

Treball de Recerca

EL CASTELL D'ESPONELLÀ EN 3D

UNA RECONSTRUCCIÓ DEL CASTELL D'ESPONELLÀ EN REALITAT VIRTUAL



AUTOR: JAN PUJOLAR SUAREZ

TUTORA: DOLORS ROCA

INSTITUT PERE ALSIUS I TORRENT

2N DE BATXILLERAT A

BANYOLES, 3 D'OCTUBRE DE 2025

Agraïments

Agraeixo a totes aquelles persones que m'han ajudat col·laborant, cadascuna a la seva manera, per aconseguir fer aquest treball de recerca.

Als meus pares, essent un dels pilars que m'han ajudat en tot moment, donant suport en qualsevol moment, sobretot en el moment de la presentació al poble, ajudant-me a decidir com fer-la i que tot en aquell dia sortís perfecte. Essent un complet èxit.

Molt especialment a Dolors Roca, tutora d'aquest treball, qui m'ha ajudat i m'ha donat suport en tots els moments difícils. Que m'ha estat preguntant sempre que se n'ha recordat com portava la part pràctica, perquè volia que arribés a la presentació del poble, i que sobretot pels consells que ha fet que aquesta recerca fos molt ambiciosa.

A Jordi Merino, per la seva ajuda i dedicació en totes les parts del treball. Acompanyant-me a una visita guiada al castell i ajudant-me a triar els espais de la reconstrucció. A part, he pogut millorar les reconstruccions amb els seus consells, que han fet que l'experiència final sigui el més acotat a la realitat.

A l'Ajuntament d'Esponellà, perquè ha finançat una part del treball i m'han donat suport en diferents aspectes. A en David Joan, actual alcalde d'Esponellà, el qual em va concedir una entrevista i amb qui he pogut fer totes les gestions amb l'Ajuntament.

Als museus de Banyoles, per donar-me el contacte de Jordi Merino i l'empresa que va fer la recreació de Vilauba. A Virtus Màgic, per concedir-me una entrevista de més d'una hora en què em van poder explicar com començar la meva reconstrucció i tots els programaris necessaris.

A en Ramon i l'Andriy, per la seva ajuda en la part final de la meva part pràctica, ajudant-me en la programació de l'experiència final, fent que pogués tenir una experiència a ensenyar al poble.

A en Joan Oliva, per les fotografies del castell fetes amb el seu dron. I a tots els veïns i veïnes del poble pel seu interès mostrat en el meu treball i tot el seu oferiment durant tot el transcurs. A tots ells, moltes gràcies

Abstract

Este trabajo tiene como objetivo la recreación virtual del castillo de Esponellà, con la finalidad de revalorizarlo y hacerlo accesible a la comunidad. La investigación combina una parte teórica, centrada en el estudio histórico y en el potencial de la realidad virtual, con una parte práctica orientada a la reconstrucción digital de espacios significativos.

Tras consultar fuentes bibliográficas, estudios arqueológicos y especialistas como el arqueólogo Jordi Merino, se seleccionaron cuatro espacios representativos del castillo, la torre de vigilancia, capilla, almazara y barbacana y se recrearon en 3D mediante Blender. Estos modelos se integraron en Unity para crear una experiencia inmersiva que permite explorarlos con gafas de realidad virtual.

El proyecto se presentó en la Fiesta Mayor de Esponellà y se difundió en medios locales, acercando el patrimonio a la ciudadanía y mostrando el valor de la realidad virtual como herramienta de divulgación cultural y educativa.

This project aims to virtually recreate Esponellà Castle with the aim of enhancing its value and making it accessible to the community. The research combines a theoretical approach, focused on historical study and the potential of virtual reality, with a practical approach focused on the digital reconstruction of significant spaces.

After consulting bibliographic sources, archaeological studies, and specialists such as archaeologist Jordi Merino, four representative spaces of the castle—the watchtower, chapel, olive press, and barbican—were selected and recreated in 3D using Blender. These models were integrated into Unity to create an immersive experience that allows exploration with virtual reality headsets.

The project was presented at Esponellà's annual festival and disseminated through local media, bringing the heritage closer to the public and demonstrating the value of virtual reality as a tool for cultural and educational outreach.

Índex

Índex.....	1
Índex d'il·lustracions.....	3
1. Introducció.....	5
1.1 Justificació.....	5
1.2 Objectius.....	5
1.3 Metodologia.....	6
Marc teòric.....	8
2. Història del castell d'Esponellà.....	8
2.1. Primeres edificacions (s. XII-XIV).....	8
2.2. Etapa d'esplendor (s. XV-XVI).....	8
2.3. Decadència (s. XVI - XVII).....	9
2.4. Abandonament.....	10
3. Espais de la recreació.....	10
3.1. Entrevista amb en Jordi Merino.....	10
3.2 Espais de la recreació.....	11
3.2.1 Torre de Vigilància.....	11
3.2.2 Capella.....	11
3.2.3 Trull d'oli.....	13
3.2.4 La Barbacana.....	15
4. Visita a Vilauba.....	15
5. La Realitat Virtual.....	16
5.1 Característiques i tipologies de la realitat virtual.....	17
5.2 Breu Història.....	19
5.2.1 El Simulador Sensorama.....	19
5.2.2 El paper de la investigació militar.....	20
5.2.3 Els primers passos de la indústria del simulacre virtual.....	20
5.3 Aplicacions en àmbits tècnics especialitzats.....	22
5.4 Exemples de reconstrucció amb realitat virtual de patrimoni històric.....	24
5.5 Creació d'una imatge per a la realitat virtual.....	26
5.6 Aplicacions.....	27
5.6.1 Què és Blender i per a què serveix.....	27
5.6.2 Què és 3ds Max Design i com funciona.....	27
5.6.3 Comparació entre Revit, Blender i 3ds Max Design.....	28
5.6.4 Quin és el més eficient per a reconstruir patrimoni històric en VR?.....	30
5.7 Programari utilitzat per crear l'experiència virtual.....	30
Marc Pràctic.....	32
6. Creació de la recreació i experiència virtual.....	32
6.1 Creació de la reconstrucció del castell amb el Blender.....	32
6.2 Ulleres utilitzades per a l'experiència.....	40
6.3 Creació de l'experiència virtual.....	41

7. Promoció del treball.....	45
7.1 Presentació del treball davant del poble.....	45
7.2 Entrevista a ràdio Banyoles.....	48
7.3. Notícia a Banyoles Televisió de la festa d'Esponellà on apareix la presentació.	50
7.4 Article al diari El Punt Avui.....	50
7.5 Visita guiada a la trobada de Martirians de Banyoles.....	52
8. Resultats.....	54
9. Conclusions.....	55
Bibliografia.....	57
Llibres.....	57
Documents buscats a internet.....	57
Tutorials de YouTube.....	59

Índex d'il·lustracions

- Fig. 1: Torre de vigilància des de la porta (elaboració pròpia).....	11
- Fig. 2: Entrada de la capella (elaboració pròpia).....	12
- Fig. 3: Roses gòtiques a entrada de la capella (elaboració pròpia).....	12
- Fig. 4: Interior de la capella (elaboració pròpia).....	12
- Fig. 5: Vista general del trull d'oli (elaboració pròpia).....	13
- Fig. 6: Base de la moladora i lloc on rodava la pedra (elaboració pròpia).....	13
- Fig. 7: Lloc del petit forn de les eines (elaboració pròpia).....	14
- Fig.8: Imatge d'un molí d'oli del s. XVII. font:(Tipos de molinos de aceite Esencia de Olivo - Aceite de Oliva).....	14
- Fig. 9: Barbacana des de l'interior (elaboració pròpia).....	15
- Fig. 10: Barbacana des de l'exterior (elaboració pròpia).....	15
- Fig. 11: Imatge de l'experiència de Vilauba font:(https://turisme.plaestany.cat/agenda/visita-guiada-vilauba-en-3d-entrem-a-la-villa-romana).....	16
- Fig. 12: Primera versió de la mola d'oli (elaboració pròpia).....	32
- Fig. 13: Primera versió de la torre (elaboració pròpia).....	32
- Fig. 14: Primera versió de l'escala interior de la torre (elaboració pròpia).....	33
- Fig. 15: Primera versió de la Barbacana (elaboració pròpia).....	34
- Fig. 16: Primera versió de l'interior de la capella (elaboració pròpia).....	34
- Fig. 17: Primera versió de l'exterior de la capella (elaboració pròpia).....	34
- Fig. 18: Segona versió de la capella (elaboració pròpia).....	35
- Fig. 19: Segona versió de la barbacana (elaboració pròpia).....	35
- Fig. 20: Segona versió de la barbacana des de dalt (elaboració pròpia).....	35
- Fig. 21: Segona versió del trull d'oli (elaboració pròpia).....	36
- Fig. 22: Segona versió del trull d'oli des de l'aire (elaboració pròpia).....	36
- Fig. 23: Versió final de la barbacana des de l'interior (elaboració pròpia).....	37
- Fig. 24: Barbacana completa des de l'aire (elaboració pròpia).....	37
- Fig. 25. Versió definitiva del trull d'oli (elaboració pròpia).....	38
- Fig. 26: Cistells del trull d'oli al costat de forat d'emmagatzematge (elaboració pròpia).....	38
- Fig. 27: Torre completa des de l'interior (elaboració pròpia).....	39
- Fig. 28: Capella completada amb les noves actualitzacions (elaboració pròpia).....	39

- Fig. 29: Menú principal de l'aplicació (elaboració pròpia).....	40
- Fig. 30: Ulleres de realitat virtual utilitzades (elaboració pròpia).....	41
- Fig. 31: Codi que et permet escollir la reconstrucció (elaboració pròpia).....	42
- Fig. 32: Codi que posa la imatge de la pantalla negra abans d'un canvi (elaboració pròpia).....	42
- Fig. 33: Fulletó informatiu de com utilitzar les ulleres (elaboració pròpia).....	43
- Fig. 34: QR enllaçat al vídeo demostratiu de l'experiència (elaboració pròpia).....	44
- Fig. 35: Cartell de la presentació al poble (elaboració pròpia).....	45
- Fig. 36: Presentació al poble del treball (elaboració pròpia).....	46
- Fig. 37: Mostra del joc en directe a la presentació al poble (elaboració pròpia).....	46
- Fig. 38: Veïns del poble provant l'experiència virtual (elaboració pròpia).....	47
- Fig. 39: públic a la presentació (elaboració pròpia).....	47
- Fig. 40: QR enllaçat a l'article de ràdio Banyoles (elaboració pròpia).....	48
- Fig. 41: Entrevista a ràdio Banyoles del treball (elaboració pròpia).....	48
- Fig. 42: QR enllaçat a la notícia de Banyoles televisió (elaboració pròpia).....	49
- Fig. 43: Imatge de l'article al diari (Elaboració pròpia).....	51
- Fig. 44: Foto de grup a dalt de la torre (elaboració pròpia).....	52
- Fig. 45: Explicació al trull d'oli a la trobada (Elaboració pròpia).....	53
- Fig. 45: Explicació al trull d'oli a la trobada (Elaboració pròpia).....	54

1. Introducció

1.1 Justificació

Des de l'inici de batxillerat vaig tenir molt clar que el treball de recerca, que m'acompanyaria gairebé un any, havia de ser un tema que em motivés i que a l'hora de treballar no fos una obligació. A més, essent un esponallenc que sempre està disposat a fer coses pel poble, volia fer un treball que aportés una informació complementària que permetés tant als habitants d'Esponellà, com als de fora el municipi, conèixer una mica més la història del poble. Rumiant sobre diferents temes que poguessin ser molt interessants, com no podia ser d'altra manera, em va venir al cap el monument per excel·lència d'aquest petit municipi. És un lloc que, a més d'estar molt a prop de casa meva, tots els habitants li tenim un afecte molt especial perquè, encara que no sigui ni el més bonic, ni el més majestuós, és en gran mesura l'arrel d'aquest poble tan encantador.

Després de decidir que el castell en seria el protagonista, havia de trobar la manera de relacionar el monument històric del poble amb el meu àmbit, que és la tecnologia. Donant-li moltes voltes a aquesta qüestió, se'm va acudir una idea que, d'entrada, podia semblar poc assenyada i difícil de dur a terme. No obstant això, atès que soc una persona persistent i em sentia profundament motivat pel projecte, vaig decidir fer una recreació en realitat virtual del Castell d'Esponellà.

1.2 Objectius

Com s'ha esmentat anteriorment aquest treball gira al voltant d'un objectiu principal:

- La recreació de diferents espais del castell amb la tecnologia de la realitat virtual.

