



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño y optimización de una mesa de interacción
tangibile para el control musical:
IMMERTABLE

Autor/es

Raúl Ordax de las Heras

Director/es

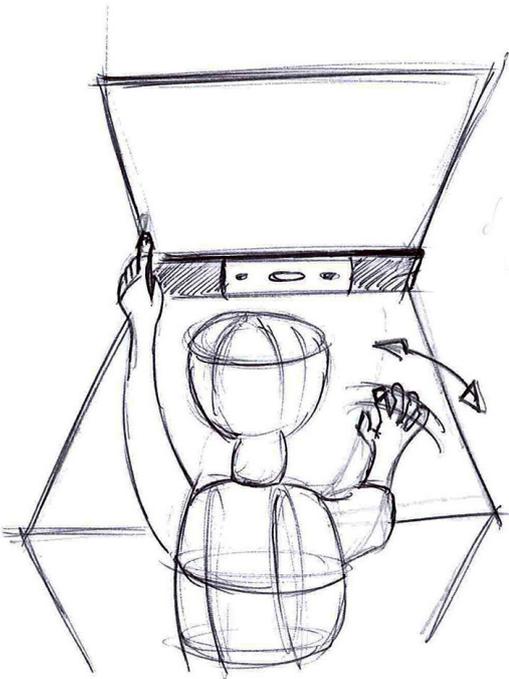
Dr. José Ramón Beltrán
Dra. Sandra Baldassarri

EINA
2015



Diseño y optimización de una mesa de interacción tangible para el control musical:

IMMERTABLE



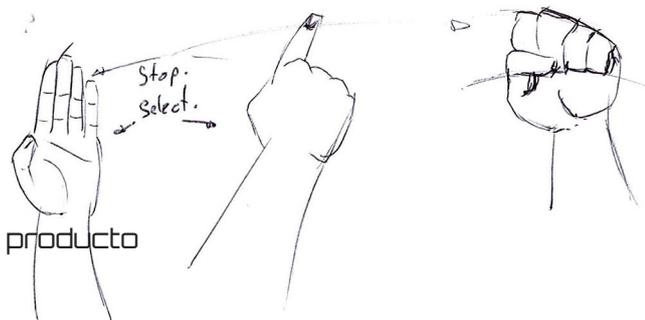
Autor:

Raúl Ordax de las Heras

Directores:

José Ramón Beltrán

Sandra Baldassarri





DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. RAÚL ORDAX DE LAS HERAS

con nº de DNI 72890689-D en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
GRADO, (Título del Trabajo)

DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UNA MESA DE INTERACCIÓN TANGIBLE PARA EL CONTROL MUSICAL: IMMERTABLE

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 19 de NOVIEMBRE de 2015

Fdo: Raúl Ordax de las Heras

Los derechos de autor de la presente obra pertenecen a D. Raúl Ordax de las Heras y a los Drs. D. José Ramón Beltrán del Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, y Dña. Sandra Baldassarri del Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, sin el permiso escrito de los autores.

RESUMEN

El Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), es uno de los centros de investigación de la Universidad de Zaragoza, el cual es un referente tecnológico a nivel nacional e internacional. En consonancia a ese espíritu el I3A propuso un proyecto de investigación para la creación de una mesa de interacción tangible para el control musical en tiempo real, Proyecto Immertable.

La interacción tangible a diferencia de la interacción tradicional entre persona-ordenador, permite la manipulación física de datos digitales a través de objetos. Immertable nace bajo la premisa de las interacciones tangibles y del concepto de tabletop, superficies horizontales aumentadas computacionalmente, aunque a diferencia de estos Immertable se plantea con una interfaz a doble pantalla.

Actualmente los sistemas de interacción tangible referentes al mundo musical utilizan objetos con identificadores a los que asignan ciertas propiedades (ser una pista musical, una base acústica, etc). Immertable se diferencia de ellos al incluir dentro de sus interacciones tecnologías de capturas corporales, permitiendo que el usuario no solo interactúe con objetos sino que utilice su cuerpo como un controlador más de la interfaz.

