



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Dpto. de Escultura

CALIpSO. CAve of LIght and SOund

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Artes Visuales y Multimedia

AUTOR/A: Bágüena Bueso, Mariano Antonio

Tutor/a: Mollá Vayá, Ramón Pascual

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

Resumen

La cueva ha sido considerada tradicionalmente como un espacio natural vinculado a nuestros orígenes culturales. Un espacio de recogimiento y protección donde el ser humano y sus antecesores cercanos comenzaron a plantearse qué lugar ocupaban en el mundo y a construir, en el proceso, un universo simbólico del que surge un pensamiento incipiente, primitivo pero poderoso y durable. Este pensamiento vincula y traduce una acción o estímulo abstracto, por ejemplo el dibujo de un bisonte, con una reacción concreta materializada en la obtención de un bisonte real.

Tomando estos planteamientos de mutación simbólica encarnada en los procesos sinestésicos, junto al contexto de cueva como entorno de inmersión, y los conceptos que rodean la visualización sonora, se propone el diseño de *CALIpSO*: un prototipo de software interactivo, de corte generativo, orientado a la experimentación sensible mediante la visualización de colores y formas asociados a sonidos, y al comportamiento que provocan éstos entre sí y en el entorno.

El sistema recoge sonidos que analiza y procesa para generar elementos correspondientes en función de los resultados obtenidos. Éstos deambularán por una cueva virtual y, al chocar con otros elementos, trasladarán sus propiedades materiales junto a los sonidos que impulsaron su generación. De esta manera, el espacio se altera, de forma indirecta, en función de los estímulos sonoros recibidos.

Debido a la naturaleza generativa de la obra, ésta permite que los diferentes elementos interactúen, prosperen y se propaguen o, por el contrario, se diluyan en el espacio provocando en este proceso diversos paisajes sonoros, discursos fragmentados y morfologías determinadas por las interacciones pasadas. Se identifican tres subsistemas interrelacionados: el sistema inmersivo, el sistema sinestésico y el sistema emergente. Estos sistemas son susceptibles de ser ampliados o modificados en sucesivas fases futuras para generar nuevos parámetros que modificarían, en mayor o menor medida, el resto de subsistemas.

Los principales objetivos del proyecto son la experimentación con diferentes tecnologías y su interconexión para la producción de un espacio de inmersión sinestésico dedicado a la interacción o el recogimiento. La creación de un sistema autorregulado aplicando técnicas generativas basadas en reglas. La provocación de diferentes aprendizajes laterales basados en la escucha, el silencio y la reflexión mediante la experiencia junto a reflexiones inherentes a los procesos desencadenados por los sistemas emergentes.

PALABRAS CLAVE: CUEVA, SINESTESIA, AUDIOVISUALIZACIÓN, MÚSICA VISUAL, ENTORNO EMERGENTE

Abstract

The cave has traditionally been considered a natural space linked to our cultural origins. A space of seclusion and protection where human beings and their close ancestors began to consider their place in the world and to construct, in the process, a symbolic universe from which an incipient, primitive but powerful and durable thought emerges. This thought links and translates an abstract action or stimulus, for example the drawing of a bison, with a concrete reaction, materialised in obtaining one.

Taking these approaches of symbolic mutation embodied in synaesthetic processes, together with the context of the cave as an immersive environment, and the concepts surrounding sound visualisation, the design of *CALIpSO* is proposed: a prototype of interactive software, with a generative nature, oriented towards sensitive experimentation through the visualisation of colours and shapes associated with sounds, and the behaviour that these provoke among themselves and in the environment.

The system collects sounds that are analysed and processed to generate corresponding elements based on the results. These elements will wander through a virtual cave and, when they collide with other elements, will transfer their material properties together with the sounds that triggered their generation. In this way, the space is altered, indirectly, according to the sound stimuli received.

Due to the generative nature of the project, it allows the different elements to interact, thrive and spread or, on the contrary, to be diluted in space, in this process provoking diverse soundscapes, fragmented discourses and surfaces determined by past interactions.

Three interrelated subsystems are identified: the immersive system, the synaesthetic system and the emergent system. These systems are susceptible to being extended or modified in successive future phases to generate new parameters that would modify the rest of the subsystems.

The main objectives of the project are the experimentation with different technologies and their interconnection for the production of a synaesthetic immersive space dedicated to interaction or meditation. The creation of a self-regulated system by applying rule-based generative techniques. The provocation of different lateral learning based on listening, silence and insights through experience and other reflections inherent to the processes triggered by the emergent systems.

KEY WORDS: CAVE, SYNESTHESIA, AUDIOVISUALISATION, VISUAL MUSIC, EMERGING ENVIRONMENT

Resum

La cova ha estat considerada tradicionalment com un espai natural vinculat als nostres orígens culturals. Un espai de recolliment i protecció a on l'ésser humà i els seus antecessors propers van començar a plantejar-se quin lloc ocupaven al món i a construir, en el procés, un univers simbòlic del qual sorgeix un pensament incipient, primitiu però poderós i durable. Aquest pensament vincula i tradueix una acció o estímul abstracte, per exemple el dibuix d'un bisó, amb una reacció concreta, materialitzada per obtenir-ne un.

Prenent aquests plantejaments de mutació simbòlica encarnada en els processos sinestèsics, juntament amb el context de cova com a entorn d'immersió, i els conceptes que envolten la visualització sonora, es proposa el disseny de *CALIpSO*: un prototip de software interactiu, de tall generatiu, orientat a l'experimentació sensible mitjançant la visualització de colors i formes associats a sons, i al comportament que aquests provoquen entre si i en l'entorn.

El sistema recull sons que analitza i processa per generar elements corresponents en funció dels resultats analitzats. Aquests deambularan per una cova virtual i, en xocar amb altres elements, traslladaran les seves propietats materials al costat dels sons que en van impulsar la generació. D'aquesta manera, l'espai s'altera de manera indirecta en funció dels estímuls sonors rebuts. A causa de la naturalesa generativa de l'obra, aquesta permet que els diferents elements interactuïn, prosperin i es propaguin o, al contrari, es dilueixin a l'espai provocant en aquest procés diversos paisatges sonors, discursos fragmentats i morfologies determinades per les interaccions passades.

S'identifiquen tres subsistemes interrelacionats: el sistema immersiu, el sistema sinestèsic i el sistema emergent. Aquests sistemes són susceptibles de ser ampliatos o modificats en successives fases futures per generar nous paràmetres que modificarien, en major o menor mesura, la resta de subsistemes.

Els objectius principals del projecte són l'experimentació amb diferents tecnologies i la seva interconnexió per a la producció d'un espai d'immersió sinestèsic dedicat a la interacció o el recolliment, la creació d'un sistema autoregulat aplicant les tècniques generatives basades en regles i la provocació de diferents aprenentatges laterals basats en l'escolta, el silenci i la reflexió mitjançant l'experiència amb reflexions inherents als processos desencadenats pels sistemes emergents.

PARAULES CLAU: COVA, SINESTÈSIA, AUDIOVISUALITZACIÓ, MÚSICA VISUAL, ENTORN EMERGENT

Índice

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Los mitos de la caverna	7
1.2. Descripción	9
1.3. Motivaciones	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Centrado en el usuario	13
2.2. Centrado en el autor	13
2.3. Centrado en el sistema	14
3. METODOLOGÍA Y PERSPECTIVA	14
3.1. Eco y reverberación	14
3.2. Metodología	16
3.3. Sistema inmersivo	17
3.3.1. La cueva ancestral	17
3.3.2. Abstracción modelada	19
3.3.3. Espacio interpuesto y espacio reemplazado	21
3.3.4. Hidden Worlds	23
3.3.5. Antropometro	25
3.4. Sistema sinestésico	27
3.4.1. La música de las esferas	28
3.4.2. Dispositivos instrumentales	30
3.4.3. Sinfonías sincrónicas	32
3.4.4. Audiovisualización digital	37
3.4.5. Traducción y traslación	40
3.4.6. CALIpSO sinestésico	41
3.5. Sistema emergente	43
3.5.1. Un mundo mecánico	43
3.5.2. Hazard	46
3.5.3. En los límites	47
3.5.4. Actualmente	48
3.5.5. Cueva de memoria	49
4. REFERENTES ARTÍSTICOS	51

5. PRÁCTICA	55
5.1. Software y sistema informático	56
5.2. Máquina sensible	56
5.3. La cueva generada	60
5.4. Render Pipeline	63
5.5. Sonido, movimiento y tiempo	64
5.6. Materiales mutables	66
5.7. Cronograma	68
6. CONCLUSIONES	69
6.1. Rigidez y expresividad	69
6.2. Medios y capas	71
6.3. Traducción masiva	71
6.4. URP y HDRP	72
6.5. Futuros desarrollos	73
6.6. Ecos	74
Índice de figuras	75
Bibliografía	78

1. INTRODUCCIÓN

Abrigos, cuevas y cavernas constituyen espacios inmersivos primigenios. Estos lugares son entornos con características para una percepción sensible muy concreta. Al entrar en una cueva se experimenta un cambio de contexto sensorial y la ceguera inicial contribuye a la agudización de otros sentidos. De entre ellos, sobresale principalmente el auditivo. En estos espacios los sonidos reverberan, generan ecos y se comportan, en definitiva, de un modo particular, muy diferente a los espacios abiertos del exterior, donde el sonido se aleja y disipa. Cuando el sonido se apaga, el silencio vuelve a surgir, como surge la oscuridad cuando la luz le da paso. La morfología de ese espacio—contenedor y contexto— determina en cierta medida la percepción de los diferentes estímulos sensibles que se suceden. No es extraño, en definitiva, que estos lugares emplazaran los primeros sistemas de representación.

Tomando la idea de cueva como espacio se pretende profundizar en los conceptos operantes de la generación de espacios de ilusión mediante tecnologías digitales y la relación triangular establecida entre el usuario, la obra y el artista. Para ello se elaborará un sistema inmersivo que responde a los estímulos sonoros y los transforma en estímulos visuales que modificarán el espacio virtual.

Este trabajo se conecta con la larga búsqueda en el intento de la materialización de lo abstracto —enmarcado en la visualización sonidos— que se remonta a los primeros intentos de confluencia entre pintura y música del artista Arcimboldo (Lucassen, 2008, p.2) al *Clavecín Ocular* de Castel (Moritz, 1997) que abriría paso a todos los sucesivos órganos de color (Peacock, 1988). Continuando por los experimentos de abstracción animada apoyados en el uso del cine y enlazado, finalmente, con el uso y la potencia tecnológica de los gráficos computarizados en algunas prácticas audiovisuales del live cinema (Makela, 2006), los videojuegos o arte digital en tiempo real.

1.1. Los mitos de la caverna

Tal vez ese concepto de espacio-refugio —de *Primer Hogar*— ha perdurado en el imaginario de numerosas culturas que cuentan con la cueva como un entorno protagonista de muchas de sus historias. La elevada cantidad de cuevas dispersas por la orografía, junto a su uso ancestral y su ubicación masiva, hacen que podamos encontrar historias locales a lo largo del planeta.

Algunas de esas historias, vagando y repitiéndose, mutando y adaptándose por los pueblos y las diferentes culturas, versan sobre cuevas habitadas por monstruos a los que uno se tiene que enfrentar, otras sobre extraños seres mitológicos, peligrosos o mágicos. Cuevas donde guardar un secreto o un tesoro, o como portales por las que acceder a otros mundos.

Según estas historias, la cueva no es sólo un refugio y cobijo de los peligros externos, sino también un espacio de conexión con lo mítico y cargado de simbolismo ancestral. Desde esa perspectiva, el vínculo entre lo representado y la representación cobra una dimensión mágica y parte de la realidad se transmuta. Una dimensión que “conforma un constructo simbólico, un universo geohistórico ficcional autoconsistente” (Eloy Martos Núñez, 2015, p.89).

En el periodo clásico encontramos dos historias relevantes para este trabajo. La primera de ellas es el llamado mito de la caverna de Platón (Ferrater Mora, 1997), aunque en realidad es una alegoría del conocimiento. En ella, Sócrates —en la escritura de Platón— se imagina a unos prisioneros encadenados en lo profundo de una caverna y unos objetos, manipulados por otras personas, que proyectan unas sombras en la pared. Para estos prisioneros, las sombras son el mundo que pueden percibir y, por lo tanto, determinar como real.

La historia continúa sugiriendo que, si uno de estos prisioneros lograra desencadenarse y ascender hasta salir de la cueva, comprendería que lo que han estado viendo hasta ahora no eran más que proyecciones deformadas y manipuladas. Al salir de un entorno oscuro, el sol cegaría momentáneamente su mirada, es decir, ese conocimiento habría supuesto un coste.

En la alegoría —continúa Platón— si este prisionero ya acostumbrado a la luz del sol volviera y dijera a los prisioneros, aún encadenados, que lo que están viendo no es real, éstos no solo no le creerían o se burlarían, sino que intentarían incluso matarlo. Una clara alusión al destino que sufrió Sócrates.

La alegoría está repleta de metáforas sobre los postulados filosóficos, epistémicos y políticos de Platón y, en efecto, se pueden obtener algunas conexiones con este proyecto. Tal como afirma García Gual, “los mitos, como Platón sabe muy bien, tienen un encanto propio y uno puede admitirlos así, como un hechizo seductor, y aceptarlos como una forma de encantamiento” (Platón, 1986, p.21). Como ese encantamiento se conecta con este proyecto: en él somos prisioneros en un lugar cavernoso con luminarias generando sombras, proyecciones y luces.

Sin embargo, lo que Platón en cierto modo desprecia —el mundo sensible— por irreal y manipulado, está presente de forma decidida en este proyecto. Es, en este sentido, un mecanismo epicúreo que abraza el placer sensible al tiempo que proporciona la evidencia de esa manipulación platónica, pues es el usuario el creador de las actuales a través de las esferas luminosas —que Platón asemeja a la sabiduría— y que son construidas a través de sus palabras y sonidos en un proceso enunciativo.

La otra historia sobre la que se fundamenta este proyecto es más antigua y aparece en la Odisea de Homero. En ella se narra que cuando Odiseo —que tras naufragar su barco se hallaba a la deriva— llegó a la isla donde vivía Calipso, ésta lo hospedó en su gran cueva y lo agasajó con manjares, bebida y su propio lecho. Y allí lo retuvo prisionero durante varios años: “hallábase detenido en hueca gruta por Calipso” (Homero, 2018).

Aunque en un primer momento Odiseo resulta conmovido por los encantos de la ninfa, poco a poco se sume en la melancolía y en el deseo de volver a Ítaca junto con su esposa, Penélope, incluso renunciando a la inmortalidad ofrecida por Calipso.



Figura 1: Brueghel (1625). *A Fantastic cave with Odysseus and Calypso*. Londres, Colección privada.



Figura 2: Böcklin (1882). *Ulysses and Calypso*. Basilea, Kunstmuseum.

En efecto, el personaje de Calipso referencia directamente al nombre de este proyecto, al que llegamos a través del acrónimo de cueva de luz y sonido: CAve of Light and SOund.

Consideramos que ambas historias ofrecen un sustrato conceptual al proyecto. Por una parte, no se niega su naturaleza estética, en cuanto a la invitación a utilizar el mundo sensible, a través de la luz, los colores, los sonidos y en un entorno confortable al que referencia la cueva. Sin embargo, podemos apreciar también la reticencia a permanecer en ese mundo de placeres sensibles, sin un enfrentamiento al mundo de las ideas, la reflexión y el conocimiento. A lo que Platón consideraba lo real en su alegoría. Sin esa mirada, en cierto sentido somos igual de prisioneros de un mundo de sombras como lo fue Odiseo de Calipso.

1.2. Descripción

El proyecto consiste en la elaboración de un sistema audiovisual cuya representación se asemeja a una caverna virtual formada por elementos interactivos que modifican sus características en función de estímulos sonoros recibidos junto a una serie de condicionamientos programados.

Los elementos reactivos de la escena están constituidos por elementos virtuales — monolitos a modo de estalactitas y estalagmitas, y esferas luminosas— que transitan por la escena en función de su composición. Ésta se determina tras el análisis del sonido recogido por un micrófono o por cualquier otra señal de audio. En función de sus cualidades, las esferas interactuarán con los elementos de la caverna transfiriendo las características que portan y modificando en la colisión su morfología, color y luminosidad.

Adicionalmente, la colisión provocará una reproducción de los sonidos que los monolitos ya poseen provenientes de colisiones anteriores lo que desencadenará resultados emergentes materializados tanto en la morfología estética del espacio virtual como en el paisaje sonoro resultante.

Por otra parte, cada elemento sensible del escenario contiene una serie de parámetros programados que facilitan su desarrollo, crecimiento, volumen o, por el contrario, su vuelta a un estado latente.

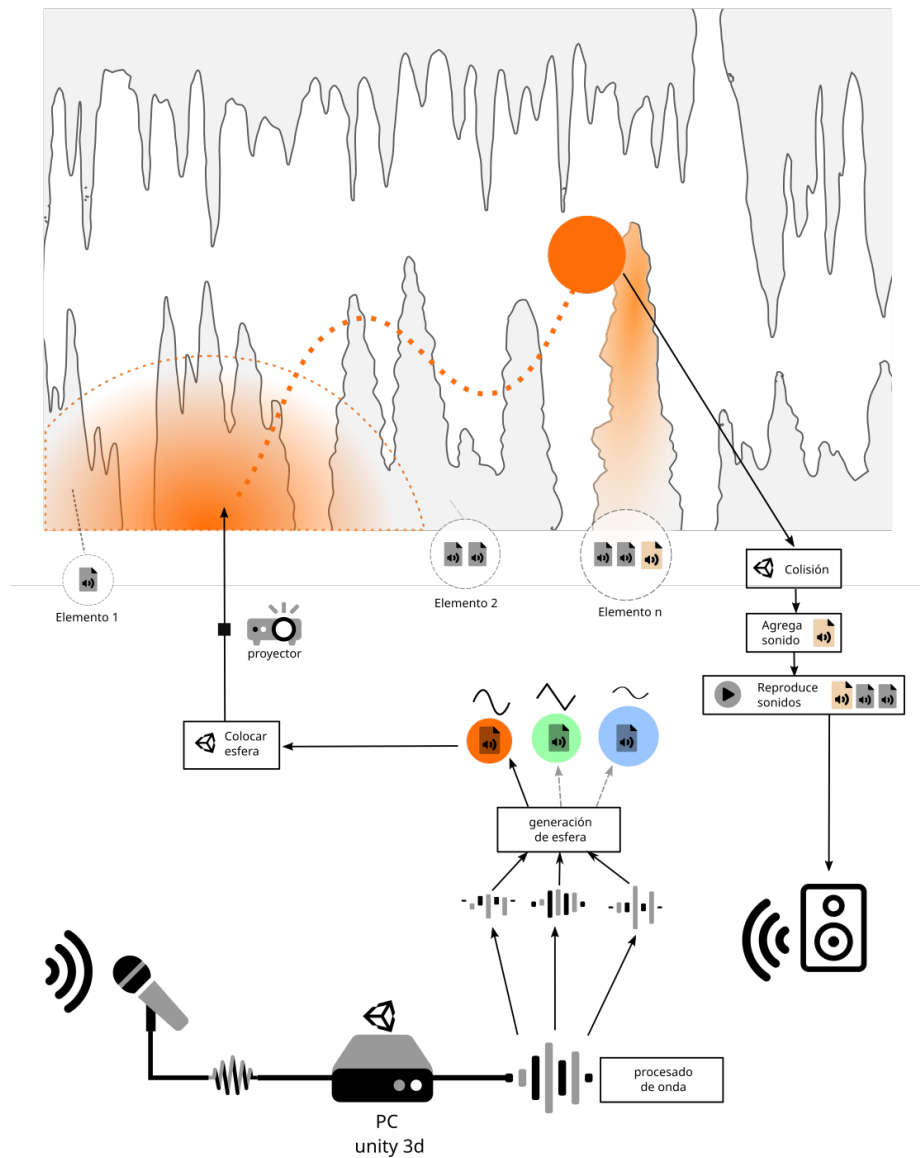


Figura 3: Descripción del funcionamiento de CALipSO

Se intenta aunar estrategias expresivas —basadas en la inmersión e interacción— para establecer un diálogo entre el entorno virtualizado, la percepción sinestésica y la reproducción de sonidos anteriores para la generación de un espacio visual y sonoro emergente. Tomando estas ideas como marco conceptual se elabora *CALIpSO*, un sistema audiovisual —o instrumento— que se alimenta de los estímulos que le provee otro sistema, en este caso, biológico. Ambos sistemas —orgánico y maquina— se convierten en seres sensibles recíprocos que reciben, copian y envían estímulos que alteran sus cualidades.

El sistema está desarrollado para nutrirse e interactuar con sonidos biológicos, pero puede hacerlo también de otros sonidos no biológicos para generar sistemas complejos de retroalimentación ya que el proyecto no se aborda desde la óptica de la subyugación de un sistema frente a otro. Ambos están al mismo nivel porque entre ambos se establece un diálogo transformador más allá de la mediación. Tal como indica Deleuze, no se trata de mediar. "Se trata, por el contrario, de producir en la obra un movimiento capaz de conmover al espíritu fuera de toda representación; se trata de hacer del movimiento mismo una obra, sin interposición" (Deleuze, 2009, 31).

Su interfaz es multisensorial de nivel generativo, lo que produce comportamientos emergentes que se manifiestan tanto en la forma de la caverna —los elementos modifican su morfología— como en el aspecto auditivo, ya que los diferentes choques reproducirán sonidos no predeterminados. El enfoque está orientado al usuario, con un nivel de interacción principalmente sinestésica cuyo estilo de manipulación es indirecta.

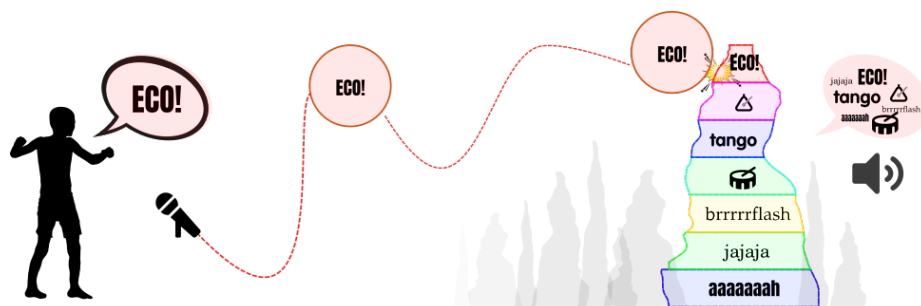


Figura 4: Descripción del funcionamiento de *CALIpSO*

1.3. Motivaciones

Según describe la guía del estudiante, "el Trabajo Final de Máster consiste en la realización de un proyecto original en el que queden de manifiesto los conocimientos y habilidades adquiridos durante el periodo de docencia" (MAVM, 2021). Tiendo presente esta cuestión, la razón principal en la elección de este proyecto reside en la posibilidad de confluencia de diferentes materias, técnicas y estrategias: programación generativa, código creativo, creación de entornos en tiempo real, interfaces o la utilización de sonido como piezas operantes interconectadas que conforman un sistema de naturaleza emergente.

En este sentido, el proyecto supone una oportunidad para profundizar en algunos conceptos desde ámbitos tanto teóricos como prácticos y reflexionar sobre las relaciones que subyacen entre ellos.

El proceso alterno —teórico y práctico— permite abordar las diferentes cuestiones partiendo de postulados teóricos que deben ser revisados conforme la materialización va desarrollándose. Dicho de otro modo, la obra genera preguntas por su condición material que, a su vez, han sido determinantes para su condición material. Una retroalimentación epistémica que constituye la estructura de aproximación a este trabajo.

La elección de algunas tecnologías y conceptos responde a una voluntad por abandonar áreas de confort estéticas y técnicas y afrontar campos teóricos y técnicos poco explorados por el autor, como los apartados sonoros y su procesado, etc.

Finalmente, su naturaleza modular es propicia para incorporar nuevos elementos en el futuro lo que, de nuevo, generará nuevas interrelaciones y éstas, nuevas cuestiones que abordar.

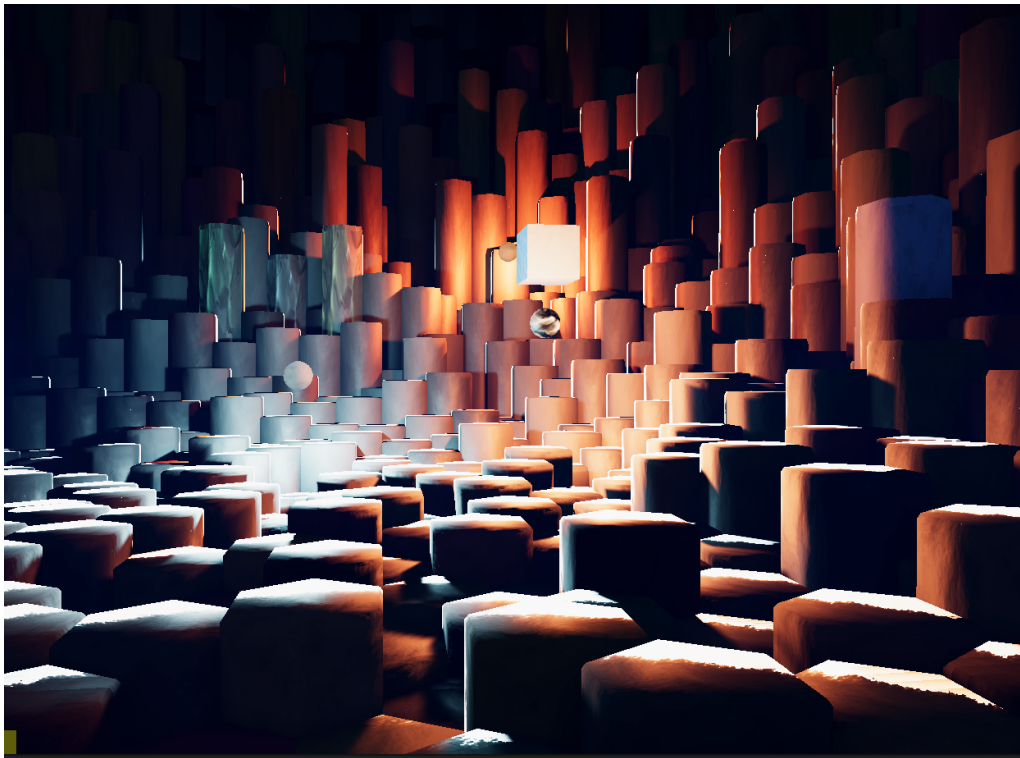


Figura 5: Captura de CALipSO en sus etapas finales.

2. OBJETIVOS

Teniendo en cuenta las motivaciones del proyecto que establecen un punto de partida, se identifican tres objetivos principales en función del enfoque aplicado que se detallan a continuación.

2.1. Centrado en el usuario

El objetivo principal desde el punto de vista del usuario es la experiencia que conducirá a la reflexión. Un objetivo que enuncia Fontcuberta en sus Notas sobre la post-fotografía, “ya no se trata de producir obras sino de prescribir sentidos” (Fontcuberta, 2018, p.39). Esta experiencia es proporcionada por el sistema a través de la interacción, visualización y la escucha.