Així doncs, per aconseguir aquest propòsit, s'han plantejat els següents objectius:

- Estudiar i aprofundir més en la història del castell d'Esponellà per disposar d'una base documental que permeti dur a terme una reconstrucció el més fidel possible a la realitat.
- Identificar i seleccionar els diferents espais arquitectònics del castell que seran objecte de la reconstrucció.
- Comprendre el concepte de realitat virtual i el procés de creació d'entorns immersius.
- Generar imatges i representacions digitals dels espais reconstruïts utilitzant programes específics.
- Planificar i organitzar un acte de presentació del treball durant la Festa Major d'Esponellà, que inclogui la difusió i demostració de la reconstrucció virtual.
- Promoure i donar a conèixer el treball a través dels mitjans de comunicació locals, amb la finalitat de difondre els resultats de la recerca i posar en valor el patrimoni cultural del municipi.

1.3 Metodologia

Aquesta recerca té una part teòrica, que ha consistit sobretot a realitzar una recerca d'informació sobre el castell d'Esponellà, i una part pràctica, en què s'ha treballat en la realització de la recreació virtual d'uns espais del castell. Aquesta és la metodologia que s'ha seguit:

- Recerca teòrica:
 - Consulta treball de recerca titulat "Descobriments rere les muralles del castell d'Esponellà" realitzat per Marc Font, aquest treball és una font molt fiable de la història del castell, ja que és un estudi de les excavacions realitzades al castell.
 - Consulta al llibre "*Esponellà, terra de barons*", escrit per Jaume Tresseres, veí del poble. Aquesta obra s'utilitzarà com a font extra d'història del poble que ens ajudarà a tenir més informació.

- Entrevista David Joan Garganta, actual alcalde d'Esponellà. Es preveu realitzar una entrevista a l'alcalde per demanar-li finançament per la compra de les ulleres i informar-lo de la intenció de fer un acte de presentació del treball dins la Festa Major.
 - Entrevista Jordi Merino, arqueòleg responsable de les excavacions del castell d'Esponellà. Aquesta consulta permetrà organitzar una visita guiada al recinte, seleccionar els espais més rellevants per a la reconstrucció i garantir que les recreacions siguin el més fidels possibles a la realitat històrica.
-
- Recerca pràctica:
 - Recerca d'informació de la realització de la recreació virtual per internet per tenir una idea bàsica per realitzar el treball.
 - Visita Viulauba, per tenir una idea de com podia quedar el treball acabat, trobar exemples a la comarca de recreacions semblants i poder viure l'experiència en persona.
 - Entrevista Daniel de l'empresa Virtus Màgic, per demanar assessorament de com començar el treball en la part pràctica explicant-nos els programes més utilitzats.
 - Creació dels diferents espais amb el programa Blender i modificar-los segons les indicacions d'en Jordi Merino.
 - Creació de l'experiència virtual que culmina la part pràctica del treball.
 - Presentació del treball al poble perquè tots els veïns en poguessin veure el treball i la promoció i difusió d'aquest.

Marc teòric

2. Història del castell d'Esponellà

2.1. Primeres edificacions (s. XII-XIV)

Els primers indicis d'una fortificació a Esponellà es remunten al 1089, quan els Creixell de Borrassa eren castlans d'una torre, que se suposa que estava ubicada al mateix indret que el castell. Al voltant d'aquesta torre s'hi anà construint el castell, però això no serà fins dos segles més tard, quan Jaume I atorgà una llicència a Guillem de Palera per edificar una fortalesa al lloc actual.

Aquest castell anà canviant de propietaris, fins a arribar als Colteller. Guillem de Colteller era el metge reial i Pere el Cerimoniós, rei del moment, li devia molts diners. Com que no podia pagar amb monedes, li vengué el castell d'Esponellà per 500 florins, d'aquesta manera segellava el deute. Aquest fet és datat de l'any 1381. A més a més de les propietats materials, al contracte també se li concedia el *mer i mixt imperi*, és a dir, el més alt poder judicial en una determinada zona. Això comporta que moltes vegades s'ha confós i s'ha proposat aquesta data com a inici de la baronia d'Esponellà, fet erroni.

2.2. Etapa d'esplendor (s. XV-XVI)

L'etapa d'esplendor del castell d'Esponellà coincideix amb l'arribada dels Corbera. La filla de Guillem de Colteller es casà amb Bernat de Corbera, governaren el poble entre 1420 i 1458, uns anys moguts, i mai millor dit, ja que es patiren un seguit de terratrèmols que assolaren gran part del país. No es té cap referència escrita de destrosses a Esponellà, però part del monestir de Banyoles caigué, així que se suposa que el castell patí un destí semblant. Aprofitant les destrosses ocasionades pel sisme, els Corbera decideixen, a part de reconstruir, ampliar i remodelar el castell. Per aquestes dates es proposa la construcció de la barbacana. A més a més, en reconstruir la muralla, s'utilitza una tècnica més innovadora, es construeixen dos murs, un davant de l'altre, i separats entre ells per, més o menys, un pam. L'espai d'entremig s'emplena amb sorra i terra. Aquesta tècnica servia per si algun tipus de projectil trencava el primer mur, la sorra faria de coixinet pel segon, que, anant bé, no patiria desperfectes, cosa que faria més complicat per l'atacant la presa del

castell. Això, però, només es construeix a la muralla nord, més difícil de defensar, mentre que el sector sud, gràcies a l'important desnivell, era més complicat d'atacar.

La barbacana, situada davant l'entrada al castell, també és un element defensiu important, tot i que mal col·locat. Des dels inicis de les batalles, l'altura ha sigut un element clau, fins i tot amb petites batusses entre animals. És dels pocs elements que no ha canviat al llarg de la història de la guerra. Tot i la seva importància, la barbacana està construïda en una zona on ja ha perdut l'avantatge de l'altura, ja que la deixa en una posició bastant inútil. Tot i això, els Corbera aporten molt al castell d'Esponellà i al poble en general. A part de la barbacana, la segona muralla i el sector 3 del castell, mentre governava el senyor Gerard Desplà (o més ben dit, la senyora Margarida de Corbera), ja que sembla que era ella qui portava l'administració del terme, es refeu la façana de l'església de Sant Cebrià d'Esponellà i s'acabà la construcció del pont sobre el riu Fluvià. Cosa que li dona una nova importància al poble, ja que era el primer pont que travessava el Fluvià des del mar.

D'aquesta manera arribem al pic de la importància del castell d'Esponellà sota l'administració de Margarida i, posteriorment, Aldonça de Corbera, quan des de la torre del castell es domina tota la plana d'Esponellà i més enllà, i a més a més, hi ha un pont d'importància rellevant que aporta una bona font d'ingressos, els peatges. Tot i això, a part dels terratrèmols, durant el segle XV també té lloc la guerra civil catalana, la qual té una afectació directa al poble d'Esponellà, ja que el rebel Francesc de Muntanya, lluitant pel bàndol de la Generalitat, l'ocupa.

2.3. Decadència (s. XVI - XVII)

Aquest pic del castell d'Esponellà dura poc més de cent cinquanta anys, mentre hi havia el cognom Corbera dirigint. Quan, per mitjà de matrimonis passa a mà dels Desplà i, més endavant, dels Gralla, el castell deixa de ser el nucli d'un terme per convertir-se en una moneda de canvi o un dot entre grans cases que, el més probable, és que ni tan sols visitessin el castell. El castell passà pels Montcada, els Cardona, els Vila i, finalment, els Berard. Totes cases massa importants per a parar atenció a un petit castell que tenien a un petit poble. L'avanç de la tecnologia bèl·lica, que torna obsoleta l'arquitectura defensiva del castell, o l'absolutisme dels nous monarques, que recuperaren la jurisdicció dels seus reialmes (a costa, clar, dels nobles) i homogeneïtzaren el territori, comporta la pèrdua d'importància dels castells feudals. Tots aquests aspectes aconseguiren que finalment, pels

volts de 1650, s'abandonés definitivament al castell. En ser un abandó premeditat, s'emportaren tot el que es podia reaprofitar per altres construccions del senyor. I això priva de material arqueològic pels historiadors del segle XXI.

2.4. Abandonament

Tot i haver-se emportat molt de material del castell, els vilatans d'Esponellà continuaren, durant molt de temps, anant a buscar pedres i altres materials al castell per construir-se masies o cases pel voltant. Després d'abandonar-lo, i amb part de l'estructura caiguda, el castell gaudeix d'una última fase d'ocupació, essent utilitzat de masia. Durant el segle XVIII, després d'un llarg període de guerres i altres desastres, s'aconsegueix una mica d'estabilitat i creixement econòmic, i això al camp es tradueix en reaprofitament de masies i altres construcció. L'olivera va ser una plantació abundant a la comarca, per tant, se suposa que el trull descobert recentment seria, segurament, d'aquesta època. Finalment, es trobaren tres monedes curioses, dues del rei Alfons XII encunyades als anys 1878 i 1879 i un penic anglès de la reina Victòria encunyat el 1879. No se sap com arribaren a sot el fossat del castell, però durant aquesta època nasqué el moviment excursionista a Catalunya, així que en podria ser una explicació.

3. Espais de la recreació

3.1. Entrevista amb en Jordi Merino

El passat dia 18 de gener del 2025, a les nou del matí, es va fer una trobada amb l'actual arqueòleg dels treballs del castell d'Esponellà, Sr. Jordi Merino Serra, *in situ* al castell. Es va parlar de tota la història del castell d'Esponellà, començant per les primeres edificacions, continuant per la primera expansió i acabant per la seva utilització com a masia. Un cop exposada la història es van proposar els espais per la reconstrucció que s'esmenten a continuació. L'elecció d'aquests espais es basa en la informació que se'n té, ja que com s'ha dit en tot el treball és molt escassa.

3.2 Espais de la recreació

Després de l'entrevista amb en Jordi Merino, s'han triat 4 espais que són els que hi ha més informació per fer la posterior reconstrucció en realitat virtual.

3.2.1 Torre de Vigilància

La torre de vigilància està ubicada en el punt més alt conservat actualment del castell. És una simple torre rectangular amb una escala de cargol situada a una cantonada i a la dreta de la porta. Aquesta és la informació que s'ha aconseguit amb les excavacions. S'ha triat aquest espai perquè, en conservar-se una de les parets quasi completes i el terra, es pot saber l'altura exacta del primer pis, gràcies al començament d'un empedrat del terra i, a més a més, també hi ha mig marc de la porta que ha servit per ubicar-la.



Fig.1 Torre de vigilància des de la porta (elaboració pròpia)

3.2.2 Capella

Aquest espai constitueix un dels indrets més emblemàtics del castell i, ahora, és un dels millor documentats gràcies als escrits conservats a l'església del poble. L'espai es presenta a partir de dues reconstruccions, basades tant en la informació obtinguda sobre la seva majestuosa entrada com en els diversos usos que se li han atribuït a l'interior al llarg del temps, els quals n'han anat modificant parcialment l'aspecte. La reconstrucció se centrarà únicament en l'interior, ja que de l'exterior només es conserva la façana de la capella i es desconeix què hi havia a l'altra banda, la qual cosa en dificultaria una representació acurada.



Fig.2: Entrada de la capella (elaboració pròpia)

La recreació de l'interior consisteix en una sala rectangular amb parets blanques de guix. També s'ha descobert que a l'arcada del centre de l'ermita hi havia els dos escuts de les famílies del castell, fet que ha servit per saber que abans de ser una ermita s'havia utilitzat com a despatx de rebuda dels Corbera, una de les famílies que hi va habitar durant l'esplendor del castell. En aquesta recreació hi apareixerà l'altar amb les seves roses gòtiques i l'arcada amb les parets blanques de guix amb unes línies vermelles. D'aquestes línies no es té informació, però ha estat basada en les ermites de l'època per fer una aproximació de la pintura que hi havia a les parets.



Fig. 3 i 4: Roses gòtiques a l'entrada de la capella i interior de la capella (Elaboració pròpia)

3.2.3 Trull d'oli

Aquest espai correspon a l'etapa més recent del castell d'Esponellà. Es tracta d'un trull d'oli que conserva totes les seves parts, però que es distingeix dels altres per una característica singular: el sostre amb arcades. Tal com s'explica en la història del castell, durant l'últim període d'ocupació l'edifici va ser transformat en una masia, i els diferents espais van ser adaptats per a usos agrícoles.



Fig. 5: Vista general del trull d'oli (Elaboració pròpia)

A part d'aquesta curiosa característica, que es va saber gràcies a l'entrevista i visita guiada d'en Jordi Merino, s'ha pogut veure on hi havia la base de l'eix de la pedra i on es guardaven les olives abans de ser aixafades.



Fig. 6: Base de la moladora i lloc on rodava la pedra (Elaboració pròpia)

En aquest espai també s'ha localitzat un petit forat que corresponia a un forn de reduïdes dimensions, utilitzat per a la reparació d'eines, el qual també serà inclòs en la reconstrucció. Igual que en el cas de la capella, ha estat necessari dur a terme una recerca exhaustiva per obtenir informació precisa sobre l'estructura i el funcionament dels trulls en aquella època, amb l'objectiu de concretar-ne els detalls i poder elaborar una representació en 3D d'aquest espai.



