

TFG

CUERPOS INGRÁVIDOS

ESCULTURA DIGITAL Y EXPLORACIÓN BIOMÓRFICA EN REALIDAD AUMENTADA.

Presentado por Manel Pascual Bafaluy

Tutor: Francisco Giner Martínez

Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Grado en Bellas Artes

Curso 2019-2020



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo es explorar las posibilidades formales y semánticas que arrojan las nuevas técnicas de escultura digital. Las obras resultantes de esta investigación podrán ser visualizadas a través de una aplicación de realidad aumentada de creación propia.

Mediante el uso de estos nuevos medios aspiro a crear obras que transgredan la actual diferenciación entre el mundo virtual y el mundo físico, generando relaciones sinérgicas e interdependientes entre ambos.

Formalmente busco ahondar en volúmenes de inspiración orgánica y apariencia ingrávida, con la intención de enfatizar las propiedades evocadoras del lenguaje abstracto. Con este propósito tomo como referencia las especulaciones orgánicas de la escultura abstracta del s.XX, y sus aspiraciones vitalistas.

PALABRAS CLAVE: Escultura abstracta, 3d, realidad aumentada, arte digital, biomorfismo.

ABSTRACT

The main propose of this project is to explore the semantic and volumetric possibilities emerging from the new digital sculpture techniques. Resulting pieces of this investigation are going to be visible through an application of augmented reality programmed by myself.

Through the use of this new media practices I aim to create pieces of art that exceed the current opposition between digital and physical worlds, generating synergic and interdependent connections among this two.

According to the style, I am looking for organic and weightless shapes that accentuate the evocative properties of abstract art. In order to represent it I will base my references on the biomorphic sculpture movements from 20th century, and their vitalist aspirations.

KEY WORDS: Abstract sculpture, 3d, augmented reality, digital art, biomorphism

RESUM

El principal objectiu d'aquest treball es explorar les possibilitats formals i semàntiques que sorgeixen de les noves tècniques d'escultura digital. Les obres resultants d'aquesta investigació podran ser visualitzades a través d'una aplicació de realitat augmentada de creació pròpia.

Mitjançant l'ús d'aquets nous medis pretenc crear obres que transgredeixin l'actual diferenciació entre el mon virtual y el mon físic, generant relacions sinèrgiques i interdependents entre aquets dos.

Formalment busco aprofundir en les formes orgàniques i ingràvides, emfatitzant les propietats evocadores del llenguatge abstracte. Amb aquesta finalitat prendré com a referencia les especulacions orgàniques de l'escultura abstracte del s.XX, i les seves aspiracions vitalistes.

PARAULES CLAU: Escultura abstracta, 3d, realitat augmentada, art digital, biomorfisme.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA | 6 |
| 2.1. OBJETIVOS | 6 |
| 2.2. METODOLOGÍA | 6 |
| 3. CUERPO DE LA MEMORIA: CONTEXTO ARTÍSTICO DE LA OBRA | 8 |
| 3.1. LA BÚSQUEDA DE FORMAS REPLETAS DE VIDA | 8 |
| 3.2. MODELAR LO VIRTUAL, MODELAR LO INTANGIBLE | 10 |
| 3.2.1. Herramientas de modelado digital | 10 |
| 3.2.2. Vitalismo en el medio digital | 11 |
| 3.3. CONSIDERACIONES TECNOLÓGICAS | 12 |
| 3.3.1. ¿Qué es la realidad aumentada? | 12 |
| 3.3.2. ¿Por qué usar RA a través de las aplicaciones móviles? | 13 |
| 3.3.3. ¿Por qué usamos RA mediante marcador? | 13 |
| 4. REFERENTES | 14 |
| YOUCHIRO KAWAGUCHI | 14 |
| NERI OXMAN | 14 |
| MARCOS NOVAK | 15 |
| NANCY BACKER CAHILL | 15 |
| ADRIEN M & CLAIRE B | 15 |
| LUIS GORDILLO | 16 |
| FELIPE PANTONE | 17 |
| 5. DESARROLLO DE LA OBRA | 17 |
| 5.1. FASE 0, PRUEBAS GENERALES | 17 |
| 5.2. MODELADO DE ESCULTURAS 3D | 18 |
| 5.2.1. Sobre mis primeros pasos en Blender | 18 |
| 5.2.2. Revisión de los resultados obtenidos en Blender | 19 |
| 5.2.3. Introducción al modelado en realidad virtual | 21 |
| 5.2.4. Oculus Medium: análisis de las primeras impresiones y reflexiones encontradas | 22 |
| 5.2.5. Oculus Medium: metodología de trabajo | 22 |
| 5.3. DISEÑO Y PRODUCCIÓN DE TARGETS | 24 |
| 5.3.1. Diseño de los primeros prototipos | 24 |
| 5.3.2. Diseño de los prototipos finales | 24 |
| 5.3.3. Producción de los prototipos finales | 27 |
| 5.3.4. Resultados obtenidos | 28 |
| 5.4. CREACIÓN DE LA APP CUERPOS INGRÁVIDOS | 29 |
| 5.4.1. Elección de las herramientas empleadas | 29 |
| 5.4.2. Sobre el proceso de creación en Unity y Vuforia | 29 |
| 5.4.3. Publicación de la App Cuerpos Ingrávidos | 32 |
| 5.5. DISEÑO DE LA PÁGINA WEB | 32 |
| 5.5.1 Proceso de creación y herramientas empleadas | 32 |
| 6. CONCLUSIONES | 33 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 35 |
| 8. ÍNDICE DE IMÁGENES | 37 |

1. INTRODUCCIÓN

En esta memoria se presenta el trabajo de final de grado “*Cuerpos Ingrávidos, escultura digital y exploración biomórfica en realidad aumentada*” de la Facultat de Belles Arts San Carles de la Universitat Politècnica de València.

El propósito de este trabajo es conceptualizar y desarrollar una producción artística que sirva para conjugar y materializar los diferentes conocimientos e inquietudes que hemos ido adquiriendo a lo largo de la carrera.

Como veremos más adelante, la base sobre la que se asienta este trabajo bebe de las nociones escultóricas heredadas de la talla directa, adquiridas con los profesores Vicente Ortí y Ricardo Bochons en la asignatura *Taller de escultura II*. A su vez, éstas se verán combinadas con las técnicas de experimentación controlada y la inquietud por explorar nuevos materiales que obtuvimos en la asignatura de *Taller interdisciplinar de materiales* con las profesoras Sara Vilar y Pilar Crespo. Junto con estos procedimientos, integraremos el entendimiento crítico de los medios digitales y su asimilación como valor cultural contemporáneo, conocimientos adquiridos en las asignaturas *Crítica y teoría de los medios* con la profesora Marina Pastor y en *Video Experimental y Motion graphics* con la profesora Dolores Furió.

Partiendo de la integración y mezcla del bagaje artístico que se ha mencionado previamente, nos iniciaremos en el desarrollo de un lenguaje escultórico-digital que explore la capacidad expresiva de los volúmenes abstractos en los medios digitales.

Con el ánimo de lograr este objetivo, experimentaremos con diversos softwares y herramientas de creación digital, en búsqueda de las metodologías y significaciones que se adecuen a nuestro objetivo.

En paralelo a esta exploración de lenguajes tridimensionales, nos valdremos de las formulaciones pictóricas desarrolladas en el *Taller de Pintura y pensamiento contemporáneo* con el profesor Joan Peiró, para elaborar una serie de obras plásticas capaces representar las esculturas en el espacio físico.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es producir una serie de piezas artísticas que exploren las posibilidades expresivas del modelado digital.

Junto con la producción de dichas piezas investigaremos el uso de los marcadores¹ de realidad aumentada como parte de la propia obra y la implementación de esta tecnología como método para lograr que las esculturas digitales se manifiesten con aparente volumen en nuestras inmediaciones espaciales.

Los objetivos específicos en los que se subestructura esta tarea son:

- Exponer en esta memoria el origen de mi interés por utilizar los medios digitales como un lugar idóneo para la creación escultórica.
- Buscar referentes conceptuales y técnicos.
- Iniciarme en el modelado digital con herramientas de creación 3D.
- Buscar un lenguaje propio que incida en las particularidades de los medios digitales.
- Aprender a programar y publicar una App de realidad aumentada.
- Plantear la utilización del *target* como objeto artístico capaz de manifestar y contener las piezas digitales en nuestro entorno físico.
- Crear un sitio web capaz de facilitar el acceso a los resultados obtenidos.

2.2. METODOLOGÍA

En este trabajo hemos querido usar la inquietud por lo desconocido como motor para la creación artística.

Para ello hemos partido de la exploración de las herramientas de modelado digital en busca de una serie de formas volumétricas, que fueran propiamente características de este medio. La búsqueda de dichas formas ha estado basada en la traslación y adaptación a las plataformas digitales de la *escucha del material*, que utilizaban los *artistas vitalistas*. Este método de creación que se explicará y contextualizará en la primera parte del trabajo se basa en entender el medio como un lugar que emana significaciones que esperan ser desveladas de manera progresiva mediante el uso de la intuición.

¹ De ahora en adelante los denominaremos *target*, y serán definidos en el apartado **3.3.3**

Además de habernos valido de esta metodología de carácter inductivo y heurístico para la elaboración de las esculturas, hemos establecido una relación rizomática² entre las múltiples ramas de trabajo de este proyecto, alterando y adaptando las jerarquías de producción según las necesidades experimentales del proyecto.

En el siguiente cronograma se expone las diferentes tareas en las que se ha subdividido este trabajo y como las hemos ido abordado a lo largo del tiempo del que disponíamos.

