dirigida principalmente hacia adolescentes, el experimento se realizó con visitantes del museo de todas las edades para ampliar la muestra y así comparar los resultados entre el público adolescente y el adulto. Para esta investigación, se considera adolescente a una persona de entre 14 y 26 años, y adulto a partir de los 27 años. De los 44 usuarios, 7 mencionaron que no han utilizado aplicaciones de realidad aumentada, mientras que 37 sí las han utilizado.

La Ilustración 124 muestra el número de usuarios según su nivel de conocimiento sobre el patrimonio cultural.

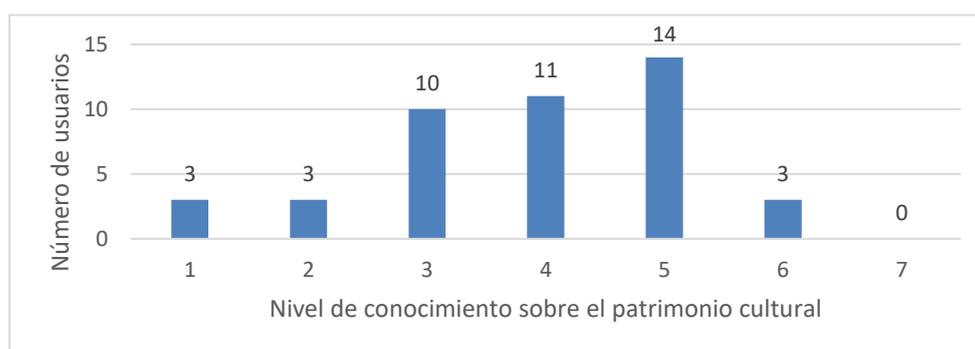


Ilustración 124. Número de usuarios según nivel de conocimiento sobre el patrimonio cultural

La Ilustración 125 muestra el número de usuarios según su nivel de conocimiento sobre la realidad aumentada.

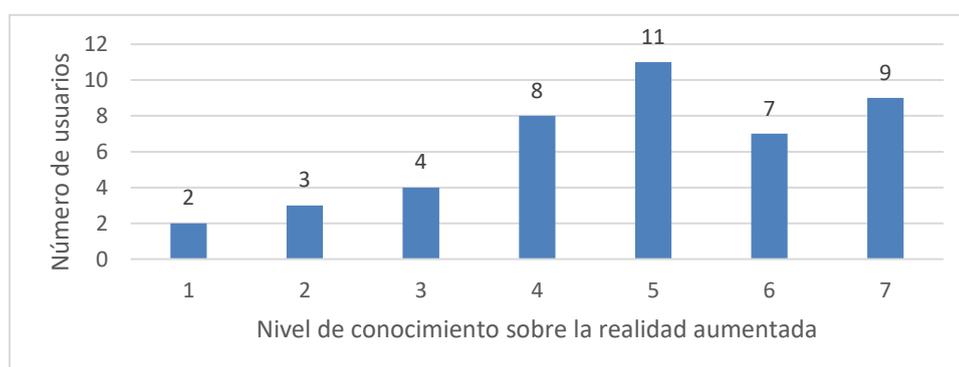


Ilustración 125. Número de usuarios según el nivel de conocimiento sobre la realidad aumentada

La Ilustración 126 muestra el número de usuarios según la frecuencia con la que utilizan la realidad aumentada.

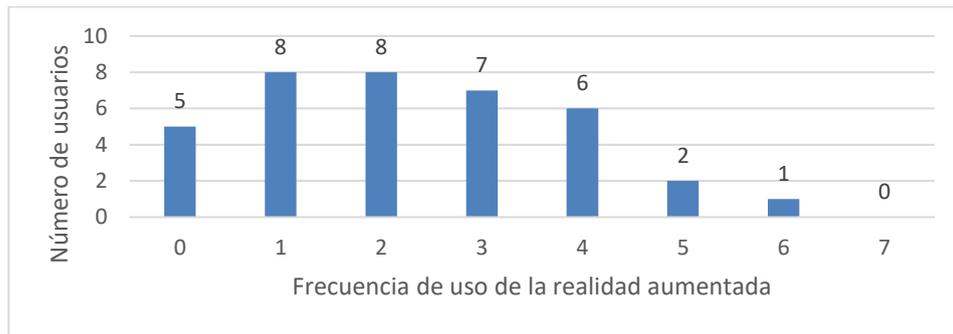


Ilustración 126. Número de usuarios según la frecuencia de uso de la realidad aumentada

La Ilustración 127 muestra el número de usuarios según su género.

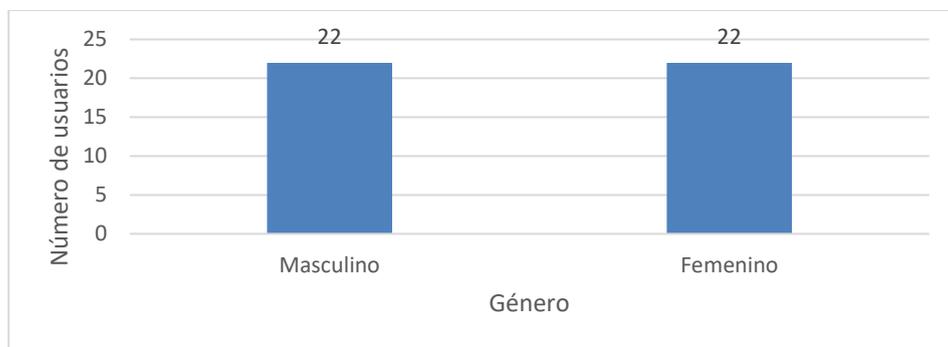


Ilustración 127. Número de usuarios según el género

La Ilustración 128 muestra el número de usuarios según su nivel educativo.

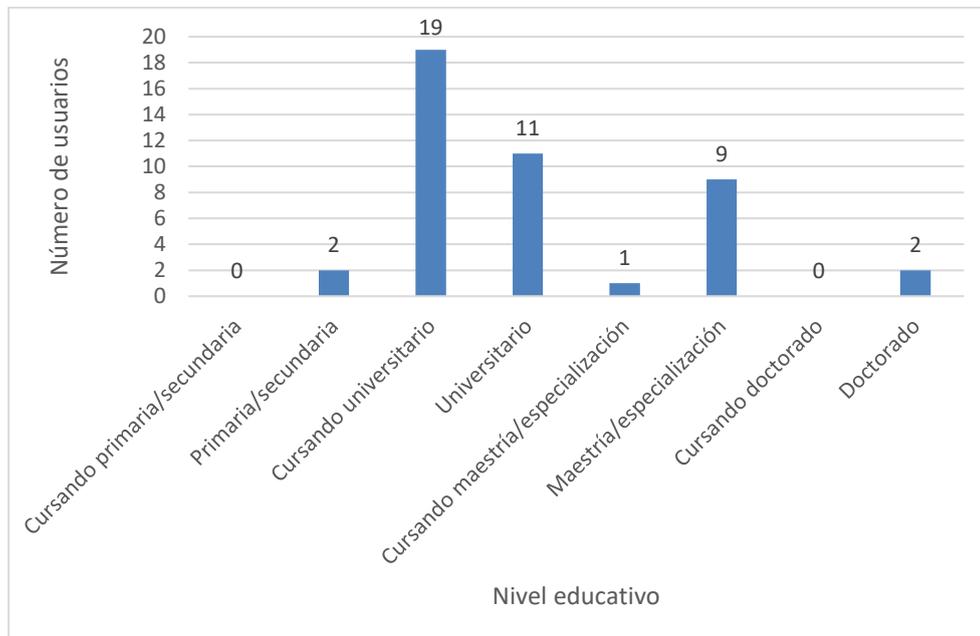


Ilustración 128. Número de usuarios según el nivel educativo

La Ilustración 129 muestra el número de usuarios según su edad.

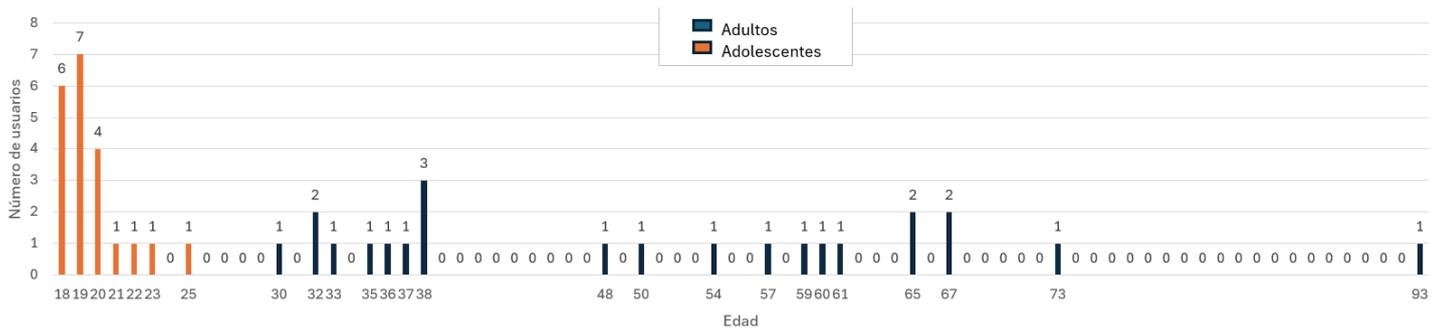


Ilustración 129. Número de usuarios según la edad

En la subsección 6.2.4 se utilizan estas variables demográficas para verificar si afectan la motivación para aprender sobre el patrimonio cultural y natural, así como su relación con la aceptación del uso de la aplicación.

6.2.2. Test de aceptación tecnológica

Para evaluar la aceptación tecnológica, se utilizó el test ARAM, que tal como he mencionado anteriormente está enfocado en el uso de la realidad aumentada en sitios patrimoniales (ver sección 4.4.1). Las preguntas del test fueron adaptadas para abarcar elementos patrimoniales en general, ya que el test original se centra en sitios arqueológicos. No obstante, se mantuvo el número de preguntas y el método de evaluación original.

Para el test de aceptación tecnológica, el resultado promedio obtenido en cada una de las variables se muestra en la Ilustración 130. A partir de la gráfica, se observa que el puntaje de cada variable es positivo, con valores que oscilan entre 5.27 y 6.36, excepto la variable CA con un valor de 2.23, que mide el miedo o temor de utilizar un nuevo sistema tecnológico. Por lo tanto, a menor valor de esta variable, el resultado es más favorable. Esto demuestra que los usuarios aceptan esta tecnología para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. Sin embargo, para obtener resultados más precisos, se han analizado los resultados para ver cómo están relacionadas estas variables (ver sección 6.2.4).

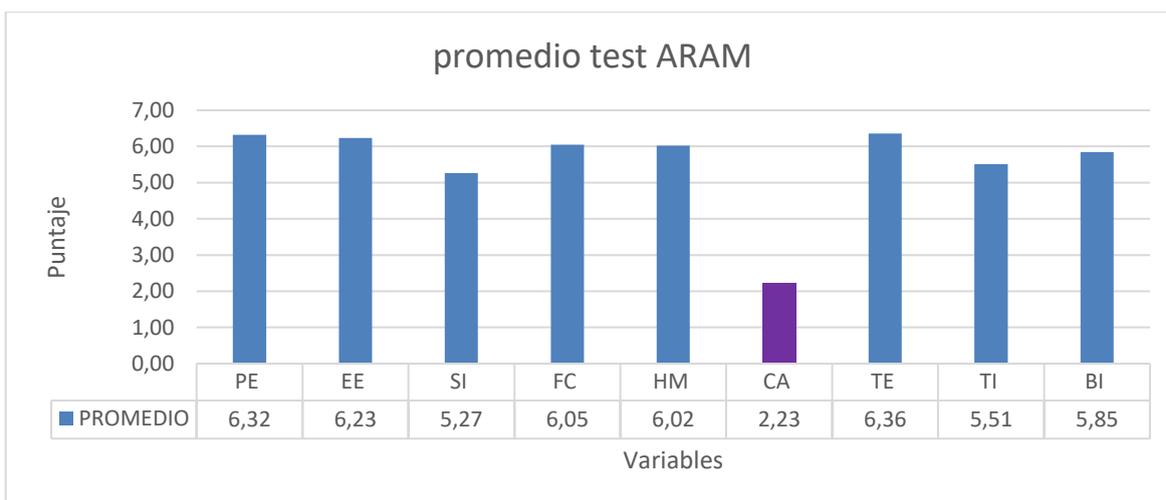


Ilustración 130. Resultados test ARAM

6.2.3. Test de motivación

Para evaluar la motivación, se empleó el test IMMS, que es uno de los más utilizados en los trabajos analizados para medir la motivación. Al igual que con el test anterior, se adaptaron las preguntas del IMMS para enfocar la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. Para este test se utilizó una escala Likert de 1 a 7.

Para el test de motivación, el resultado promedio obtenido para cada una de las variables se muestra en la Ilustración 131. A partir de la gráfica, al igual que el test anterior, los resultados de las variables fueron positivos con valores que oscilan entre 5.9 y 6.15. Esto demuestra que los usuarios sienten motivación en aprender sobre el patrimonio cultural y natural. No obstante, para obtener resultados más precisos, se han analizado los resultados para deducir cómo están relacionadas estas variables (ver sección 6.2.4).

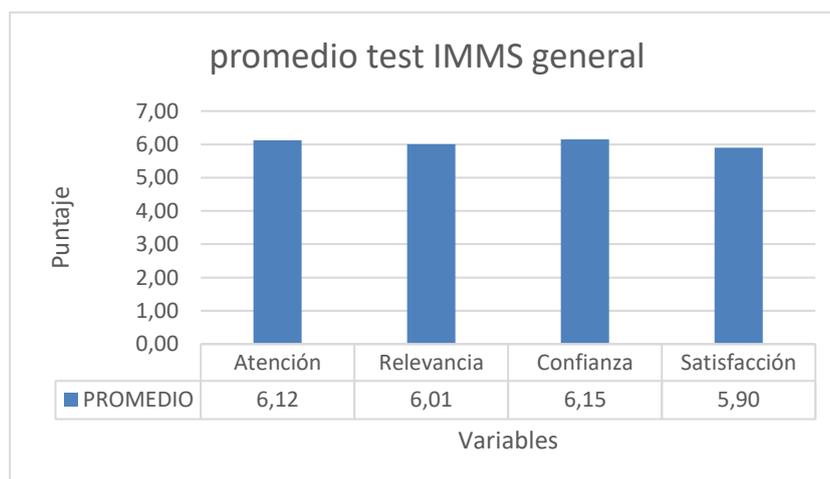


Ilustración 131. Resultados test IMMS

6.2.4. Correlación de las variables

Los resultados obtenidos del cuestionario demográfico AC, del test de aceptación tecnológica ARAM y del test de motivación IMMS se analizan con el programa estadístico SPSS para identificar diferencias significativas de las variables cualitativas con las cuantitativas y las relaciones entre las variables cuantitativas. En la Tabla 43 se muestran las variables del cuestionario demográfico AC y de los test ARAM e IMMS.

Tabla 43. Variables para el experimento Museo Santa Clara

Cuestionario /test	Acrónimo	Variables	Tipo de variable
Cuestionario demográfico AC	C_P	Nivel de conocimiento sobre el patrimonio cultural	Cuantitativa
	C_RA	Nivel de conocimiento sobre la realidad aumentada	Cuantitativa
	Fre_us	Frecuencia de uso de la realidad aumentada	Cuantitativa
	Género	Género	Cualitativa
	Edad	Edad	Cuantitativa
	Niv_educativo	Nivel educativo	Cualitativa
ARAM	PE	Expectativa de desempeño	Cuantitativa
	EE	Expectativa de esfuerzo	Cuantitativa
	SI	Influencia social	Cuantitativa
	FC	Condición facilitadora	Cuantitativa
	CA	Ansiedad informática	Cuantitativa
	HM	Motivación hedónica	Cuantitativa
	TE	Expectativa de confianza	Cuantitativa
	TI	Innovación tecnológica	Cuantitativa
	BI	Intención de comportamiento	Cuantitativa
IMMS	A	Atención	Cuantitativa
	R	Relevancia	Cuantitativa
	C	Confianza	Cuantitativa
	S	Satisfacción	Cuantitativa

Para determinar si las variables tienen algún tipo de relación, primero es necesario evaluar si los resultados tienen una distribución normal. Al ser una población de 44 usuarios, se ejecuta la prueba de Shapiro-Wilk (ver Tabla 26). De los resultados se obtiene que ninguna de las variables cuantitativas tiene una distribución normal.

Tabla 44. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (Museo Santa Clara)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
A (IMMS)	0,842	44	0,000
R (IMMS)	0,846	44	0,000
C (IMMS)	0,836	44	0,000
S (IMMS)	0,855	44	0,000
PE (ARAM)	0,850	44	0,000
EE (ARAM)	0,796	44	0,000
SI (ARAM)	0,879	44	0,000
FC (ARAM)	0,907	44	0,002
HM (ARAM)	0,746	44	0,000
CA (ARAM)	0,743	44	0,000
TE (ARAM)	0,799	44	0,000
TI (ARAM)	0,908	44	0,002
BI (ARAM)	0,805	44	0,000
Edad (demográfico)	0,837	44	0,000
C_RA (demográfico)	0,922	44	0,006
C_P (demográfico)	0,912	44	0,003
Fre_us (demográfico)	0,947	44	0,042

Para verificar si existen diferencias significativas según la edad de los usuarios, estos se han dividido en dos grupos (adolescentes y adultos). En este estudio, se considera adolescente a cualquier persona entre 14 y 26 años, y adulto a aquellos de 27 años en adelante. En los siguientes apartados se presenta inicialmente los resultados de una prueba de correlación considerando los 44 usuarios (población general) y posteriormente los resultados cuando se han considerado por separado los 21 usuarios adolescentes (población adolescente) y los 23 usuarios adultos (población adulta).

6.2.4.1. Correlación entre variables cuantitativas con cuantitativas

En esta sección se realizan las pruebas estadísticas para las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC (C_RA, C_P, Edad y Fre_us) y de los test ARAM e IMMS. En las tablas siguientes, los resultados con letra en color rojo indican la existencia de una correlación con la variable correspondiente. Si la correlación es positiva, indica una relación directa, es decir, cuando una variable aumenta, la otra también lo hace. Por el contrario, una correlación negativa implica una relación inversa, donde el aumento de una variable conlleva la disminución de la otra.

A. Población general

Al obtener que las variables cuantitativas de los test IMMS y ARAM y del cuestionario demográfico AC no siguen una distribución normal se utiliza la prueba de Spearman (ver Tabla 27). Para visualizar mejor los resultados de las correlaciones de las variables cuantitativas, los resultados se muestran en seis (6) tablas.

La Tabla 45 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del test IMMS.

Tabla 45. Correlación entre variables del mismo test IMMS (general)

		A	R	C	S
A	Coeficiente de correlación	--			
	Sig. (bilateral)				
	N	44			
R	Coeficiente de correlación	,717**	--		
	Sig. (bilateral)	0,000			
	N	44	44		
C	Coeficiente de correlación	,595**	,783**	--	
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000		
	N	44	44	44	
S	Coeficiente de correlación	,761**	,807**	,684**	--
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	
	N	44	44	44	44

La Tabla 46 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del test ARAM.

Tabla 46. Correlación entre variables del mismo test ARAM (general)

		PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
PE	Coeficiente de correlación	--								
	Sig. (bilateral)									
	N	44								
EE	Coeficiente de correlación	0,291	--							
	Sig. (bilateral)	0,055								
	N	44	44							
SI	Coeficiente de correlación	,562**	0,047	--						
	Sig. (bilateral)	0,000	0,759							
	N	44	44	44						
FC	Coeficiente de correlación	0,211	,600**	0,161	--					
	Sig. (bilateral)	0,170	0,000	0,296						
	N	44	44	44	44					
HM	Coeficiente de correlación	,525**	,463**	0,251	,476**	--				
	Sig. (bilateral)	0,000	0,002	0,100	0,001					
	N	44	44	44	44	44				
CA	Coeficiente de correlación	0,230	-0,196	0,265	-0,224	-0,133	--			
	Sig. (bilateral)	0,133	0,203	0,083	0,143	0,390				
	N	44	44	44	44	44	44			
TE	Coeficiente de correlación	,594**	,335*	0,177	0,269	0,289	-0,016	--		
	Sig. (bilateral)	0,000	0,026	0,249	0,078	0,057	0,920			
	N	44	44	44	44	44	44	44		
TI	Coeficiente de correlación	-0,068	-0,060	-0,130	-0,114	0,026	-0,045	-0,045	--	
	Sig. (bilateral)	0,662	0,700	0,402	0,463	0,869	0,770	0,771		
	N	44	44	44	44	44	44	44	44	
BI	Coeficiente de correlación	,829**	0,239	,487**	0,123	,593**	0,214	,443**	-0,043	--
	Sig. (bilateral)	0,000	0,118	0,001	0,428	0,000	0,164	0,003	0,780	
	N	44	44	44	44	44	44	44	44	44

La Tabla 47 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas dentro del mismo cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada).

Tabla 47. Correlación de variables entre el mismo cuestionario demográfico AC

		Edad	C_RA	C_P	Fre_us
Edad	Coeficiente de correlación	--			
	Sig. (bilateral)				
	N	44			
C_RA	Coeficiente de correlación	-,538**	--		
	Sig. (bilateral)	0,000			
	N	44	44		
C_P	Coeficiente de correlación	-0,069	0,252	--	
	Sig. (bilateral)	0,656	0,099		
	N	44	44	44	
Fre_us	Coeficiente de correlación	-0,279	,566**	0,189	--
	Sig. (bilateral)	0,067	0,000	0,220	
	N	44	44	44	44

La Tabla 48 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas de los test IMMS y ARAM.

Tabla 48. Correlación entre las variables del test IMMS y el test ARAM (general)

		PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
A	Coeficiente de correlación	,658**	0,253	,305*	0,034	,440**	0,293	0,198	0,067	,729**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,098	0,044	0,829	0,003	0,053	0,198	0,667	0,000
	N	44	44	44	44	44	44	44	44	44
R	Coeficiente de correlación	,575**	,409**	0,223	0,183	,472**	-0,051	0,223	0,075	,560**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,006	0,146	0,235	0,001	0,744	0,147	0,630	0,000
	N	44	44	44	44	44	44	44	44	44
C	Coeficiente de correlación	,494**	,499**	0,218	,311*	,472**	-0,198	0,271	0,081	,408**
	Sig. (bilateral)	0,001	0,001	0,156	0,040	0,001	0,197	0,075	0,601	0,006
	N	44	44	44	44	44	44	44	44	44
S	Coeficiente de correlación	,510**	0,226	0,205	0,043	,413**	-0,011	0,052	0,048	,566**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,140	0,182	0,780	0,005	0,942	0,736	0,758	0,000
	N	44	44	44	44	44	44	44	44	44

La Tabla 49 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del test IMMS y del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada).

Tabla 49. Correlación entre las variables del test IMMS y del cuestionario demográfico AC (general)

		Edad	C_RA	C_P	Fre_us
A	Coeficiente de correlación	,438**	-0,199	0,200	-0,138
	Sig. (bilateral)	0,003	0,195	0,194	0,370
	N	44	44	44	44
R	Coeficiente de correlación	,340*	0,075	,346*	0,102
	Sig. (bilateral)	0,024	0,628	0,021	0,510
	N	44	44	44	44
C	Coeficiente de correlación	0,149	0,225	,385**	0,072
	Sig. (bilateral)	0,335	0,142	0,010	0,642
	N	44	44	44	44
S	Coeficiente de correlación	,337*	-0,026	,317*	0,063
	Sig. (bilateral)	0,025	0,864	0,036	0,686
	N	44	44	44	44

La Tabla 50 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada).

Tabla 50. Correlación entre las variables del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (general)

		Edad	C_RA	C_P	Fre_us
PE	Coeficiente de correlación	,588**	-0,276	0,085	-0,101
	Sig. (bilateral)	0,000	0,070	0,585	0,516
	N	44	44	44	44
EE	Coeficiente de correlación	0,004	0,285	,328*	0,193
	Sig. (bilateral)	0,981	0,061	0,030	0,210
	N	44	44	44	44
SI	Coeficiente de correlación	,494**	-0,149	0,116	-0,079
	Sig. (bilateral)	0,001	0,336	0,453	0,608
	N	44	44	44	44
FC	Coeficiente de correlación	-0,021	,318*	0,202	0,210
	Sig. (bilateral)	0,893	0,035	0,189	0,172
	N	44	44	44	44
HM	Coeficiente de correlación	0,109	0,080	0,062	0,212
	Sig. (bilateral)	0,482	0,604	0,689	0,166
	N	44	44	44	44
CA	Coeficiente de correlación	,476**	-,575**	0,040	-,368*
	Sig. (bilateral)	0,001	0,000	0,795	0,014
	N	44	44	44	44
TE	Coeficiente de correlación	,370*	-0,177	-0,246	-0,156
	Sig. (bilateral)	0,013	0,250	0,107	0,312
	N	44	44	44	44
TI	Coeficiente de correlación	0,004	-0,090	-0,079	-0,037
	Sig. (bilateral)	0,978	0,560	0,609	0,810
	N	44	44	44	44
BI	Coeficiente de correlación	,558**	-,298*	0,124	-0,093
	Sig. (bilateral)	0,000	0,049	0,423	0,549
	N	44	44	44	44

B. Población adolescente

En este caso se presentan los resultados considerando únicamente los 21 usuarios adolescentes. Como las variables cuantitativas del test IMMS y ARAM y del cuestionario demográfico AC no siguen una distribución normal se utiliza la prueba de Spearman. Para visualizar mejor las correlaciones de las variables cuantitativas se muestran los resultados en seis (6) tablas.

La Tabla 51 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del test IMMS.

Tabla 51. Correlación entre las variables del test IMMS (adolescentes)

		A	R	C	S
A	Coeficiente de correlación	1,000			
	Sig. (bilateral)				
	N	21			
R	Coeficiente de correlación	,844**			
	Sig. (bilateral)	0,000			
	N	21	21		
C	Coeficiente de correlación	,628**	,739**		
	Sig. (bilateral)	0,002	0,000		
	N	21	21	21	
S	Coeficiente de correlación	,863**	,764**	,494*	
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,023	
	N	21	21	21	21

La Tabla 52 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del test ARAM.

Tabla 52. Correlación entre las variables del test ARAM (adolescentes)

		PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
PE	Coeficiente de correlación									
	Sig. (bilateral)									
	N	21								
EE	Coeficiente de correlación	0,338								
	Sig. (bilateral)	0,134								
	N	21	21							
SI	Coeficiente de correlación	0,347	-0,256							
	Sig. (bilateral)	0,124	0,263							
	N	21	21	21						
FC	Coeficiente de correlación	0,198	,479*	0,226						
	Sig. (bilateral)	0,390	0,028	0,325						
	N	21	21	21	21					
HM	Coeficiente de correlación	,582**	,481*	0,041	,544*					
	Sig. (bilateral)	0,006	0,027	0,860	0,011					
	N	21	21	21	21	21				
CA	Coeficiente de correlación	0,119	-0,324	-0,014	-0,168	0,162				
	Sig. (bilateral)	0,607	0,152	0,951	0,466	0,483				
	N	21	21	21	21	21	21			
TE	Coeficiente de correlación	0,247	0,205	-0,068	0,121	0,269	-0,233			
	Sig. (bilateral)	0,281	0,372	0,771	0,601	0,239	0,310			
	N	21	21	21	21	21	21	21		
TI	Coeficiente de correlación	0,159	0,184	-0,232	0,029	0,344	0,029	0,158		
	Sig. (bilateral)	0,492	0,424	0,312	0,902	0,126	0,900	0,495		
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	
BI	Coeficiente de correlación	,584**	0,173	0,060	0,012	,655**	0,123	0,252	0,153	
	Sig. (bilateral)	0,005	0,453	0,795	0,959	0,001	0,594	0,270	0,507	
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21

La Tabla 53 presenta las correlaciones cuantitativas entre las variables dentro del mismo cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada).

Tabla 53. Correlación entre las variables del cuestionario demográfico AC (adolescentes)

		Edad	C_RA	C_P	Fre_us
Edad	Coeficiente de correlación				
	Sig. (bilateral)				
	N	21			
C_RA	Coeficiente de correlación	-0,131			
	Sig. (bilateral)	0,573			
	N	21	21		
C_P	Coeficiente de correlación	0,139	0,144		
	Sig. (bilateral)	0,549	0,533		
	N	21	21	21	
Fre_us	Coeficiente de correlación	0,132	0,145	0,369	
	Sig. (bilateral)	0,570	0,530	0,099	
	N	21	21	21	21

La Tabla 54 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) y el test ARAM.

Tabla 54. Correlación entre las variables del cuestionario demográfico AC y el test ARAM (adolescentes)

		PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
Edad	Coeficiente de correlación	-0,081	-0,052	0,084	-0,217	-0,271	-0,053	-0,031	0,116	-0,204
	Sig. (bilateral)	0,727	0,823	0,719	0,344	0,235	0,820	0,895	0,616	0,375
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21
C_RA	Coeficiente de correlación	-0,329	0,412	-0,172	0,273	0,001	-0,349	-0,036	-0,209	-0,281
	Sig. (bilateral)	0,145	0,064	0,456	0,232	0,995	0,121	0,877	0,364	0,217
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21
C_P	Coeficiente de correlación	0,362	0,347	0,241	0,030	0,191	0,293	-0,348	-0,092	0,151
	Sig. (bilateral)	0,107	0,124	0,293	0,896	0,406	0,198	0,123	0,691	0,512
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Fre_us	Coeficiente de correlación	-0,247	0,058	0,076	-0,048	-0,049	0,302	-,500*	-0,094	-0,218
	Sig. (bilateral)	0,280	0,803	0,743	0,838	0,834	0,184	0,021	0,686	0,343
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21

La Tabla 55 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) y test IMMS.

Tabla 55. Correlación entre las variables del cuestionario demográfico AC y el test IMMS (adolescentes)

		A	R	C	S
Edad	Coeficiente de correlación	-0,050	0,121	-0,029	-0,125
	Sig. (bilateral)	0,828	0,602	0,902	0,590
	N	21	21	21	21
C_RA	Coeficiente de correlación	-0,139	0,025	0,186	-0,174
	Sig. (bilateral)	0,547	0,916	0,418	0,452
	N	21	21	21	21
C_P	Coeficiente de correlación	0,328	0,335	0,316	0,370
	Sig. (bilateral)	0,146	0,138	0,163	0,099
	N	21	21	21	21
Fre_us	Coeficiente de correlación	0,038	0,025	-0,197	0,197
	Sig. (bilateral)	0,870	0,913	0,392	0,391
	N	21	21	21	21

La Tabla 56 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas de los test ARAM e IMMS.

Tabla 56. Correlación entre las variables del test ARAM e IMMS (adolescentes)

		A	R	C	S
PE	Coeficiente de correlación	,485*	,497*	,511*	0,326
	Sig. (bilateral)	0,026	0,022	0,018	0,150
	N	21	21	21	21
EE	Coeficiente de correlación	,440*	,638**	,727**	0,406
	Sig. (bilateral)	0,046	0,002	0,000	0,068
	N	21	21	21	21
SI	Coeficiente de correlación	-0,192	-0,107	-0,028	-0,181
	Sig. (bilateral)	0,404	0,643	0,905	0,433
	N	21	21	21	21
FC	Coeficiente de correlación	-0,144	-0,091	0,222	-0,258
	Sig. (bilateral)	0,533	0,695	0,333	0,258
	N	21	21	21	21
HM	Coeficiente de correlación	,451*	0,341	0,353	0,230
	Sig. (bilateral)	0,040	0,130	0,116	0,316
	N	21	21	21	21
CA	Coeficiente de correlación	0,184	-0,169	-0,213	0,043
	Sig. (bilateral)	0,425	0,465	0,355	0,853
	N	21	21	21	21

		A	R	C	S
TE	Coefficiente de correlación	0,023	0,163	0,351	-0,185
	Sig. (bilateral)	0,923	0,479	0,119	0,422
	N	21	21	21	21
TI	Coefficiente de correlación	0,256	0,225	0,159	0,144
	Sig. (bilateral)	0,263	0,328	0,491	0,535
	N	21	21	21	21
BI	Coefficiente de correlación	,494*	0,425	0,195	0,407
	Sig. (bilateral)	0,023	0,055	0,396	0,067
	N	21	21	21	21

C. Población adulta

En este caso se presentan los resultados considerando únicamente los 23 usuarios adultos. Como las variables cuantitativas de los test IMMS y ARAM y del cuestionario demográfico AC no siguen una distribución normal se utiliza la prueba de Spearman. Para visualizar mejor las correlaciones de las variables cuantitativas se muestran los resultados en seis (6) tablas:

La Tabla 57 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del test IMMS.

Tabla 57. Correlación entre las variables del test IMMS (adultos)

		A	R	C	S
A	Coefficiente de correlación				
	Sig. (bilateral)				
	N	23			
R	Coefficiente de correlación	,440*			
	Sig. (bilateral)	0,036			
	N	23	23		
C	Coefficiente de correlación	0,405	,797**		
	Sig. (bilateral)	0,055	0,000		
	N	23	23	23	
S	Coefficiente de correlación	,459*	,685**	,789**	
	Sig. (bilateral)	0,028	0,000	0,000	
	N	23	23	23	23

La Tabla 58 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del test ARAM.

Tabla 58. Correlaciones entre las variables del test ARAM (adultos)

		PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
PE	Coefficiente de correlación									
	Sig. (bilateral)									
	N	23								
EE	Coefficiente de correlación	,444*								
	Sig. (bilateral)	0,034								
	N	23	23							
SI	Coefficiente de correlación	0,395	0,381							
	Sig. (bilateral)	0,062	0,073							
	N	23	23	23						
FC	Coefficiente de correlación	0,354	,724**	0,253						
	Sig. (bilateral)	0,098	0,000	0,243						
	N	23	23	23	23					
HM	Coefficiente de correlación	0,308534	,522*	0,248	,611**					
	Sig. (bilateral)	0,152	0,011	0,254	0,002					
	N	23	23	23	23	23				
CA	Coefficiente de correlación	0,018	-0,099	0,189	-0,221	-,467*				
	Sig. (bilateral)	0,933	0,653	0,388	0,310	0,025				
	N	23	23	23	23	23	23			
TE	Coefficiente de correlación	,730**	,491*	0,137	,431*	0,190	-0,138			
	Sig. (bilateral)	0,000	0,017	0,533	0,040	0,384	0,530			
	N	23	23	23	23	23	23	23		

		PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
TI	Coeficiente de correlación	-,506*	-0,328	-0,201	-0,230	-0,331	-0,133	-0,354		
	Sig. (bilateral)	0,014	0,127	0,359	0,292	0,123	0,545	0,097		
	N	23	23	23	23	23	23	23	23	
BI	Coeficiente de correlación	,742**	,427*	0,335	0,330	0,409755	-0,005	,527**	-,425*	
	Sig. (bilateral)	0,000	0,042	0,118	0,124	0,052	0,981	0,010	0,043	
	N	23	23	23	23	23	23	23	23	23

La Tabla 59 presenta las correlaciones cuantitativas entre las variables dentro del mismo cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada).

Tabla 59. Correlaciones entre las variables del cuestionario demográfico AC (adultos)

		Edad	C_RA	C_P	Fre_us
Edad	Coeficiente de correlación				
	Sig. (bilateral)				
	N	23			
C_RA	Coeficiente de correlación	-0,408			
	Sig. (bilateral)	0,053			
	N	23	23		
C_P	Coeficiente de correlación	0,193	0,296		
	Sig. (bilateral)	0,377	0,170		
	N	23	23	23	
Fre_us	Coeficiente de correlación	-,459*	,799**	0,012	
	Sig. (bilateral)	0,028	0,000	0,955	
	N	23	23	23	23

La Tabla 60 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) y el test ARAM.

Tabla 60. Correlaciones entre las variables del cuestionario demográfico AC y el test ARAM (adultos)

		PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
Edad	Coeficiente de correlación	0,308	0,173	0,380	0,140	-0,172	,609**	0,134	-0,367	0,346
	Sig. (bilateral)	0,153	0,429	0,074	0,525	0,433	0,002	0,541	0,085	0,106
	N	23	23	23	23	23	23	23	23	23
C_RA	Coeficiente de correlación	0,200	0,265	0,178	,439*	,491*	-,574**	0,082	0,106	0,139
	Sig. (bilateral)	0,361	0,222	0,416	0,036	0,017	0,004	0,709	0,630	0,529
	N	23	23	23	23	23	23	23	23	23
C_P	Coeficiente de correlación	0,126	0,321	0,204	0,362	0,066	0,002	-0,074	-0,062	0,286
	Sig. (bilateral)	0,566	0,135	0,351	0,090	0,764	0,993	0,738	0,779	0,186
	N	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Fre_us	Coeficiente de correlación	0,153	0,314	-0,048	0,411	,548**	-,677**	0,237	0,039	0,199
	Sig. (bilateral)	0,485	0,145	0,827	0,051	0,007	0,000	0,275	0,858	0,362
	N	23	23	23	23	23	23	23	23	23

La Tabla 61 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) y test IMMS.