Fig. 7: Lloc del petit forn de les eines (Elaboració pròpia)

Els trulls d'oli d'aquesta època es caracteritzaven per tenir una gran roda fixada a un eix de fusta, que era accionada per una animal de força. Aquest mecanisme permetia fer girar la roda i premsar les olives per extreure'n l'oli.

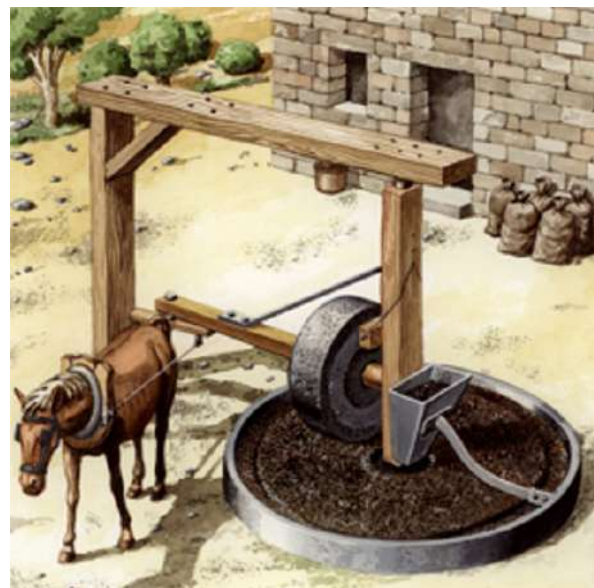


Fig.8: Imatge d'un molí d'oli del s. XVII

Aquesta imatge ha sigut la principal inspiradora per la recreació, ja que compleix amb tots els requisits que Jordi Merino va comentar en la seva entrevista. Aquesta part del trull serà una aproximació, ja que només es té informació d'on estava i la seva base i no se sap res de la pedra ni l'altura, no obstant es coneix l'altura màxima, ja que no pot sobrepassar l'altura de l'arcada que defineix el teulat de l'habitació.

3.2.4 La Barbacana

La barbacana, un dels principals espais defensius del castell i encarregada de protegir-ne l'entrada, constitueix l'últim espai inclòs en la reconstrucció del castell d'Esponellà. Es tracta d'una torre de planta circular, sense coberta, amb un pas superior destinat al desplaçament dels soldats. Presenta un gran obert a un costat per a la col·locació d'una bombardera, així com diverses espitlleres dissenyades per a l'ús d'armes de foc. La seva estructura, aparentment senzilla, ha permès obtenir una informació molt precisa, la qual fa possible una reconstrucció gairebé mil·limètrica.



Fig. 9 i 10: Barbacana des de l'interior i exterior (Elaboració pròpia)

4. Visita a Vilauba

El dia 26 de gener del 2025 es va realitzar una visita a una reconstrucció similar, dins la mateixa comarca, que guarda relació amb el treball que es durà a terme. Durant aquesta experiència es va poder aprofundir en el funcionament de la realitat virtual, ja que es va establir un contacte directe amb un exemple de patrimoni reconegut a la zona.

L'activitat, titulada "Posa't les ulleres: Vilauba en 3D", va consistir en una visita guiada a la Vil·la Romana de Vilauba amb l'ús d'ulleres de realitat virtual. Gràcies a aquesta tecnologia, va ser possible veure com eren les estructures originals de la vil·la, descobrir la distribució

dels espais i entendre millor la vida quotidiana dels habitants d'època romana. A més, la visita va permetre valorar la importància de la recerca arqueològica i de les noves eines digitals per a la divulgació del patrimoni.

La possibilitat de conèixer aquest recurs va sorgir arran del contacte previ amb el Museu Arqueològic de Banyoles, amb la finalitat d'obtenir més informació sobre la història del castell.



Fig. 11: Imatge de l'experiència de Vilauba

5. La Realitat Virtual

La realitat virtual és descrita de moltes maneres diferents i a vegades la seva definició no és del tot definida. A grans trets la realitat virtual és la simulació en 3D de normalment imatges.

Principals aspectes tècnics de la Realitat Virtual (RV)

Un sistema de realitat virtual (RV) ha de ser capaç de generar un entorn tridimensional en què l'usuari se senti present i pugui interactuar de manera intuïtiva i en "temps real" amb els objectes dins d'aquest. Els objectes virtuals han de ser tridimensionals i tenir propietats físiques pròpies, com ara fricció i gravetat, mantenint la seva posició i orientació independentment del punt de vista de l'usuari. La llibertat de moviment és essencial per aconseguir la sensació de presència.

Els factors que determinen el realisme d'un entorn virtual són:

1. Resolució i fidelitat de la imatge: una imatge detallada i clara millora l'experiència visual.
2. Reproducció de les propietats dels objectes: els objectes han de reaccionar com ho farien en el món real, segons les lleis físiques.
3. Interactivitat: l'usuari ha de poder moure's i actuar de manera natural en l'entorn virtual.
4. Feedback sensorial: el sistema ha de permetre que l'usuari percebi sensacions tàctils, com la fermesa d'un objecte, i també sons per augmentar la immersió.
5. Temps real: les interaccions han de ser immediates, sense latència, per mantenir la coherència del món virtual.

La sensació de presència s'aconsegueix mitjançant la interacció multisensorial (visual, auditiva, tàctil, etc.). Com més sentits s'hi impliquin, més realista serà l'experiència de la realitat virtual.

5.1 Característiques i tipologies de la realitat virtual

La realitat virtual (RV) és una tecnologia en constant evolució que permet crear entorns digitals simulats on els usuaris poden experimentar sensacions visuals, auditives, tàctils i, en alguns casos, olfactives o de moviment. Aquesta tecnologia ha anat guanyant protagonisme en àmbits tan diversos com l'entreteniment, l'arquitectura, l'educació, la medicina i la indústria.

Segons el grau d'interacció i immersió que ofereixen, podem distingir tres estadis principals dins de la realitat virtual:

1. Fase passiva: l'usuari només observa i percep l'entorn virtual, però no hi pot interactuar. Tot i que es poden provocar sensacions de moviment, aquest no es pot controlar. Es considera una forma limitada de realitat virtual, pròxima a les pel·lícules

immersives (anomenades "ride films").

2. Fase exploratòria: l'usuari pot desplaçar-se per l'entorn virtual, fet que representa un pas més en funcionalitat. És el model utilitzat en passejos arquitectònics o visites a obres d'art digitals, ja que permet explorar espais virtuals lliurement.
3. Fase interactiva: es tracta de l'autèntica realitat virtual. A més de moure's i observar, l'usuari pot interactuar i modificar l'entorn. La interactivitat i la immersió són claus per oferir una experiència rica i realista.

Dins dels sistemes de realitat virtual es poden identificar diferents graus d'interactivitat i d'immersió, segons el tipus de dispositius utilitzats i el disseny del sistema. A més, com assenyalen autors com Burdea i Coiffet, la imaginació de l'usuari juga un paper fonamental per donar sentit i eficàcia a l'experiència virtual.

Els sistemes de realitat virtual es poden classificar en tres tipologies principals:

- Sistemes de sobretaula: no immersius. L'entorn virtual es mostra en una pantalla convencional i l'usuari pot interactuar amb el teclat, ratolí o altres dispositius. Alguns videojocs, tot i no utilitzar tecnologia immersiva, aconsegueixen generar una forta sensació de presència. Són útils per al disseny industrial i aplicacions que requereixin visualització 3D.
- Sistemes projectius: fan servir projeccions en parets o pantalles envoltants dins d'un espai tancat (com una cabina). Utilitzen ulleres estereoscòpiques i sensors de posició per augmentar la immersió. Un exemple destacat és el sistema CAVE. Aquest tipus de sistema és idoni per a aplicacions col·laboratives o demostracions públiques.
- Sistemes immersius: busquen que l'usuari senti que està realment dins del món virtual. Utilitzen cascos de visualització 3D, guants tàctils i, en alguns casos, dispositius per simular moviment o força. Una evolució d'aquests sistemes són els cascs semi immersius, que combinen entorns reals i digitals i donen lloc a la realitat augmentada, amb aplicacions molt útils en àmbits com la medicina o la formació tècnica.

Perquè la comunicació entre l'usuari i l'entorn virtual sigui efectiva, calen dispositius d'entrada (que capten els moviments, gestos o comandes de l'usuari) i de sortida (que transmeten estímuls visuals, auditius o tàctils). Aquesta interacció ha de ser fluida i en temps real perquè el sistema resulti convincent. Si hi ha retard o la interfície és incòmoda, es trenca la il·lusió i es recorda constantment que es tracta d'una simulació.

Els sistemes de realitat virtual es basen en un esquema de quatre elements essencials: l'usuari, el dispositiu de control (l'ordinador), les interfícies de comunicació i l'entorn virtual en si mateix. El funcionament d'aquests sistemes és similar al d'altres sistemes informàtics, però en aquest cas el component sensorial és clau, ja que es busca una resposta immediata i coherent del sistema davant dels estímuls de l'usuari.

A l'hora de construir aquests entorns, cal tenir en compte tres aspectes fonamentals:

- La representativitat dels objectes, que han de complir unes propietats físiques i visuals adequades.
- Els dispositius d'entrada, que han de permetre actuar sobre els elements del món virtual.
- Els dispositius de sortida, que han d'estimular adequadament els sentits de l'usuari.

D'altra banda, cal destacar que el tacte és un dels sentits més complexos de simular per la seva riquesa receptiva. Encara que s'estan fent avenços amb dispositius com guants o vestits tàctils, la seva recreació completa és un repte pendent.

En definitiva, la realitat virtual representa una nova manera de relacionar-se amb la informació i els entorns digitals. Si bé les limitacions tecnològiques encara existeixen, el potencial de la RV és enorme i depèn tant del desenvolupament tècnic com de la capacitat de comprendre els mecanismes de percepció humana.

5.2 Breu Història

5.2.1 El Simulador Sensorama

El Simulador Sensorama, inventat per Morton Heilig el 1962, és considerat el primer sistema de simulació sensorial completament immersiu, tot i que no va ser creat per un informàtic.

Heilig, un antic operador cinematogràfic, va dissenyar un dispositiu amb l'objectiu de crear una experiència immersiva que activava diversos sentits. Aquest simulador simulava un viatge fictici en motocicleta per les carrers de Nova York, utilitzant imatges cinematogràfiques en 3D que el usuari visualitzava a través d'un visor estereoscòpic. A més, el dispositiu estimulava altres sentits com el so, el tacte i l'olfacte: el seient vibrava, es simulava el vent amb ventiladors i es podien percebre determinats olors. Tot això feia del Sensorama un precursor de la realitat virtual. No obstant això, el dispositiu no permetia cap tipus d'interactivitat i mai va aconseguir sortir del laboratori, tot i ser un invent avançat per la seva època però impracticable.

5.2.2 El paper de la investigació militar

Durant els anys 60, la realitat virtual va començar a desenvolupar-se com una tecnologia relacionada amb la informàtica, la intel·ligència artificial, la robòtica i la generació d'imatges per ordinador, amb un enfocament inicial en aplicacions militars. Un dels pioners més destacats va ser Ivan Sutherland, qui el 1965 va publicar l'article "El Dispositiu Definitiu" on proposava un sistema informàtic capaç de crear mons virtuals que semblessin reals. Aquesta idea es va concretar el 1968 amb la creació de l'"Espasa de Dàmocles" (Sword of Damocles), el primer dispositiu de visualització estereoscòpica generat per ordinador. Aquest dispositiu, que utilitzava monitores CRT (tubs de raigs catòdics), permetia als usuaris veure imatges tridimensionals superposades sobre el món real mitjançant un prisma, acompanyades d'un sistema de sensors que seguien el moviment del cap de l'usuari per mantenir la imatge en la seva posició estable.

Durant els anys 70 i 80, es van dur a terme diversos projectes militars finançats per agències com l'ARPA (Agència de Projectes de Recerca Avançada del Departament de Defensa) i altres institucions relacionades amb la Marina dels Estats Units, per desenvolupar simuladors de vol. Aquests simuladors, que utilitzaven cascos de visualització com els de Sutherland, tenien l'objectiu de substituir els simuladors analògics tradicionals i proporcionar un entrenament més econòmic i realista per als pilots de combat. A més, es va explorar la possibilitat d'incloure dades i instruccions sobreimpressions a les imatges visuals, amb l'objectiu de millorar la capacitat de resposta dels pilots en situacions de combat.

5.2.3 Els primers passos de la indústria del simulacre virtual

Encara que la recerca inicial es va centrar en el desenvolupament de la realitat virtual amb fins militars, des de molt aviat la recerca civil va començar a interessar-se per aquestes

tecnologies. Un dels primers exemples va ser el projecte GROPE de la Universitat de Carolina del Nord el 1967, que va crear un sistema de visualització tridimensional i retorn de força (un braç robòtic) que es podia controlar de forma remota per manipular substàncies perilloses. Aquest va ser el primer dispositiu a introduir la retroalimentació tàctil i cinètica associada a un ordinador.