Los efectos sinestésicos producidos al traducir tanto sonidos a colores y formas como, al contrario, traducir colores a sonidos proporcionan una experiencia de materialidad, de hacer visible lo invisible o de revelar propiedades estéticas ocultas.

Por otra parte, se denomina al sistema como interactivo, en una consideración expansiva ya que los diferentes mensajes se relacionan con un número de mensajes anteriores y con la relación entre ellos. Es decir, el mensaje —encarnado en la esfera luminosa— afecta y se relaciona con los mensajes anteriores y sólo se es capaz de acceder a ellos dejando nuevos mensajes para futuros emisores.

Contiene objetivos secundarios relacionados con la escucha, el valor de los silencios, la visualización del volumen como actos sinestésicos, etc. Formas de aprendizaje indirecto sobre la materialidad de los sonidos, el diálogo establecido entre ellos y las formas que generan. Todo ello con el aprovechamiento simbólico que lleva asociado el entorno de recogimiento e inmersión representado por la caverna.

2.2. Centrado en el autor

Este proyecto se fundamenta en el contexto académico del Máster en Artes Visuales y Multimedia de la Universidad Politécnica de Valencia. Un contexto que alienta a la experimentación, la investigación y a la multidisciplinariedad. Ese contexto es relevante para la constitución de este trabajo. Más allá de los intereses propios, el trabajo intenta una exploración sobre recursos estéticos y técnicos en los que el autor no había profundizado previamente y su incorporación al sistema. El uso de sonido capturado de la realidad como material estético con el que interactuar, que sale de los ámbitos de interés del autor ejemplifica esta cuestión.

En el apartado técnico, también se abordan tecnologías no muy conocidas para el autor, como el uso de Unity3d como software de creación sinestésica y, por lo tanto, el aprendizaje y profundización de C# como lenguaje de programación fundamental para el proyecto, o el procesamiento en tiempo real del sonido —su datificación— además del equilibrio que un sistema emergente debe cumplir para su correcto funcionamiento. El proyecto, pues, supone un reto técnico y formula preguntas que se plantean en la medida en la que se transita el camino de la creación material y que sólo pueden ser respondidas precisamente transitándolo.

2.3. Centrado en el sistema

Desde el punto de vista de la investigación generativa, el objetivo principal consiste en la creación de un sistema balanceado y sostenible que provea de estímulos más o menos relevantes al usuario, pero también que sea capaz de autogestionar los estímulos, los recursos y los elementos.

La búsqueda de espacios morfológicos diferenciados parte de la sospecha —y el intento de resolución a través de este proyecto— de que un sistema en tiempo real puede ser utilizado para generar una sinestesia inmediata y una experiencia directa, pero también como resultado de un proceso de representación finalista que supone, en última instancia, un sistema más o menos complejo de visualización de datos.

3. METODOLOGÍA Y PERSPECTIVA

3.1. Eco y reverberación

Los procedimientos teóricos que se han establecido desde ciertos ámbitos de la ciencia y su supremacía en los campos de la epistemología y la ontología que han ejercido sobre todos los campos del saber, han contribuido a fijar una visión monolítica sobre dichos procedimientos. No son pocas las voces que reflexionan sobre la utilidad o la oportunidad de los métodos científicos aplicados a las ciencias sociales o cómo éstas intentan, en muchos casos, imitar las características de otras disciplinas científicas para dotarse de una verosimilitud forzada. Como ejemplo, Glynos and Stavrakakis (2002) estudian y critican el uso de las matemáticas por parte de Lacan.

Por otra parte, la rigidez formal de la academia parece adecuada para proporcionar conocimiento interdisciplinar. Este trabajo pretende desarrollarse utilizando la formalidad académica, pero sin rechazar el uso de recursos o perspectivas tradicionalmente vinculados a las artes, como la metáfora, la referencia, la vibración. Métodos y modos que aúnen pensamiento operativo y emergente.

En esta línea, Sokal y Bricmont afirman que “Indeed, in certain cases the ‘science’ is undoubtedly intended metaphorically; but what is the purpose of these metaphors? After all, a metaphor is usually employed to clarify an unfamiliar concept by relating it to a more familiar one, not the reverse” (Sokal, 2003, p.9).

Las metáforas no solo sirven para explicar conceptos poco familiares, sino para desplegar mapas mentales con conexiones definidas que definen una estructura cuya importancia, para la corriente de pensamiento estructuralista, es determinante para proporcionar conocimiento.

Manuel Lima (2011) traza un análisis sobre la evolución en la visualización de ideas, primero a través de la metáfora del árbol, con sus ramas y troncos, y luego hacia la visualización de redes. Esas metáforas parecen acompañar el contexto social y cultural que las crea: de un mundo esencialmente natural a uno esencialmente sintético, y cada vez son más expansivas. Del árbol que forma el bosque a las redes que lo cubren todo (Lima, 2015). La visualización de estos nodos —sea mental o material— constituye en sí misma un lenguaje y, como tal, está sujeto a perspectivas y visiones, a retórica.

Estructuras complejas que determinan nuestra forma de pensamiento: abstracción y reducción, separación artificial y simplificación. ¿Podemos escapar de la prisión intelectual de la estructura? Manovich piensa que es difícil pensar fuera de la barrera conceptual impuesta por la categorización (2018), y si no podemos escapar de las categorías, es conveniente ser consciente, definir y utilizar una determinada estructura —la elección de la llama que alumbra el objeto de estudio— que ofrezca una perspectiva propia y singular en la aproximación a ese objeto. Bajo este prisma, la obra debe contemplarse como lo que es, pero también como lo que podría ser, si en lugar de un contexto se utiliza otro, si en lugar de un elemento, se imagina otro. La obra generativa contempla las infinitas posibilidades encerradas dentro del campo propuesto, la imaginación aún prolonga más allá de sus costuras la obra y la dota, tal como describe Benjamin (1996, p.337) a propósito de las traducciones, como una nueva floración de su existencia.

La metáfora propuesta se expande y rebota. A la vez es introspectiva y expansiva. Cíclica. Remezcla conceptos que hablan de sí mismos al tiempo que generan ecos de otros, más lejanos. Se auto cita. Algunos conceptos despliegan estructuras sobre los que otros chocan, modifican o pierden sus cualidades a medida que se alejan de las fuentes. Los ecos son bucles que resuenan en frecuencias diferentes en función de los conceptos acumulados, pero también del sujeto, que las completa con sus propias experiencias pasadas: sus propios ecos. La responsabilidad es, por tanto, compartida entre la obra, el autor, el proyecto, el lector... entre cualquiera de las partes que operan de una u otra forma con la obra.

Este trabajo toma la idea de máquina humana como verdadero modelo ontológico que establece La Ferla y su relación con otros sistemas que “ubicaría al hombre en otro lugar con respecto a la creación artística y simbólica” (2009, p.35).

Se aplica, pues, esa perspectiva semántica, maquinal y mutable, por la cual los marcos referenciales establecen una estructura contextual en la que los diferentes conceptos rebotan, se alejan, se mezclan, chocan e interaccionan, y dan lugar a nuevas conexiones. Una suerte de meta realidad o juego de espejos conceptual por el cual el sistema construido enuncia tanto su composición primordial —en base a un espacio de representación virtual— como aquello de lo que se nutre.

Tal como lo describe Gadamer,

“El mundo existe como horizonte. *Horizonte* evoca la experiencia viva que todos conocemos. La mirada está dirigida hacia el infinito de la lejanía, y este infinito retrocede ante nosotros con cada esfuerzo, por grande que este sea, y con cada paso, por grande que sea, se abren siempre nuevos horizontes. El mundo es en este sentido para nosotros un espacio sin límites en medio del cual estamos y buscamos nuestra modesta orientación” (1998, p.118).

Esta perspectiva constituye un modo de aproximarse a una realidad que se antoja infinita, pues todas las miradas sobre ella lo son, y ofrecer una orientación sobre un horizonte concreto es, al tiempo, transitarlo y seguir viéndolo a lo lejos.

3.2. Metodología

La metodología utilizada en este trabajo esta basada en la interpretación y análisis de diferentes textos dentro del marco referencial propuesto lo que constituye una investigación cualitativa. El proyecto se elabora siguiendo unas premisas establecidas por los objetivos, que son analizadas durante el proceso material con el fin de establecer una serie de conclusiones. A lo largo del proceso, se tomarán diferentes muestras — imágenes, vídeos y código— que constituirán una base del camino técnico trazado para la consecución de los objetivos marcados.

Por otra parte, la elaboración del proyecto sigue las metodologías basadas en las perspectivas operativas de Alcina Franch (Alcina, 1998, p.43-59), que concibe la obra de arte como un sistema compuesto de subsistemas. Desde este punto de vista, podemos identificar tres subsistemas fundamentales para analizar sus propiedades, sus relaciones y sus consecuencias.

Estos subsistemas son: el espacio inmersivo, el sistema sinestésico producido por la traducción de sentidos y, finalmente, los procesos emergentes obtenidos de las interacciones anteriores.

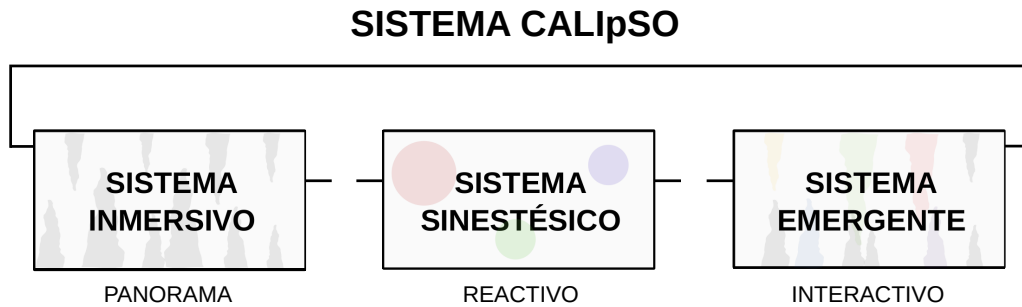


Figura 6: Subsistemas básicos de CALIpSO.

Cada uno de los procesos suponen campos de conocimiento extensos que, por sí mismos, requerirían análisis mucho más detallados de lo que este estudio permite. Por ello, se considera importante enmarcar referencialmente cada uno de estos subsistemas y establecer las ideas más relevantes para el conocimiento de la obra o las relaciones entre módulos, pero sólo se apuntarán o se dejarán abiertas otras cuestiones que podrían ser abordadas en posteriores investigaciones.

Por otra parte, los módulos se interconectan y algunas de sus propiedades podrían ser intercambiadas. Están concebidos como piezas que se retroalimentan y que unidas componen un sistema mayor abierto a nuevos módulos o a una variación de sus propiedades y características individuales.

3.3. Sistema inmersivo

3.3.1. La cueva ancestral

Las cuevas rupestres albergan algunas de las primeras manifestaciones culturales conocidas que, gracias a la protección natural de su entorno, han llegado hasta nuestros días. A excepción de restos en pequeñas tallas en huesos o piedras, desconocemos si los primeros moradores de esas cuevas utilizaban otros medios para manifestar su cultura. En gran medida, el ejercicio intelectual que podemos hacer para abordar esa época y conectarla con nuestros intereses es especulativo. Los vestigios materiales que han llegado hasta nuestros días pueden ofrecer pistas para imaginar cómo fueron diseñadas esas figuras o esos dibujos, en qué circunstancias fueron pintadas y, en definitiva, qué motivación tenían para generar esas manifestaciones materiales. Aunque resulte evidente, es conveniente tener presente que todas estas manifestaciones culturales, por elementales que sean, requieren de una tecnología. Necesitaban ya de un dispositivo técnico (Dubois, 2001, p.18).

Podemos imaginar cómo serían esos espacios: oscuros, fríos y húmedos. En ocasiones se escucharían sonidos de agua, goteando por sus paredes o fluyendo por lejanos ríos subterráneos. Como bocas abiertas en la tierra, sus estructuras calcáreas parecerían dientes y sin embargo, eran lugares seguros para sus moradores.

Esa dimensión acogedora y protectora del espacio ha calado a nivel cultural en el imaginario de multitud de culturas como se observa en las numerosas historias, mitos y leyendas, pero también a nivel biológico, condicionando las estructuras de los cerebros ancestrales y por lo tanto su capacidad de percibir e interactuar con la realidad.

Los homínidos, pobladores de esas cuevas en el paleolítico, experimentarían esos lugares de una forma muy diferente a la manera que las podemos percibir hoy en día. La utilización de hogueras como forma de iluminación provocaría no sólo una luminosidad variable —lo que favorece que las representaciones cobren vida (Bower, 2012, p.29)— sino también una sincronidad entre el sonido del fuego —el crepitar de la madera al combustionar— y los chispazos lumínicos provocados por el chisporroteo de las llamas. Las pequeñas hogueras, en su combustión, desprenderían llamaradas irregulares cuya luz impactaría sobre las paredes irregulares de la caverna. Esa experiencia audiovisual prehistórica generaría la percepción de formas, figuras y patrones en las paredes de la cueva —pareidolias— lo que provocarían diferentes ideas emergentes. Un efecto conocido como *apofenia*— que conduciría directamente a la búsqueda de una explicación mística de esas experiencias —algo conocido con el término de *hierofanía*.

La evolución de nuestras capacidades en base a las circunstancias y el medio propuesto para sobrevivir han modificado nuestra percepción de forma constante y, uno de los fenómenos o consecuencias tiene que ver con la capacidad de los diferentes seres dotados de nervios ópticos para reconocer patrones. Durante el periodo cámbrico, los diferentes organismos desarrollaron varias tecnologías biológicas para determinar de forma sensible los elementos que les rodeaban. Para Alonso “El sentido primordial pudo ser una respuesta al estrés mecánico sufrido por la membrana lipídica que rodea a la célula. Cualquier fuerza física que desplazara la membrana primordial pudo constituir el primer estímulo externo que las células comenzaran a sentir” (2019).

En ese contexto visual era importante conocer la cantidad de luz, la radiación que ésta podría generar para alterar su composición química, etc. Procesos que se incorporaban como automatismos al sistema vida. La adaptabilidad a un medio hostil imperaba y las modificaciones genéticas ofrecían mejores posibilidades de supervivencia y descendencia.

Posteriormente, con el florecimiento de organismos pluricelulares comienza una carrera biológica para determinar con mayor precisión quién puede ser un enemigo que pueda devorarte o quién puede ser una presa a quien devorar. Este aspecto es importante porque es en el contexto visual cuando comienza a dibujarse de una manera inequívoca el concepto de *otro* y *yo*: lo que puedo percibir fuera de mí es *lo otro* mientras que el resto soy *yo*.

En el ámbito de *CALIpSO*, esta idea es importante para interpretar el acto de creación. Una creación vinculada profundamente al usuario —a través de su voz— que consiga, a través del sistema, una entidad propia. La voz es considerada como parte esencial de uno mismo. Los griegos usaban el término *logos* para referirse a la mente, a la razón o la sabiduría.

Para la cultura cristiana, Dios creó el universo a través de la palabra. El medio para hacerlo es la voz y ese es el poder de la voluntad creadora. Ese poder se encarna en la figura de Jesús. “El Verbo *logos* se hace carne” (Hebreos 4:15) y este proceso condensa esa voz —como trasunto de la divinidad— en algo material.

El proceso que desencadena nuestro sistema es inverso: convierte el *yo* en *lo otro*. Un fenómeno estudiado desde el ámbito de la psicología, especialmente desde el psicoanálisis al que aludiremos posteriormente.

En paralelo a este fenómeno psicológico, la guerra biológica cámbrica determina y modifica el espacio material: entorno y cerebro, biología emergentes favorecidas por la carrera darwinista que resuenan como ecos en la estructura de *CALIpSO*.

3.3.2. Abstracción modelada

El reconocimiento de ese *otro* —y la velocidad para hacerlo— en esa etapa superhostil es determinante para la supervivencia lo que obliga al cerebro a tomar atajos para averiguar si aquello que se ve es peligroso. Esa característica de reconocimiento de patrones, o de reconocimiento de *el otro* a través de sus características físicas, supone una ventaja clara, pero como consecuencia, el cerebro puede provocar falsos positivos. Ejemplificado de forma concisa: identificar en la textura irregular de una pared los ojos de un depredador.

Continuando este hilo, volvamos a imaginar el espacio oscuro —casi orgánico— de una cueva prehistórica, y podemos especular cómo la luz tintineante de las hogueras provoca ciertos patrones en las paredes. Estos patrones, junto con el sonido propio que las hogueras, generarían pareidolias que podrían ser interpretadas a través del reconocimiento de patrones con seres, figuras o formas más o menos abstractas e interpretadas en la relación entre el mundo sensible, y el simbólico o mítico construido de forma más o menos reciente.

Existen diversas teorías sobre la reconstrucción sensible de la realidad en base a los patrones. La *Comparación de plantillas* explica que los objetos percibidos son guardados en la memoria (como una plantilla) que posteriormente será comparada con otras. En una línea parecida, la conciencia de prototipos propone la comparación de las plantillas con prototipos, elaborados en base a las propiedades similares entre plantillas adquiridas. Por su parte la teoría de detección de características propone que un grupo de neuronas específico se encarga de detectar las características de lo percibido.

Este proceso se mejora con el tiempo y se alcanza, así, el reconocimiento de características más complejas. En otro orden, las teorías de reconocimiento por componentes proponen la descomposición de los elementos en formas sencillas, denominadas *geones*. Una teoría que puede compararse con el reconocimiento del lenguaje, en cuyo caso los geones serían fonemas.

Por otra parte, los procesos ascendente y descendente proponen una explicación al proceso de reconocimiento. Mientras que en el descendente se intenta elaborar una hipotética reconstrucción por falta de datos con datos anteriores, el ascendente se opone sugiriendo que la percepción es directa.

En el proyecto se trabajará teniendo en cuenta los planteamientos de reconocimiento de patrones descendentes por su similitud al sistema propuesto, tanto técnica como conceptualmente. Tal como afirma Goldstein “Top-down processing always begins with a person’s previous knowledge, and forecasts due to this already acquired knowledge” (Goldstein, 2014).

Según este planteamiento, la recomposición cuando se experimentan los patrones abstractos tiende a la figuración. El cerebro reconstruye una realidad abstracta en base a unos estímulos provocados por un entorno orgánico, recibidos y procesados en un ejercicio de traducción e interpretación, cuyos procesos pueden ser similares a los plasmados en los entornos informáticos como veremos posteriormente.

Esos conceptos de reconstrucción también están condicionados por el movimiento. Así, volviendo a la cueva, las pinturas rupestres transformadas por el fuego de las hogueras y potenciada por los sonidos del chisporroteo de la madera, cobrarían *vida*. Se moverían y parecerían correr, huir, o estar quietas, y generarían sombras igualmente animadas en base a la cadencia caprichosa marcada por la combustión de las fogatas. La idea de iluminación variable es importante para el sistema ya que el movimiento de las sombras está articulado por los sonidos del usuario y su incidencia en el espacio virtual genera una retroalimentación audiovisual.

Esas luces son concebidas como dispositivos primigenios de proyección. Un recurso narrativo, teatral e inmersivo con la capacidad de trasladarnos de forma mágica, desde el espacio y el tiempo actual a otros, remotos y etéreos. Son lugares plasmados por la sombra y la luz, sugeridos por la narración y completados por la imaginación. Una técnica —la del teatro de sombras— que comienza a usarse en China e India (Lehrer, 2021) alrededor del año 9.800 del calendario holoceno¹ con la utilización de figuras policromadas para, mediante la proyección de sus sombras, contar historias. Unas pocas referencias, en forma de sombras, movimiento y sonidos, son suficientes para trasladarnos, mediante la imaginación, al universo de lo narrado. Esta técnica desembocará —a través de decenas de enriquecimientos tecnológicos— en el cine como dispositivo cultural culminante de la imagen proyectada.

¹Equivalente al año 200 a.c. del calendario gregoriano.

La conexión entre la imagen proyectada y la imagen real no responde a un paradigma técnico. Se produce una conexión puramente estética. Tal como apunta Giannetti, “Whether the computer has proceeded from real numbered objects or mathematically described objects, the image that appears on the screen no longer has, technically, no direct relation to any preexisting reality (Giannetti, 2002, p.161). Como después se tratará, esta es una idea que sucede en los ámbitos de traducción imagen-sonido, o en los procesos de digitalización.

Por otra parte, la disposición de la cámara virtual, en un punto fijo de la caverna —que impide que el usuario pueda moverse por el espacio— evoca los orígenes del cine cuando, por cuestiones técnicas, la cámara estaba forzada a permanecer en un punto fijo. Lo que Deleuze (1984, p.42) llama *imagen-en-movimiento* frente a la *imagen-movimiento* que vendrá posteriormente con el uso del movimiento de cámara y el corte. Será la iluminación y el movimiento de los elementos los encargados de generar ese espacio virtual.

3.3.3. Espacio interpuesto y espacio reemplazado

El sistema *CALIpSO* está diseñado para representar un espacio inmersivo virtual cuya ilusión de realidad es provocada por la coherencia de sus estructuras formales: perspectiva, iluminación, forma, tridimensionalidad y movimiento.

Si atendemos a la noción de inmersión de Kurt Vanhoutte y Nele Wynants cuando dicen que el usuario “embodies the narrative environment by controlling both an individual viewing position in relation to the image and the dimensions of the image itself” (Bay-Cheng, 2010, p.47), se llega a la conclusión de que el sistema propuesto no cumpliría los términos modernos atribuidos al concepto de inmersión. La cantidad de inmersión sería tan solo un poco mayor a la que tendrían los espacios históricos de inmersión: un gran mural o una pintura que abarcara el ángulo completo de visión. Esa cantidad adicional de inmersión vendría ofrecida por las propiedades que carecen éstos espacios históricos, principalmente el movimiento y el sonido.

Sería correcto, pues, hablar de *panorama inmersivo*: una ventana técnica a una realidad virtualizada cuyo poder (de sensibilidad, conexión, reflexión...) viene siendo utilizado desde los comienzos culturales de la humanidad.

En este sentido se seguirá el principio de inmersión definido por Grau que consiste en “to conceal the appearance of the actual illusion medium by keeping it beneath the perceptie threshold of the observer to maximize the intensity of the messages that are being conveyed” (2003, p.340). De esta manera, concluye Grau, el medio se vuelve invisible.

Mientras que en los espacios tradicionales de ilusión —de los frescos romanos o griegos a los grandes cuadros neoclásicos— se niega el espacio mediante la interposición de elementos (los frescos interfieren en la visión de las paredes), en el caso de la proyección, la negación del medio se produce mediante la supresión lumínica del espacio, o dicho de forma más precisa, se produce un enfoque selectivo de luz, lo que requiere que el resto del espacio permanezca en penumbra.

Es obvio que ambas tecnologías referencian a espacios de ilusión diferenciados que derivan en la pintura y el cine. La Realidad Virtual, por su parte, supondría una mezcla de ambas, pues tanto se niega el espacio por interferencia, como se focaliza la luz proyectada.



Figura 7: Imagen virtual proyectada sobre la cueva virtual proyectada.

CALIpSO utiliza un proyector para iluminar el espacio y mostrar su virtualidad en referencia a la iluminación de la caverna, pero su concepción formal modular permitiría reemplazar la proyección por otros sistemas, como cascos de realidad virtual y obtener, así, otras experiencias espaciales. A través de diferentes pruebas se ha proyectado una imagen virtual de *CALIpSO* sobre una cueva virtual que, a su vez, sería proyectada en un espacio. Este juego de ecos, de fragmentación y reverberación está presente a través de diferentes niveles en este proyecto.

La alteración de los espacios cobra una dimensión nueva en los entornos virtuales digitales. Para Virilio el espacio queda reemplazado por el tiempo y ya no distingue entre el tiempo real y la inmediatez (Virilio, 1995). Cuando en una demostración de realidad virtual, Alex Kipman pregunta a su interlocutor dónde se encuentra, éste responde que al otro lado de la calle, en Marte, y también en el escenario de la charla (Kipman, 2016). Los espacios se vuelven ubicuos en favor de los tiempos. El aquí y ahora de Benjamin (Ballester et al., 2017) prescinde del aquí, porque los espacios son reemplazados por el tiempo en el caso de la comunicación en tiempo real. La costumbre vuelve invisibles a los dispositivos que se diluyen en el tejido de la vida diaria (Weiser, 1999, p.1), que “desaparecen de la vista al volverse cada vez más pequeños, portátiles y sociales” (Wilke, 2015, p.3).

También los medios de creación intentan ocultarse. El medio se remedia una y otra vez para quedar diluido. Se suelen utilizar programas con interfaces que ocultan procedimientos, los lenguajes de programación suelen tener bibliotecas de funciones cuyos procesos, aunque pueden ser visibles, quedan ocultos bajo la propia función. El nivel de abstracción aumenta y el código, una vez compilado, se remedia por última vez para ser ejecutado y transformado en su última etapa de abstracción. Procesos que llegan a la metáfora, cada vez más autorreferenciadora. Un ejemplo de esta idea es el icono de guardado que, por costumbre, utiliza un diskette de $3^{1/2}$. Una referencia a una tecnología obsoleta cuyo símbolo solo sobrevive precisamente por su uso referencial. Su imagen y su función —su producto— ha sobrevivido a su ser materialidad.

Mientras que las neovanguardias mostraban el signo y abrazaban la comunicación de su propia estructura y la presentaban desnuda, el arte digital oculta el código y los mecanismos. El código ya no pertenece al diálogo entre seres mecánicos y biológicos, que interactúan ya solo entre sus productos. El diseño de la interfaz esconde los secretos de los medios y causa una ilusión de control (Wilke, 2015, p.39). Incluso el intento de ciertas corrientes artísticas contemporáneas de evidenciar la disolución del medio — como el *Glitch art*— oculta su código y sólo manifiestan su materia —la superficie— final.

3.3.4. Hidden Worlds

La naturaleza del sonido está ligada de forma sólida al tiempo. Tal como afirman Miragall y Piquer, “El sonido es un medio del tiempo y por consiguiente del cambio. Percibir el sonido es percibir cambios” (2016, p.110). El espacio, por su parte no requiere tiempo para existir. Para Bergson “el espacio (concebido por la inteligencia humana) no participa de la duración, puesto que en él no hay sucesión, no hay un antes y un después que se van fusionando, sino que hay simultaneidad, una perfecta exterioridad o yuxtaposición de sus partes entre sí” (Martin, 2010, p.53). Un espacio que, sin tiempo, permanece inalterable y es concebido como la suma de sus partes.

Es el tiempo —y su expresión de movimiento— el que hace mutar esos espacios. Y, como se ha tratado, el sonido requiere del tiempo para existir. El tiempo es, pues, una de las conexiones fundamentales entre espacio y sonido.

Por otra parte, la capacidad de influencia que tiene el sonido envolvente en un entorno virtual es incluso mayor que la propia imagen (Skalski and Whitbred, 2010, p.4). Una mayor abstracción proveniente del sonido provoca una mayor fiabilidad en la inmersión que la imagen en entornos de imagen de síntesis. La capacidad para decodificar el entorno virtual y entenderlo como *real* exige un mayor esfuerzo de ilusionismo que el que puede provocar el sonido.