El trabajo descrito a continuación detalla el proceso de diseño seguido para poder crear los diferentes elementos que han compuesto este sistema, desde la creación de la propia mesa y los objetos tangibles, hasta la identidad gráfica y el diseño de la interfaz.

Durante el proceso de desarrollo se solventan los diferentes problemas que aparecen, a nivel tecnológico, debido a que se trabajan con multitud de tecnologías que deben funcionar en sincronía, a nivel conceptual, dado que se trata de un proyecto ambicioso tecnológicamente.

Para poder verificar el correcto funcionamiento y creación del proyecto, se realizan un conjunto de pruebas de usabilidad, que permiten que el prototipo final siga la dirección de desarrollo correcta.

ÍNDICE

1. Introducción.....	5
1.1.Contexto.....	6
1.2. Tema del Trabajo.....	8
1.3. Objetivos del Proyecto.....	9
2. Documentación.....	10
2.1. Estados del Arte.....	11
2.2. Tecnologías.....	16
3. Desarrollo.....	21
3.1. Metodología de diseño.....	22
3.2.Situación Inicial:Definición de EDPs.....	24
3.3. Diseño de la mesa.....	28
3.4. Diseño de objetos tangibles.....	33
3.5.Diseño de la Identidad Visual Corporativa.....	45
3.6. Diseño de Interfaz.....	47
3.7. Diseño de elementos gráficos.....	54
4. Evaluación.....	60
5. Conclusiones y trabajo futuro.....	62
5.1. Estados del Arte.....	63
5.2. Tecnologías.....	65
6. Bibliografía.....	66

Notas:

1.- Al contener esta memoria un gran contenido visual, se ha basado la extensión de su contenido en el número de palabras.

1.

1. Contexto
2. Tema del trabajo
3. Objetivos del proyecto

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explica la información relevante al entorno del Trabajo Fin de Grado (TFG), que se titula "Diseño y optimización de una mesa de interacción tangible para el control musical: IMMERTABLE". Primero se expone el contexto en el que se enmarca el Trabajo, para a continuación observar el tema del trabajo y los objetivos marcados.

1. Introducción



1.1. Contexto

En este apartado se pretende describir el contexto en el que se enmarca y se ha desarrollado el presente Trabajo Fin de Grado (TFG).

El Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), perteneciente a la Universidad de Zaragoza, es un centro de colaboración inter-departamental y altamente multidisciplinar, el cual se posiciona como un referente nacional e internacional al consolidar una visión compartida entre científicos y técnicos, ganando reconocimiento como un punto de referencia en muchos campos de la investigación en ingeniería [1].

Este TFG se enmarca dentro del desarrollo del Proyecto de Investigación Immertable del I3A, subvencionado por la DGA y el cual se inicia el 22 de Septiembre de 2014 y termina con el cierre de la subvención el 31 de Diciembre de 2014. Durante ese periodo se establece un equipo de trabajo con un total de 5 investigadores especialistas en diversas áreas (diseño, electrónica, informática y comunicación de sistemas), siendo yo uno de ellos, y por lo tanto, formo parte de manera activa en el desarrollo de inicio a fin.

El proyecto Immertable, se basa en el concepto de las tabletops, que son superficies horizontales aumentadas computacionalmente, también llamadas mesas interactivas. En general, para abordar la interacción tangible sobre una tabletop se utiliza una serie de marcadores o fiduciales que, a través de su reconocimiento, provocan determinados eventos y acciones dentro de la aplicación. Un fiducial es una imagen, que situada en la base de un objeto físico permite identificarlo mediante un sistema de detección visual (cámara infrarroja). Este marcador puede dar información como identidad, posición y orientación.

1. Introducción



1.1. Contexto

El TFG se inicia a partir de los conocimientos adquiridos en el proyecto en desarrollo NIKVision [2] (ver imagen 1), perteneciente al Grupo de Informática Gráfica Avanzada, GIGA Affective Lab [3], apoyándose en su tecnología y experiencia en el mundo de los *tabletops*.

Para el desarrollo del proyecto se crea un laboratorio de investigación en las instalaciones del I3A del Parque Tecnológico Walqa (Huesca), en donde durante el breve periodo de desarrollo se implantan varias soluciones y se proponen las directrices para poder seguir un trabajo futuro.