Tabla 61. Correlaciones entre las variables del cuestionario demográfico AC y del test IMMS (adultos)

		A	R	C	S
Edad	Coeficiente de correlación	,443*	0,020	-0,208	-0,032
	Sig. (bilateral)	0,034	0,929	0,342	0,885
	N	23	23	23	23
C_RA	Coeficiente de correlación	0,041	,559**	,671**	,509*
	Sig. (bilateral)	0,852	0,006	0,000	0,013
	N	23	23	23	23
C_P	Coeficiente de correlación	0,350	,570**	,555**	,446*
	Sig. (bilateral)	0,102	0,005	0,006	0,033
	N	23	23	23	23
Fre_us	Coeficiente de correlación	-0,172	0,293	0,404	0,178
	Sig. (bilateral)	0,432	0,175	0,056	0,417
	N	23	23	23	23

La Tabla 62 presenta las correlaciones entre las variables cuantitativas de los test ARAM e IMMS.

Tabla 62. Correlaciones entre el test ARAM e IMMS (adultos)

		A	R	C	S
PE	Coeficiente de correlación	,549**	0,355	0,294	0,305
	Sig. (bilateral)	0,007	0,096	0,173	0,157
	N	23	23	23	23
EE	Coeficiente de correlación	0,107	0,233	0,294	0,051
	Sig. (bilateral)	0,628	0,284	0,173	0,817
	N	23	23	23	23
SI	Coeficiente de correlación	0,385	0,161	0,289	0,099
	Sig. (bilateral)	0,070	0,463	0,180	0,653
	N	23	23	23	23
FC	Coeficiente de correlación	0,218	,511*	,451*	0,337
	Sig. (bilateral)	0,318	0,013	0,031	0,116
	N	23	23	23	23
HM	Coeficiente de correlación	0,184	0,409	,470*	0,397
	Sig. (bilateral)	0,401	0,052	0,024	0,061
	N	23	23	23	23
CA	Coeficiente de correlación	0,281	-0,220	-,416*	-0,398
	Sig. (bilateral)	0,195	0,313	0,048	0,060
	N	23	23	23	23
TE	Coeficiente de correlación	0,195	0,077	0,051	0,005425
	Sig. (bilateral)	0,373	0,726	0,817	0,980
	N	23	23	23	23
TI	Coeficiente de correlación	-0,298	-0,218	-0,103	-0,152
	Sig. (bilateral)	0,168	0,318	0,641	0,489
	N	23	23	23	23
BI	Coeficiente de correlación	,624**	0,288	0,268	0,178
	Sig. (bilateral)	0,001	0,183	0,216	0,417
	N	23	23	23	23

- **Resultados:**

A partir de los resultados obtenidos de las correlaciones de las variables para cada caso considerado (A. general, B. adolescentes y C. adultos) se realiza un diagrama para mostrar las variables que se encuentran correlacionadas. La notación que se utiliza para el diagrama es que una línea verde gruesa y continua representa la existencia de correlación directa (si una variable aumenta, la otra aumenta) de las variables cuantitativas dentro del mismo test o cuestionario, mientras que una línea verde gruesa y discontinua representa una correlación directa con una variable de otro test o cuestionario. Las relaciones inversas (si una variable aumenta, la otra disminuye) se representan en rojo: con una línea gruesa y continua para relaciones de las variables cuantitativas dentro del mismo test o cuestionario, y una línea gruesa y discontinua para las relaciones de las variables cuantitativas con variables de otro test o cuestionario. En el caso del

ARAM, se incluye el número de las hipótesis planteadas por los autores del test, mencionadas en la sección 4.4.1, que se cumplen en cada experimento (ver Ilustración 132).

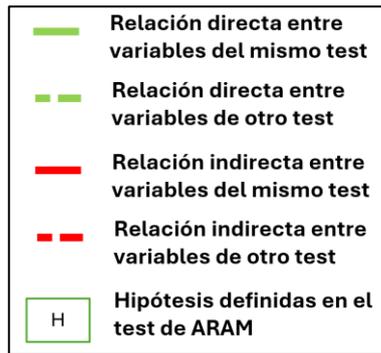


Ilustración 132. Notación diagramas de correlación de variables

En la Ilustración 133 se muestra la correlación de las variables cuantitativas del test IMMS, ARAM y cuestionario demográfico AC para los 44 usuarios (población general).

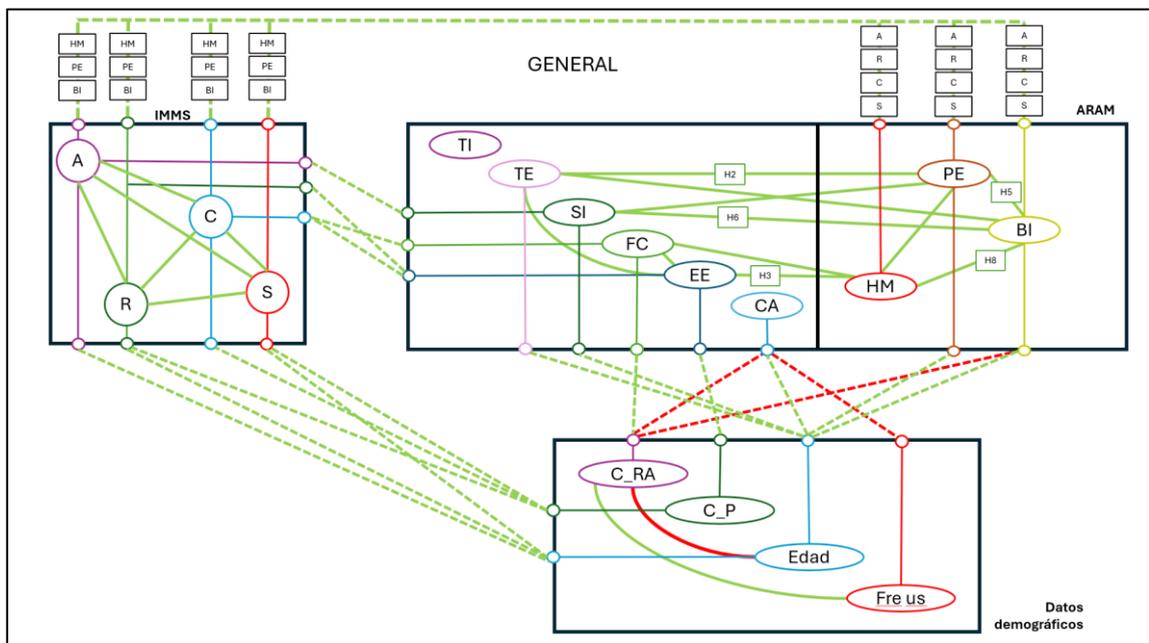


Ilustración 133. Correlación de variables cuantitativas con cuantitativas de los test y cuestionario (general)

De las correlaciones obtenidas para la población general. En el test IMMS todas las variables de este test (atención, relevancia, confianza y satisfacción) están correlacionadas entre sí.

En cuanto al test ARAM las variables como la expectativa de confianza, la influencia social, la condición facilitadora, la expectativa de esfuerzo, la motivación hedónica, la expectativa de desempeño y la intención de comportamiento se encuentran correlacionadas.

En el cuestionario demográfico AC la variable conocimiento sobre la realidad aumentada está correlacionada con la edad del usuario y con la frecuencia de uso de este tipo de aplicaciones.

Las variables conocimiento sobre el patrimonio cultural y la edad del cuestionario demográfico AC están correlacionadas con algunas de las variables del test IMMS.

Todas las variables del test IMMS están correlacionadas con las variables motivación hedónica, expectativa de desempeño e intención de comportamiento. Además, las variables del test IMMS (excepto la satisfacción) están correlacionadas con las variables influencia social, condición facilitadora y expectativa de esfuerzo del test ARAM.

Finalmente, la edad del cuestionario demográfico AC está correlacionado con las variables expectativa de confianza, influencia social, condición facilitadora, ansiedad informática, expectativa de desempeño e intención de comportamiento del test ARAM. Además, los usuarios con valores más bajos para el conocimiento sobre la realidad aumentada y la frecuencia de uso presentan una mayor ansiedad informática y por consiguiente una menor intención de usar la aplicación en el futuro.

En la Ilustración 134 se muestra la correlación de las variables cuantitativas del test IMMS, ARAM y cuestionario demográfico AC para la población B-adolescente.

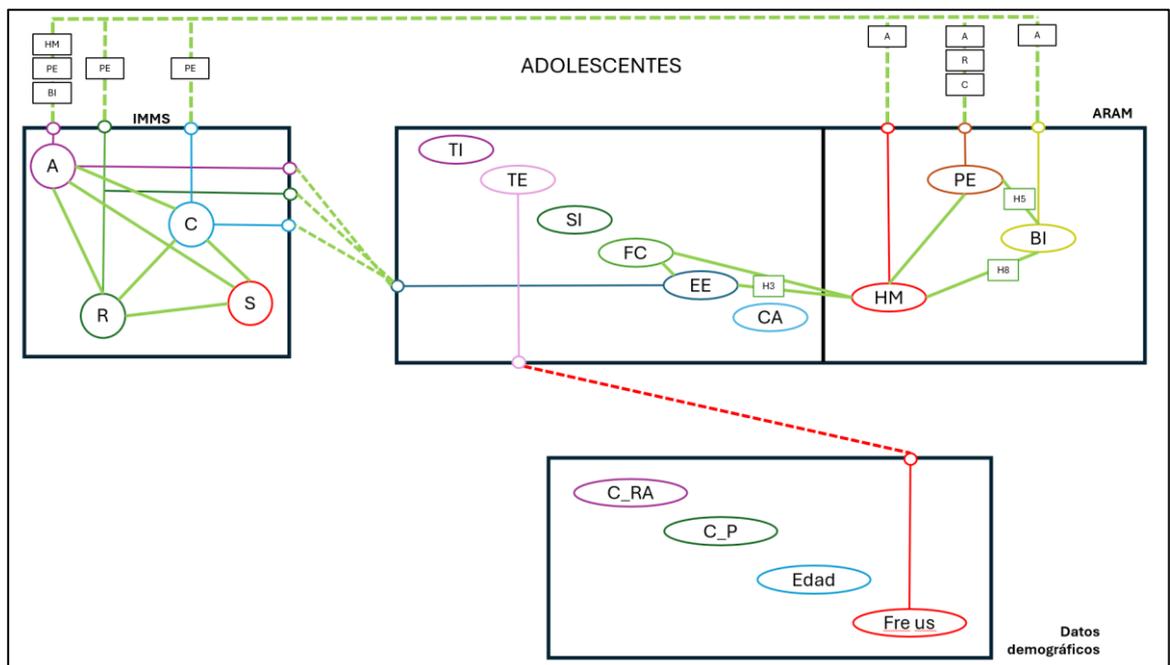


Ilustración 134. Correlación de variables cuantitativas con cuantitativas de los test y cuestionario (adolescentes)

Cuando consideramos únicamente la población adolescente existen las mismas correlaciones del test IMMS. Con respecto al test ARAM, algunas de las correlaciones que existen en el test ARAM comparándolas con la población general también existen. Sin embargo, para este tipo de población, las características que más influyen en la intención de uso de la aplicación se correlacionan con la condición facilitadora, la expectativa de esfuerzo, la motivación hedónica, la expectativa de desempeño y la intención de comportamiento.

Con respecto al cuestionario demográfico AC, no se encuentran correlaciones cuando consideramos únicamente la población adolescente. En cuanto a las correlaciones del test IMMS con ARAM, se encuentra que la expectativa de esfuerzo y la expectativa de desempeño se correlacionan con la atención, relevancia y confianza. Además, la motivación hedónica y la intención de comportamiento se correlacionan con la atención.

Con respecto al cuestionario demográfico AC, solamente existe una correlación inversa entre la frecuencia de uso y la expectativa de confianza, por lo que los que más utilizan aplicaciones de realidad aumentada son los que menos expectativa de confianza sienten al utilizar la aplicación.

En la Ilustración 135 se muestra la correlación de las variables cuantitativas del test IMMS, ARAM y cuestionario demográfico AC para la población adulta.

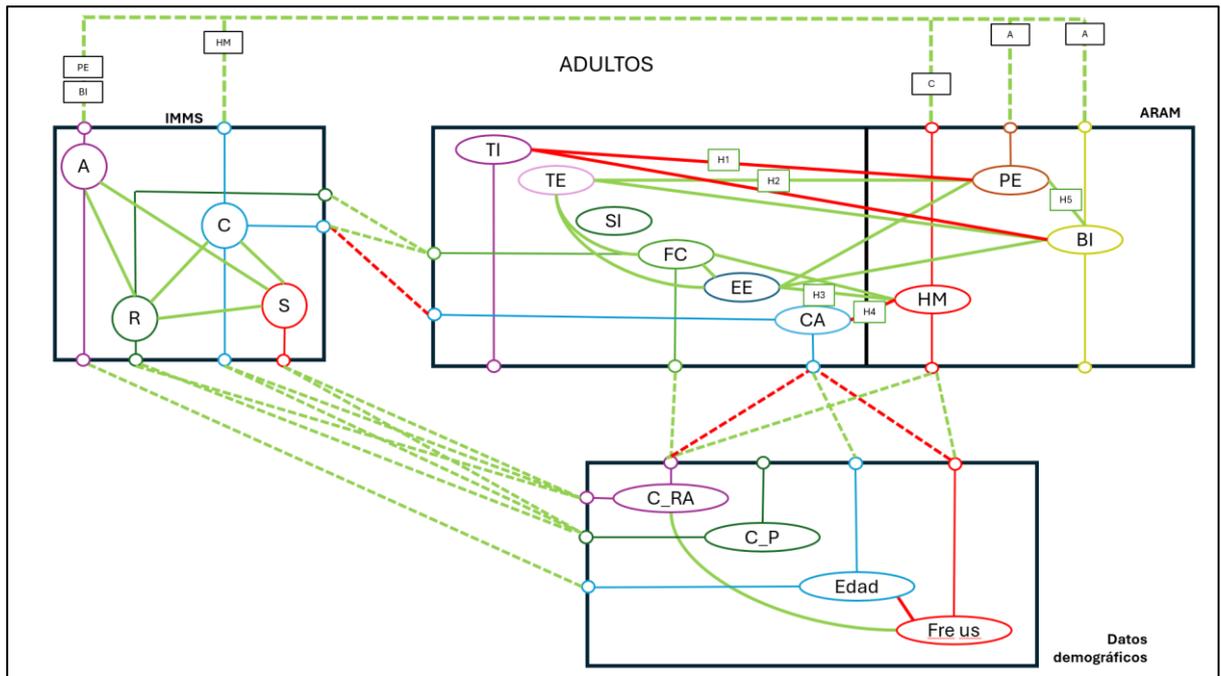


Ilustración 135. Correlación de variables de los test y cuestionario (adultos)

Cuando consideramos únicamente la población adulta, hay todas las correlaciones entre las variables del test IMMS excepto la correlación entre las variables atención y confianza. Con respecto al test ARAM, comparando con la población general, existen todas las correlaciones, aunque se generan nuevas como lo es la innovación tecnológica con la expectativa de desempeño y la intención de comportamiento en el que ambas son inversas. También existen correlaciones con las variables del test ARAM expectativa de confianza con la condición facilitadora, la expectativa de esfuerzo con la expectativa de desempeño, intención de comportamiento y motivación hedónica. Finalmente, la ansiedad informática tiene una correlación inversa con la motivación hedónica, mostrando así que, para los adultos, tecnologías que se adicionan a la aplicación, aumentan la ansiedad informática y, por consiguiente, disminuyen la motivación, la expectativa de desempeño y la intención de usarla a futuro.

Respecto a las correlaciones entre las variables del cuestionario demográfico AC, los usuarios que más conocimiento tienen de la realidad aumentada son los que más utilizan este tipo de aplicaciones, y también correlaciones del test IMMS con respecto al test ARAM se encuentra que se correlaciona con la edad. Las correlaciones entre las variables del test IMMS y las variables del test ARAM hay correlaciones entre la condición facilitadora, la expectativa de desempeño, la intención de comportamiento y la ansiedad informática. Esta última muestra que los usuarios que tienen una mayor confianza con la aplicación y con las condiciones que facilitan su uso tienen un mayor interés de utilizar la aplicación, reduciendo así la ansiedad informática.

Las correlaciones que se encuentran entre las variables del test IMMS y las variables del cuestionario demográfico AC muestran que los usuarios que mayor ansiedad informática tienen son aquellos que no tienen el suficiente conocimiento de la realidad aumentada, que tienen una mayor edad o que la frecuencia de uso de este tipo de aplicaciones es baja, a diferencia de aquellos que sí tienen conocimiento, quienes consideran que es una condición que facilita y motiva en el uso de la aplicación.

Finalmente, las correlaciones entre el test IMMS y el cuestionario demográfico AC muestran que los usuarios que mayor se sienten motivados en el uso de la aplicación son aquellos que tienen un mayor conocimiento de la realidad aumentada, del patrimonio cultural y los usuarios mayores son a los que más les llama la atención.

6.2.4.2. Correlación entre variables cualitativas con cuantitativas

En esta sección se presentan las pruebas estadísticas entre las variables cualitativas del cuestionario demográfico AC (género y nivel educativo) y las variables cuantitativas de los test IMMS, ARAM y del cuestionario demográfico AC (nivel de conocimiento sobre la realidad aumentada, nivel de conocimiento sobre el patrimonio cultural, edad, frecuencia de uso de la realidad aumentada). Primero se muestran los resultados de la variable cualitativa género y después de la variable nivel educativo. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis en el que se generó una nueva variable cualitativa denominada 'población'. Esta variable agrupa los usuarios en dos categorías (adolescentes y adultos), con el objetivo de examinar las diferencias significativas entre ambos grupos.

A. Variable género

Para evaluar si existen diferencias significativas en las medias de la variable cualitativa género con respecto a las variables cuantitativas del test IMMS, del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) se utiliza la prueba U de Mann-Whitney. Se utiliza esta prueba ya que las variables cuantitativas no siguen una distribución normal y la variable cualitativa género tiene solo dos grupos: masculino y femenino (ver Tabla 28). En los siguientes puntos se muestran de los resultados de las pruebas estadísticas primero considerando los 44 usuarios (población general) y posteriormente cuando se consideran por separado los 21 usuarios adolescentes (población adolescente) y los 23 usuarios adultos (población adulta).

A.1. Población general

Para visualizar mejor las diferencias de las variables cuantitativas del test IMMS, del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) con respecto al género, muestran los resultados en tres (3) tablas: La Tabla 63 muestra que no hay diferencias significativas en las variables cuantitativas del test IMMS con respecto al género (masculino y femenino).

Tabla 63. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test IMMS (general)

	A	R	C	S
U de Mann-Whitney	200,000	191,500	236,000	214,500
W de Wilcoxon	453,000	444,500	489,000	467,500
Z	-0,989	-1,189	-0,142	-0,649
Sig. asin. (bilateral)	0,323	0,234	0,887	0,516

La Tabla 64 muestra que no hay diferencias significativas de las variables cuantitativas del test ARAM con respecto al género (masculino y femenino).

Tabla 64. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test ARAM (general)

	PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
U de Mann-Whitney	235,500	207,000	187,500	193,500	192,000	182,000	204,500	241,000	233,500
W de Wilcoxon	488,500	460,000	440,500	446,500	445,000	435,000	457,500	494,000	486,500
Z	-0,156	-0,839	-1,288	-1,149	-1,188	-1,508	-0,927	-0,024	-0,203
Sig. asin. (bilateral)	0,876	0,401	0,198	0,251	0,235	0,131	0,354	0,981	0,839

La Tabla 65 muestra que no hay diferencias significativas de las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) con respecto al género (masculino y femenino).

Tabla 65. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del cuestionario demográfico AC (general)

	Edad	C_RA	C_P	Fre_us
U de Mann-Whitney	187,500	182,500	231,000	199,000
W de Wilcoxon	440,500	435,500	484,000	452,000
Z	-1,284	-1,422	-0,266	-1,021
Sig. asin. (bilateral)	0,199	0,155	0,790	0,307

A.2. Población adolescente

Para visualizar mejor las diferencias de las variables cuantitativas del test IMMS, del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) con respecto al género, los resultados se muestran en tres (3) tablas: La Tabla 66 muestra que no hay diferencias significativas de las variables cuantitativas del test IMMS con respecto al género (masculino y femenino).

Tabla 66. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test IMMS (adolescentes)

	A	R	C	S
U de Mann-Whitney	47,000	45,000	48,000	36,500
W de Wilcoxon	138,000	136,000	84,000	127,500
Z	-0,363	-0,509	-0,291	-1,127
Sig. asin. (bilateral)	0,717	0,611	0,771	0,260
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,750 ^b	,645 ^b	,804 ^b	,268 ^b

La Tabla 67 muestra que solo hay diferencias significativas de la variable condición facilitadora ya que la significancia es menor o igual a 0,05.

Tabla 67. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test ARAM (adolescentes)

	PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
U de Mann-Whitney	51,500	33,000	44,000	21,000	28,000	49,000	31,500	45,500	35,000
W de Wilcoxon	87,500	69,000	135,00	57,000	64,000	140,00	67,500	81,500	71,000
Z	-0,037	-1,415	-0,581	-2,268	-1,759	-0,259	-1,512	-0,479	-1,247
Sig. asin. (bilateral)	0,971	0,157	0,561	0,023	0,079	0,795	0,130	0,632	0,212
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,972 ^b	,185 ^b	,595 ^b	,025 ^b	,089 ^b	,860 ^b	,140 ^b	,645 ^b	,238 ^b

En la Tabla 68 se muestra las diferencias significativas de la variable cuantitativa condición facilitadora que hay entre los géneros.

Tabla 68. Varianza significativa género con respecto a la variable del test de ARAM (adolescentes)

Genero		N	Rango promedio	Suma de rangos
FC	Femenino	8	7,13	57,00
	Masculino	13	13,38	174,00
	Total	21		

En la Tabla 69 muestra que no hay diferencias significativas que hay entre las variables del cuestionario demográfico AC entre los dos géneros.

Tabla 69. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del cuestionario demográfico AC (adolescentes)

	Edad	C_RA	C_P	Fre_us
U de Mann-Whitney	51,000	46,500	49,000	38,500
W de Wilcoxon	87,000	82,500	140,000	129,500
Z	-0,075	-0,413	-0,229	-0,997
Sig. asin. (bilateral)	0,940	0,680	0,819	0,319
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,972 ^b	,697 ^b	,860 ^b	,336 ^b

A.3. Población adulta

Para visualizar mejor las diferencias de las variables cuantitativas del test IMMS, del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) con respecto al género, los resultados se muestran en tres (3) tablas:

La Tabla 70 muestra que no hay diferencias significativas de las variables cuantitativas del test IMMS con respecto al género (masculino y femenino).

Tabla 70. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test IMMS (adultos)

	A	R	C	S
U de Mann-Whitney	46,000	46,500	59,500	52,000
W de Wilcoxon	91,000	91,500	104,500	157,000
Z	-1,078	-1,047	-0,223	-0,703
Sig. asin. (bilateral)	0,281	0,295	0,824	0,482
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,305 ^b	,305 ^b	,829 ^b	,516 ^b

La Tabla 71 muestra que no hay diferencias significativas de las variables cuantitativas del test ARAM con respecto al género (masculino y femenino).

Tabla 71. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del test ARAM (adultos)

	PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
U de Mann-Whitney	48,500	58,500	52,500	55,000	57,000	43,500	53,500	54,500	50,000
W de Wilcoxon	153,500	103,500	97,500	100,000	162,000	88,500	158,500	99,500	155,000
Z	-1,011	-0,289	-0,674	-0,509	-0,385	-1,259	-0,682	-0,540	-0,887
Sig. asin. (bilateral)	0,312	0,772	0,500	0,610	0,700	0,208	0,495	0,589	0,375
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,369 ^b	,781 ^b	,516 ^b	,643 ^b	,734 ^b	,224 ^b	,557 ^b	,600 ^b	,439 ^b

La Tabla 72 muestra que no hay diferencias significativas de las variables del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) con respecto al género (masculino y femenino).

Tabla 72. Prueba U de Mann-Whitney con las variables del género con respecto a las variables del cuestionario demográfico AC (adultos)

	Edad	C_RA	C_P	Fre_us
U de Mann-Whitney	62,500	47,000	55,500	36,500
W de Wilcoxon	107,500	152,000	100,500	141,500
Z	-0,032	-1,025	-0,484	-1,704
Sig. asin. (bilateral)	0,975	0,305	0,628	0,088
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,975 ^b	,336 ^b	,643 ^b	,096 ^b

B. Variable nivel educativo

Para evaluar si existen diferencias significativas en la varianza de la característica cualitativa del nivel educativo de los usuarios en relación con las variables del test IMMS, del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) se utiliza la prueba H de Kruskal-Wallis. Esta es la prueba que se usa porque todas las variables cuantitativas del test IMMS y ARAM, y del cuestionario demográfico AC no siguen una distribución normal y el nivel educativo se divide en más de dos grupos (cursando primaria/secundaria, primaria/secundaria, cursando universitario, universitario, cursando maestría/especialización, maestría/especialización, cursando doctorado, y doctorado).

B.1. Población general

Para visualizar mejor si hay diferencias significativas de las variables cuantitativas del test IMMS, del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada con respecto a la variable cualitativa nivel educativo, se muestran los resultados en tres (3) tablas:

La Tabla 73 muestra que no hay diferencias significativas en la varianza para las variables cuantitativas del test IMMS con respecto a la variable cualitativa nivel educativo.

Tabla 73. H de Kruskal-Wallis test IMMS con nivel educativo (general)

	A	R	C	S
H de Kruskal-Wallis	8,044	10,079	7,888	10,483
gl	5	5	5	5
Sig. asin.	0,154	0,073	0,163	0,063

La Tabla 74 muestra que hay diferencias significativas en la varianza de varias variables cuantitativas del test ARAM respecto a la variable cualitativa nivel educativo del cuestionario demográfico AC.

Tabla 74. H de Kruskal-Wallis test ARAM con nivel educativo (general)

	PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
H de Kruskal-Wallis	16,308	6,569	13,444	4,139	9,471	11,407	11,233	3,375	14,642
gl	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sig. asin.	0,006	0,255	0,020	0,530	0,092	0,044	0,047	0,642	0,012

La Tabla 75 muestra las diferencias significativas de las variables cuantitativas del test ARAM (PE – expectativa de desempeño, SI – influencia social, CA – ansiedad informática, TE – expectativa de confianza, BI – intención de comportamiento) respecto al nivel educativo.

Tabla 75. Varianza significativa de las variables del test ARAM (general)

Nivel educativo		N	Rango promedio
PE	Educación primaria	2	20,50
	Cursando universitario	19	15,50
	Universitario	11	28,86
	Cursando maestría	1	1,00
	Maestría	9	29,94
	Doctorado	2	33,25
	Total	44	
SI	Educación primaria	2	27,50
	Cursando universitario	19	17,18
	Universitario	11	31,45
	Cursando maestría	1	4,50
	Maestría	9	20,67
	Doctorado	2	36,00
	Total	44	
CA	Educación primaria	2	42,25
	Cursando universitario	19	18,74
	Universitario	11	26,59
	Cursando maestría	1	11,50
	Maestría	9	24,72
	Doctorado	2	11,50
	Total	44	
TE	Educación primaria	2	10,00
	Cursando universitario	19	17,03
	Universitario	11	28,73
	Cursando maestría	1	34,50
	Maestría	9	26,61
	Doctorado	2	28,25
	Total	44	
BI	Educación primaria	2	24,50
	Cursando universitario	19	15,24
	Universitario	11	28,68
	Cursando maestría	1	8,00
	Maestría	9	31,22
	Doctorado	2	23,50
	Total	44	

La Tabla 76 muestra si hay diferencias significativas en la varianza para las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) con respecto a la variable cualitativa nivel educativo.

Tabla 76. H de Kruskal-Wallis cuestionario demográfico AC con nivel educativo (general)

	Edad	C_RA	C_P	Fre_us
H de Kruskal-Wallis	34,057	18,621	7,729	9,941
gl	5	5	5	5
Sig. asin.	0,000	0,002	0,172	0,077

La Tabla 77 muestra las diferencias significativas de las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC (edad y nivel de conocimiento de la realidad aumentada) con respecto a la variable cualitativa nivel educativo.

Tabla 77. Varianza significativa de las variables del cuestionario demográfico AC (general)

Nivel educativo		N	Rango promedio
Edad	Educación primaria	2	40,50
	Cursando universitario	19	10,05
	Universitario	11	34,09
	Cursando maestría	1	21,00
	Maestría	9	29,33
	Doctorado	2	29,00
	Total	44	
C_RA	Educación primaria	2	5,75
	Cursando universitario	19	29,39
	Universitario	11	15,45
	Cursando maestría	1	23,00
	Maestría	9	16,33
	Doctorado	2	40,00
	Total	44	

B.2. Población adolescente

Para visualizar mejor si hay diferencias de varianza de las variables del test IMMS, del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) con respecto a la variable cualitativa nivel educativo, se muestran los resultados en tres (3) tablas:

La Tabla 78 muestra que no hay diferencias significativas para las variables cuantitativas del test IMMS con respecto a la variable cualitativa nivel educativo.

Tabla 78. H de Kruskal-Wallis test IMMS con nivel educativo (adolescentes)

	A	R	C	S
H de Kruskal-Wallis	3,074	2,756	3,928	2,809
gl	2	2	2	2
Sig. asin.	0,215	0,252	0,140	0,246

La Tabla 79 muestra no hay diferencias significativas para las variables cuantitativas del test ARAM con respecto a la variable cualitativa nivel educativo.

Tabla 79. Kruskal-Wallis test ARAM con nivel educativo (adolescentes)

	PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
H de Kruskal-Wallis	4,043	3,759	2,442	2,621	2,597	1,003	2,075	2,072	0,584
gl	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sig. asin.	0,132	0,153	0,295	0,270	0,273	0,606	0,354	0,355	0,747

La Tabla 80 muestra que no hay diferencias significativas para las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) con respecto a la variable cualitativa nivel educativo.

Tabla 80. Kruskal-Wallis cuestionario demográfico AC con nivel educativo (adolescentes)

	Edad	C_RA	C_P	Fre_us
H de Kruskal-Wallis	5,033	1,249	2,915	2,075
gl	2	2	2	2
Sig. asin.	0,081	0,536	0,233	0,354

B.3. Población adulta

Para visualizar si hay diferencias significativas en la varianza de las variables cuantitativas del test IMMS, del test ARAM y del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) con respecto al nivel educativo, se muestran los resultados en tres (3) tablas:

La Tabla 81 muestra que no hay diferencias significativas en la varianza para las variables cuantitativas del test IMMS con respecto a la variable cualitativa nivel educativo.

Tabla 81. H de Kruskal-Wallis test IMMS con nivel educativo (adultos)

	A	R	C	S
H de Kruskal-Wallis	1,258	2,917	4,133	3,750
gl	3	3	3	3
Sig. asin.	0,739	0,405	0,247	0,290

La Tabla 82 muestra que no hay diferencias significativas en la varianza para las variables cuantitativas del test ARAM con respecto a la variable cualitativa nivel educativo.

Tabla 82. H de Kruskal-Wallis test ARAM con nivel educativo (adultos)

	PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
H de Kruskal-Wallis	3,328	3,663	4,866	1,428	5,542	6,583	5,914	1,413	4,211
gl	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sig. asin.	0,344	0,300	0,182	0,699	0,136	0,086	0,116	0,703	0,240

La Tabla 83 muestra que no hay diferencias significativas en la varianza para las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC (edad, nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada) con respecto a la variable cualitativa nivel educativo.

Tabla 83. H de Kruskal-Wallis cuestionario demográfico AC con nivel educativo (adultos)

	Edad	C_RA	C_P	Fre_us
H de Kruskal-Wallis	6,360	6,696	3,453	5,576
gl	3	3	3	3
Sig. asin.	0,095	0,082	0,327	0,134

C. Variable población

Para evaluar si existen diferencias significativas en las medias de la variable cualitativa población con respecto a las variables cuantitativas del test IMMS, ARAM y cuestionario demográfico AC (nivel de conocimiento de la realidad aumentada, nivel de conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso de la realidad aumentada), se utiliza la prueba de U de Mann-Whitney. Se utiliza esta prueba porque las variables cuantitativas no siguen una distribución normal y la variable cualitativa población tiene dos grupos (adolescente y adulto). En los siguientes puntos, se muestra los resultados de las pruebas estadísticas:

C.1. Test IMMS

Para revisar si hay diferencias significativas de las variables cuantitativas del test IMMS (atención, relevancia, confianza y satisfacción) con respecto a la variable cualitativa población (adolescente o adulto) se muestra el resultado en la Tabla 84.

Tabla 84. Prueba de U de Mann-Whitney con las variables de la población con respecto a las variables del test IMMS

	A	R	C	S
U de Mann-Whitney	126,500	137,500	177,000	127,500
W de Wilcoxon	357,500	368,500	408,000	358,500
Z	-2,710	-2,452	-1,523	-2,692
Sig. asin. (bilateral)	0,007	0,014	0,128	0,007

De la Tabla 84 se analiza que las variables cuantitativas que tienen diferencias significativas con respecto a la variable cualitativa población son la atención la relevancia y la satisfacción. En la Tabla 85 se muestran las diferencias significativas que se encuentra para cada una de estas variables según la población.

Tabla 85. Varianza significativa población con respecto a las variables cuantitativas del test IMMS

		Rangos		
población		N	Rango promedio	Suma de rangos
A	adolescente	21	17,02	357,50
	adulto	23	27,50	632,50
	Total	44		
R	adolescente	21	17,55	368,50
	adulto	23	27,02	621,50
	Total	44		
S	adolescente	21	17,07	358,50
	adulto	23	27,46	631,50
	Total	44		

C.2. Test ARAM

Para revisar si hay diferencias significativas de las variables cuantitativas del test ARAM (expectativa de desempeño, expectativa de esfuerzo, influencia social, condición facilitadora, motivación hedónica, ansiedad informática, expectativa de confianza, innovación tecnológica, intención de comportamiento) con respecto a la variable cualitativa población (adolescente o adulto) se muestra el resultado en la Tabla 86.

Tabla 86. Prueba de U de Mann-Whitney con las variables de la población con respecto a las variables del test ARAM

	PE	EE	SI	FC	HM	CA	TE	TI	BI
U de Mann-Whitney	70,000	231,500	123,000	235,500	172,000	148,000	135,500	217,500	77,000
W de Wilcoxon	301,000	507,500	354,000	511,500	403,000	379,000	366,500	448,500	308,000
Z	-4,118	-0,240	-2,804	-0,142	-1,653	-2,353	-2,623	-0,570	-3,938
Sig. asin. (bilateral)	0,000	0,810	0,005	0,887	0,098	0,019	0,009	0,569	0,000

De la Tabla 86 se analiza que las variables cuantitativas que tienen una diferencia significativa con respecto a la variable cualitativa población son la expectativa de desempeño, la influencia social, la ansiedad informática, la expectativa de confianza y la intención de comportamiento. En la Tabla 87 se muestran las diferencias significativas que se encuentra para cada una de estas variables según la población.

Tabla 87. Varianza significativa población con respecto a las variables cuantitativas del test ARAM

población		N	Rango promedio	Suma de rangos
PE	adolescente	21	14,33	301,00
	adulto	23	29,96	689,00
	Total	44		
SI	adolescente	21	16,86	354,00
	adulto	23	27,65	636,00
	Total	44		
CA	adolescente	21	18,05	379,00
	adulto	23	26,57	611,00
	Total	44		
TE	adolescente	21	17,45	366,50
	adulto	23	27,11	623,50
	Total	44		
BI	adolescente	21	14,67	308,00
	adulto	23	29,65	682,00
	Total	44		

C.3. Cuestionario demográfico AC

Para revisar si hay diferencias significativas de las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC (conocimiento de la realidad aumentada, conocimiento del patrimonio cultural y frecuencia de uso) con respecto a la variable cualitativa población (adolescente o adulto) se muestra el resultado en la Tabla 88.