Durant els anys 80, els avenços en gràfics per ordinador i en electrònica van obrir noves perspectives per a la creació d'imatges sintètiques més realistes. Va ser durant aquesta dècada que va començar a créixer l'interès per part de científics, artistes i moviments contraculturals, que van començar a veure el potencial de la realitat virtual més enllà de l'àmbit militar. Això va comportar la creació de petites empreses que es dedicaven al desenvolupament de perifèrics i aplicacions per a la simulació digital multisensorial, com la VPL Research Inc, fundada el 1985 per Jaron Lanier i Thomas Zimmermann. Aquesta empresa va crear alguns dels primers dispositius comercials de realitat virtual, com el DataGlove (un guant electrònic que permetia controlar un ordinador amb els moviments de la mà) i el EyePhone (un casc de visualització estereoscòpica). En 1987, Lanier va popularitzar el terme "realitat virtual" per referir-se a aquest conjunt de tecnologies immersives.

La creació de VPL Research Inc. va marcar el començament de la indústria comercial de la realitat virtual, però a un preu altament costós. El sistema RB2 (Reality Built for Two), per exemple, costava 225.000 dòlars per a un únic usuari. A pesar d'això, aquest va ser el primer pas per portar la tecnologia de la realitat virtual fora de l'àmbit acadèmic i militar i començar a aplicar-la a altres sectors.

La transició cap a la indústria civil i l'entreteniment

A finals de la dècada de 1980 i principis de 1990, els presupostos de defensa es van reduir, cosa que va permetre l'alliberació de tecnologia militar i va provocar que molts científics i empreses del sector es dirigissin cap a l'àmbit civil. Aquesta transició va ser especialment evident en l'àmbit dels jocs de vídeo, on moltes de les tecnologies desenvolupades per a simuladors de vol i altres aplicacions militars es van aplicar als videojocs de simulació. Això va portar al naixement de l'ús de la realitat virtual en l'entreteniment, on es va convertir en una eina atractiva per al desenvolupament de jocs i experiències immersives.

Així doncs, la realitat virtual va passar d'un àmbit exclusiu de recerca militar i acadèmica a un sector comercial i d'entreteniment, amb un creixement exponencial d'aplicacions en jocs, simuladors de formació i fins i tot en medicina (simuladors quirúrgics, per exemple).

Com s'ha pogut veure aquesta tecnologia encara està en fase de desenvolupament, però actualment hi ha moltes aplicacions que la fa ser una tecnologia amb molt potencial en el pla de futur.

5.3 Aplicacions en àmbits tècnics especialitzats

I. Medicina i Salut:

1. Formació i reciclatge professional
2. Cirurgia i microcirurgia
3. Psiquiatria i psicologia
4. Inserció social de discapacitats físics
5. Teràpies de rehabilitació
6. Diagnòstic mèdic
7. Biotecnologia

II. Arquitectura, Urbanisme i Enginyeria Civil:

1. Disseny d'edificis i interiors
2. Ordenació urbanística i territorial
3. Promoció i presentació de projectes
4. Estudi d'impacte mediambiental
5. Recreació de patrimoni històric

III. Ciències:

1. Aerodinàmica virtual
2. Matemàtiques
3. Astrofísica

4. Enginyeria molecular
5. Geologia i biologia
6. Meteorologia
7. Astronomia

IV. Indústria:

1. Disseny de productes i maquinària
2. Experimentació i proves
3. Manteniment de maquinària
4. Optimització de recursos
5. Visualització de dades

V. Robòtica:

1. Telerobòtica
2. Concepció de robots

VI. Aplicacions militars i aeroespacials:

1. Simuladors aeris, terrestres i submarins
2. Entrenament en combat i pràctiques de tir
3. Sistemes de control d'operacions
4. Preparació de missions espacials
5. Entrenament d'astronautes

VII. Vida quotidiana i simulacres virtuals:

1. Ensenyament
2. Art (obres interactives i museus virtuals)

3. Comercials i finances
4. Telecomunicacions
5. Entreteniment (jocs, cinema, publicitat, etc.)

De tota aquesta llista només s'ha utilitzat la de recreació de patrimoni històric.

5.4 Exemples de reconstrucció amb realitat virtual de patrimoni històric

S'ha fet una recerca dels exemples que hi ha de reconstruccions de patrimoni.

Aquí tenim una taula amb alguns exemples destacats de patrimoni històric reconstruït a Espanya mitjançant tecnologies virtuals

Projecte / Monument	Ubicació	Entitat Responsable	Tipus de Patrimoni	Tecnologia Utilitzada
Dar al-Yund de Madinat al-Zahra	Còrdova	Escuela de Estudios Árabes (CSIC)	Islàmic	Model 3D infogràfic
Coro del Maestro Mateo	Santiago de Compostel·la	VideaLab – Univ. de La Coruña	Gòtic	Model 3D, realitat virtual
Segóbriga, Carranque, Recópolis, Alarcos	Castella-la Manxa	Balawat	Arqueològic romà	Reconstrucció 3D
Monestir de Santo Domingo de Silos	Burgos	ITCL (Castella i Lleó)	Romànic	Realitat virtual immersiva
Pintures de Santa Maria de Mur	Catalunya (Lleida)	Generalitat de Catalunya	Romànic	Reintegració virtual

Projecte "Cádiz Virtual S. XVIII"	Cadís	Ajuntament de Cadís + Junta d'Andalusia	Urbà, civil i militar	Animació 3D, realitat estereoscòpica
Granada del segle XIX (cubrició del riu Darro)	Granada	Fundació Albaicín + Inst. Municipal Rehabilitació	Urbà	Model digital + web
Alcázars de Sevilla / Madinat Al-Zahra	Sevilla / Còrdova	Escuela de Estudios Árabes (CSIC)	Islàmic	Model 3D infogràfic
Complutum – Vila del Val	Alcalá de Henares (Madrid)	Servei d'Arqueologia Municipal	Romà	Model digital
Museu Virtual "Museo Vacío"	La Coruña	VideaLab – Univ. de La Coruña	Museogràfic experimental	Realitat virtual immersiva
Acròpolis ateniense, Torre d'Hèrcules	Santiago de Compostel·la	Grup MAR (USC)	Grecoromà / Patrimoni gallec	Visualització avançada, simulacions
Itàlica Virtual	Santiponce (Sevilla)	Univ. de Sevilla + Col·legi St. Francisco Paula	Romà	Model 3D per estudiants
Portada del Monestir de Ripoll	Ripoll (Catalunya)	UPC + MNAC	Romànic	Escàner 3D + navegació interactiva
Els Vilars (Arbeca)	Lleida	GRIHO (Univ. de Lleida)	Ibers	Realitat augmentada amb GPS

Ars Virtual (Alhambra, Sagrada Família...)	Diverses ciutats (Espanya i AL)	Fundació Telefónica	Divers	Visites virtuals 3D interactives
---	---------------------------------------	------------------------	--------	-------------------------------------

Aquesta taula mostra un panorama divers tant en l'àmbit geogràfic com cronològic i estilístic. Els projectes combinen arqueologia, arquitectura islàmica, medieval, urbana i museologia, amb una gran varietat de tecnologies (modelatge 3D, realitat augmentada, visualització immersiva, escàner làser, etc.).

5.5 Creació d'una imatge per a la realitat virtual

Un cop disposada tota la documentació necessària i preses les decisions oportunes, cal passar a la creació dels models tridimensionals que formaran part de la recreació virtual, ja sigui d'un espai interior, exterior o d'una peça singular. Es pot fer servir una gran varietat de programes disponibles al mercat, des dels més orientats al disseny arquitectònic, com Revit o Rhinoceros, fins a d'altres utilitzats habitualment en la creació de videojocs o efectes especials, com Blender o 3DS Max.

A més de crear els models des de zero, es poden considerar dues vies alternatives per obtenir models 3D. Per una banda, es pot recórrer a biblioteques de models ja fets, disponibles per descarregar de manera gratuïta o de pagament. En aquests casos, cal avaluar amb atenció la qualitat del model i el seu rigor històric abans d'incorporar-lo a la recreació.

Per altra banda, es pot utilitzar la fotogrametria, una tècnica que permet reconstruir models 3D a partir de moltes fotografies preses des de diferents angles. Aquesta opció assegura una gran fidelitat respecte a la realitat, ja que la geometria i les textures provenen directament de l'objecte real. Tot i així, s'ha de dur a terme una feina important d'optimització per reduir el pes dels models i garantir un funcionament fluid. Aquesta tècnica resulta especialment útil per virtualitzar objectes ben conservats, com àmfores, joies, entre d'altres.

5.6 Aplicacions

5.6.1 Què és Blender i per a què serveix

Blender és un programa de codi obert molt potent que serveix per crear gràfics en 3D (tres dimensions). És totalment gratuït i està disponible per a tothom. Aquest programari destaca per oferir moltes funcions dins d'un mateix entorn: permet modelar, aplicar textures, simular físics, crear partícules, fer animacions, afegir llums i ombres (shading), fer composicions d'imatge, crear videojocs i pel·lícules animades en 3D.

Un altre gran avantatge de Blender és que disposa de molt material educatiu. Hi ha vídeos tutorials i documentació oficial que ajuden les persones principiants a aprendre a fer-lo servir. Per això, és molt recomanat per a estudiants o persones que comencen a dissenyar models en 3D.

Els experts i artistes del món del 3D consideren que *Blender* és una de les millors opcions disponibles per què combina potència, moltes funcions i el fet de ser gratuït. A més, com que és de codi obert, la comunitat pot millorar-lo constantment.

Aquest estudi és útil per a persones que volen començar a fer projectes en 3D, com ara maquetes virtuals, animacions, videojocs o pel·lícules digitals. Amb Blender, les possibilitats tecnològiques són pràcticament infinites.

5.6.2 Què és 3ds Max Design i com funciona

Autodesk 3ds Max Design és un programari de disseny tridimensional utilitzat per professionals de l'arquitectura, el disseny d'interiors i l'enginyeria. La seva gran potència rau en la capacitat de fer simulacions realistes de la llum natural (*daylighting*), cosa que permet analitzar com entra la llum solar dins d'un espai al llarg del dia i sota diferents condicions del cel.

Aquest programari es basa en la tecnologia *Exposure*, que utilitza un model de cel anomenat model de Pérez. Aquest model calcula la llum segons dades reals de radiació solar directa i difusa, per després simular com es comporta dins d'un edifici. Per fer-ho, *3ds Max Design* utilitza un sistema avançat de càlcul d'il·luminació global anomenat mental ray, que té en compte els reflexos, les ombres, la transparència dels materials i com es propaga la llum dins de l'espai.

L'ús principal de *3ds Max Design* en aquest context és estudiar com es distribueix la llum natural en espais tancats. Per exemple, s'ha posat a prova aquest programa simulant cinc casos diferents en un laboratori real: una habitació amb finestres sense cortines, amb un estant de llum (lightshelf), amb vidres translúcids, i amb persianes venecianes tant externes com internes. Els resultats s'han comparat amb dades reals mesurades a l'interior de les sales, i s'ha comprovat que el programa simula la llum de manera bastant precisa.

Les simulacions es fan col·locant sensors virtuals en punts específics de l'espai (per exemple, sobre una taula o al sostre), i el programa calcula la quantitat de llum que hi arriba. Una de les característiques més destacades és la velocitat: *3ds Max Design* pot simular una escena en pocs segons, quan altres programes poden trigar hores. Aquesta rapidesa el fa útil per a projectes amb terminis ajustats.

Tanmateix, cal saber que, en escenaris molt complexos com les persianes venecianes o vidres especials, pot haver-hi diferències entre la simulació i la realitat. Això passa sobretot per la dificultat de representar perfectament els materials i el seu comportament òptic.

En resum, *Autodesk 3ds Max Design* és una eina molt potent per visualitzar i estudiar la il·luminació natural en edificis, ajudant arquitectes i dissenyadors a prendre decisions informades sobre la llum i l'energia, sempre que s'utilitzi amb coneixement tècnic i criteri.