Imagen 1. *Tabletop* NIKVisión

1. Introducción



1.2. Tema del Trabajo

El tema del trabajo se basa en la interacción tangible o TUI (*Tangible User Interaction*), que a diferencia de la interacción tradicional entre persona-ordenador, permite la manipulación física de datos digitales a través de objetos, dando forma física a la información digital y permitiendo su manipulación directa [4].

Bajo esa premisa el proyecto Immertable consiste en el desarrollo de una *tabletop* utilizada como instrumento musical inmersivo, controlable mediante la manipulación de objetos pasivos y activos en 3D, y que permite la visualización de la ejecución musical a tiempo real. La interacción se puede llevar a cabo sobre la superficie horizontal, la cual es el punto de entrada de información, a través de las acciones con los objetos físicos dotados de fiducial, pero en adición a una *tabletop* convencional, la mesa de interacción Immertable, incluye las tecnologías Kinect y Leap. Es por esta razón por la que Immertable se plantea con una interfaz a doble pantalla, permitiendo de esta manera que las interacciones capturadas mediante Kinect o Leap puedan mostrarse en la línea de visión del usuario, siendo así más intuitivas (ver imagen 2).

La música es un arte que expresa una gran variedad de sentimientos y emociones, y para poder transmitir dichas sensaciones el músico utiliza su instrumento y su cuerpo. Esta mesa de interacción tangible intenta traducir los movimientos naturales del músico a través de los controles y las tecnologías de captura corporal.

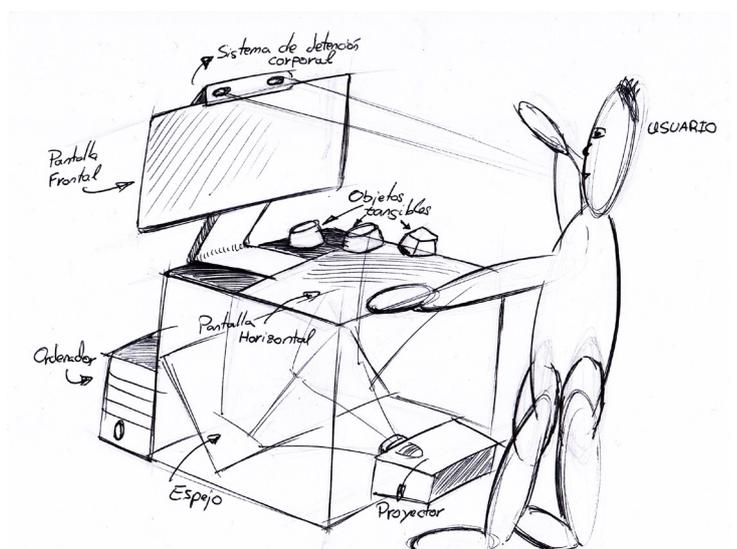


Imagen 2. Conceptualización Immertable

1. Introducción



1. 3. Objetivos del Proyecto

El objetivo principal de este proyecto es el diseño de una mesa de interacción tangible, para la visualización musical a través de objetos físicos y del cuerpo. Esto engloba también el diseño de dichos objetos para interactuar con la mesa, así como el diseño de los elementos visuales que forman la interfaz de control del software musical. Para lograr un resultado convincente se han fijado los siguientes requisitos:

- Dinámico: crear una interfaz que contenga elementos dinámicos mediante efectos visuales, los cuales generen un entorno atractivo y con movimiento que acompaña a la emisión musical.
- Interactivo: ofrecer al usuario un *feedback* de sus acciones e incluyendo sus gestos intuitivamente, provocando de esta manera que el usuario sienta su cuerpo como un control más del sistema..
- Intuitivo: diseñar una interfaz y unos objetos tangibles sencillos de manejar y adecuados ergonómicamente, dado que se quiere un dispositivo fácil de comprender y de empezar a utilizar.
- Sensible: para permitir al músico usuario poder obtener un mayor control sobre las interacciones se establece la creación de unos objetos, que ofrecen una interacción tangible y por lo tanto mayor sensibilidad que si se tratara de una interfaz digital.