Conviene señalar que nuestra capacidad para interpretar el sonido ha avanzado de forma dramática desde la revolución industrial por la profusión, variedad y riqueza de sonidos provenientes de un mundo cada vez más maquinal. Un avance que podemos extrapolar a las imágenes. Para el futurista Luigi Russolo, este periodo propicia una mayor capacidad para apreciar sonidos más complejos. Un hecho que crece de una manera singular primero con la aparición de sistemas de grabación y reproducción, y después con tecnologías digitales que permitían tanto una mezcla de forma extensiva, como la creación de sonidos sintéticos. Seguramente la cantidad de nuevos sonidos provoca una costumbre por la que la experiencia sonora no sería comparable hoy en día a la que experimentaríamos Russolo. Pero esa costumbre no impide el hecho de que los sonidos apelen a nuestras emociones de una manera casi física (Vidyarthi et al., 2012).

Más allá de la correlación sencilla entre sonidos y formas que promulga la *fonestesia*, el paisaje emocional dibujado en la mente tiene tanta potencia precisamente porque su abstracción reverbera de forma singular en cada uno de nosotros a través de nuestro enfoque personal. Tal como indica Bachelard, después de la repercusión “podremos experimentar ecos, resonancias sentimentales, recuerdos de nuestro pasado. Pero la imagen ha tocado las profundidades antes de conmover las superficies” (2012, p.12). A este respecto —espacio materializado, proyectado y compartido— Carolina Cerón afirma que “diversas manifestaciones artísticas y culturales evidencian la cuestión del espacio como reflejo de una forma de pensamiento.(...) Bajo esta perspectiva, ser y pensarse en el mundo es hacerse a un espacio ligado a la idea del estar retenido y vivir en una especie de habitáculo” (Ortiz Cerón, 2019, p.30). La propiedad de mezcla, correlación y amplificación entre sentidos interviene en nuestra manera de *modelar* los espacios, sean éstos de la naturaleza que sean. “No solo disfrutamos del paisaje sonoro por el oído. Entenderemos el arte sonoro según nuestra educación, sensibilidad y ambiente creado para el resto de los sentidos” (Nicolás, 2020, p.118). Bajo esta premisa, hay una interrelación íntima entre los sentidos, pero también entre los recuerdos o lo aprendido.

La expansión del sonido y su traducción material —aún en materia virtual— permite un acceso aumentado a los *Hidden Worlds* a los que hacía referencia Levin and Lieberman (2004, p.2) ya que, aunque el sonido forma parte de nuestra realidad habitual, y su capacidad de apelar a las emociones es clara, parece que habitara una dimensión ajena, y sólo fuera posible recibir ciertos indicios de su realidad. El *ojocentrismo* requiere la materialidad visual del sonido para conformar un paisaje completo.

3.3.5. Antropometro

Para proporcionar una experiencia de inmersión en la caverna, se propone su instalación en un espacio de oscuridad, con proyección de, al menos, las siguientes medidas: 210cm de altura x 340cm de anchura. Este esquema se adapta a las ratios comunes de 16/9 y a la antropometría media propuesta por Agost, Vergara y Odilo (Agost et al., 2016, p.42-47).

Este tamaño mínimo es importante para favorecer la experiencia, por encima de la calidad del modelo 3d generado ya que, tal como se extrae de las conclusiones del estudio de Cadet y Chainay sobre el impacto de los modelos 3d y aparatos sobre la inmersión y la memoria “unlike the device type, the quality of the 3D model had no impact on memory performance; emotion and device type, but not the quality of the 3D model, increased the sense of presence” (2020, p.12).

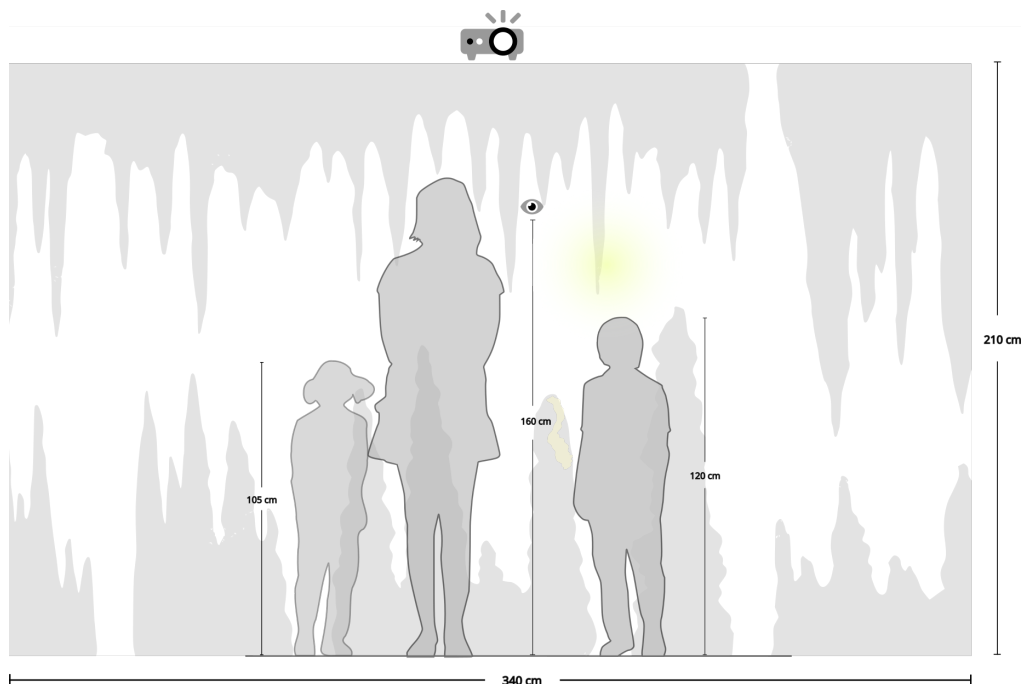


Figura 8: Tamaño mínimo requerido según antropometría media.

Aunque la tecnología de representación propuesta podría ser visualizada en dispositivos que ofrecen una mayor inmersión, como los sistemas de VR, se considera el uso de panorama inmersivo por dos razones: por una parte se considera que la tecnología de visualización tridimensional no está lo suficientemente madura. Provoca mareos y requiere equipos sofisticados para garantizar una experiencia completamente placentera.

Por otra parte, los dispositivos de VR son individualistas y la relación que se pretende ofrecer desde el punto de vista del espectador no lo es: hay que contribuir al sistema para que éste funcione y además se puede experimentar en grupo.

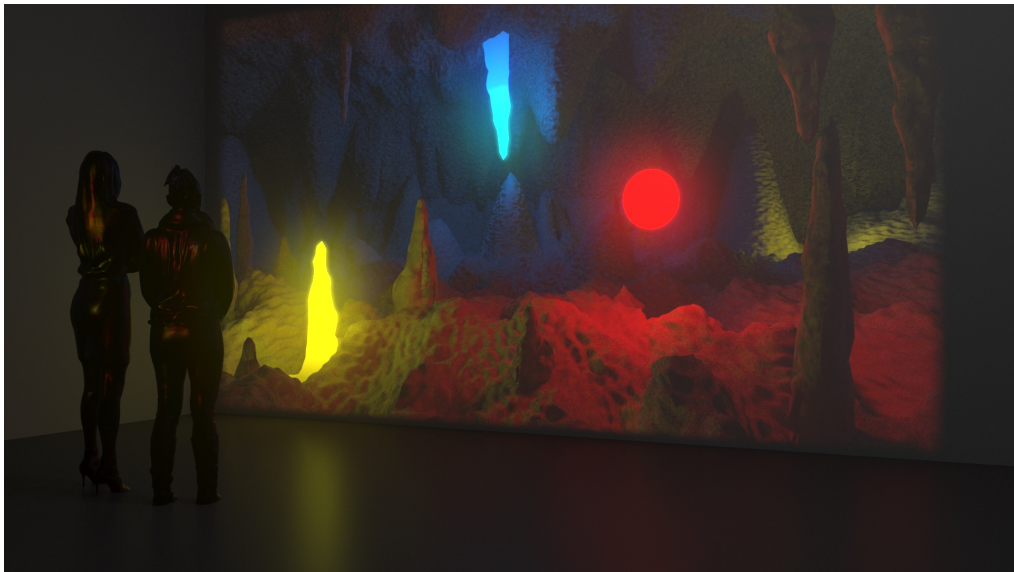


Figura 9: Boceto inicial para la proyección.

3.4. Sistema sinestésico

“Hay geometría en el murmullo de las cuerdas. Hay música en los espacios entre las esferas”. Pitágoras de Samos.

Se ha hecho alusión con anterioridad al sonido provocado por el crepitar de las hogueras en la cueva ancestral y el destello luminoso que produce en las paredes. Esos dos sentidos —vista y oído— se perciben de forma sincrónica y están unidos de forma tan íntima que la reproducción de uno de ellos remite automáticamente al otro. Así, si se escuchan unos pasos podemos imaginar las imágenes de alguien acercándose; según cómo sea el sonido de esos pasos podremos imaginar un tipo de calzado u otro, incluso inferir la prisa, ligereza o estilo del andar. Y, al contrario, si vemos una imagen de una piedra golpeando un cristal, imaginamos con facilidad el sonido que produce el choque. Gran parte de la tradición performativa del ser humano, desde el teatro *kabuki* hasta el cine, pasando por la *obra de arte total* wagneriana, descansa sobre la supremacía del sonido e imagen y la correlación entre ambos.

Este binomio es recurrente para potenciar sus propiedades aisladas pero somos capaces de percibir varios sentidos a la vez, lo que permite una especie de entrelazamiento por asociación forzada. Es decir, esa asociación es, en mayor o menor grado, multilateral. Además, aunque se suele concebir los sentidos de manera aislada y monolítica, éstos se producen de forma más o menos coordinada. Tal como afirma Kandinsky (1997, p.53) “Tenemos que aceptar que la vista no sólo está en relación con el sabor sino también con todos los demás sentidos. Y así ocurre en efecto”. De los cinco clásicos sentidos aristotélicos se ha pasado a los 33 considerados actualmente (DeSalle, 2018). Cuando uno o varios de estos sentidos se intercambian por otros, se produce un fenómeno de percepción llamado sinestesia.

Existen diferentes tipos de sinestesia, el más común es el *Audition Coloreé* (Lucassen, 2008) por el cual se experimentan colores en función de los sonidos. Según recoge Patiño-Cuervo et al. (2021), la percepción sinestésica se caracteriza por ser involuntaria, perpetua, unidireccional e idiosincrásica.

Es involuntaria porque la percepción cognitiva no puede ser producida o anulada a placer de la sinésteta. Simplemente se produce sin una causa determinada ni evidente y supone una percepción sensorial tan profunda o directa como lo supondría cualquier sentido, sin modificaciones o alteraciones en cadena.

Los sentidos entrelazan información de forma perpetua y continua. Es decir, la interrelación de sentidos no produce intermitencias ni es desencadenada por un factor ambiental o de otra índole. La persona sinésteta percibe de esa manera particular por y para siempre sin que ello sea identificativo de un desorden neurológico o cualquier otro trastorno cognitivo.

Por otra parte, el enlace es unidireccional. El orden de percepción está definido de tal modo que, si un sonido provoca un color, no implica que ese color provoque ese sonido. Por último, cada sinésteta siente de una forma particular. Aunque existen categorizaciones sinestésicas (sonido a color, color a sabor, etc.), la naturaleza de cada una de estas percepciones cognitivas es individual en sus características.

Ese efecto cognitivo de correspondencia o traducción sensorial se ha intentado reproducir e interpretar desde la antigüedad utilizando diferentes perspectivas.

3.4.1. La música de las esferas

Alrededor del año 9.700 del calendario holoceno, Aristóteles relaciona frecuencias sonoras, colores y astrología dentro del concepto metafísico de origen pitagórico (Moritz, 1997) denominado *música de las esferas* por el cual la posición planetaria se registraría por proporciones musicales. Una idea basada en la observación de las longitudes de las cuerdas, las frecuencias y los sonidos que producen. Ese parece ser el nexo de comunicación entre conceptos tan distantes como los planetas, los sonidos y los colores. Ese pensamiento asocia de forma directa y bidireccional — al contrario que la sinestesia— diferentes conceptos de manera que, si al sol se le atribuye el color amarillo, al amarillo se le asocia el sol, etc.

El siguiente gráfico se puede observar la representación de la música de las esferas. En él, la distancia de cada planeta a la tierra establece los tonos y semitonos.

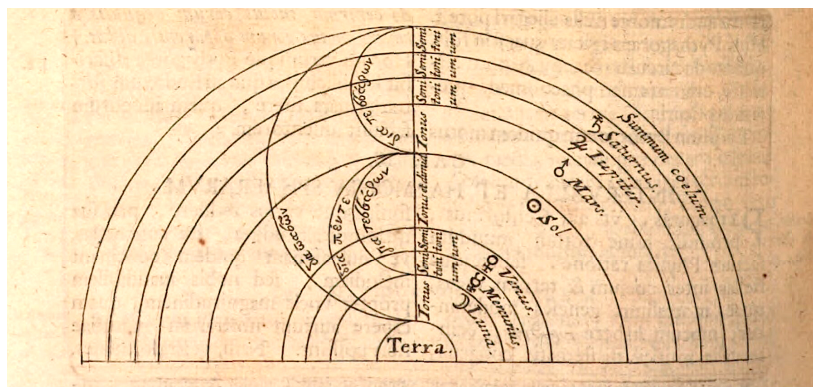


Figura 10: Sistema pitagórico de música de las esferas. (Stanley et al., 1711, p.748)

Las ideas metafísicas de relación entre los cuerpos celestes y la música serían impulsadas varios siglos después por Kepler en su *Harmonices Mundi* (armonía de los mundos, de 1619) (Hasler, 2015, p.173) pero en lugar de utilizar distancias, Kepler utilizaría velocidades. La estrategia que se emplea para acceder a conocimientos profundos, complejos o espirituales es precisamente por asociación. Si dos elementos están relacionados pero se puede acceder a uno de ellos, conocer algunas características del elemento accesible permitiría adquirir conocimiento —al menos— sobre ciertos rasgos de aquello que es inaccesible. Un modelo de conocimiento transitivo.

Tal como dice Urreiztieta (2013, p.128) “Fue tal el convencimiento que poseía Kepler de que ambas disciplinas, música y astronomía, provenían de un mismo arquetipo, que se permitía explorar en una para conocer de la otra”.



Figura 11: Sistema “orgánico, completo y perfecto” según la teoría musical de Kepler Urreiztieta (2013, p.109).

Otro ejemplo de la búsqueda de conocimiento por asociación se puede encontrar en los tratados alquímicos de Fludd (Janacek, 2021) por los cuales los colores están asociados a diferentes componentes minerales. Algo que también hizo Newton (1718) asociando planetas, colores y sonidos. O la dimensión moral que Goethe atribuiría a los colores (Franco Taboada, 2015) y que posteriormente se analizaría desde el campo de la psicología. Observaciones entre color, personalidad y percepción sobre las que ha profundizado la escuela *gestáltica*.

Mientras que la perspectiva psicológica sobre las relaciones de color supone un acercamiento aproximado a su naturaleza, las perspectivas geométricas aspiran a una traslación matemática no sujeta a interpretaciones: aspira a su universalidad.

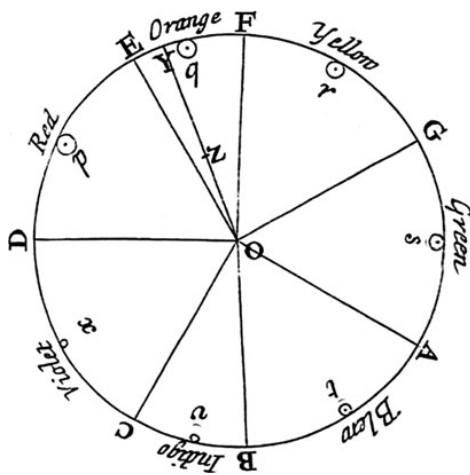


Figura 12: Rueda de color del libro Opticks de Newton. El círculo completa una octava musical

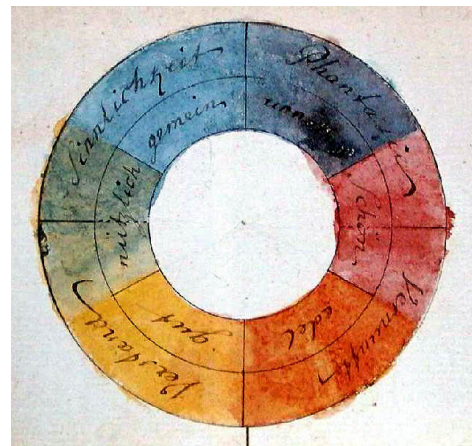


Figura 13: Círculo cromático de Goethe (1840).

Así, aunque el sistema de traslación de colores a sonidos contenga rasgos objetivos, el sistema propuesto se atiene a conceptos más o menos arbitrarios para la traducción *real* de la naturaleza del color o del sonido.

En el siguiente ejemplo de McCartin (1998, p.364), los colores y los sonidos están establecidos por la forma circular y su posición relativa generando, de este modo, una escala.

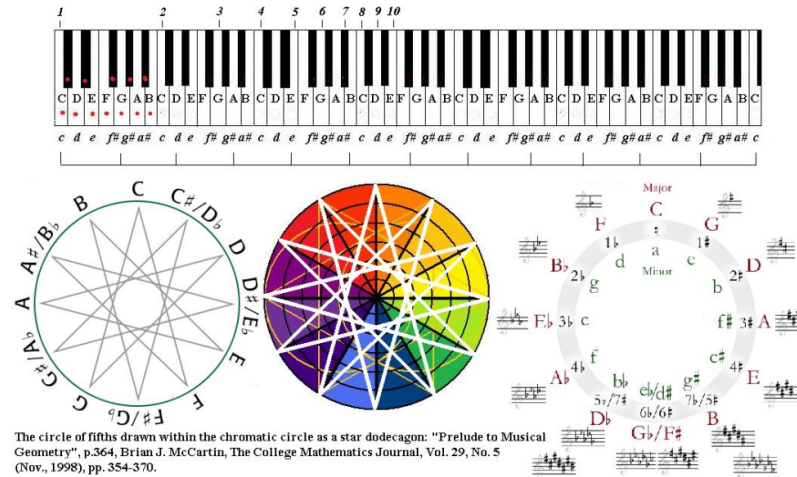


Figura 14: Círculo de quintas dibujado dentro del círculo cromático como un dodecágono estrellado.

La construcción de un sistema que traduzca colores a sonidos —y viceversa— requerirá necesariamente de un sistema *objetivo*, ordenado y predecible de traducción: un manual. Pero ese manual, y la guía que se desarrolle tendrá criterios subjetivos.

Se advierte en este punto una contradicción que conviene señalar: mientras que la voluntad de la música geométrica aspira a la objetividad matemática —a una traslación universal, completa e impersonal— el sistema constituido es, finalmente, personal y subjetivo y se sustenta en las capacidades sinestésicas de los autores (García Miragall et al., 2018, p.129).

3.4.2. Dispositivos instrumentales

El primer instrumento con una finalidad clara de traducción entre sentidos fue el *Clavecin pour les yeux*, también llamado Clavecín ocular, diseñado por Louis-Bertrand Castel en 1725 (Peacock, 1988)(Moritz, 1997) alcanzando gran notoriedad. Incluso el célebre compositor barroco Telemann compuso varias piezas para él. Por otra parte, sus ideas de correspondencia de color obtuvieron también numerosas críticas entre las que se encuentran las del escritor Voltaire, criticó los principios subyacentes del concepto (Hankins and Silverman, 2014) o las de Krüger, que consideraba que esas correspondencias sólo se basaban en aspectos melódicos (Lucassen, 2008, p.2). A pesar de las críticas, es considerado por algunos historiadores como “the direct stimulus of the use of synaesthetic imagery in literature” (Franssen, 1991, p.16).



Figura 15: Caricatura del clavecín ocular por Charles Germain de Saint Aubin.

Al instrumento de Castel le siguieron diferentes aproximaciones sobre la idea de audiovisualización materializada en aparatos e instrumentos cada vez más avanzados. A finales del siglo XIX, Frederick Kastner diseña y construye un dispositivo por el que diferentes gases eran inyectados en unos tubos de cristal controlados por un teclado (Peacock, 1988). Pocos años más tarde, Brainbridge Bishop crea una especie de órgano con paneles de cristal coloreado que proyectan los colores en una pared (Lucassen, 2008, p.3). En 1893 Alexander Wallace Rimington introduce el término *órgano de color* (Lucassen, 2008, p.3)(García Miragall and Sanmatín Piquer, 2016, p.107). Al contrario que en los aparatos anteriores, el nuevo dispositivo de Rimington utilizaba dos teclados, uno para la música y el otro para el color.

La electricidad contribuyó en gran medida a la creación de nuevos y más sofisticados instrumentos, como la *Chromola* de Preston Millar, el *Optophonic Piano* de Vladimir Baranoff Rossiné, que introduce por primera vez patrones y formas, el *MobilColor* de Charles Dockum o el *Clavilux* son nuevas aproximaciones a los órganos de color (Lucassen, 2008, p.4).

Del mismo modo que la electricidad fue determinante para el avance de estos instrumentos, el desarrollo de la informática permitió nuevas formas de audiovisualización basadas en sistemas digitales. La traducción entre medios se facilita porque la materia básica en un sistema digital es común, es numérica. Hoy en día se siguen construyendo y desarrollando instrumentos cuya idea sinestésica básica sigue siendo la misma que la del Clavecín de Castel. Propuestas sencillas como el *LED Color Organ triple deluxe* (ledartist, 2003) o más avanzadas como la *Laser Harp* (Hobley, 1986) basada en interfaces MIDI o el *21th Century Virtual Reality Color Organ* de Ox and Britton (2000).

Es interesante señalar que cualquier instrumento es, en sí mismo y en mayor o menor medida, un sistema sinestésico en tanto que su morfología necesariamente tiene que cambiar para que el sonido vibre de una u otra manera. Así, al ver una interpretación en un piano, se observa cómo las manos del/a pianista se mueven al ritmo de la música que ejecutan, y cómo la composición visual del teclado cambia en función de la partitura. Partitura, intérprete e instrumento —en su vertiente sonora pero también plástica o visual— se sincronizan para ofrecer un espectáculo audiovisual en vivo.

Esa visión sincronizada con la música se pierde en los instrumentos digitales al trasladar la mutación a señales eléctricas imperceptibles al ojo humano. Pero incluso así existe conceptualmente la sincronización entre el sonido —como entidad etérea— y la morfología del instrumento en sus cambios eléctricos.

3.4.3. Sinfonías sincrónicas

La condición de propiedad cognitiva de la sinestesia, asociada íntimamente a los sentidos como variación no patológica de la percepción, hace referencia a la cualidad que algunas personas experimentan de forma particular. Este hecho difiere de las asociaciones basadas en la imaginación o los recuerdos —cuando se identifica un olor con una persona, o un sabor con un lugar— ya que estos procesos son provocados por acontecimientos no automáticos o irrepetibles, o también con las metáforas sinestésicas —saboreó sus palabras— porque, aunque hace referencia directa al entrelazamiento de sentidos, lo hace de una forma retórica.

Una retórica que se aprovecha de los vínculos intelectuales entre sentidos para la elaboración de un desarrollo estético que se suele denominar como *Música Visual* (Brougher and Mattis, 2005).

El chisporroteo sincrónico de las hogueras en la caverna provoca un efecto potenciador del reconocimiento abstracto de un patrón en la cueva y convertido, por coherencia cognitiva, en movimiento, pero que también emana de él. Incluso aún sin suceder a la vez, el emparejamiento entre sentidos derivado del rayo y el trueno es producido por la experiencia de la repetición, y comparten con otras formas de sincronización un elemento: el tiempo. Pero ¿puede haber, entonces, una disciplina sin tiempo que proponga esos vínculos?

Numerosos artistas se han considerado sinéstetas o, al menos, interesados “in exploring cross-modal identities/similarities/analogies in their own medium: Wagner, Kandinsky, Picabia, Kupka, Scriabin, Ciurlionis, Klee, Messiaen, Schoenberg, Mondrian (Adajian, 2006, p.488). En el campo de la pintura, el sinésteta más conocido es Kandinsky. El pintor y músico teorizó sobre las asociaciones entre formas, colores y sonidos en un intento de definir las relaciones de armonía, complementariedad y expresión entre la música, la forma y el color. Un nuevo intento, recurrente, de postular vínculos como haría siglos atrás Kepler. Armonías entre colores —de nuevo un término compartido entre música y pintura— cuyas definiciones y explicaciones se han intentado generar a lo largo de la historia. Kandinsky ofrece su visión desde su condición de sinésteta, pero también de estudioso del arte.

Para comprender esa visión, la empresa Google ha desarrollado un software llamado *Play Kandinsky* que permite experimentar una interpretación sobre la visión que podría haber tenido Kandinsky a la hora de componer sus cuadros (Centre Pompidou and Google Arts & Culture Lab, 2021).

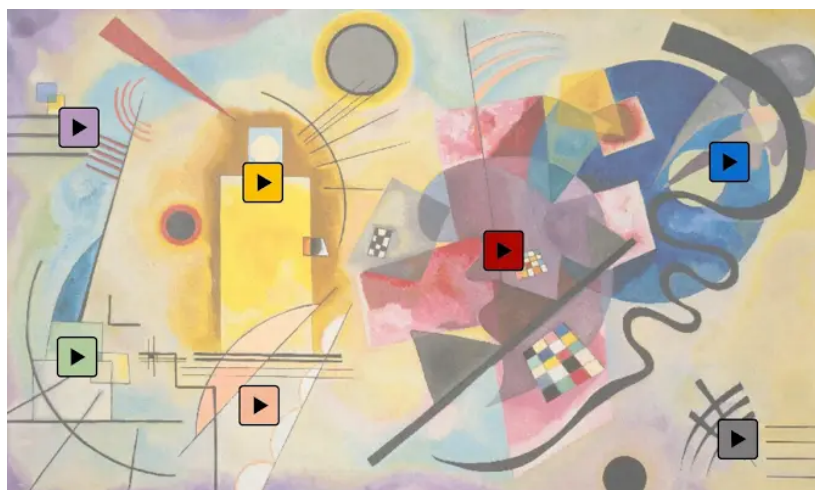


Figura 16: Interpretación interactiva sobre la relación forma-color y música (Centre Pompidou and Google Arts & Culture Lab, 2021)

Siguiendo en el campo pictórico, la artista Jack Ox ha fundamentado parte de sus pinturas en la traducción de la obra musical de Anton Bruckner. Ella describe su trabajo como “re-orchestration, followed by a visual performance. The actual act of painting produces a work which expresses feeling— mine and the composer’s —but is structured by a mathematical system. I should explain, perhaps, what I do and do not mean by “translation”. I do not listen to the music and “paint my feelings”. I work from the score, making a traditional musicological analysis. I give systematic consideration to the composition’s thematic, melodic, harmonic, rhythmic, and dynamic elements.” (Ox, 1984).