5.6.3 Comparació entre Revit, Blender i 3ds Max Design

En aquesta taula s'hi pot trobar una comparació directa en diferents aspectes els tres programes esmentats anteriorment

Aspecte	Revit	Blender	3ds Max Design
Tipus de programari	BIM (Modelatge d'informació de construcció)	Modelatge 3D generalista de codi obert	Modelatge 3D + simulació d'il·luminació

Enfocament principal	Arquitectura i construcció (plànols, estructures, tècnica)	Creació d'animació, videojocs, pel·lícules i continguts 3D	Il·luminació arquitectònica i visualitzacions realistes
Facilitat per treballar en VR	Limitat, cal exportar models a altres plataformes VR	Compatible amb motors com Unity o Unreal per a VR directa	També cal exportar, però ofereix visualitzacions prèvies bones
Nivell de detall artístic	Baix o mitjà, pensat per a precisió tècnica	Alt, permet crear detalls realistes i textures personalitzades	Alt, especialment en materials i llum
Simulació de llum realista	Bàsica, orientada a normativa	Disponible però no tan precisa com 3ds Max Design	Molt precisa (inclou simulació de llum natural amb <i>mental ray</i>)
Cost	De pagament (programari professional)	Gratuït i de codi obert	De pagament (licència d'Autodesk)
Dificultat d'ús	Moderada-alta per principiants	Alta al principi, però molt flexible	Alta, pensat per a usuaris professionals
Materials i textures	Limitats (pensat per a la construcció)	Molt personalitzables	Molt detallats i realistes

5.6.4 Quin és el més eficient per a reconstruir patrimoni històric en VR?

Depèn de l'objectiu, però el més eficient per a una reconstrucció virtual del patrimoni històric pensada per ser explorada en realitat virtual és *Blender*.

Aquesta afirmació es basa en els següents punts:

- És gratuït i de codi obert, per tant, accessible a qualsevol institució o estudiant.
- Permet un nivell molt alt de detall artístic, important per representar fidelment escultures, textures antigues, ruïnes, etc.
- És compatible amb motors de videojocs com Unreal Engine o Unity, que són els més utilitzats per crear experiències immersives en realitat virtual.
- Té una comunitat gran i molt activa, amb molts tutorials i recursos gratuïts.

Tot i això, per fer una simulació molt exacta de la llum (per exemple, com entrava la llum solar en un temple fa 2000 anys), 3ds Max Design és més precís, però cal combinar-lo amb altres programes si es vol fer una experiència VR.

Revit, en canvi, és més útil si es fa una reconstrucció arquitectònica tècnica (per a plànols, estructures o restauració), però no és el millor per a VR ni per representar amb detall el patrimoni antic.

5.7 Programari utilitzat per crear l'experiència virtual

Per crear l'experiència virtual per les ulleres 3d s'ha utilitzat el programa *Unity*, que és un motor de videojocs i una plataforma de desenvolupament molt popular que permet crear aplicacions interactives en 2D i 3D. Ha estat emprat en milers de jocs, aplicacions i experiències interactives, tant en ordinadors com en dispositius mòbils, consoles i, molt especialment, en dispositius de realitat virtual (VR).

Una de les principals raons per les quals *Unity* és ideal per crear experiències de realitat virtual és la seva compatibilitat amb una gran varietat de dispositius VR, com ara *Oculus*

Rift, *Meta Quest*, *HTC Vive* i molts altres. A més, *Unity* ofereix suport natiu per a aquestes plataformes, cosa que facilita la integració i el desplegament dels projectes.

Unity també destaca per la seva flexibilitat i per oferir eines potents per al desenvolupament d'entorns immersius. El seu sistema de física, la il·luminació en temps real, el motor gràfic optimitzat i el seu sistema d'interacció permeten crear experiències realistes i atractives per a l'usuari. A més, la comunitat d'usuaris de *Unity* és molt àmplia i activa, la qual cosa significa que és fàcil trobar tutorials, recursos i suport.

Per tant, *Unity* és una eina molt potent i accessible per desenvolupar aplicacions de realitat virtual, tant per a principiants com per a desenvolupadors professionals. Permet crear experiències immersives, interactives i de gran qualitat amb una corba d'aprenentatge assequible i un ecosistema ric en recursos.

Marc Pràctic

6. Creació de la recreació i experiència virtual

6.1 Creació de la reconstrucció del castell amb el Blender

Per realitzar la part pràctica s'ha escollit el programa *Blender* en el qual s'ha creat el modelatge en 3D per a l'experiència virtual.

Primer de tot es va visualitzar uns tutorials a internet per saber els controls bàsics del programa per facilitar la creació, tot seguit i amb la informació obtinguda d'en Jordi Merino es va fer una primera versió en la qual es van reconstruir els quatre espais amb un color base, ja que el següent pas seria el color dels espais.

Per fer aquestes construccions, com s'ha esmentat abans, s'ha utilitzat el programa *Blender*. Aquest programa es basa a ajuntar formes geomètriques simples i anar-les combinant i ajuntant fins a acabar obtenint la forma desitjada. Aquest pas ha sigut un dels més llargs perquè s'han hagut de fer molts canvis fins a arribar a les fases finals d'aquesta fase.

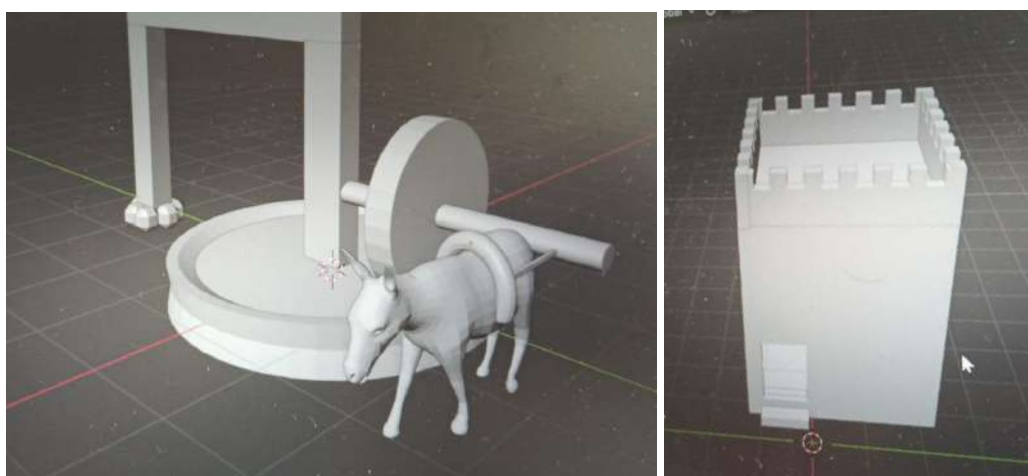


Fig. 12 i 13: Primeres versions de la mola d'oli i la torre (elaboració pròpia)

En aquestes imatges es pot veure la primera versió de la mola d'oli, on apareixen tots els elements de la mola amb la seva base i amb l'arc de fusta. La segona imatge, hi apareix l'exterior de la torre més alta del castell on es pot veure la seva porta definida a un lateral, com s'ha explicat abans, amb el seu escaló per poder entrar.

El burro que apareix a la mola d'oli s'ha agafat d'internet, s'ha fet d'aquesta manera perquè amb figures simples no s'hagués pogut arribar als detalls del burro, aquest fet ens ha facilitat molt la feina. Per altra banda, a la torre, els merlets estan formats per un rectangle gran i d'altres d'invisibles que tallen el primer, realitzant aquesta combinació s'aconsegueix l'efecte que es pot veure a la imatge.

Això de tallar figures amb altres s'ha utilitzat a totes les construccions.

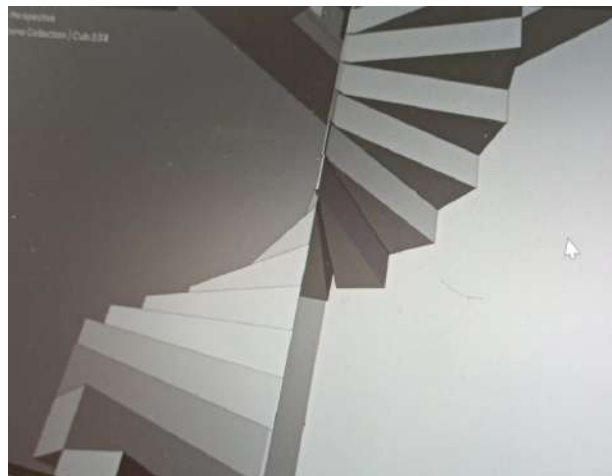


Fig. 14: Primera versió de l'escala interior de la torre (elaboració pròpia)

En la tercera figura de les primeres versions s'hi pot veure l'escala de caragol de l'interior de la torre, que puja fins a dalt del sostre per poder sortir al teulat. Aquesta està situada a una cantonada com s'ha explicat abans. Aquesta escala està formada per diferents rectangles que segueixen el perímetre d'un cilindre transparent i junts generen aquest efecte d'escala de cargol.

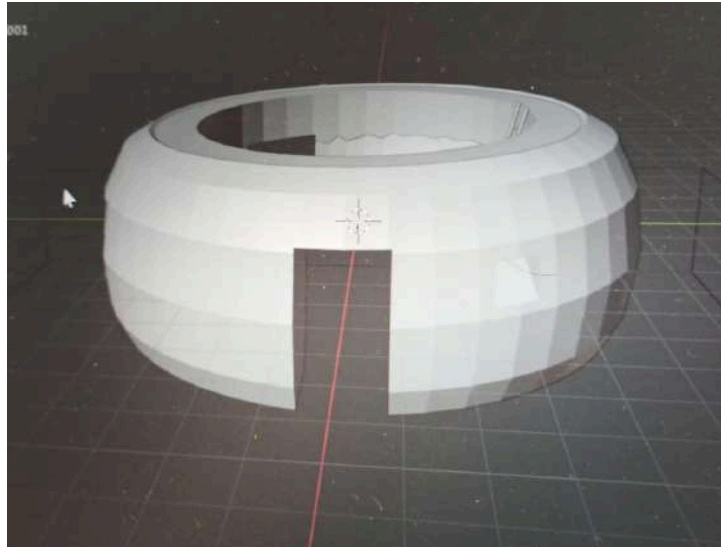


Fig 15: Primera versió de la Barbacana (elaboració pròpia)

En la següent imatge es pot veure la primera versió de la barbaca. Aquesta versió s'haurà de canviar molt, ja que les seves parets són massa corbades. En canvi, l'interior està perfecte.

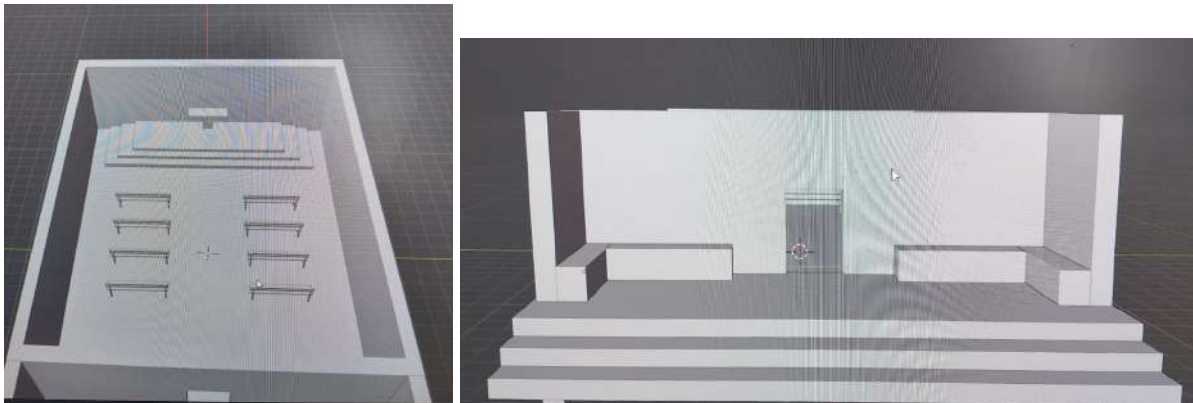


Fig 16 i 17: Primera versió de la capella des de l'interior i exterior (elaboració pròpia)

Aquestes figures són les últimes de les primeres versions, s'hi poden veure la capella des de l'interior i exterior, que més endavant s'eliminarà per diverses raons. S'hi pot veure els escalons, a dins els bancs amb l'altar i al final de la sala tal com és a la realitat. Els bancs també són agafats d'internet perquè tinguin uns detalls més definits.

En aquest moment se li van enviar aquestes imatges de totes les sales a en Jordi Merino perquè veiés com podien quedar les diferents sales i valorés tots els canvis que s'haurien de fer a la segona versió de les reconstruccions abans de passar al texturitzat.

A continuació es mostraran les segones versions de les sales que es van haver de canviar segons els consells de l'arqueòleg.

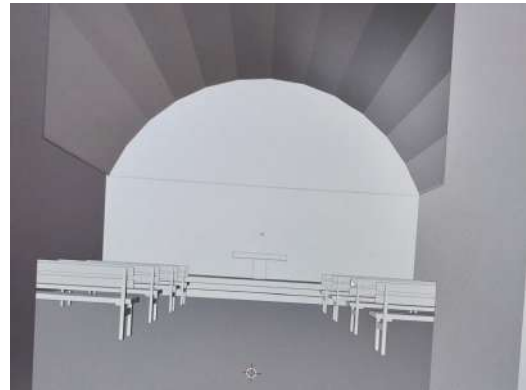


Fig 18: Segona versió de la capella (elaboració pròpia)

En aquesta imatge es veu la capella només de l'interior, ja que en aquesta segona versió, com s'ha comentat abans, s'hi van treure els escalons de fora per només fer la part interior. A l'interior s'hi veuen els bancs, la teulada en forma d'arcada i l'altar reduït a dos escalons.