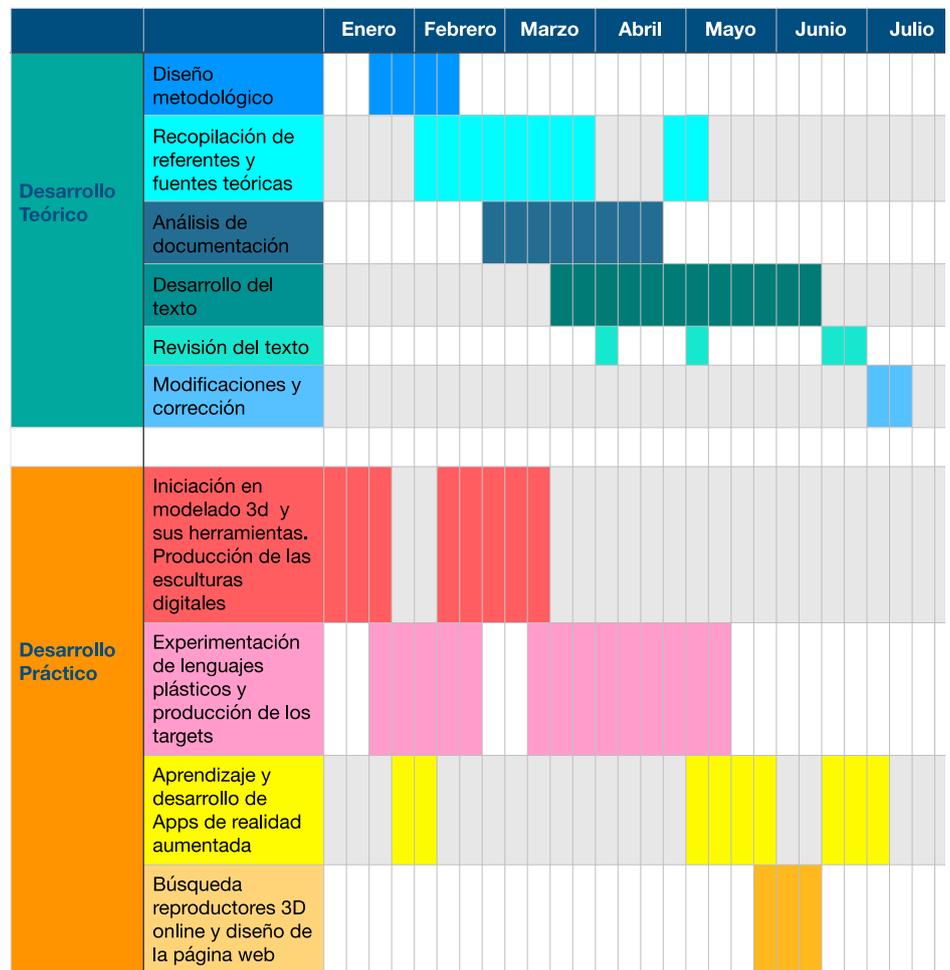


Fig.1. Cronograma donde cada columna representa una semana de trabajo. (2020)

² La acepción del término a la que nos referimos tiene que ver con proceder de manera orgánica, “teniendo múltiples entradas al mismo tiempo” y “siendo susceptibles a recibir constantemente modificaciones” (DELEUZE, G. and GUATTARI, F. 1997).

3. CUERPO DE LA MEMORIA: CONTEXTO ARTÍSTICO DE LA OBRA

En el apartado **3.1 La búsqueda de formas repletas de vida**, expondremos algunas de las nociones escultóricas fundamentales del siglo XX que han servido como base contextual para la concepción de este proyecto.

En la segunda parte del marco teórico, **3.2 Modelar lo virtual, modelar lo intangible**, describiremos qué son las herramientas de modelado digital y expondremos porque nos parecen un medio interesante para tratar de implementar algunas de las nociones previamente vistas.

Por último, en el apartado **3.3 Consideraciones tecnológicas**, explicaremos que es la realidad aumentada, y porque hemos elegido dichas herramientas para llevar a cabo este proyecto.

3.1. LA BÚSQUEDA DE FORMAS REPLETAS DE VIDA

Para entender los términos en los que vamos a desarrollar este trabajo, es necesario previamente contextualizar algunas de las nociones que fundamentaron la escultura moderna del s. XX.

La escultura, viéndose inmersa en los cambios que trajeron las vanguardias históricas, fue abandonado paulatinamente el uso de referentes naturales del academicismo para dar lugar a una nueva forma de comprender el espacio. Su renovado propósito hizo que se volviera cada vez más autorreferencial, examinando sus elementos constitutivos – espacio, masa, vacío o materia- hasta llegarlos a abordar propiamente como sujeto de exploración.

Uno de los agentes que promulgó este cambio de paradigma fue Constantin Brancusi, quien inspirándose en el arte primitivo abogó por la técnica de la talla directa³, comprendiendo los materiales como un medio capaz de emanar significaciones en si mismos.

³ La talla directa es un método escultórico que se basa en aproximarse al medio (material o piedra normalmente) sin una voluntad preestablecida. A partir de una relación sensible con el material y el ir tallando intuitivamente, el escultor, progresivamente será capaz de encontrar su verdadera forma.

Bajo la influencia de los hechos que acabamos de mencionar, alrededor de 1930 se consolida la corriente escultórica que Herbert Read ha denominado vitalismo⁴.

Este término procede de las siguientes declaraciones de Henry Moore:

Vitalidad y poder de expresión. Para mí una obra debe tener primero una vitalidad propia. (...) Lo que quiero decir es que una obra ha de tener una intriga interior, una vida propia e intensa, independientemente del objeto que pueda representar. Cuando una obra tiene esa vitalidad poderosa no relacionamos con ella el término belleza. La belleza, en el sentido griego tardío o renacentista, no es la finalidad de mi escultura. Entre la belleza de la expresión y el poder de la expresión existe una diferencia funcional. La primera tiene por finalidad agradar a los sentidos; la segunda tiene una vitalidad espiritual que a mi juicio conmueve más y más profundamente que lo que llega a los sentidos.

(Moore, 1957)⁵

El vitalismo pese a estar inscrito dentro de la abstracción biomórfica⁶, se diferencia de este término por tener un matiz numinoso.

Los escultores del vitalismo⁷ piensan que la obra artística tiene como meta alcanzar la expresión de la vida. Sin embargo, esto no significa que la obra sea solamente el reflejo de la naturaleza o su movimiento, sino que representa, o debería representar, la energía interior que ha creado la obra, mientras ésta, a su vez, representa la vitalidad de su creador.

Otro rasgo que caracteriza el vitalismo es el respeto por los materiales y su escucha activa. El propio Brancusi dijo “mientras uno talla descubre el espíritu del material y las propiedades que le son peculiares. La mano piensa y sigue los pensamientos del material”.⁸

Para la elaboración de nuestras esculturas digitales, nos ha parecido interesante la premisa de explorar la contradicción que supone trabajar con las herramientas de modelado digital como hacían estos artistas con los materiales, valiéndonos de nuestra intuición, para ir *encontrando* aquellas formas expresivas que consideramos como *propias* del medio.

⁴ READ, H. *La escultura moderna*. Traducción: Antoni Vicens. Ediciones Destino, S.A., 1994, p. 163

⁵ MOORE, H. y READ, H. *Henry Moore vol.1; Sculpture & Drawings*. 1957, Pag. 31

⁶ *Biomórfico/a* viene de la combinación de las palabras griegas '*bios*', que significa vida, y '*morphé*', que significa forma. El termino fue utilizado por primera vez por el poeta británico Geoffrey GRIG-SON y posteriormente por Alfred H. BARR en 1936 para describir las obras abstractas de la pintura y la escultura surrealistas, en particular en la obra de Joan MIRÓ y Jean ARP. Henry MOORE y Barbara HEPWORTH también produjeron algunas obras biomórficas en ese momento, y más tarde lo hizo Louise BOURGEOIS. (Traducción propia)

⁷ Pese a ser una corriente poco definida consideramos como escultores vitalistas a Barbara Hepworth, Jean ARP, Helen PHILIPS, Constantin BRANCUSI y Henry MOORE, entre otros.

⁸ READ, H. *La escultura moderna*. Traducción: Antoni Vicens. Ediciones Destino, S.A., 1994, p.192

3.2. MODELAR LO VIRTUAL, MODELAR LO INTANGIBLE

Seguidamente, en el punto **3.2.1 veremos que son las herramientas de modelado digital**, para seguir en el apartado **3.2.2 La escucha del medio** expondremos porque nos parece de interés la posibilidad de explorar los principios del vitalismo en el medio digital.

3.2.1. Herramientas de modelado digital

Antes de exponer porque nos hemos interesado por aprender y utilizar las herramientas de modelado digital para este trabajo, vamos a introducirnos en algunas de sus terminologías y en los aspectos clave de este medio.

En este trabajo nos hemos tomado la licencia de enunciar como Herramientas de modelado digital al conjunto de softwares de modelado 3D⁹ que tenemos a nuestra disposición (Zbrush, Cinema 4d, Blender y Oculus Medium).

Los softwares de modelado 3D o aplicaciones de modelado, son softwares especializados en usar cálculos computacionales para construir y modificar simulaciones de objetos tridimensionales o modelos 3D. Estos modelos representan un objeto tridimensional usando una colección de puntos en el espacio cartesiano, para conectar dichos puntos se utilizan diferentes entidades geométricas: líneas, triángulos, superficies curvas, etc.

Al ser estos modelos una colección de datos (puntos y otro tipo de información), pueden ser generados a mano, a través de algoritmos, o mediante técnicas de captura tridimensional.

En este trabajo nos centraremos exclusivamente en hacer uso del modelado manual.

Dentro del modelado manual existen tres formas comunes de generar un modelo. Mediante modelado poligonal, mediante modelado de curvas o mediante técnicas de esculpido digital. Para no extendernos demasiado en los aspectos técnicos, vamos a centrarnos en explicar solo el esculpido digital, ya que este ha sido -por su proximidad con nuestro bagaje plástico- el método elegido en este trabajo.

⁹ Cuando utilizamos el término 3D nos referimos a un espacio virtual que contiene 3 ejes de coordenadas X, Y, y Z.

Denominamos técnicas de esculpido digital al conjunto de procedimientos que mediante el uso de software específico, nos ofrecen herramientas para empujar, substraer, pellizcar, alisar, inflar -entre un largo etc.- partes de entidades tridimensionales virtuales como si se tratase de una sustancia física que pudiéramos modelar con nuestra manos.

Dentro del software de escultura digital existen diferentes tecnologías para representar y trabajar los volúmenes. Cada una de ellas ofrece ciertas ventajas e inconvenientes que serán analizados con más profundidad en el apartado práctico del trabajo **5.2 Modelado de las esculturas 3D**.

3.2.2. Vitalismo en el medio digital

El ciberespacio está colonizando lo que solíamos llamar el mundo real. Creo que nuestros nietos encontrarán como el dato más pintoresco e incomprensible, nuestra paradójica insistencia en diferenciar el mundo virtual del físico, pues ellos simplemente lo entenderán como 'el mundo'.

(William Gibson, 2010)¹⁰

Si los escultores vitalistas que hemos visto en la primera parte del trabajo partían del material como fuente de inspiración, y a partir de ahí generaban un dialogo continuo, donde inspeccionaban y cuestionaban la forma hasta lograr que ésta alcanzase su plenitud, nosotros aspiramos a hacer lo mismo con las herramientas de modelado digital. Las herramientas de modelado digital son un medio con características y limitaciones propias.

Aunque como medio tienden a ser utilizadas vehicularmente, en este trabajo aspiramos a escuchar sus particularidades, tratando de desvelar su espíritu y esencia a través de las formas, tal y como hacia Brancusi con el material.

A pesar de que entendemos que las herramientas de modelado digital y sus modos de representar el volumen son ilusorios¹¹ y bidimensionales, nos parece que paradójicamente este medio puede contener una perspectiva escultórica.

Los motivos que nos inducen a esta controvertida hipótesis se fundamentan en lo siguiente.

Primeramente, cabe destacar que la verosimilitud de la representación y su conseguida plasticidad, hacen que fácilmente nos olvidemos de su condición

¹⁰ WARD, M. 2010. William Gibson says the future is right here, right now. BBC news [en línea]. [Consulta: 18 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.bbc.com/news/technology-11502715>.

¹¹ Deudores de la perspectiva y el marco ventana del renacimiento,

virtual, permitiéndonos trabajar los volúmenes y sus condiciones expresivas como si fueran reales.