Tabla 88. Prueba de U de Mann-Whitney con las variables de la población con respecto a las variables del cuestionario demográfico AC

	C_RA	C_P	Fre_us
U de Mann-Whitney	109,500	194,500	189,500
W de Wilcoxon	385,500	470,500	465,500
Z	-3,157	-1,139	-1,237
Sig. asin. (bilateral)	0,002	0,255	0,216

De la Tabla 88 se analiza que las variables cuantitativas que tienen una diferencia significativa con respecto a la variable cualitativa población son la expectativa de desempeño, la influencia social, la ansiedad informática, la expectativa de confianza y la intención de comportamiento. En la Tabla 89 se muestran las diferencias significativas que se encuentra para cada una de estas variables según la población.

Tabla 89. Varianza significativa población con respecto a las variables cuantitativas del cuestionario demográfico AC

Rangos				
población		N	Rango promedio	Suma de rangos
C_RA	adolescente	21	28,79	604,50
	adulto	23	16,76	385,50
	Total	44		

6.2.5. Reconocimiento de imágenes

Para evaluar el funcionamiento de las imágenes de reconocimiento de cada uno de los elementos patrimoniales del museo (ver 5.1.3.2 – Museo Santa Clara), se diseñó un cuestionario en el que incluye el nombre del elemento patrimonial, la imagen de reconocimiento utilizada para activar la realidad aumentada, un código QR que era utilizado en caso de que la imagen de reconocimiento no funcionara y datos del dispositivo utilizado para visualizar los contenidos(el sistema operativo, la versión del sistema operativo y la marca del dispositivo).

En el cuestionario para el reconocimiento de imágenes se les indica en el cuestionario que deben marcar "sí" en caso de que aparezcan los contenidos asociados al elemento patrimonial, o "no" si no funciona. En caso de que no funcione, se les pide que intenten visualizar el contenido utilizando un código QR e indicar "sí" o "no" dependiendo de que hayan podido visualizar o no el contenido asociado a ese elemento patrimonial. Al finalizar, se les solicita que registren las características del dispositivo que usaron para probar la aplicación.

Después se les pide a los participantes que instalen la aplicación Motiv-ARCHE. Una vez instalada, se les explica el funcionamiento de la aplicación mediante un breve tutorial, donde se les muestra cómo visualizar los contenidos asociados a los elementos patrimoniales exhibidos en el museo. Se aclara que no todos los elementos expuestos tienen información asociada, por lo que se les entrega el cuestionario con las imágenes de los 10 elementos que sí cuentan con dicha información.

En este mismo cuestionario los usuarios podían escribir comentarios respecto al reconocimiento de imágenes. En algunos casos especialmente con las pinturas, indicaron que la activación de la realidad aumentada se había logrado utilizando directamente el elemento patrimonial, las imágenes impresas dentro del museo y el cuestionario y por lo tanto no habían necesitado utilizar los códigos QR. Los usuarios señalaron que los elementos patrimoniales que activaron la realidad aumentada directamente utilizando el elemento patrimonial por reconocimiento de la imagen fueron: Santa Teresa de Jesús, Visión de San Ignacio de Loyola en la Cueva de Storia y San Guillermo de Aquitania. En los casos en que tuvieron que recurrir a la imagen impresa del museo o del cuestionario fue porque la activación de la realidad aumentada se complicaba por factores externos, como la iluminación, el ángulo del dispositivo durante el reconocimiento y la altura a la que se encontraba el elemento patrimonial.

En el caso de las esculturas, el reconocimiento no pudo realizarse directamente sobre el elemento patrimonial, ya que era necesario coincidir con el ángulo en el que se había tomado la imagen de reconocimiento para activar la realidad aumentada. Sin embargo, al utilizar las imágenes impresas disponibles en el museo o en el cuestionario, la activación funcionó correctamente.

En ninguno de los casos los usuarios tuvieron que recurrir al código QR para visualizar los contenidos en realidad aumentada de los 10 elementos patrimoniales. Esto indica que la imagen utilizada para cada uno de estos elementos funcionó correctamente y mostró el contenido asociado al elemento patrimonial.

6.3. Resumen y conclusiones del capítulo

Se describen en detalle algunos de los experimentos realizados en la fase de análisis sobre la co-creación de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas y su acceso. Para evaluar estos experimentos se utiliza el test IMMS y en algunos casos un cuestionario demográfico.

Los experimentos relacionados a la co-creación que se han analizado son los registrados en la Facultat d'Educació i Psicologia, en el "Institut de de Sils" (Girona) y en la sede de Bogotá de la Pontificia Universidad Javeriana. En estos tres experimentos, los usuarios responden el test IMMS enfocado en la co-creación y en algunos casos un cuestionario demográfico que hemos denominado AC. El objetivo de los experimentos, tanto los de co-creación como del de acceso, fue encontrar las correlaciones que hay entre las diferentes variables consideradas.

En el experimento realizado en la "Facultat d'Educació i Psicologia" participaron 48 usuarios, quienes respondieron el test IMMS y un cuestionario demográfico sobre edad y género (me considero chico, me considero chica, no me considero ni chico ni chica). Los resultados muestran que las variables cuantitativas de atención, relevancia, confianza y satisfacción del test IMMS están

correlacionadas entre sí. Además, la variable edad del cuestionario demográfico presenta una correlación inversa con la confianza del IMMS, lo que sugiere que, a mayor edad, los usuarios sienten menor confianza para co-crear contenidos patrimoniales. Este experimento concluye que la motivación para co-crear contenidos patrimoniales depende de factores como la atractividad del contenido, la importancia percibida para el aprendizaje, la habilidad de crearlos correctamente y la satisfacción derivada de hacerlo de manera adecuada.

Se observó que los que se identifican como chicas o no se consideran de ningún género reportan mayor interés, bienestar y satisfacción al crear contenidos comparado con los que se identifican como chicos.

En el experimento realizado en el “Institut de Sils” participaron 11 usuarios que completaron el test IMMS. Los resultados estadísticos muestran correlaciones entre las variables del IMMS (atención, relevancia, confianza y satisfacción), salvo entre atención y confianza. Esto sugiere que, para este grupo de usuarios, la motivación para co-crear contenidos patrimoniales no proviene de su habilidad para hacerlo, sino de lo interesante, útil y satisfactorio que resulta crear contenidos con realidad aumentada en Motiv-ARCHE.

En el experimento realizado en la Pontificia Universidad Javeriana, 8 usuarios seleccionaron elementos del campus y asociaron contenidos a ellos. En este caso, se aplicaron tanto el test IMMS como un cuestionario demográfico sobre edad y género (me considero chico, me considero chica). Para esta población, la única relación entre las variables cuantitativas del IMMS y las variables del cuestionario demográfico es entre atención y satisfacción. Esto indica que independientemente de la edad, los usuarios se sienten motivados a co-crear por lo interesante y satisfactorio que es crear contenidos con realidad aumentada en Motiv-ARCHE.

Posteriormente, para evaluar el acceso a los contenidos, se realizó un experimento con usuarios que visitaron el Museo Santa Clara en Bogotá. Participaron 44 usuarios, quienes exploraron 10 elementos patrimoniales previamente creados con la colaboración de expertos en patrimonio y personal del museo. Para acceder a los contenidos, se diseñó un cuestionario que incluye los 10 elementos patrimoniales y las imágenes de reconocimiento respectivas para activar los contenidos asociados en realidad aumentada. En el experimento los usuarios podían utilizar la activación de la realidad aumentada por reconocimiento de imágenes ya sea reconociendo directamente el elemento patrimonial, la imagen del museo, la imagen del cuestionario o utilizando el código QR. Estas últimas se utilizaron para que incluso cuando la activación de la realidad aumentada a través del elemento patrimonial y de la imagen del elemento patrimonial del museo y del cuestionario no funcionara, los usuarios pudieran acceder a los contenidos asociados.

Durante el experimento, los usuarios pudieron visualizar todos los contenidos utilizando directamente el elemento patrimonial y las imágenes de reconocimiento que se encuentran en el museo y en el cuestionario del elemento patrimonial, por lo que no fue necesario recurrir a los códigos QR.

Además, se aplicaron el test de motivación IMMS, el test de aceptación tecnológica ARAM y un cuestionario demográfico AC que incluía preguntas sobre edad, nivel de conocimiento en patrimonio cultural y natural, nivel de conocimiento en realidad aumentada, nivel educativo, género y frecuencia de uso de aplicaciones de realidad aumentada.

A partir de los resultados, se realizó un análisis estadístico para examinar si existe una relación entre las variables consideradas. Este análisis se llevó a cabo para los 44 usuarios y posteriormente se analizó considerando por una parte los 21 usuarios adolescentes (entre 14 y 26 años) y los 23 usuarios adultos (de 27 años en adelante).

Los resultados generales muestran que a mayor edad y mayor conocimiento sobre el patrimonio cultural los usuarios se sienten más motivados a visualizar los contenidos de los elementos patrimoniales. Esta motivación también está influida por factores como la influencia social, la facilidad de uso de la tecnología, el interés en visitar sitios patrimoniales y la intención de usar la aplicación en el futuro.

Además, las correlaciones muestran que a mayor edad los usuarios tienden a tener menos conocimiento sobre la realidad aumentada lo que puede aumentar su temor a utilizar la aplicación. En cambio, los usuarios más jóvenes, que están más familiarizados con este tipo de aplicaciones, encuentran más fácil su uso y no temen equivocarse. Los resultados del análisis estadístico para los usuarios adolescentes muestran que aquellos con un mayor nivel de conocimiento sobre el patrimonio cultural consideran más importante el contenido y se sienten más confiados en entender lo que se les está explicando. Por lo tanto, la motivación no solo depende del contenido proporcionado, sino también de la facilidad con la que la tecnología presenta los contenidos en realidad aumentada, los recursos requeridos, lo divertido que resulta interactuar con la aplicación y lo útil que es para el aprendizaje.

Los resultados del análisis estadístico para los usuarios adultos muestran que la motivación es mayor cuando los usuarios tienen un alto conocimiento sobre la realidad aumentada y el patrimonio cultural. Además, a medida que aumenta la edad, la frecuencia con la que usan aplicaciones de realidad aumentada disminuye, lo que se traduce en un menor conocimiento sobre el funcionamiento de la realidad aumentada. Por tal motivo, cuanto mayor conocimiento tengan sobre realidad aumentada, más motivados se sienten y más seguros se muestran al usar la aplicación.

Desde el punto de vista tecnológico, para motivar a la población adulta es importante ofrecer una herramienta confiable y fácil de usar, ya que esto reduce el temor a utilizarla, mejora la experiencia del usuario, incrementa la intención de usarla en el futuro en otros sitios patrimoniales y la perciben como útil para su aprendizaje. Sin embargo, se debe tener cuidado al agregar más características tecnológicas, ya que, a medida que se implementan más funcionalidades, los usuarios perciben una menor utilidad y su intención de usarla disminuye.

En cuanto a las variables cualitativas del cuestionario demográfico AC, el género no muestra diferencias significativas cuando consideramos los 44 usuarios, lo que indica que todos los usuarios tienen una percepción similar de la aplicación. Sin embargo, al analizar los resultados de los adolescentes se observa que los usuarios masculinos encuentran más fácil el uso de la aplicación en comparación con las usuarias femeninas. Para la población adulta, no se encuentran diferencias significativas en cuanto a la motivación y la aceptación tecnológica de la aplicación.

En relación con el nivel educativo, cuando consideramos los 44 usuarios se observa que los que tienen un doctorado, maestría, pregrado o que están realizando un programa universitario consideran que Motiv-ARCHE es una herramienta un poco más útil. Además, se encontró que la influencia social es una de las variables que definen el uso de la aplicación, por lo que para los estudiantes universitarios utilizarían la aplicación si se las recomienda alguien que ya la haya utilizado previamente.

También se encuentra que, para los usuarios que están cursando estudios universitarios, no existe temor en el uso de la aplicación. Esto se debe a que debido a los estudios que está realizando están más familiarizados con este tipo de tecnologías. En cuanto al conocimiento sobre la realidad aumentada, se observa que los usuarios con doctorado y aquellos que están cursando estudios universitarios son los que tienen mayor conocimiento de esta tecnología, aunque esto también se debe al motivo mencionado previamente.

Al revisar los resultados de la población adolescente con respecto al nivel educativo no se encuentran diferencias significativas en ninguna de las variables cuantitativas consideradas. De igual forma sucede si se evalúa la población adulta, por lo que las diferencias que se mencionaron anteriormente con respecto al nivel educativo es por la percepción que cada grupo tiene con respecto a la aplicación de Motiv-ARCHE.

Al incluir la variable cualitativa población, se analizan los resultados para los adolescentes y adultos en el que se encuentran diferencias significativas para algunas de las variables del test IMMS, del test ARAM y del cuestionario demográfico AC. Del análisis de las diferencias significativas, se encuentra que para las variables del test IMMS y del test ARAM los resultados para los adolescentes comparados con los adultos, tienen menor expectativa de desempeño, influencia social, ansiedad informática, expectativa de esfuerzo e intención de comportamiento dado que en el análisis de las correlaciones se encontró que este tipo de usuarios está acostumbrado al uso de aplicaciones de realidad aumentada y tienen un mayor conocimiento comparándolo con los usuarios adultos.

CAPÍTULO 7 - MÓDULO DE ADAPTACIÓN

En este capítulo se describe el módulo de adaptación y se explica con detalle las características que se consideraron del usuario, de su contexto y del elemento patrimonial para generar las sugerencias de los contenidos, elementos patrimoniales y rutas. Las características que se consideran en el capítulo se basan en el análisis detallado de los trabajos que utilizan la adaptación de información y que se encuentran en la sección 7.4.2.

Primero se describe el modelo de adaptación que incluye los tres (3) submodelos considerados (el de usuario, el de elemento patrimonial y el de contexto), después cómo se obtiene y se actualiza las características de los submodelos, después se describen los servicios que se pueden adaptar para generar sugerencias al usuario considerando sus características y necesidades, posteriormente, los modelos de evaluación de adaptación que se utilizaron en otros trabajos y aplicaciones y, finalmente, las pruebas de adaptación que se hicieron en Motiv-ARCHE para comprobar qué es lo que sucede con y sin adaptación en la sugerencia de los contenidos, de los elementos patrimoniales y de las rutas.

7.1. Modelo de adaptación de información

En esta sección se describe el proceso que se siguió para la implementación de la adaptación en la aplicación de Motiv-ARCHE. Para ello, se definieron tres (3) submodelos de adaptación que identifican las características del usuario, de su contexto y de los elementos patrimoniales. En los tres submodelos, las clases que contienen en su título un * significa que son características que se utilizan para aplicar la adaptación de la información. A continuación, se explica cada uno de los submodelos.

7.1.1. Submodelo de usuario

El submodelo de usuario de la Ilustración 136, en color amarillo se encuentran los datos básicos del usuario como son la fecha de nacimiento, la ocupación, el género, el idioma y la religión. Las clases que están de color azul, contienen características como la disponibilidad horaria del usuario para visitar los sitios patrimoniales, la diversidad (la cual hace referencia a si tiene alguna dificultad/restricción física, visual, auditiva y/o intelectual), sus preferencias (elecciones entre diferentes opciones basadas en gustos o prioridades) que pueden ser utilizadas en despliegue (forma para mostrar los tipos de medios de los contenidos asociados), para conocer sólo la información que se muestra de los elementos patrimoniales y cuál es la ruta más interesante(conjunto de elementos patrimoniales). Finalmente, se representan las características de los elementos patrimoniales de interés.

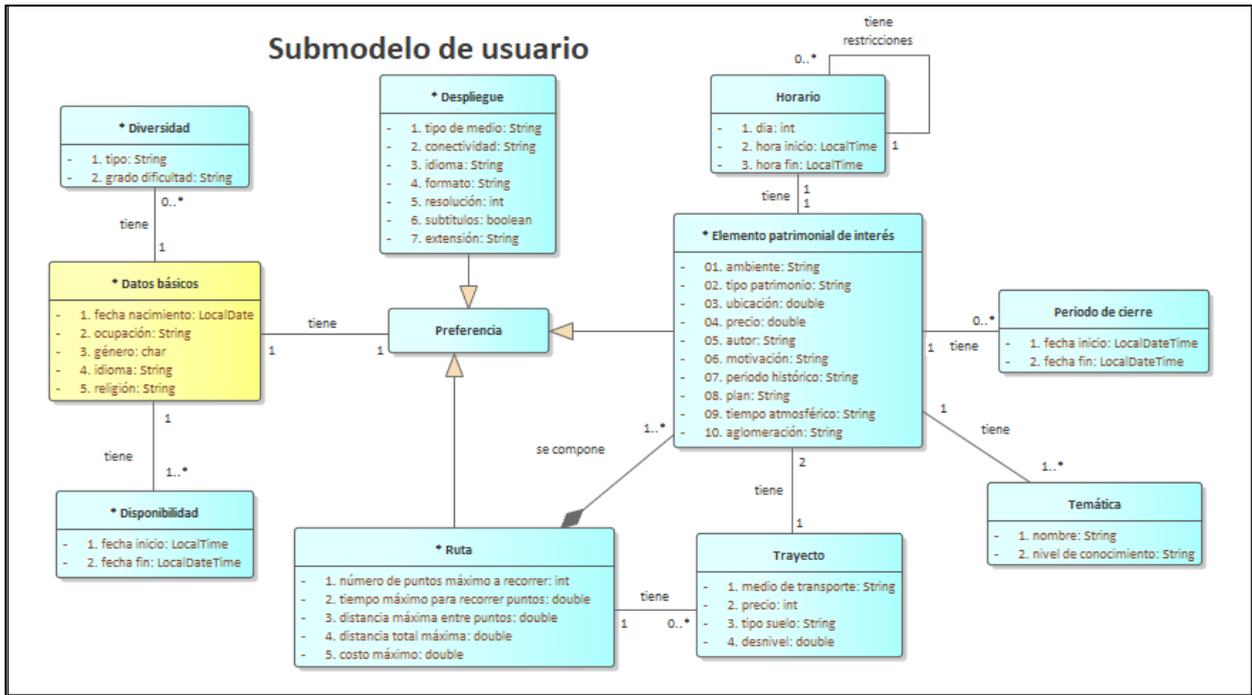


Ilustración 136. Submodelo de usuario

7.1.2. Submodelo de elemento patrimonial

En el modelo de elemento patrimonial de la Ilustración 137, en color verde se encuentran las características básicas del elemento patrimonial como son el ambiente en que se encuentra (interno/externo/mixto), el autor, el costo de visitarlo, si la información del elemento puede ser editada por otros usuarios, la fecha de creación, el nombre, el periodo histórico al que corresponde, el tipo de plan (familiar, trabajo, escolar, individual), el tipo de patrimonio (cultural, natural, tangible, intangible) y si pueden consultar la información asociada al elemento patrimonial. En color azul, se encuentra otra información relacionada con el elemento patrimonial tal como el horario de acceso, los tipos de medios asociados (con su formato de despliegue), la ubicación, las temáticas y su nivel de dificultad y las restricciones (de género, culturales, de diversidad y periodos de cierre).

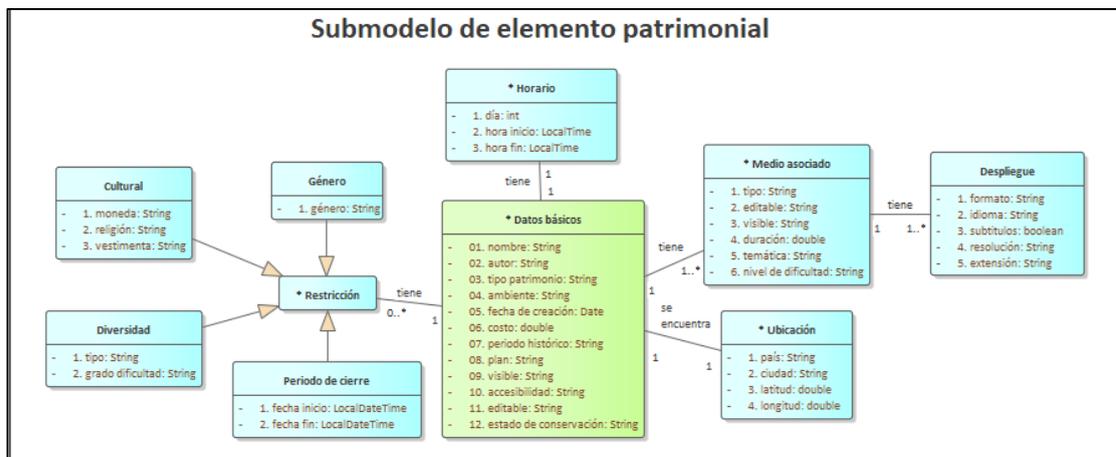


Ilustración 137. Modelo de elemento patrimonial

7.1.3. Submodelo de contexto

El modelo de contexto que se encuentra en la Ilustración 138, en color azul se encuentra la información relacionada con el tiempo atmosférico, las características del dispositivo de acceso (cámara, sensores y tipos de medios que puede reproducir), la información demográfica del lugar en el que se encuentra el elemento patrimonial y la ubicación del usuario.

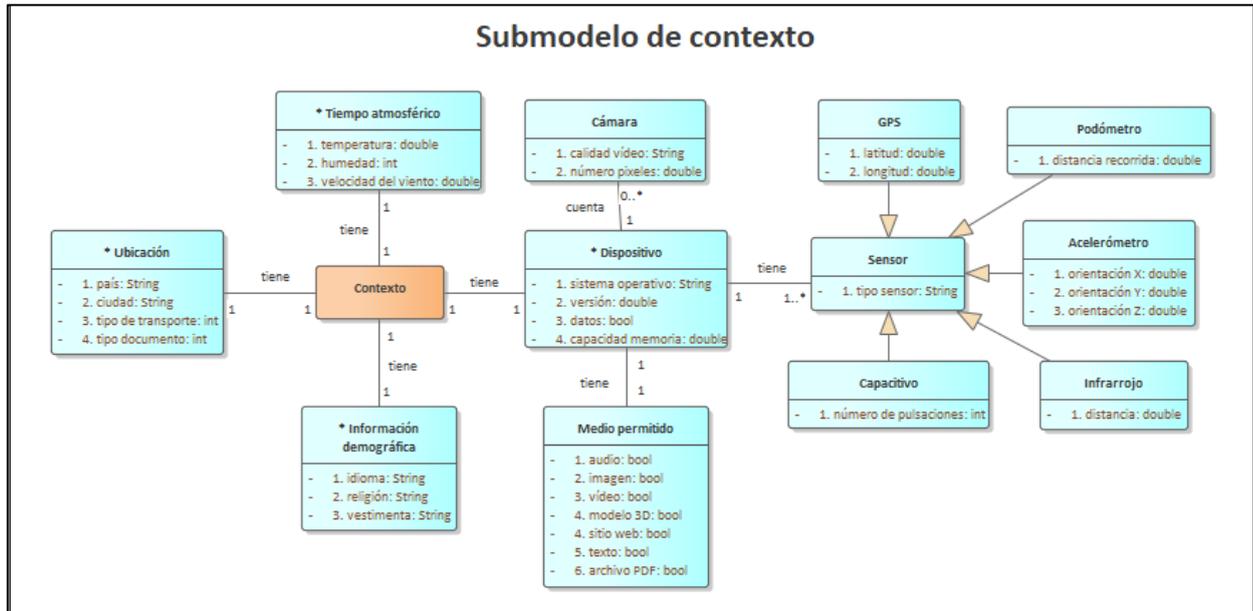


Ilustración 138. Modelo de contexto

7.2. Obtención y actualización de los datos de los submodelos

Los datos que se encuentran en los submodelos mencionados anteriormente se obtienen de manera explícita a través de encuestas y formularios en los que se le solicita información personal del usuario, de sus preferencias e intereses en cuanto a las características de los elementos patrimoniales o rutas que quiere realizar. Otra forma de obtener información del usuario es de forma implícita solicitando permisos al usuario para acceder a la información del dispositivo móvil que esté utilizando para utilizar el GPS y acceder a su ubicación y de la cámara para realizar el reconocimiento de las imágenes y la activación de la realidad aumentada.

A continuación, se describe en detalle cómo se obtienen y se actualizan los datos que se almacenan en cada uno de los tres submodelos de adaptación. Vale recalcar que algunas fueron ideas de cómo se obtienen y se actualizan, pero no todos fueron implementados en el sistema.

1. Submodelo de usuario:

- **Datos básicos:** la información se obtiene a partir del formulario de registro en el que se solicita la fecha de nacimiento, la ocupación, el género, el idioma y la religión. En cuanto a la actualización, el usuario es el encargado de actualizar la ocupación, el género, el idioma y la religión, en cuanto a la edad, ésta se calcula por la fecha de nacimiento ingresada con respecto a la fecha actual. En la implementación de la aplicación se consideró como datos básicos la fecha de nacimiento, el género y el idioma.

- **Diversidad:** el usuario al ingresar por primera vez, el sistema le solicita al usuario que indique si tiene alguna dificultad y/o restricción permanente o temporal para desplazarse a los diferentes sitios patrimoniales. Para este caso, el usuario es el encargado de actualizar esta información agregando, modificando o eliminando dificultades y/o restricciones. Para este caso no se consideró que el usuario mencione si tiene alguna dificultad o restricción.
- **Disponibilidad:** el usuario en cualquier momento puede introducir y actualizar su disponibilidad, es decir, los días y horas que tiene disponible para visitar los sitios patrimoniales y naturales. Para este caso no se considera la disponibilidad, ya que, para visitar un sitio patrimonial, depende también del horario de apertura y cierre.
- **Elemento patrimonial de interés:** a partir de visitas previas que haya realizado y las que esté por realizar, el sistema define posibles intereses de cada usuario por características del elemento patrimonial, como el ambiente en el que se encuentra, el tipo de patrimonio, la ubicación, el precio, el autor, el periodo histórico, la motivación, el tipo de plan, el tiempo atmosférico y la aglomeración. Además, el usuario puede actualizar estos valores cuando lo crea conveniente e indicar su nivel de dificultad con respecto a cada temática. En la implementación se considera la ubicación, el tipo de patrimonio, el ambiente, el periodo histórico y el tiempo atmosférico.
- **Preferencias:** el sistema solicita al usuario cuáles son los tipos de medios (despliegue) asociados a los contenidos que prefiere que el sistema le muestre (audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y/o archivos PDF), las características de los elementos patrimoniales que desea visitar y las características de la ruta que une estos elementos patrimoniales. En cualquier momento, el usuario puede cambiar estas preferencias. En la implementación se consideró el despliegue de los contenidos, las características de la ruta a realizar (número de puntos máximo a recorrer y distancia total máxima)
- **Otros datos:** el sistema solicita al usuario que seleccione ciertas características como su vestimenta, ya que puede impedirle el acceso a un lugar patrimonial, los acompañantes con los que va a ir para visitar los elementos patrimoniales y el medio de transporte que va a utilizar.

2. Submodelo de elemento patrimonial:

Toda la información de un elemento patrimonial (datos básicos, horario, contenidos asociados y tipos de los medios de estos contenidos, ubicación, temáticas y restricciones) puede ser introducida y actualizada por el creador del elemento patrimonial o por los usuarios a los que éste haya dado los permisos adecuados. Entre estos últimos también se pueden encontrar los gestores del elemento patrimonial.

3. Submodelo de contexto:

- **Tiempo atmosférico:** a partir de la ubicación del elemento patrimonial el sistema detecta la ciudad donde se encuentra y esto permite obtener y actualizar el tiempo atmosférico.
- **Información demográfica:** a partir de la ubicación del elemento patrimonial, el sistema detecta dónde se encuentra; obtiene y actualiza los idiomas que se hablan y la religión que se practica mayoritariamente.

- **Ubicación:** para obtener este valor se usa el sensor GPS del dispositivo del usuario.
- **Dispositivo:** a partir de los sensores que utiliza la aplicación, de las características del dispositivo y de los permisos que el usuario le ha dado a la aplicación para acceder a esta información, el sistema obtiene y determina, por ejemplo, la forma en que se puede activar la realidad aumentada o cómo se pueden visualizar las rutas, los elementos patrimoniales y los contenidos asociados y los tipos de medios de estos contenidos asociados.

7.3. Servicios de adaptación

El motor de inferencia utiliza el submodelo de usuario, el de elemento patrimonial y el de contexto para hacer las adaptaciones (ver Ilustración 139). Comparando información de estos submodelos (tal como se detalla posteriormente) el sistema adapta los elementos patrimoniales que se muestran y las rutas que los unen. En el caso de la ruta, la adaptación se genera a partir de un conjunto de elementos patrimoniales obtenidos al hacer las otras adaptaciones.

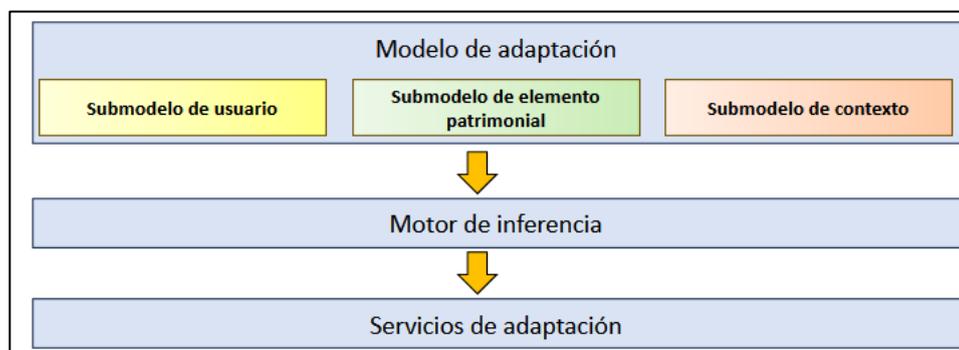


Ilustración 139. Relación entre los servicios de adaptación y los submodelos de adaptación

En la Ilustración 140 se muestra para cada una de estas tres adaptaciones, qué tipo de adaptación es y algunos ejemplos de las variables consideradas para hacer estas adaptaciones. El signo + hace referencia a que, para adaptar la ruta de puntos de elementos patrimoniales, se considera las preferencias de ruta, la disponibilidad, la ubicación del usuario y el horario de apertura y cierre del elemento patrimonial.

¿Qué se adapta?	Tipo de adaptación			Ejemplo	Submodelo de usuario						Submodelo de elemento patrimonial					Submodelo de contexto						
	Contenido	Presentación	Navegación		U1. Datos básicos	U2. Diversidad	U3. Disponibilidad	U4. Elemento patrimonial de interés	U5. Despliegue	U6. Rutas	P1. Datos básicos	P2. Restricción	P3. Horario	P4. Ubicación	P5. Medio asociado	C1. Tiempo atmosférico	C2. Ubicación	C3. Información demográfica	C4. Dispositivo			
Elemento patrimonial	X			A	X							X						X				
				B		X							X									
				C			X							X								
				D						X							X					
				E						X			X									
				F						X						X		X	X			
				G							X						X					
				H												X			X			
Medios de los contenidos de los elementos patrimoniales	X	X	X	I		X								X								
				J			X						X	X				X				
				K				X						X			X		X		X	
				L							X			X			X					X
				M							X						X					X
				N													X					X
Rutas	X																					

Ilustración 140. Variables consideradas en cada servicio de adaptación

A continuación, se describen cuál es el resultado de cada uno de los tres servicios de adaptación y algunas de las combinaciones de variables que se pueden utilizar.

1. Elementos patrimoniales: la adaptación de los elementos patrimoniales se realiza variando la lista de elementos patrimoniales que se le muestran al usuario. En este caso, la adaptación que se realiza es de contenidos. A continuación, se detallan algunos ejemplos que se pueden hacer entre las variables de los distintos submodelos de adaptación.

- **(A)** Los datos del usuario se comparan con las restricciones culturales que puede tener un elemento patrimonial relacionadas con la religión, con las restricciones de acceso debido a la vestimenta y la información demográfica donde se encuentra el usuario.
- **(B)** La diversidad que puede tener un usuario se compara con las restricciones de diversidad del elemento patrimonial.
- **(C)** La disponibilidad horaria del usuario se compara con los horarios de apertura y cierre del elemento patrimonial.
- **(D)** Las preferencias de las temáticas del elemento patrimonial de interés del usuario y su nivel de conocimiento en esa temática se comparan con la temática y el nivel de dificultad de los medios asociados al elemento patrimonial.
- **(E)** Las preferencias del usuario respecto al elemento patrimonial de interés se compara con los datos básicos del elemento patrimonial
- **(F)** Las preferencias del usuario respecto al tiempo atmosférico y la ubicación del usuario se comparan con el tiempo atmosférico previsto en la ubicación del elemento patrimonial.
- **(G)** Las preferencias del usuario en el tipo de medios de los elementos patrimoniales se comparan con los medios asociados al elemento patrimonial.
- **(H)** La ubicación del usuario se compara con la ubicación del elemento patrimonial.

Por ejemplo, si en el ejemplo A se consideran los datos de los dos usuarios (ver Tabla 90) respecto a la religión y la vestimenta, así como a las restricciones del elemento patrimonial considerando esas características;

- Sin adaptación, a los dos usuarios se le muestran los mismos elementos patrimoniales pues no se consideran las restricciones de los elementos patrimoniales en cuanto a las restricciones culturales.
- En cambio, con adaptación, al usuario A se le muestran elementos patrimoniales islámicos ubicados en Bogotá como la Mezquita Abou Bakr, el Centro de Estudios Islámicos- AlQurtubi y el Centro Islámico Ahlul Bayt mientras que al usuario B, por temas de la vestimenta y, por la religión que profesa, no se le muestran los lugares mencionados anteriormente, sino elementos patrimoniales como el Museo Santa Clara, la Plaza de Bolívar, Instituto Colombiano de Antropología e Historia y el Teatro al Aire Libre de La Media Torta (ver Tabla 91).

Tabla 90. Características para buscar elementos patrimoniales (ejemplo A)

Características	Usuario A	Usuario B
Religión	Islam	Cristiano
Vestimenta	Camisa	Camiseta
	Pantalón largo	Pantalóneta
	Zapatos	Sandalias

Tabla 91. Sugerencias de elementos patrimoniales (ejemplo A)

Usuario A			Usuario B			
Imagen	Posición geográfica	Nombre	Imagen	Posición geográfica	Nombre	V
	latitud: 4.651544400000010 longitud: -74.0832628000000000	Centro de Estudios Islámicos AlQurtubi		latitud: 4.5969777999999900 longitud: -74.0773202000000000	El Museo Santa Clara	
	latitud: 4.6483378999999990 longitud: -74.0838629000000100	Centro Islámico Ahlul Bayt		latitud: 4.5964802000000000 longitud: -74.0707438000000000	Instituto Colombiano de Antropología e Historia	
	latitud: 4.6744856000000000 longitud: -74.0672694999999900	Mezquita Abou Bakr Al-Siddiq		latitud: 4.5981206000000000 longitud: -74.0760435000000000	Plaza de Bolívar	
				latitud: 4.6003444000000000 longitud: -74.0659168999999900	Teatro al Aire Libre de La Media Torta	

2. **Medios de los contenidos de los elementos patrimoniales:** la adaptación de los tipos de medios de los contenidos asociados a los elementos patrimoniales se realiza mostrando de los elementos patrimoniales aquellos medios (audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y/o archivos PDF) los que el dispositivo puede reproducir. En este caso, la adaptación que se realiza es de contenidos, de presentación y de navegación. A continuación, se detallan algunos ejemplos que se pueden hacer entre las variables de los distintos submodelos de adaptación:

- (I) La diversidad del usuario se compara con los tipos de medios que tienen los contenidos asociados a los elementos patrimoniales.

- **(J)** La disponibilidad y la ubicación del usuario se compara con el horario de apertura, con el horario de cierre y con la ubicación del elemento patrimonial.
- **(K)** La disponibilidad y la ubicación del usuario se compara con el horario de apertura, con el horario de cierre, la duración de los medios asociados al elemento patrimonial y los medios que puede reproducir el dispositivo.
- **(L)** Las preferencias del usuario en el tipo de medios de los elementos patrimoniales se comparan con las restricciones, con los tipos de medios asociados al elemento patrimonial y con las características del dispositivo del usuario
- **(M)** Las preferencias del usuario en el tipo de medios de los contenidos asociados a los elementos patrimoniales se comparan con los medios que puede reproducir el dispositivo del usuario.
- **(N)** Los tipos de medios que puede reproducir el dispositivo del usuario se comparan con los tipos de medios que tienen los contenidos asociados a los elementos patrimoniales.

Por ejemplo, si en el ejemplo M se consideran los datos de los dos usuarios (ver Tabla 92) respecto al orden de preferencia en el tipo de medios de los contenidos asociados y las características del dispositivo que utiliza cada usuario y los tipos de medios de los contenidos asociados a cada elemento patrimonial y las características del dispositivo que utiliza cada uno de los usuarios.