Aunque lo más frecuente en el campo performativo es que el sonido acompañe a la imagen —lo concreto se antepone a lo abstracto— desde el ámbito sonoro/musical en ocasiones se produce el mismo viaje en sentido inverso. El artista británico Neil Harbisson con acromatopsia cerebral ² desarrolló junto a Adam Montandon el dispositivo llamado *eyeborg* lo que le permitía, a través de una cámara y un software determinado, escuchar los colores. Tal como afirma “Within a few months of being fitted with the eyeborg I began to paint in color[...]. Instead of using the piano to compose music, I used colors, and instead of using music manuscripts to write my compositions, I used canvas” (Harbisson, 2008, p.3).

²Las personas con acromatopsia cerebral poseen receptores oculares pero el cerebro no es capaz de interpretar las señales enviadas por éstos. Como consecuencia, la visión se percibe en tonos de grises.

Ese viaje bidireccional se produce desde los cimientos. ¿Acaso el propio título de una obra musical no inculca una imagen mental de dicha obra aún sin haber sonado una nota? La sincronía se produce incluso sin el título. Lo es por ser hija de su época (Kandinsky, 1997) y heredar de ésta todas las imágenes mentales que el receptor pueda atribuirle. Lo sería incluso sin referencias, como si se quisiera siempre completar la abstracción que la música o el sonido propone.

Esa propiedad —llamada simbolismo sonoro o *phonaesthetics*— hace referencia al estudio de las propiedades estéticas del sonido, y sugiere una correspondencia entre sonido, lenguaje, formas, colores y texturas. El famoso experimento de Wolfgang Köhler por el que se daba a elegir entre dos sonidos —*maluma* y *takete*— y su correspondencia con dos formas abstractas, constata ese vínculo entre sonidos y formas (Benjafield, 2008). Un experimento que ha sido replicado en numerosas lenguas y, salvo excepciones (Styles and Gawne, 2017), ofrece sólidas evidencias de esta relación.

En otros casos la voluntad de evocación es más evidente. Como ejemplo paradigmático se encuentra la obra *Cuadros de una exposición* de Mussorgsky (2016) en la que cada una de sus partes hace referencia a un cuadro cuya intención evocadora es explícita.

Por otra parte, la cinematografía —incluso en sus orígenes más primitivos— nace con la aspiración de aunar al menos visión y sonido. No pocos desarrollos han intentado incluir experiencias que involucraban a otros sentidos pero no han conseguido alcanzar un éxito destacable. Hasta el momento, los procesos de inmersión centrados en la imagen y el sonido siguen siendo los más satisfactorios (Mestre and Vercher, 2011, p.3).

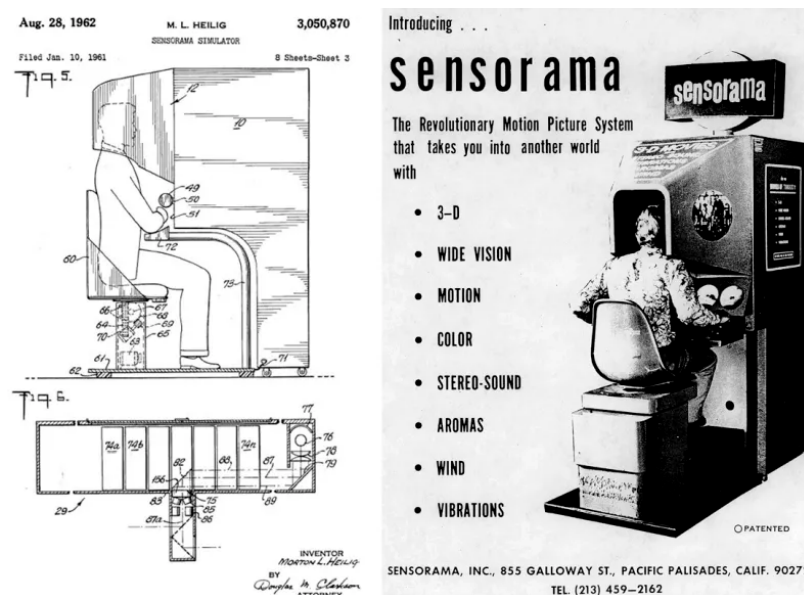


Figura 17: Sensorama fue una idea de 1955 que no llegó a materializarse por su alto coste. Contaba con motores, sonido estéreo, viento, vibraciones y aromas. (Heilig, 1955)

El cinematógrafo, como máquina para la captura de imágenes supone un gran avance al añadir tiempo a la tecnología heredada de la fotografía. Sin embargo, aunque la tecnología primitiva no permitía la inclusión sincronizada de sonido de forma automática, su vocación natural era incluirlo ya que otras artes performativas, como la ópera, ya lo incorporaban de forma natural y como parte fundamental de la obra. Como recuerda Pérez Bowie “el cine nace como un espectáculo teatral más y formando un todo indisoluble con el mundo de las *varietés*, por lo que se integra en un contexto enormemente amplio en el que convive con fórmulas muy diferentes (prestidigitación, magia, circo, canciones, etc.)” (2004, p.574).

Si el cine hereda la tecnología de la fotografía, su herencia cultural proviene del teatro y sus aledaños.

En el cine mudo, la música solía acompañar la proyección mediante un músico que acompañaba las imágenes con algunas obras ya compuestas o bien interpretaba de forma improvisada —es decir, en tiempo real— las escenas. El hecho de que fuera una interpretación *en vivo* es un hecho relevante para comprender los procesos de correspondencia. El pianista debe utilizar acordes, ritmos y melodías sencillas, ya exploradas y cuyos códigos son comprendidos por el público. No hay tiempo para pensar una partitura compleja y, por lo tanto, los recursos estilísticos deben ser simplificados. Esa reducción ofrece pistas sobre los códigos que se siguen en el ejercicio de traducción. Los códigos deben ser sencillos para que la correspondencia sea entendida y bajo esa premisa se construyen melodías que tienden a usar el clásico paradigma musical de acordes menores como equivalencia de tristeza, mayores para alegría, ritmos cortos y punzantes para insuflar tensión y acordes suaves y ondulantes para transmitir calma... Esa experiencia se retroalimentará —reverberará— y tenderá a definir un código normalizado a fuerza de repetición.

La música resultante estará basada en una improvisación que dependerá de la pericia del/a intérprete, de su estado de ánimo, su inspiración, etc. Y seguramente será una pieza irrepetible. Esta condición narrativa de la sincronía entre música e imágenes fue explorada en el campo del cine prácticamente desde su nacimiento. Una exploración que experimentaba con el nuevo medio no solo por sus capacidades narrativas propias y el nuevo lenguaje que surgiría de él sino también con el diálogo entre forma, color y música que la pintura abstracta había planteado años atrás. Un avance que tiene como clave de bóveda el tiempo, porque —conviene recordar— la música es ritmo, es *tempo*, pero además el sonido no puede existir sin tiempo. Así que añadir un elemento tan esencial como el tiempo a la ecuación de la traducción entre lenguajes permite una correlación expresiva inusitada hasta el momento, y dotar de entidad lo que, sin tiempo, no lo tiene. Tal como afirman García Miragall y Sanmartín Piquer: “el sonido es un medio del tiempo y por consiguiente del cambio, percibir el sonido es percibir cambios, en un instante determinado de tiempo el sonido no tiene entidad” (2016, p.110).

En este sentido, el cinematógrafo y su sincronización permite experimentar entre sonidos y formas en movimiento. Ya a comienzos de la segunda década del siglo XX se encuentran los trabajos *Lichtspiel Opus I* (1921) y *Lichtspiel Opus II* (1922) de Walter Ruttmann donde se aprecia, aunque de forma temprana, esa voluntad expresiva de aunar la música y las formas a través de sincronías.



Figura 18: *Lichtspiel Opus I* (Ruttmann, 1921).



Figura 19: *Lichtspiel Opus II* (Ruttmann, 1922).

Unos años más tarde Ruttmann prescindiría de la imagen para generar una película fundamentada únicamente en sonidos ordenados de una forma coherente. *Wochenende* (Ruttmann, 1930) es considerada como una anticipación de la música concreta. La obra *Rhythmus 21* (Richter, 1921) o *Sinfonia Diagonale* exploran la expresión a través de formas geométricas animadas.

En la década de los 40 aparecen obras como *An American March* (Fischinger, 1941) en que se aprecia claramente la intención de visualizar música. De acuerdo con Moritz (2004), Oskar Fischinger usaba la música “to make it easier for audiences to accept his radical visual abstract kinetic art”. Con una tecnología más moderna, que permite una caligrafía audiovisual más precisa destaca la obra *Synchromy* de McLaren (1971), con una combinatoria entre líneas geométricas y ritmos de percusión.

La experimentación en las sincronías entre música y visualización se ha aplicado de forma popular en las cabeceras de muchas películas por su capacidad de introducir al espectador en una atmósfera particular. Dotan de contenido estético y son capaces de condensar lo que se está a punto de ocurrir, pero de forma abstracta. Esa abstracción se concretará a lo largo de la obra. Esta tradición es una herencia de las oberturas de las óperas. Los títulos de crédito tuvieron un gran auge en la década de los 50 y 60. Saul Bass es considerado como el principal impulsor de este tipo de aplicación audiovisual en cabeceras de películas como, entre muchas otras, *Psycho* (Hitchcock, 1960) (Bass, 1960), *Ocean's 11* (Milestone, 1960) o *Seconds* (Frankenheimer, 1966).

3.4.4. Audiovisualización digital

El desarrollo de las tecnologías de computación ha penetrado e impulsado, en mayor o menor medida, todos los ámbitos tecnológicos. En el caso de la audiovisualización, la precariedad en los estadios tempranos de la tecnología informática hacía imposible una expresión avanzada que sí permitían otros medios anteriores. Tal como ocurría con el cine respecto al teatro, la aspiración en la visualización digital era acercarse al realismo de una tecnología cinematográfica ya madura. Algo que tardaría varias décadas en alcanzarse.

La naturaleza digital abrió nuevos horizontes creativos que el cine había transitado en la audiovisualización dentro de su prisión técnica. De la materia foto-química cuyas características son limitantes para la experimentación (por su carácter destructivo), se pasa a un mundo digital que, tras su parametrización, réplica y expansión, permite nuevos horizontes expresivos. Tal como afirma La Ferla (2009, p. 13) “estas variables y *presets* de los equipos se pueden modificar y desvirtuar en sus etapas de programación, posibilitando diversas búsquedas creativas de manipulación de imagen y el sonido; para esto se requiere un saber aplicado que trasciende todos los parámetros técnicos que podía ofrecer el cine en su pureza tecnológica, óptica, electromecánica y fotoquímica”.

Los recursos digitales disponibles fueron utilizados para generar, en virtud de su precariedad, un nuevo lenguaje audiovisual fundamentado en el pixel y el sintetizador, utilizado y potenciado por videojuegos cada vez más avanzados. Pero para reflexionar sobre la audiovisualización en el contexto digital es interesante poner el foco en un movimiento surgido de la copia digital llamado *demoscene*.

Con la popularización de los ordenadores, que podían ser costeados por cada vez más familias, eclosiona una cultura digital, que se populariza y permite no solo replicar los lenguajes de medios anteriores, sino la creación de unos nuevos. Con esa nueva cultura despegaba el consumo masivo de programas de ordenador a través de copias no autorizadas, algo completamente aceptable en la época (Polgár, 2006, p.63).

El desarrollo de técnicas de acceso restringido para evitar la copia de algunos de estos programas fomentó la piratería y algunos colectivos comenzaron a introducir pequeñas animaciones —una especie de firma que apelaba a su pericia técnica enmarcada en la estética *underground*— dentro de esos programas alterados para eliminar las protecciones anti-copia. Esas animaciones fueron haciéndose cada vez más elaboradas técnica y estéticamente, llegando incluso a ser más ingeniosas y complejas que los programas, mayoritariamente juegos, a los que precedía.

Durante la década de los 80 del siglo XX, la *demoscene* se desvincula de su asociación con el mundo de la piratería y consigue emanciparse como una disciplina artística singular. Unos años más tarde los grupos, ya consolidados y especializados como creadores de demos, hicieron evolucionar estética y técnicamente las demos, que acabaron conformando lo que suele considerarse como la época dorada de la *demoscene*.



Figura 20: Suburbia. Demo del grupo 1001 Crew (1986) para sistemas commodore64.

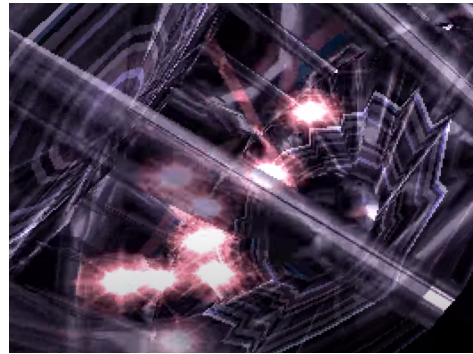


Figura 21: La demo *inside* del grupo CNCD (1996) incluye una incipiente tecnología 3d.

Una vez que el movimiento de la *demoscene* era autónomo ya no trataban solo de exprimir el hardware, sino que también se concentraba en la creación de algoritmos matemáticos para crear efectos y animaciones cada vez más sofisticadas y elaboradas estética y narrativamente.

Hoy en día las *demos* suelen tener una barrera de tamaño autoimpuesta. La exploración técnica y estética, junto a esa imposición generan tecnologías y algoritmos sofisticados que, posteriormente serán replicados en otros entornos (videojuegos principalmente). El ejemplo paradigmático lo encarna la demo *Elevated* Quilez (2009) que es capaz de ser reproducida a una resolución de 8K (7680 × 4320 píxeles), a 60 fotogramas por segundo cuando su peso total es de tan solo 4kb gracias a que todos los elementos son generados de forma procedural.

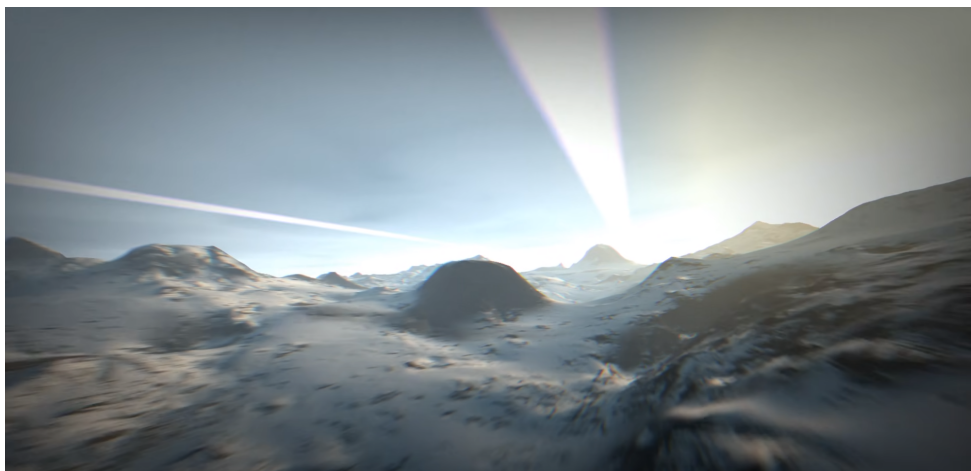


Figura 22: Demo *Elevated*. Quilez (2009). Se consigue una audiovisualización figurativa de más de 3 min condensada en tan solo 4kB de información.

A menudo se ha comparado el fenómeno de la *demoscene* con la poesía. Si el mundo de los videojuegos es prosa, el mundo demoscene es poesía.

A este respecto, para Makela (2006, p.3) “la poesía nos proporciona una base estructural más adecuada para entender el Live Cinema, pues el lenguaje de la poesía se caracteriza por sus cualidades estéticas y evocativas a pesar de su significado ostensible” (2006, p.3).



Figura 23: Milkdrop (Geiss, 2010). Software específico diseñado para el reproductor Winamp.

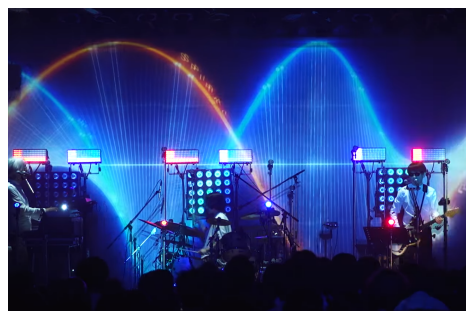


Figura 24: Concierto del grupo Cornelius (2017) con audiovisualización en tiempo real.

En el campo específico del software de audiovisualización y el Live Cinema que, en su concepción más extensiva, contempla las múltiples formas de creación audiovisual en tiempo real (Makela, 2006) surgieron diferentes desarrollos que tomaron técnicas de la *demoscene* y la aplicaron a reproductores de sonido. El más popular fue Winamp, que incorporaba el visualizador Milkdrop (Geiss, 2010), cuyo desarrollo se independizó del reproductor posteriormente. Por otra parte, el poder evocativo de las imágenes generadas en tiempo real al que hacía referencia Makela constituyen un recurso utilizado por numerosos grupos musicales en sus conciertos en directo y, por supuesto, por videojuegos en sus sesiones musicales, que aprovechan las sincronicidades, la potenciación entre sentidos para obtener experiencias multisensoriales expandidas.

3.4.5. Traducción y traslación

Uno de los aspectos fundamentales para el conocimiento de la sinestesia —tanto desde perspectivas psicológicas como artísticas— reside en su propiedad de traducir un estímulo en otro. Los procesos cognitivos derivados de la sinestesia “resultan ser habilidades en bruto de traducción y conversión” (Patiño-Cuervo et al., 2021).

Esos ejercicios de traducción se encuentran insertos a lo largo de los procesos digitales por su naturaleza numérica. Duval (2016) expresa que “además de reconocer que cada una de las representaciones de un concepto, por diferentes que sean, corresponde a la misma noción, el pensamiento matemático exige la habilidad de traducción y conversión entre sistemas de representación”. A este respecto, Giannetti trata el pixel como una puerta lógica de estados “capable of authorizing the passage from number to image” (2002, p.161).

El producto resultante no tiene una relación directa con la realidad preexistente (Venturelli, 2017, p.73) (Giannetti, 2002, p.161) y el medio es el encargado de esa traducción, de esa *mediación*. El arte computacional, según Venturelli “contains aesthetic information, because when the work is executed in a computer, it opens dialogue between the abstract world of calculation and the user” (2017, p.83).

Pero incluso la propia denominación de color posee atributos no específicos de su naturaleza que fomentan su traducción conceptual. Desde la ciencia se conceptualiza el color como *frecuencia* de un espectro, algo similar al sonido. A menudo se hace referencia a términos compartidos con otras disciplinas como oscuridad o luminosidad, saturación, densidad, etc. La asociación es tendenciosa desde la concepción misma y dota de propiedades connotativas desde la raíz. Muchos de estos atributos pueden ser aplicados en mayor o menor medida al sonido en su concepción más básica, pero también en una cierta combinación de éstos. Hablamos, así, de saturación cuando muchas frecuencias compiten lo que provoca una pérdida de nitidez, la oscuridad o luminosidad hace referencia a sonidos graves o agudos, etc. Las denominaciones y propiedades del color y el sonido, pues, tenderán a definir en gran parte un sistema de traducción, al menos en sus concepciones más sencillas.

La digitalización promovida por la tecnología informática lo traduce todo a datos cuya mínima expresión es numérica. La definición de la realidad digital será medida, pues, por la longitud y extensión de esos datos. Pero aunque la traducción numérica pueda parecer novedosa —porque novedosos son los procesos digitales—, Hasler (2015) apunta que “en la alta edad media surge la división de las artes liberales en el trivium y quadivium. Este último agrupaba las cuatro llamadas ‘ciencias del número’: la aritmética (el número en sí mismo), la geometría (el número en el plano), la astronomía (el número en el espacio tridimensional) y la música (el número en el tiempo)” (p.173).

Procesos de traducción y traslación como métodos de explicación objetiva de la reali-

dad mediante la abstracción a su máxima expresión —numérica— como base para la construcción de nuevas obras: una desmaterialización y materialización a través de diferentes mecanismos. Los siguientes ejemplos muestran este proceso. Las figuras 25 y 26 hacen referencia a dos películas del director Wes Anderson procesadas por el diseñador Dillon Baker en su serie *Spectrum* (Baker, 2022).



Figura 25: *Spectrum* (Baker, 2022) de la película *Moonrise Kingdom* (Anderson, 2012)



Figura 26: *Spectrum* (Baker, 2022) de la película *The Grand Budapest Hotel* (Anderson, 2014)

Cada fotograma está condensado en una barra de color, de manera que las propiedades temporales de las películas han sido plasmadas y convertidas —traducidas— a una imagen: el tiempo ha implosionado —de una manera particular mediante la media de color que conforma el píxel— hasta convertirse en espacio. Las películas, de este modo, están traducidas a cuadros de color y, obviamente, gran parte de sus cualidades se han perdido en el proceso.

3.4.6. CALIpSO sinestésico

”Las palabras son pálidas sombras de nombres olvidados. Los nombres tienen poder, y las palabras también. [...] Pero una palabra no es más que la representación de un fuego. Un nombre es el fuego en sí” (Rothfuss, 2009, p. 814).

Como se ha tratado anteriormente, en la experimentación del sonido intervienen tanto el resto de los sentidos como el bagaje personal en forma de experiencias pasadas que atesora cada individuo. La sinestesia, así, no se corresponde solo con el entrelazamiento de sentidos, pues todos están vinculados, sino por la ”hiper-conectividad entre las diferentes áreas cerebrales” (García, 2012, p.29). Es decir, es una cuestión cuantitativa.

En ese sentido, el sistema CALIpSO genera una especie de sinestesia forzada, exteriorizada, provocada por la externalización y materialización del sonido que, en principio, permanece oculto a otro de los sentidos aludidos: la visión. Al generar este proceso se provoca la transmutación de un sentido en otro, pero también se provocan otras reacciones ya que el objeto generado —aún virtual, fruto de un mecanismo abiertamente engañoso— deja atrás las características y mapas mentales que posee al tomar heredados los del objeto en que se convierte en su nueva forma física.

Para García (2012), el rasgo más evidente que adquiere es la emancipación cuando dice que “el camino recorrido por el sonido hasta poder ser considerado como Gestalt,[...] comienza con la posibilidad de la separación de la voz del cuerpo que la emite, de los sonidos emancipados de sus causas y la posibilidad de transcripción: transcrip-

ción en forma escrita de lo que hasta el momento había sido sólo audible y como consecuencia, por un lado, el paso a la consideración física del sonido, y por otro, a las investigaciones de carácter espiritual y sinestésicas que perseguían la idea de correlato natural (y universal) entre los diferentes sentidos: forma como sonido interior de las cosas y música (sonido) que afecte, transmute y transforme la materia” (p.457).

Tradicionalmente el sonido se percibe como una prolongación de nosotros mismos, entre otras razones, por su cualidad de ser reproducido sin cortes, sin interrupciones, lo que conceptualiza el vínculo. La mutación que sufre al convertirse en un objeto, ser emancipado y alejarse de la frontera del sujeto le dota de entidad y de una identidad particular. Pero aún sigue conservando sus características sonoras, esas que han sido determinantes en su creación, solo que encerradas, latentes, esperando a ser reproducidas, o, utilizando el concepto de virtualización de Lévy (1998), esperando a ser *actualizadas*: un fenómeno consistente en mostrar lo que no tiene entidad, de hacer visible lo invisible. De que el verbo se haga carne.

3.5. Sistema emergente

El sistema *CALIpSO* analiza los sonidos y atribuye una serie de colores, formas y propiedades a los elementos que, de forma no preestablecida, determinarán su composición formal final. La sucesión de sonidos y palabras; su orden, volumen y sus características semánticas serán igualmente establecidas en base a eventos no previstos, algo que explora y explota el llamado arte generativo. La obra final subyacente —o las obras finales—, por su diseño estructural, está encuadrada en los límites que el artista ha definido mediante el código. De él surgen —emergen— infinitas obras basadas en infinitas posibilidades.

3.5.1. Un mundo mecánico

A lo largo de la historia, las ideas filosóficas, científicas y artísticas han estado ligadas íntimamente. La separación entre disciplinas, no obstante, aumenta a medida que se acercan al mundo contemporáneo. Del *trivium* y *quadrivium* medieval se avanza hacia la Revolución Industrial como cuya época condensa el sustrato científico y social fundamental que conduce a la multitud de disciplinas hiperespecíficas de hoy día.

La Revolución Industrial proporcionó un cambio social por el que, por primera vez en a historia, el nivel de vida de las clases populares había comenzado a experimentar un crecimiento sostenido (Lucas, 2004) lo que propició un interés por la ciencia en su vertiente aplicada, lo que requería también un desarrollo en las líneas abstractas incluso fuera de los ambientes académicos. En este sentido se comienza a instaurar un ambiente urbano propenso a las conferencias y demostraciones públicas que culminan con la *Gran Exposición de los trabajos de la Industria de todas las naciones*, nombre con el que se conoce a la primera Exposición Universal promovida en Londres en 1851. Un hecho relevante también a nivel simbólico para la expansión de la ciencia y la tecnología por el resto de países. Física, química, matemática... suponían conocimientos transversales que podían ser utilizados para diferentes áreas. Algunos de ellos, como la navegación o la ingeniería, indispensables para el mantenimiento de un imperio tan basto como lo era el británico en esa época.

Las matemáticas, como estudio abstracto y —a priori— no aplicable, fue cobrando una dimensión mayor. Tal como apunta Hollings, "Las matemáticas fueron una parte cada vez mayor de estos avances, al aumentar la comprensión de su importancia en el estudio de los fenómenos naturales y sociales —observar las estrellas, registrar las mareas o analizar las cosechas—" (Hollings et al., 2019).

En ese contexto, la sucesión de teorías físicas para explicar de forma racional, predecible y reproducible nuestro mundo, es seguida con atención por el mundo artístico. El pintor William Turner, por ejemplo, tuvo como patrono artístico a Thomas Monro, físico principal del Bedlam además de contar con amistades de enorme peso científico

como Michael Faraday, Mary de Somerville, Richard Owen o Humphry Davy o el astrónomo Herschel. No sería extraño, pues, encontrar conexiones entre las disciplinas científicas, que comenzaban a expandirse y popularizarse, y el mundo artístico aunque los atributos tradicionales de período artístico que emerge — el Romanticismo— sea analizado a través de ópticas muy alejadas de las científicas. Un cúmulo de oposiciones que Dhombres explica así: “Por un lado tenemos la oposición entre las virtudes burguesas de desarrollo y progreso que los científicos supuestamente sustentaban y la aversión expresada por la mayor parte de los románticos respecto a la burguesía. Tenemos también la oposición entre la visión de futuro que la ciencia ofrece y la mirada hacia el pasado, que todos los escritores de la escuela romántica recordaban con nostalgia. Y tenemos finalmente la oposición entre el mundo subjetivo de las fantasías humanas y el mundo objetivo que describían los científicos” (Montesinos, 2002, p.19).