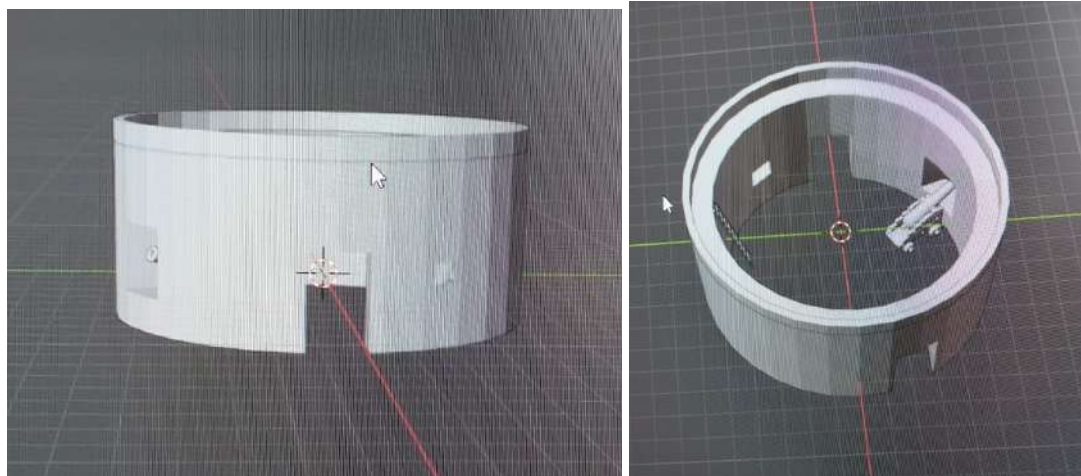


Fig 19 i 20: Segona versió de la barbacana (elaboració pròpia)

En les següents figures es pot veure una barbacana amb unes parets més rectes tal com són a la realitat. També s'hi pot veure una bombarda a l'interior. Ben bé no sabem si era així, però buscant informació s'ha pogut fer una aproximació, a part de l'escala que està a una de les parets que permet pujar al pas per a la vigilància.

La bombarda, que està incorporada en aquesta construcció, també s'ha agafat d'internet per tenir uns detalls molt més definits, que millorin l'experiència de l'usuari.

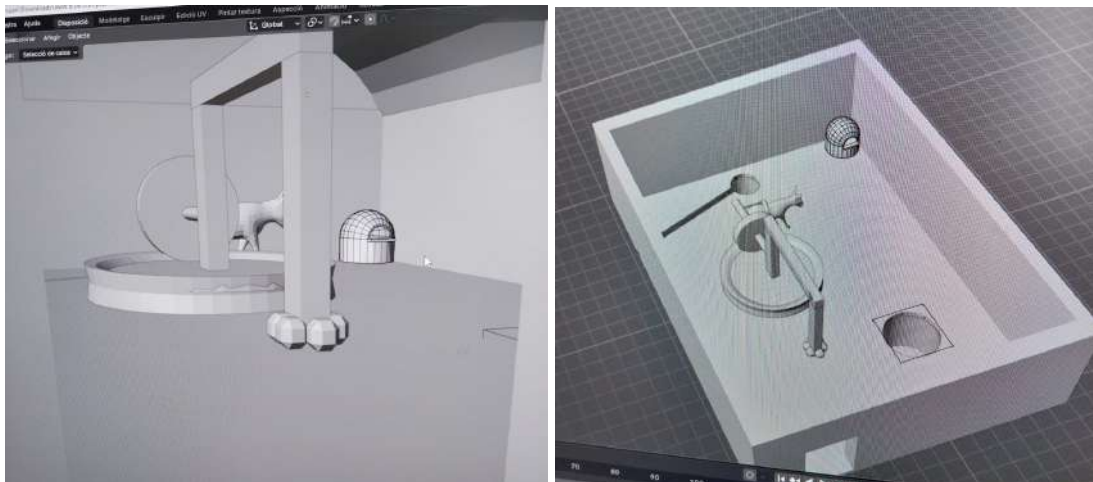


Fig 21 i 22: Segona versió del trull d'oli (elaboració pròpia)

En la segona versió del trull s'hi deferencia l'estructura de la sala, el forn de les eines i els diferents forats que estan presents al castell actualment.

Abans de passar a la segona fase d'aquesta primera creació, l'arqueòleg del castell va donar el vistiplau perquè totes les reconstruccions siguin al més acotades possible a la realitat que era el castell.

A la segona part s'hi va afegir tot el texturitzat de la reconstrucció. Aquest pas va ser una mica complicat, ja que per fer-ho de manera professional es necessita molt de temps i no es disposava d'aquest.

Per fer aquest texturitzat, primer de tot s'ha de buscar una imatge nítida del material que vols utilitzar, després, en el programa, has de crear un material amb aquesta imatge. Això et permet fer servir el material en les construccions, que quan l'utilitzes s'adapta a la forma. Seguidament, cal modificar-lo perquè quedi a escala des del mateix programa.

Aquest texturitzat ja és el definitiu, ja que Jordi Merino va considerar que el que s'havia fet era el més adequat.

En les següents imatges es pot veure la versió amb el coloratge de la barbacana.



Fig. 23: Versió final de la barbacana des de l'interior (elaboració pròpia)



Fig. 24: Barbacana completa des de l'aire (elaboració pròpia)

En les següents figures es pot veure el trull d'oli al complet, el qual, a la última versió, se li han afegit uns cistells que servien per transportar les olives del forat a la mola i viceversa.



Fig. 25: Versió definitiva del trull d'oli (elaboració pròpia)



Fig. 26: Cistells del trull d'oli al costat de forat d'emmagatzematge (elaboració pròpia)

A la següent imatge es pot veure la torre amb el seu coloratge al complet.

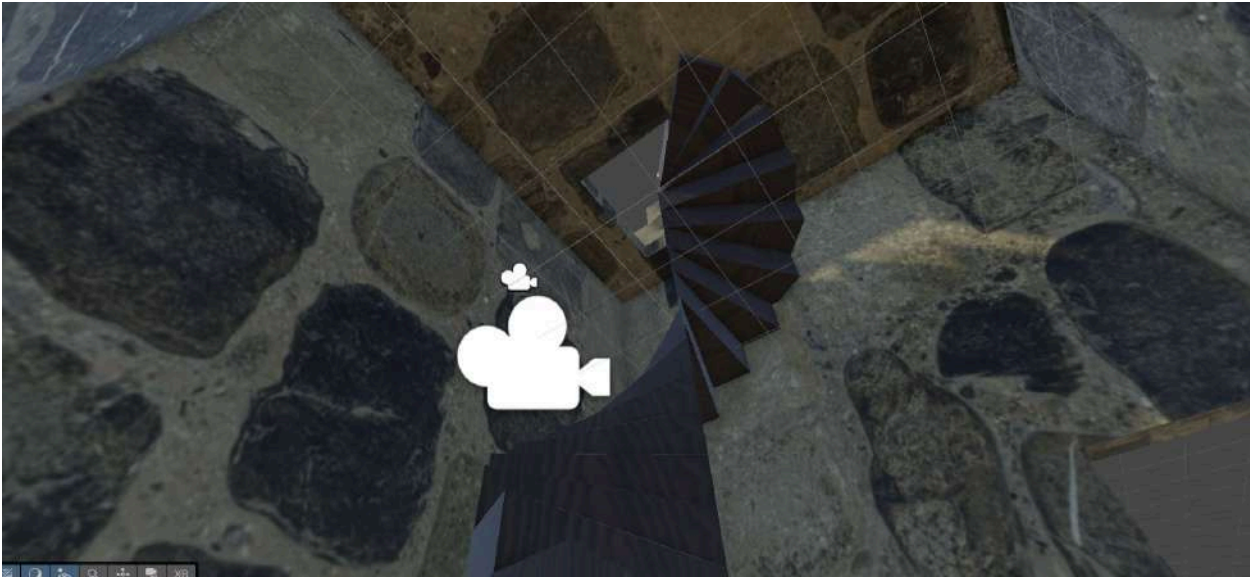


Fig. 27: torre completa des de l'interior (elaboració pròpia)

Per últim, es pot veure a la següent figura la capella amb alguna diferència. Primer de tot s'hi ha afegit els mosaics de les roses gòtiques blaves a terra i al voltant de l'altar i, a més a més, a les parets hi ha unes línies vermelles que Jordi Merino va recomanar que s'hi afegissin, ja que va ser uns dels descobriments més rellevants d'aquesta estança.

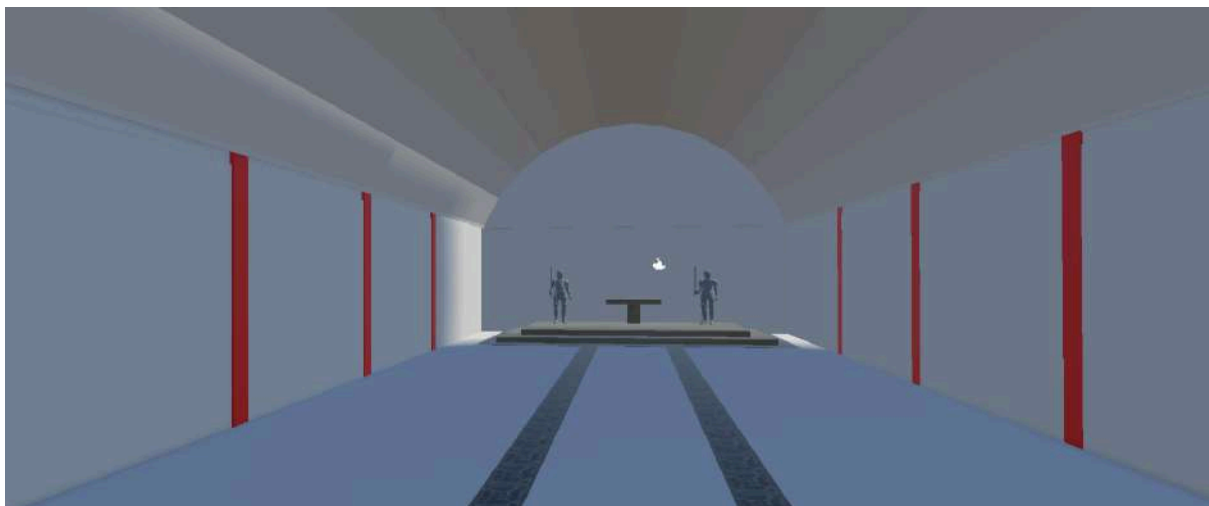


Fig. 28: Capella completada amb les noves actualitzacions (elaboració pròpia)

La figura que es troba a continuació es pot veure a la pantalla principal, que és un element que es va afegir en aquesta part del modelatge, ja que consisteix en una imatge plana amb uns botons que permeten seleccionar les diferents escenes durant l'experiència. També s'hi pot observar una imatge del plànol del castell que es pot trobar a la paret reconstruïda de la torre del mateix castell.

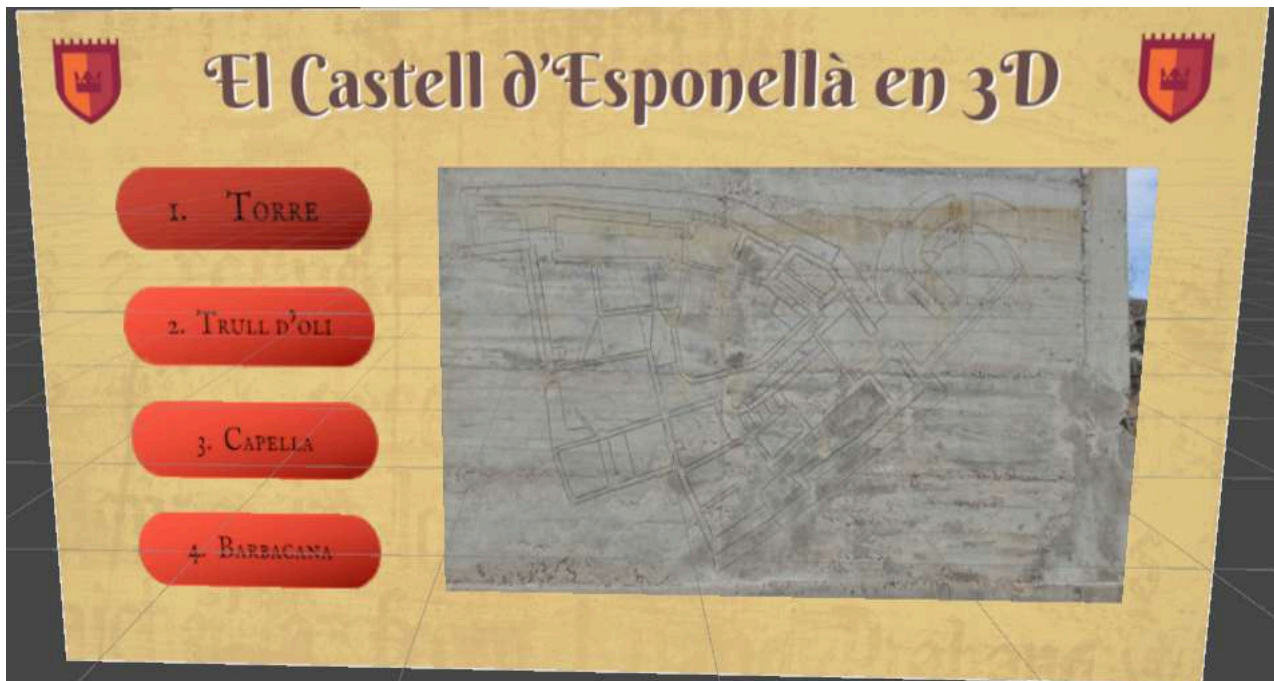


Fig. 29: Menú principal de l'aplicació (elaboració pròpia)

6.2 Ulleres utilitzades per a l'experiència

Després de la fase anterior, i després que l'ajuntament havia comprat les ulleres, vam aprendre a fer-les servir gràcies al manual d'instruccions de les mateixes ulleres. Les ulleres utilitzades van ser les *Meta quest 2m*, en la següent imatge les podem veure.