- Sin adaptación, a los dos usuarios se le muestran todos los tipos de medios de los contenidos asociados (siempre que el dispositivo los pueda reproducir) en el orden determinado en el momento de crear el elemento patrimonial.
- En cambio, con adaptación, al usuario C se le muestran del elemento patrimonial los medios tipo texto, audio y video, dado que su dispositivo no soporta los otros tipos de medio, mientras que al usuario D se le muestran del elemento patrimonial, los medios tipo 3D, video, audio y texto. Y cada caso se muestran en el orden en el que se han enumerado (ver Tabla 93).

Tabla 92. Características para ver medios de los contenidos asociados a los elementos patrimoniales (ejemplo M)

Características	Usuario C	Usuario D
Orden de preferencia en el tipo de medios de los contenidos asociados al elemento patrimonial	Textos Audios Videos Imágenes Modelo 3D Sitios web	Modelos 3D Vídeos Archivos PDF Audios Textos Sitios web
Tipos de medios de los contenidos asociados al elemento patrimonial	Formato audio (MP3, AAC, WMA) Formato vídeo (MP4, AVI, MKV) Formato imagen (PNG, JPG, TIFF, HEIC) Formato texto (PDF, Word o texto sin formato) Modelos 3D (OBJ, FBX, STL)	
Tipos de medios que puede reproducir el dispositivo	Textos, videos y audios	Modelos 3D, videos, audios y textos

Tabla 93. Sugerencias de contenidos asociados de un mismo elemento patrimonial (ejemplo M)

Usuario C	Usuario D																												
<p>1. <input checked="" type="checkbox"/> Tipos de medio</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Audio</th> <th>Imagen</th> <th>Vídeo</th> <th>Modelo 3D</th> <th>Sitio web</th> <th>Texto</th> <th>PDF</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 1.1. Texto 1.2. Audio 1.3. Vídeo 	Audio	Imagen	Vídeo	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<p>1. <input checked="" type="checkbox"/> Tipos de medio</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Audio</th> <th>Imagen</th> <th>Vídeo</th> <th>Modelo 3D</th> <th>Sitio web</th> <th>Texto</th> <th>PDF</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 1.1. Modelo 3D 1.2. PDF 1.3. Texto 1.4. Web 	Audio	Imagen	Vídeo	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Audio	Imagen	Vídeo	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF																							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
Audio	Imagen	Vídeo	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF																							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																							
<p>Información del punto de interés</p> <p>nombre del punto de interés: Señor de la Humildad</p> <p>Visualización: todo el mundo</p> <p>Edición: solo yo</p> <p>Correo del creador del punto de interés: juteck2008@hotmail.com</p> <p>Accesibilidad:</p> <p>Ninguno</p> <p>Estado conservación:</p> <p>Ninguno</p> <p>Etiquetas</p> <p>MuseoSantaClara</p> <p>Contenidos aumentados</p> <p>Texto: texto español - El "Señor de la Humildad" representa a Cristo en el momento en que se detiene a tomar un respiro, luego de ser azotado y sentenciado a morir. Aparece casi siempre sentado, con lágrimas en su rostro y los brazos cruzados y apoyados sobre la pierna izquierda. Esta imagen fue muy utilizada por la Iglesia en los territorios americanos, donde se impuso como símbolo de la pasión y representación de las virtudes cristianas: humildad, mortificación y entrega.</p> <p>Texto: texto inglés - The "Lord of Humility" altarpiece represents Christ at the moment he stops to take a breath, having been scourged and sentenced to die. He is almost always depicted as sitting down, with tears on his face, arms crossed and placed over his left leg. This image was often used by the church in territories of America, where it took over as a symbol of the passion and as a representation of Christian virtues: humility, mortification and devotion.</p> <p>Texto: texto portugués - O "Senhor da Humildade" representa a Cristo no momento em que se detém a tomar um respiro depois de ser açoitado e sentenciado a morrer. Aparece quase sempre sentado, com lágrimas em seu rosto e braços cruzados e apoiados sobre a perna esquerda. Essa imagem foi muito utilizada pela Igreja nos territórios americanos como símbolo da paixão e representação das virtudes cristãs: humildade, mortificação e entrega.</p> <p>Texto: texto francés - Le « Seigneur de l'humilité représente le Christ au moment où il se détient pour reprendre son souffle et être ensuite flagellé et condamné à mort. Il apparaît presque toujours assis, des larmes coulant le long de son visage, les bras croisés s'appuyant sur la jambe gauche. Cette image a été utilisée par l'Eglise dans les territoires d'Amérique, où elle s'imposa comme symbole de la passion et représentation des vertus chrétiennes : humilité, mortification et dévouement.</p> <p>Texto: Descripción señor de la humildad - Una de las imágenes más impactantes del Museo Santa Clara es el Señor de la Humildad. Esta talla es fiel representante de la devoción barroca que buscaba, a través de imágenes llenas de expresión y realismo, afectar los sentidos del devoto.</p> <p>Audio: descripción español</p> <p>▶ 0:00 / 1:30</p> <p>Audio: descripción portugués</p> <p>▶ 0:00 / 1:49</p> <p>Audio: descripción inglés</p> <p>▶ 0:00 / 1:45</p> <p>Audio: descripción francés</p> <p>▶ 0:00 / 2:00</p> <p>Vídeo: Vídeo Señor de la Humildad</p>	<p>Información del punto de interés</p> <p>nombre del punto de interés: Señor de la Humildad</p> <p>Visualización: todo el mundo</p> <p>Edición: solo yo</p> <p>Correo del creador del punto de interés: juteck2008@hotmail.com</p> <p>Accesibilidad:</p> <p>Ninguno</p> <p>Estado conservación:</p> <p>Ninguno</p> <p>Etiquetas</p> <p>MuseoSantaClara</p> <p>Contenidos aumentados</p> <p>Modelo: Modelo Cristo</p> <p>PDF: Señor de la humildad Museo Santa Clara</p> <p>Texto: texto español - El "Señor de la Humildad" representa a Cristo en el momento en que se detiene a tomar un respiro, luego de ser azotado y sentenciado a morir. Aparece casi siempre sentado, con lágrimas en su rostro y los brazos cruzados y apoyados sobre la pierna izquierda. Esta imagen fue muy utilizada por la Iglesia en los territorios americanos, donde se impuso como símbolo de la pasión y representación de las virtudes cristianas: humildad, mortificación y entrega.</p> <p>Texto: texto inglés - The "Lord of Humility" altarpiece represents Christ at the moment he stops to take a breath, having been scourged and sentenced to die. He is almost always depicted as sitting down, with tears on his face, arms crossed and placed over his left leg. This image was often used by the church in territories of America, where it took over as a symbol of the passion and as a representation of Christian virtues: humility, mortification and devotion.</p> <p>Texto: texto portugués - O "Senhor da Humildade" representa a Cristo no momento em que se detém a tomar um respiro depois de ser açoitado e sentenciado a morrer. Aparece quase sempre sentado, com lágrimas em seu rosto e braços cruzados e apoiados sobre a perna esquerda. Essa imagem foi muito utilizada pela Igreja nos territórios americanos como símbolo da paixão e representação das virtudes cristãs: humildade, mortificação e entrega.</p> <p>Texto: texto francés - Le « Seigneur de l'humilité représente le Christ au moment où il se détient pour reprendre son souffle et être ensuite flagellé et condamné à mort. Il apparaît presque toujours assis, des larmes coulant le long de son visage, les bras croisés s'appuyant sur la jambe gauche. Cette image a été utilisée par l'Eglise dans les territoires d'Amérique, où elle s'imposa comme symbole de la passion et représentation des vertus chrétiennes : humilité, mortification et dévouement.</p> <p>Texto: Descripción señor de la humildad - Una de las imágenes más impactantes del Museo Santa Clara es el Señor de la Humildad. Esta talla es fiel representante de la devoción barroca que buscaba, a través de imágenes llenas de expresión y realismo, afectar los sentidos del devoto.</p> <p>Web: El señor de la Humildad - curiosidades https://www.lahornacina.com/curiosidadescolombia.htm</p>																												

3. **Rutas:** dado el conjunto de elementos patrimoniales resultante de la adaptación de elementos patrimoniales y de la adaptación de los medios de los contenidos asociados a los elementos patrimoniales, la adaptación de las rutas consiste en seleccionar algunos de estos elementos patrimoniales, así como mostrar el recorrido que se debe realizar para visitar los elementos patrimoniales seleccionados. Las preferencias respecto a las características de la ruta relativas al número máximo de elementos patrimoniales, la distancia máxima entre ellos, la distancia

máxima de la ruta, la hora de inicio y el tiempo máximo para realizarla se tienen en cuenta para determinar qué puntos forman la ruta y en qué orden se visitan. Para determinarlo, es necesario considerar la ubicación del usuario y del elemento patrimonial, los horarios de apertura y cierre, así como el precio de la entrada de cada uno de los elementos patrimoniales. En este caso, la adaptación que se realiza es de contenidos.

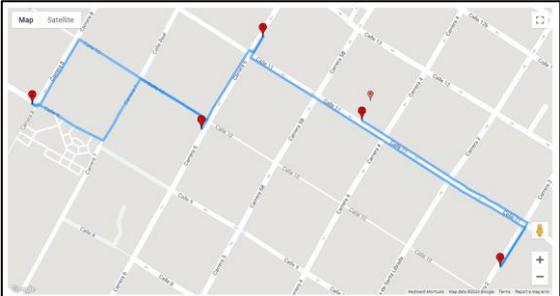
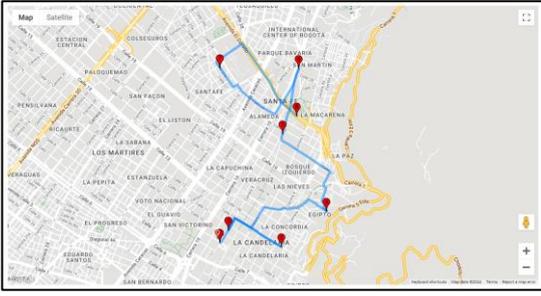
Por ejemplo, si se consideran las preferencias de los dos usuarios (ver Tabla 94) respecto a las características de la ruta y al tiempo atmosférico, al igual que su ubicación y las características de cada uno de los elementos patrimoniales en cuanto a su ubicación y horario:

- Sin adaptación, a los dos usuarios se le muestran todos los elementos patrimoniales que se pueden visitar teniendo en cuenta sus horarios de apertura y cierre.
- En cambio, con adaptación, al usuario E se le muestran los elementos patrimoniales que se encuentren entre ellos a una distancia máxima de 1 km. Primero, se generará la ruta con los elementos patrimoniales que se encuentren abiertos y, posteriormente, se determinará la duración total de la visita. En el caso del usuario F se le muestra la ruta teniendo en cuenta sus preferencias que corresponden a visitar más elementos patrimoniales, con una distancia mayor entre ellos y con más tiempo para realizar la visita y pudiendo ser ésta de una mayor longitud (ver Tabla 95).

Tabla 94. Preferencias para buscar rutas

Preferencias		Usuario E	Usuario F
Características de la ruta	Número máximo de elementos patrimoniales a visitar	5 elementos	8 elementos
	Tiempo máximo para realizar la visita	3 horas	8 horas
	Distancia máxima entre dos puntos	1 km	2 km
	Distancia total máxima	10 km	30 km
	Hora de inicio de la ruta (se obtiene de la disponibilidad)	10:00 am	7:00 am
Tiempo atmosférico		Soleado	Parcialmente nublado

Tabla 95. Sugerencia de ruta

Usuario E	Usuario F																																							
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Museo Colonial</td> <td>4.5967308,-74.0751685</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Museo Santa Clara</td> <td>4.596977999999999,-74.0773202</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Gabriel García Márquez Cultural Center</td> <td>4.597875699999999,-74.0742633</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Museo de La Salle Bogotá</td> <td>4.5948148,-74.0710787</td> </tr> <tr> <td></td> <td>La Candelaria</td> <td>4.597014,-74.0728759</td> </tr> </table>		Museo Colonial	4.5967308,-74.0751685		Museo Santa Clara	4.596977999999999,-74.0773202		Gabriel García Márquez Cultural Center	4.597875699999999,-74.0742633		Museo de La Salle Bogotá	4.5948148,-74.0710787		La Candelaria	4.597014,-74.0728759	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Museo Santa Clara</td> <td>4.596977999999999,-74.0773202</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Columbian Institute of Anthropology and History -ICANH</td> <td>4.5984802,-74.0707438</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Plaza de Bolívar</td> <td>4.591206,-74.0760435</td> </tr> <tr> <td></td> <td>La Media Torta</td> <td>4.6032444,-74.06591689999999</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Teatro Municipal Jorge Eliécer Gaitán</td> <td>4.6086901,-74.0707267</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Museo Nacional de Colombia</td> <td>4.615408700000001,-74.0686072</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Museo Exposición del Hombre</td> <td>4.615771,-74.077249</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Bogotá Museum of Modern Art MAMBO</td> <td>4.610405309999999,-74.0692739</td> </tr> </table>		Museo Santa Clara	4.596977999999999,-74.0773202		Columbian Institute of Anthropology and History -ICANH	4.5984802,-74.0707438		Plaza de Bolívar	4.591206,-74.0760435		La Media Torta	4.6032444,-74.06591689999999		Teatro Municipal Jorge Eliécer Gaitán	4.6086901,-74.0707267		Museo Nacional de Colombia	4.615408700000001,-74.0686072		Museo Exposición del Hombre	4.615771,-74.077249		Bogotá Museum of Modern Art MAMBO	4.610405309999999,-74.0692739
	Museo Colonial	4.5967308,-74.0751685																																						
	Museo Santa Clara	4.596977999999999,-74.0773202																																						
	Gabriel García Márquez Cultural Center	4.597875699999999,-74.0742633																																						
	Museo de La Salle Bogotá	4.5948148,-74.0710787																																						
	La Candelaria	4.597014,-74.0728759																																						
	Museo Santa Clara	4.596977999999999,-74.0773202																																						
	Columbian Institute of Anthropology and History -ICANH	4.5984802,-74.0707438																																						
	Plaza de Bolívar	4.591206,-74.0760435																																						
	La Media Torta	4.6032444,-74.06591689999999																																						
	Teatro Municipal Jorge Eliécer Gaitán	4.6086901,-74.0707267																																						
	Museo Nacional de Colombia	4.615408700000001,-74.0686072																																						
	Museo Exposición del Hombre	4.615771,-74.077249																																						
	Bogotá Museum of Modern Art MAMBO	4.610405309999999,-74.0692739																																						
																																								
<p>Tramo 1: DESDE (1)El Museo Colonial HASTA (2) Museo Santa Clara  Distancia: 0.357 Km</p> <p>Tramo 2: DESDE (2)Museo Santa Clara HASTA (3) Centro Cultural Gabriel García Márquez  Distancia: 0.483 Km</p> <p>Tramo 3: DESDE (3)Centro Cultural Gabriel García Márquez HASTA (4) Museo de la Salle Bogotá  Distancia: 0.568 Km</p> <p>Tramo 4: DESDE (4)El Museo de la Salle Bogotá HASTA (5) La Candelaria  Distancia: 0.348 Km</p> <p>Distancia total: 1.756 Km</p>	<p>Tramo 1: DESDE (1)El Museo Santa Clara HASTA (2) Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICANH  Distancia: 1.002 Km</p> <p>Tramo 2: DESDE (2) Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICANH HASTA (3) Plaza de Bolívar  Distancia: 0.823 Km</p> <p>Tramo 3: DESDE (3)Plaza de Bolívar HASTA (4) La Media Torta  Distancia: 1.521 Km</p> <p>Tramo 4: DESDE (4) La Media Torta HASTA (5) Teatro Municipal Jorge Eliécer Gaitán  Distancia: 1.343 Km</p> <p>Tramo 5: DESDE (5) Teatro Municipal Jorge Eliécer Gaitán HASTA (6) Museo Nacional de Colombia  Distancia: 1.343 Km</p> <p>Tramo 6: DESDE (6) Museo Nacional de Colombia HASTA (7) Museo Exposición del Hombre  Distancia: 1.529 Km</p> <p>Tramo 7: DESDE (7) Museo Exposición del Hombre HASTA (8) Museo de Arte Moderno MAMBO  Distancia: 1.582 Km</p> <p>Distancia total: 8.602 Km</p>																																							

7.4. Modelo de evaluación para la adaptación de información

La adaptación de la información para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural es una característica que es importante implementar en las aplicaciones actuales ya que este tipo de sitios tienen una gran cantidad de información que puede generar sobrecarga cognitiva al usuario (Kuflik et al., 2011) por lo que es necesario garantizar que la información y la exhibición que se le va a mostrar se encuentre relacionado a sus características y necesidades (Karaman et al., 2016). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

En la sección 7.4.1. y 7.4.2. se han analizado las aplicaciones que utilizan la adaptación de la información para identificar la forma en que éstas la evalúan. Sin embargo, no se encontró ningún test para evaluar la adaptación de la información porque depende de las características del usuario y del contexto, por lo que para evaluar la adaptación se hace una comparación de los resultados que se obtienen sin y con adaptación. En otros casos, utilizan un test de aceptación tecnológica en el que comparan los resultados sin y con adaptación.

7.4.1. Test de adaptación de información

En la literatura no se encontró un test que evalué la adaptación de la información, dado que depende de las características que se consideran del usuario y de su contexto. Para evaluar si la adaptación es correcta, se comparan las sugerencias que brinda un sistema con respecto a lo que mostraría si no se adapta. Algunos artículos utilizan algún test de aceptación tecnológica en las versiones de adaptación y sin adaptación para comparar la diferencia que hay entre ellas. En la siguiente subsección, se describen algunos artículos que utilizan la adaptación de información, en entornos patrimoniales; por tal motivo, esta investigación se ha centrado en las características que consideran del usuario y de su contexto y en las conclusiones a las que llegaron con la comparación de las versiones.

7.4.2. Adaptación de información: trabajos relacionados

En esta sección se encuentran los trabajos relacionados que adaptan la información para el aprendizaje del patrimonio cultural. Inicialmente, se describe el funcionamiento de cada una de ellas, que características considera y en algunos los resultados que obtuvieron en las pruebas que realizaron. Después de la descripción se muestra una tabla con un resumen sobre el número de participantes que utilizaron la aplicación, que características del usuario, del contexto y del elemento patrimonial se consideran para adaptar la información, el tipo de adaptación que aplican y qué es lo que adaptan.

CorfuAR es una aplicación que tiene dos versiones en las que la información se puede o no personalizar (Kourouthanassis et al., 2015). Esta aplicación ha sido desarrollada para dispositivos móviles con el sistema operativo Android (como funcionalidades básicas permite ver información de los elementos patrimoniales, realizar rutas de elementos seleccionados y revisar redes sociales para obtener comentarios de los elementos). Como servicios de personalización, este sistema sugiere elementos patrimoniales considerando las preferencias del usuario (que se obtienen a través de un cuestionario) para saber las actividades que va a realizar durante su viaje. Este cuestionario solamente se solicita a los usuarios que han ingresado a la aplicación con personalización. Los autores han seleccionado 90 elementos patrimoniales de la ciudad de Corfú y los han clasificado en 9 tipos (museos, religión, bares, deportes, tiendas, naturaleza, restaurantes, playas y panoramas). Al iniciar, todos los

elementos patrimoniales se muestran con iconos grises (elementos patrimoniales sin considerar la personalización) y dependiendo de las actividades que desea realizar, algunos de ellos se pintan de otro color (azul - actividades de negocio, cultura y religión; rojo – compras y alimentos; verdes – naturaleza y playas). Para la personalización no solo se toma en cuenta las preferencias del usuario, sino también, las características de otros usuarios que han elegido actividades similares. La aplicación sugiere elementos patrimoniales basada en las visitas de otros usuarios a distintos sitios patrimoniales. Para evaluar la aplicación se considera el desempeño del sistema y la intención de uso de los turistas utilizando el test de aceptación tecnológica UTAUT2. En cuanto a las versiones sin y con adaptación, no se encontró diferencias significativas porque el contenido que se brindaba era el mismo y las diferencias eran mínimas (solo se cambia el icono de los elementos a otro color), por lo que los autores sugieren implementar un servicio diferente donde solo se muestren los elementos patrimoniales relevantes según su submodelo de usuario (Tabla 96).

Tabla 96. Resumen CorfuAR

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Kourouthanassis et al., 2015)	<p>36 (grupo experimental - sin personalización)</p> <p>69 (grupo experimental - con personalización)</p>	<p>1. Actividades de preferencia (participar en seminarios, conferencias, reuniones de negocios; visitar monumentos, museos, sitios arquitectónicos; ir a comer o tomar; comprar ropa; rezar y/o dar paseos en sitios naturales)</p> <p>2. Preferencias en sitios de interés (museos, religión, bares, deportes, tiendas, naturaleza, restaurantes, playas, panoramas)</p>			Contenido, presentación, navegación	Elementos patrimoniales

En (Stock et al., 2007) para evaluar la adaptación con respecto a los contenidos analizan y evalúan dos escenarios diferentes con el proyecto PEACH en las que dependiendo del tipo de personaje que el usuario selecciona dentro de la aplicación (personaje histórico o personaje artístico) se brinda información diferente de los sitios patrimoniales a cada uno de los usuarios. Para evaluar si los contenidos que se les muestra son acordes, el usuario evalúa cada contenido con una escala de Likert. Dependiendo de los resultados que va ingresando se va cambiando el tipo de contenido que se le va mostrando. El experimento lo realizaron con 143 visitantes de la Torre Aquila en el Museo Buonconsiglio en un rango de edad de 20 a 79 años. De las 143 pruebas, se descartaron 33 porque no completaron las preguntas del cuestionario quedaron un total de 110 (49 hombres y 61 mujeres). Los resultados mostraron que los usuarios les gustó las sugerencias brindadas por el sistema. Sin embargo, mencionaron que hace falta crear experiencias grupales y considerar en el submodelo de usuario las visitas previas para sugerir elementos patrimoniales que se ajusten mejor a los intereses personales y a los del grupo que lo acompaña (ver Tabla 97).

Tabla 97. Resumen PEACH

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Stock et al., 2007)	110 (grupo experimental)	1. Temática de interés (historia, arte)			Contenido, presentación, navegación	Elementos patrimoniales

La aplicación TaggingCreaditor es una herramienta web flexible y colaborativa para la creación de contenidos en juegos móviles basado en la localización (Sintoris et al., 2015). Para probarla, definieron tres escenarios para mostrar y adaptar los contenidos. En el primer escenario, los expertos patrimoniales crean los contenidos sobre las exhibiciones para que luego, un profesor los selecciona y adapta según lo que necesita mostrarles a sus estudiantes. En el segundo escenario, el profesor selecciona los contenidos que ya se han realizado previamente y los copia para su asignatura. En el tercero, el profesor crea otros contenidos examinando qué elementos se van a considerar previamente a la visita del museo. Para evaluar la aplicación utilizan el test SUS para la creación de los contenidos. Sin embargo, no comparan los resultados respecto a si al adaptar la información mejora alguna característica en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural (ver Tabla 98).

Tabla 98. Resumen TaggingCreaditor

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Sintoris et al., 2015)	9 (grupo experimental)	1. Temáticas de interés (época, estilo artístico, movimiento artístico)			Contenido	Elementos patrimoniales

En (Yang et al., 2022), se describe un prototipo en el que, para implementar la adaptación de la información, se solicita al usuario la primera vez que ingrese los datos personales (el nombre, la edad, el género) y las preferencias en el área en que se encuentra interesado (política, historia, economía, arte, religión y tecnología) para generar un submodelo de usuario. Con esta información, la aplicación personaliza los elementos y contenidos que puede ver el usuario. Para evaluar si la adaptación es una característica importante, realizan el test SUS y un cuestionario llamado FIPI (*Five Item Personality Inventory*) para evaluar 5 dimensiones de personalidad (apertura a la experiencia, responsabilidad, extraversión, amabilidad y neuroticismo) con una escala de Likert de 1 a 5 donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo. Las preguntas que realizan en el cuestionario son las siguientes (entre paréntesis se encuentra el resultado promedio obtenido de los 15 participantes):

1. ¿Las sugerencias fueron relevantes? (85%)
2. ¿Me gustaron las sugerencias del sistema? (79%)
3. ¿El sistema no sugirió demasiados sitios patrimoniales? (73%)
4. ¿La información adaptada se ajusta a mis preferencias? (79%)
5. ¿Los sitios patrimoniales se ajustan más a mis preferencias comparado con los generados aleatoriamente? (64%)

En conclusión, los autores mencionan que el prototipo de la aplicación móvil fue útil para brindar información personalizada sobre las atracciones turísticas. Sin embargo, falta incorporar otros tipos de contenidos como videos, audios, modelos 3D y soporte en la navegación, así como generar sugerencias personalizadas sobre otros sitios como tiendas, restaurantes y alojamientos (ver Tabla 99).

Tabla 99. Resumen Yang et al., 2022

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Yang et al., 2022)	15 (grupo experimental)	1. Temáticas de interés (política, historia, economía, arte, religión, tecnología) 2. Edad 3. Género			Contenido, presentación, navegación	Elementos patrimoniales y contenidos

En (Tavčar et al., 2016) se describe un servicio web para museos virtuales como Google Arts y Culture Project que utiliza un asistente virtual que utiliza procesamiento de lenguaje natural para interactuar con los usuarios y aprende sus preferencias según las búsquedas que va realizando. El museo que ha sido seleccionado para probar el sistema es el Museo Británico. Para obtener las preferencias, el usuario debe realizar preguntas al asistente virtual el cual comprende el lenguaje natural de lo que va ingresando el usuario. Este sistema está diseñado para que el asistente virtual ofrezca contenidos basado en condiciones lógicas (if-then) y mediante la definición de reglas utilizando AND, OR y NOT. Para generar las sugerencias, se emplea el algoritmo de similitud de coseno, que calcula la distancia entre las preferencias del usuario y los elementos almacenados en la base de datos. El asistente virtual obtiene las preferencias del usuario considerando las búsquedas realizadas, el tiempo que se toma en leer las respuestas y los movimientos que realiza dentro del museo virtual. Para validar las recomendaciones hacen un pequeño experimento con 3 usuarios a los que se les invita a utilizar el asistente virtual y a realizar varias preguntas para generar el submodelo de usuario. Posteriormente comparan las sugerencias dadas por el sistema con los elementos que el usuario hubiera visitado. Como resultados, se encontró que las sugerencias brindadas por el asistente virtual comparándolas con las que selecciona el usuario fueron muy similares por lo que concluyen que el sistema si realiza sugerencias acordes a las necesidades del usuario (ver Tabla 100).

Tabla 100. Resumen Tavčar et al., 2016

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Tavčar et al., 2016)	3 (grupo experimental)	1. Preguntas de conceptos clave de los elementos patrimoniales al asistente virtual (autor, ubicación del elemento patrimonial, material, dimensiones, período histórico)	1. Tiempo que toma en leer las respuestas dadas por el sistema (detectar intereses por autor, ubicación y material) 2. Exhibiciones que visita en el museo virtual (detectar intereses por autor, ubicación del elemento patrimonial y período histórico)	1. Autor 2. Período histórico 3. Material 4. Dimensiones	Contenido, presentación	Elementos patrimoniales

El proyecto llamado ARTSENSE realizado para la Unión Europea en el museo de Art set Métiers (París, Francia), Foundation of Art Creative and Technology Liverpool (Liverpool, Reino Unido) y en el Museo Nacional de Artes Decorativas (Madrid, España), tienen como objetivo desarrollar un prototipo que permite personalizar las experiencias de cada usuario en museos utilizando la realidad aumentada (Damala et al., 2012). Para adaptar los contenidos de realidad aumentada se basan en el nivel de interés del usuario considerando el tiempo que pasa

contemplando la obra de arte, el ambiente (sonidos que pueden interrumpir al visitante y los contenidos multimedia – imágenes, videos, animaciones, texto, sonidos y modelos 3D) y los signos biológicos y físicos del visitante (pulsaciones del corazón, frecuencia respiratoria, nivel de conductancia de la piel). Para la sugerencia de contenidos se consideran diferentes tipos de visitantes (novatos, expertos, niños, adultos, entre otros). Realizan una prueba con un usuario seleccionando como escenario el Museo Nacional de Artes Decorativas (MNAD). No obstante, no se hace alguna comparación o evaluación sobre si las sugerencias generadas por el proyecto son acordes a las características y necesidades del usuario, sino solamente revisan que el sistema si genere las sugerencias (ver Tabla 101).

Tabla 101. Resumen ArtSENSE

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Damala et al., 2012)	1 (grupo experimental)	1. Signos biológicos (frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, nivel de conductancia de la piel). Obtener nivel de interés del visitante por los elementos patrimoniales que observa 2. Mirada (hacia donde mira y durante cuánto tiempo). Obtener nivel de interés del visitante por los elementos patrimoniales que observa 3. Tipo de visitante (novato, experto, niño, adulto)	1. Acústica del ambiente (contenidos a mostrar al usuario)	1. Tipos de contenidos asociados al elemento patrimonial (imágenes, videos, animaciones, textos, audios con comentarios, sonidos, modelos 3D)	Presentación, navegación	Elementos patrimoniales y contenidos

En (Y. Wang et al., 2008) se describe un sistema de arte llamado CHIP que recomienda obras de arte basándose en el tipo de contenidos que observa el visitante. Para clasificar los elementos patrimoniales utilizan ontologías que luego son utilizadas para predecir los intereses del usuario. En el artículo mencionan que por cada obra de arte que observa el usuario, se le pide que lo califique con una escala de 0 a 5 y dependiendo de la calificación se refinan los intereses del usuario. Para evaluar la efectividad del aprendizaje se realiza un cuestionario antes y después para comprobar si el sistema de arte ayuda a usuarios novatos y a los expertos a comprender mejor los contenidos de los elementos patrimoniales expuestos en el museo Rijksmuseum. Para evaluar la aplicación primero realizan una evaluación con 39 participantes para comprobar la efectividad en las recomendaciones que se le brindan a usuarios novatos y a los expertos. Como resultado se encuentra que los contenidos sugeridos a los novatos les son muy relevantes, pero en cambio, los expertos consideran que es poco novedoso. Posteriormente 63 participantes evalúan el número de contenidos que se recomienda a los usuarios. Para ello compara las obras de arte que recomienda el sistema respecto a las obras de arte que le gustaría ver a los usuarios. Como resultados, la diferencia entre lo que recomienda el sistema y lo que selecciona el usuario encuentran no es significativa (ver Tabla 102).

Tabla 102. Resumen CHIP

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Y. Wang et al., 2008)	<p>39 (grupo experimental, estos usuarios se dividen en novatos y expertos comparando las recomendaciones realizadas en cada caso)</p> <p>63 (grupo experimental, compara obras recomendadas por el sistema con las preferidas por el usuario)</p>	<p>1. Preferencia en elementos patrimoniales (se obtiene a partir de la votación para cada elemento patrimonial y contenido asociado de 1 a 5)</p> <p>2. Temática de interés (arte o historia)</p>	<p>1. Tiempo disponible para realizar la visita</p> <p>2. Ubicación del usuario</p> <p>3. Dispositivo (para brindar contenido que soporte el dispositivo)</p>	<p>1. Lugar en el que se encuentra elemento patrimonial</p> <p>2. Año de realización</p> <p>3. Autor</p> <p>4. Material</p> <p>5. Estilo artístico</p>	Contenido, presentación, navegación	Elementos patrimoniales

En (Ruotsalo et al., 2013) se describe la aplicación móvil SMARTMUSEUM que sugiere sitios patrimoniales (como museos y edificios arquitectónicos) que contienen diversos elementos patrimoniales (como esculturas y obras de arte). Este sistema ofrece contenidos multimedia personalizados considerando las características del usuario y de su contexto. El reto del proyecto es brindar información acorde a las necesidades del usuario, por lo que implementan un sistema que sugiere elementos patrimoniales. Para hacer las sugerencias el sistema utiliza el método de recomendación basado en contenidos que se basa en un submodelo de usuario y del contexto. Como variables, el sistema considera el tiempo de la visita, la ubicación del usuario, si va con algún acompañante (familia, amigos, grupo de escuela, grupo de turistas) o solo, la motivación por la que va (aventura, arte y cultura, educación, bienestar y relajación), sus intereses en cuanto a los autores de las obras artísticas, lugares de preferencia (Italia, Florencia, entre otros) y conceptos (estilos artísticos, periodos históricos, materiales, entre otros). Para obtener información del usuario utilizan la ontología llamada GUMO (*General User Modeling Ontology*) y para el contexto utilizan el GPS y el RFID para obtener la posición del usuario y de los elementos patrimoniales. Como datos explícitos que se le solicita que ingrese el usuario durante la visita es la duración, la motivación y los tipos de contenidos que sirven para sugerir los elementos patrimoniales que debe visitar. Para sugerir los contenidos, el usuario va calificando cada uno con un me gusta o no me gusta. El sistema dependiendo de los resultados positivos, va sugiriendo contenidos similares. La aplicación ha sido desarrollada para que funcione en ambientes externos en el que el usuario puede recorrer la ciudad y visitar sitios de interés, en ambientes internos en el que se le brinda información sobre los elementos patrimoniales de interés y en un sitio web en el que el usuario puede ver los contenidos que se presentan en el museo antes y después de la visita (ver Tabla 103).

Tabla 103. Resumen SMARTMUSEUM

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Ruotsalo et al., 2013)	24 (grupo experimental)	1. Interés en autores 2. Motivación de la visita (aventura, arte y cultura, educación, bienestar, relajación) 3. Preferencias de elementos patrimoniales (se le pide que por cada elemento patrimonial vote si le parece o no relevante - edificio, obra artística, iglesia, museo, sitio arqueológico, entre otras) 4. Tiempo previsto para visitar el elemento patrimonial 5. Tipo de acompañantes (familia, amigos, escuela, grupo de turistas, solo)	1. Ubicación del usuario (a través del dispositivo del usuario usando el GPS)	1. Etiquetas asociadas al elemento patrimonial (se obtiene a través de una ontología RDF en el que se describe la ubicación, el tipo de elemento patrimonial – edificio, obra artística, iglesia, museo, sitio arqueológico, entre otras)	Contenido, presentación, navegación	Elementos patrimoniales y contenidos

La aplicación llamada PIL (Kuflik et al., 2015) para adaptar la información define unos estereotipos (submodelo de usuario) que el usuario selecciona. Dependiendo del submodelo seleccionado se muestran diferentes contenidos del elemento patrimonial. Para evaluar y adaptar los contenidos, utilizan el método de *like* y *dislike*. Sin embargo, para los usuarios que utilizan el sistema por primera vez, se les solicita información sobre qué tipo de contenidos les gustan ver y para visitas posteriores tiene en cuenta las visitas previas y la calificación que le dio a cada contenido. Para evaluar la adaptación se realizaron 3 pruebas piloto. La primera prueba se realizó con 9 participantes que se dividieron en 3 grupos: uno utilizó una guía sin adaptación, otro con adaptación y otro solamente audio guías. A partir de los resultados de la prueba detectaron problemas en la implementación por lo que volvieron a hacer una segunda prueba con la ayuda de los investigadores. Como resultados de la segunda prueba, detectaron que necesitaban realizar mejoras en el sistema. Una última prueba, la realizaron con 22 usuarios en el que 12 utilizaron la versión adaptativa y 10 la no adaptativa. Como conclusiones mencionan que la preparación del contenido es una parte laboriosa en el diseño de las guías interactivas y que los visitantes prefieren ver contenidos nuevos que otros que ya conocen (ver Tabla 104).

Tabla 104. Resumen PIL

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Kuflik et al., 2015)	9 (grupo experimental)	1. Preferencia en el tipo de contenidos (audios, imágenes) 2. Los intereses del usuario en relación con el tema del elemento se determinan a partir de las preguntas propuestas por el sistema y las respuestas que el usuario proporciona	1. Visitas previas a elementos patrimoniales (número de veces que ha visto los contenidos del elemento patrimonial) 2. Ubicación del usuario (la obtiene a través del dispositivo móvil)	1. Contenidos asociados al elemento patrimonial (audios, imágenes)	Contenido, presentación, navegación	Elementos patrimoniales

MNEMOSYNE es una aplicación que para adaptar la información genera un submodelo de usuario según la distancia y el tiempo está apreciando un elemento patrimonial (Karaman et al., 2016). Cuando más cerca esté del elemento y más tiempo pase con él, se desarrolla un submodelo basado en el tema que presenta el elemento patrimonial. Para tener una base de datos congruente de los elementos patrimoniales utilizan una ontología en formato RDF (*Resource Description Framework*). Para realizar las sugerencias puede hacerlo de 2 maneras. La primera basada en el usuario considerando los intereses que tiene el usuario y comparándolos con otros usuarios similares. La segunda basada en los elementos en el que se considera solamente los intereses del usuario y las características similares que hay con elementos patrimoniales que ha visto. Como conclusiones los autores mencionan que generar un submodelo por observación pasiva de los usuarios para estimar su interés cumple con sus expectativas y a futuro se desea evaluar el impacto que tienen los contenidos sugeridos (ver Tabla 105).