Esta evidente oposición entre dos bloques enfrentados, supone una conceptualización claramente reduccionista, ya que ambos bloques están interconectados de forma profunda.

En 1801, el astrónomo William Herschel ofrece una ponencia en la Royal Society de Londres. En ella se detallaban las observaciones realizadas a través de agua entintada del Sol y las descripciones que se daban de él cambiaban la forma tradicional de verlo. Ya no era una esfera incandescente, hiperlumínica y homogénea, sino que tenía una superficie más o menos irregular, y se observaban agujeros, corredores y manchas. Turner utilizó el conocimiento obtenido mediante una observación científica —metódica y analítica— para pintar, dos años más tarde, el sol del cuadro *The Festival of the Opening of the Vintage at Mâcon* (Turner, 1803).



Figura 27: Turner, W. (1803). *The Festival of the Opening of the Vintage of Mâcon* [Óleo sobre lienzo]. Sheffield City Art Galleries, England.

Asímismo, el químico francés Michel-Eugène Chevreul (1889) se dio cuenta de que dos puntos azul y amarillo eran percibidos como un verde más vívido que una mancha de pintura verde. Turner fue uno de los primeros en artistas en reconocer la influencia de Chevreul en su trabajo (Gray, 2010).

Sin las teorías de la luz de Maxwell o del color de Chrevreul no se podría explicar fácilmente la exageración cromática del impresionismo. Cezanne, Monet o Van Gogh, entre otros, pintaban lo que veían pero también pintaban lo que *sabían* y ese saber se traducía en una materialidad concreta. Sus pinturas son una representación —sin una negación de la intuición y exageración— del conocimiento debatido, estudiado y demostrado por varias generaciones de físicos.

Desde Newton, el mundo clásico había cambiado. El mundo mágico que habitaba más allá de las explicaciones religiosas estaba mutando hacia un universo mecánico.

Las explicaciones físicas estructuradas, ordenadas y jerárquicas, *cartesianas*, se van formulando con una complejidad cada vez mayor y las leyes newtonianas para comprender los movimientos planetarios desembocan, finalmente, en Einstein y su teoría de la relatividad. El determinismo científico vuelve a reelaborar su pensamiento crítico incorporando planteamientos no deterministas. Incluso Einstein se resistía —a pesar de que sus descubrimientos apuntaban a ello— a abandonar ese aparente aunque cada vez más complejo mundo ordenado cuando acuña su famosa “Dios no juega a los dados” en una carta al Max Born (Yanes, 2017). Del orden sencillo derivado de una física mecánica se pasa al caos de la física cuántica, en la que parece que Dios sólo juega a ellos.

La idea de caos, planteada por San Agustín y su libre albedrío se aproximaba de una forma intuitiva a los conceptos físicos modernos. El arte, de forma igualmente intuitiva recoge esas ideas y las transforma. Sin sistematización, por aproximación, deja entrever los entresijos, causas, reflexiones y consecuencias de las ideas científicas. Dos formas complementarias ante una realidad —y su toma de consciencia— cambiante y acelerada.

3.5.2. Hazard

Se suele hablar de azar cuando, dentro de un marco causal, no se puede determinar con exactitud el resultado final. El ejemplo clásico es el lanzamiento de dados. Cuando se lanzan dos dados —siempre que estén creados de forma correcta, pesos similares, etc.— las probabilidades de que aparezca un resultado son iguales a que aparezca cualquier otro. Esta igualdad de probabilidades define el concepto de azar que Aristóteles definió como *Automatón* (Quevedo, 1997).

Se podría decir que el resultado del dado arrojado estará vinculado a una cantidad incalculable de variables. Algunas inherentes a los propios dados: material que definirá la fricción, masa y elasticidad. Otras inherentes al lanzamiento: fuerza, espín, dirección. Y otras propias del lugar donde serán tirados. Todas esas variables no están bajo nuestro control, y por ello, se tiene una concepción del azar casi mágica. El azar define nuestra ignorancia por los acontecimientos futuros.

Tal como apuntó el matemático Poincaré, “una causa muy pequeña, que escapa a nuestro control, produce un efecto considerable que podemos ver y que decimos entonces que se debe al azar” (Poincaré, 2003). A pesar de que no se puede saber el resultado del lanzamiento del dado, al menos se puede predecir que su resultado estará comprendido entre 1 y 6. Ese es nuestro *marco de probabilidades*. Las investigaciones de Poincaré indicaban que los sistemas físicos podían manifestar cambios de manera irregular y matemáticamente imposibles de predecir y que las mecánicas newtonianas dejaban un amplio margen de impredecibilidad. A estas situaciones se les denomina *caos*.

Tanto Poincaré como Maxwell se dieron cuenta de la dificultad para estudiar los fenómenos de inestabilidad exponencial; el ejemplo habitual es el tornado generado por el aleteo de una mariposa en un remoto lugar.

La visión de un universo mecánico definida por Newton se iba alterando progresivamente en favor del indeterminismo reinante en los planteamientos cuánticos, principalmente por el *Principio de incertidumbre*, también llamado *Relación de indeterminación de Heisenberg* (Bosyk, 2014). Las explicaciones *mágicas* que antes de Newton impregnaban el concepto de azar quedan multiplicadas en la escala atómica, en la cual las partículas pueden tener diferentes estados, y la manera que tienen los físicos de aproximarse a ella es, únicamente, de forma probabilística.

Para el filósofo Gilbert Simondon, la capacidad de los ordenadores de contener cierto margen de indeterminismo los convierte, más allá de simples autómatas, en *seres técnicos* (Lindberg, 2019).

3.5.3. En los límites

Flusser describe la historia cultural del ser humano como un proceso de abstracción y alienación de lo concreto y habla de la dimensión cero de las imágenes técnicas, que ya no son comprensibles sino calculables (Flusser et al., 2011). En ese proceso de abstracción, la digitalización ha permitido la extracción de datos de una forma tan incommensurable que esa nueva realidad *datificada* requiere barreras conceptuales que moldeen la infinitud. Estas barreras están constituidas por parámetros que simplifican, excluyen y acotan.

En el mundo pre-digital los límites estaban establecidos en virtud de los conceptos matéricos de superficie. La escultura clásica se define por su contorno y la barrera entre materias es precisamente la que encierra a la obra.

Cada pincelada ocupa un lugar concreto y describe formas por oposición: luz y sombra se reparten su parte específica del lienzo encerradas únicamente por un límite mayor constituido por el marco. Pero en el mundo digital el espacio no existe, o, dicho de manera más precisa, sólo existe una superficie virtual, con capacidad para simular objetos y paisajes, pero sin entidad: huecos y vacíos. Una superficie digital que renuncia incluso a uno de sus lados³.

Un cascarón triangular matemático diseñado para mostrar únicamente la superficie. La constatación de su superficialidad que evidencia Farocki en su obra *Parallel III* al mostrar “that the block is hollow” (Farocki, 2014).



Figura 28: Farocki (2014). *Parallel III* [Video].

³Los sistemas de representación 3D suelen estar contruidos en base a triángulos unidos por vértices. Para ahorrar coste de cálculo, el ordenador suele procesar sólo uno de los lados del triángulo.

Si la naturaleza bidimensional de la pintura viene delimitada finalmente por el marco, la obra generativa establece límites en sus objetos a través de parámetros y transita en el mundo de lo posible estableciendo las fronteras donde la obra se desarrolla de una forma más o menos autónoma. Lo que Solaas llama un “molde interno, en tanto agregado de reglas, por contraste, entraña una cierta impersonalidad. El sistema hace por sí solo, en ausencia de todo control externo o decisión humana. Alguien pone materia, o la sustrae, pero algo se desarrolla” (Solaas, 2014, p.13).

La propiedad indeterminista de las obras generativas propicia el uso del azar como un recurso artístico. La obra, al generarse de forma autónoma puede seguir un camino predefinido por el artista, como el surco por el que transita el río, modificando la velocidad, el color o la turbulencia de sus aguas o incorporar características cada vez más azarosas a ese tránsito hasta alcanzar el caos generativo. La gestión de la tensión entre el caos y el orden es, pues, una de las tareas del artista y se produce no sólo en la concepción de los elementos de la obra, sino también en cada fotograma y supone “una regulación de la dialéctica entre control y descontrol” (Solaas, 2014, p.13).

Por otra parte, la concepción reductora de Alan Turing por la que el pensamiento podía ser concebido como cálculo y su aplicación a los procesos informáticos ha ido variando desde el automatismo hacia estrategias basadas en software avanzado que *aprende* y se adapta. Gracias a esos algoritmos “computers became capable of auto-programming themselves and acquired a certain *autonomy* (Couchot, 2019, p.241). La obra generativa establece los bordes mediante esa autonomía. Fronteras con posibilidades líquidas que encierran todos los mundos posibles que la obra puede habitar y que surgen desde el mundo de lo posible en cada actualización.

3.5.4. Actualmente

“En cada golpe de mazo o de mandarina, el martillo virtualizante, testigo hoy de aquello que un día fue la aparición de un nuevo método para golpear, se actualiza. Actualizando, el martillo conduce la acción. [...] Cada golpe de martillo es un caso, un intento de resolución de un problema a escala molecular, que, además, a veces fracasa: se puede golpear mal, muy fuerte o en un costado” (Lévy, 1998, p.60).

Lévy reflexiona en este fragmento sobre dos procesos en los que conviene profundizar: por una parte, la herramienta como inductora de acción tanto de forma abstracta y global como en cada uno de sus procesos específicos y, por otra parte, señala el hecho por el cual la emergencia que produce aboca, en mayor o menor medida, a procesos incontrolables. Lo que Lévy denomina como *fracasos* no son más que diferentes versiones —actualizaciones— de un proceso. No son, pues, errores del sistema sino tipologías o modos representados de la emergencia creada.

El artista mediante el sistema trata de ponderar esas actualizaciones para generar un modelo expresivamente satisfactorio.

La actualización de los procesos, su *emergencia* desde el mundo de lo posible es lo que precisamente permite la interacción con un sistema de procesos indeterminados. La acción biológica interfiere en los procesos maquinales porque son obligados a reanalizarlos y a variarlos en base a los resultados obtenidos. Este diálogo evidencia el dualismo entre la ontología de lo vivo y la naturaleza mediatizada de las tecnologías virtuales (Dixon et al., 2007).

La interfaz, como proceso de intercambio de información entre el mundo de la vida y el mundo maquinal representa, asimismo, el acercamiento entre entidades cuyos lenguajes son radicalmente diferentes y deben entenderse. Una transformación desde la perspectiva biológica que muta “desde una cultura basada en la escritura y las estructuras logocéntricas, hasta la cultura digital, orientada a lo visual, lo sensorial y lo no lineal” (Giannetti, 2002).

Esta perspectiva supone una reorientación de los procesos de comunicación que nos conduce a preguntarnos si, después de lo analizado con anterioridad, las pinturas rupestres eran representaciones orientadas a lo visual, lo sensorial y lo no lineal. De ser así, el viaje sería pendular.

Por otra parte, el esfuerzo de la comunicación es bidireccional. Esa comunicación a través de la interfaz y la posibilidad de (re)inventar sus propias interfaces, obligan al usuario a revelar su funcionamiento (Kozak, 2012). La comunicación entre ambos sistemas —biológico y maquinal— se produce, en este sentido, de forma igualmente emergente pues, aún con supuestos definidos, la forma de aproximación es variable.

3.5.5. Cueva de memoria

Como se ha tratado con anterioridad, la generación de elementos en el sistema *CALIpSO* se produce por la programación de un sistema de escucha que traduce la información sonora en elementos visuales. Estos elementos reaccionan a las colisiones de la caverna, cuya morfología viene determinada, asimismo, por los eventos pasados. Adicionalmente, los elementos de la caverna conservan los sonidos de las colisiones pasadas, por lo que este subsistema podría entenderse como una especie de archivo de eventos —una *cueva de memoria*— encerrados en la propia morfología de la caverna, esperando a ser reproducidos, esperando a ser *actualizados*.

Las contribuciones presentes determinarán la probabilidad de actualización del sistema y quedarán, latentes, esperando que el azar elija el camino que permita su actualización, o lo que es lo mismo, su materialización virtual. Esta materialización conducirá a una fragmentación narrativa —el propio espacio ya aparece fragmentado cuando se proyectan imágenes sobre él— que por su naturaleza electrónica “no cabe invocar ni a una memoria de origen ni tampoco a la historia, a partir de narrativas rotas en todas direcciones, en una escritura diseminante y rizomática, que conecta diferencia con diferencia para producir novedad, memoria RAM” (Riquelme, 2013, p.27).

La manera que el sistema permite acceder al pasado es únicamente de forma solidaria. Tu contribución al futuro —como huella sobre el espacio, y como huella sobre el tiempo— es única manera de acceder a los eventos pasados. Por otra parte, la reproducción de sonidos podría llevar a que el micrófono los recogiera y lanzara nuevas esferas basadas en esos sonidos, que a su vez, al colisionar, reprodujeran de nuevo esos mismos sonidos —alterados y mezclados— en un bucle infinito de retroalimentación. El sonido original, en cada interacción, estaría más distorsionado y los propios ecos impedirían el acceso a los significados originales: un ocultamiento por sobreinformación. Aunque es una posibilidad exploratoria estimulante, el sistema cuenta con un mecanismo para atenuar el sonido y evitar, en la medida de lo posible, este tipo de situaciones: de nuevo la gestión entre control y caos.

La retroalimentación del sistema es, en cualquier caso, un elemento de interés. La constatación *física* en la que ciertos sonidos se reproducen, perviven y se trasladan —alterados por el propio sistema y alterado éste a su vez— es muy sugerente como evidencia de la tensión. “Hay en el medio una cantidad ingente de información caótica que cursa, flota y deambula estimulando al organismo y obligando al cerebro a que la procese. Ese caos puede describirse a través de ondas” (Alonso, 2019).

De modo que se intentará ponderar el efecto de retroalimentación, pero sin coartarlo completamente para utilizarlo como recurso estocástico en el proceso generativo. Las esferas creadas contienen también la propiedad que Brea (2010) confiere a las imágenes en la tercera era. Tal como lo resume Riquelme: “Sin adherencia alguna a un soporte, sus imágenes tiempo flotan efímeras. Imágenes espectrales, espiritualizadas que retoman las cualidades de las imágenes mentales y se recargan de su carácter psi” (Riquelme, 2013, p.27). Una descripción que aunque aplicada a la imagen, podría ser atribuida —dentro del contexto del sistema *CALIpSO*— a los sonidos: materializados y flotantes, a la espera de ser asimilados, replicados y reproducidos.

4. REFERENTES ARTÍSTICOS

CALIpSO se enmarca en las líneas artísticas basadas en la reflexión mediante la interacción y la experiencia. Algunos de los conceptos sobre los que se trabaja son la sinestesia, la memoria, la presencia inmersiva, la acción-reacción y los procesos de traducción. En el plano teórico también se abordan algunos conceptos de las corrientes psicológicas *Gestalticas*, como la materialidad de los sentidos y la influencia psicológica de la experiencia.

El uso de espacios de ilusión, en general, y en particular el uso de instalaciones para la interacción y representación de sonidos como imágenes, ha sido una aspiración recurrente por parte de los artistas. Esa búsqueda experimental se ha profundizado de forma extraordinaria con el uso de las tecnologías digitales.

Uno de los referentes destacados para este proyecto es la obra *Bubbles* de Kiyoshi Furukawa y Wolfgang Muench (2000). La instalación utiliza las sombras como elemento interactivo con una proyección digital. Su influencia en este trabajo consiste en el diálogo entre los elementos virtuales y reales. Es interesante observar que la manipulación de los elementos virtuales se produce a través de la sombra.

Por otra parte, las instalaciones recogidas en el artículo *In Situ Speech Visualization in Real-Time Interactive Installation and Performance* (Levin and Lieberman, 2004) son referentes fundamentales a la hora de abordar la problemática en la traducción y materialización de sonidos. Especialmente en el proyecto *Messa di Voce*, —cuya título *masa de voz* ya hace referencia a la materialidad— se identifican diferentes enfoques para la construcción material del sonido.



Figura 29: Fotografía de *Bubbles*.

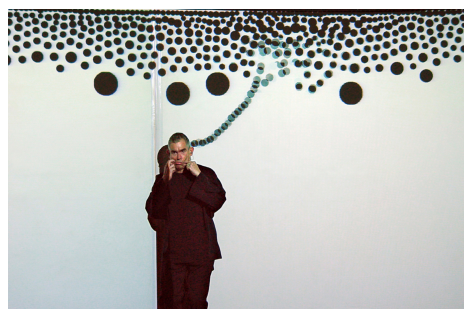


Figura 30: Fotografía de *Jaap's solo*.

Un rasgo común a todos ellos es que las traducciones e interacciones —sonido-movimiento-imagen— se producen en tiempo real. Este hecho permite la apertura de un espacio performativo, como ocurre en *Pitchpaint*, donde dos vocalistas interactúan con el sistema, o *Insect*, en la cual el aspecto de la sombra del *performante* queda alterada por los sonidos, y por lo tanto la expresión performativa incluye el movimiento como otro elemento más.

Finalmente *Jaap's solo* es una instalación donde los sonidos son convertidos en esferas que ascienden —como si su densidad fuera menor que la del entorno— interactuando unas con otras.

Sobre la visualización del sonido, algunos de los trabajos de Joynes, como *1.39 kHz* de su exposición *12 tones* (Joynes, 2011) investigan las diferentes formas que surgen de las vibraciones sonoras. La reflexión sobre el sonido, espacio y forma será explorada en su obra *Broken* (Joynes, 2015).

En el mismo sentido se halla la obra *UNIEQAV*, entre otras, del artista visual (Noto, 2020) en la que la visualización del sonido, aún recordando a los espectros gráficos, interaccionan de forma singular ofreciendo una dimensión de color y movimiento.

Otro referente destacado es el *21th Century Virtual Reality Color Organ* de Ox and Britton (2000) en el que se construyen diferentes paisajes, en este caso, en base a ficheros MIDI.

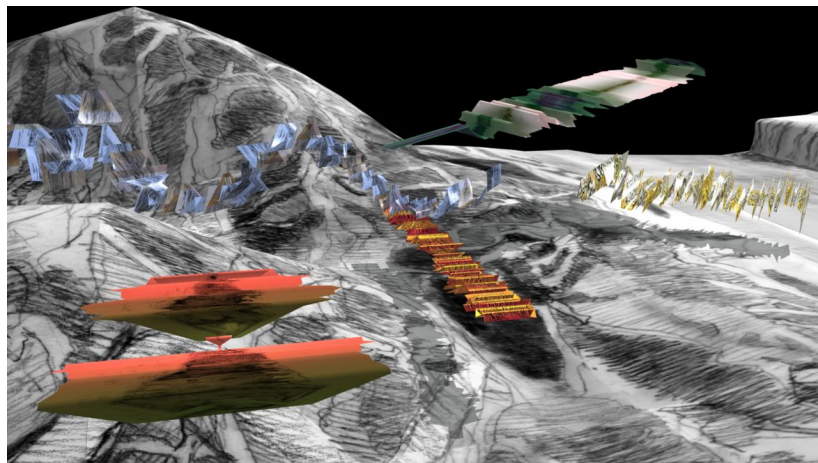


Figura 31: Fotograma de una representación en el *21th Century Virtual Color Organ* (Ox, 2001)

En el plano de la inmersión en espacios mediante la luz, se identifica el trabajo *Scattered Light* de Jim Campbell (2010). En él, el espacio queda definido por esferas luminosas que reaccionan a la captura visual, como un espejo mágico. El espectador percibe un entorno definido por estas esferas (elementos que se repiten y definen un espacio) y éstas, a su vez, perciben y reaccionan, alterando así el propio espacio.

Dentro del contexto pero en otra dirección se encuentra la exposición *Fluctuations* de Daniel Canogar (2017) cuya reflexión transita en el diálogo estético entre medios digitales. Ahí se observa una obra particularmente interesante para este proyecto llamada *Sikka Ingentium* que consiste en una proyección sobre discos compactos y el reflejo que proporcionan.

El diálogo aquí es múltiple, por una parte, las grabaciones han sido capturadas de la realidad, pero hacen referencia a películas, documentales o grabaciones televisivas, es decir, están codificadas y mediadas. Al ser proyectadas sobre los discos compactos, éstos ofrecen una imagen parcial, fuera de los códigos del medio original y ofreciendo una fragmentación que dificulta —o directamente elimina— los rasgos narrativos originales y ofrece una experiencia descontextualizada.

Finalmente, los reflejos del disco generan una proyección de luces entremezcladas que favorecen las pareidolias y que, aunque se aprecia que la fuente del reflejo proviene de la pared de discos compactos, es imposible trazar una reconstrucción de los reflejos. La instalación es relevante en la evidencia de los medios proporcionados y sus consecuencias estéticas.



Figura 32: Espacio definido por *Broken sound*. (Joynes, 2015).



Figura 33: Reflejo provocado por los CDs proyectados en *Sikka Ingentium* (Canogar, 2017).

En otro contexto la obra *Murmur*, de Puyo (2013), se define como "an architectural prosthesis that enables the communication between passers" y que, aunque se aleja del término inmersivo, conecta con los conceptos de comunicación y transformación, ya que permite la visualización de diferentes estímulos visuales a través de la interpretación de los sonidos emitidos.

En las cuestiones de código creativo, se encuentra un referente en el trabajo *EM* de Francisco Martí, cuando dice "Me interesa explorar en ella las relaciones entre geometría y representación del mundo, la tensión entre lo que es percibido como natural o artificial, la figuración como respuesta de la mirada a lo abstracto, la operación contraria y sus oscilaciones" (Pérez García, 2016, p.18).

Por otra parte, se encuentran algunos trabajos que abordan esa interacción sinestésica entre sonidos, formas y colores como el caso de *Animistic imagery* de Moment Factory (2020) u otros que exploran el uso de la generación audiovisual a través de procesos de inteligencia artificial, como el caso de la obra *Infinity Room: nature dreams* de Refik Anadol (2017).

En el terreno de la generación en tiempo real se identifica una referencia importante en la obra *The Entropy Gardens* del grupo Depart (2018).

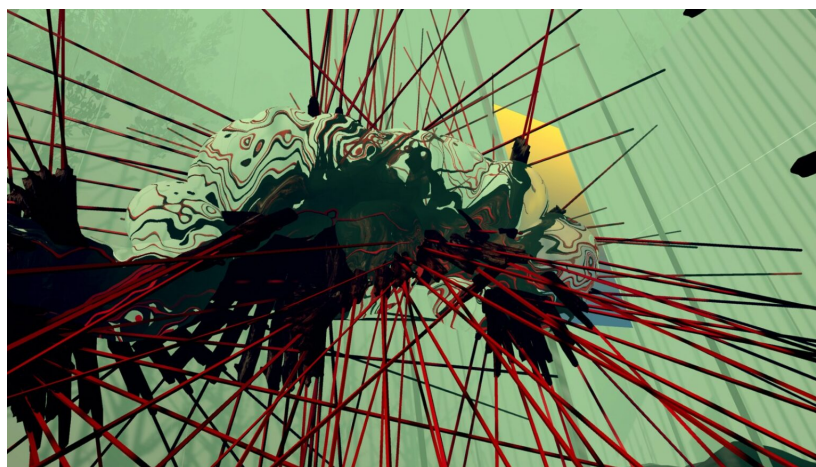


Figura 34: *The Entropy Gardens* del grupo Depart (2018).

La obra es una aplicación que define un entorno virtual donde interactuar con diferentes formas y sonidos a modo de exploración sensorial dando lugar a la creación de espacios emergentes. Es muy interesante el uso de la animación como recurso estético. La aparición y desvanecimiento de los elementos que conforman el espacio constituyen un intento de poesía audiovisual. La posible traslación de la *demoscene* al entorno espacial virtual. Filip Visnjic lo define así: "Like a garden, *The Entropy Gardens* attempts to become a spatiotemporal poem —a poetic organism" (Visnjic, 2020). Finalmente, en la línea de exploración de entornos se encuentra el trabajo *INDISE* de (Navarro Catalán, 2017) en el que se puede recorrer un espacio e interactuar con diferentes elementos reactivos que reproducirán sonidos.

5. PRÁCTICA

Una vez contempladas las cuestiones teóricas que sustentan el proyecto, se plantean las diferentes etapas que atañen a su materialización. El siguiente diagrama resume los diferentes estados que se debe afrontar. El primero consiste en generar un sistema capaz de percibir y procesar sonidos. Una vez almacenados, el sistema tendrá que traducirlos para generar elementos visuales. Finalmente, esos elementos deberán comportarse en función de una serie de reglas para generar el espacio.

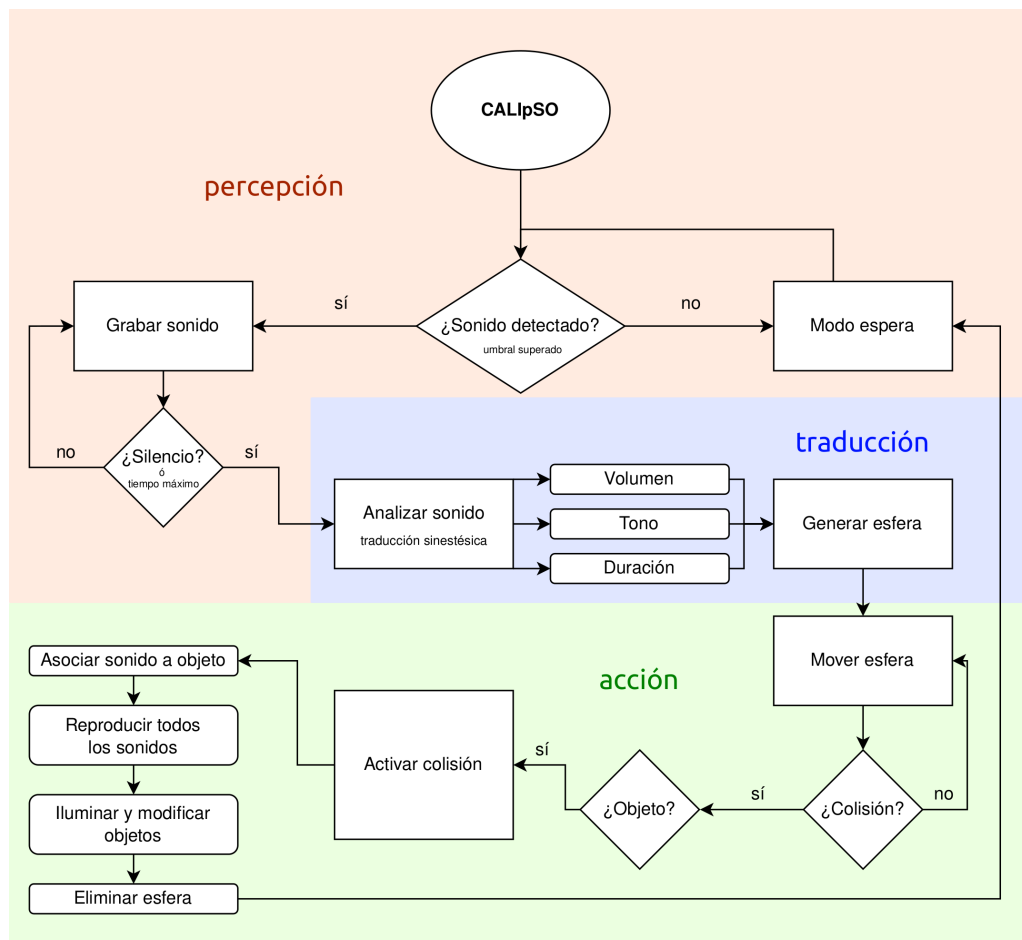


Figura 35: Diagrama de estados para CALIpSO.