Aunque sean un cúmulo de datos, aparentemente intangibles e inmateriales, las herramientas de modelado digital nos dan un acceso mediado que sí tiene un componente táctil. Como veremos en el apartado práctico, nuestros *inputs* respecto a estos medios son físicos. A través de la tableta gráfica o de los mandos de control, ejercemos presión y movimiento que se reproduce con sensibilidad sobre el objeto escultórico. Aunque lamentablemente aún no existe la posibilidad de percibir con el tacto los volúmenes generados, nuestro ojo nos guía en esta labor, posibilitando una cierta traslación perceptiva.

El ojo se convierte en “la mano que piensa de Barbara Hepworth”¹², acariciando las superficies de la forma con la mirada. Recorriendo sus concavidades y creando una experiencia táctil inconsciente que transmite la sensación de estar ante un volumen.

3.3. CONSIDERACIONES TECNOLÓGICAS

Para que el espectador pueda contornear la escultura digital y ésta adquiera veracidad tridimensional, utilizaremos las tecnologías de realidad aumentada que se encuentran disponibles en nuestros smartphones.

3.3.1. ¿Qué es la realidad aumentada?

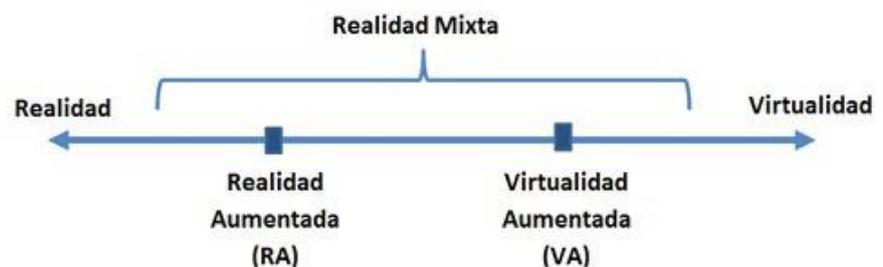


Fig.2. Continuo Realidad-Virtualidad (a partir de Milgram, Kishino, 1994)

Para tratar de comprender que es la realidad aumentada¹³ se resulta útil utilizar el diagrama de Milgram y Kishino. En uno de los extremos de este gráfico, encontramos la realidad -entendida como el entorno físico completamente real, sin ninguna intervención digital-. En el otro extremo, encontramos la realidad virtual, un entorno completamente digital. Entre ambos puntos se encuentra la Realidad Aumentada.

¹² READ, H. *La escultura moderna*. Traducción: Antoni Vicens. Ediciones Destino, S.A., 1994, p.194

¹³ Abreviada en el gráfico como RA, y citada así de ahora en adelante.

La definición que más se adecua a nuestra forma de entender la realidad aumentada, es la siguiente:

La RA no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario, complementándolo con información virtual superpuesta al real. El usuario nunca pierde el contacto con el mundo real que tiene al alcance de su vista y al mismo tiempo puede interactuar con la información virtual superpuesta” (Basogain et al. 2007, p.1)¹⁴

La decisión de traer los diseños virtuales al espacio real, utilizando esta herramienta, se basa precisamente en la idea desarrollada en la anterior cita. Al emplazar las esculturas digitales en nuestras inmediaciones físicas, estas se presentan cercanas, casi tangibles, venciendo los límites que separan la realidad de la ficción. Consiguiendo generar una conexión entre el espectador y la obra que dota a esta de un componente mágico y extraordinario.

3.3.2. ¿Por qué usar RA a través de las aplicaciones móviles?

En el momento histórico en el que vivimos, donde la gran mayoría de la población mundial dispone de smartphones en su bolsillo, la realidad aumentada se ha vuelto más accesible que nunca.

Con la simple descarga de una aplicación cualquier persona que disponga de un dispositivo móvil con unas mínimas especificaciones podrá presenciar la obra en cualquier lugar del mundo. Los dispositivos móviles, se convierten así en marco-ventana-móvil capaz de generar en tiempo real una ilusión óptica que se adapta a nuestro punto de vista.

La contradicción que supone que algo este ahí, que sea observable pero no totalmente accesible, dota a estas herramientas de un halo espectral. Este efecto, recuerda al componente numinoso y mágico de la escultura vitalista, y nos resulta de gran interés.

3.3.3. ¿Por qué usamos RA mediante marcador?

Si hemos elegido el uso de marcadores o targets es por su capacidad de *fiscalizar* las esculturas. Aunque las esculturas digitales no existan en nuestro entorno si no es a través de la mediación de la pantalla, su target nos recuerda

¹⁴ BASOGAIN, X., OLABE, M., ESPINOSA, K., ROUËCHE, C., & OLABE, J.C. (2007). *Realidad Aumentada en la Educación: Una tecnología emergente*. En Conferencia Internacional de la Educación y de la Formación basada en las Tecnologías (Ed.).

su existencia, y dispara en nuestra memoria el recuerdo de que “hay algo ahí” - más allá de nuestra capacidad de percepción- que espera ser descubierto.

Además, posicionar las esculturas en un lugar físico específico, hace que parezcan verosímiles respecto a su entorno, las dota de tamaño relativo y posición espacial.

4. REFERENTES

Los referentes que vamos a ver a continuación pueden ser clasificados en 3 grupos. Para empezar, veremos algunos artistas digitales que trabajan las formas biomórficas en el espacio cibernético. Seguidamente, señalemos algunos artistas que trabajan la realidad aumentada y nos han ayudado a concebir el uso de esta tecnología con propósitos artísticos. Por último, señalaremos algunos referentes de los que nos hemos valido para la elaboración de nuestro propio lenguaje visual en los targets.



Fig.3. Yoichiro Kawaguchi. Paradise Growth (2017). Gráficos hechos mediante ordenador en resolución 8K para el Ars Electronica Festival 2017, en Linz, Austria.

YOUCHIRO KAWAGUCHI

Kawaguchi ha estado trabajando en la creación de imágenes generadas computacionalmente desde 1975, y ha sido reconocido como un pionero y una autoridad mundial en este campo, por su capacidad de crear imágenes 3D basadas en algoritmos matemáticos que emulan la vida.

Mezclado su fascinación por la biología con un componente surrealista, siempre ha estado interesado por crear nuevos e inimaginables organismos artificiales. Su vibrante uso del color, inspirado en la flora y fauna subtropical me ha hecho prestar atención a la dimensión pictórica de las esculturas digitales y sus diferentes posibilidades cromáticas.

NERI OXMAN

Fundadora y directora del grupo de investigación Mediated Matter en el MIT Media Lab. En 2014, junto con este equipo, llevó a cabo el proyecto *Wanderers, An Astrobiological Exploration* [Errantes, una exploración astrobiológica]. En este trabajo utiliza algoritmos inspirados en los patrones de crecimiento de la naturaleza para crear diseños de moda especulativos. Vestimentas hechas de microorganismos, ideadas para acompañarnos a planetas hostiles y alejados de nuestro sistema solar, convirtiendo las condiciones de extrema adversidad en un lugar adecuado para la proliferación de vida.



Fig.4. Neri Oxman, Wanderers (2014). Animación 3D.

Las animaciones de este proyecto -donde se puede ver como utilizan softwares 3D para emular el desarrollo de diferentes formas de vida sintéticas- nos han hecho interesarnos por la contradicción de sentimientos que supone ver texturas cavernosas y viscerales en la pulcritud del medio digital.

MARCOS NOVAK



Fig.5. Marcos Novak. AlloBioExo (2001).

Marcos Novak es un arquitecto transdisciplinar que lleva explorando las posibilidades espaciales que brindan las nuevas tecnologías desde principios de los años ochenta. Durante su inusual trayectoria ha acuñado términos como “arquitectura líquida” o “transarquitectura” que conciben el ciberespacio como un lugar repleto de energía poética, a la vez que navegan entre los límites de lo real y lo virtual.

Su inquietud por encontrar formas inéditas, o generar arquitecturas vivas - integrando biología y organismos desarrollados por ordenador como en AlloBioExo- han sido una fuente de inspiración para este proyecto, tanto a nivel estético como conceptual.

NANCY BACKER CAHILL

Nancy Backer es una artista interdisciplinar, que trabaja tanto con técnicas de dibujo tradicional como con realidad virtual. Destaca por ser una gran divulgadora del arte en RA y haber creado en 2018 the 4th Wall, una aplicación que exhibe arte público en realidad aumentada.

Su trabajo nos interesa especialmente por como utiliza las contradicciones inherentes de los medios inmersivos - invisibilidad/visibilidad, realidad/virtualidad, encarnación/incorporeidad - como estímulo para la creación artística.

A su vez, ver como ha desarrollado su proyecto *4th wall* nos ha servido para comprender lo importante y necesario que es disponer de una página web que sea capaz de facilitar la descarga y mostrar los resultados de un proyecto de estas características.

ADRIEN M & CLAIRE B

La compañía que constituyen Claire Bardainne y Adrien Mondot lleva trabajando el campo del arte digital desde 2004. En sus exposiciones y



Fig.6. Nancy Baker. Margin of error (2019). Dibujo en realidad aumentada, geolocalizado en las coordenadas: 33°30'16.992"N, 115°54'59.075"O para el festival Desert X 2019.



Fig. 7. Adrien M & Claire B. *Mirages and Miracles* (2017). Exposición de arte en realidad aumentada para el centro cultural Les Subsistances, en Lyon, Francia.

performances tratan de romper la dicotomía entre realidad y virtualidad, construyendo ficciones mágicas sobre nuestros entornos palpables.

Conocer su trabajo *Mirages and Miracles* [Espejismos y milagros] nos han hecho interesarnos por el uso del target como objeto artístico capaz de integrar elementos digitales y físicos en un solo lenguaje común. Su interés por utilizar las nuevas tecnologías desde un punto de vista poético y animista también nos han servido de apoyo para contemplar la ideación de este proyecto.

LUIS GORDILLO

Luis Gordillo está considerado actualmente como uno de los mayores exponentes del arte abstracto español. Su obra -deudora del Informalismo en su tratamiento enérgico y visceral, e influenciada por el Pop art en el uso del color y el metacollage- se construye por capas, cartografiando las obsesiones e incertidumbres del artista en un laberíntico lenguaje pictórico.

Su manera de entender los cuadros como -organismos vivos, que crecen y se desarrollan, asumiendo cada vez más instintos- o su curiosidad por explorar lo desconocido -apoyándose tanto en el automatismo psíquico como en el uso del collage y los ordenadores-, nos ha sido muy útil para elaborar y diseñar el lenguaje plástico de nuestros targets.

Fig. 8. Luis Gordillo. *Corazón de Jesús en Vos confío* (1992).
Pieza 01: 242 x 348 cm.
Pieza 02: 74 x 100 cm.
Pieza 03: 65,5 x 54,5 cm.
Pieza 04: 74 x 100 cm.
Acrílico y papel, sobre lienzo y sobre tabla. Museo Reina Sofía.





Fig.9. Felipe Pantone, Optichromie 94 (2017). 80 x 80 cm. Pintura acrílica y espray sobre panel de aluminio.