Tabla 105. Resumen MNEMOSYNE

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Karaman et al., 2016)	24 (grupo experimental)	1. Intereses por tipos de elementos patrimoniales (lugares, eventos, curiosidades históricas, obras de arte) 2. Interacciones previas del usuario con el elemento patrimonial (intereses del usuario)	1. Distancia y tiempo que está en observando el elemento patrimonial (para detectar los elementos patrimoniales que más le interesan) 3. Similitud de intereses con otros usuarios	1. Características de los contenidos del elemento patrimonial (se obtiene a partir de una ontología definida en el museo con formato RDF) 2. Características del elemento patrimonial (autor, museo en el que se encuentra, material)	Contenido, presentación, navegación	Rutas

En (Cardoso et al., 2020) se describe un sistema planeador de rutas que adapta la interfaz del usuario (AUI – *adaptive user interface*) en la navegación y la presentación. Para la navegación considera del usuario las preferencias, el número de puntos de interés y el tiempo que dura la visita. Para la presentación considera la experiencia del usuario y la edad. La adaptación que realiza en la presentación es el tamaño de las letras y botones. La aplicación ha sido probada en el lugar patrimonial El Faro en Portugal. De las pruebas que se realizan son a nivel computacional simulando la participación de 25 usuarios. Para evaluarla mencionan que a futuro utilizaran el test UTATUT2 para evaluar la aceptación, el uso de la tecnología y la satisfacción de los usuarios con respecto a las sugerencias dadas por el sistema (ver Tabla 106).

Tabla 106. Resumen Cardoso et al., 2020

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Cardoso et al., 2020)	25 (grupo experimental - simulación)	1. Edad (adaptación de la interfaz gráfica según la categoría – adulto mayor, niños, expertos, usuarios generales) 2. Preferencias en elementos patrimoniales (se obtiene calculando el tiempo que se demoró observando un elemento con respecto a lo que ha durado la visita) 3. Diversidad (dificultades de movilidad, para calcular si puede tener una dificultad se evalúa el tiempo que tarda en caminar entre un punto y otro)	1. Duración de la visita 2. Número de elementos patrimoniales visitados	1. Tipo de elemento patrimonial (tienda, ciencia, museo, iglesia, teatro, monumento, parque para niños, edificio) 2. Cuenta con rampas o ascensor para usuarios con alguna dificultad	Contenido, presentación, navegación	Contenidos

En (Hong et al., 2017) se describe un sistema de recomendación para usuarios y grupos basándose en las características de la obra de arte, el contexto del usuario y la afinidad social de las experiencias de otros usuarios. Este sistema utiliza métodos de recomendación basado en contenidos, sociales y del contexto. Como características de las obras se considera el tipo (pintura, escultura, entre otras), la fecha de creación, el material, la ubicación (latitud/longitud), el autor y fecha de nacimiento o muerte del autor. Para definir la experiencia del usuario y considerar el contexto en el que se encuentra tienen tres (3) niveles de granularidad (por la sala en el que se encuentra, por la obra que observa y por los contenidos que se ofrecen de las obras). Para definir la afinidad social utilizan un proceso para calcular la similitud entre las obras de arte utilizando el coeficiente de Jaccard para identificar similitudes y luego obtener la afinidad social entre los usuarios considerando sus características y experiencias. En este artículo, las pruebas que se realizan son a través de simulaciones para identificar la afinidad de tres (3) usuarios que han creado en el sistema, aunque no tienen pruebas con usuarios reales. Han utilizado elementos patrimoniales que se encuentran en el Museo de Castel Nuovo en Nápoles (Italia) el cual cuenta con infraestructura tecnológica como dispositivos móviles, sensores beacons y servicios basados en ubicación. Como conclusiones, se menciona que sugerir elementos patrimoniales más adecuados a los usuarios durante eventos culturales es fundamental para diseñar sistemas que apoyen la promoción y disfrute del patrimonio cultural (ver Tabla 107).

Tabla 107. Resumen Hong et al., 2017

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Hong et al., 2017)	3 (grupo experimental - simulación)			1. Tipo de elemento patrimonial (pintura, escultura) 2. Fecha de creación 3. Material 4. Ubicación del elemento patrimonial (latitud/longitud)	Contenido, presentación, navegación	Rutas

En (Partarakis et al., 2016) describe una aplicación móvil en la que implementan una arquitectura para adaptar la interfaz de usuario y los contenidos de los elementos patrimoniales. Para ello, utilizan un motor de reglas llamado WWF (*Windows Workflow Foundation Rules*) para definir las reglas para la personalización de contenidos y utilizan una ontología extendida del CIDOC CRM (*Conceptual Reference Model*) para estandarizar datos del elemento patrimonial. CIDOC CRM es una herramienta que se utiliza para relacionar datos del patrimonio cultural e historia a nivel global. Para personalizar los contenidos considera información del usuario por lo que se le pide antes de empezar la aplicación que rellene un formulario con datos como el idioma que habla (inglés o griego), la experticia en arte (amante del arte, profesor de arte, novato, historiador de arte o artista) y la familiaridad con la tecnología (baja, media, alta). Para mostrar y personalizar los contenidos, los usuarios a través de la cámara realizan el reconocimiento de un código QR. Dependiendo del perfil y de los elementos patrimoniales, el sistema le entrega información sobre elementos patrimoniales que pueden ser de su interés. La evaluación de la aplicación lo realizaron con expertos en usabilidad y con visitantes. La evaluación de expertos la realizan con 3 personas con una escala de 0 a 4 en el que 0 significa que no tiene problemas en la usabilidad y 4 que tiene muchos. Como resultados, los expertos identifican 30 problemas de los cuales 12 se clasificaron como un problema mayor. En cuanto a los visitantes, la prueba la realizaron con 10 usuarios de los cuales el 60% fueron hombres. 7 de los visitantes tenían una edad entre los 20 y 29 años, 2 entre 30 y 39 y 1 entre los 40 y 49. 5 de ellos, se consideraron como expertos en la tecnología, mientras otros tenían una experiencia moderada y 1 como una experiencia limitada. Para estos usuarios, realizaron un pretest en el que se les preguntó por información demográfica y la experiencia con la tecnología de información en sitios de patrimonio cultural. Luego realizaron un post test en el que se evaluaron 4 factores (satisfacción general del usuario, satisfacción de los usuarios al utilizar el sistema, la calidad de la información brindada y la satisfacción con la interfaz del sistema). De los comentarios de los usuarios, encontraron que los usuarios necesitan sugerencias de contenidos personalizados brindándoles información histórica adicional de los que se presentan físicamente en sitio (ver Tabla 108).

Tabla 108. Resumen Partarakis et al., 2016

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Partarakis et al., 2016)	3 (grupo experimental - expertos en usabilidad) 10 (grupo experimental - visitantes del museo)	1. Idiomas que habla 2. Experiencia en el arte (amante, profesor, novato, historiador de arte, artista) 3. Familiaridad con la tecnología (bajo, medio, alto)		1. Material 2. Dimensiones (ancho, alto, profundo) 3. Autor 4. Fecha de creación 5. Lugar de creación 6. Estilo artístico 7. Propósito del elemento	Contenido, presentación	Elementos patrimoniales

Un sistema basado en agentes llamado Turist@ utiliza las estrategias de recomendación basada en contenidos y colaborativo (Batet et al., 2012). Este sistema ha sido desarrollado en sitios patrimoniales de la ciudad de Tarragona. Para dar las recomendaciones se considera un submodelo de usuario y preferencias, la ubicación del turista y las actividades y las opiniones de turistas previos. Cuando el usuario utiliza por primera vez la aplicación, se le solicita rellenar un cuestionario solicitando datos personales y demográficos (edad, idiomas que habla, nacionalidad) y el grado de interés en ciertas áreas (historia, ciencia, música, arte, deportes, cine y teatro) expresando el interés (muy bajo - 0, bajo - 0.25, medio - 0.5, alto - 0.75 y muy alto - 1). En cuanto a las actividades, la información que se tiene es si son visitas guiadas, los idiomas que se hablan, la fecha en la que la actividad se realiza, la edad recomendada para la actividad y la disponibilidad de precios reducidos para usuarios especiales (hay actividades que pueden ser gratis por la edad o por ser estudiantes). El usuario también puede definir el máximo que pagaría por realizar una actividad. El sistema relaciona el submodelo de usuario con las características de las actividades que se realizan en la ciudad (recomendación basada en contenido) y/o las actividades que han realizado otros usuarios con submodelos similares y que han disfrutado de las actividades (recomendación colaborativa). Del submodelo de usuario considera el año de nacimiento, la nacionalidad, el nivel de estudios, los idiomas que habla, el tipo de viaje, las discapacidades, el inicio y la finalización del viaje y el nivel de interés en siete áreas consideradas. Para actualizar el submodelo, el sistema solicita al usuario que evalúe las actividades que le ha sugerido el sistema indicando qué tan interesado o relevante es para él, utilizando el enfoque me gusta/no me gusta y con términos como muy malo, malo, bueno, muy bueno y excelente. También actualiza el submodelo de usuario de manera implícita, según las actividades que esté buscando. Como herramienta han utilizado el framework JADE para la implementación del sistema multi agente y JADE-Leap para utilizarlo en dispositivos móviles. Como conclusiones, se mencionan que el sistema adapta dinámicamente las sugerencias por cambios que se generan en las preferencias del usuario y que permiten que se tenga una mejor gestión tanto del servidor como del cliente mejorando la experiencia del usuario (ver Tabla 109).

Tabla 109. Resumen Turist@

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Batet et al., 2012)	No realizan experimentos	1. Año de nacimiento (para definir la edad y así recomendar contenidos) 2. Nacionalidad (recomendar contenidos en el idioma que habla) 3. Nivel de estudios (nivel de detalle que se le brinda la información) 4. Idiomas que habla 5. Temáticas de interés (historia, ciencias, música, arte, deporte, cine y teatro) 6. Diversidad/dificultades	1. Lugar de inicio y finalización del viaje	1. Temáticas del elemento patrimonial (arte, historia, ciencias, música, deportes, cine, teatro)	Contenido, navegación	Elementos patrimoniales

La aplicación PhotoTrip sugiere sitios locales patrimoniales que no se encuentran como puntos de interés en Google Maps y que se encuentran cerca de la ubicación del usuario (Bujari et al., 2017). Para obtener estos sitios, utilizan las redes sociales como Flickr y Wikipedia para brindar al usuario puntos que pueden ser de su interés. Para sugerir estos sitios el usuario selecciona una categoría de los sitios patrimoniales (naturaleza, arquitectura, entre otros) y cuánto se desviaría como máximo de su itinerario. En esta aplicación también se han implementado mecanismos de gamificación para involucrar a los usuarios y mejorar la calidad en el uso de la herramienta. Para iniciar, la aplicación se le solicita al usuario la ubicación de inicio, la ubicación de finalización, el modo de viaje (en automóvil o a pie), las imágenes de sitios patrimoniales locales que le llaman la atención y la distancia máxima de desviación. Inicialmente, para dar las recomendaciones consideraron la latitud/longitud en que se tomó la foto del elemento patrimonial, las etiquetas asociadas, el número de visualizaciones, el número de usuarios que la han agregado como favorita y el número de comentarios. No obstante, posteriormente decidieron omitir el número de comentarios dado que no es una característica que identifique si son sitios patrimoniales de interés para los usuarios. Para realizar la evaluación, han dejado disponible el sistema en línea durante los 4 meses en el que hicieron dos pruebas. En la primera evaluación, los usuarios calificaron las rutas proporcionadas por el sistema mediante el método de “me gusta/no me gusta”. Durante un periodo de 30 días, 110 usuarios utilizaron el sistema (la mayoría procedentes de Italia, Estados Unidos e Inglaterra). El tiempo que dedicó cada usuario fue de 6 minutos. Se les pidió también que completaran un cuestionario de 9 preguntas sobre su experiencia con PhotoTrip, donde la mayoría indicó que no tuvieron dificultades para usar la aplicación. Para la segunda prueba, realizaron el mismo proceso que en la primera, pero esta vez evaluando la parte de gamificación. La segunda prueba la realizaron 67 usuarios que se dividieron en 2 grupos: el primero de usuarios no expertos (34) a los que se les brindó información básica del funcionamiento de la aplicación y usuarios expertos (33) al que se les explicó su funcionamiento en detalle. El tiempo que se tomó cada usuario para esta segunda prueba fue en promedio 38 minutos. Como resultados evaluaron la usabilidad del sistema en el que se les preguntó sobre qué tan acordes fueron las sugerencias según sus características y las del contexto. La evaluación contaba con una escala de muy desagradable, desagradable, neutral, buena, muy buena y excelente en el que la mayoría respondió en muy buena, buena y excelente. También mencionan que un desafío de la aplicación se relaciona con las etiquetas de las fotos, ya que, dependiendo del idioma en el que se encuentre, se limitaba la búsqueda de los elementos que se le sugerían al usuario, por lo que para una versión futura buscan integrar un servicio de traducción en línea para mejorar el resultado de las sugerencias (ver Tabla 110).

Tabla 110. Resumen PhotoTrip

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Bujari et al., 2017)	primera prueba - 110 (grupo experimental -aplicación sin gamificación) segunda prueba - 67 (34 - grupo experimental con usuarios no expertos, 33 - grupo experimental con usuarios expertos)	1. Interés en sitios patrimoniales (se obtiene por fotos seleccionadas para deducir que otros posibles sitios patrimoniales pueden ser de interés para el usuario y que podría ir a visitar según la distancia de desviación entre los que ha seleccionado con respecto a los que no)	1. Ubicación inicial y final 2. Modo de transporte (automóvil, a pie) 3. Distancia máxima de desviación 4. Ubicación donde se tomó la foto (latitud/longitud) 5. Número de veces que se visita el elemento patrimonial 6. Número de veces que se ha guardado la foto como favorita	1. Tipo de elemento patrimonial (naturaleza, arquitectura) 2. Etiquetas asociadas para describir el elemento patrimonial	Presentación, navegación	Elementos patrimoniales

Meta-Museum es una aplicación de realidad virtual e inteligencia artificial en la que el usuario puede caminar por un antiguo pueblo japonés (Mase et al., 1996). Los autores mencionan que los museos convencionales proveen exhibiciones a audiencias generales, por lo que no satisfacen a todos los visitantes y, además, que los sitios tienen límites y restricciones en el espacio para mostrar en detalle la información sobre el elemento patrimonial. Por tal motivo, hay una diferencia en lo que los expertos tienen y lo que los visitantes ven sobre el elemento patrimonial. Para generar las sugerencias tienen un sistema de agentes que sabe cuáles son los intereses del usuario y aprende sobre el tipo de contenido que más valora. Para personalizar la información que se muestra se puede hacer seleccionando y organizando una exhibición preparada o explorando las exhibiciones de forma general. Para hacer la personalización, considera información personal (edad, ocupación, carrera, educación, intereses), visitas previas y las interacciones con los contenidos que se presentan ese día (ver Tabla 111).

Tabla 111. Resumen Meta-museum

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Mase et al., 1996)	No mencionan experimentos	1. Edad 2. Ocupación 3. Carrera 4. Intereses en elementos patrimoniales (historia, arte, estilo de vida, objetos)	1. Visitas previas a elementos patrimoniales (intereses del usuario) 2. Número de interacciones con elementos patrimoniales (intereses del usuario)		Contenido, presentación, navegación	Elementos patrimoniales y contenidos

La plataforma PeVEP (*Personalized Virtual Exhibition Platform*) personaliza contenidos para museos virtuales considerando las interacciones del usuario en el museo, la realimentación evaluándola con un valor positivo o negativo, los contenidos y los clústeres dinámicos de usuarios que genera la plataforma basándose en la similitud de preferencia entre ellos (Bonis et al., 2009). Para calcular dicha similitud utilizan la distancia Euclidiana y se agrupan con el algoritmo k-means. Para personalizar la información, si el usuario ingresa por primera vez, se crea un submodelo de usuario considerando el estereotipo que realice para el avatar de la plataforma (edad, género, educación). Posteriormente la navegación e interacción se va monitoreando y almacenando para asumir cuáles son sus intereses y preferencias para incorporarlas al submodelo. Los elementos del museo se agrupan por categorías como por ejemplo autor, época o estilo. Esto se hace con el objetivo de relacionar las preferencias e intereses del usuario con las características de los elementos. La plataforma funciona según los intereses y preferencias del usuario, ya que va colocando salas virtuales en el que puede ver los elementos patrimoniales que pueden ser de mayor interés. El recorrido que realiza un usuario puede ser diferente al de otro. Para probar la plataforma realizaron un caso de estudio en un museo de ciencia ficción en el que los usuarios daban realimentación a través de comentarios y podían ver los comentarios de otros usuarios. Para obtener información del usuario de forma implícita, se consideraba el tiempo en que se quedaba viendo una exhibición, la manipulación que hacía de los elementos virtuales y los comentarios y calificaciones de la exhibición. El museo contaba con un total de 115 exhibiciones. Para evaluar la aplicación consideraron el grado de satisfacción de las recomendaciones que generaba la plataforma. 25 participantes evaluaron el proceso y todos ellos eran estudiantes universitarios del departamento de Informática. Los usuarios tenían que interactuar con el sistema y llenar un cuestionario en el que 17 mencionaron que habían utilizado previamente aplicaciones para ambientes tridimensionales y 8 que no. El primer paso era que los usuarios seleccionaran las características del avatar y dieran una opinión sobre la representación de éste. Cada elemento de las salas virtuales tenía que evaluarlo indicando si ya conocían el elemento y el grado de satisfacción (insatisfacción o satisfacción total). El proceso de evaluación se repitió 3 veces mientras el sistema adaptaba las exhibiciones al submodelo de usuario considerando la interacción que tenían con los objetos. Al final se evaluaron los comentarios que colocaban los usuarios y se comparó si las recomendaciones según los usuarios iban mejorando en cada una de las pruebas que se repetían (ver Tabla 112).

Tabla 112. Resumen PeVEP

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Bonis et al., 2009)	25 (grupo experimental)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Datos básicos del usuario (se le pide al usuario generar un avatar, en el que dependiendo de los elementos que seleccione para crearlo se deduce un rango de edad, el género y posibles intereses) 2. Educación (primaria, secundaria, universitaria) 3. Disponibilidad para visitar el sitio 4. Preferencias del usuario (se va afinando las preferencias según los elementos y contenidos que observa con respecto a los creadores, la época y el estilo) 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Características del elemento patrimonial (creador, época, estilo artístico) 2. Interacciones previas con el sistema (tiene un historial con los elementos patrimoniales virtuales con los que ha seleccionado para ver los contenidos del museo virtual y detectar intereses del usuario) 2. Calificaciones del usuario (para cada elemento virtual que selecciona el usuario se le pide que realice una votación para identificar cuáles son sus intereses – creador, época, estilo artístico) 3. Calificaciones y comentarios de otros usuarios (basándose en las calificaciones y comentarios de otros usuarios con intereses similares, el sistema recomienda elementos patrimoniales virtuales) 	Contenido, navegación	Elementos patrimoniales y contenidos

En (Bartolini et al., 2016) se presenta un framework de desarrollo que maneja datos multimedia de diferentes repositorios web (Wikipedia, Flickr, Europeana, Panoramio, Google Images, YouTube). Este framework utiliza dos ontologías: uno para los usuarios y otro para los contenidos multimedia. Hace la sugerencia según las preferencias del usuario y de su contexto (elemento que está mirando, ubicación del usuario, clima, condiciones ambientales). Mencionan que los servicios de recomendación basado en el contexto lo hacen inicialmente determinando elementos patrimoniales candidatos que estén cerca de la ubicación del usuario, de sus necesidades y de sus preferencias; posteriormente, por las visitas previas que ha realizado y, finalmente, el usuario es el que selecciona cuales son los elementos que desea ver. Para probar la aplicación, realizan un caso de estudio en un ambiente externo en un sitio arqueológico y en un ambiente interno en un museo. Para el ambiente externo, lo han probado en el sitio arqueológico Paestum (sur de Italia) y para el ambiente interno en el Museo Nacional de Capodimonte en Nápoles (Italia). Para evaluar el framework, consideran la satisfacción del usuario con respecto a los resultados sugeridos en los ambientes externos (elementos patrimoniales) y la efectividad en términos de precisión (contenidos). Para evaluar la satisfacción del usuario utilizan el test llamado NASA TLX en el ambiente externo (Paestum) a los 50 estudiantes universitarios de posgrado que utilizaron el framework durante varias semanas. Luego se le pide a un grupo diferente de 10 personas (5 usuarios no expertos en arte greco romano, 3 de nivel experto medio y 2 expertos) que revisen la misma aplicación sin ninguna función de recomendación. Después de esta prueba, se les pidió que navegaran una vez más en la aplicación, pero esta vez con el sistema de recomendación. El objetivo en el ambiente interno era medir la precisión con respecto a otras técnicas de recomendación (errores en la predicción) entre lo que recomienda el sistema y lo que hubiera seleccionado el usuario. En esta evaluación participaron 50 usuarios en el que se les pide que califiquen las pinturas que consideraban que eran más interesantes con una escala de 1 a 5. Luego se les pide a otros 40 usuarios que realizaran lo mismo y se evalúa la correlación de Pearson basado en el usuario y la correlación de Pearson basado en los elementos (ver Tabla 113).

Tabla 113. Resumen Bartolini et al., 2016

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Bartolini et al., 2016)	50 (primer grupo experimental de estudiantes universitarios, satisfacción del usuario en el ambiente externo (test NASA TLX))	1. Preferencia en tipos de contenidos (audios, imágenes, videos, textos) 2. Intereses en tipos de sitios patrimoniales (museos, sitios arqueológicos, ciudades antiguas)	1. Ubicación del usuario 2. Tipos de sitios patrimoniales que visita 3. Clima (clima actual y pronóstico – soleado, nublado, parcialmente nublado, llovizna) y condición ambiental (temperatura y humedad) obtenidas por la ubicación del usuario para recomendar sitios patrimoniales cercanos a su ubicación 4. Visitas previas a elementos patrimoniales para obtener tipos de sitios de su interés		Contenido, navegación	Elementos patrimoniales y contenidos
	10 (primer grupo experimental, satisfacción del usuario en ambientes externos con no expertos (5), medio expertos (3) y expertos (2), (test NASA TLX), primero con recomendación y luego sin recomendación)					
	10 (segundo grupo experimental, prueba de satisfacción del usuario, primero con recomendación y luego sin recomendación)					
	50 (primer grupo experimental, precisión en las recomendaciones, ambiente interno)					
	40 (segundo grupo experimental, precisión en las recomendaciones, ambiente interno)					

En (Alexandridis et al., 2019) se describe un sistema de recomendación de rutas de elementos patrimoniales. Considera los movimientos que realiza el usuario. Para estimar cuál es el siguiente punto utilizan con modelo de Markov para visitar dependiendo de la ubicación actual. El sistema guarda las ubicaciones que visita y las preferencias del usuario que se obtienen por cuestionarios. Se valida desde la aplicación para los sitios arqueológicos Gournia (Creta, Grecia) y Çatalhöyük (Anatolia, Turquía). Se le solicita al usuario la edad, el género, el país de origen, el nivel educativo, el estado financiero y su interés en el patrimonio cultural. Para capturar los movimientos que realiza el usuario, se utiliza el GPS del dispositivo y una cámara para grabar lo que va observando. Este método de grabación se conoce como VEP (*Visitor Employed Photography*) y se utilizó para medir la atención del usuario en las exhibiciones. En el sitio patrimonial Gournia participaron 15 visitantes y en Çatalhöyük 74. Para agrupar los sitios patrimoniales a sugerir utilizan el mean-shift clustering y el modelo probabilístico jerárquico de Markov (*Markov Topic Fusion Model*). Para evaluar la aplicación, se compararon los resultados del agrupamiento de rutas con aquellas definidas por un curador. Se observó que algunos de los puntos generados por el sistema coincidían con las sugerencias del curador, lo que confirma que el sistema sugiere adecuadamente los elementos patrimoniales de la ruta. No obstante, en ciertos casos, el sistema omitió algunos puntos definidos por el curador y añadió otros que no estaban incluidos, pero que llamaron la atención de los visitantes por ofrecer vistas panorámicas. Esto llevó a la conclusión de que el sistema también sugiere elementos patrimoniales basados en los intereses del usuario (ver Tabla 114).

Tabla 114. Resumen Alexandridis et al., 2019

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Alexandridis et al., 2019)	15 (grupo experimental - Gournia) 75 (grupo experimental - Çatalhöyük)	1. Edad 2. Género 3. País de origen 4. Nivel educativo (primaria, secundaria, superior) 5. Presupuesto dispuesto a pagar para ingresar a visitar un museo 6. Intereses y preferencias del usuario (mencionan que hacen un cuestionario, pero no que consideran como intereses y preferencias)	1. Ubicación del usuario (para recomendar el siguiente elemento patrimonial a visitar) 2. Patrones de movimientos del usuario para detectar el tiempo que toma de ir a un elemento patrimonial a otro	1. Nivel de atracción (número de personas que paran a apreciar el elemento patrimonial sobre el número de visitantes del museo)	Presentación, navegación	Elementos patrimoniales

En (Noh & Song, 2021) se describe un sistema HTTP de streaming adaptativo de realidad aumentada el cual adapta la malla (vértices y aristas) de elementos tridimensionales no texturizados según la latencia y las condiciones de la conexión a internet. Para los modelos tridimensionales descarga primero un modelo básico con un número pequeño de polígonos, generando así un modelo con nivel de detalle más bajo. Una vez finaliza la descarga del modelo con el nivel de detalle más bajo, se van generando nuevos polígonos del elemento tridimensional mejorando calidad. Se llega al modelo con el mayor detalle posible según la velocidad de la red y de los recursos que tiene el usuario. Para probar el sistema realizan una prueba experimental para comparar lo que arroja el sistema en diferentes condiciones de red probando 5 modelos tridimensionales de diferentes niveles de detalle. El sistema lo comparan con otros sistemas y, como resultado, obtienen que mejoran el tiempo de respuesta en la descarga de los modelos (ver Tabla 115).

Tabla 115. Resumen Noh & Song, 2021

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Noh & Song, 2021)	prueba experimental con 5 modelos tridimensionales. No se realiza pruebas con usuarios finales, solamente se prueba el detalle que de los modelos según las características de red.		1. Características del dispositivo (latencia de la red, conexión a internet, recursos de la red)		Contenido, presentación, navegación	Contenidos

Un estudio en el Museo Arqueológico de Hecht ubicado en el campus de la universidad de Haifa se describe en (Lanir et al., 2011). Los participantes en el estudio fueron visitantes regulares que utilizan la guía del museo llamado PIL. El museo cuenta con equipos de radio frecuencia y sensores inalámbricos (beacons) que permiten detectar la ubicación de 26 elementos patrimoniales y dispositivos móviles de radio frecuencia para detectar la ubicación de los usuarios. Los elementos patrimoniales que tienen información se marcan con un rectángulo y el visitante oprime el recuadro para ver la información que se presenta. En la presentación se muestran preguntas para iniciar un dialogo con el visitante basado en el contenido de la exhibición. Para probar la aplicación se crearon grupos a los que se les explicó cómo se usaba la guía y, al terminar la visita, se les pidió que completaran un pequeño cuestionario sobre la experiencia. La primera parte del cuestionario eran preguntas sobre información demográfica, la segunda parte sobre la actitud del participante frente a las exhibiciones en el que indicaban con una escala de Likert de 7 puntos si se sentían de acuerdo con la pregunta (1 significaba que estaba en total desacuerdo o 7 en total acuerdo). La otra forma de capturar información era considerando el número de veces que ingresaron al sistema, el número de elementos que visitaron y el tiempo que estuvieron frente a cada uno de los visitantes. La evaluación se realizó con 61 participantes. A pesar de que los visitantes apreciaron la guía multimedia (PIL) la personalización basada en los intereses del usuario no fue percibida como una contribución importante, ya que los visitantes prefieren recibir la información sin tener que ir a buscarlo en las opciones personalizadas (ver Tabla 116).

Tabla 116. Resumen Lanir et al., 2011

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Lanir et al., 2011)	61 (grupo experimental)	1. Edad 2. Familiaridad con los museos (se obtiene a partir de preguntas sobre el elemento patrimonial) 3. Nivel cultural (se obtiene a partir de preguntas que se realizan del elemento patrimonial) 4. Nivel de detalle de la información (alta, media, baja)	1. Interacciones previas con las guías multimedia (tipos de contenidos que ha visto anteriormente para detectar preferencias en tipos de contenidos - audio guías o multimedia) 2. Número de visitas del elemento patrimonial (para definir la familiaridad y nivel cultural con los museos).		Contenido, presentación, navegación	Contenidos

En (Rattanarungrot & White, 2016) se describe una arquitectura orientada a museos llamada SOMARA (*Service Oriented Mobile Augmented Reality Architecture*) que soporta los entornos virtuales móviles (VME – *Virtual Mobile Environment*) implementada con arquitectura SOA y utilizada para aprender a través de actividades (MLA – *Museum Learning Activities*) en el que

se utilizan contenidos de las API que ofrecen los museos Victoria y Albert, Europeana, SierraLeoneHeritage. En SOMARA se adicionan características de personalización para crear de forma eficiente entornos de realidad aumentada personales que se pueden guardar y revisar posteriormente. Para ello, considera características de los elementos la fecha en que se crearon, la ubicación del museo y los contenidos asociados (videos, textos y modelos). En el artículo no se mencionan pruebas del sistema con usuarios finales, ya que se enfoca en presentar el proceso y los pseudocódigos que se utilizan para desarrollar la aplicación móvil de realidad aumentada en SOMARA y que soporta los VME (ver Tabla 117).

Tabla 117. Resumen SOMARA

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Rattanaungrot & White, 2016)	No se mencionan pruebas			1. Fecha de creación del elemento patrimonial 2. Museo en el que se encuentra 3. Contenidos asociados (video, texto, modelos 3D)	Contenido, presentación, navegación	Contenidos

En (Oppermann & Specht, 1999) se describe una guía electrónica llamada Hippié en el que los usuarios acceden desde un sitio web para preparar la visita y que brinda información sobre las exhibiciones, la ubicación y el horario de apertura. Una vez dentro del museo, el usuario puede decidir si hacer el recorrido que ha realizado en la aplicación web o el que propone el curador. Para mostrar la información de los elementos patrimoniales, cada sala del museo cuenta con sensores infrarrojos donde este sistema detecta el tipo de dispositivo que utiliza. Si se conecta un computador de escritorio, muestra los contenidos en alta resolución. En cambio, si es un dispositivo móvil, el contenido se adapta según el estado de la red y con los sensores infrarrojos detecta la ubicación del usuario, brindándole información relacionada a los elementos patrimoniales que se encuentran con cada sala. Mencionan que la adaptación de la información se genera según los elementos seleccionados y se adapta según el dispositivo, la conexión a la red y la ubicación del usuario. Para ello se considera también la interacción que el usuario va teniendo con la aplicación en la que se le va pidiendo que evalúe la información que se le brinda. Dependiendo de las calificaciones que brinda a cada obra, se sugiere otros elementos con características similares (artista, estilo, género – historia, arte). La evaluación de la aplicación se realiza con expertos en patrimonio, como curadores de museos y educadores en arte. Durante el desarrollo del sistema, se llevan a cabo evaluaciones formativas con estos especialistas para que generen retroalimentaciones para mejorar la aplicación. Esta retroalimentación se utiliza para mejorar el contenido y la interfaz del sistema. También planearon evaluaciones con usuarios reales en las que presentaron como contenidos audios y textos con información adicional. Sin embargo, no menciona indican usuarios utilizaron la aplicación (ver Tabla 118).

Tabla 118. Resumen Hippié

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Oppermann & Specht, 1999)	Se menciona que se realizaron pruebas con expertos y con visitantes, pero no con cuantas personas las realizaron	1. Intereses en temáticas (historia, arte)	1. Ubicación del usuario 2. Conexión a internet 3. Tipo de dispositivo	1. Artista 2. Estilo 3. Temática (historia, arte) 4. Ubicación del elemento patrimonial	Presentación, navegación	Contenidos

En (Terrenghi & Zimmermann, 2004) se presenta un diseño de una interfaz de usuario inteligente llamado LISTEN que aumenta la experiencia del usuario en museos de arte brindando como contenidos audios inmersivos. Para probar la aplicación la instalaron en un laboratorio de Macke para los visitantes de la exposición de arte August Macke en el KuntMuseum Bonn. Para la activación de la realidad aumentada colocan etiquetas acústicas sobre los elementos patrimoniales en el que, a diferencia de las audioguías tradicionales, la aplicación va registrando las acciones del usuario y ofrece nuevos contenidos de audio. Para adaptar la aplicación y obtener los intereses del usuario, se toma en cuenta el tiempo que dedica a escuchar los audios y a observar las obras de arte. Para evaluar la aplicación realizaron demostraciones en el KuntMuseum de Bonn donde realizaron dos pruebas con expertos de arte, diseñadores de sonido y artistas que brindaron aspectos de mejora (ver Tabla 119).

Tabla 119. Resumen LISTEN

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Terrenghi & Zimmermann, 2004)	Se menciona que se realizan 2 pruebas con visitantes de prueba: expertos de arte, diseñadores de sonido y artistas. Pero no cuantos usuarios son ni los resultados obtenidos.	1. Intereses en obras de arte (se mide según la velocidad que le da al audio y la duración – si lo escucha completo o no y el tiempo que se encuentra frente a la obra)	1. Ubicación del usuario (sensores infrarrojos – tiempo que se encuentra frente a la obra de arte)		Presentación, navegación	Contenidos

En (Dow et al., 2005) se describe una aplicación llamada “Las voces de Oakland” que ha sido desarrollada para el Cementerio Histórico de Oakland en Atlanta para aprender sobre los eventos culturales significativos de algunas personas que han fallecido y se encuentran en este cementerio. Esta aplicación trata de presentar las historias y los personajes relevantes contando sus historias como si la contaran los fallecidos. Utilizan narraciones dramáticas en el que se activaban los audios de cada personaje fallecido según la ubicación del usuario y los movimientos de la cabeza. No obstante, el usuario podía elegir entre varios segmentos de audio (historia de vida, historia, arquitectura). Para evaluar la aplicación realizaron 2 pruebas. La primera con 2 expertos en HCI (*Human Computer Interaction*) y consistía en saber si el contenido era atractivo, si los usuarios se sentían satisfechos con la experiencia y qué problemas encontraron en el diseño. En la segunda, los investigadores miraron si las categorías eran apropiadas para los contenidos, si había suficiente contenido o demasiado, cómo interactuaban los usuarios con los botones, si el dispositivo GPS era lo suficientemente consistente y preciso para desarrollar la aplicación y qué datos se pueden determinar con la rotación de la cabeza. Como prueba de validación del sistema, utilizando la última versión de la aplicación, realizan la prueba de control con 15 visitantes que podían a través del dispositivo móvil seleccionar la categoría del audio que querían escuchar y podían pasar la siguiente tumba. Posteriormente se realiza otra prueba con seis participantes (2 hombres y 4 mujeres entre los 27 y 63 años) para evaluar los diferentes sensores que utiliza la aplicación para mostrar la información de los personajes fallecidos del cementerio (ver Tabla 120).