5.1. Software y sistema informático

El desarrollo de *CALIpSO* podría llevarse a cabo utilizando diferentes programas y tecnologías que dejarían su huella en el proyecto. A continuación se describen estas tecnologías. Aunque los resultados pueden variar en función de la calidad del software empleado y la pericia a la hora de programar el entorno y dotarlo de recursos gráficos, el sistema visual —determinado por un entorno 3D— viene descrito por una interfaz común independiente del software de creación elegido: OpenGL, Vulkan o Direct 3D. Aunque el proyecto contempla una calidad visual más o menos avanzada, éste tiene que coincidir con otros objetivos (sistema auditivo, control de estados, sistema emergente, etc.). Algo determinante para la elección del programa sobre el que se desarrollará el proyecto.

Por ello se propone la utilización del software especializado en la creación de videojuegos Unity3d por su versatilidad a la hora de generar espacios interactivos y la posibilidad de acceder a herramientas avanzadas de captura y control de sonido. Además, este software, aunque no es Open Source, sí puede ser utilizado en entornos Linux, algo importante para el autor por diferentes razones, tanto éticas como de índole productivo. En este sentido se utilizará la versión 2021.x de Unity3d porque, aunque cuando se comenzó el trabajo no era una versión LTS (*Long Time Support*), sí era una versión suficientemente madura como para afrontar un proyecto no muy complejo. El sistema operativo empleado ha sido *kde neon* y el IDE de desarrollo ha sido *Visual Studio Code*. Por otra parte, el hardware empleado consiste en un equipo con un procesador *AMD Ryzen 5 3600*, y una tarjeta gráfica *Radeon RX590*. No es un hardware de última generación, pero es suficiente para un proyecto de estas características. El micrófono empleado en las pruebas es un micrófono condensador omnidireccional muy básico. Cuya sensibilidad es de menos 52 db, y una señal de ruido de 78 db con una frecuencia de 20 Hz a 20 khz.

5.2. Máquina sensible

El primer paso para enfrentarse al proyecto consiste en generar un sistema sensible, capaz de capturar y analizar sonidos. En este caso la sensibilidad atañe a la capacidad del sistema de capturar sonidos provenientes del entorno real a través de un micrófono o, como alternativa menos compleja, la captura de datos MIDI. Una vez capturados e identificados, estos datos serán analizados y transformados, pero el proceso de captura es de vital importancia ya que determinará en gran medida las propiedades finales de los datos generados.

Unity3D posee un módulo dedicado a la captura de audio llamado *audio source*, lo que facilita enormemente todo el proceso de captura. Sin embargo, hay un problema que debe ser solucionado en el apartado de captura y que consiste en que el propio sistema, al ser capturado, reproduce ese sonido de manera que se producen acoplamientos.

Esto hace prácticamente inviable el análisis del sonido. Para solventar el problema es necesario que el sistema sea sensible solo a estímulos exteriores y no a los propios sonidos capturados. Para ello el módulo *audio source* debe pasar por un *bypass*.

De esta manera el sonido es analizado por el sistema pero no reproducido. Lo que nos llevará a otro problema y es que solo esta función de captura debe anular la función de reproducción ya que las esferas deben acceder al sistema de audio interno para reproducir sonidos.

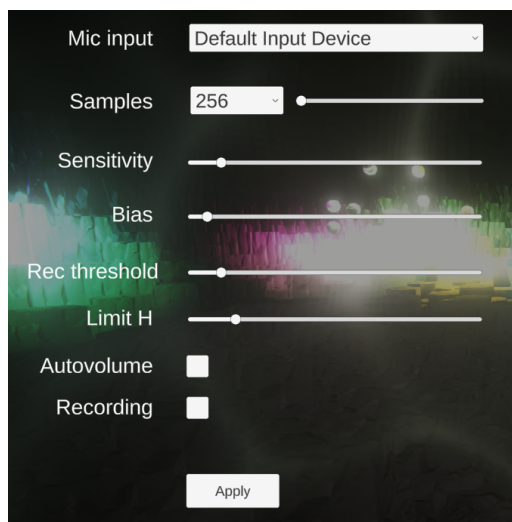


Figura 36: Menú con opciones de sonido.

Una vez solventado el problema de la captura de sonidos, es importante concretar el número de muestras que se van a obtener y procesar. Teniendo en cuenta que cada análisis de frecuencias se va a procesar varias veces por segundo, es necesario adecuar el número de muestras al rendimiento del sistema. La obtención de pocas muestras ofrece una poca definición en la fidelidad de la traducción de sonido a imagen por lo tanto la correspondencia entre el sonido capturado y la imagen procesada será escasa. Por otra parte si las muestras recogidas son muy numerosas, se corre el riesgo de consumir muchos recursos en la captura y no dejar suficiente potencia de procesado para otros aspectos.

Así pues, el primer subsistema en la captura de datos debería ser para adaptar, si fuera posible en tiempo real, el número de muestras a recoger y procesar.

Para ello, era necesario construir un menú, oculto y operativo, en el que se puedan cambiar diferentes aspectos de la captura de sonido: la fuente y sensibilidad del micrófono, el número de muestras, etc. Para determinar la cantidad de potencia de cálculo destinada a estos procesos era necesario generar un medidor de fotogramas.

Una vez creado este menú es necesario traducir —de forma inicial y operativa— el sonido a elementos visuales que permitan determinar cuáles son los parámetros adecuados en los que el sistema se va a desenvolver. Para ello hubo que crear un subsistema en el que diferentes barras de sonido representan los valores de las muestras en función de una sensibilidad concreta. Una especie de espectrograma utilizando los recursos de Unity3d. Adicionalmente, esas muestras son simplificadas en 8 barras fundamentales que serán las utilizadas para los procesos de creación y traducción de las esferas.

El proceso de transformación desde los valores sonoros al sistema de barras, aunque se produce con una finalidad operativa es, en sí, un proceso de traducción sinestésico y como tal esta sujeto a los principios descritos en los apartados anteriores: los valores, aunque coherentes, se subjetivizan al cambiar de medio. Una primera visualización del sonido ya revela algunos de los problemas que entraña el operativo ideado.

En la Figura 37 se observa que los graves son capturados de forma muy elevada mientras que las frecuencias intermedias o elevadas eran muy bajas y erráticas. Para solventar este problema se generó un limitador para que las frecuencias a tener en cuenta a la hora de hacer estos cálculos fueran menores. Además, otro parámetro compensaría los graves y las frecuencias intermedias de forma cuadrática (líneas azules en la Figura 38) para conseguir que las frecuencias elevadas, menos frecuentes, obtuvieran unos datos más elevados.

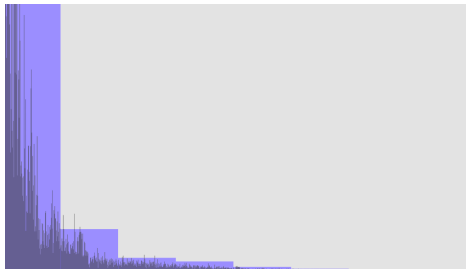


Figura 37: Captura sonora sin modificaciones.

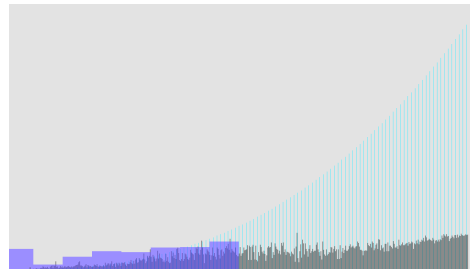


Figura 38: Captura sonora con atenuación.

Es interesante observar como desde la base, aún sin haber desarrollado un sistema completo de traducción audio-imagen, sólo con la definición operativa, ya surgen decenas de decisiones que convierten la tarea en algo paramétrico, subjetivo y mutable. Lejano a las aspiraciones mecánicas o matemáticas y aún así, íntimamente relacionado. Estos parámetros se comportarán de forma más o menos adecuada dependiendo el contexto sonoro en el que se encuentren y, aunque la labor de adecuar esos parámetros podría automatizarse (utilizando idealmente inteligencia artificial) esos procesos desbordarían los objetivos de este trabajo.

En los experimentos llevados a cabo con frecuencias sintéticas se puede apreciar que el sistema funciona perfectamente, pero para el objetivo de captura de voces y sonidos en un entorno real, se requiere este tipo de procesos para obtener datos relevantes para una traducción coherente.



Figura 39: Espectrograma con una frecuencia de señal de 3000Hz.

Por otra parte, es necesario contemplar el hecho de que el volumen sonoro puede ser variable. Habrá ocasiones en las que alguien se acerque mucho al micrófono y emita un sonido muy potente y otras veces en las que el sonido sea muy lejano y casi imperceptible. En este caso, la sensibilidad también debería ser variable y para hacer una sensibilidad variable había que recoger los valores y ofrecer mínimos y máximos temporales.

Finalmente, una vez creado un sistema de captura y visualización de audio más o menos solvente, el siguiente paso enfrentaría la captura y guardado de estos datos. Para ello, se estableció un sistema por el cual cuando el sonido sobrepasa un determinado volumen, comienza la grabación hasta que este volumen cese o bien se llegue a un determinado tiempo de grabación.

La grabación convierte bytes capturados en un archivo de tipo wav utilizando la librería *Openwav* y los graba en el equipo numerándolos para disponer de ellos en el futuro, asociados a las esferas.

5.3. La cueva generada

La idea original para la construcción de la cueva era diferente a la que finalmente se ha propuesto. En esa primera aproximación la morfología de la cueva era más orgánica y en cierto sentido había una voluntad más realista. Como consecuencia, los elementos reactivos estaban claramente diferenciados del entorno. Un hecho que podría tener ventajas en el rendimiento ya que los comportamientos complejos sólo se aplicarían a elementos concretos de la escena. Incluso a nivel gráfico podría ofrecer un aspecto visual más rico. Sin embargo, una cueva cuyos elementos fueran reactivos en su totalidad es más sugerente para el proyecto en su vertiente generativa.

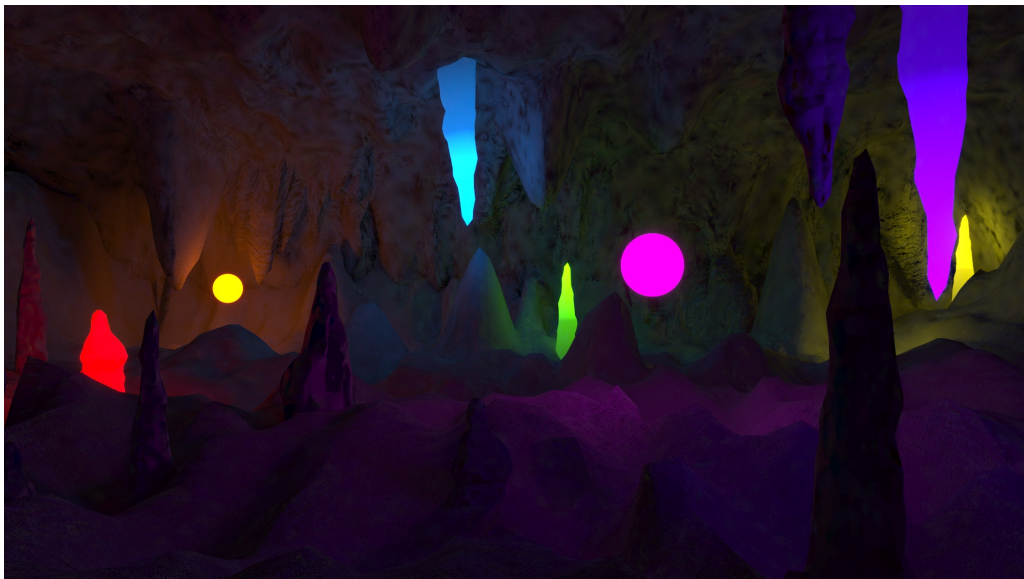


Figura 40: Representación visual de *CALipSO* como boceto en una fase temprana del proyecto.

Teniendo eso en cuenta se buscaron entornos cavernarios con elementos menos orgánicos y la solución fue encontrada en las formaciones de rocas basadas en basalto, cuya morfología hexagonal aún las referencias a lo natural con un cierto carácter reglado, matemático y maquinal, que conceptualmente encaja a la perfección con el espíritu del proyecto.

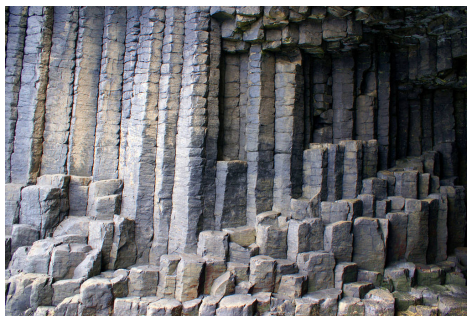


Figura 41: Fingal's cave en la isla de Staffa. Escocia. (Vicky, 2012)

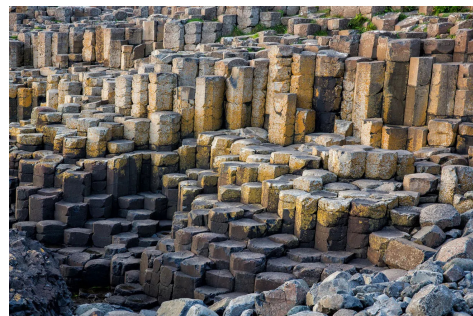


Figura 42: Calzada del Gigante en Couseway. Irlanda. (Earthtrekkers, 2022)

Estos elementos, como entidades propias generadoras del espacio, ofrecen la oportunidad de explorar entornos modificables en su totalidad. Individualmente hacen referencia a los cristales de cuarzo en su perfección natural o, con toda la simbología asociada, a los mojones divisorios de espacio o al monolito de la película 2001: A Space Odyssey (Kubrick, 1968).

En conjunto y dada la disposición programada, pueden ser percibidas como un órgano instrumental o un entorno coral cuyas formaciones suelen estar en gradas.

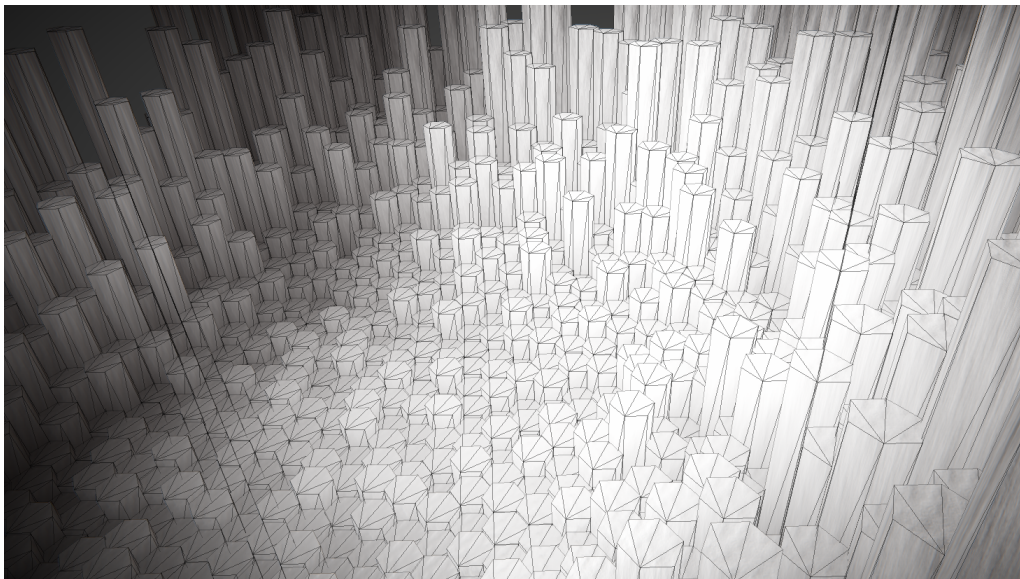


Figura 43: Vista en modo alámbrico de un modelo de cueva basado en elementos hexagonales.

Cada uno de estos pequeños elementos tiene ciertos comportamientos propios, junto a otros que heredan en las colisiones y que, variando su posición y su escala, conforman el espacio. A nivel técnico, cada elemento es un *prefab* agrupa los objetos necesarios (luces, materiales, colisionador, etc.) y supone la base que tomará un script para generar la cueva.

Aunque este nuevo entorno menos orgánico también podría haber sido construido de forma manual y obtener así un mayor control creativo sobre el resultado estético final, es más sugerente e interesante para el proyecto que fuera construido de forma automática. De esta manera la cueva, desde su propia concepción, sería generativa e irrepetible. El script se encarga de repetir y duplicar cada uno de estos hexágonos colocándolos en una posición concreta pero con propiedades generativas azarosas. Conforme el elemento a construir se va alejando del espectador, la tendencia es a aumentar su tamaño de manera que la cueva tiende a cerrarse.

Mostrar en este documento el código completo resultaría demasiado extenso, pero sí se muestran algunos trozos de código simplificados para explicar aspectos del trabajo. La construcción de la cueva está generada por el siguiente script:

```
// La variable maxAncho y maxLargo permite que la cueva sea más grande o más
// pequeña

//Bucle para el Ancho.
for(int i = 1; i < maxAncho; i++){

    //Bucle para el Largo
    for(int f = 1; f < maxLargo; f++){

        //Crear instancia del tile
        //...

        //Ajustar para el tile perfecto
        //...

        //PAR //IMPAR //visualización de los tiles
        //Muevo los pares e impares
        if(f % 2 == 0){
            instaTile.transform.position = new Vector3(newX, 0, newZ/2);
        }else{
            instaTile.transform.position = new Vector3(i, 0, newZ/2);
        }

        //Creo las variables para front, left, right bias con ruido. A la
        //función mapToDigital me referiré posteriormente.
        float newSinDigital = cm.mapToDigital(i, 1, maxAncho/4, 1, 0);
        float exponencialSin = Mathf.Pow(Mathf.Sin(newSinDigital), balanceoValor)
            * Random.Range(18f, 22f);

        //Modifico la altura de los elementos en función de las variables
        //anteriores
        //...

        //Agregar a parent para tener los elementos ordenados
        //...

        //Agregar material aleatorio del tile. Cada vez que la cueva se genera,
        //utiliza un material diferente
        instaTile.GetComponentInChildren<Renderer>().material =
            materials[materialOfTheSeason];
    }
}
```

El código completo puede ser consultado en github.com/antonbag/calipsoHDRP

5.4. Render Pipeline

Cualquier sistema contiene mecanismos de control para su desarrollo. En este caso, como en la mayoría de los entornos digitales, los sistemas van recayendo unos sobre otros: CALIpSO está construido utilizando Unity3d que es, en sí mismo un sistema con mecanismos más o menos autónomos de gestión, que se sustentan sobre otros: el sistema operativo, el sistema gráfico, el hardware, etc. Todos los sistemas son interdependientes. CALIpSO delega muchas de sus funciones en el resto de los subsistemas de los que se nutre y las restricciones de ellos son restricciones impuestas por su herencia.

Por otra parte, los sistemas tienen zonas ocultas, cuyo propósito es meramente operativo, creadas en beneficio del propio desarrollo y que, aunque no aportan a la obra final de forma directa, son fundamentales para su culminación. Ya se ha presentado el menú oculto para modificar los valores de entrada del sonido, al que habría de añadir elementos como cámaras de desarrollo, monolitos para comprobar los materiales o comportamientos definidos para disparar esferas sin necesidad de sonidos.

En este sentido, hay una restricción muy importante que viene determinada por el subsistema gráfico de Unity3d en modo URP (*Universal Render Pipeline*), que sólo permite el cálculo de ocho luces simultáneas. Ese cálculo de iluminación en tiempo real es muy costoso pero esta restricción condiciona de forma dramática la visualización del proyecto ya que debería haber muchos más elementos iluminados a la vez.

Para hacer frente a esta restricción lumínica se da más peso a la iluminación que puedan ofrecer las esferas respecto a los monolitos, haciendo que rápidamente éstos pierdan intensidad hasta desactivar sus luces (y así dejar paso a otras iluminaciones) y además, las luces de los monolitos no arrojan sombras. El sistema URP fue elegido por ser notablemente más sencillo de configurar y programar, además de ser menos exigente a nivel gráfico. El código completo URP puede ser consultado en github.com/antonbag/calipso

El resultado gráfico es positivo y la imagen base tiene margen de mejora utilizando efectos de postproducción, pero la iluminación y la calidad de las sombras no puede incrementarse por una restricción del propio sistema gráfico.

Para aumentar la calidad en iluminación y sombras se decidió realizar una migración del proyecto al sistema HDRP High Definition Render Pipeline de Unity3D. La tarea de crear de nuevo el sistema en modo HDRP es costosa, y las pruebas iniciales requerían un hardware muy exigente, pero al comprobar su viabilidad el proyecto se continuó en el entorno HDRP.

Las siguientes figuras muestran las diferencias gráficas entre ambos entornos. Mientras que en URP la iluminación tiende a focalizarse y la mezcla de colores es restringida, la versión HDRP tiene una mayor riqueza y precisión en las sombras permitiendo un mayor sentido del espacio.

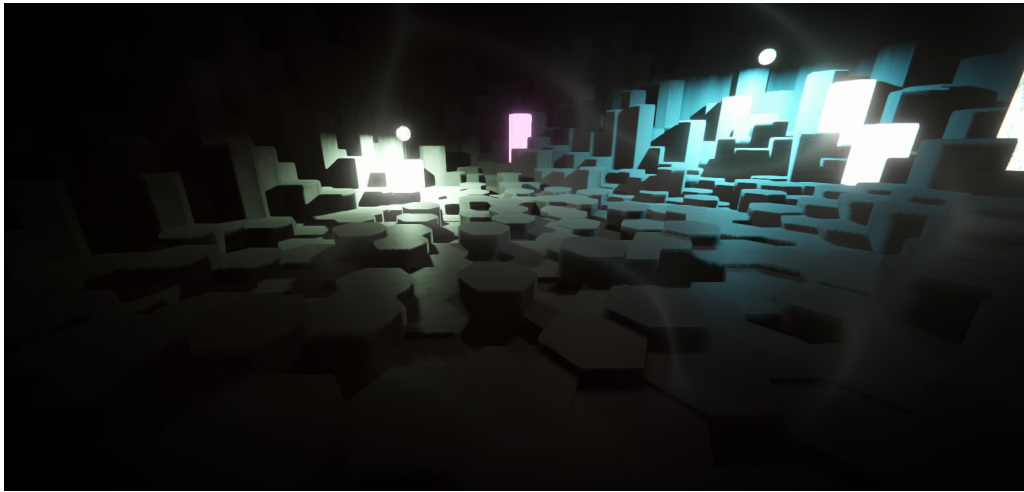


Figura 44: Vista de CALipSO en modo gráfico URP.

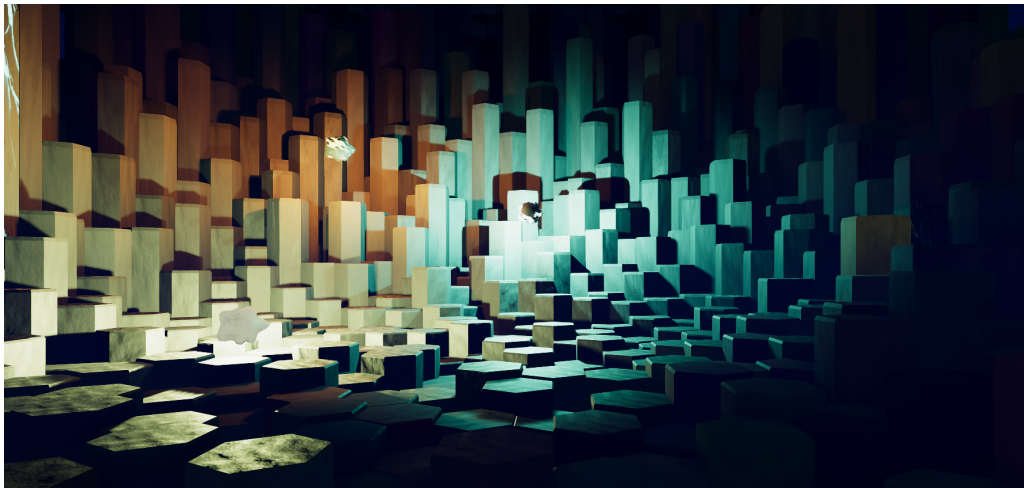


Figura 45: Vista de CALipSO en modo gráfico HDRP.

5.5. Sonido, movimiento y tiempo

Tal como se ha tratado anteriormente, el sonido está íntimamente ligado al movimiento, y éste al tiempo. Trasladar sonidos a imágenes (ya sea representada por la morfología de las esferas, o por la luz que emiten) tendrá necesariamente que contar con el tiempo en el ejercicio de traducción.

El siguiente código muestra varias aproximaciones mediante código para encontrar resultados satisfactorios. La variable *spectrumData* agrupa los valores del espectro *spectrum* pero filtrados y sometidos a varias operaciones para obtener diferentes resultados: eliminar ruido comparando valores con los anteriores, hacer medias suaves, o balancear son operaciones importantes. Esas operaciones se realizan cada ciclo para poder acceder a los valores sonoros.


```

float miSino = Mathf.Sin(i);

//raw
//spectrumData[i] = spectrum[i];

//1A aproximacion: media entre valor anterior y actual
spectrumData[i] = ((spectrum[i]*spectrumData[i])/2)*powerMultiplier;

//2A aproximacion: clampear
spectrumData[i] = Mathf.Clamp(spectrum[i], 0,1)*powerMultiplier;

//3A aproximacion: media con anterior
spectrumData[i] = (spectrum[i]+spectrumDataAnterior[i])/2;

//4A aproximacion: media con anterior
spectrumData[i] =
    Mathf.Clamp(((spectrum[i]*powerMultiplier+spectrumDataAnterior[i])/2),
    0,1);

//5A aproximacion: seno
spectrumData[i] =
    Mathf.Clamp(((spectrum[i]*powerMultiplier+spectrumDataAnterior[i])/2)*miSino,
    0,1);

//MAPEO DE Samples
float mapeo = _scripts.cm.mapToDigital(i, 0, _samplesLimited, 0.0f, 1);
float balanceo = (Mathf.Pow(mapeo, ponderacionPOW)) * amplitudPOW;

//MUESTRO EL BALANCEO
//spectrumDataBalanceo[i] = balanceo/5;

//balanceo cada cuatro muestras
if(i % 4 == 0){
    spectrumDataBalanceo[i] = balanceo/4;
}

//if(spectrumDataAnterior[i] == 0) spectrumDataAnterior[i] = 0.1f;

//SPECTRUM TO DATA
spectrumData[i] = (spectrum[i]*balanceo) * (powerMultiplier*1000);

//STABILITY BY AVERAGE
spectrumData[i] = (spectrumData[i]+spectrumDataAnterior[i])/2;

//CONTROL
if(spectrumData[i] >= 5000) spectrumData[i] = 5000;

```

Esos valores manipulados serán la base para construir el movimiento de las esferas por lo que estos procesos son determinantes. Se requeriría un estudio más exhaustivo del que permite este proyecto para la obtención de valores más adecuados en función de diferentes contextos, pero sirve para ilustrar las diferentes aproximaciones en un proceso de depuración, investigación y exploración.