FELIPE PANTONE

Felipe Pantone es un artista que combina nociones del arte cinético con su bagaje grafitero y muralista. En su trabajo se cruzan referencias visuales de los medios analógicos y digitales, generando una sensación de dinamismo cromático repleta de tintes nostálgicos a la par que futuristas.

Su capacidad para captar la esencia de los *nuevos modos de ver* en el mundo virtual, y su habilidad para tangibilizar estos lenguajes a través de sus obras de arte, nos ha servido de inspiración para concebir el uso de los códigos de representación en los softwares de creación 3D como un elemento clave para el diseño de los targets.

5. DESARROLLO DE LA OBRA

En este apartado veremos las diversas fases de la producción artística, desde su primera concepción hasta su resultado final. De todas las fases que describiremos solo el primer apartado **5.1 Fase 0, Pruebas generales** y el último **5.5 Diseño de la página web** han sido expresados en el orden cronológico que les corresponde. El resto **5.2, 5.3 y 5.4** han sido realizadas de forma simultánea entre sí, tal y como está indicado en cronograma del apartado **2.2 Metodología**.

5.1. FASE 0, PRUEBAS GENERALES

Entre noviembre de 2019 y enero 2020 tuvo lugar la fase previa a la concepción de este proyecto. Acababa de terminar mi estancia de cooperación *Meridies* en Guatemala y aunque en aquel momento no era capaz de prever si había una mínima posibilidad de que pudiera llevar a cabo este proyecto, sabía que disponía de 2 meses para formarme y dar mis primeros pasos en el mundo del modelado digital.

Empecé descargándome los diferentes softwares profesionales de la industria y testeando de forma autodidacta que era capaz de hacer con ellos. Esta primera fase fue sin duda la más ardua porque, pese a la motivación inicial por aprender, había momentos en que ni siquiera era capaz de encontrar la manera de desplazarme en torno a los objetos que trataba de diseñar.

Poco a poco fui familiarizándome con las interfaces llenas de botones desconocidos hasta ser capaz de modelar un primer objeto en Zbrush. Tras esta progresión inicial pasé por procesos similares con otros softwares como Cinema 4D o Autodesk 3D max. Más adelante comencé a aprender los diferentes



Fig. 10. Captura de pantalla del vídeo que registra mi primera aplicación de RA montada con éxito (2020).

formatos de exportación para elementos 3D y fui capaz de montar una pequeña escena en el motor de videojuegos Unity.

A finales de enero, después de varias semanas de prueba y error en Unity, logré superar la frustración que suponía no saber que era lo que estaba haciendo mal, y conseguí construir mi primera App de realidad aumentada capaz de funcionar adecuadamente en Android.

Este pequeño logro técnico fue el punto de inflexión que me permitió considerar el uso artístico de estas herramientas, y, por ende, la condición de viabilidad de este trabajo.

5.2. MODELADO DE ESCULTURAS 3D

Tras descubrir que era incapaz de renderizar imágenes o escenas de Cinema 4D en mi ordenador MacBook pro de 2015, un compañero de la facultad me habló de las últimas actualizaciones de Blender (2.82) y sus funciones de previsualización de luces y texturas en tiempo real.

Este motivo, junto con el hecho de que se trata de un programa de software libre con una fuerte comunidad en internet, me hizo abandonar Cinema 4d y Zbrush, y apostar por centrar toda mi energía en aprender un único entorno digital donde me sintiera más cómodo.

5.2.1. Sobre mis primeros pasos en Blender

Blender tiene diferentes entornos de creación dentro del mismo programa. Uno de ellos -inspirado en la apariencia y herramientas de Zbrush- esta estrictamente dedicado al modelado 3D.

Pese a que podríamos decir que Blender es menos profesional que Zbrush porque tiene menos herramientas de escultura digital, esta cuestión personalmente me suponía una ventaja para no abrumarme e ir adquiriendo progresivamente mayor sensación de control sobre la interfaz.

Con los 16 pinceles de modelado situados a izquierda del escritorio, y su uso inverso manteniendo la tecla Shift, fui capaz de ir encontrando un lenguaje plástico que me resultara desafiante a la par que estimulante.

Uno de los primeros elementos que me atrajo y me resultó característico del modelado digital era la capacidad de esculpir en simetría. Es decir, ser capaz de

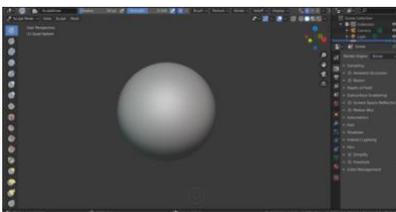


Fig.11. Primera imagen al cargar la interfaz de Blender en modo escultura (2020).

lograr que todas las modificaciones que hiciera en una mitad de la escultura se reprodujeran automáticamente en la otra mitad del volumen.

Aunque aparentemente nunca me ha interesado la simetría en los volúmenes escultóricos -y hasta los he llegado a considerar como algo tediosamente estático- por algún extraño motivo me resultaba estimulante ver como se iban construyendo las modificaciones de manera bilateral y simultánea.

Más allá de la proeza técnica que supone ser capaz de esculpir como si fuera ambidiestro, esta función me inducía a buscar el ritmo dentro de la simetría. De manera espontánea empecé a explorar la contraposición de elementos cóncavos y convexos entorno a un eje central, tratando de generar deformaciones dinámicas que activasen composiciones rítmicas alrededor de la escultura.

Desde que estudié la concepción de la escultura exenta en el renacimiento manierista y leí el *Tratado de escultura de Cellini*¹⁵ me ha obsesionado el aspecto *multifacial*¹⁶ de la escultura y los recorridos cinéticos que la mirada crea entorno a sus volúmenes.

El hecho de fuera posible contornear la escultura en todas direcciones con suma facilidad -haciendo uso de simplemente dos dedos en el panel táctil de mi ordenador- me permitió poder darles protagonismo a todas las superficies escultóricas sin pasar por alto la tan comúnmente olvidada cara inferior.

5.2.2. Revisión de los resultados obtenidos en Blender

En un mes modelando llegué a producir un total de 12 piezas, destacando una gran mejora técnica y estilística de las 4 primeras a las 8 últimas.

Dicha mejora estuvo fuertemente condicionada por el descubrimiento de la herramienta Dyntopo (acrónimo de topología dinámica en inglés). Este modo de trabajo permite que los pinceles subdividan la geometría implícita en cada trazo según la complejidad que sea necesaria, permitiendo la creación de mallas más complejas y regulares de forma localizada.

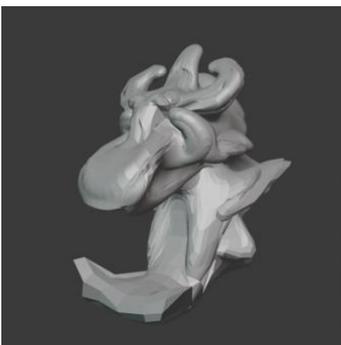


Fig.12. Escultura en Blender 2 (2020).

¹⁵ CELLINI, B. 1989. Tratados de orfebrería, escultura, dibujo y arquitectura. p.169

¹⁶ La *multifacialidad* es el término que se utiliza para describir las esculturas de bulto redondo que están diseñadas para ser observadas desde más de un punto de vista.



Fig.13. Escultura en Blender 5 (2020).

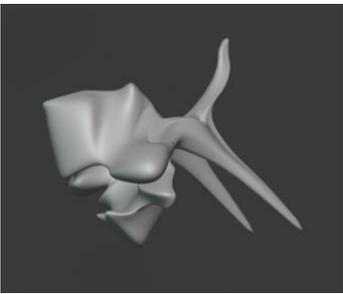


Fig.14. Escultura en Blender 8 (2020).

En dicha herramienta también aparece la opción Sombreado suave, que permite que todos los polígonos se reproduzcan de manera lisa, sin las perturbaciones de la geometría.

Esos dos descubrimientos ampliaron muchísimo mi margen de maniobra dentro de la interfaz y como he dicho previamente me permitieron ser capaz de encontrar resultados más complejos y de mayor calidad.

A raíz de este descubrimiento técnico surgieron algunas de mis piezas favoritas de esta serie. Se caracterizan por ser pequeñas piezas orgánicas - modeladas a partir de una esfera – que tienden a evocar una combinación de elementos óseos y florales. A su vez, sus superficies lisas y acabados aerodinámicos parecen aludir a la apariencia high-tech de los edificios de Marcos Novak.

Dichas piezas, -como todas las demás- no fueron hechas a partir de ningún modelo de referencia estricto, sino que más bien fueron creadas a partir del diálogo continuo con el volumen escultórico.

Partiendo de la esfera que me proponía la interfaz como elemento inicial, iba modelado intuitivamente en busca de formas que me resultaran atractivas/intrigantes. Escuchando activamente la materia – como proponían algunos referentes que hemos visto en la primera parte del trabajo- iba deduciendo por donde debía incidir, que volúmenes debía inflar, cuales debía reducir y cuando debía parar.

El resultado fueron una serie de obras abstractas -comúnmente compuestas por una sola masa-, que se muestran en aparente estado de suspensión.

Revisando con perspectiva la producción de estas piezas he detectado una tendencia común por generar espacios cóncavos semiabiertos de clara inspiración orgánica. En varias figuras aparecen formas hipnóticas que nos invitan a explorar y recogerlos en sus concavidades, como si fuera una abeja atraída por una flor.

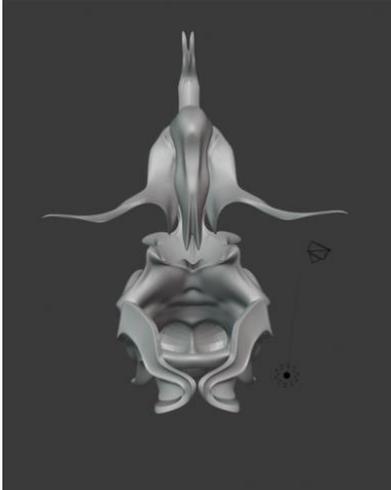


Fig. 15. Escultura en Blender 12 (detalle interior) (2020).

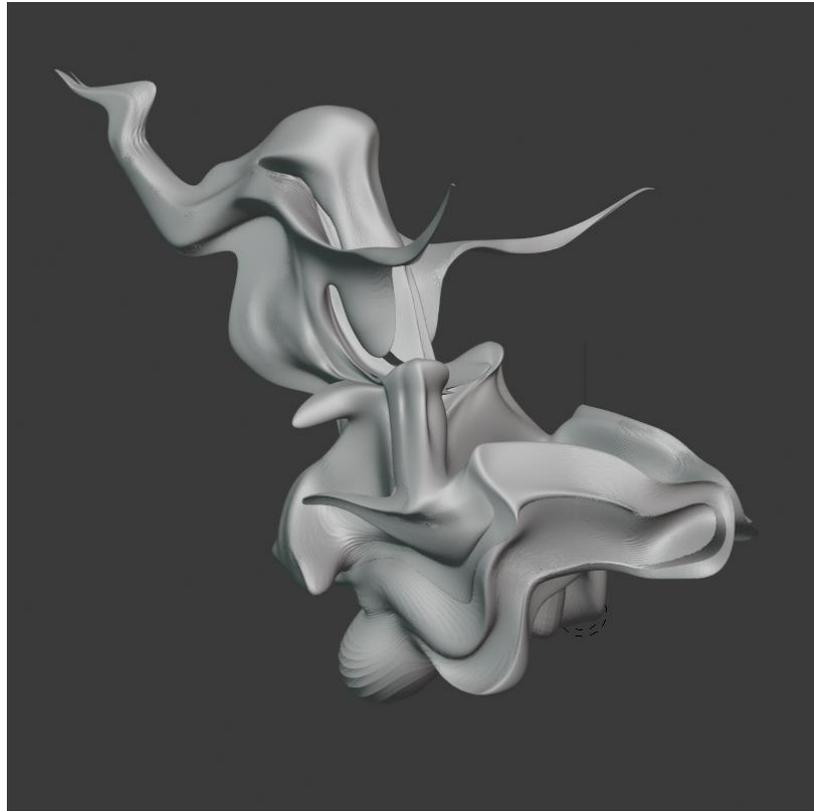


Fig. 16. Escultura en Blender 12 (2020).