Tabla 120. Resumen las voces de Oakland

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Dow et al., 2005)	<p>primera prueba de control - 2 (expertos en HCI)</p> <p>segunda prueba de control - 15 (visitantes del cementerio)</p> <p>prueba experimental - 6 (2 hombres y 4 mujeres)</p>	1. Preferencias en contenidos (historias de vida, historia general, arquitectura)	<p>1. Ubicación del usuario y del elemento patrimonial para escuchar el audio asociado al mismo</p> <p>2. Movimientos de la cabeza del usuario (no se menciona específicamente para que lo utilizan)</p>	1. Ubicación del elemento patrimonial	Contenido	Contenidos

En el proyecto llamado OR.C.HE.S.T.R.A. (ORganization of Cultural HERitage and Smart Tourism and Real-time Accessibility) se desarrollan soluciones tecnológicas para turistas y habitantes para valorar el patrimonio cultural que se encuentra en la ciudad histórica de Nápoles, Italia (Barile et al., 2014). Este proyecto tecnológico se divide en 2 partes. En la primera realiza un pre-visita a través del portal web para definir un submodelo de usuario que se usa para sugerir puntos de interés. Para obtener las preferencias del usuario, se considera la información que tienen en la red social Facebook. Desde esta plataforma web, el usuario consulta fichas informativas sobre cada tipo de punto de interés (lugares turísticos, restaurantes, alojamientos, eventos, transportes locales) en el que selecciona aquellos puntos que prefiera. También puede obtener un itinerario automático que optimiza las rutas de un punto de interés a otro y tiene en cuenta los horarios de apertura de cada punto, así como de las preferencias del usuario. Durante el recorrido, el usuario puede consultar y modificar el itinerario guardado en el que recibe notificaciones en tiempo real si se produce algún problema o evento (por el cierre de alguna atracción o por demorarse más tiempo del previsto en un punto de interés). El sistema para generar la sugerencia de los sitios de interés utiliza la técnica de filtrado colaborativo en el que se consideran las preferencias de los usuarios (se toma la información de la red social de Facebook) similares con la calificación que estos le han dado a cada uno de los sitios de interés. Como datos del usuario se considera la edad, el nivel educativo, la música que escucha, las películas que ve, los lugares que visita, entre otros). En cuanto a los elementos patrimoniales, considera el sitio por categorías (iglesia, museo, restaurante, entre otras). Este sistema no solamente brinda sugerencias a un usuario individual, sino que también a grupos de usuarios. En este caso se considera el submodelo de usuario de cada miembro del grupo fusionándolos para generar un submodelo grupal. Otra forma es generar la sugerencia para cada usuario y fusionar los puntos de interés que son comunes a cada uno de ellos. En el proyecto decidieron implementar la segunda forma. En cuanto a las soluciones tecnológicas presentan 3 soluciones: CARUSO es una audioguía inteligente basada en sonidos tridimensionales que funciona con auriculares interactivos que detectan la orientación de la cabeza mediante un sensor inercial y se comunica vía bluetooth con el dispositivo móvil. E.Y.E.C.U (I see you) es un rastreador ocular emocional que detecta el detalle de una obra de arte observada por un turista, obtiene información de las emociones por la dilatación de la pupila (midriasis), proyecta contenidos adicionales sobre la obra y en versiones futuras proporcionarán información personalizada. Finalmente, PaSt (Caminar por la historia) que es una alfombra virtual interactiva que proyecta en el suelo contenidos asociados con la época seleccionada por el usuario (ver Tabla 121).

Tabla 121. Resumen OR.C.HE.S.T.R. A

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Barile et al., 2014)	No se mencionan pruebas de los sistemas	1. Intereses del usuario (contenidos que publica el usuario, sitios turísticos que ha visitado) 2. Edad 3. Nivel educativo 4. Música de interés	1. Tipos de transporte disponibles de la ciudad (buses, taxis, renta de auto, renta de bicicleta)	1. Tipo de sitio de interés (patrimonio cultural, arte, vino y comida, acomodación, entretenimiento, calles históricas) 2. Horario de apertura y cierre para visitar el elemento patrimonial	Contenido, presentación, navegación	Rutas

Una plataforma de narración de historias para museos virtuales se describe en (Khundam & Nöel, 2021). La plataforma está diseñada para funcionar tanto en pantallas normales (2D) como en pantallas estereoscópicas y entornos inmersivos utilizando CAVE. Esto permite que, si el usuario cambia el tipo de dispositivo para ver los contenidos, estos se ajusten automáticamente a las características del nuevo dispositivo. Como caso de estudio, se evalúa si el tipo de dispositivo utilizado (pantallas 2D, pantallas estereoscópicas, o CAVE) influye en la usabilidad, las necesidades de interacción, el aprendizaje y la forma en que los usuarios interactúan con el sistema. Para ello, se prueban tres tipos de visitas: una visita guiada, una semi guiada (donde los usuarios pueden interactuar con contenidos adicionales) y una visita no guiada, en la que los usuarios seleccionan libremente el orden en que exploran los contenidos. En la visita guiada se explica cuál es la misión de los participantes y se monitorea lo que hacen durante la visita. Al final se les hace una prueba de usabilidad. En la visita semi-guiada, el guía brinda información sobre la distribución de la exhibición y ofrece una breve explicación de cómo los visitantes pueden acceder a contenidos asociados a los elementos patrimoniales mediante el uso de los dispositivos del museo, permitiendo así saltar a otras animaciones y ver contenidos virtuales animados. En este caso no tienen restricción en cuanto al tiempo para observar los contenidos, después de esto se realiza un cuestionario sobre lo que comprendieron de la historia. En la versión no guiada, los participantes son autónomos de seleccionar los elementos de la escena. La prueba se realiza con 15 participantes voluntarios (11 hombres y 4 mujeres) entre los 23 y 42 años (ver Tabla 122).

Tabla 122. Resumen Khundam & Nöel, 2021

Referencia	Participantes	Variables de adaptación			Tipo de adaptación	Qué adapta
		Usuario	Contexto	Elemento patrimonial		
(Khundam & Nöel, 2021)	15 en prueba experimental (primera prueba con visita no guiada utilizando cada uno los tres tipos de dispositivos) 15 en la prueba experimental 15 (primera prueba con visita semi guiada utilizando cada uno los tres tipos de dispositivos) 15 en la prueba experimental (primera prueba con visita guiada utilizando cada uno los tres tipos de dispositivos)		1. Características del dispositivo (pantalla 2D, pantalla estereoscópica 3D, CAVE)		Contenido, presentación, navegación	Contenidos

7.5. Prueba de adaptación de información

Para evaluar si la adaptación de la información en Motiv-ARCHE es adecuada, se comparan los resultados obtenidos al consultar los elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas cuando se hace adaptación con cuando no se hace.

Para obtener resultados adaptados, el usuario debe completar previamente un formulario que recopila sus datos y preferencias sobre contenidos, elementos patrimoniales y rutas. En los resultados sin adaptación, no se tienen en cuenta estas características (ver Ilustración 141).

Mis preferencias

Orden sugerencias

Orden de preferencia para la sugerencia de los puntos de interés	Temáticas de interés	Período histórico	Tipos de medio	Distancia del usuario al punto de interés
Seleccione el orden de preferencia para realizar las sugerencias de los puntos de interés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1. Distancia del usuario al punto de interés				
2. Tipos de medio				

Orden de preferencia para la sugerencia de rutas	Modo de viaje	Condiciones climáticas	Ruta	Número de puntos a visitar	Distancia total a recorrer
Seleccione el orden de preferencia para realizar las sugerencias de las rutas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1. Modo de viaje					
2. Distancia total a recorrer					
3. Ruta					

Preferencias de despliegue

Tipos de medio	Audio	Imagen	Vídeo	Modelo 3D	Sitio web	Texto	PDF
Selecciona y ordena los tipos de medios en los que prefieres que estén los contenidos asociados a los puntos de interés	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1. Modelo 3D							
2. Audio							

Ilustración 141. Preferencias del usuario

En la Tabla 123 se detallan las características para 2 usuarios que el sistema utiliza para realizar las sugerencias de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas.

Tabla 123. Preferencias del usuario 1 y 2

Características	Usuario 1	Usuario 2
Elemento patrimonial	1. Tipos de medio 2. Temáticas de interés	1. Distancia del usuario al elemento patrimonial (20 km en Bogotá) 2. Temáticas de interés 3. Tipos de medio
Tipos de medio (contenidos)	1. Modelo 3D 2. Audio	1. Imagen 2. Videos 3. Modelo 3D
Temáticas de interés	1. Arte 2. Cultura 3. Historia	1. Historia 2. Arte
Características de la ruta	1. Modo de viaje (caminando, conduciendo) 2. Distancia total para recorrer (4 km) 3. Ruta (definida por el usuario)	1. modo de viaje (conduciendo, caminando) 2. Distancia total para recorrer (32 km) 3. Condición climática (soleado)

En las siguientes subsecciones se compara lo que el sistema muestra para los usuarios si no se utiliza la adaptación de información y lo que sucede con adaptación. Primero se muestran las sugerencias que generaría el sistema para los elementos patrimoniales, para los contenidos y, finalmente, para las rutas.

7.5.1. Elementos patrimoniales

Sin adaptación, la aplicación muestra a ambos usuarios los elementos patrimoniales registrados en el sistema por orden alfabético según el nombre sin tomar en cuenta las características del usuario, de los elementos patrimoniales ni del contexto (ver Tabla 123).

Número de imágenes de reconocimiento	Imagen	Posición geográfica	Nombre	Visualización	Edición	Rating reconocimiento	Editar	Eliminar	Detalles	Punto validado	Comentarios	
<input type="checkbox"/>	2		latitud: 4.5969777999999990 longitud: -74.0773202000000000	Adoración de los Reyes Magos	solo yo	solo yo	★★★★★				Punto no validado	Guardar comentarios
<input type="checkbox"/>	2			Anunciación	solo yo	solo yo	★★★★★				Punto no validado	Guardar comentarios
<input type="checkbox"/>	0		latitud: 4.5980748999999990 longitud: -74.0753995000000000	Catedral Primada de Colombia	solo yo	solo yo					Punto no validado	Guardar comentarios
<input type="checkbox"/>	0		latitud: 4.5952115000000000 longitud: -74.0785971000000000	Claustro de San Agustín	solo yo	solo yo					Punto no validado	Guardar comentarios
<input type="checkbox"/>	2			Desposorios místicos de Santa Catalina de Alejandría	solo yo	solo yo	★★★★★				Punto no validado	Guardar comentarios

Ilustración 142. Elementos patrimoniales almacenados en el sistema

En cambio, con adaptación, para el usuario 1 se tienen en cuenta sus preferencias respecto al tipo de medio asociado al elemento patrimonial y la temática de interés, por lo que primero se le muestran elementos patrimoniales que tengan como contenidos asociados modelos 3D y audios con lo que después se busca todos aquellos que, además, estén relacionados con arte, cultura o historia, así como de diferentes países (Bogotá, Colombia y Girona, España). En la Ilustración 143 se muestran los resultados de los elementos patrimoniales que el sistema sugiere a este usuario.

Número de imágenes de reconocimiento	Imagen	Posición geográfica	Nombre	Visualización	Edición	Rating reconocimiento	Editar	Eliminar	Detalles	Punto validado	Comentarios	
<input type="checkbox"/>	1		latitud: 4.6695391000000000 longitud: -74.1173893000000000	Faraon	todo el mundo	solo yo	★★★★★				Punto validado <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	2		latitud: 42.3266262000000000 longitud: 3.1601117000000000	Ermita de Santa Helena de Rodés	todo el mundo	solo yo	★★★★★				Punto no validado <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	0		latitud: 41.9874205000000000 longitud: 2.8261520000000000	1. Catedral de Girona- (Iris/Jana)	todo el mundo	todo el mundo					Punto no validado <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	2		latitud: 4.5969778000000000 longitud: -74.0773202000000000	Señor de la Humildad	todo el mundo	solo yo	★★★★★				Punto no validado <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Ilustración 143. Elementos patrimoniales sugeridos por el sistema para el usuario 1

Para el usuario 2, que se encuentra en Bogotá, el sistema prioriza los elementos patrimoniales ubicados a una distancia máxima de 20 km, tomando en cuenta sus intereses temáticos y el tipo de medio de los contenidos asociados a cada elemento patrimonial. Por esta razón, en la Ilustración 144 se muestra los resultados obtenidos por el usuario 2 difieren de los del usuario 1. La prioridad del usuario 2 es observar elementos patrimoniales que estén cerca de su ubicación (Bogotá, Colombia), mientras que el usuario 1 obtiene elementos patrimoniales ubicados en Girona y Bogotá. Por tal motivo, al usuario 2 sólo se le mostrarán resultados que se encuentren dentro de un radio de 20 km; por esta razón, todos los elementos patrimoniales, según su posición geográfica, tienen coordenadas de latitud y longitud similares

Número de imágenes de reconocimiento	Imagen	Posición geográfica	Nombre	Visualización	Edición	Rating reconocimiento	Editar	Eliminar	Detalles	Punto validado	Comentarios
2		latitud: 4.5969778000000000 longitud: -74.0773202000000000	Señor de la Humildad	todo el mundo	solo yo	★★★★★				Punto no validado <input type="checkbox"/>	Guardar comentarios <input type="text"/>
1		latitud: 4.6267218121860650 longitud: -74.0647790321195300	Edificio Gabriel Giraldo SJ	todo el mundo	solo yo	★★★★★				Punto no validado <input type="checkbox"/>	Guardar comentarios <input type="text"/>
1		latitud: 4.5971013593420390 longitud: -74.0733015258659600	Sala de Conciertos Luis Ángel Arango	todo el mundo	solo yo	★★★★★				Punto no validado <input type="checkbox"/>	Guardar comentarios <input type="text"/>
1		latitud: 4.6268480000000000 longitud: -74.0640300000000000	Edificio Jose Gabriel Maldonado	todo el mundo	solo yo	★★★★★				Punto no validado <input type="checkbox"/>	Guardar comentarios <input type="text"/>
1		latitud: 4.6284543000000000 longitud: -74.0647534000000000	Jardín Arca	todo el mundo	solo yo	★★★★★				Punto no validado <input type="checkbox"/>	Guardar comentarios <input type="text"/>

Ilustración 144. Elementos patrimoniales sugeridos por el sistema para el usuario 2

7.5.2. Contenidos asociados

Sin adaptación, la aplicación muestra para ambos usuarios todos los contenidos asociados a un mismo elemento patrimonial en el orden en que han sido creados (ver Ilustración 145). Por ejemplo, el elemento patrimonial “Señor de la Humildad” tiene asociados diversos medios (audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y archivos PDF) y estos son presentados a ambos usuarios sin tener en cuenta sus preferencias, mostrándose todos los medios disponibles sin distinción.

Contenidos aumentados

Audio: descripción español



Audio: descripción portugués



Audio: descripción inglés



Audio: descripción francés



Imagen: [imagen Señor de la Humildad](#)



Web: [El señor de la Humildad - curiosidades](https://www.lahornacina.com/curiosidadescolombia.htm) <https://www.lahornacina.com/curiosidadescolombia.htm>

Texto: texto español - El "Señor de la Humildad" representa a Cristo en el momento en que se detiene a tomar un respiro, luego de ser azotado y sentenciado a morir. Aparece casi siempre sentado, con lágrimas en su rostro y los brazos cruzados y apoyados sobre la pierna izquierda. Esta imagen fue muy utilizada por la Iglesia en los territorios americanos, donde se impuso como símbolo de la pasión y representación de las virtudes cristianas: humildad, mortificación y entrega.

Texto: texto inglés - The "Lord of Humility" altarpiece represents Christ at the moment he stops to take a breath, having been scourged and sentenced to die. He is almost always depicted as sitting down, with tears on his face, arms crossed and placed over his left leg. This image was often used by the church in territories of America, where it took over as a symbol of the passion and as a representation of Christian virtues: humility, mortification and devotion.

Texto: texto portugués - O "Senhor da Humildade" representa a Cristo no momento em que se detêm a tomar um respiro, depois de ser açoitado e sentenciado a morrer. Aparece quase sempre sentado, com lágrimas em seu rosto e braços cruzados e apoiados sobre a perna esquerda. Essa imagem foi muito utilizada pela Igreja nos territórios americanos como símbolo da paixão e representação das virtudes cristãs: humildade, mortificação e entrega.

Ilustración 145. Contenidos asociados al elemento patrimonial "Señor de la Humildad"

En cambio, con adaptación, las sugerencias de contenidos asociados para el usuario 1 y el usuario 2 varían según sus preferencias. Para el usuario 1 se le presentan primero los contenidos asociados que son modelos 3D y audios (ver Ilustración 146). No obstante, si el usuario 1 quiere consultar otros medios, tiene la opción de seleccionar "Mostrar otros contenidos", donde se le mostraran los modelos 3D, sitios web y archivos PDF. Por otro lado, el usuario 2, al tener preferencias por las imágenes, los videos y los modelos 3D, primero se le muestran estos medios (ver Ilustración 147). Por ejemplo, al comparar la Ilustración 146 y la Ilustración 147, ambos usuarios han seleccionado como medio los modelos 3D. Sin embargo, la preferencia del usuario 1 son los modelos 3D, mientras que para el usuario 2 ocupan el último lugar. Por lo tanto, el orden en que se muestran los contenidos también varía según sus preferencias.



Ilustración 146. Contenidos asociados al elemento patrimonial sugeridos por el sistema para el usuario 1



Ilustración 147. Contenidos asociados al elemento patrimonial sugeridos por el sistema para el usuario 2

Desde la aplicación móvil, al realizar el reconocimiento de la imagen, los resultados son los mismos para ambos usuarios. Sin adaptación, se muestran todos los contenidos a ambos usuarios (audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y archivos PDF), mientras que, con adaptación, se presentan los contenidos de acuerdo con las preferencias seleccionadas (orden y medios) por cada usuario (ver Ilustración 148). Para el usuario 1, primero se le muestran los modelos 3D y después los audios a diferencia del usuario 2 que se le muestra primero las imágenes, después los videos y, finalmente, los modelos 3D.

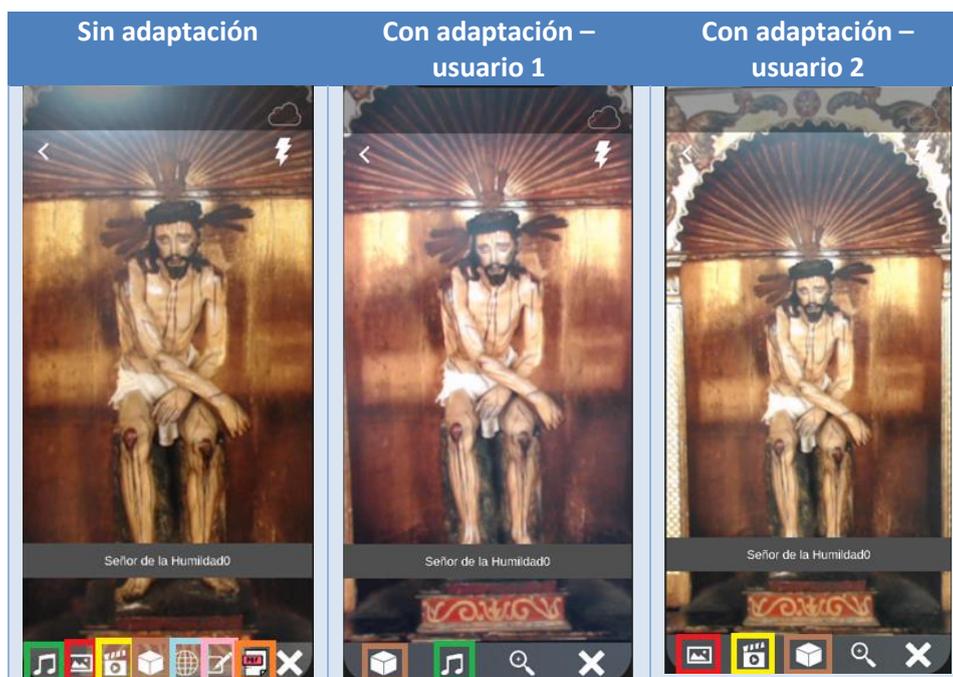


Ilustración 148. Resultados con y sin adaptación de contenidos asociados desde la aplicación móvil

7.5.3. Rutas

Sin adaptación, la aplicación muestra a ambos usuarios las rutas registradas en el sistema ordenadas por el nombre sin tener en cuenta las características del usuario, del elemento patrimonial ni del contexto (ver Ilustración 149).

Nombre ruta	Edición	Ruta	Modo de viaje	Puntos ruta	Distancia total a recorrer
ACTIVITAT CS: Ruta Motiv-ARCHE (Silvia, Maria i Sarah)	DCS_2305@motivarche.online	Ruta más corta	Caminando	10	10.581 Km
Activitat Final CS1 - Grup 19	DCS18@motivarche.online	Ruta más corta	Caminando	6	1.81 Km
Banyoles	DCS05@motivarche.online	Ruta definida por el usuario	Caminando	5	2.184 Km
Barri Vell (Iris/Jana)	SILS-G07@motivarche.online	Ruta definida por el usuario	Caminando	4	0.647 Km

Ilustración 149. Rutas almacenadas en el sistema

Con adaptación, las sugerencias de rutas para el usuario 1 y el usuario 2 se ajustan según sus preferencias. Para el usuario 1 se priorizan, en primer lugar, las rutas que pueden realizarse caminando y después las

que pueden hacerse conduciendo. Además, se priorizan las rutas cuyo recorrido no exceda los 4 km y que se realiza en el orden definido por el autor. En la Ilustración 150, en amarillo, se muestran las rutas establecidas por el autor; en rojo, los modos de viaje (en este caso, sólo hay rutas para caminar, ya que no existen opciones de menos de 4 Km para conducir) y en verde, la distancia total de la ruta, que no supera los 4 km.

Nombre ruta	Edición	Ruta	Modo de viaje	Puntos ruta	Distancia total a recorrer
Banyoles	DCS05@motivarche.online	Ruta definida por el usuario	Caminando	5	2.184 Km
Barri Vell (Iris/Jana)	SILS-G07@motivarche.online	Ruta definida por el usuario	Caminando	4	0.647 Km
Barri vell de Girona	DCS20@motivarche.online	Ruta definida por el usuario	Caminando	5	1.771 Km
Barri Vell, Girona	DCS04@motivarche.online	Ruta definida por el usuario	Caminando	5	1.43 Km

Ilustración 150. Rutas sugeridas por el sistema para el usuario 1

Para el usuario 2, como se muestra en la Ilustración 151, primero se presentan las rutas que puede realizar conduciendo (en color azul) y después las rutas para caminar (en color rojo). Uno de los criterios importantes es que la distancia de la ruta no exceda los 32 km, como se indica en color verde en la Ilustración 151. Además, se considera la preferencia del usuario de realizar el recorrido en condiciones climáticas soleadas; por lo tanto, al hacer la sugerencia, sólo se muestran los puntos que cumplen con esta condición, verificada mediante una API de información climática llamada API Weather.

Nombre ruta	Edición	Ruta	Modo de viaje	Puntos ruta	Distancia total a recorrer
Les fonts de Vilafant	DCS_2312@motivarche.online	Ruta definida por el usuario	Conduciendo	5	6.05 Km
ACTIVITAT CS: Ruta Motiv-ARCHE (Silvia, Maria i Sarah)	DCS_2305@motivarche.online	Ruta más corta	Caminando	10	10.581 Km
Activitat Final CS1 - Grup 19	DCS18@motivarche.online	Ruta más corta	Caminando	6	1.81 Km
Banyoles	DCS05@motivarche.online	Ruta definida por el usuario	Caminando	5	2.184 Km

Ilustración 151. Rutas sugeridas por el sistema para el usuario 2

7.6. Resumen y conclusiones del capítulo

En este capítulo se describe el módulo de adaptación utilizado para generar sugerencias de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas. Se presentan tres submodelos de adaptación: el de usuario, el de elemento patrimonial y el de contexto. En estos submodelos se identifican todas las características que se consideran para realizar las sugerencias.

Para el submodelo de usuario se tienen en cuenta datos básicos como la fecha de nacimiento, la ocupación, el género, el idioma y la religión. Como preferencias del usuario se consideran características de los contenidos: como los medios, el idioma, la resolución, el formato, la ruta a realizar, entre otras. Para la ruta, se consideran como variables el número máximo de puntos a visitar, la distancia máxima a recorrer, el medio de transporte, entre otros.

Para el submodelo de elemento patrimonial se definen datos básicos como el nombre, el autor, el tipo de patrimonio (tangible/intangible), el ambiente (interno/externo/ambos), la fecha de creación, entre otros. También se tiene en cuenta si existen restricciones culturales para su visita, dificultades o diversidades relacionadas con el acceso o si el lugar está cerrado por un periodo determinado. Además, se define los contenidos asociados al elemento patrimonial y su ubicación.

Para el submodelo de contexto se consideran las características del dispositivo, como los medios para reproducir ciertos contenidos, el sistema operativo, la capacidad de la red y de la memoria, los sensores con los que cuenta el dispositivo móvil, el tiempo atmosférico y la ubicación del usuario.

Para cada uno de estos submodelos, también se explica cómo obtener la información sobre estas características. Las características se obtienen de forma explícita mediante formularios y encuestas, donde se solicita al usuario información sobre sus preferencias y datos básicos de manera implícita se utilizando herramientas del dispositivo móvil, como el GPS para detectar la ubicación del usuario y la cámara para realizar el reconocimiento de imágenes y mostrar los contenidos asociados a un elemento patrimonial con realidad aumentada.

El capítulo también define diferentes servicios utilizados para sugerir elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas. Se detallan las características que deben considerarse para realizar dichas sugerencias y se proporcionan ejemplos para cada uno de estos servicios. Además, se presentan casos hipotéticos en los que dos usuarios con características diferenciadas utilizan la aplicación Motiv-ARCHE y compara lo que la aplicación mostraría sin adaptación frente a los resultados obtenidos con adaptación.

Se analizaron aquellos trabajos, de las revisiones de la literatura presentadas en capítulos anteriores, que utilizan adaptación de la información con el objetivo de identificar cómo estos trabajos evalúan la adaptación de la información. Gracias a este análisis se identificaron características que estos trabajos utilizan para complementar los submodelos de adaptación definidos inicialmente.

En la literatura no se encuentran test específicos para evaluar la adaptación. Lo que hacen en otros trabajos es comparar la opinión de los usuarios respecto a si prefieren lo que les muestra la versión adaptada o la no adaptada. En algunos de estos utilizan algún test de aceptación tecnológica y/o de motivación para evaluar el sistema sin y con adaptación.

Para probar los servicios de adaptación implementados, se simulan 2 usuarios registrados con características personales, preferencias e intereses en la aplicación Motiv-ARCHE. Con la información de cada uno de los usuarios se muestran los resultados obtenidos sin adaptación y con adaptación. Sin adaptación los elementos patrimoniales, los contenidos asociados y las rutas para ambos usuarios son iguales. No obstante, en cambio, como los usuarios tienen características y necesidades diferentes, al ejecutar los servicios con adaptación la aplicación muestra solamente elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas que cumplan con las características y las necesidades de cada uno de ellos.

Para sugerir los elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas las características que se consideran son la ubicación en la que se encuentra el usuario y el elemento patrimonial, las temáticas de interés, el tipo de medio que prefiere observar, el periodo histórico del elemento patrimonial, la distancia mínima para activar la realidad aumentada, el número máximo de elementos patrimoniales que va a visitar, la distancia máxima de la ruta, entre otras.

El modelo de adaptación propuesto y que es utilizado por el motor de inferencia permite relacionar las características del usuario, del elemento patrimonial y del contexto para ofrecer sugerencias personalizadas y acordes a sus necesidades. Al comparar estas características con las utilizadas en otras aplicaciones analizadas en la sección 3.5.3, se destaca que Motiv-ARCHE emplea diversos métodos y técnicas de adaptación. Estas técnicas permiten a los usuarios visualizar elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas tanto desde la aplicación web como desde la aplicación móvil.

A diferencia de otras aplicaciones, Motiv-ARCHE integra los tres submodelos de adaptación (usuario, elemento patrimonial y contexto) diseñados e implementados en este trabajo. Esto garantiza la generación de sugerencias más precisas y ajustadas a las características y necesidades de los usuarios.

Cabe resaltar que solo una de las aplicaciones analizadas permite la co-creación de contenidos. En cambio, Motiv-ARCHE facilita esta funcionalidad sin requerir que el usuario sea un experto en realidad aumentada o patrimonio, permitiéndole crear o ampliar información sobre los elementos patrimoniales registrados en el sistema.

PARTE III. CONCLUSIONES Y

TRABAJO FUTURO

CAPÍTULO 8 - CONCLUSIONES

La principal motivación para desarrollar esta tesis surge por la falta de interés que los usuarios muestran por aprender sobre el patrimonio cultural y natural. Actualmente, instituciones como la UNESCO se dedican a la promoción, protección y conservación de elementos patrimoniales, al igual que los museos, los cuales buscan coleccionar, exhibir y preservar estos elementos para las generaciones actuales y futuras. No obstante, cuando se diseñan y se presentan las exhibiciones, no siempre se dirigen a todo tipo de público, ni tampoco se consideran los intereses ni necesidades que tiene cada uno de los usuarios.

Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue desarrollar un sistema de co-creación de contenidos adaptativos que utiliza la realidad aumentada para motivar a los usuarios, principalmente adolescentes, en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, teniendo en cuenta las características del usuario y de su contexto.

Para comprender qué motiva a un usuario a visitar un sitio patrimonial, se plantearon preguntas acerca de las ventajas, desventajas, limitaciones y desafíos que tiene la realidad aumentada en comparación con otras tecnologías como la realidad virtual y la realidad mixta. Además, se investigó la manera en que se emplean estas tecnologías en ambientes de aprendizaje del patrimonio cultural y natural, qué herramientas se utilizan para desarrollar este tipo de aplicaciones, si el uso de la realidad aumentada mejora la motivación y cuáles son las características de las aplicaciones actuales para fomentar el interés en el aprendizaje del patrimonio.

Para responder a estas preguntas, se realizó una revisión sistemática de aplicaciones y artículos que emplean tecnologías inmersivas en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. Como ventajas se encontró que su uso en el aprendizaje ofrece mecanismos interactivos con los elementos exhibidos a través de contenidos virtuales; mejora la percepción del elemento al obtener un mayor detalle; al ser contenidos virtuales, no se encuentra limitado por un espacio físico ni genera molestias a otros usuarios al momento de mostrar las exhibiciones, permite complementar información sobre el elemento patrimonial, entre otras. No obstante, también se menciona que es importante guiar a los usuarios en el uso adecuado de esta tecnología, ya que ésta no sólo se ha utilizado en ámbitos educativos, sino también en el entretenimiento.

En cuanto a las ventajas y desventajas de la realidad aumentada frente a otras tecnologías inmersivas, se observa que esta tecnología, al no reemplazar la realidad del usuario con elementos virtuales, evita un consumo excesivo de recursos para cargar los contenidos. Además, no genera un aislamiento del usuario del entorno real, lo que permite la interacción con otros usuarios enriqueciendo la experiencia de aprendizaje del patrimonio cultural y natural.

En la investigación sobre las tecnologías que activan la realidad aumentada, se encontraron diversas formas de hacerlo, ya sea por sensores o por reconocimiento de imágenes. Dependiendo del método seleccionado, estas formas de activación pueden verse afectadas por factores externos, como la luminosidad, el reflejo de superficies o la ubicación del usuario, por lo que es necesario disponer de alternativas para asegurar que la activación se realice correctamente.

Para identificar las características que las aplicaciones actuales consideran para mejorar la motivación, se realizaron dos revisiones literarias. La primera se enfocó en identificar las tecnologías inmersivas, tipo de inmersión, tipo de dispositivos que utilizan, los métodos de activación, el ambiente en que se ejecuta y en contexto en el que se utilizan. En la segunda revisión, se amplió esta investigación incluyendo la motivación, la co-creación y la adaptación de la

información, dado que en la primera revisión se encontró que estas son características que pocas aplicaciones las consideraban para atraer a los usuarios a visitar los sitios patrimoniales.

A partir de estas revisiones, se elaboró una tabla comparativa para identificar los tipos de dispositivos que utilizan los usuarios, las características relevantes del usuario y del contexto para adaptar la información, los tipos de contenido y medios que se deben mostrar y utilizar, los ambientes en los que se usan las aplicaciones, los métodos de activación de realidad aumentada en cada ambiente, entre otros aspectos.

Con el análisis y la tabla comparativa de los trabajos relacionados, se define la forma en que la aplicación permite la creación de los contenidos y los métodos que se utilizaron para activar la realidad aumentada. Definiendo estos dos aspectos se cumplen los dos primeros objetivos específicos de esta tesis.

Para Motiv-ARCHE, los métodos de activación seleccionados fueron por reconocimiento de imágenes y por posición geográfica para que funcionara en ambientes internos y externos. Con respecto al proceso de creación de los elementos patrimoniales y contenidos, el usuario define cuál es el elemento patrimonial que desea crear, selecciona etiquetas que permitan clasificar los elementos patrimoniales, define los métodos que se utilizarán para activar y mostrar los contenidos en realidad aumentada (reconocimiento de imágenes y/o posición geográfica), define los medios y contenidos asociados (audios, imágenes, videos, modelos 3D, sitios web, textos y/o archivos PDF) selecciona las etiquetas que identifican y clasifican dichos contenidos.

En la literatura se encuentra que otro aspecto que no se considera y que es importante implementar es la adaptación de la información. Por consiguiente, se propuso un modelo de adaptación que representa y determina las características del usuario, del elemento patrimonial y del contexto para sugerir contenidos co-creados basándose en las características y necesidades del usuario. Para identificar qué características son importantes considerar, se realizó una revisión de la literatura de las aplicaciones que utilizan adaptación de información y, con la información obtenida de los submodelos de adaptación (usuario, elemento patrimonial y contexto), se construyen los submodelos de adaptación que en la aplicación son utilizados para sugerir los elementos patrimoniales, los contenidos asociados y las rutas. Definiendo el modelo de adaptación se cumple parte del tercer objetivo específico de esta tesis.

Para cumplir el cuarto objetivo específico se desarrolló un sistema que permitió la co-creación de contenidos y se implementó servicios adaptativos para entornos patrimoniales cumpliendo la parte faltante del tercer objetivo específico. Para desarrollar la aplicación se buscan metodologías de desarrollo y se encuentra que la DBR es una metodología que se utiliza en aplicaciones educativas. Esta metodología se divide en 3 fases (diseño, implementación y análisis).

Para evaluar la adaptación de la información, se propuso trabajar con dos usuarios con características diferentes. Se realizaron pruebas tanto sin adaptación como con adaptación para analizar si las sugerencias de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas consideran las características del usuario y su contexto.

Para generar estas sugerencias, los usuarios debieron completar previamente un formulario de preferencias. En este formulario se les consultó sobre el tipo de medios que prefieren apreciar y el orden en que los prefieren, los tipos de elementos patrimoniales y naturales de su interés, así como la forma en que prefieren realizar el recorrido de una ruta.

Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos para cada usuario creado. Los resultados mostraron que el sistema efectivamente presenta diferentes elementos en función de las preferencias especificadas para cada usuario.

En la fase de diseño se definen las herramientas que se van a utilizar para solucionar el problema, en la fase de implementación se utilizan las herramientas definidas en la fase anterior para implementar la aplicación y en la fase de análisis se prueba la aplicación con los usuarios para obtener retroalimentación de la aplicación. Esta metodología se repite iterativamente con el fin de ir obteniendo una nueva versión de la aplicación a partir de las sugerencias de los usuarios e ir obteniendo una mejor versión con respecto a la anterior iteración.

Para obtener retroalimentación de los usuarios (quinto objetivo específico) se fueron realizando experimentos de co-creación y de acceso a los contenidos co-creados. En cada uno de los experimentos se obtuvo la retroalimentación de los participantes, estudiantes y expertos patrimoniales que ha permitido que, en cada nueva versión de la aplicación, se mejoren las funcionalidades. En los experimentos se realizan diferentes test y cuestionarios que permiten obtener más información sobre la aplicación Motiv-ARCHE en cuanto a su aceptación y uso en términos tecnológicos. También se evalúa si los usuarios se sienten motivados a aprender sobre el patrimonio cultural y natural al co-crear y acceder los contenidos. Finalmente se revisa si características como la edad, el género y el nivel educativo son relevantes al utilizarla.

Para seleccionar qué test se iban a utilizar para evaluar la aceptación tecnológica, la motivación y la co-creación se revisan los trabajos relacionados para ver la forma en que evalúan estas características. De los test analizados, para la aceptación tecnológica se utiliza el test ARAM porque está enfocado para el aprendizaje de elementos patrimoniales y naturales, y se ha utilizado para evaluar aplicaciones que utilizan realidad aumentada. En cuanto al test de motivación, se ha considerado el IMMS por ser uno de los más utilizados en los trabajos relacionados. Además, para obtener información demográfica se ha diseñado un cuestionario en el que se le pregunta a los usuarios la edad, el género, el nivel de conocimiento sobre la realidad aumentada y del patrimonio cultural y la frecuencia con la que utilizan aplicaciones en realidad aumentada.

En los primeros experimentos de co-creación de contenidos asociados los usuarios comentaron que faltaba mejorar aspectos de la aplicación web para facilitar la creación de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas. No obstante, en las versiones más recientes los usuarios comentaron que estos aspectos ya eran correctos.