5.6. Materiales mutables

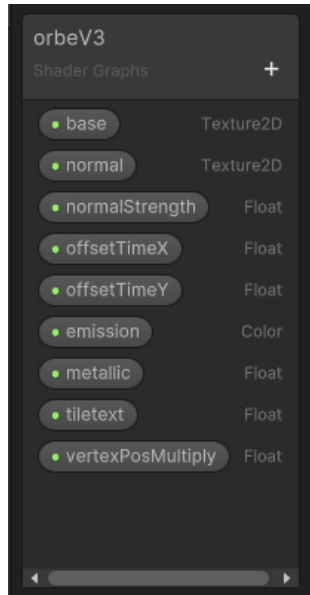


Figura 46: Entradas del shader

Para la creación de los diferentes materiales y su comportamiento relacionado con las ondas sonoras, se ha creado un *shader* que toma diferentes valores y los ejecuta en tiempo real dentro de los procesos gráficos. Unity3d contiene un editor gráfico para gestionar esos procesos que, por su naturaleza, utiliza operaciones matemáticas sencillas bajo premisas no intuitivas, pues no están relacionadas con la edición no lineal sino que se aplican a la imagen en su totalidad en un contexto tridimensional. Esos elementos serán actualizados desde diferentes scripts para modificar sus valores.

Base y *Normal* hacen referencia a las imágenes utilizadas como texturas, *normalStrength* modifica la medida en la que se aplica el mapa de normales, *offsetTimeX* e *offsetTimeY* hacen referencia a la velocidad con la que se mueven las texturas, *emission* es un valor de color que modifica la iluminación y el material, mientras que *metallic* hace referencia a la cantidad de reflexión que contiene el material, *tiletext* modifica

las dimensiones de la textura para atenuar su expansión cuando los monolitos crecen y, finalmente, *vertexPosMultiply* modifica físicamente a través de sus vértices la morfología de las esferas en función a los valores de los sonidos.

Las siguientes figuras muestran algunos procesos del *shader* de Unity3d.

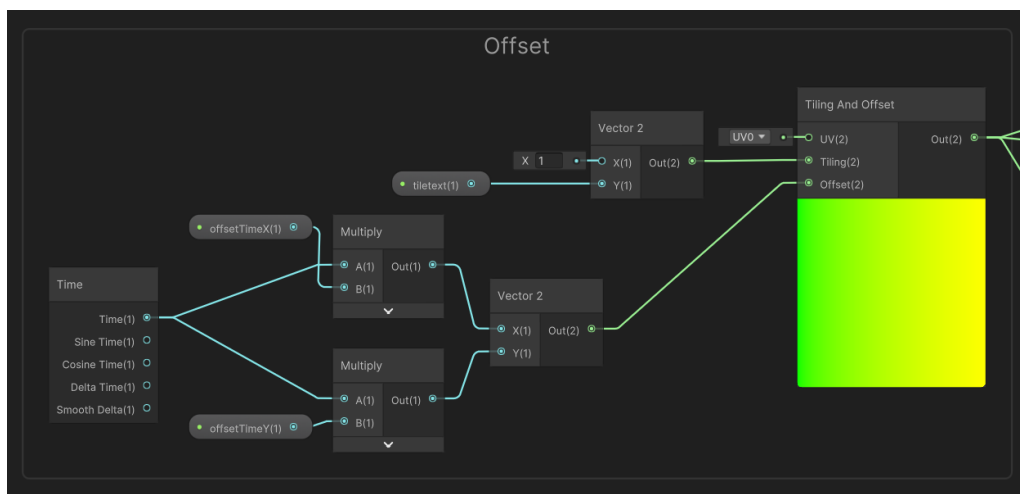


Figura 47: Proceso encargado de manipular la posición de la textura sobre el objeto en base al tiempo y parámetros de entrada suministrados.

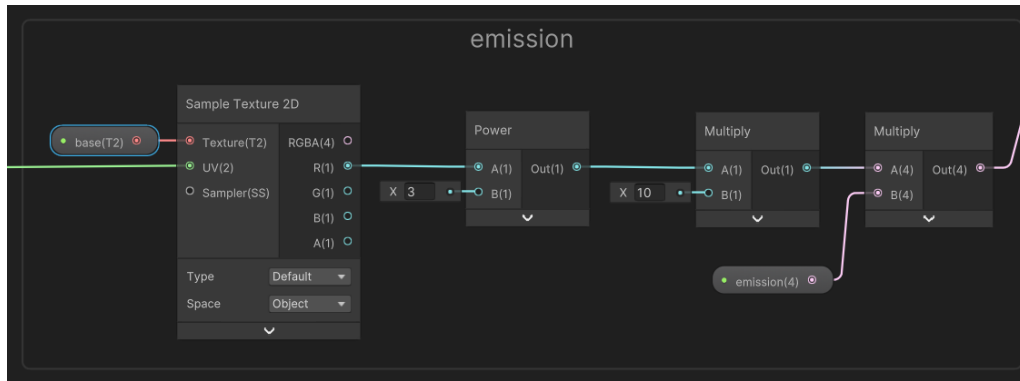


Figura 48: Proceso de cálculo del factor de emisión del material.

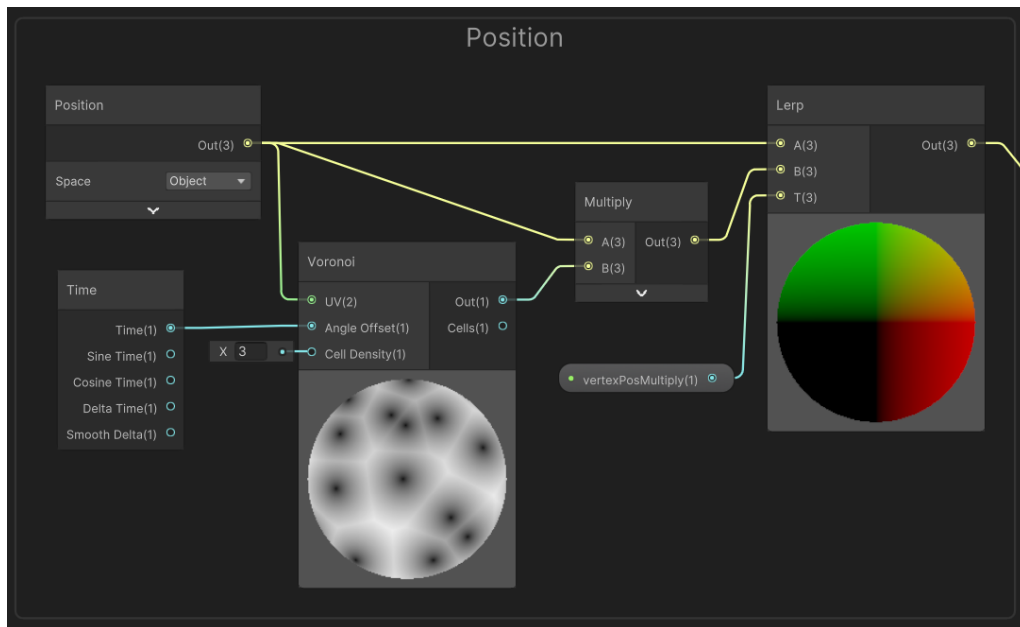


Figura 49: Proceso para manipular los vértices del objeto en función del sonido. Se utiliza ruido Voronoi como base para la deformación.

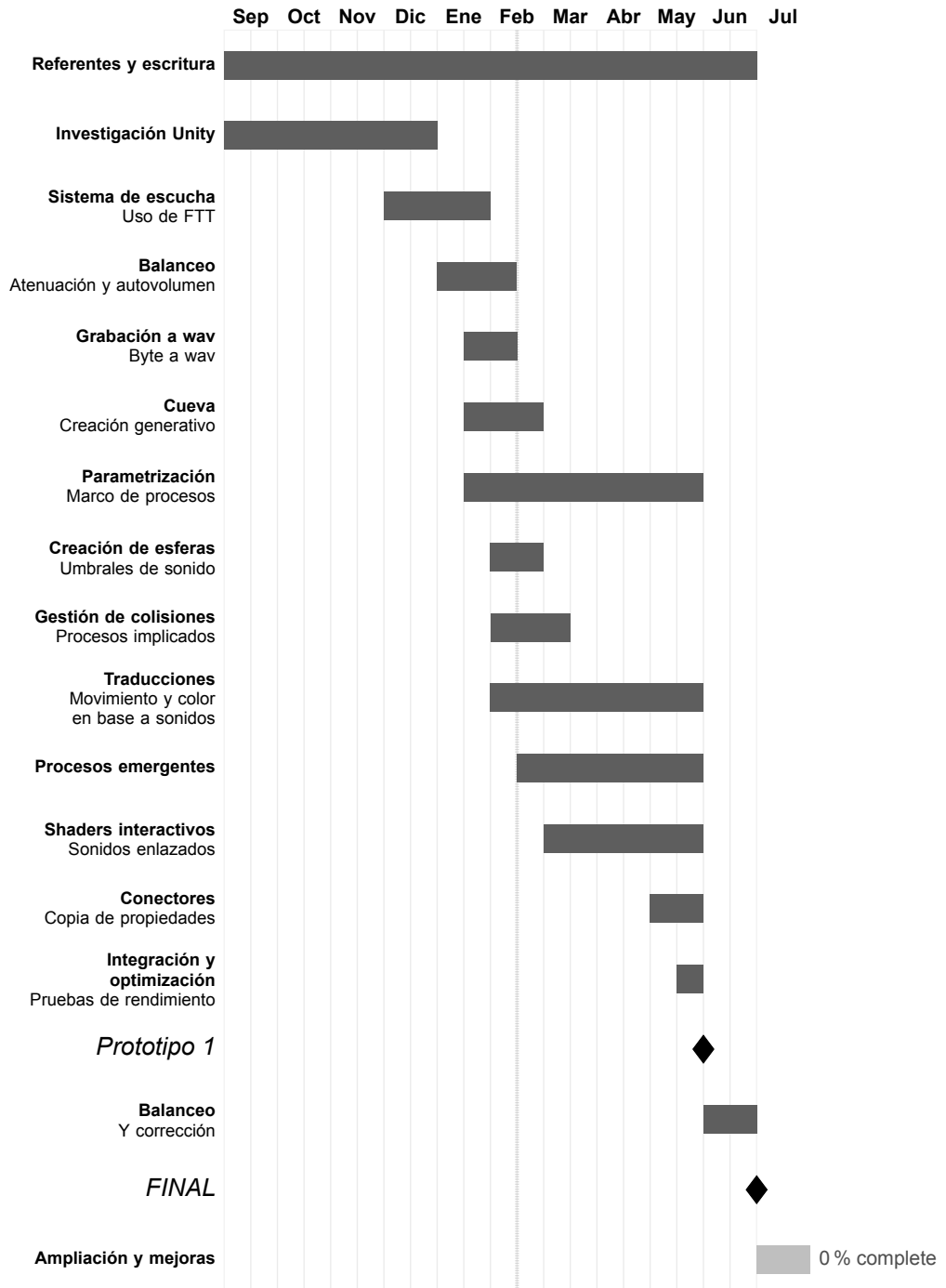
La variación de estos parámetros creará múltiples materiales diferentes a la hora de crear la esfera, y que serán trasladados a los monolitos. Conforme los sonidos vayan modificando el aspecto de los monolitos, la cueva cambiará su composición.

El código completo puede ser consultado
github.com/antonbag/calipsoHDRP

A través de este enlace se pueden ver diferentes vídeos que responden a diferentes etapas del proyecto, así como explicaciones sobre el código:

vimeo.com/user179968309

5.7. Cronograma



6. CONCLUSIONES

Es común que algunos proyectos tengan un germen azaroso, fruto de una idea pasajera o una imagen que dispare algún resorte en el cerebro que encienda la chispa de la imaginación. Proyectar —sobre todo en sus primeras fases— es, en gran medida, imaginar.

Sin embargo, en el caso de este proyecto la idea parte de los requisitos de aunar diferentes materias, interrelacionarlas y materializarlas dentro de un contexto particular —un máster de artes visuales—. El propósito concreto, pues, consiste tanto la investigación, la comunicación experiencial como el desarrollo de tecnologías expresivas. Es importante tener presente la naturaleza de la que parte este proyecto y su contexto para extrapolar los objetivos finales abiertos a posibilidades especulativas, que en ocasiones no responden a preguntas concretas, con las conclusiones extraídas.

Bajo ese prisma el proyecto se ha ido construyendo sumando subsistemas como capas operantes. Algunos de los sistemas se han visto modificados sustancialmente durante el proceso de investigación algo que, aunque no ha afectado a las premisas de partida, sí lo ha hecho a la forma de alcanzarlo y por lo tanto, a las relaciones entre sistemas y a su materialidad. El ordenamiento de las ideas ha modificado el proyecto desde su concepción hasta su materialización. Ese proceso de orden ha provocado una generación de nuevos vínculos, la cristalización de otros, o la decadencia de otros anteriores. Todos esos procesos —construcción y destrucción— suceden en el cerebro en forma de ideas, como si cada uno de nosotros llevara dentro una pequeña *CALIpSO*.

6.1. Rigidez y expresividad

Se puede apreciar una tensión entre la programación de software frente a la exploración y la búsqueda artística. La programación de software es férrea, rígida y cartesiana. No deja lugar a la expresión espontánea y se requieren instrucciones precisas para compilar el código. Eso no significa que la programación no sea un acto creativo pues sus procesos, a menudo muy abstractos, requieren de grandes dosis de imaginación y creatividad.

La obtención en primer lugar de una escritura sin errores —que el compilador permita ejecutar— y, que la interpretación de ese código sea satisfactorio para los intereses perseguidos obliga a la consecución de objetivos de forma planificada, pero sin una idea precisa sobre el funcionamiento óptimo: si el rendimiento permitirá su ejecución o si el resultado será el deseado. En este sentido se desvela la contradicción que supone confiar en la intuición sobre un material tan rígido como es el código de ordenador.

Para *CALIpSO*, la creación de un sistema de escucha, parametrización y grabación de archivos tomó semanas. Un tiempo en el que se establecieron pequeños objetivos funcionales (seleccionar micrófono, modificar el volumen, cambiar la cantidad de fre-

cuencias, etc.) que formaban parte de un objetivo mayor (sistema de escucha), y que a su vez formaba parte de otro aún mayor, necesario para el resto de procesos, y que, sin esa base no hubiera sido posible funcionalmente. Si, por ejemplo, el sistema no permitiera la grabación de sonidos por cuestiones de rendimiento o de cualquier otra índole, el proyecto entero habría llegado a un punto muerto. La abstracción sobre la que se trabaja en diferentes subsistemas que tendrán que acoplarse y convivir comienza siendo muy alta hasta que poco a poco se va concretando.

A pesar de la rigidez de los sistemas informáticos, los procesos de escritura de código tienen margen para la improvisación y la expresión artística inmediata, pero esa expresión se realiza a través de la parametrización de los elementos. La rigidez informática sólo permite deambular por los márgenes preestablecidos del parámetro dentro de una búsqueda más o menos consciente. A menudo estos parámetros tienen *sliders* o *deslizadores* que permiten comprobar los comportamientos en tiempo real en función del valor que se establezca y que tienen, a su vez, sus propios márgenes de actuación.

La otra manera de expresión improvisada se encuadra dentro del azar proporcionado por una interpretación no esperada del código o una mezcla no prevista de los parámetros, lo que da lugar a soluciones artísticas o creativas emergentes.

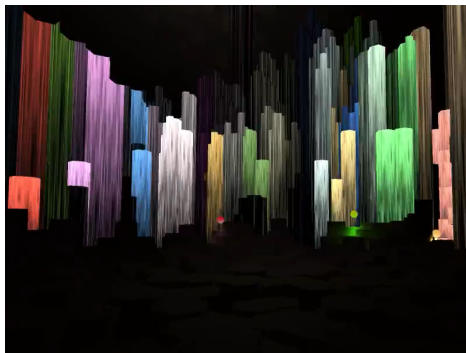


Figura 50: Un error en CALIpSO en la escala de los monolitos.

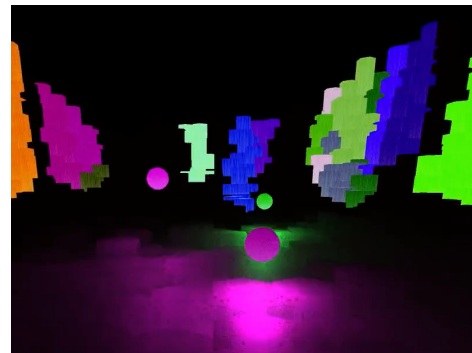


Figura 51: Comportamiento no esperado en la colisión.

Si el margen de la expresividad paramétrica sucede en sus límites, la propia obra emergente debe *contenerse* —en una amplia consideración del término— en unos márgenes definidos donde sucederán las reacciones, los movimientos: la obra. Dentro de esos márgenes están todas las obras posibles. Una característica que necesita mecanismos de control para hacer frente a las eventualidades. Muchos de estos mecanismos de control son invisibles —incluso es posible que nunca sean necesarios— pero el sistema debe contener el caos que promueve.

6.2. Medios y capas

Los sistemas están interconectados de tal manera que uno depende de los otros de forma íntima y directa, pero conservan ciertos grados de autonomía. CALIpSO utiliza las herramientas basadas en Unity3d y éste depende del sistema operativo, que a su vez dependerá de los pequeños programas que permiten al hardware comunicarse con el *kernel* (núcleo) del sistema operativo. Una *superestructura*⁴ cuya composición será determinante para el proceso de creación y, por lo tanto, para la obra en sí.

La idea detrás de *The Stack* de Bratton (2015) por la que los diferentes niveles tienen cierta autonomía y se relacionan entre ellos puede observarse, escalados, en todos los procesos del proyecto. No solo por su naturaleza modular sino en los procesos que intervienen para definir cualquier comportamiento: pueden apreciarse en la necesidad de interconexión entre valores de los *shaders* y los sonidos, en la conexión entre código y resultado o entre los múltiples procesos de traducción y resultado. Esos procesos permanecen ocultos detrás de la superficie de la obra.

6.3. Traducción masiva

Uno de los propósitos fundamentales de este trabajo consistía en reflexionar, mediante la experimentación práctica, sobre los procesos de traducción sonido-imagen. Bajo esa premisa se pretendía analizar y convertir datos sonoros en elementos virtuales tridimensionales (hacer visible lo invisible). Aunque conceptualmente el proceso es viable, y se parte de la idea intuitiva que propone que una viabilidad técnica, el proceso ha demostrado que esa traducción es, cuanto menos, complicada. Por una parte hay muchos datos que analizar. El espectro sonoro, con una definición adecuada, contiene muchos datos. Por otra parte, los micrófonos, el entorno de trabajo o de exposición acarrean un ruido que altera de forma notable los resultados en las muestras de frecuencias y se vuelven muy inestables.



Figura 52: Captura de señal a una frecuencia de 2300 Hz.

La entrada de frecuencias sintéticas ofrece resultados que podrían ser interpretados y traducidos a colores y formas de forma coherente. Sin embargo, en entornos cotidianos y registros por micrófono, el ruido introducido genera una disparidad en los valores que hace imposible esa traducción coherente.

⁴Un término marxista que debe ser extrapolado al contexto de este trabajo.

El otro factor clave para entender la dificultad en este proceso es el tiempo. Sin tiempo no hay sonido, así que analizar el sonido es un proceso tridimensional constituido por las frecuencias, sus valores y el tiempo. Diferentes estrategias de análisis (medias, valores máximos y mínimos, eliminación de ruido o ventana de frecuencias) se convierten en necesarias para extraer valores, pero con cada operación se pierde coherencia o fidelidad en el proceso y, por lo tanto, en la manifestación material posterior a su interpretación.

Teniendo en cuenta las dificultades para obtener y traducir sonidos a procesos coherentes (ruido, complejidad y rendimiento), no se ha podido establecer un método claro de traslación sonido a imagen, sino que el sistema debe ser adaptado en sus parámetros para diferentes situaciones. Otros sistemas menos sofisticados, o cuya fuente de sonido fuera más estable o consistente, o directamente entradas sonoras basadas en datos (MIDI) podría suponer un método claro para trasladar esos sonidos a procesos predecibles y coherentes.

6.4. URP y HDRP

El cambio de subsistema gráfico en Unity3D también permite extraer conclusiones sobre la capacidad de inmersión mediante coherencia de los espacios de síntesis. Vuelve a aflorar la vieja dualidad entre representación y simulación. Teniendo en cuenta que los sistemas en tiempo real requieren del cálculo de decenas de fotogramas por segundo, la estrategia en la elaboración visual ha sido generalmente el uso de criterios de representación: una suerte de trampantojo de simplificación para engañar al cerebro en base a la búsqueda de sentido. La tendencia, conforme avanza la potencia de cálculo, es incorporar modelos basados en criterios físicos, más complejos pero más coherentes.

El sistema HDRP incorpora varios criterios físicos. Si en los modelos tradicionales la luz tiene una potencia y color, en el sistema físico tiene una temperatura, intensidad basada en lúmenes, candelas o Lux. Igualmente ocurre con la cámara. La cantidad de parámetros se amplía para simular los de una cámara real y sus propiedades físicas (obturación, iso, etc.). Esa transición desde la representación a la simulación ofrece unas características visuales avanzadas (luz indirecta, coherencia cromática, profundidad de enfoque, niebla, etc.) que permiten definir espacios visualmente más coherentes aún incorporando elementos extraños, emergentes o imposibles, lo que proporciona una experiencia de inmersión más rica.

6.5. Futuros desarrollos

Aunque la instalación funciona de forma autónoma, es posible imaginar formas de expansión que amplíen sus características.

La primera posibilidad consiste en el soporte para la visualización a través de sistemas de Realidad Virtual. La experiencia de inmersión se vería notablemente incrementada tanto por la interacción de la visualización —la mirada libre— como por el sonido espacial.

Otra posibilidad sería capturar los movimientos de los usuarios para que pudieran tener control sobre las esferas una vez emitidas. De esta manera se minimizaría el componente de azar pero se incrementaría el control e interactividad, permitiendo nuevas expresiones como modificaciones del entorno más precisas, polifonías o discursos elaborados.

Se podrían incluir elementos de telepresencia: dos sistemas *CALIpSO* en diferentes espacios que compartieran sonidos o esferas luminosas. Una forma de comunicación emergente y fragmentaria entre espacios separados.

Profundizando en el concepto de *instrumento*, se podría modificar el sistema de entrada y que una interfaz MIDI fuera la fuente del sonido. El complicado proceso de transformación desde una onda sonora a los datos para generar las esferas se vería enormemente simplificado ya que la fuente MIDI ya viene predefinida como datos binarios estables. Un teclado MIDI sería, pues, la interfaz para modificar el espacio —un nuevo órgano ocular— o la lectura de un archivo MIDI modificaría el espacio en función de las notas pulsadas.

Sin embargo, uno de los desarrollos que se considera más pertinentes por sus relaciones directas con el sustrato teórico del proyecto es la traducción del sonido emitido, mediante inteligencia artificial, a imágenes de síntesis que podrían ser proyectadas en la caverna. Una suerte de *video-mapping* virtual como respuesta digital a los estímulos analógicos humanos. Una cueva de las maravillas que proyecta la imagen de lo nombrado (e interpretado), utilizando un sistema de traducción de voz a texto, y con ese texto, realizar una búsqueda automática en algún buscador de imágenes, o bien utiliza Direct Speech-to-Image Translation (Li et al., 2020). Incluso, se podría crear (la imagen de) lo que ordenas y proyectarlo a través de inteligencias artificiales como DALL-E (Ramesh et al., 2021), que ya son capaces de realizar este proceso de forma muy precisa.

Finalmente, la caverna podría construirse tomando datos externos, como gráficas de la bolsa, u otro tipo de recogida de datos, o bien tomando los sonidos de otros medios audiovisuales: películas, conciertos, etc. ¿Cuál sería el aspecto y el comportamiento de *Calipso* tomando como entrada un concierto de metal? ¿Y cuál tomando un concierto de una coral de voces blancas? El espacio se vería alterado en función de los estímulos sonoros externos.

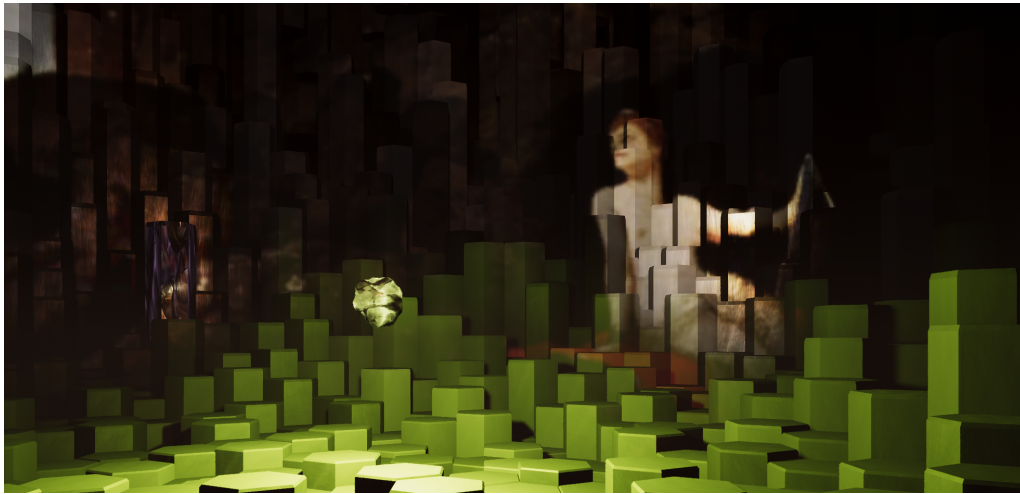


Figura 53: Prueba para la proyección de imágenes sobre la cueva generada.

6.6. Ecos

Cada subsistema de *CALIpSO* tiene entidad suficiente para merecer un análisis independiente, más profundo y pormenorizado. La experiencia de fusión entre sistemas para alcanzar una obra que los conecta ha abierto cuestiones y reflexiones que surgen precisamente de su vinculación, de la interacción y choque entre conceptos e ideas, de sus ecos. Algunas de las cuestiones de este trabajo deberán ser ampliadas, descritas y contestadas en futuras investigaciones.