5.2.3. Introducción al modelado en realidad virtual

A mediados de febrero, cuando estaba empezando a sentir cierta comodidad en el manejo de Blender, mi tutor -Francisco Giner- me ofreció la oportunidad de probar el equipo de realidad virtual¹⁷ del que dispone el departamento de pintura. En un principio me mostré reticente. Consideraba que dichas herramientas se encontraban aún en un estado embrionario – por tener la concepción de que estaban más orientadas al aspecto lúdico que al profesional – pero finalmente decidí probar.

Empezamos con un pequeño juego introductorio que me sirvió para aprender los comandos y familiarizarme con el entorno. Después de interiorizar ciertos protocolos de seguridad y comprobar que no sentía ningún mareo o molestia extraña, descargamos el software de modelado 3D nativo de Oculus: Oculus Medium.

¹⁷ Oculus Rift-S

El proceso de aprendizaje en este medio fue sorprendentemente rápido e intuitivo, logrando obtener resultados interesantes a las pocas horas de haberme iniciado.

Como punto común con la experiencia adquirida en Blender, Oculus Medium también incluía la posibilidad de modelar mediante el uso de simetría. Pero a diferencia de lo ocurrido con Blender en este caso, al entrar en la interfaz, no había ninguna esfera esperando a ser modelada. En su lugar había un extenso vacío cibernético.

5.2.4. Oculus Medium: análisis de las primeras impresiones y reflexiones encontradas

Al iniciar la interfaz de Oculus Medium lo primero que hallamos es una plataforma circular, aparentemente flotando al nivel de las nubes. En este lugar no hay ningún estímulo externo. Solo nos aguarda la nada y dos herramientas en las manos.

Mi primer impulso fue pulsar los gatillos de los mandos y ver que ocurría. Tras esta acción se creó un pequeño volumen en la punta de mi mano derecha. Repetí la acción sumándole el moviendo de mi brazo y generando su estela volumétrica en el espacio. Ciertamente parecía mágico. Siempre he imaginado poder modelar el aire con mis manos. Aquel día cuando fuimos a probar las gafas de realidad virtual lo último que imaginaba era estar tan cerca de poder vivir esa experiencia.

Me quedé fácilmente enganchado, mientras descifraba como funcionaban todas las herramientas y que posibilidades de exportación albergaba el software. Quizá lo mas sorprendente de esa primera sesión ocurrió cuando me quité las gafas y me di cuenta de que estaba atardeciendo. Era casi de noche y entraba una luz rojiza a la habitación, habían pasado varias horas y al estar inmerso en este espacio etéreo -donde todo era dúctil-, no había sido capaz de percibir realmente el paso del tiempo.

5.2.5. Oculus Medium: metodología de trabajo

A pesar de no disponer de un volumen del que partir, la metodología que apliqué en Oculus Medium era similar a aquello que venía haciendo en Blender, escuchar el medio, e ir desvelando progresivamente las formas que habitan en él.

En este caso la diferencia más marcada era que partía de un gesto casual, un gesto impulsivo que me servía para tachar el silencio del vacío. A partir de ahí, -



Fig 17. Imagen de inicio al cargar por primera vez Oculus Medium (2020).

de ese primer movimiento espontáneo- me sentía capaz de ir añadiendo elementos o ir restándolos.

En esta plataforma, además de poder esculpir con cualquier gesto en el espacio -incorporando una dimensión dancística a la creación escultórica-, podía ampliar las esculturas y escalarlas sobre mi cabeza hasta verme completamente envuelto por ellas. Tras esto, con 3 simples gestos podía miniaturizarlas y verlas con total perspectiva en la palma de mi mano. Claramente este factor de escala relativa variable era muy útil tanto para hacer detalles como para adoptar una visión global.

Solo pude acudir a este espacio durante 3 semanas -debido al inicio de la pandemia del Covid-19 y su respectivo decreto de estado de alarma el 14 de marzo- sin embargo, conseguí producir alrededor de 2 piezas en cada una de las sesiones intensivas de 4/5 horas. De este total de 6 piezas, que realicé con ánimo exploratorio, he llegado a considerar como definitivas las 4 esculturas que han acabado constituyendo este trabajo -*Escultura_digital_01, Escultura_digital_02, Escultura_digital_03, Escultura_digital_04* -.

Estas 4 esculturas, aunque se alejan del aspecto aerodinámico de las formas que vimos en el apartado de experimentación con Blender, siguen teniendo fuertes reminiscencias biomórficas relacionadas con caderas, embriones, ganglios, bocas, flores o úteros.

El cambio en el acabado de la forma se debe al uso de *pinceles escultóricos* con texturas rugosas que simulan acabados propios de rocas o espumas.

Otro elemento diferenciador respecto a las esculturas obtenidas con Blender fue la introducción del color. Aunque en principio tenía pensado dejar las esculturas con un tono uniforme para que los volúmenes se mostraran de manera limpia -únicamente a través de sus luces y sus sombras-, probé de manera casual las herramientas de pintura e inesperadamente su resultado me acabó convenciendo.

En la interfaz de Oculus Medium, había diversas herramientas: bote de pintura, brocha y aerógrafo. Mi procedimiento, tras experimentar un poco con las tres, acabó siendo el de pintar todo el volumen de un color base y hacer diversos degradados con el aerógrafo, para ir acentuando aquellos elementos que me parecían diferenciadores dentro de la propia escultura. Esta manera de proceder me resultó muy cómoda y familiar debido a mi experiencia real con el uso de aerosoles de pintura.

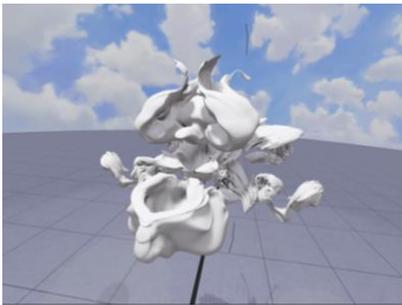


Fig.18. Captura de pantalla de Escultura_digital_01 (antes de ser pintada) en Oculus Medium.



Fig.19. Escultura_digital_01 con su acabado final.

5.3. DISEÑO Y PRODUCCIÓN DE TARGETS

A pesar de que no disponemos de suficiente extensión para detallar todos los procesos de experimentación que han constituido esta fase de trabajo, en este apartado vamos a exponer de modo general los procesos clave que han servido para conceptualizar y desarrollar la producción de los targets, junto con su acabado final.

5.3.1. Diseño de los primeros prototipos

En la primera fase de diseño, estuve familiarizándome y experimentando con el modo de interpretar las imágenes del software de Vuforia¹⁸. En su portal de desarrolladores, aprendí que las imágenes con poco contraste o con formas redondeadas eran muy difíciles de ser detectadas. Por otra parte, las imágenes con alto contraste, rectangulares, ricas en detalle y sin patrones repetitivos, funcionaban especialmente bien.

Después de probar la receptibilidad de diversos lenguajes en el software, empecé a valorar la opción de usar como *target* fotografías de componentes computacionales como chips, placas base o circuitos impresos.

Estas imágenes además de funcionar de manera bastante efectiva me parecían extrañamente interesantes para el discurso del trabajo. Tenía el presentimiento de que, al unir las esculturas blancas y flotantes con los elementos electrónicos *que les daban vida*, generarían un contraste que potenciaría su aspecto mágico y espectral. Por otra parte, tangibilizar estos entes anclándolos a la dimensión física de lo digital, me sonaba como un concepto coherente del que partir.

A pesar de ello, tras algunas pruebas, acabé desestimando esta opción. Me di cuenta de que el interés del objeto físico por sí solo me parecía insuficiente, y su relación con las esculturas demasiado basada en la arbitrariedad.

5.3.2. Diseño de los prototipos finales

Al no estar satisfecho con los resultados que había obtenido en la primera fase, quise alejarme y probar otras formulaciones estéticas diferentes.



Fig.20. Imagen de componente de placa base (arriba). Misma imagen siendo interpretada por el software de Vuforia, los puntos amarillos indican rasgos reconocibles (2020).



Fig.21. Render de la Escultura en Blender 9 posicionada sobre uno de los primeros prototipos del proyecto (2020).

¹⁸ Vuforia como explicaremos en el apartado 5.4.1 es uno de los softwares que hemos utilizado para crear la app de realidad aumentada. Entre otras cosas es el encargado de convertir las imágenes en rasgos reconocibles que nuestro smartphone pueda identificar y ubicar en el espacio.

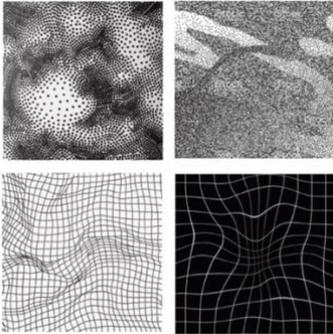


Fig.22. Conjunto de cuatro prototipos inspirados el lenguaje de los medios digitales (2020).

Concretamente tenía curiosidad por tratar de crear un lenguaje visual que combinase los elementos del medio digital y sus formas de representar el espacio. Para ello, tomé como referencia algunas piezas de Felipe Pantone.

Empecé esta segunda etapa de trabajo, utilizando mallas de puntos, tratando de hacer referencia al granulado que aparece en algunas de las previsualizaciones de los procesos de renderizado.

Seguidamente estuve valorando la opción de utilizar retículas de polígonos con el fin de evocar la manera en que se describen los volúmenes en los entornos 3D.

Aunque ambos lenguajes me acercaban a la armonía y coherencia conceptual que estaba buscando para este proyecto, seguía encontrándolos demasiado abstractos y lejanos de la personalidad propia de cada escultura.

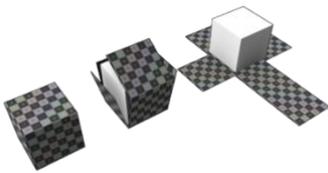


Fig.23. Ejemplo del UV mapping de un cubo. (2020)

En esta fase del proyecto, empecé a valorar el uso de un elemento visual que había estado pasando por alto todo este tiempo, los UV mappings. Los UV mappings o UV maps son la forma más común en la industria de desplegar la superficie de volúmenes 3D en disposiciones planas para poder pintarlas y dotarlas de textura o color.