Los resultados obtenidos en el test ARAM en el experimento de acceso a los contenidos confirman que el uso de la realidad aumentada, para presentar contenidos asociados a elementos patrimoniales, es una excelente manera de incentivar a los usuarios a visitar estos lugares. Según los comentarios de los participantes y de expertos en patrimonio, implementar Motiv-ARCHE en dispositivos móviles facilita el acceso de los visitantes y les permite consultar más información sobre los elementos patrimoniales que les resulten de interés. Además, señalaron que una de las ventajas es que los visitantes no deben esperar a un guía para recibir explicaciones, que ofrece otro tipo de medios y contenidos que no se puede obtener con métodos tradicionales y que no están sujetos a la disponibilidad de dispositivos pues los usuarios pueden utilizar su propio dispositivo móvil.

Finalmente, para comprobar que se cumple el sexto objetivo específico se han utilizado 3 experimentos de co-creación para evaluar la aplicación Motiv-ARCHE y los contenidos co-creados. Se ha llevado a cabo una evaluación de este proceso. Para evaluar el proceso de co-creación se utilizan los resultados obtenidos en el test de aceptación tecnológica y en el test de motivación, y los datos obtenidos en el cuestionario demográfico. Para analizar y revisar si hay alguna relación

entre las variables entre los test (IMMS y ARAM) y las del cuestionario demográfico se utiliza el programa estadístico SPSS. En concreto, se revisa si las variables siguen una distribución normal, si existen correlaciones entre las variables y si hay diferencias significativas entre ellas.

En el experimento de la “Facultat d’Educació i Psicologia” se utiliza el test de motivación IMMS enfocado a la co-creación y se realiza un cuestionario demográfico donde se pregunta la edad y el género. En este experimento, todas las variables del test IMMS (atención, relevancia, confianza y satisfacción) se correlacionan entre sí, por lo que si se capta el interés de los usuarios en la co-creación de contenidos, la información que co-creen va a ser relevante, confiable y satisfactoria. Además, se observó que la edad es una variable que puede afectar la confianza en los contenidos co-creados. Cuantos más años tenga el usuario, una menor confianza tiene en crear los contenidos de un elemento patrimonial. En cuanto al género del usuario, se encuentra una diferencia significativa en la atención, confianza y satisfacción. Los chicos reportan mayor interés, confianza y satisfacción al co-crear contenidos que quienes se identifican como chicas o no se consideran de ningún género.

En el experimento del “Institut de Sils” de la provincia de Girona solamente se realiza el test de motivación IMMS enfocado a la co-creación de contenidos asociados. Del análisis de los resultados se observa que, para este experimento, la mayoría de las variables del test se correlacionan entre sí. Las únicas que no se correlacionan son la atención y la confianza, por lo que para los participantes de este experimento el interés en co-crear los contenidos no influye en la confianza con la que se sienten en el momento de crearlos.

Finalmente, en el experimento de la Pontificia Universidad Javeriana se realiza el test de motivación IMMS enfocado a la co-creación y un cuestionario demográfico en el que se pregunta la edad y el género. El análisis de los resultados muestra que las únicas variables que se correlacionan son la satisfacción y la atención, ya que al co-crear los elementos patrimoniales y contenidos asociados se sienten satisfechos e interesados en usar la aplicación.

A partir de los resultados, se puede deducir que para llamar la atención de los usuarios al co-crear contenidos es importante que los usuarios se sientan a gusto con el contenido al momento de crearla, por lo que la facilidad con la que se implemente el sistema para co-crear los contenidos hace que los usuarios se sientan motivados en hacerlo.

En el experimento enfocado al acceso de los contenidos, se realizan los test ARAM, IMMS y un cuestionario demográfico AC en el que se le pregunta la edad, el nivel de conocimiento con respecto a la realidad aumentada y al patrimonio cultural, la frecuencia de uso de la realidad aumentada, el género y el nivel educativo. En este experimento participaron usuarios de diferentes edades comprendidas entre los 18 y 93 años. Para analizar los resultados, se revisan las relaciones de las variables de los test y del cuestionario demográfico AC en forma general (considerando a todos los usuarios), pero también considerando por separado los usuarios adolescentes (entre los 14 y 26 años) y los adultos (mayores de 27).

En el análisis de los resultados de este experimento se concluye que:

1. Para motivar a los usuarios a co-crear contenidos en realidad aumentada, los usuarios deben tener la habilidad para hacerlo correctamente. Motiv-ARCHE al permitir crear contenidos sin tener conocimientos de esta tecnología, permite que cualquier usuario pueda hacerlo.
2. La facilidad de uso de la aplicación Motiv-ARCHE para visualizar los contenidos es una forma de atraerlos a visitar sitios patrimoniales.

3. La aplicación al ser fácil de usar mejora la experiencia del usuario al visitar un sitio patrimonial y hace que los usuarios la perciban como útil para el aprendizaje del patrimonio cultural.
4. Para motivar a un usuario, los contenidos deben estar alineados con sus intereses. Además, es importante que el usuario se sienta competente para completar cada actividad y se sienta satisfecho al aprender sobre el patrimonio cultural y natural.
5. El uso de Motiv-ARCHE para la población adolescente fue más sencilla que para la población adulta, ya que tienen un mayor conocimiento del funcionamiento de la realidad aumentada y el uso frecuentemente en aplicaciones que implementan esta tecnología.
6. Los usuarios adolescentes que son los que tienen un mayor conocimiento sobre el patrimonio cultural son los que sienten más interés y motivación en utilizar Motiv-ARCHE.
7. Para la población adolescente la intención de utilizar en el futuro la Motiv-ARCHE para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural puede verse influenciada por referencias de otras personas.
8. Los usuarios adultos que no tienen mucho conocimiento del funcionamiento de la realidad aumentada confían más en los contenidos que brinda la aplicación, aunque tienen un mayor temor de equivocarse.
9. Los usuarios adultos que tenían un mayor conocimiento de la realidad aumentada y del patrimonio cultural son los que se sienten más motivados en utilizar la aplicación para el aprendizaje del patrimonio cultural.
10. Los adultos tienden a mostrar más interés en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural comparado con la población adolescente, por lo que tienen una intención mayor de utilizar la aplicación en el futuro.
11. Los usuarios con un mayor conocimiento en la realidad aumentada son los que más utilizan este tipo de aplicaciones, por lo que en el momento de usar Motiv-ARCHE no sienten miedo o temor a equivocarse.

Los resultados obtenidos en los experimentos de co-creación y acceso a los contenidos muestran que, en general, los usuarios consideran que la aplicación es fácil de usar y expresan su intención de utilizarla en otros ambientes patrimoniales.

No obstante, queda pendiente realizar un análisis más detallado para evaluar cómo las variables del test IMMS y ARAM, y de los cuestionarios demográficos se ven influenciadas por las características de la aplicación y del perfil de los usuarios.

A partir de la revisión de la literatura, el uso de la realidad aumentada, la adaptación de la información, la co-creación y los resultados obtenidos en los experimentos se concluye que estas tecnologías benefician la motivación en el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. No obstante, el uso de la tecnología no es lo único que motiva a los usuarios a visitar y a aprender sobre los sitios patrimoniales, sino que también es importante tener en cuenta en cómo se utiliza la tecnología para enriquecer la experiencia de aprendizaje. Todo esto debe ir asociado al análisis

e implementación de alternativas para atraer la atención del usuario. Por ejemplo, mostrarle los elementos patrimoniales desde diversas perspectivas.

El objetivo de Motiv-ARCHE es presentar a los usuarios diversas alternativas, basadas en sus intereses, gustos y características, así como sus necesidades de información, para atraerlos y motivarlos a seguir aprendiendo.

Con respecto a la realidad aumentada, ésta ha demostrado ser efectiva en la motivación dentro de entornos educativos. En este caso, los usuarios mostraron interés al visualizar, a través de la aplicación, contenidos asociados a los elementos patrimoniales, tanto por el uso de la tecnología como por la información que se les brindó.

En cuanto al captar la atención de los usuarios, los contenidos deben ser relevantes e interesantes. Una forma de lograrlo es mediante la adaptación de la información. Dado que los sitios patrimoniales atraen a diferentes tipos de público, es fundamental que los contenidos presentados estén alineados con los intereses y necesidades de cada tipo de usuario. Por lo tanto, la adaptación de contenidos es una característica clave a considerar en el desarrollo de aplicaciones futuras en el ámbito del aprendizaje del patrimonio cultural y natural.

Para captar la atención del público adolescente en este tipo de aplicaciones, es necesario que los contenidos generados demuestren un alto nivel de conocimiento patrimonial y que la aplicación sea fácil de usar tanto para crear como para visualizar los contenidos.

Por otro lado, para atraer a la población adulta que no esté familiarizada con la realidad aumentada ni use este tipo de aplicaciones con frecuencia, Motiv-ARCHE incluye un manual detallado en el que se explica paso a paso, su funcionamiento y así reducir el miedo de utilizarla.

Sobre la co-creación, es relevante hacer énfasis en el trabajo colaborativo que se lleva a cabo y tiene como resultado que, un grupo de usuarios a través de diversos medios amplie los contenidos mostrados de un mismo elemento patrimonial. Esto contribuye a tener cautivo (desde diversas dimensiones, imágenes, videos, audios, etc.) a un usuario al que pretendemos mantener atento y motivado a seguir aprendiendo sobre este elemento.

Finalmente, a partir de los experimentos se concluye que, para motivar a los usuarios a aprender sobre el patrimonio cultural y natural, lo relevante no es únicamente que la aplicación use realidad aumentada, sino que ofrezca facilidad de uso y condiciones que permitan el acceso para co-crear y visualizar los contenidos. Esto es especialmente importante ya que los usuarios no necesitan ser expertos en esta tecnología para crear ni visualizar los contenidos.

CAPÍTULO 9 – TRABAJO FUTURO

Los resultados obtenidos sugieren que es importante que en la aplicación se implementen nuevas formas de sugerir elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas. Estas sugerencias deberían incluir más características identificadas en los submodelos de adaptación, como los horarios de apertura y cierre de los elementos patrimoniales, los medios de transporte para llegar a ellos, el precio de acceso a los sitios patrimoniales, entre otros.

También se ve que es necesario realizar adaptaciones no solo a nivel individual, sino también para grupos de personas, ya que, en la mayoría de los casos, las visitas a este tipo de sitios se realizan en grupo, como con compañeros de colegio o universidad, con la familia o con amigos. Para evaluar la adaptación, sería importante realizar experimentos con los usuarios sobre las sugerencias generadas por la aplicación Motiv-ARCHE y determinar si las características de los submodelos de adaptación son suficientes para recomendar elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas. Además, se debería verificar si las sugerencias realmente cumplen con los intereses y necesidades de los usuarios. Para ello, se podría comparar la experiencia de los usuarios con y sin adaptación, de modo que expresarían su preferencia entre ambas versiones. Esta evaluación podría realizarse mediante encuestas o utilizando los test IMMS y ARAM, lo que permitiría comparar los resultados obtenidos en ambas versiones.

También es necesario llevar a cabo un análisis más detallado de las preguntas planteadas respecto al uso de las tecnologías inmersivas para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural realizadas en la primera revisión sistemática. Este análisis debería considerar los artículos más recientes e incluir aquellos examinados en la segunda revisión de la literatura para determinar si las dificultades identificadas previamente en el uso estas tecnologías siguen existiendo o si se han logrado avances que faciliten su acceso y uso.

La aplicación podría implementarse en otras tecnologías inmersivas como la realidad virtual y realidad mixta facilitando así el acceso a los sitios patrimoniales y a los contenidos asociados a los elementos patrimoniales para usuarios que tengan alguna dificultad. En el caso de la realidad aumentada, se podrían utilizar diferentes dispositivos para visualizar los contenidos, ya sea mediante sensores, reconocimiento de modelos o dispositivos espaciales de realidad aumentada. Esta flexibilidad permitiría una experiencia accesible y adaptada a las necesidades de cada usuario.

Los usuarios sugirieron que sería interesante hacer la aplicación más inmersiva. Para ello, podría considerarse su implementación en otras tecnologías, como la realidad virtual y la realidad mixta, permitiendo así que personas con distintas necesidades o dificultades puedan experimentar estos sitios de una manera diferente. También sugirieron que se incluyeran elementos de gamificación en el sistema para aumentar aún más la motivación y la participación de los usuarios en su proceso de aprendizaje.

Para obtener más resultados sobre qué aspectos considerar para motivar el aprendizaje del patrimonio cultural y natural, sería necesario evaluar la aceptación tecnológica en la co-creación de los contenidos para revisar si la calidad de los contenidos que se generan depende de la tecnología que se utiliza.

También sería relevante realizar más experimentos en la creación de elementos patrimoniales, contenidos y rutas en ambientes naturales. Además, se sugiere ampliar el tamaño de la población participante en los experimentos, considerando una mayor diversidad de usuarios y contextos culturales relacionados con el aprendizaje del patrimonio cultural y natural.

Para asegurar la calidad de los elementos patrimoniales, de los contenidos asociados y de las rutas, expertos patrimoniales podrán utilizar el servicio de validación para comprobar que lo que han generado otros usuarios realmente es efectivo para el aprendizaje del patrimonio cultural y natural.

Asimismo, sería valioso analizar los resultados después de un período de uso por parte de los usuarios para observar cómo evoluciona su motivación hacia el aprendizaje del patrimonio cultural y natural. Esto permitiría identificar si dicha motivación ha aumentado con el uso de la aplicación o si han surgido nuevas características que podrían implementarse para mejorar la experiencia y fortalecer el interés en el patrimonio. Este análisis de resultados también se deben considerar las características de adaptación en cuanto a la sugerencia de elementos patrimoniales, contenidos asociados y rutas.

En cuanto a la visualización de los contenidos también sería interesante evaluar el funcionamiento de la realidad aumentada por posición geográfica, en el que se valide si según la posición dada por la aplicación muestra los contenidos asociados al elemento patrimonial. También sería interesante que, en la sugerencia de una ruta, en vez de sugerir al usuario una de las rutas ya creadas, el sistema generara las rutas según las preferencias del usuario.

- Ain, N. U., Kaur, K., & Waheed, M. (2016). The influence of learning value on learning management system use: An extension of UTAUT2. *Information Development, 32*(5), 1306–1321. <https://doi.org/10.1177/0266666915597546>
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review, 20*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Albouys-Perrois, J., Laviolle, J., Briant, C., & Brock, A. M. (2018). Towards a Multisensory Augmented Reality Map for Blind and Low Vision People: a Participatory Design Approach. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3173574.3174203>
- Alexandridis, G., Chrysanthi, A., Tsekouras, G. E., & Caridakis, G. (2019). Personalized and content adaptive cultural heritage path recommendation: an application to the Gournia and Çatalhöyük archaeological sites. *User Modeling and User-Adapted Interaction, 29*(1), 201–238. <https://doi.org/10.1007/s11257-019-09227-6>
- Alitany, A., Redondo, E., Fonseca, D., & Riera, A. S. (2013). Hybrid-ICT. Integrated methodologies for heritage documentation TIC-Híbridas . Metodologías integradas para la. *2013 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–7. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6615853>
- Alkhafaji, A., Cocea, M., Crellin, J., & Fallahkhair, S. (2017). Guidelines for designing a smart and ubiquitous learning environment with respect to cultural heritage. *Proceedings - International Conference on Research Challenges in Information Science*, 334–339. <https://doi.org/10.1109/RCIS.2017.7956556>
- Alnagrat, A., Che Ismail, R., Syed Idrus, S. Z., & Abdulhafith Alfaqi, R. M. (2022). A Review of Extended Reality (XR) Technologies in the Future of Human Education: Current Trend and Future Opportunity. *Journal of Human Centered Technology, 1*(2), 81–96. <https://doi.org/10.11113/humentech.v1n2.27>
- Amores-Valencia, A., Burgos, D., & Branch-Bedoya, J. W. (2022). Influence of motivation and academic performance in the use of Augmented Reality in education. A systematic review. *Frontiers in Psychology, 13*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1011409>
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher, 41*(1), 16–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Angelopoulou, A., Economou, D., Bouki, V., Psarrou, A., Jin, L., Pritchard, C., & Kolyda, F. (2012a). Mobile augmented reality for cultural heritage. In C. Borcea, P. Bellavista, C. Giannelli, T. Magedanz, & F. Schreiner (Eds.), *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering: Vol. 93 LNICS* (Issue January, pp. 15–22). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30607-5_2
- Angelopoulou, A., Economou, D., Bouki, V., Psarrou, A., Jin, L., Pritchard, C., & Kolyda, F. (2012b). Mobile augmented reality for cultural heritage. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, 93 LNICS*(January), 15–22. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30607-5_2
- Ardissono, L., Gena, C., & Kuflik, T. (2016). Mobile access to cultural heritage - Mobile-CH 2016. *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct, MobileHCI 2016*, 960–963. <https://doi.org/10.1145/2957265.2965001>
- Ardissono, L., Kuflik, T., & Petrelli, D. (2012). Personalization in cultural heritage: the road travelled and the one ahead. *User Modeling and User-Adapted Interaction, 22*(1–2), 73–99. <https://doi.org/10.1007/s11257-011-9104-x>
- Ardito, C., Buono, P., Costabile, M. F., Lanzilotti, R., & Pederson, T. (2007). Re-experiencing history in archaeological parks by playing a mobile augmented reality game. In *Lecture Notes in Computer*

- Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 4805 LNCS (Issue PART 1, pp. 357–366). Springer Berlin Heidelberg.*
https://doi.org/10.1007/978-3-540-76888-3_58
- Arias-Espinoza, P., Medina-Carrion, A., Robles-Bykbaev, V., Robles-Bykbaev, Y., Pesantez-Aviles, F., Ortega, J., Matute, D., & Roldan-Monsalve, V. (2018). E-Pumapunku: An Interactive App to Teach Children the Cañari and Inca Indigenous Cultures during Guided Museum Visits. *2018 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería, CONIITI 2018 - Proceedings*.
<https://doi.org/10.1109/CONIITI.2018.8587097>
- Ayuso Álvarez, A. M., De Felipe, J. J., Delgado Jiménez, A., Fernández, M. L., Mata Olmo, R., Rocuts, A., Sanz Herráiz, C., & Troitiño, M. Á. (2009a). *Patrimonio Natural, Cultural Y Paisajístico Claves Para La Sostenibilidad Territorial*.
- Ayuso Álvarez, A. M., De Felipe, J. J., Delgado Jiménez, A., Fernández, M. L., Mata Olmo, R., Rocuts, A., Sanz Herráiz, C., & Troitiño, M. Á. (2009b). *Patrimonio Natural, Cultural Y Paisajístico Claves Para La Sostenibilidad Territorial*.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Azuma, R. T. (2016). The Most Important Challenge Facing Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 25(3), 234–238. https://doi.org/10.1162/PRES_a_00264
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology*, 17(4), 133–149. <https://doi.org/jeductechsoci.17.4.133>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Kinshuk. (2018). Insights into the factors influencing student motivation in Augmented Reality learning experiences in Vocational Education and Training. *Frontiers in Psychology*, 9(AUG), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01486>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Kinshuk. (2019). Framework for designing motivational augmented reality applications in vocational education and training. *Australasian Journal of Educational Technology*, 35(3), 102–117. <https://doi.org/10.14742/ajet.4182>
- Banfi, F., Brumana, R., & Stanga, C. (2019). Extended reality and informative models for the architectural heritage: From scan-to-bim process to virtual and augmented reality. *Virtual Archaeology Review*, 10(21), 14–30. <https://doi.org/10.4995/var.2019.11923>
- Barile, F., Calandra, D. M., Caso, A., Dauria, D., Di Mauro, D., Cutugno, F., & Rossi, S. (2014). ICT solutions for the OR.C.HE.S.T.R.A. project: From personalized selection to enhanced fruition of cultural heritage data. *Proceedings - 10th International Conference on Signal-Image Technology and Internet-Based Systems, SITIS 2014*, 501–507. <https://doi.org/10.1109/SITIS.2014.12>
- Barroso Osuna, J., Cabero Almenara, J., & Moreno Fernández, A. M. (2016). La utilización de objetos de aprendizaje en Realidad Aumentada en la enseñanza de la medicina. In *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation (Vol. 2, Issue 2, p. 77)*.
<https://doi.org/10.20548/innoeduca.2016.v2i2.2028>
- Barroso-Osuna, J., Cabero-Almenara, J., & Valencia Ortiz, R. (2018). Uso educativo de la RA: experiencias en España y México. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 36(2), 7. <https://doi.org/10.14201/et2018362729>
- Bartolini, I., Moscato, V., Pensa, R. G., Penta, A., Picariello, A., Sansone, C., & Sapino, M. L. (2016). Recommending multimedia visiting paths in cultural heritage applications. *Multimedia Tools and Applications*, 75(7), 3813–3842. <https://doi.org/10.1007/s11042-014-2062-7>
- Batet, M., Moreno, A., Sánchez, D., Isern, D., & Valls, A. (2012). Turist@: Agent-based personalised recommendation of tourist activities. *Expert Systems with Applications*, 39(8), 7319–7329. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.086>
- Baumgartner, E., Ferdig, R. E., & Gandolfi, E. (2022). Exploring the Impact of Extended Reality (XR) on Spatial Reasoning of Elementary Students. *TechTrends*, 66(5), 825–836. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00753-6>
- Bederson, B. B. (1995a). Audio augmented reality. *Conference Companion on Human Factors in Computing Systems - CHI '95*, 210–211. <https://doi.org/10.1145/1125451.1125675>

- Bederson, B. B. (1995b). Audio augmented reality: a Prototype Automated Tour Guide. *Conference Companion on Human Factors in Computing Systems - CHI '95*, 210–211. <https://doi.org/10.1145/223355.223526>
- Bederson, B. B. (1995c). Audio augmented reality: a Prototype Automated Tour Guide. *Conference Companion on Human Factors in Computing Systems - CHI '95*, 210–211. <https://doi.org/10.1145/223355.223526>
- Bekele, M. K., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E. S., & Gain, J. (2018). A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 11(2), 1–36. <https://doi.org/10.1145/3145534>
- Benabou, R., & Tirole, J. (2003). Intrinsic and Extrinsic Motivation. *Review of Economic Studies*, 70(3), 489–520. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00253>
- Blanco-Pons, S., Carrión-Ruiz, B., Luis Lerma, J., & Villaverde, V. (2019). Design and implementation of an augmented reality application for rock art visualization in Cova dels Cavalls (Spain). *Journal of Cultural Heritage*, 39, 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.03.014>
- Boboc, R., Duguleană, M., Voinea, G., Postelnicu, C.-C., Popovici, D.-M., & Carrozzino, M. (2019). Mobile Augmented Reality for Cultural Heritage: Following the Footsteps of Ovid among Different Locations in Europe. *Sustainability*, 11(4), 1167. <https://doi.org/10.3390/su11041167>
- Boletsis, C., & Chasanidou, D. (2018a). Audio augmented reality in public transport for exploring tourist sites. *ACM International Conference Proceeding Series*, 721–725. <https://doi.org/10.1145/3240167.3240243>
- Boletsis, C., & Chasanidou, D. (2018b). Smart tourism in cities: Exploring urban destinations with audio augmented reality. *ACM International Conference Proceeding Series*, 515–521. <https://doi.org/10.1145/3197768.3201549>
- Bollwerk, E. (2015). Co-Creation's Role in Digital Public Archaeology. *Advances in Archaeological Practice*, 3(3), 223–234. <https://doi.org/10.7183/2326-3768.3.3.223>
- Bollwerk, E., Connolly, R., & McDavid, C. (2015). Co-Creation and Public Archaeology. *Advances in Archaeological Practice*, 3(3), 178–187. <https://doi.org/10.7183/2326-3768.3.3.178>
- Bonis, B., Stamos, J., Vosinakis, S., Andreou, I., & Panayiotopoulos, T. (2009). A platform for virtual museums with personalized content. *Multimedia Tools and Applications*, 42(2), 139–159. <https://doi.org/10.1007/s11042-008-0231-2>
- Bostanci, E., Kanwal, N., & Clark, A. F. (2015). Augmented reality applications for cultural heritage using Kinect. *Human-Centric Computing and Information Sciences*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s13673-015-0040-3>
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education - cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Bra, P. De, & Pechenizkiy, M. (2009). *AH 12 Years Later : a Comprehensive Survey of Adaptive Hypermedia Methods and Techniques*. 15(May 2014), 1–3. <https://doi.org/10.1080/13614560902801608>
- Brancati, N., Caggianese, G., Pietro, G. De, Frucci, M., Gallo, L., & Neroni, P. (2016). Usability Evaluation of a Wearable Augmented Reality System for the Enjoyment of the Cultural Heritage. *Proceedings - 11th International Conference on Signal-Image Technology and Internet-Based Systems, SITIS 2015*, 768–774. <https://doi.org/10.1109/SITIS.2015.98>
- Breeden, A. (2019). *La Catedral de Notre Dame en París se incendia*. The New York Times. <https://www.nytimes.com/es/2019/04/15/espanol/notre-dame-incendio.html>
- Brooke, J. (1996). SUS: A “Quick and Dirty” Usability Scale. In *Usability Evaluation In Industry* (pp. 207–212). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
- Bruce, C. D., & Hawes, Z. (2015). The role of 2D and 3D mental rotation in mathematics for young children: what is it? Why does it matter? And what can we do about it? *ZDM Mathematics Education*, 47(3), 331–343. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0637-4>
- Bruno, F., Barbieri, L., Muzzupappa, M., Tusa, S., Fresina, A., Oliveri, F., Lagudi, A., Cozza, A., & Peluso, R. (2019). Enhancing learning and access to Underwater Cultural Heritage through digital

- technologies: the case study of the “Cala Minnola” shipwreck site. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 13, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2019.e00103>
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6(2–3), 87–129. <https://doi.org/10.1007/BF00143964>
- Brusilovsky, P. (2007). *User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems* (Issue January). <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9>
- Brusilovsky, P., & Maybury, M. T. (2002). From adaptive hypermedia to the adaptive web. *Communications of the ACM*, 45(5), 30–33. <https://doi.org/10.1145/506218.506239>
- Bujari, A., Ciman, M., Gaggi, O., & Palazzi, C. E. (2017). Using gamification to discover cultural heritage locations from geo-tagged photos. *Personal and Ubiquitous Computing*, 21(2), 235–252. <https://doi.org/10.1007/s00779-016-0989-6>
- Bunt, A., Carenini, G., & Conati, C. (2007). Adaptive Content Presentation for the Web. In P. Brusilovsky, A. Kobsa, & W. Nejdl (Eds.), *The Adaptive Web* (Vol. 4321, Issue February 2014, pp. 409–432). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_13
- Bustillo, A., Alaguero, M., Miguel, I., Saiz, J. M., & Iglesias, L. S. (2015). A flexible platform for the creation of 3D semi-immersive environments to teach Cultural Heritage. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2(4), 248–259. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2015.11.002>
- Cabero Almenara, J., & Llorente Cejudo, C. (2019). Evaluación de software en la producción de objetos en Realidad Aumentada con fines educativos. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 19(60). <https://doi.org/10.6018/red/60/01>
- Cabero-Almenara, J., & Roig-Vila, R. (2019). The motivation of technological scenarios in Augmented Reality (AR): Results of different experiments. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(14). <https://doi.org/10.3390/app9142907>
- Cardoso, P. J. S., Rodrigues, J. M. F., Pereira, J., Nogin, S., Lessa, J., Ramos, C. M. Q., Bajireanu, R., Gomes, M., & Bica, P. (2020). Cultural heritage visits supported on visitors’ preferences and mobile devices. *Universal Access in the Information Society*, 19(3), 499–513. <https://doi.org/10.1007/s10209-019-00657-y>
- Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Handbook of Augmented Reality. In *Handbook of Augmented Reality* (Issue November). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6>
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341–377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>
- Carrozzino, M., Scucces, A., Leonardi, R., Evangelista, C., & Bergamasco, M. (2011). Virtually preserving the intangible heritage of artistic handicraft. *Journal of Cultural Heritage*, 12(1), 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2010.10.002>
- Castro, J. C., Quisimalin, M., Córdova, V. H., Quevedo, W. X., Gallardo, C., Santana, J., & Andaluz, V. H. (2017). Virtual reality on e-tourism. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 450, 86–97. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6454-8_13
- Cesário, V. (2018). *Analysing Texts and Drawings: The Teenage Perspective on Enjoyable Museum Experiences*. 1–5. <https://doi.org/10.14236/ewic/hci2018.215>
- Cesário, V. (2019). Guidelines for combining storytelling and gamification: Which features would teenagers desire to have a more enjoyable museum experience? *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/3290607.3308462>
- Cesário, V., Coelho, A., & Nisi, V. (2018). *Design Patterns to Enhance Teens’ Museum Experiences*. 1–5. <https://doi.org/10.14236/ewic/hci2018.160>
- Cesário, V., Coelho, A., & Nisi, V. (2019). Co-designing Gaming Experiences for Museums with Teenagers. In A. L. Brooks, E. Brooks, & C. Sylla (Eds.), *Interactivity, Game Creation, Design, Learning, and Innovation* (Vol. 265, Issue January, pp. 38–47). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06134-0_5
- Cesário, V., Nisi, V., & Coelho, A. (2017). Teenagers as Experience Seekers Regarding Interactive Museums Tours. *DIGICOM International Conference on Digital Design & Communication, January 2018*, 127–134.

- Challenor, J., & Ma, M. (2019). A Review of Augmented Reality Applications for History Education and Heritage Visualisation. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(2), 39. <https://doi.org/10.3390/mti3020039>
- Champion, E. M. (2008). Otherness of place: Game-based interaction and learning in virtual heritage projects. *International Journal of Heritage Studies*, 14(3), 210–228. <https://doi.org/10.1080/13527250801953686>
- Champion, E. M. (2011). Game-Based Historical Learning. *Handbook of Research on Effective Electronic Gaming in Education*, 219–234. <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-808-6.ch013>
- Chang, K.-E. E., Chang, C.-T. T., Hou, H.-T. T., Sung, Y.-T. T., Chao, H.-L. L., & Lee, C.-M. M. (2014). Development and behavioral pattern analysis of a mobile guide system with augmented reality for painting appreciation instruction in an art museum. *Computers and Education*, 71, 185–197. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.022>
- Chen, S., Pan, Z., Zhang, M., & Shen, H. (2013). A case study of user immersion-based systematic design for serious heritage games. *Multimedia Tools and Applications*, 62(3), 633–658. <https://doi.org/10.1007/s11042-011-0864-4>
- Chen, S. Y. (2018). Multimedia Tools and Applications Individual Differences and Personalized Learning A Review and Appraisal. *Multimedia Tools and Applications Individual Differences and Personalized Learning A Review and Appraisal*, Springer Nature, 67(3), 36.
- Chen, Y. C. (2015). Learners' motivation in an augmented reality E-learning system. *2013 International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE 2013 and IEEE International Technology Management Conference, ITMC 2013*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ITMC.2013.7352609>
- Chin, K. Y., Lee, K. F., & Chen, Y. L. (2020). Effects of a Ubiquitous Guide-Learning System on Cultural Heritage Course Students' Performance and Motivation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(1), 52–62. <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2926267>
- Ch'ng, E., Cai, S., Leow, F. T., & Zhang, T. E. (2019). Adoption and use of emerging cultural technologies in China's museums. *Journal of Cultural Heritage*, 37, 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.11.016>
- Choudary, O., Charvillat, V., Grigoras, R., & Gurdjos, P. (2009). MARCH: Mobile augmented reality for cultural heritage. *MM'09 - Proceedings of the 2009 ACM Multimedia Conference, with Co-Located Workshops and Symposiums*, 3, 1023–1024. <https://doi.org/10.1145/1631272.1631500>
- Chrysanthi, A., Papadopoulou, C., Frankland, T., & Earl, G. (2014). 'Tangible Pasts': User-centred Design of a Mixed Reality Application for Cultural Heritage. In P. Verhagen & G. Earl (Eds.), *Archaeology in the Digital Era* (pp. 31–39). Amsterdam University Press. <https://doi.org/10.1515/9789048519590-004>
- Chuah, S. H.-W. (2019). Why and Who Will Adopt Extended Reality Technology? Literature Review, Synthesis, and Future Research Agenda. *SSRN Electronic Journal*, 2018. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3300469>
- Ciasullo, M. V., Gaeta, M., Monetta, G., & Rarità, L. (2015). E-Cultural Value Co-Creation . A Proposed Model for the Heritage Management. *Palermo: 18th Toulon-Verona Conference "Excellence in Services," September 2016*, 139–158.
- Colace, F., de Santo, M., Lombardi, M., & Santaniello, D. (2019). Chars: A cultural heritage adaptive recommender system. *TESCA 2019 - Proceedings of the 2019 1st ACM International Workshop on Technology Enablers and Innovative Applications for Smart Cities and Communities, Co-Located with the 6th ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Buildings, Cities*, 58–61. <https://doi.org/10.1145/3364544.3364830>
- Connolly, R. (2015). Co-Creation as a Twenty-First Century Archaeology Museum Practice. *Advances in Archaeological Practice*, 3(3), 188–197. <https://doi.org/10.7183/2326-3768.3.3.188>
- Čopič, K., & Kljun, M. (2018). *ART for Art: Augmented Reality Taxonomy for Art and Cultural Heritage* (V. Geroimenko, Ed.; Issue February). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69932-5>

- Cranmer, E. E., tom Dieck, M. C., & Jung, T. (2023). The role of augmented reality for sustainable development: Evidence from cultural heritage tourism. *Tourism Management Perspectives*, 49(November 2022), 101196. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2023.101196>
- Csikszentmihályi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper Perennial.
- Csikszentmihályi, M., & Hermanson, K. (1995). Intrinsic Motivation in Museums: Why Does One Wants to Learn? *Public Institutions for Personal Learning, Establishing a Research Agenda*, 67–77.
- Dähne, P., & Karigiannis, J. N. (2002). Archeoguide: System Architecture of a Mobile Outdoor Augmented Reality System. *Proceedings of the International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'02)*, 1–2. <https://ieeexplore.ieee.org/document/1115103>
- Damala, A., Cubaud, P., Bationo, A., Houlier, P., & Marchal, I. (2008). Bridging the gap between the digital and the physical. *Proceedings of the 3rd International Conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts - DIMEA '08*, 55, 120. <https://doi.org/10.1145/1413634.1413660>
- Damala, A., Schuchert, T., Rodriguez, I., Moragues, J., Gilleade, K., & Stojanovic, N. (2013). Exploring the Affective Museum Visiting Experience: Adaptive Augmented Reality (A 2 R) and Cultural Heritage . *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 2(1), 117–142. <https://doi.org/10.1260/2047-4970.2.1.117>
- Damala, A., & Stojanovic, N. (2012). Tailoring the Adaptive Augmented Reality (A2R) museum visit: Identifying Cultural Heritage professionals' motivations and needs. *11th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2012 - Arts, Media, and Humanities Papers, ISMAR-AMH 2012*, 71–80. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-AMH.2012.6483992>
- Damala, A., Stojanovic, N., Schuchert, T., Moragues, J., Cabrera, A., & Gilleade, K. (2012). *Adaptive Augmented Reality for Cultural Heritage: ARTSENSE Project* (pp. 746–755). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34234-9_79
- De Bra, P. (2017). Challenges in User Modeling and Personalization. *IEEE Intelligent Systems*, 32(5), 76–80. <https://doi.org/10.1109/MIS.2017.3711638>
- De Paolis, L. T., & Bourdot, P. (2018). *Correction to: Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics* (Vol. 1, pp. E1–E1). https://doi.org/10.1007/978-3-319-95282-6_51
- Debailleux, L., Hismans, G., & Duroisin, N. (2018). *Exploring Cultural Heritage Using Virtual Reality* (pp. 289–303). https://doi.org/10.1007/978-3-319-75826-8_24
- Definición, T., & Patrimonio, Y. T. D. E. (1972). *Tema 1. Definición Y Tipos De Patrimonio*.
- Dela Cruz, D. R., Sevilla, J. S. A., San Gabriel, J. W. D., Dela Cruz, A. J. P., & Ella Joyce, S. C. (2018). Design and Development of Augmented Reality (AR) Mobile Application for Malolos' Kameztizuhan (Malolos Heritage Town, Philippines). *2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference, GEM 2018*, 15–19. <https://doi.org/10.1109/GEM.2018.8516272>
- Dewi, L. J. E., Permana, A. A. J., Purnamawan, I. K., & Sudadana, I. K. (2019). Augmented Reality (AR)-Based Application to Introduce Nagasepaha North Bali Puppet Style Character. *Journal of Physics: Conference Series*, 1165, 9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1165/1/012004>
- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students motivation for a visual art course. *Computers and Education*, 68, 585–596. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>
- Dindler, Christian and Iversen, O. S. (2009). Motivation in the Museum - Mediating Between Everyday Engagement and Cultural Heritage. *Engaging Artifacts, February*, 1–10.
- Dollinger, M., Lodge, J., & Coates, H. (2018). Co-creation in higher education: towards a conceptual model. *Journal of Marketing for Higher Education*, 28(2), 210–231. <https://doi.org/10.1080/08841241.2018.1466756>
- Doolani, S., Wessels, C., Kanal, V., Sevastopoulos, C., Jaiswal, A., Nambiappan, H., & Makedon, F. (2020). A Review of Extended Reality (XR) Technologies for Manufacturing Training. *Technologies*, 8(4), 77. <https://doi.org/10.3390/technologies8040077>
- Dow, S., Lee, J., Oezbek, C., MacIntyre, B., Bolter, J. D., & Gandy, M. (2005). Exploring spatial narratives and mixed reality experiences in Oakland Cemetery. *Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology - ACE '05, January 2005*, 51–60. <https://doi.org/10.1145/1178477.1178484>