Como autor no reniego del azar como motor de acción. La investigación transita por corredores oscuros que se iluminan con cada hallazgo y éstos, aún conducidos por hilos, no están carentes de azar. Y por azar, o como suceden los naufragios, llegué a *CALIpSO*. En su cueva he vivido durante meses. He experimentado muchos sentimientos: frustraciones y alegrías, esperanzas, decepciones y momentos casi mágicos, en los que sentirse un demiurgo, cuando los sistemas responden a las instrucciones nombradas —como hechizos en el código— y todo brilla. Otros, en los que la cueva se convierte en laberinto oscuro en el que, a pesar de la lógica de sus procesos, hay que desandar lo andado en busca de una salida, cambiar las antorchas o simplemente crear una nueva puerta —no prevista— que conduce cuando la abres a otros pasadizos igualmente imprevistos. Algunos procesos solo funcionan en el *mundo de las ideas* mientras que otros, al ser materializados sólo son sus sombras.

Odiseo, después de permanecer con Calipso, decidió abandonar la cueva y regresar a Ítaca. Pero no se fue solo, con él viajaron todas sus experiencias.

CALipSO

CAve of Light and SOund

Índice de figuras

1.	Brueghel (1625). <i>A Fantastic cave with Odysseus and Calypso</i> . Londres, Colección privada.	9
2.	Böcklin (1882). <i>Ulysses and Calypso</i> . Basilea, Kunstmuseum.	9
3.	Descripción del funcionamiento de CALipSO	10
4.	Descripción del funcionamiento de CALipSO	11
5.	Captura de CALipSO en sus etapas finales.	12
6.	Subsistemas básicos de CALipSO.	17
7.	Imagen virtual proyectada sobre la cueva virtual proyectada.	22
8.	Tamaño mínimo requerido según antropometría media.	25
9.	Boceto inicial para la proyección.	26
10.	Sistema pitagórico de música de las esferas.(Stanley et al., 1711, p.748)	28
11.	Sistema “orgánico, completo y perfecto” según la teoría musical de Kepler Urreiztieta (2013, p.109).	29
12.	Rueda de color del libro <i>Opticks</i> de Newton. El círculo completa una octava musical	29
13.	Círculo cromático de Goethe (1840).	29
14.	Círculo de quintas dibujado dentro del círculo cromático como un dodecágono estrellado.	30

15.	Caricatura del clavecín ocular por Charles Germain de Saint Aubin.	31
16.	Interpretación interactiva sobre la relación forma-color y música (Centre Pompidou and Google Arts & Culture Lab, 2021)	33
17.	Sensorama fue una idea de 1955 que no llegó a materializarse por su alto coste. Contaba con motores, sonido estéreo, viento, vibraciones y aromas. (Heilig, 1955)	34
18.	<i>Lichtspiel Opus I</i> (Ruttman, 1921).	36
19.	<i>Lichtspiel Opus II</i> (Ruttman, 1922).	36
20.	Suburbia. Demo del grupo 1001 Crew (1986) para sistemas commodore64.	38
21.	La demo <i>inside</i> del grupo CNCd (1996) incluye una incipiente tecnología 3d.	38
22.	Demo <i>Elevated</i> . Quilez (2009). Se consigue una audiovisualización figurativa de más de 3 min condensada en tan solo 4kB de información.	38
23.	Milkdrop (Geiss, 2010). Software específico diseñado para el reproductor Winamp.	39
24.	Concierto del grupo Cornelius (2017) con audiovisualización en tiempo real.	39
25.	<i>Spectrum</i> (Baker, 2022) de la película <i>Moonrise Kingdom</i> (Anderson, 2012)	41
26.	<i>Spectrum</i> (Baker, 2022) de la película <i>The Grand Budapest Hotel</i> (Anderson, 2014)	41
27.	Turner, W. (1803). <i>The Festival of the Opening of the Vintage of Mâcon</i> [Óleo sobre lienzo]. Sheffield City Art Galleries, England.	44
28.	Farocki (2014). <i>Parallel III</i> [Video].	47
29.	Fotograma de <i>Bubbles</i>	51
30.	Fotograma de <i>Jaap's solo</i>	51
31.	Fotograma de una representación en el <i>21th Century Virtual Color Organ</i> (Ox, 2001)	52
32.	Espacio definido por <i>Broken sound</i> . (Joynes, 2015).	53
33.	Reflejo provocado por los CDs proyectados en <i>Sikka Ingentium</i> (Canogar, 2017).	53
34.	<i>The Entropy Gardens</i> del grupo Depart (2018).	54
35.	Diagrama de estados para CALIpSO.	55
36.	Menú con opciones de sonido.	57
37.	Captura sonora sin modificaciones.	58
38.	Captura sonora con atenuación.	58
39.	Espectrograma con una frecuencia de señal de 3000Hz.	59
40.	Representación visual de CALIpSO como boceto en una fase temprana del proyecto.	60
41.	Fingal's cave en la isla de Staffa. Escocia. (Vicky, 2012)	60
42.	Calzada del Gigante en Couseway. Irlanda. (Earthtrekkers, 2022)	60
43.	Vista en modo alámbrico de un modelo de cueva basado en elementos hexagonales.	61
44.	Vista de CALIpSO en modo gráfico URP.	64
45.	Vista de CALIpSO en modo gráfico HDRP.	64

46. Entradas del shader	66
47. Proceso encargado de manipular la posición de la textura sobre el objeto en base al tiempo y parámetros de entrada suministrados.	66
48. Proceso de cálculo del factor de emisión del material.	67
49. Proceso para manipular los vértices del objeto en función del sonido. Se utiliza ruido Voronoi como base para la deformación.	67
50. Un error en CALIpSO en la escala de los monolitos.	70
51. Comportamiento no esperado en la colisión.	70
52. Captura de señal a una frecuencia de 2300 Hz.	71
53. Prueba para la proyección de imágenes sobre la cueva generada.	74

Bibliografía

- Adajian, T. (2006). Book reviews: “visual music: Synaesthesia in art and music since 1900,” by Kerry Brougher, Olivia Mattis, Jeremy Strick, Ari Wiseman, and Judith Zilcher. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 64(4):488–489.
- Agost, M. J., Vergara Monedero, M., and Odilo (2016). *Antropometría aplicada al diseño de producto*. Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.
- Alcina, J. (1998). *Arte y antropología*. Alianza.
- Alonso, L. (2019). *Evolución de los sentidos*. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/mente-y-cerebro/psicologa-para-la-paz-758/evolucion-de-los-sentidos-17091>. (Accessed on 03/2022).
- Anadol, R. (2017). Refik Anadol – media artist + director. <https://refikanadol.com/>. (Accessed on 02/2021).
- Anderson, W. (2012). *Moonrise Kingdom*. USA.
- Anderson, W. (2014). *The Grand Budapest Hotel*. USA.
- Bachelard, G. (2012). *La poética del espacio*. FCE - Fondo de Cultura Económica.
- Baker, D. (2022). Spectrum. <http://dillonbaker.com/spectrum>. (Accessed on 07/2022).
- Ballester, D., Crovetto, B., and Benjamin, W. (2017). *La obra de arte en la era de su reproductibilidad técnica: Walter Benjamin: varias portadas*. La Imprenta CG.
- Bass, S. (1960). *Psycho title sequence*. <https://www.youtube.com/watch?v=aj6aBuC1Lb8>. (Accessed on 04/2022).
- Bay-Cheng, S. (2010). *Mapping intermediality in performance*. Amsterdam University Press. Includes bibliographical references and index.
- Benjafield, J. G. (2008). Revisiting Wittgenstein on Köhler and Gestalt psychology. *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 44(2):99–118.
- Benjamin, W. (1996). La tarea del traductor. In García, D. L., editor, *Teorías de la traducción: antología de textos*, pages 335–347. Universidad De Castilla-La Mancha, Cuenca.
- Bosyk, G. M. (2014). *Más allá de Heisenberg*. Espasa Libros. [Universidad Nacional de La Plata].
- Bower, B. (2012). Avant-garde cave art: Paintings and animation date way back. *Science News*, 182(13):29–29.
- Bratton, B. H. (2015). *The stack: on software and sovereignty*. MIT Press.

- Brea, J. L. (2010). *Las tres eras de la imagen : imagen-materia, film, e-image*. Akal estudios visuales ; 6. Akal, Madrid.
- Brougher, K. and Mattis, O. (2005). *Visual music: synaesthesia in art and music since 1900*. Thames & Hudson.
- Brueghel, J. (1625). *Een fantastische grot met Odysseus en Calypso*. <https://www.meisterdrucke.nl/fijne-kunsten-afdruk/Jan-the-Elder-Brueghel/93985/Een-fantastische-grot-met-Odysseus-en-Calypso.html>. (Accessed on 06/2022).
- Böcklin, A. (1882). *Odysseus and Calipso*. <https://kunstmuseumbasel.ch/en/exhibitions/2020/encountering-b%C3%B6cklin>. (Accessed on 06/2022).
- Cadet, L. B. and Chainay, H. (2020). Memory of virtual experiences: Role of immersion, emotion and sense of presence. *International journal of human-computer studies*, 144:102506.
- Campbell, J. (2010). *Jim Campbell | Scattered Light (2010) | Artsy*. <https://www.artsy.net/artwork/jim-campbell-scattered-light-1>. (Accessed on 11/2020).
- Canogar, D. (2017). Studio daniel canogar. <http://danielcanogar.com/work/sikka-ingentium>. (Accessed on 11/2020).
- Centre Pompidou and Google Arts & Culture Lab (2021). *Play a Kandinsky — Google Arts & Culture*. <https://experiments.withgoogle.com/play-a-kandinsky>. (Accessed on 05/2022).
- Chevreur, E. -. A. d. t. (1889). *De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'assortiment des objets colorés, considérés d'après cette loi dans ses rapports avec la peinture, les tapisseries... / par M. E. Chevreur; avec une introd. de M. H. Chevreur fils*. Paris.
- CNCD (1996). *Inside [Dos]*. <https://www.youtube.com/watch?v=QRHks5y9H1o&t=156s>. (Accessed on 05/2022).
- Cornelius (2017). *Helix / Spiral - Live @ Liquidroom 7/12*. <https://www.youtube.com/watch?v=jwxQhrMvZw0&t=199s>. (Accessed on 05/2022).
- Couchot, E. (2019). Automatism, autonomy and aesthetics in the performing arts. *Leonardo (Oxford)*, 52(3):240–246.
- Crew, . (1986). *Suburbia by 1001 Crew ! Commodore 64 (C64)*. https://www.youtube.com/watch?v=MRCWhsbdZ_E. (Accessed on 05/2022).
- Deleuze, G. (1984). *La imagen-movimiento : Estudios sobre cine 1*. Paidós, [1a, 3a ed.] edition.
- Deleuze, G. (2009). *Diferencia y repeticion*. Amorrortu.

- Depart (2018). *The Entropy Gardens*. <https://www.depart.at/portfolio/the-entropy-gardens/>. (Accessed on 02/2021).
- DeSalle, R. (2018). *Our Senses*. Yale University Press, New Haven, CT.
- Dixon, S., Malina, R. F., and Cubitt, S. (2007). *Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation*. MIT Press.
- Dubois, P. (2001). *Video, Cine, Godard*. Libros del Rojas, Universidad de Buenos Aires.
- Duval, R. (2016). *Un análisis cognitivo de problemas de comprensión en el aprendizaje de las matemáticas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Earthtrekkers (2022). *How to Visit the Giant's useway (+ Photos & Helpful Tips) – Ireland, Northern Ireland – Earth Trekkers*. <https://www.earthtrekkers.com/jaw-dropping-giants-causeway/>. (Accessed on 06/2022).
- Eloy Martos Núñez, A. E. M. G. (2015). Narrativas y mitologías del paisaje. *Intersecciones en Antropología*, 16(1):85–99.
- Factory, M. (2020). Animistic imagery - a digital art exhibit | moment factory. <https://momentfactory.com/work/all/all/animistic-imagery-digital-art-exhibit>. (Accessed on 11/2020).
- Farocki, H. (2014). Harun farocki: Parallel iii. <https://www.harunfarocki.de/installations/2010s/2014/parallel-iii.html>. (Accessed on 01/2022).
- Ferrater Mora, J. (1997). *Diccionario de filosofía abreviado*. Edhasa-Sudamericana, Barcelona.
- Fischinger, O. (1941). *An American March*. <https://vimeo.com/258726314>. (Accessed on 03/2022).
- Flusser, V., Poster, M., and Roth, N. A. (2011). *Into the universe of technical images [electronic resource]*. University of Minnesota Press.
- Fontcuberta, J. (2018). *La furia de las imágenes: notas sobre la postfotografía*. Galaxia Gutenberg, 2ª ed edition.
- Franco Taboada, J. A. (2015). De la teoría de los colores de goethe a la interacción del color de albers. *Revista de expresión gráfica arquitectónica*.
- Frankenheimer, J. (1966). *Seconds*. Paramount Pictures.
- Franssen, M. (1991). *The Ocular Harpsichord of Louis-Bertrand Castel: The Science and Aesthetics of an Eighteenth-century cause Célèbre*. Ed. Rodopi.
- Gadamer, H.-G. (1998). *Arte y verdad de la palabra*. Paidós studio ; 127. Paidós, Barcelona.

- García, M. C. (2012). *Espacio escuchado: investigación sobre prácticas artísticas contemporáneas que utilizan el sonido como medio para definir espacios*. PhD thesis, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- García Miragall, C. and Sanmatín Piquer, F. (2016). De números a números: Visualización del sonido por métodos relacionales de muestreo en directo. *AusArt Aldizkaria*, 4(1):105–117.
- García Miragall, C. M., Sanmartín Piquer, F., and Gracia Bensa, T. (2018). Música visual: De los órganos de color a los primeros ordenadores. *AusArt Aldizkaria*, 6(1):125–138.
- Geiss, R. (2010). *Milkdrop 2. Winamp Visualizer*. <https://www.youtube.com/watch?v=-34Qqd0mAfo>. (Accessed on 05/2022).
- Giannetti, C. (2002). *Estética digital: sintopía del arte, la ciencia y la tecnología*. L'Angelot, 1a ed edition.
- Glynos, J. and Stavrakakis, Y. (2002). Postures and impostures: on lacans style and use of mathematical science. In *Lacan & Science*, page 229. Routledge, 1 edition.
- Goethe, J. W. v. (1840). *Goethes Theory of Colours*. Project Gutenberg.
- Goldstein, E. B. (2014). *Cognitive psychology: Connecting mind, research and everyday experience*. Cengage Learning.
- Grau, O. (2003). *Virtual art: from illusion to immersion*. MIT Press.
- Gray, J. (2010). Truth, beauty, and counting; robert tubbs: What is a number: mathematical concepts and their origins, the johns hopkins university press, baltimore, 2009, x + 305 pp, ps15.00 pb.
- Hankins, T. L. and Silverman, R. J. (2014). *CHAPTER FOUR. The Ocular Harpsichord of Louis-Bertrand Castel; or, The Instrument That Wasn't*, pages 72–85. Princeton University Press.
- Harbisson, N. (2008). Painting by ear. *Modern painters*, 20(5):70–73.
- Hasler, J. F. (2015). Contribuciones de kepler a la continuidad y transformación de la tradición de la música de las esferas. *Per Musi*, 1(32):171–196.
- Heilig, M. (1955). *Baffling History Of Virtual Reality Headsets: From Sensorama To SEGA - MySmartPrice*. <https://www.mysmartprice.com/gear/baffling-history-virtual-reality-headsets-sensorama-sega/>. (Accessed on 05/2022).
- Hitchcock, A. (1960). *Psycho*. Paramount Pictures.
- Hobley, S. (1986). *Plays Strings of Light on a Laser Harp | Make*. <https://makezine.com/projects/laser-harp/>. (Accessed on 06/2022).

- Hollings, C., Martin, U., and Rice, A. (2019). *Ada Lovelace. La formación de una científica informática*. Universitat de València.
- Homero (2018). Homer, the odyssey, scroll 1, line 1. <https://www.gutenberg.org/files/58221/58221-h/58221-h.htm>. (Accessed on 03/2022).
- Janacek, B. (2021). *Robert Fludd, Natural Theology, and the Alchemical Debate of 1623*, page 43–74. Penn State University Press.
- Joynes, G. J. (2011). *12 TONES « GARY JAMES JOYNES / CLINKER | SOUND + VISUAL ARTIST*. http://www.clinkersound.com/frequency-painting/?page_id=66. (Accessed on 03/2021).
- Joynes, G. J. (2015). *BROKEN SOUND « GARY JAMES JOYNES / CLINKER | SOUND + VISUAL ARTIST*. http://www.clinkersound.com/frequency-painting/?page_id=1320. (Accessed on 03/2021).
- Kandinsky, V. (1997). *De lo espiritual en el arte : contribución al análisis de los elementos pictóricos*. Paidós.
- Kipman, A. (2016). *Una visión futurista de la edad de los hologramas | TED Talk*. https://www.ted.com/talks/alex_kipman_a_futuristic_vision_of_the_age_of_holograms?language=es. (Accessed on 05/2022).
- Kozak, C. (2012). *Tecnopoéticas argentinas*. Caja Negra.
- Kubrick, S. (1968). *2001: A Space Odyssey*. UK, USA.
- La Ferla, J. (2009). *Cine (y) digital: aproximaciones a posibles convergencias entre el cinematógrafo y la computadora*. Manantial.
- ledartist (2003). *LED Color Organ Triple Deluxe : 4 Steps (with Pictures) - Instructables*. <https://www.instructables.com/LED-Color-Organ-Triple-Deluxe/>. (Accessed on 06/2022).
- Lehrer, H. (2021). *In Javanese Wayang Kulit and Contemporary Shadow Puppetry, the Medium Is the Message*. <https://folklife.si.edu/magazine/javanese-wayang-kulit-contemporary-shadow-puppetry>. Folklife Magazine (Accessed on 06/2022).
- Levin, G. and Lieberman, Z. (2004). In-situ speech visualization in real-time interactive installation and performance. In *Non-Photorealistic Animation and Rendering: Proceedings of the 3rd international symposium on Non-photorealistic animation and rendering; 07-09 June 2004*, page 7–14. ACM.
- Li, J., Zhang, X., Jia, C., Xu, J., Zhang, L., Wang, Y., Ma, S., and Gao, W. (2020). Direct speech-to-image translation. *IEEE journal of selected topics in signal processing*, 14(3):517–529.

- Lima, M. (2011). *Visual complexity : mapping patterns of information*. Princeton Architectural Press, New York; Enfield.
- Lima, M. (2015). A visual history of human knowledge | ted talk. https://www.ted.com/talks/manuel_lima_a_visual_history_of_human_knowledge. (Accessed on 03/2022).
- Lindberg, S. (2019). Being with technique—technique as being-with: The technological communities of gilbert simondon. *Continental philosophy review*, 52(3):299–310.
- Lucas, R. E. (2004). Lectures on economic growth. *American journal of agricultural economics*, 86(1):109–110.
- Lucassen, T. (2008). *Color Organs. Human Media Interaction*. University of Twente. Netherlands.
- Lévy, P. (1998). *¿ Qué es lo virtual?* Paidós, Barcelona.
- Makela, M. (2006). *The Practice of Live Cinema*. miamakela.net (Accessed on 02/2022).
- Manovich, L. (2018). Can we think without categories. *Digital Culture and Society*, 4(1).
- Martin, J. (2010). La imagen-movimiento. deleuze y la relacion beckett-bergson. *Areté (Lima)*, 22(1):51–68.
- MAVM (2021). Guía del estudiante. trabajo final máster artes visuales y multimedia avm. <http://www.artesvisualesymultimedia.com/pdfs/tfm-avm-guia-2021.pdf>. (Accessed on 06/2022).
- McCartin, B. J. (1998). Prelude to musical geometry. *The College Mathematics Journal*, 29(5):354–370.
- McLaren, N. (1971). Synchronomy by norman mclaren - nfc. <https://www.nfb.ca/film/synchronomy/>. (Accessed on 02/2022).
- Mestre, D. and Vercher, J.-L. (2011). *Immersion and presence*, page 115–124. CRC Press.
- Milestone, L. (1960). *Ocean's 11*. Warner Bros Pictures.
- Montesinos, J., editor (2002). *Ciencia y Romanticismo*, chapter 1, page 19. Montesinos, José (eds.).
- Moritz, W. (1997). The dream of color music, and machines that made it possible. *Animation World Magazine*, 2(1).
- Moritz, W. (2004). *Optical poetry: the life and work of Oskar Fischinger*. John Libbey.
- Mussorgsky, M. (2016). *Pictures At An Exhibition*. Deutsche Grammophon.
- Navarro Catalán, D. V. (2017). *INSIDE. Nuevas formas de presentación musical en entornos virtuales*. Master's thesis, Universitat Politècnica de València.

- Newton, I. (1718). *Opticks: Or, A Treatise Of The Reflections, Refractions, Inflections and Colours Of Light*. Innys, the second edition, with additions edition.
- Nicolás, A. M. B. (2020). El paisaje sonoro como arte sonoro. *Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas*, 15(1):112–125.
- Noto, A. (2020). *ALVA NOTO - UNIEQAV #05 UNI NORMAL*. <https://www.youtube.com/watch?v=vr0eGbSp79U>. (Accessed on 06/2022).
- Ortiz Cerón, C. (2019). El espacio en la instalación sonora. *Cuadernos de música, artes visuales y artes escénicas*, 14(1):22–44.
- Ox, J. (1984). The systematic translation of musical compositions into paintings. *Leonardo*, 17(3):152–158.
- Ox, J. (2001). Two performances in the 21st. century virtual color organ: Gridjam and im januar am nil. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM'01)*, VSMM 01, page 580, USA. IEEE Computer Society.
- Ox, J. and Britton, D. (2000). The 21st century virtual reality color organ. *IEEE Multim.*, 7:6–9.
- Patiño-Cuervo, D., Suárez, M. T., and Patiño-Cuervo, O. (2021). Sinestesia y matemáticas: un modo de vida entre representaciones. *Praxis & saber*, 12(30):e12603–12603.
- Peacock, K. (1988). Instruments to perform color-music: Two centuries of technological experimentation. *Leonardo*, 21(4):397–406.
- Platón (1986). *Diálogos III. Traducción, Introducción y Notas Por C García Gual, M. Martínez Hernández, E. Lledó Iñigo*. Editorial Gredos.
- Poincaré, H. (2003). *La ciencia y método*. Espasa Libros.
- Polgár, T. (2006). *Freax : the art album*. CSW, Winnenden.
- Puyo, J. (2013). *Murmur – Julia Puyo*. <https://juliapuyo.com/portfolio/murmur/>. (Accessed on 02/2021).
- Pérez Bowie, José Antonio;García Lorenzo, L. (2004). Teatro y cine: un permanente diálogo intermedial. *Arbor*, CLXXVII(699-700):573–594.
- Pérez García, E. M. (2016). *Arte y matemáticas*. Editorial Universitat Politècnica de València.
- Quevedo, A. (1997). Aristóteles en torno a la privación y la causalidad. *Anuario filosófico*, 30(1):71–.
- Quilez, T. . (2009). *Elevated*. <https://www.youtube.com/watch?v=eGdUDGo2Gxw>. (Accessed on 05/2022).

- Ramesh, A., Pavlov, M., Goh, G., Gray, S., Voss, C., Radford, A., Chen, M., and Sutskever, I. (2021). Zero-shot text-to-image generation. *CoRR*, abs/2102.12092.
- Richter, H. (1921). *Rhythmus 21*. https://www.youtube.com/watch?v=R_kceafWtbE. (Accessed on 03/2022).
- Riquelme, R. (2013). Sobre "las tres eras de la imagen" de José Luis Brea. *Revista de Estudios Globales y Arte Contemporáneo*, 1(1):23–30. Number: 1.
- Rothfuss, P. (2009). *El nombre del viento: crónica del asesino de Reyes*. Random House Mondadori, 3a ed. edition.
- Ruttman, W. (1921). *Lichtspiel Opus I*. <https://www.youtube.com/watch?v=aHZdDmYFZN0>. (Accessed on 03/2022).
- Ruttman, W. (1922). *Lichtspiel Opus II*. <https://archive.org/details/LichtspielOpusII>. (Accessed on 03/2022).
- Ruttman, W. (1930). *Wochenende*. <https://www.youtube.com/watch?v=SfGdlaj02EQ&t=240s>. (Accessed on 03/2022).
- Skalski, P. and Whitbred, R. (2010). Image versus sound: A comparison of formal feature effects on presence and video game enjoyment. *PsychNology Journal*, 8(1):67–84. Place: Italy Publisher: PsychNology Journal.
- Sokal, Alan. Bricmont, J. (2003). *Intellectual Impostures*. Gardners Books.
- Solaas, L. (2014). Generatividad y molde interno. *Invasión Generativa*, 1(1):9–24. 1239–24.
- Stanley, T., Olearius, G., and Fritsch, T. (1711). *Historia Philosophiae, Vitas opiniones, resque gestas et dicta Philosophorum Sectae Cuiusuis Complexa*. Fritsch.
- Styles, S. J. and Gawne, L. (2017). When does maluma/takete fail? two key failures and a meta-analysis suggest that phonology and phonotactics matter. *i-Perception (London)*, 8(4):2041669517724807–2041669517724807.
- Turner, W. (1803). *The Festival of the Opening of the Vintage of Mâcon*. [Óleo sobre lienzo]. Sheffield City Art Galleries, England.
- Urreiztieta, C. C. (2013). Experiencia estética y formulación científica: El caso del armonices mundi de Johannes Kepler. *Anuario musical*, 68(68):81–131.
- Venturelli, S. (2017). *Arte Computacional*. Editora Universidade de Brasília.
- Vicky, V. (2012). *Fingals Cave Scotland - Imagery Tour - XciteFun.net*. <https://forum.xcitefun.net/fingals-cave-scotland-imagery-tour-t70303.html>. (Accessed on 06/2022).
- Vidyarthi, J., Riecke, B., and Gromala, D. (2012). Sonic cradle: designing for an immersive experience of meditation by connecting respiration to music. In *Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference, DIS '12*, pages 408–417. ACM.

- Virilio, P. (1995). *Velocidad e información. ¡Alarma en el ciberespacio!*
https://ateneu.xtec.cat/wiki/form/wikiexport/_media/cursos/curriculum/interniv/dv36/paulvirilio.pdf. (Accessed on 04/2022).
- Visnjic, F. (2020). *The Entropy Gardens – A spatiotemporal poem in VR – CreativeApplications.Net*. <https://www.creativeapplications.net/environment/the-entropy-gardens-a-spatiotemporal-poem-in-vr/>. (Accessed on 05/2022).
- Weiser, M. (1999). The computer for the 21st century. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, 3(3):3–11.
- Wilke, C. (2015). *Dramaturgia programada. La Performatividad del Código y su aplicación en la Puesta en escena*. Universidad Nacional de las Artes. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Wolfgang Muench, K. F. (1998-2000). *Bubbles | ZKM*. <https://zkm.de/en/artwork/bubbles>. (Accessed on 11/2020).
- Yanes, J. (2017). *El amor y odio de Einstein por la física cuántica*. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/grandes-personajes/el-amor-y-odio-de-einstein-por-la-fisica-cuantica/>. (Accessed on 06/2022).