Normalmente el desplegado se hace de manera manual, tratando de buscar los vértices o las aristas por donde realizar los cortes que logren describir los volúmenes del modo más claro y efectivo.

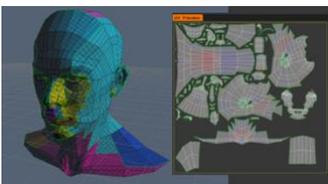


Fig.24. UV mapping de un rostro humano. (2020)

En este caso, como había pintado las esculturas directamente sobre el modelo 3D -haciendo uso de herramientas de modelado y pintura 3D en realidad virtual- las formas y sus UV maps se fueron construyendo automáticamente de manera simultánea, dando lugar a un caótico y denso entramado de formas abstractas.

Estos abstractos campos de color, repletos de manchas disgregadas me parecieron sugerentes porque me recordaban a los laberintos psíquicos de la pintura de Luis Gordillo, a la vez que no dejaban de formar parte de los lenguajes descriptivos de la computación que había trabajado en segunda instancia.

Después de reencontrarme con los UV maps, estuve diseccionándolos y elaborando distintas composiciones a través de Photoshop. Durante este proceso me sentía como si estuviera asomándome a un microscopio, viendo las *células digitales* y los *microorganismos constituidos por pixeles* que componían la escultura.

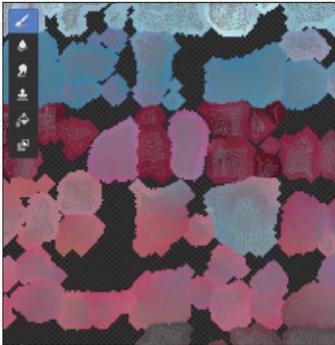


Fig.25. Detalle de los UV maps de *Escultura_digital_1* (2020).

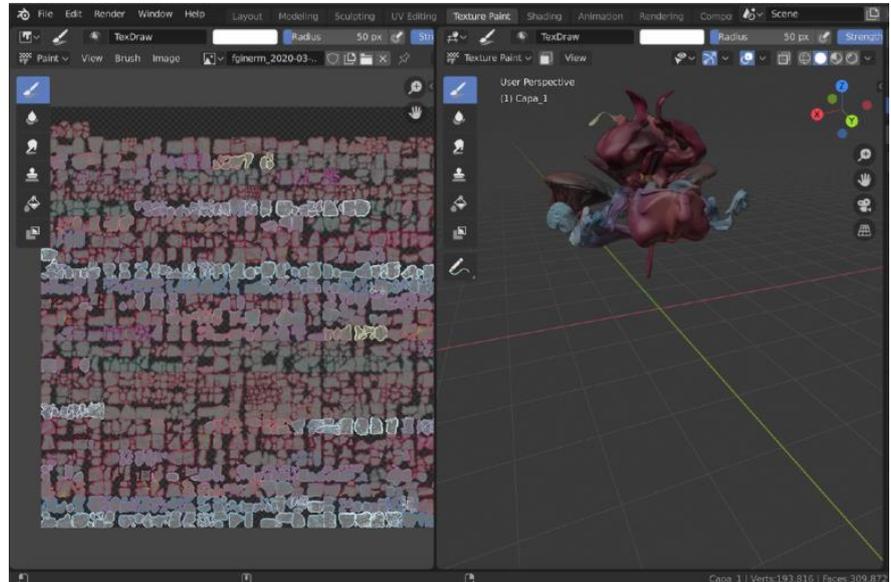


Fig. 26. Escena de trabajo de Blender con la *Escultura_digital_01* y sus respectivos UV maps (2020).

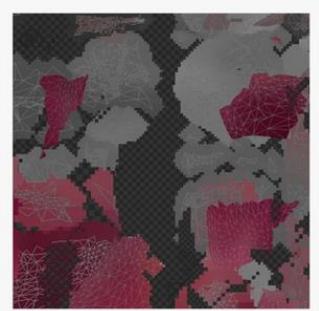


Fig.27. Prototipo del *Target_01* descartado por ser demasiado oscuro y dar problemas técnicos.

Mediante la superposición y el borrado trataba de elaborar un lenguaje pictórico que fuese representativo de cada escultura, utilizando sus cromatismos más característicos. Además de componer con las manchas y sus degradados, quise respetar la cuadrícula negra de fondo utilizándola como un elemento más, me parecía interesante mantenerla por sus reminiscencias simbólicas a la *representación del vacío digital*.

En este sentido he de aclarar que tanto en Photoshop como en Blender cuando el lienzo de una imagen no está completamente lleno, o tiene espacios vacíos/transparentes, aparece detrás de ella este damero -en colores negro y gris, dependiendo si la interfaz está en modo oscuro o claro-.

Con la utilización de esta forma de representación del vacío en los medios digitales, quería hacer referencia al lugar donde nacieron estas cuatro esculturas, el amplio vacío creador que hallé en la plataforma Oculus Medium cuando me inicié por primera vez en ella.

Por otra parte, durante el proceso de diseño de los targets, era importante que no me dejara llevar completamente por el factor estético. A medida que fui creando los primeros diseños, antes de darlos por acabados, los sometía a un doble proceso de validación. Primero, subirlos a la plataforma de desarrolladores en Vuforia y ver como de legibles resultaban para el software. Segundo, en el caso de que este primer resultado fuera positivo, pasarlos a modo CMYK e imprimirlos para comprobar que pese al oscurecimiento de las tintas pudieran seguir funcionando adecuadamente al procesarse en Unity.



Fig.28. Diseño final de Target_01, (2020).



Fig.29. Diseño final de Target_02, (2020).

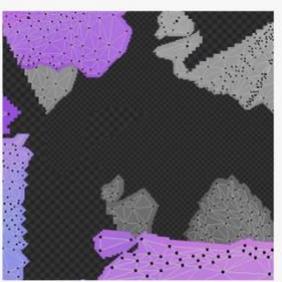


Fig.31. Diseño final de Target_04, (2020).



Fig.32. Prototipos de 17 x 17 cm y 23 x 23 cm hechos con DM e impresión Inkjet en papel adhesivo. (2020)

5.3.3. Producción de los prototipos finales

Cuando conseguí diseñar cuatro targets capaces de pasar el doble proceso de validación técnica y mantener la coherencia estética entre sí, a la vez que con sus respectivas esculturas, empezó el proceso de producción.

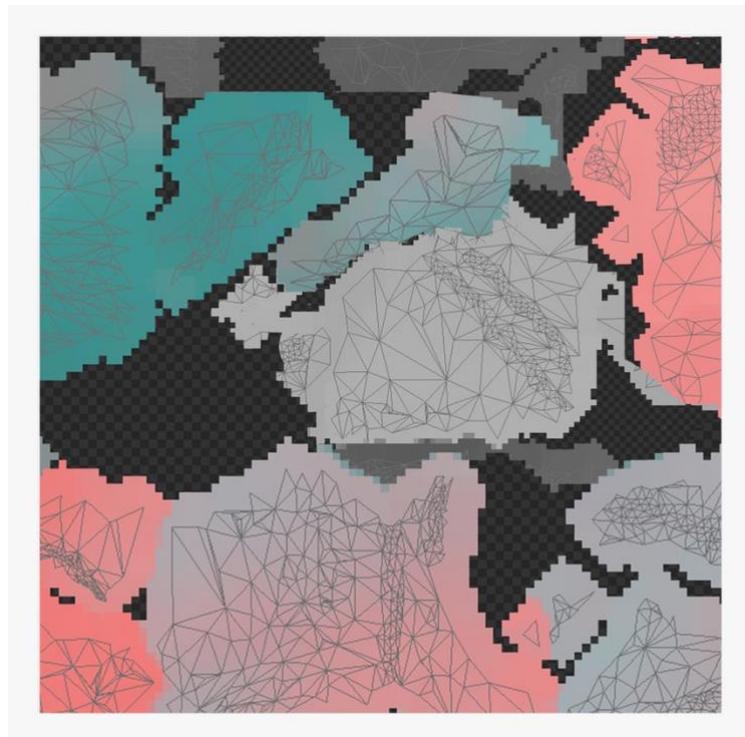


Fig.30. Diseño final de Target_03, (2020).

Primeramente, estuve evaluando diferentes tamaños. Para ello, pegaba impresiones adhesivas sobre láminas de DM con imprimación blanca. Estos prototipos, relativamente baratos me servían para tener una noción espacial que me ayudase a decidir cuales iban a ser las dimensiones finales.

Tras esta primera fase decidí que quería elaborar una primera serie de 10 piezas por cada target en dimensiones de 20 x 20 cm. Escogí este tamaño, con el fin de poder elaborar una obra de colección, que pudiera ser tanto expuesta en un pedestal, como guardada en un estuche.



Fig.33. Diseño del certificado de originalidad de la obra *Target_03* sin firmar (2020).

Para dicho fin contacté con la empresa española *Colatec*¹⁹, por su calidad de impresión y la posibilidad de utilizar metacrilatos con acabado mate.

Mientras esperaba a que me llegase este pedido por correo, estuve diseñando unos certificados para las obras, que tenían el fin de facilitar la descarga de la aplicación, y garantizar su originalidad.

Dichos diseños incluían: una pequeña descripción de la obra, una imagen de la escultura digital correspondiente, un código QR con un enlace a la página web del proyecto²⁰, una pequeña referencia al número de serie y un apartado que me permitiese firmar la obra y acreditar la originalidad de esta.



Fig. 34. Estuche de la obra *Target_03*, con su respectivo certificado (2020).



Fig. 35. Manel Bafaluy, *Target_03* (2020). Impresión Glicée sellada en metacrilato con acabado mate.

5.3.4. Resultados obtenidos

Cuando me llegaron los pedidos de Colatec verifiqué que los targets funcionaran adecuadamente, acabé de poner a punto el estuche de la obra e hice una pequeña sesión fotográfica para tratar de documentar los resultados obtenidos.

¹⁹ *Colatec* o *Fine Art Colatec* es laboratorio y taller fotográfico especializado en hacer impresiones para el sector del arte, ofreciendo garantías de calidad y durabilidad. Además de tener un establecimiento en Galicia hacen pedidos vía internet. Disponible en: <https://tienda.colatec.es/laboratorio-fotografico-online/> [Consulta: 14 abril 2020].

²⁰ La página web del proyecto, y a la que se volverá a hacer mención en el apartado 5.5 *Diseño de la página web* está disponible en: <https://manelbafaluy.com/> [Consulta: 3 junio 2020].

5.4. CREACIÓN DE LA APP CUERPOS INGRÁVIDOS

El objetivo principal de esta fase de trabajo fue aprender a crear una aplicación de realidad aumentada para Android e IOS.

5.4.1. Elección de las herramientas empleadas

Mi idea principal era partir de una serie de tutoriales que había encontrado en YouTube para crear mediante Unity²¹ y Vuforia²² una aplicación de realidad aumentada con fines artísticos.