Fig. 30: Ulleres de realitat virtual utilitzades (elaboració pròpia)

6.3 Creació de l'experiència virtual

Després que l'arqueòleg donés el vistiplau de la reconstrucció totalment finalitzada amb el *Blender*, es va començar a aprendre el segon programa que va ser utilitzat, el *Unity*. Vam escollir aquest programa, ja que és gratuït i fàcil d'aprendre. Per usar-lo es van buscar tutorials a internet i també es van tenir l'ajuda d'un company de 2n de batxillerat, l'Andriy Kontsevich.

Amb aquesta base el primer que es va fer va ser introduir les reconstruccions a dins del projecte de Unity. Aquest procés va ser el més fàcil de tot, ja que tan sols era descarregar els fitxers i passar-los. El següent pas va ser començar a pensar i a programar tots els codis necessaris perquè el programa funcionés. En aquest pas es va demanar ajuda a Ramon Gallench, que és un expert en programació. En aquesta fase van tenir molts problemes, que amb prova i error, es va poder a resoldre per dur a bona part el projecte final.

Cal aclarir que tota la part de la programació amb el llenguatge de programació del Unity es va fer amb intel·ligència artificial, que va ser de molta ajuda, ja que seria impossible aprendre a programar amb tan poc temps.

Una de les parts més difícils va ser integrar l'elecció de les reconstruccions amb la mirada. Aquest aspecte és molt difícil perquè s'ha d'utilitzar un raig invisible i se li ha d'assignar un objecte, que és el que la persona veu. Va ser una de les parts més complicades, per això van caldre moltes proves.

A continuació es podran observar unes figures que ens mostren una mica la complexitat que té aquest llenguatge de programació. Cal afegir que el quadrat gris que està en el codi lateral és la part que es pot veure en gran.

```

54 public class GazeSceneSelector : MonoBehaviour
55 {
56     // No procesar si ya estamos cargando
57     if (isLoading) return;
58
59     SceneButton detectedButton = null;
60     Vector3 detectedPosition = Vector3.zero;
61     bool hasDetection = false;
62
63     // Crear raycast para UI Canvas
64     if (graphicRaycaster != null && eventSystem != null)
65     {
66         Vector2 screenCenter = new Vector2(Screen.width / 2f, Screen.height / 2f);
67
68         pointerEventData = new PointerEventData(eventSystem);
69         pointerEventData.position = screenCenter;
70
71         List<RaycastResult> results = new List<RaycastResult>();
72         graphicRaycaster.Raycast(pointerEventData, results);
73
74         foreach (RaycastResult result in results)
75         {
76             SceneButton sceneButton = result.gameObject.GetComponent<SceneButton>();
77             if (sceneButton != null)
78             {
79                 detectedButton = sceneButton;
80                 detectedPosition = result.gameObject.transform.position;
81
82                 Canvas parentCanvas = result.gameObject.GetComponentInParent<Canvas>();
83                 if (parentCanvas != null && parentCanvas.renderMode == RenderMode.ScreenSpaceOverlay)
84                 {
85                     Vector3 screenPos = RectTransformUtility.WorldToScreenPoint(null, result.gameObject.transform.position);
86                     detectedPosition = mainCamera.ScreenToWorldPoint(new Vector3(screenPos.x, screenPos.y, 2f));
87                 }
88             }
89         }
90     }
91 }

```

Fig. 31: Codi que et permet escollir la reconstrucció (elaboració pròpia)

```

Assets > Scripts > FadeOutcuts > ...
5 public class CameraTransition : MonoBehaviour
6 {
7     4 references
8     public GameObject introCamera;
9     4 references
10    public GameObject xrOrigin;
11    5 references
12    public Image fadePanel; // Un panel UI amb una imatge negra per al fade
13    2 references
14    public float fadeDuration = 1.5f;
15
16    0 references
17    void Start()
18    {
19        // Desactiva la càmera VR i activa la càmera d'intro
20        if (xrOrigin != null)
21        {
22            xrOrigin.SetActive(false);
23        }
24
25        if (introCamera != null)
26        {
27            introCamera.SetActive(true);
28        }
29
30        // Inicia la corrutina per a la transició
31        StartCoroutine(StartTransition());
32    }
33
34    1 reference
35    private IEnumerator StartTransition()
36    {
37    }
38 }

```

Fig. 32: Codi que posa la imatge de la pantalla negra abans d'un canvi (elaboració pròpia)

Aquest projecte consta d'un menú principal on amb la mirada es pot triar a quina de les quatre reconstruccions es vol anar. Després d'apuntar amb la mirada es pot veure que el botó es posa blanc i tot seguit la pantalla negra. En aquest moment, et teletransportes a la reconstrucció escollida. Primer de tot es veu una imatge estàtica que ensenya com està actualment l'habitable de la reconstrucció, seguidament es posa de color negra i es veu la

reconstrucció amb 3D i girant sobre si mateix es pot veure en 360 graus. Quan ja s'ha pogut veure tota la recreació amb un botó específic del comandament, es té la possibilitat de poder tornar al menú principal per visitar les reconstruccions que no s'han pogut veure.

Perquè les persones que vulguin realitzar l'experiència els sigui més pràctic, s'ha creat un plafó informatiu que explica tots els passos a seguir per gaudir de la recreació, que mostrem tot seguit



Fig. 33: Fulletó informatiu de com utilitzar les ulleres (elaboració pròpia)

Per les persones que els hi pot marejar les ulleres s'ha creat aquest vídeo en el qual es mostra l'experiència virtual al complet perquè tothom pugui veure quin ha sigut el resultat final.

Aquest vídeo es pot visualitzar escanejant el següent codi QR.



Fig. 34: QR enllaçat al vídeo demostratiu de l'experiència (elaboració pròpia)

7. Promoció del treball

7.1 Presentació del treball davant del poble

El passat 19 de setembre de 2025, es va fer la presentació d'aquest treball davant del poble d'Esponellà. Prèviament, per fer-ne difusió, es va compartir el cartell que està a continuació pel grup de WhatsApp de veïns del poble, el grup de professors de l'institut, posteriorment, també es va penjar als diferents comerços d'Esponellà i finalment, se'n va fer difusió per les xarxes social de l'ajuntament del poble.



Fig. 35: Cartell de la presentació al poble (elaboració pròpia)

Aquest acte va consistir en 3 parts. La primera la va iniciar l'alcalde del poble, en David Joan Garganta, que va fer una breu presentació de l'acte i va explicar quina importància té el castell al poble. Seguidament per acabar aquesta primera part, va agafar el torn de paraula l'arqueòleg del monument, en Jordi Merino Serra, qui va explicar, amb una presentació molt interessant, totes les reconstruccions mal fetes a la història fins arribar a

les actuals, les quals no danyen tant els monuments i són més acotades a la realitat d'aquell temps, per tant, no són tan inventades.

A la segona part, vaig agafar el torn de paraula per explicar tot el treball. Vaig començar explicant amb imatges del castell actuals, totes les millores del castell i les quatre estances que estan incloses en l'experiència que he creat. Seguidament, vaig fer un resum de com va començar aquest treball i la idea inicial, a més d'explicar els primers passos que vaig seguir fins a arribar a l'inici de la construcció dels espais. En aquest moment vaig començar a ensenyar diferents figures de les diferents versions, des de les primeres on només es podien veure alguns objectes de l'interior fins a arribar al texturitzat final. Seguidament, vaig fer una petita demostració amb l'ajuda d'una persona del públic, en la qual tothom va poder veure a través del projector com es veia el joc en directe.



Fig. 36: Presentació al poble del treball (elaboració pròpia)



Fig. 37: Mostra del joc en directe a la presentació al poble (elaboració pròpia)

En l'última part, després d'haver ensenyat el joc, tothom qui va voler va poder provar les ulleres i va poder viure l'experiència d'una manera més immersiva. Per acabar, es va oferir un pisco labis per acabar la vetlla de bona manera.



Fig. 38: Veïns del poble provant l'experiència virtual (elaboració pròpia)

Aquesta presentació va ser un complet èxit, omplint l'ajuntament de gom a gom, amb unes cinquanta persones, havent-hi representació de l'institut, veïns del poble i l'Ajuntament d'Esponellà i d'altres municipis del Pla de l'Estany.



Fig. 39: Públic a la presentació (elaboració pròpia)

7.2 Entrevista a ràdio Banyoles

El passat 23 de setembre de 2025 es va fer una entrevista a ràdio Banyoles on es va explicar l'origen del treball i tots els detalls que formen part d'aquest treball de recerca. L'entrevista va durar uns 15 minuts, aquesta serà emesa per ràdio Banyoles, ja que va ser una gravació i no en directe.

A part de ser emesa també s'ha penjat un article a la pàgina web de ràdio Banyoles on hi ha un resum de l'entrevista i on, a més es poden sentir alguns àudios de la gravació de l'entrevista.

Aquest article es pot trobar escanejant el següent QR

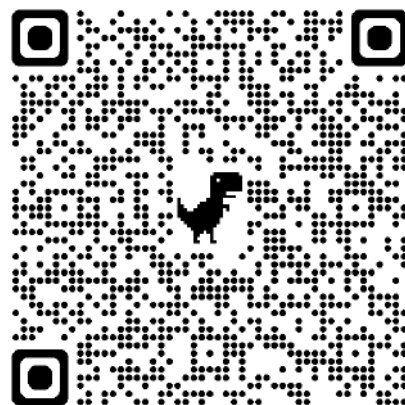


Fig. 40: QR enllaçat a l'article de ràdio Banyoles

Fets com aquest han donat una promoció per tota la comarca i ha fet que el treball abans d'entregar-se ja tingui un pes important.



Fig. 41: Entrevista a ràdio Banyoles del treball (elaboració pròpia)

7.3. Notícia a Banyoles Televisió de la festa d'Esponellà on apareix la presentació

El passat 23 de setembre del 2025, es va publicar una notícia titulada “Esponellà celebra una Festa Major de "km.0"”. La notícia és un resum de la passada festa major d'Esponellà. Aquesta va tenir lloc els dies 19, 20 i 21 de setembre, en la qual es va incloure la presentació d'aquest treball de recerca. L'acte de presentació del treball va inaugurar la festa el divendres, trencant el que era el format habitual fins ara.

Aquesta notícia es pot trobar a la pàgina web de Banyoles televisió o escanejant el següent codi QR

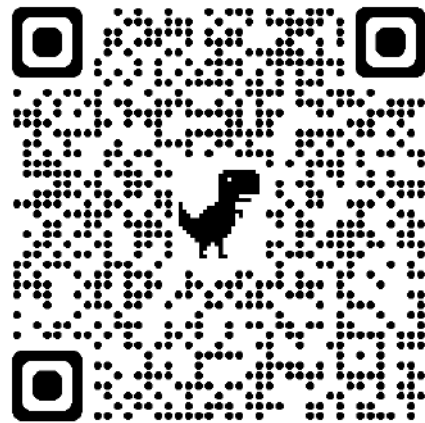


Fig. 42: QR enllaçat a la notícia de Banyoles televisió (elaboració pròpia)

7.4 Article al diari El Punt Avui

El treball també ha rebut difusió a través dels mitjans de comunicació escrits. Concretament, el 20 d'octubre de 2025 es va publicar un article al diari El Punt Avui, dins la secció La Crònica, sota el títol “De l'aula a la societat”, signat pel periodista Pere Bosch i Cuenca. En aquest article s'hi destaca la recreació en 3D del castell d'Esponellà com a resultat del treball de recerca



De l'aula a la societat

El treball de recerca d'un alumne de l'IES Pere Alsius de Banyoles que recrea el castell d'Esponellà en 3D es cedeix a l'Ajuntament del poble

Fa anys que el poble d'Esponellà s'ha fixat com a objectiu recuperar el seu castell. Segles enrere, aquesta imponent fortificació que dominava la vila i el pas del riu Fluvià des de la banda de ponent, era una ombra del seu passat. Les estances s'havien ensorrat i moltes pedres s'havien reutilitzat en altres edificis, inclosa la casa del baró. La fortificació va acabar oblidada, engolida per la natura; i fins i tot es feia difícil distingir-la en l'horitzó.