- Dulyan, A., & Edmonds, E. (2010). AUXie: Initial evaluation of a blind-accessible virtual museum tour. *ACM International Conference Proceeding Series*, 272–275. <https://doi.org/10.1145/1952222.1952280>
- Eleftheria, C. A., Charikleia, P., Iason, C. G., Athanasios, T., & Dimitrios, T. (2013). An innovative augmented reality educational platform using Gamification to enhance lifelong learning and cultural education. *IISA 2013 - 4th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications*, 258–263. <https://doi.org/10.1109/IISA.2013.6623724>
- El-Hakim, S. F., Beraldin, J.-A., Picard, M., & Godin, G. (2004). Detailed 3D reconstruction of large-scale heritage sites with integrated techniques. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 24(3), 21–29. <https://doi.org/10.1109/MCG.2004.1318815>
- Escapes, J., Tejerina, D., Martin, A., & Fabregat, L. (2015). Development of a low-cost application of virtual reality for the promotion of cultural heritage. *2015 Digital Heritage*, 421–422. <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2015.7413923>
- Falk, J. H. (2006). The impact of visit motivation on learning: Using identity as a construct to understand the visitor experience. *Curator*, 49(2), 151–166.
- Falk, J. H. (2009). *Identity and the museum visitor experience* (Routledge, Ed.; Routledge).
- Fällman, D., Informatics, D. O., Backman, A., Holmlund, K., & Utbildningsteknik, C. F. (2013). VR in Education: An Introduction to Multisensory Constructivist Learning Environments, Universitetspedagogisk konferens, Umeå universitet. *Psychological Science*, 22(9), 1113–1119. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.77.5980>
- Fanea-Ivanovici, M., & Pana, M. C. (2020). From Culture to Smart Culture. How Digital Transformations Enhance Citizens' Well-Being through Better Cultural Accessibility and Inclusion. *IEEE Access*, 8, 37988–38000. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2975542>
- Fidas, C., Sintoris, C., Yiannoutsou, N., & Avouris, N. (2016). A survey on tools for end user authoring of mobile applications for cultural heritage. *IISA 2015 - 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications*. <https://doi.org/10.1109/IISA.2015.7388029>
- Fino, E. R., Martín-Gutiérrez, J., Fernández, M. D. M., & Davara, E. A. (2013). Interactive tourist guide: Connecting web 2.0, augmented reality and QR codes. *Procedia Computer Science*, 25, 338–344. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.040>
- Flavián, C., Ibáñez-Sánchez, S., & Orús, C. (2019). The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience. *Journal of Business Research*, 100(January 2018), 547–560. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.050>
- Frâncila Weidit; Neiva, & Da Silva, L. de S. (2016). *Systematic Literature Review in Computer Science -A Practical Guide Reconhecimento de características naturais para aplicação em sistemas de Realidade Aumentada View project E-SECO View project*. 1(November), 8. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35453.87524>
- Fred, D., & Davis, B. F. D. (1989). *Perceived Usefulness , Perceived Ease of Use , and User Acceptance of Information Technology*. September, 319–340.
- Furió, D., González-Gancedo, S., Juan, M.-C., Seguí, I., & Rando, N. (2013). Evaluation of learning outcomes using an educational iPhone game vs. traditional game. *Computers & Education*, 64, 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.001>
- Gaitatzes, A., Christopoulos, D., & Roussou, M. (2009). Reviving the past: cultural heritage meets virtual reality. *Interventions*, 11(3), 293–315. <https://doi.org/10.1080/13698010903255536>
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441–467. <https://doi.org/10.1177/1046878102238607>
- Gimeno, J., Portalés, C., Coma, I., Fernández, M., & Martínez, B. (2017). Combining traditional and indirect augmented reality for indoor crowded environments. A case study on the Casa Batlló museum. *Computers & Graphics*, 69, 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2017.09.001>
- Giordano, A., Friso, I., Borin, P., Monteleone, C., & Panarotto, F. (2018). 4D Augmented City Models, Photogrammetric Creation and Dissemination. In S. Münster, K. Friedrichs, F. Niebling, & A. Seidel-Grzesińska (Eds.), *Digital Research and Education in Architectural Heritage* (Vol. 817, Issue March, pp. 47–62). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-76992-9>

- Gleue, T., & Dähne, P. (2001). Design and implementation of a mobile device for outdoor augmented reality in the archeoguide project. *Proceedings of the 2001 Conference on Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage - VAST '01*, 62(1), 161. <https://doi.org/10.1145/584993.585018>
- Gobierno de España. (2000). *Patrimonio Cultural y Natural*. Radiology. https://www.ign.es/espmap/mapas_patri_bach/pdf/Patri_Mapas_01_texto.pdf
- Gorgoglione, M., Panniello, U., & Tuzhilin, A. (2019). Recommendation strategies in personalization applications. *Information and Management*, 56(6), 103143. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.01.005>
- Grevtsova, I., & Sibina, J. (2018). *Augmented, mixed and virtual reality. Techniques of visualization and presentation of archaeological heritage*. 90–102. https://www.academia.edu/37188997/Augmented_mixed_and_virtual_reality._Techniques_of_visualization_and_presentation_of_archaeological_heritage?auto=download
- Gutierrez, J. M., Molinero, M. A., Soto-Martín, O., & Medina, C. R. (2015). Augmented Reality Technology Spreads Information about Historical Graffiti in Temple of Debod. *Procedia Computer Science*, 75, 390–397. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.262>
- Guttentag, D. A. (2010). Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, 31(5), 637–651. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.07.003>
- Hable, R., Rößler, T., & Schuller, C. (2012). evoGuide. *Proceedings of the 11th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia - MUM '12*, 1–7. <https://doi.org/10.1145/2406367.2406403>
- Haugstvedt, A.-C., & Krogstie, J. (2012). Mobile augmented reality for cultural heritage: A technology acceptance study. *2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 247–255. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2012.6402563>
- Hiyama, A., Onimaru, H., Miyashita, M., Ebuchi, E., Seki, M., & Hirose, M. (2013). Augmented reality system for measuring and learning tacit artisan skills. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8017 LNCS(PART 2), 85–91. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39215-3_10
- Hong, M., Jung, J. J., Piccialli, F., & Chianese, A. (2017). Social recommendation service for cultural heritage. *Personal and Ubiquitous Computing*, 21(2), 191–201. <https://doi.org/10.1007/s00779-016-0985-x>
- Höpken, W., Fuchs, M., Zanker, M., & Beer, T. (2011). Context-Based Adaptation of Mobile Applications in Tourism. *Information Technology & Tourism*, 12(2), 175–195. <https://doi.org/10.3727/109830510x12887971002783>
- Invitto, S., Spada, I., Turco, D., & Belmonte, G. (2014). Easy Perception Lab: Evolution, Brain and Virtual and Augmented Reality in Museum Environment. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 8853, Issue August 2015, pp. 302–310). https://doi.org/10.1007/978-3-319-13969-2_23
- Ioannides, M., Chatzigrigoriou, P., Nikolakopoulou, V., Leventis, G., Papageorgiou, E., Athanasiou, V., Efstratios, G., Michael, T., Ioannides, M., Chatzigrigoriou, P., Nikolakopoulou, V., Leventis, G., Papageorgiou, E., Athanasiou, V., Bruno, F., Lagudi, A., Barbieri, L., Muzzupappa, M., Ritacco, G., ... Cario, G. (2016). *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*. 10058, 256–264. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-48496-9>
- Isinkaye, F. O., Folajimi, Y. O., & Ojokoh, B. A. (2015). Recommendation systems: Principles, methods and evaluation. *Egyptian Informatics Journal*, 16(3), 261–273. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2015.06.005>
- Jacobsen, J., & Holden, L. (2007). Virtual heritage: Living in the Past. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 10(3), 1–7.
- Jiménez Fernández-Palacios, B., Morabito, D., & Remondino, F. (2017). Access to complex reality-based 3D models using virtual reality solutions. *Journal of Cultural Heritage*, 23, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.09.003>
- Jong, M. S. Y., Chen, G., Tam, V., Hue, M. T., & Chen, M. (2022). Design-Based Research on Teacher Facilitation in a Pedagogic Integration of Flipped Learning and Social Enquiry Learning. *Sustainability (Switzerland)*, 14(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su14020996>

- Jothi, K. R., LokeshKumar, R., Anto, S., & Tyagi, G. (2019). Qualitative analysis of models and issues in recommender systems. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 16(5–6), 1881–1888. <https://doi.org/10.1166/jctn.2019.7819>
- Juan, M. C., Loachamin-Valencia, M., Garcia-Garcia, I., Melchor, J. M., & Benedito, J. (2017). ARCoins. An Augmented Reality App for Learning about Numismatics. *Proceedings - IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2017, July*, 466–468. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.27>
- Julier, S. J., gen Schieck, A. F., Blume, P., Moutinho, A., Koutsolampros, P., Javornik, A., Rovira, A., & Kostopoulou, E. (2016). VisAge: Augmented Reality for Heritage. *Proceedings of the 5th ACM International Symposium on Pervasive Displays - PerDis '16*, 257–258. <https://doi.org/10.1145/2914920.2939884>
- Jung, T. H., & tom Dieck, M. C. (2017). Augmented reality, virtual reality and 3D printing for the co-creation of value for the visitor experience at cultural heritage places. *Journal of Place Management and Development*, 10(2), 140–151. <https://doi.org/10.1108/JPMD-07-2016-0045>
- Karaman, S., Bagdanov, A. D., Landucci, L., D'Amico, G., Ferracani, A., Pezzatini, D., & Del Bimbo, A. (2016). Personalized multimedia content delivery on an interactive table by passive observation of museum visitors. *Multimedia Tools and Applications*, 75(7), 3787–3811. <https://doi.org/10.1007/s11042-014-2192-y>
- Kavakli, M. (2015). A people-centric framework for mobile augmented reality systems (MARS) design: ArchIVE 4Any. *Human-Centric Computing and Information Sciences*. <https://doi.org/10.1186/s13673-015-0055-9>
- Keller, J. M. (2010a). Motivational Design for Learning and Performance. In *Springer Science+Business*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3>
- Keller, J. M. (2010b). Motivational Design for Learning and Performance. In *Springer Science+Business*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3>
- Keller, J. M. (2010c). *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach* (Springer, Ed.; Springer). Springer.
- Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). “Making it real”: Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10(3–4), 163–174. <https://doi.org/10.1007/s10055-006-0036-4>
- Khan, T., Johnston, K., & Ophoff, J. (2019). The Impact of an Augmented Reality Application on Learning Motivation of Students. *Advances in Human-Computer Interaction, 2019*. <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>
- Khol, R. (2003). Do you know what co-creation is? *Machine Design*, 75(10), 14.
- Khundam, C., & Nöel, F. (2021). Evaluation of adaptive interaction systems for virtual museum development. *Trends in Sciences*, 18(24). <https://doi.org/10.48048/tis.2021.1405>
- Kim, H., Matuszka, T., Kim, J. I., Kim, J., & Woo, W. (2017). Ontology-based mobile augmented reality in cultural heritage sites: information modeling and user study. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-017-4868-6>
- Kim, K., Seo, B.-K., Han, J.-H., & Park, J.-I. (2009). Augmented reality tour system for immersive experience of cultural heritage. *Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry - VRCAI '09, 1(212)*, 323. <https://doi.org/10.1145/1670252.1670325>
- Knutov, E. (2012a). *Generic Adaptation Framework for unifying adaptive web-based systems*.
- Knutov, E. (2012b). *Generic Adaptation Framework for unifying adaptive web-based systems* (Vol. 1, Issue 2012). <https://doi.org/10.6100/IR732111>
- Kourouthanassis, P., Boletsis, C., Bardaki, C., & Chasanidou, D. (2015). Tourists responses to mobile augmented reality travel guides: The role of emotions on adoption behavior. *Pervasive and Mobile Computing*, 18, 71–87. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2014.08.009>
- Koutromanos, G., & Styliaras, G. (2016). “The buildings speak about our city”: A location based augmented reality game. *IISA 2015 - 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications*, 3–8. <https://doi.org/10.1109/IISA.2015.7388031>

- Kuflik, T., Stock, O., Zancanaro, M., Gorfinkel, A., Jbara, S., Kats, S., Sheidin, J., & Kashtan, N. (2011). A visitor's guide in an active museum: Presentations, communications, and reflection. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 3(3). <https://doi.org/10.1145/1921614.1921618>
- Kuflik, T., Wecker, A. J., Lanir, J., & Stock, O. (2015). An integrative framework for extending the boundaries of the museum visit experience: linking the pre, during and post visit phases. *Information Technology & Tourism*, 15(1), 17–47. <https://doi.org/10.1007/s40558-014-0018-4>
- Kyriakou, P., & Hermon, S. (2019). Can I touch this? Using Natural Interaction in a Museum Augmented Reality System. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 12, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00088>
- Lacka, E. (2018). Assessing the impact of full-fledged location-based augmented reality games on tourism destination visits. *Current Issues in Tourism*, 00(00), 1–13. <https://doi.org/10.1080/13683500.2018.1514370>
- Lanir, J., Kuflik, T., Wecker, A. J., Stock, O., & Zancanaro, M. (2011). Examining proactiveness and choice in a location-aware mobile museum guide. *Interacting with Computers*, 23(5), 513–524. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2011.05.007>
- Lee, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. *TechTrends*, 56(2), 13–21. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>
- Leinonen, T., & Durall, E. (2014). Pensamiento de diseño y aprendizaje colaborativo. *Revista Científica de Educomunicación*, 21(42), 107–116. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4525729/1.pdf%5Cnhttp://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4525729/2.pdf%5Cnhttp://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=4525729>
- Li, K., & Keller, J. M. (2018). Use of the ARCS model in education: A literature review. *Computers and Education*, 122(March), 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.019>
- Luo, J. M., & Ye, B. H. (2020). Role of generativity on tourists' experience expectation, motivation and visit intention in museums. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 43(July 2019), 120–126. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2020.03.002>
- Mahale, P., & Yeddu, S. (2016). Android-based Augmented Reality to Enhance Education System. *International Journal of Computer Applications*. <https://doi.org/10.5120/ijca2016910790>
- Makino, R., & Yamamoto, K. (2019). Development of Spatiotemporal Information System Using Mixed Reality. *2018 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS)*, 75–80. <https://doi.org/10.1109/scis-isis.2018.00022>
- Marienko, M. V., Nosenko, Y. H., & Shyshkina, M. P. (2020). Personalization of learning using adaptive technologies and augmented reality. *CEUR Workshop Proceedings*, 2731, 341–356.
- Martin, F., Chen, Y., Moore, R. L., & Westine, C. D. (2020). Systematic review of adaptive learning research designs, context, strategies, and technologies from 2009 to 2018. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1903–1929. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09793-2>
- Martinetti, A., Marques, H. C., Singh, S., & Dongen, L. Van. (2019). *applied sciences Reflections on the Limited Pervasiveness of Augmented Reality in Industrial Sectors*.
- Martínez-Graña, A. M., Goy, J. L., & Cimarra, C. A. (2013). A virtual tour of geological heritage: Valourising geodiversity using google earth and QR code. *Computers and Geosciences*, 61, 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2013.07.020>
- Marto, A., Gonçalves, A., Melo, M., Bessa, M., & Silva, R. (2023). ARAM: A Technology Acceptance Model to Ascertain the Behavioural Intention to Use Augmented Reality. *Journal of Imaging*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/jimaging9030073>
- Mase, K., Kadobayashi, R., & Nakatsu, R. (1996). Meta-museum: A Supportive Augmented-Reality Environment for Knowledge Sharing. *ATR Workshop on Social Agents: Humans and Machines*, 107–110. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.15.3160>
- Masthoff, J. (2011). Recommender Systems Handbook. *Recommender Systems Handbook*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3>

- Medina-Carrion, A., Arias-Espinoza, P., Robles-Bykbaev, V., Robles-Bykbaev, Y., Pesantez-Aviles, F., & Ortega, J. (2018). An interactive educational tool based on augmented reality, mobile applications and comic strips to teach children the Cañari and Inca cultures in the Ecuadorian context. *Congreso Argentino de Ciencias de La Informatica y Desarrollos de Investigacion, CACIDI 2018*. <https://doi.org/10.1109/CACIDI.2018.8584190>
- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). *An Approach to Environmental Psychology*. The MIT Press.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). Taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems, E77-D(12)*, 1321–1329. https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e77-d_12_1321%0Ahttp://vered.rose.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html
- Miyashita, T., Meier, P., Tachikawa, T., Orlic, S., Eble, T., Scholz, V., Gapel, A., Gerl, O., Arnaudov, S., & Lieberknecht, S. (2008). An Augmented Reality Museum Guide. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 103–106. <https://dl-acm-org.ezproxy.javeriana.edu.co/citation.cfm?id=1605355>
- Morganti, C., & Bartolomei, C. (2018). Habanapp: Havana's architectural Heritage a click away. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 42(2)*, 723–730. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-723-2018>
- Morimoto, T., Kobayashi, T., Hirata, H., Otani, K., Sugimoto, M., Tsukamoto, M., Yoshihara, T., Ueno, M., & Mawatari, M. (2022). XR (Extended Reality: Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality) Technology in Spine Medicine: Status Quo and Quo Vadis. *Journal of Clinical Medicine, 11(2)*. <https://doi.org/10.3390/jcm11020470>
- Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., & Petridis, P. (2014). Learning cultural heritage by serious games. *Journal of Cultural Heritage, 15(3)*, 318–325. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.04.004>
- Mourtzis, D., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2022). A Teaching Factory Paradigm for Personalized Perception of Education based on Extended Reality (XR). *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4071876>
- Nagata, J. J., Garcia-Bermejo Giner, J. R., & Martinez Abad, F. (2016). Virtual Heritage of the Territory: Design and Implementation of Educational Resources in Augmented Reality and Mobile Pedestrian Navigation. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias Del Aprendizaje, 11(1)*, 41–46. <https://doi.org/10.1109/RITA.2016.2518460>
- Nilson, T., & Thorell, K. (2014). Cultural Heritage and Preservation. In *Learning from Megadisasters: Lessons from the Great East Japan Earthquake (Issue 24)*. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0153-2_ch35
- Noh, H., & Song, H. (2021). HA2RS: HTTP Adaptive Augmented Reality Streaming System. *IEEE Transactions on Mobile Computing, 1–15*. <https://doi.org/10.1109/TMC.2021.3132665>
- Not, E., & Petrelli, D. (2013). How Can Personalization Shape Social Action in Cultural Spaces ? *Experiencing Interactivity in Public Spaces (EIPS): Workshop at CHI'13*.
- Oppermann, R., & Specht, M. (1999). A Nomadic Information System for Adaptive Exhibition Guidance. *International Conference on Hypermedia and Interactivity in Museums, 13(2)*, 127–138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1016619506241>
- Ott, M., & Pozzi, F. (2011). Towards a new era for cultural heritage education: Discussing the role of ICT. *Computers in Human Behavior, 27(4)*, 1365–1371. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.07.031>
- Paper, C., Noh, Z., Sunar, M. S., & Pan, Z. (2009). A review on Augmented Reality for Virtual Heritage System. *Learning by Playing. Game-Based Education System Design and Development, 5670*(May 2014), 50–61. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03364-3>
- Park, D., Nam, T.-J., & Shi, C.-K. (2006). Designing an immersive tour experience system for cultural tour sites. *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '06*, 1193. <https://doi.org/10.1145/1125451.1125675>
- Partarakis, N., Antona, M., Zidianakis, E., & Stephanidis, C. (2016). Adaptation and content personalization in the context of multi user museum exhibits. *CEUR Workshop Proceedings, 1621*, 5–10.

- Pechenizkiy, M., & Calders, T. (2007). A Framework for Guiding the Museum Tours Personalization. In *Evaluation*.
- Petti, L., Trillo, C., & Makore, B. C. N. (2019). Towards a shared understanding of the concept of heritage in the european context. *Heritage*, 2(3), 2531–2544. <https://doi.org/10.3390/heritage2030155>
- Petti, L., Trillo, C., & Makore, B. N. (2020). Cultural heritage and sustainable development targets: A possible harmonisation? Insights from the European perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su12030926>
- Piciarelli, C., Vernier, M., Zanier, M., & Foresti, G. L. (2018). An augmented reality system for technical staff training. *Proceedings - IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2018*, 899–904. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2018.8472088>
- Pieraccini, M., Guidi, G., & Atzeni, C. (2001). 3D digitizing of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 2(1), 63–70. [https://doi.org/10.1016/S1296-2074\(01\)01108-6](https://doi.org/10.1016/S1296-2074(01)01108-6)
- Pooja, J., Vinay, M., Pai, V. G., & Anuradha, M. (2020). Comparative Analysis of Marker and Marker-less Augmented Reality in Education. *2020 IEEE International Conference for Innovation in Technology, INOCON 2020*, 6–9. <https://doi.org/10.1109/INOCON50539.2020.9298303>
- Poria, Y., Butler, R., & Airey, D. (2003). The core of heritage tourism. *Annals of Tourism Research*, 30(1), 238–254. [https://doi.org/10.1016/S0160-7383\(02\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S0160-7383(02)00064-6)
- Puyuelo, M., Higón, J. L., Merino, L., & Contero, M. (2013). Experiencing Augmented Reality as an Accessibility Resource in the UNESCO Heritage Site Called “La Lonja”, Valencia. *Procedia Computer Science*, 25, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.021>
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533–1543. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>
- Rahaman, H., Champion, E., & Bekele, M. (2019). From photo to 3D to mixed reality: A complete workflow for cultural heritage visualisation and experience. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 13, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2019.e00102>
- Ratcliffe, J., Soave, F., Bryan-Kinns, N., Tokarchuk, L., & Farkhatdinov, I. (2021). Extended reality (xr) remote research: A survey of drawbacks and opportunities. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445170>
- Rattananungrot, S., & White, M. (2016). Development of service oriented mobile AR applications for museum learning activities. *Proceedings of the 2016 International Conference on Virtual Systems and Multimedia, VSMM 2016*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/VSMM.2016.7863202>
- Restivo, T., Chouzal, F., Rodrigues, J., Menezes, P., & Lopes, J. B. (2014). Augmented reality to improve STEM motivation. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, April*, 803–806. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2014.6826187>
- Ribes-Giner, G., Perello-Marín, M. R., & Díaz, O. P. (2016). Co-creation Impacts on Student Behavior. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 228, 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.011>
- Rodrigues, J. M. F., Pereira, J. A. R., Sardo, J. D. P., de Freitas, M. A. G., Cardoso, P. J. S., Gomes, M., & Bica, P. (2017). Adaptive Card Design UI Implementation for an Augmented Reality Museum Application. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 10277 LNCS* (pp. 433–443). https://doi.org/10.1007/978-3-319-58706-6_35
- Rokhsaritalemi, S., Sadeghi-Niaraki, A., & Choi, S. M. (2020). A review on mixed reality: Current trends, challenges and prospects. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/app10020636>
- Ronchi, A. M. (2009). ECulture: Cultural content in the digital age. In *eCulture: Cultural Content in the Digital Age*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-75276-9>
- Rost, M. (2006). Generating Student Motivation. *Pearson Education World View*. http://www.longmanhomeusa.com/content/WorldView_Motivation.pdf

- Rozo, H., & Real, M. (2019). Pedagogical guidelines for the creation of adaptive digital educational resources: A review of the literature. *Journal of Technology and Science Education*, 9(3), 308. <https://doi.org/10.3926/jotse.652>
- Ruffaldi, E., Evangelista, C., Neri, V., Carrozzino, M., & Bergamasco, M. (2008). Design of information landscapes for cultural heritage content. *Proceedings of the 3rd International Conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts - DIMEA '08*, 113. <https://doi.org/10.1145/1413634.1413659>
- Ruiz Torres, D. (2011). Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural. *E-Rph - Revista Electrónica de Patrimonio Histórico*, 8, 92–113. <https://doi.org/10.30827/erph>
- Ruotsalo, T., Haav, K., Stoyanov, A., Roche, S., Fani, E., Deliai, R., Mäkelä, E., Kauppinen, T., & Hyvönen, E. (2013). SMARTMUSEUM: A mobile recommender system for the Web of Data. *Journal of Web Semantics*, 20(July 2020), 50–67. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2013.03.001>
- Sabri, F. N. M., Khidzir, Z., Ismail, A. R., & Daud, K. A. M. (2017). Empirical study on important elements of mobile augmented reality application for heritage content. *Proceedings - 2016 4th International Conference on User Science and Engineering, i-USER 2016*, 210–215. <https://doi.org/10.1109/IUSER.2016.7857962>
- Sanders, E. B.-N., & Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *CoDesign*, 4(1), 5–18. <https://doi.org/10.1080/15710880701875068>
- Santos, M. E. C., Polvi, J., Taketomi, T., Yamamoto, G., Sandor, C., & Kato, H. (2014). Usability scale for handheld augmented reality. *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST*, 167–176. <https://doi.org/10.1145/2671015.2671019>
- Schultz, C. D., & Kumar, H. (2024). Journal of Retailing and Consumer Services ARvolution : Decoding consumer motivation and value dimensions in augmented reality. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 78(December 2023), 103701. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103701>
- Semenov, A. (2006). Las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza. In *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (Vol. 15, Issue 6). [https://doi.org/10.1016/S1132-8460\(06\)73340-2](https://doi.org/10.1016/S1132-8460(06)73340-2)
- Seo, B.-K., Kim, K., Park, J., & Park, J.-I. (2010). A tracking framework for augmented reality tours on cultural heritage sites. *Proceedings of the 9th ACM SIGGRAPH Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry - VRCAI '10*, 169–174. <https://doi.org/10.1145/1900179.1900215>
- Seran Bria, M. M., Kusuma, G. P., & Putera Suryapranata, L. K. (2018). Promoting Timor Leste's Tais Cloth Using Mobile Augmented Reality Application. *Procedia Computer Science*. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.216>
- Silva, M., & Teixeira, L. (2022). eXtended Reality (XR) Experiences in Museums for Cultural Heritage: A Systematic Review. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, 429 LNICST, 58–79. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99188-3_5
- Sintoris, C., Yiannoutsou, N., Ortega-Arranz, A., Lopez-Romero, R., Masoura, M., Avouris, N., & Dimitriadis, Y. (2015). TaggingCreaditor: A tool to create and share content for location-based games for learning. *Proceedings of 2014 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning, IMCL 2014, November*, 280–284. <https://doi.org/10.1109/IMCTL.2014.7011148>
- Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. C. (2021). Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, 2(March), 1–8. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>
- Speicher, M., Hall, B. D., & Nebeling, M. (2019). What is mixed reality? *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300767>
- Speiginer, G., MacIntyre, B., Bolter, J., Rouzati, H., Lambeth, A., Levy, L., Baird, L., Gandy, M., Sanders, M., Davidson, B., Engberg, M., Clark, R., & Mynatt, E. (2015). The Evolution of the Argon Web Framework Through Its Use Creating Cultural Heritage and Community-Based Augmented Reality

- Applications. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 9171, pp. 112–124).
https://doi.org/10.1007/978-3-319-21006-3_12
- Staikopoulos, A., & Conlan, O. (2016a). Towards comparative evaluations of user-adaptive software systems. *CEUR Workshop Proceedings*, 1618.
- Staikopoulos, A., & Conlan, O. (2016b). Towards comparative evaluations of user-adaptive software systems. *CEUR Workshop Proceedings*, 1618.
- Stock, O., Zancanaro, M., Busetta, P., Callaway, C., Krüger, A., Kruppa, M., Kuflik, T., Not, E., & Rocchi, C. (2007). Adaptive, intelligent presentation of information for the museum visitor in PEACH. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 17(3), 257–304. <https://doi.org/10.1007/s11257-007-9029-6>
- Stylianidis, E., & Remondino, F. (2016). *3D Recording, documentation and management of cultural heritage*. Whittles Publishing.
- Sukacké, V. (2019). Towards Extending the Original Technology Acceptance Model (Tam) for a Better Understanding of Educational Technology Adoption. *SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference*, 5(May 2019), 525.
<https://doi.org/10.17770/sie2019vol5.3798>
- Sylaiou, S., Mania, K., Karoulis, A., & White, M. (2010). Exploring the relationship between presence and enjoyment in a virtual museum. *Journal of Human Computer Studies*, 68, 243–253.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2009.11.002>
- Tavčar, A., Antonya, C., & Butila, E. V. (2016). Recommender system for virtual assistant supported museum tours. *Informatica (Slovenia)*, 40(3), 279–284.
- Terrenghi, L., & Zimmermann, A. (2004). Tailored audio augmented environments for museums. *International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI, August*, 334–336.
<https://doi.org/10.1145/964442.964523>
- Tinoca, L., Piedade, J., Santos, S., Pedro, A., & Gomes, S. (2022). Design-Based Research in the Educational Field: A Systematic Literature Review. *Education Sciences*, 12(6).
<https://doi.org/10.3390/educsci12060410>
- Tom Dieck, M. C., & Jung, T. (2018). A theoretical model of mobile augmented reality acceptance in urban heritage tourism. *Current Issues in Tourism*, 21(2), 154–174.
<https://doi.org/10.1080/13683500.2015.1070801>
- Tuker, C., & Fine, M. S. (2018). *Training Spatial Skills with Virtual Reality and Augmented Reality*. January, 1–9. <https://doi.org/325390023>
- Tzibazi, V. (2013). Participatory Action Research with young people in museums. *Museum Management and Curatorship*, 28(2), 153–171. <https://doi.org/10.1080/09647775.2013.776800>
- Tzima, S., & Styliaras, G. (2019). Augmented Reality Applications in Education: Teachers Point of View. *Education Sciences*, 9(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/educsci9020099>
- UNESCO. (1972). *UNESCO World Heritage Centre - Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage*. <https://whc.unesco.org/en/conventiontext/>
- UNESCO. (2016). *Patrimonio cultural*. UNESCO.
<https://es.unesco.org/fieldoffice/santiago/cultura/patrimonio>
- Unity. (2018). *AR+GPS Location*. Unity Asset Store.
<https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/ar-gps-location-134882>
- Van Krevelen, R., & Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(1).
- Vanoni, D., Seracini, M., & Kuester, F. (2012). ARTifact: Tablet-based augmented reality for interactive analysis of cultural artifacts. *Proceedings - 2012 IEEE International Symposium on Multimedia, ISM 2012*, 44–49. <https://doi.org/10.1109/ISM.2012.17>
- Vlachogianni, P., & Tselios, N. (2022). Perceived usability evaluation of educational technology using the System Usability Scale (SUS): A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(3), 392–409. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1867938>

- Vlahakis, V., Ioannidis, M., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Stricker, D., Gleue, T., Daehne, P., & Almeida, L. (2002). Archeoguide: an augmented reality guide for archaeological sites. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 22(5), 52–60. <https://doi.org/10.1109/MCG.2002.1028726>
- Vlahakis, V., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Almeida, L., Stricker, D., Gleue, T., Christou, I. T., Carlucci, R., & Ioannidis, N. (2001). ARCHEOGUIDE: First Results of an Augmented Reality, Mobile Computing System in Cultural Heritage Sites. *Proceedings VAST 2001 Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage, May 2014*, 131–139. <https://doi.org/10.1145/584993.585015>
- Vocaturro, E., Zumpano, E., Caroprese, L., Pagliuso, S. M., & Lappano, D. (2019). Educational games for cultural heritage. *CEUR Workshop Proceedings*, 2320, 96–106.
- Voinea, G., & Girbacia, F. (2019). *VR Technologies in Cultural Heritage* (Vol. 904). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05819-7>
- Vuforia. (2019a). *Image Targets Optimization Techniques*. <https://library.vuforia.com/objects/image-targets-optimization-techniques>
- Vuforia. (2019b). *Image Targets Optimization Techniques*. <https://developer.vuforia.com/library/objects/image-targets>
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5–23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
- Wang, M., Huang, Y., Bai, H., Wang, S., Christensen, C., Xu, Y., Cui, W., Tong, R., & Shear, L. (2020). *Measuring Chinese Middle School Students' Motivation Using the Reduced Instructional Materials Motivation Survey (RIMMS): A Validation Study in the Adaptive Learning Setting*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01803>
- Wang, Y., Aroyo, L., Schuurmans, Y., Stash, N., Gorgels, P., Sambeek, R., & Schreiber, G. (2009). Cultivating Personalized Museum Tours Online and On-Site. *Interdisciplinary Science Reviews*. <https://doi.org/10.1179/174327909x441072>
- Wang, Y., Stash, N., Aroyo, L., Gorgels, P., Rutledge, L., & Schreiber, G. (2008). Recommendations based on semantically enriched museum collections. *Web Semantics*, 6(4), 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2008.09.002>
- Weng, F., Yang, R.-J., Ho, H.-J., & Su, H.-M. (2018). A TAM-Based Study of the Attitude towards Use Intention of Multimedia among School Teachers. *Applied System Innovation*, 1(3), 36. <https://doi.org/10.3390/asi1030036>
- Westen, R. Van, & Dijk, D. van. (2019). *Good practices and methods for co-creation*. 1–79. <https://resources.riches-project.eu/d4-2-good-practices-and-methods-for-co-creation/>
- Winn, W. (1993). A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality. In *Washington Technology Centre University of* (Issue R-93-9). http://www.hitl.washington.edu/projects/learning_center/winn/winn-R-93-9.txt
- Wojciechowski, R., Walczak, K., White, M., & Cellary, W. (2004). Building Virtual and Augmented Reality museum exhibitions. *Proceedings of the Ninth International Conference on 3D Web Technology - Web3D '04, May 2014*, 135. <https://doi.org/10.1145/985040.985060>
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers and Education*, 62, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
- Yang, F., Kalloori, S., Chalumattu, R., & Gross, M. (2022). Personalized information retrieval for touristic attractions in augmented reality. *WSDM 2022 - Proceedings of the 15th ACM International Conference on Web Search and Data Mining*, 1613–1616. <https://doi.org/10.1145/3488560.3502194>
- Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C., & Tucker, S. (2012). Using augmented reality and knowledge-building scaffolds to improve learning in a science museum. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(4), 519–541. <https://doi.org/10.1007/s11412-012-9156-x>
- Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., Van Schooneveld, J. G., S.A.a, Y., K.b, E., J.a, W., & J.G.a, V. S. (2012). Augmented reality in the science museum: Lessons learned in scaffolding for conceptual and

- cognitive learning. *IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age, CELDA 2012, Celda*, 205–212. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.06.016>
- Yovcheva, Z., Buhalis, D., & Gatzidis, C. (2013). Engineering Augmented Tourism Experiences. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2013* (Vol. 29, Issue 1, pp. 24–35). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36309-2_3
- Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1). <https://doi.org/10.18785/jetde.0401.10>
- Zhang, L., Qi, W., Zhao, K., & Wang, L. (2018). *Distributed, Ambient and Pervasive Interactions: Understanding Humans* (N. Streitz & S. Konomi, Eds.; Vol. 10921). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91125-0>
- Zhou, F., Dun, H. B. L., & Billinghurst, M. (2008). Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. *Proceedings - 7th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2008, ISMAR 2008, September*, 193–202. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637362>
- Zhou, X., Zhou, X., Kobashi, K., & Sugihara, K. (2016). Development of history learning support system: 3D virtual reconstruction and visualization of ancient Japanese architectures. *ICCSE 2016 - 11th International Conference on Computer Science and Education, Iccse*, 317–320. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2016.7581600>
- Zhu, C., Fong, L. H. N., & Gan, M. (2023). Rethinking the consequences of postmodern authenticity: the case of a World Cultural Heritage in Augmented Reality. *Current Issues in Tourism*, 26(4), 617–631. <https://doi.org/10.1080/13683500.2022.2033181>
- Zöllner, M., Keil, J., Wüst, H., Pletinckx, D., Zoellner, M., Keil, J., Wüst, H., & Pletinckx, D. (2009). An Augmented Reality Presentation System for Remote Cultural Heritage Sites. *10th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*, 112–116.