También estuve valorando la posibilidad de usar aplicaciones de terceros que contuvieran sus propias herramientas y comunidades de realidad aumentada, pero no acabé de encontrar ninguna con la posibilidad de posicionar esculturas como yo pretendía hacerlo. Por norma general, las aplicaciones prediseñadas para crear arte en realidad aumentada -como Artvive, EyeJack, Adobe Aero- suelen animar cuadros en forma de video o construir escenas mediante imágenes en diferentes planos de profundidad.

Finalmente me decidí por intentar aprender a generar mi propia aplicación en Unity y Vuforia porque suponía tener más control, diversidad de herramientas y autonomía sobre el producto final de la propuesta artística. Además, se sumaba el incentivo de permitirme profundizar en la comprensión de estas tecnologías y formarme parcialmente para aprovechar las mejoras tecnológicas que están por venir en los próximos años.

5.4.2. Sobre el proceso de creación en Unity y Vuforia

Tanto Unity como Vuforia son empresas que ofrecen dos tipos de licencia: una gratuita con marca de agua y restricciones y otra de pago con extensiones y sin marca de agua. En este proyecto he optado por la primera opción debido a la falta de presupuesto. Además, -obviando la condición económica de este trabajo- considero que estas empresas ofrecen un servicio de muy alta calidad por el simple requisito de mostrar su logo y otorgarles reconocimiento.

Para el proceso de creación de la App he seguido los pasos que propone el video de *Aumented Reality with Unity3D and Vuforia*, subido al canal de Art, Culture and Technology Purdue University ²³.

²¹ Unity es un motor de videojuegos multiplataforma que destaca por tener una gran comunidad online y ser uno de los líderes de la industria.

²² Vuforia es kit de desarrollo de software (SDK en su acrónimo inglés) especializado en el diseño y creación de herramientas para construir aplicaciones de realidad aumentada usando del motor de videojuegos Unity.

²³ *Augmented Reality with Unity3D and Vuforia*. Youtube [en línea] 2017.

A grandes rasgos el resumen de los pasos que hemos seguido es el siguiente:

- 1) Descargar una versión de Unity superior a 2017.2 que contenga Vuforia Integrado (en su defecto añadirle el SDK manualmente).
- 2) Acceder a la página de desarrolladores ²⁴ de Vuforia y generar una clave de licencia gratuita.
- 3) Crear una base de datos de imágenes. Subir ahí las imágenes que queremos que funcionen como target a Vuforia, y posteriormente descargar dicha base de datos.
- 4) Abrir Unity e importar la base de datos descargada.
- 5) Eliminar la cámara que aparece por defecto. Ir al menú Game Object> Vuforia Engine y añadir AR Camera a la escena.
- 6) Aplicar el código de licencia de Vuforia.
- 7) Añadir Image target dentro del componente AR Camera.
- 8) Importar un objeto 3D y añadirlo dentro de Image target.
- 9) Testear que funciona a través de la webcam del ordenador.



Fig. 36. Captura de pantalla en Unity con las diferentes esculturas montadas en su respectivo target (2020).

Una vez comprobado que todo funciona correctamente se pueden añadir más objetos 3D y targets repitiendo los tres últimos pasos.

Por otra parte, existe la función Multitarget, que permite reproducir en pantalla varios targets al mismo tiempo. Para este proyecto desestimé usar este modo porque suponía una sobresaturación de estímulos y no daba pie a la contemplación pausada de cada elemento individual.

A pesar de que las instrucciones que hemos visto son aparentemente simples, las primeras veces que se llevan a cabo es fácil cometer pequeños errores que invalidan todo el trabajo y hacen que la escena no funcione.

Personalmente, mis primeros intentos fueron la parte más frustrante de todo el proyecto. No conocer la interfaz y no saber con certeza de donde provienen los errores, hacía que acabara alterando configuraciones que me alejaban de la solución.

²⁴ Página de desarrolladores de Vuforia: <https://developer.vuforia.com> [Consulta el 12-01-2020]

Finalmente, y después de haberme visto obligado a empezar de cero en varias ocasiones, me encuentro familiarizado con la interfaz, y he aprendido a detectar varios errores frecuentes: tener mal ordenadas las carpetas, dejarse el elemento lumínico fuera de la escena, etc.

Una vez conseguí que la escena funcionase adecuadamente en el simulador, el siguiente paso era su compilación²⁵. Llegado este momento elegí el sistema operativo Android, para hacer las pruebas con mayor comodidad, al ser el sistema integrado en mi teléfono personal. Para ello, seguí las instrucciones del video *Exporting Unity3D+Vuforia for Android device*, localizado en el mismo canal de YouTube que hemos mencionado anteriormente.



Fig. 37. Captura de pantalla del video de demostración a App *Cuerpos Ingrávidos* (2020).

- 1) Utilizar una versión de Unity superior a 2019 -ya que contiene el JDK²⁶ de Android Studio integrado- o descargar y añadir este manualmente en versiones anteriores.
- 2) Ir al apartado de File> Build Settings y marcar como plataforma Añadir la escena abierta. Esperar a que se importen los archivos. Acceder al menú Player Settings.
- 3) Incorporar iconos customizados²⁷.
- 4) Dentro de Player Settings> Ir al apartado de Identification> personalizar nuestro Package Name.
- 5) Conectar nuestro móvil al ordenador vía USB.
- 6) Abrir el menú de ajustes de nuestro móvil> Clickar en Opciones para desarrolladores> Habilitar la casilla de Depuración USB.
- 7) Permitir la instalación de aplicaciones hechas por desarrolladores desconocidos.
- 8) Volver al apartado de Build Settings en Unity y clickar el botón Build and Run.
- 9) Habilitar la instalación de softwares desconocidos y comprobar que funciona adecuadamente en nuestro dispositivo móvil.

Enlace a vídeo de demostración a la App *Cuerpos Ingrávidos* funcionado en Android: <https://vimeo.com/439973852>

²⁵ Compilar es un término informático que significa adaptar un código a un formato ejecutable. En este caso convertir la aplicación que hemos creado en un fichero que pueda ser ejecutado por el sistema operativo Android (.apk).

²⁶ JDK es un entorno de desarrollo para crear aplicaciones, applets y componentes utilizando el lenguaje de programación Java.

²⁷ El tipo de icono que muestra la App varía según la marca de móviles y su versión de software. Para tratar de adecuar nuestro logo a todas las circunstancias hemos utilizado la herramienta online EasyAppIcon. Alojada en la web <https://easyappicon.com/> [Consulta el 21-04-2020]

5.4.3. Publicación de la App Cuerpos Ingrávidos

Después de tener la aplicación lista para Android, nos informamos de los procesos y costes²⁸ de publicación en Play Store y los llevamos a cabo.

Enlace descarga disponible en: <https://bit.ly/2BkbGdN>.

Por otra parte, aunque también hemos construido y verificado el correcto funcionamiento de la App en IOS, por el momento no nos planteamos oficializarla debido a sus altos costes²⁹ de mantenimiento.

5.5. DISEÑO DE LA PÁGINA WEB

El objetivo principal de la página web era generar un espacio digital que respalde la App, facilitando enlaces seguros para su descarga en diversas plataformas. A su vez, quería que este espacio fuera útil para divulgar el proyecto y exhibirlo online.

5.5.1 Proceso de creación y herramientas empleadas

Nunca había creado una web con dominio propio, tras consultar precios de diferentes servicios de hosting decidí usar Cargo.site³⁰ por ser una plataforma especializada en portafolios de diseño y arte.

Concretamente elegí la plantilla *Malken-Hill*³¹ por su minimalismo y limpieza. Buscaba una apariencia más arriesgada que las plantillas de Wix o WordPress, pero a su vez necesitaba que fuera sencilla y fácil de construir.

Una vez adquirido el dominio a finales de mayo, estuve investigando sobre las diferentes plataformas que permiten compartir modelos 3D online. Aunque Sketchfab³² y Marmoset³³ son los líderes del mercado, finalmente elegí usar la plataforma p3d.in³⁴ por su capacidad de albergar modelos de hasta 100 MB

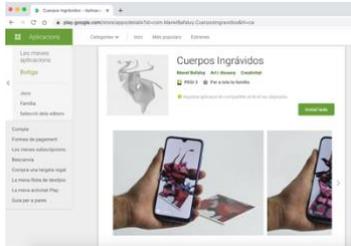


Fig. 38. Captura de pantalla de la App Cuerpos Ingrávidos en la Play Store (2020).

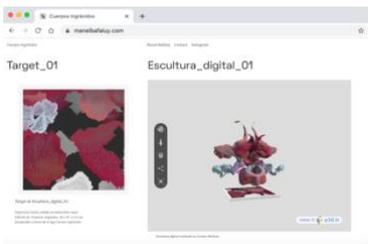


Fig. 39. Captura de pantalla de la web del proyecto (2020).

²⁸ El coste de disponer de una cuenta como desarrollador en Google Play es de un único pago de 25 euros, aplicaciones ilimitadas durante tiempo indefinido.

²⁹ El coste de disponer de una cuenta como desarrollador en de Apple Store es de un pago anual de 100 euros.

³⁰ Página web disponible <https://cargo.site/> [Consulta el 21 junio 2020].

³¹ Página web disponible en: <https://cargo.site/Templates#malken-hill> [Consulta el 21 junio 2020].

³² Página web disponible en: <https://sketchfab.com/features> [Consulta el 21 junio 2020].

³³ Página web disponible en: <https://marmoset.co/> [Consulta el 21 junio 2020].

³⁴ Página web disponible en: <https://p3d.in/> [Consulta el 21 junio 2020].



Fig. 40. La web hace que cualquier dispositivo móvil con acceso internet se pueda convertir potencialmente en un *target* (2020).

gratuitamente, mientras sus competidores solo permiten hasta 50 MB en su servicio gratuito.

Aunque, en primera instancia no me acababa de sentir seguro de esta decisión y a pesar de que estuve buscando formas de exportar los archivos con menos peso, ahora, viéndolo retrospectivamente estoy bastante satisfecho de haber escogido este servicio. Su apariencia sencilla, las facilidades que me ha dado para modificar los archivos online y su concordancia estilística con el resto del proyecto me hacen creer que ha sido una buena apuesta.

Dentro de las características de este servicio destacaría el modo de rotación automática. Gracias a esta posibilidad he podido generar dos tipos de experiencias web que conviven simultáneamente. Un primer modo más sencillo y pasivo, en la que las esculturas se muestran prácticamente como un video – destinado especialmente para visitantes que tengan dificultades en la navegación 3D. Y otra lectura paralela -más participativa- para aquellos que sí se atreven a interactuar con la escultura activamente.

Enlace a la web diseñada para el proyecto: www.manelbafaluy.com

6. CONCLUSIONES

Cuando miramos hacia atrás nos sorprende ver lo mucho que hemos aprendido en estos últimos 6 meses.

Comenzamos este proyecto sin apenas saber utilizar herramientas de modelado 3D y hemos acabado desenvolviéndonos con fluidez en Blender, siendo capaces de modelar esculturas, renderizarlas desde diferentes puntos de vista, cambiarles las texturas, utilizar diferentes tipos de iluminación, etc. Además, hemos experimentado con las herramientas de modelado en realidad virtual, traspasando ampliamente las expectativas iniciales del trabajo y descubriendo nuevos horizontes.