La recuperació va començar a finals dels anys noranta, quan un grup de veïns i veïnes, de forma altruïsta, van començar a desbrossar l'espai i a consolidar algunes estructures. Gairebé de forma simultània, es van fer diversos camps de treball. Però no va ser fins el 2014 quan el Servei de Monuments de la Diputació de Girona va redactar el projecte de restauració del castell i quan van començar els treballs d'excavació i recuperació, promoguts i organitzats per l'Ajuntament. El canvi, des d'aleshores, ha estat espectacular; i han permès posar en valor una fortificació que des del segle XI acumula un munt d'històries i llegendes, com la del canonge Pere Piferrer, mort el 15 de novembre del 1647 després de rebre "dos o tres escopetades que li tiraren lo dia de tots sants dins de la capella de nostra senyora desheransa", tal



Un moment de la presentació que va fer-se a la Casa de la Vila ■ AJUNTAMENT D'ESPONELLÀ

com apareix anotat en el llibre d'òbits. Un successor del malaurat canonge va deixar escrit que "com a càstig d'aquest sacrilegi, mai més no hi foren celebrats els oficis divinals en dita capella"; i, molt probablement, també va representar l'inici del procés d'abandonament de tot el castell.

En tot cas, el procés de recuperació va aconseguir una nova fita el 19 de setembre passat, durant la festa Major d'Esponellà, quan la sala de plens de l'Ajuntament va acollir la presentació d'una reproducció en 3D que va fer un alumne de l'IES Pere Alsius de Banyoles i veí d'Esponellà, en Jan Pujolar. Tot sovint, els treballs de recerca

que es fan als instituts queden oblidats en algun calaix; i és una veritable llàstima, perquè de vegades es tracta d'estudis valuosos en els que s'apunten les habilitats de l'autor. Aquest és el cas d'en Jan Pujolar, que es va fixar com a objectiu "donar un nou valor al castell dins la memòria col·lectiva del poble", tal com argumenta en el treball. Per fer-ho, va comptar amb la complicitat de l'Ajuntament, a qui va presentar el projecte i li va finançar les ulleres en 3D. També, de l'arqueòleg del castell Jordi Merino, que va proporcionar-li dades sobre el coneixement del castell i va supervisar el resultat. I, finalment, de l'empresa Vir-tus Magic, que va assessorar-lo per emprendre la tasca de crear una reproducció en 3D. Durant mesos, Pujolar s'ha dedicat a recrear quatre estances del castell: la torre, el trull d'oli, la capella i la barbacana. Primera ment, es va dedicar a explorar el terreny per recollir les mides exactes de les diferents estances. Més endavant, va recollir totes les dades històriques disponibles i finalment va reconstruir-lo en 3D. El treball, tutoritzat per la professora Dolors Roca, ha estat avaluat per l'Institut; i, en pocs dies, es cedirà a l'Ajuntament, on estarà a disposició de qui ho vulgui, que podrà endinsar-se en algunes estances del castell, talment com si viatgés en el temps. ■

Fig. 43: Imatge de l'article al diari (Elaboració pròpia)

7.5 Visita guiada a la trobada de Martirians de Banyoles

El passat 22 de novembre del 2025 es va fer la primera visita guiada en el mateix castell amb les ulleres 3D, en la qual primer es va fer una breu explicació de la història del Castell i del poble d'Esponellà, seguidament una breu explicació de les diferents estances que es poden trobar en el castell i finalment van poder provar aquesta experiència creada per aquest treball per finalitzar la visita. A continuació es poden veure unes imatges d'aquesta trobada.



Fig. 44: Foto de grup a dalt de la torre (elaboració pròpia)



Fig. 45: Explicació al trull d'oli a la trobada (Elaboració pròpia)



Fig. 46: Prova de les ulleres al final de la visita (elaboració pròpia)

8. Resultats

Després de realitzar aquest treball s'ha aconseguit crear una experiència amb ulleres 3D de quatre espais del castell d'Esponellà: la torre, la capella, el trull d'oli i la barbacana. Per fer-ho, s'ha recollit i estudiat la informació històrica disponible i s'han mantingut converses amb l'arqueòleg responsable del castell, el Sr. Jordi Merino, que ha ajudat a millorar l'experiència fent que les imatges fossin tan fidels com sigui possible a la realitat.

Amb l'ús de dos programes informàtics, el Blender i el Unity, s'han reconstruït cadascun dels 4 espais, aplicant textures i detalls per aproximar-se al màxim a l'aspecte que haurien tingut en època medieval. El resultat final s'ha integrat en unes ulleres de realitat virtual 3D, finançades per l'ajuntament, que permeten al visitant endinsar-se dins del castell i observar els espais reconstruïts en primera persona.

Aquestes ulleres quedaran dipositades a l'Ajuntament d'Esponellà, de manera que tant els habitants com els visitants del poble podran gaudir d'aquesta experiència.

9. Conclusions

Durant el desenvolupament d'aquest treball s'ha pogut comprovar com la tecnologia pot esdevenir una eina molt útil per entendre i explicar el passat. La recreació del castell d'Esponellà no només ha servit per aprendre més sobre la seva història, sinó també per donar-li un nou valor dins la memòria col·lectiva del poble. Malgrat que es conserven poques restes i la informació escrita és limitada, el projecte ha permès reunir el que se sap i transformar-ho en una experiència visual que ajuda a imaginar com era aquest espai en la seva època.

Un dels resultats més importants ha estat veure com el treball pot tenir una continuïtat i utilitat reals. Les ulleres de realitat virtual quedaran dipositades a l'Ajuntament, aquest fet farà possible que tant els veïns com les persones que visitin Esponellà puguin conèixer millor el seu patrimoni d'una manera immersiva i didàctica.

Aquest treball ha aconseguit assolir els objectius inicials: ha servit per recuperar i divulgar la història del castell d'Esponellà, ja que s'ha pogut fer l'experiència virtual amb les ulleres finançades per l'ajuntament i s'ha pogut conèixer molt millor la història del castell. També s'ha pogut conèixer els programes i que és la realitat virtual, ja que per fer l'experiència hi ha hagut un treball previ. S'ha organitzat una presentació al poble per fer difusió d'aquest treball, a més que alguns veïns del poble ja han pogut provar l'experiència. A més ràdio Banyoles i Banyoles televisió han fet una notícia de la presentació i del mateix treball, que ha donat molta més difusió. Sobretot, ha demostrat que la tecnologia pot ser una aliada poderosa a l'hora de donar vida al passat i compartir-lo amb les generacions futures.

A nivell personal, aquest projecte ha estat molt enriquidor. He après conceptes d'història que no sabia i he descobert com treballen els arqueòlegs. També he adquirit noves competències tècniques en el camp del modelatge 3D i el desenvolupament d'aplicacions de realitat virtual, que m'han permès entendre de primera mà tot el procés que hi ha darrere d'una experiència d'aquest tipus. Igualment, he après la importància del treball en equip i de la col·laboració amb professionals de diferents àmbits, sense els quals el resultat final no hauria estat possible.

Tot i això, el treball també ha tingut els seus límits. En alguns casos, la manca de dades arqueològiques han obligat a fer hipòtesis o aproximacions a partir de comparatives amb altres edificis similars. Això fa que les reconstruccions siguin tan rigoroses com sigui

possible amb la informació actual, però alhora deixen espai perquè futures investigacions les completin o corregeixin.

Mirant endavant, hi ha moltes vies per continuar millorant aquest projecte. Es podrien afegir més espais del castell, incorporar elements interactius dins de l'experiència virtual o actualitzar el contingut amb noves troballes arqueològiques. També seria interessant aplicar aquest mateix enfocament a altres monuments de la zona, creant un recorregut virtual que ajudi a entendre millor el patrimoni històric de la comarca. D'aquests espais ja se'n poden trobar d'altres en el municipi, com pot ser la vil·la romana de Vilauba.

Bibliografia

Llibres

- Tresserres, Jaume (2024) Esponellà terra de barons, Esponellà
- Font, Marc (2020) Descobriments darrere les muralles del castell d'Esponellà
- Català i Roca, P. (1992) Els castells catalans, volum III, Barcelona, Ed. Rafel Dalmau
- AA. DD. (2000) Història del Pla de l'Estany, Diputació de Girona, Girona.

Documents buscats a internet

- Munilla, Glòria. «La realitat virtual com a eina de difusió del patrimoni». *Digithum*, 2001, núm. 3, <https://raco.cat/index.php/Digithum/article/view/373118>.
- Martínez, FJ Pérez. "Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual." *Creatividad y sociedad* 16 (2011): 1-39.
- García, Alberto Luis García. "Realidad virtual." *Memoria de doctorado* (2000).
- Serra, Jordi Merino. "El castell d'Esponellà (Esponellà, Pla de l'Estany):: intervencions al bienni 2022-2023." *Jornades d'Arqueologia de les Comarques de Girona:(17es: 2024: Blanes, Catalunya)*. Museo de Arqueología de Cataluña= Museu d'Arqueologia de Catalunya, 2024.
- Crispí i Canton, Marta. "Art i devoció mariana al Pla de l'Estany a la baixa edat mitjana." *Art gòtic dels segles XIII i XIV al Pla de l'Estany*. Centre d' Estudis Comarcals de Banyoles, 2008.
- Bondarenko, Volodymyr, et al. "A universal method for performance assessment of Meta Quest XR devices." *2024 IEEE Gaming, Entertainment, and Media Conference (GEM)*. IEEE, 2024.

- Soni, Lav, Amanpreet Kaur, and Avinash Sharma. "A review on different versions and interfaces of blender software." *2023 7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*. IEEE, 2023.
- Hess, Roland. *The essential Blender: guide to 3D creation with the open source suite Blender*. No Starch Press, 2007.
- Wang, Sa, et al. "A new method of virtual reality based on Unity3D." *2010 18th international conference on Geoinformatics*. IEEE, 2010.
- Lavieri, Edward. *Getting Started with Unity 2018: A Beginner's Guide to 2D and 3D game development with Unity*. Packt Publishing Ltd, 2018.
- Linowes, Jonathan. *Unity virtual reality projects*. Packt Publishing Ltd, 2015.
- Gómez Robles, Lucía, and Victoria Quirosa García. "Nuevas tecnologías para difundir el Patrimonio Cultural: las reconstrucciones virtuales en España." (2009).
- Ortiz-Zamora, Francisco J., et al. "Realidad aumentada aplicada a la recuperación del patrimonio histórico." *DYNA-Ingeniería e Industria* 98.1 (2023).
- Bermúdez Martínez, M^a. "Reconstrucción en Realidad Virtual del Penal de Valdenoceda." (2024).
- Lemus Grandes, Mauro Vinicio. "Restauración virtual de la iglesia Matriz de la ciudad de Ambato 1919–1949, aplicaciones digitales a la conservación del patrimonio arquitectónico." (2022).
- Sarabia Rogina, Pedro Miguel, and Óscar Jesús Cosido Cobos. "El incendio de Santander (1941): aplicación de la realidad virtual inmersiva para la recuperación del patrimonio desaparecido." (2017).
- Ledesma, Fabio Alberto. "Preservación del Patrimonio Cultural Inmaterial por medio de Realidad Virtual. Caso: Reconstrucción virtual del escenario de la Batalla de Apóstoles, Apóstoles Misiones."

Tutorials de YouTube

- Aura Prods. (2023, 25 de febrer). *LA GUÍA DEFINITIVA DE BLENDER 4.0! (Tutorial completo en Español) | Desde cero!* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=O-tV7uBf5LI>
- Girogio 3D. (2023, 25 de febrer). *¿Cómo hacer escaleras de caracol en Blender?* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=xnOhdR6UEUsç>
- Eme Blender. (2023, 25 de febrer). *BLENDER ADDON / TEXTURAS BLENDER* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=oTDZXw4Oimc>
- Kotsiras, A. (2023, 25 de febrer). *Cómo hacer un juego de VR en UNITY en 2023 | Setup Meta Quest* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=dbqKIEz6aOE>
- Kotsiras, A. (2023, 25 de febrer). *Cómo crear un juego de VR en UNITY | Setup Oculus Quest 2* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ggZygrjAjok>