Asimismo, nos hemos iniciado desde cero en el mundo de la realidad aumentada. A lo largo del trabajo hemos aprendido las diversas tipologías que existen, experimentando con algunas de ellas, familiarizándonos con sus herramientas, y descubriendo – tras cometer muchos errores- un gran número de posibilidades y problemáticas asociadas, que a priori no éramos capaces de imaginar.



Fig. 41. Manel Bafaluy, *Target_03* (2020). Impresión Glicée sellada en metacrilato con acabado mate (2020).



Fig. 42. Estuche de la obra *Target_03*, con su respectivo certificado.



Fig.43. Aplicación *Cuerpos Ingrávidos* funcionando sobre *Target_03* (2020).

Junto con estos aprendizajes técnicos también nos hemos enfrentado al proceso de crear una web con dominio propio y tratar de publicar una App, por primera vez, en Apple Store o Google Play, teniendo que recopilar de primera mano, toda la información necesaria para descubrir sus respectivas fases, procedimientos, restricciones y particularidades.

A nivel teórico nos hemos sorprendido descubriendo referentes que llevan haciendo desde hace más de cuarenta años, lo que nosotros considerábamos novedoso. Hemos aprendido muchas cosas de ellos, sirviéndonos de sus técnicas y discursos teóricos para confeccionar y dar solidez a algunas de las intuiciones que conformaron inicialmente este proyecto.

Por otro lado, con la impredecible aparición del Covid-19, hemos tenido que aprender a ser flexibles, adecuándonos a las circunstancias. Hemos procurado no aferrarnos a los planes que habíamos hecho antes de este cambio de paradigma, adaptando los tiempos de producción previstos inicialmente, procurando tener inventiva y trabajando en el nuevo margen de acción, a pesar de las limitaciones.

Además de los aprendizajes ya mencionados estamos orgullosos de como hemos planificado el tiempo disponible para poder llevar a cabo las diferentes fases del proyecto de manera sinérgica y complementaria.

Creemos haber conseguido cumplir con los objetivos iniciales del trabajo, desarrollando en el tiempo establecido una producción artística que aún de manera consistente las posibilidades expresivas del modelado digital con las virtudes -poéticas y técnicas- de la realidad aumentada.

Los conocimientos y el bagaje adquiridos durante el recorrido de este proyecto nos posibilitan pensar en seguir ampliando la línea de trabajo que hemos empezado, aspirando a escalar el proyecto hacia mayores dimensiones y añadiendo nuevas esculturas a la colección.



Fig.44. Captura de pantalla a través de la App *Cuerpos Ingrávidos* del prototipo XL del *Target_03*. Dimensiones 100 x 100 cm.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ASCOTT, R. and GIANNETTI, C. 1998. *Ars telematica*. [Barcelona]: L'Angelot.
- ASCOTT, R. and SHANKEN, E. 2007. *Telematic embrace*. Berkeley, Calif.: University of California Press.
- BALAS, E. 1987. *Brancusi and Rumanian traditions*. Boulder Col: East European monographs. p.12.
- BASOGAIN, X., OLABE, M., ESPINOSA, K., ROUÈCHE, C., & OLABE, J.C. (2007). Realidad Aumentada en la Educación: Una tecnología emergente. En Conferencia Internacional de la Educación y de la Formación basada en las Tecnologías (Ed.).
- BELLO, P. 2018. *Sculptural photographs*. London: Bloomsbury Visual Arts.
- CELLINI, B. 1989. *Tratados de orfebrería, escultura, dibujo y arquitectura*. Torrejón de Ardoz: Akal.
- CHILLIDA, E. 2016. *Escritos*. Madrid: La Fábrica.
- COYNE, R. 1999. *Technoromanticism: Digital Narrative, Holism, and the Romance of the Real (Leonardo)*. London: MIT Press.
- DELEUZE, G. and GUATTARI, F. 1997. *Rizoma*. Roma: Castelvecchi. p.18.
- HAN, B. 2015. *La salvación de lo bello*. Barcelona: Herder Editorial.
- LÓPEZ JUAN, A. 2012. *Del cálculo numérico a la creatividad abierta*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- LUNENFELD, P. 2016. *Digital Dialectic*. London: The MIT Press.
- MANOVICH, L. 2010. *The language of new media*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- MARTÍNEZ MUÑOZ, A. 2000. *De la pincelada de Monet al gesto de Pollock*. Valencia: Universitat de Politècnica de València, Servicio de Publicaciones.
- MOORE, H. y READ, H. 1957. *Henry Moore vol.1; Sculpture & Drawings*. London: Lund, Humphries & Zwemmer. Pag. 31.
- READ, H. 1998. *La escultura moderna*. Barcelona: Ediciones Destino.
- SAUTOY, M. and GÓMEZ AYALA, E. 2016. *Simetría*. Barcelona: Acantilado.
- VAUGHAN, W. 2012. *Modelado digital*. Anaya Multimedia-Anaya In.

REFERENCIAS DE FUENTES ELECTRÓNICAS

CHATEL, M. 2019. New Media Precursor: Yoichiro Kawaguchi. *Medium* [en línea]. [Consulta: 12 abril 2020]. Disponible en: <https://medium.com/digital-art-weekly/new-media-precursor-yoichiro-kawaguchi-351e57dbacc2>.

CUÉ, E. 2020. Entrevista a Luis Gordillo. Alejandra de Argos [en línea]. [Consulta: 8 mayo 2020]. Disponible en:

<https://www.alejandradeargos.com/index.php/es/completas/9-invitados-con-arte/41549-luis-gordillo-entrevista>.

JUAN, A. 2020. Lo nuevo de Adrien M & Claire B: Mirages & Miracles. *Gràffica* [en línea]. [Consulta: 19 marzo 2020]. Disponible en: <https://graffica.info/adrien-m-claire-b/>.

WARD, M. 2010. William Gibson says the future is right here, right now. BBC news [en línea]. [Consulta: 18 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.bbc.com/news/technology-11502715>.

VÍDEOS

Art, Culture and Technology Purdue University. Augmented Reality with Unity3D and Vuforia, En: YouTube, 2017. [en línea]. [Consulta: 01-12-2019]. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=WdfStRynCLw&t=72s>>.

Art, Culture and Technology Purdue University. Exporting Unity 3D+Vuforia for AndoridAndroid devices, En: YouTube, 2017. [en línea]. [Consulta: 30-12-2019]. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=AxsY2DuSfnw>>.

Art, Culture and Technology Purdue University. Exporting Unity 3D+Vuforia for IOS devices, En: YouTube, 2017. [en línea]. [Consulta: 05-05-2020]. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=AxsY2DuSfnw>>.

SHELL, M. Creating AR Content with Vuforia - Introduction [1/6] Live 2018/1/24. En: YouTube, 2018. [en línea]. [Consulta: 01-04-2020]. <https://www.youtube.com/watch?v=9XikHnTiukk>>.

TAVASALKAR, D. 2017. Augmented reality tutorial with Unity 2017.2 and Vuforia 6.5. En: YouTube, 2017. [en línea]. [Consulta: 9-12-19]. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=cCOLdX1JMo4>>.

8. ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|---|----|
| Figura 1. Cronograma de trabajo. _____. | 7 |
| Figura 2. Esquema continuo Realidad-Virtualidad (Milgram, Kishino, 1994) _____ | 12 |
| Figura 3. Yoichiro Kawaguchi. Paradise Growth. (2017) _____. | 14 |
| Figura 4. Neri Oxman. Wanderers . (2014) _____. | 14 |
| Figura 5. Marcos Novak. AlloBioExo. (2001) _____ | 15 |
| Figura 6. Nancy Baker. Margin of error. (2019) _____ | 15 |
| Figura 7. Adrien M & Claire B. Mirages and Miracles. (2017) _____ | 16 |
| Figura 8. Luis Gordillo. Corazón de Jesús en Vos confío. (1992) _____ | 17 |
| Figura 9. Felipe Pantone. Optichromie 94. (2017) _____ | 18 |
| Figura 10. Captura de pantalla. Vídeo del primer test en RA. (2020) _____ | 18 |
| Figura 11. Primera imagen al cargar la interfaz de Blender. (2020) _____ | 19 |
| Figura 13. Escultura en Blender 5. (2020) _____ | 20 |
| Figura 15. Escultura en Blender 12 (detalle interior). (2020) _____ | 21 |
| Figura 16. Escultura en Blender 12 (2020) _____ | 21 |
| Figura 17. Imagen de inicio al cargar Oculus Medium. (2020) _____ | 22 |
| Figura 18. Captura de pantalla en Oculus Medium (2020) _____ | 23 |
| Figura 19. Escultura_digital_01 con su acabado final (2020) _____. | 23 |
| Figura 20. Imagen de placa base vista a través de Vuforia (2020) _____ | 24 |
| Figura 21. Escultura en Blender 12 (2020) _____ | 24 |
| Figura 22. Render de la Escultura en Blender 9 sobre prototipo (2020) _____ | 24 |
| Figura 23. Cuatro prototipos basados en los medios digitales (2020) _____ | 25 |
| Figura 23. Ejemplo del UV mapping de un cubo. (2020) _____ | 25 |
| Figura 24. UV mapping de un rostro humano. (2020) _____ | 25 |
| Figura 25. Detalle de los UV maps de Escultura_digital_1. (2020) _____ | 26 |
| Figura 27. Prototipo del Target_01 descartado (2020) _____ | 26 |
| Figura 28. Diseño final de Target_01. (2020) _____ | 27 |
| Figura 29. Diseño final de Target_02. (2020) _____ | 27 |
| Figura 30. Diseño final de Target_03. (2020) _____ | 27 |
| Figura 31. Diseño final de Target_04. (2020) _____ | 27 |
| Figura 32. Prototipos de 17 x 17 cm y 23 x 23 cm. (2020) _____ | 27 |
| Figura 33. Diseño del certificado de originalidad (2020) _____ | 28 |
| Figura 34. Estuche de la obra Target_03 con certificado. (2020) _____ | 28 |
| Figura 35. Manel Bafaluy. Target_03. (2020) _____ | 28 |
| Figura 36. Captura de pantalla en Unity . (2020) _____ | 30 |
| Figura 37. Captura de pantalla demostración App Cuerpos Ingrávidos (2020) _____ | 31 |
| Figura 38. Captura de pantalla de la App en la Play Store. (2020) _____ | 32 |
| Figura 39. Captura de pantalla de la web del proyecto (2020) _____ | 32 |
| Figura 40. App de Cuerpos Ingrávidos funcionando sobre Ipad (2020) _____ | 33 |
| Figura 41. Manel Bafaluy. Target_03. (2020) _____ | 33 |
| Figura 42. Estuche de la obra Target_03. (2020) _____ | 33 |
| Figura 43. Aplicación <i>Cuerpos Ingrávidos</i> sobre Target_03 (2020) _____ | 34 |
| Figura 44. Target_03. Dimensiones 100 x 100 cm (2020) _____ | 34 |