Como objetivos secundarios, se pueden destacar:

- Ampliar conocimientos sobre las interfaces tangibles, desde la generación de contenidos dinámicos y la adaptación de todas las interacciones con objetos tangibles.
- Profundizar en el uso de los software ya conocidos como After Effects, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Autodesk Inventor, Rhinoceros y Keyshot.
- Trabajar en un grupo de investigación multidisciplinar aprendiendo a cohesionar y avanzar en las distintas áreas del proyecto para llegar a un resultado óptimo.



1. Estado del arte
2. Tecnologías

DOCUMENTACIÓN

Esta sección recoge una síntesis de la documentación investigada para el desarrollo del TFG. En primer lugar se muestra el estado del arte de las tecnologías relacionadas y algunas interfaces del entorno musical. Por último se enseñan las características de las tecnologías involucradas en este TFG.

2. Documentación



2.1. Estado del Arte

Para conocer las necesidades tecnológicas y poder establecer unas especificaciones de diseño, se debe inspeccionar el estado del arte de los diferentes proyectos similares y su grado de evolución en el ámbito que aborda el proyecto Immertable. Al igual que investigar diferentes interfaces musicales que proporcionen una base sobre la que desarrollar el trabajo.

2.1.1. Tabletops

A continuación se van a mostrar algunos sistemas de Interacción de Usuario Tangible relevantes para el proyecto.

AUDIOPAD

Esta interfaz tangible fue desarrollada por el MIT (Massachusetts Institute of Technology), en el año 2002, dentro de su departamento especializado en sistemas tangibles TMG (Tangible Media Group) [5].

Es un instrumento de composición e interpretación de música electrónica que rastrea la posición de los objetos en la superficie de la mesa y convierte su movimiento en la música (ver imagen 3). Permite generar nuevos ritmos y composiciones a partir de los sonidos de un conjunto gigante de muestras y grabaciones archivadas.



Imagen 3. Audiopad

Audiopad no sólo permite la reinterpretación espontánea de composiciones musicales, sino que también crea un diálogo visual y táctil entre el artista y el público. El software traduce la información de las posiciones de los objetos en música e información gráfica sobre la mesa. Cada uno de ellos representa o bien una pista musical o un micrófono.

2. Documentación



2.1. Estado del Arte

REACTABLE

Al igual que Audiopad, se trata de un instrumento musical basado en una interfaz tangible, el cual a través de objetos con fiduciales consigue crear un sintetizador dinámico e intuitivo para los diferentes usuarios (ver imagen 4). Fue desarrollado por el Grupo de Tecnología Musical de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona [6].

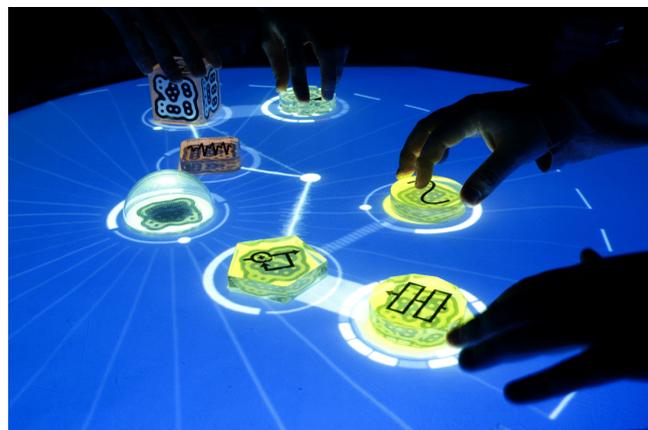


Imagen 4. Reactable

e-CECILIA

Software de entorno 3D, apoyado en la tecnología Kinect que permite aprender música a través de un sencillo videojuego, con el fin de enseñar, ya sea de manera autodidacta o más guiada, a través del uso del propio instrumento como interfaz de aprendizaje [7].

Conclusiones

De los sistemas actualmente desarrollados, se puede deducir lo siguiente. Tanto Audiopad como Reactable permiten una interacción de mayor sensibilidad al utilizar elementos físicos en sus acciones, pero se ven limitados a un solo plano de interacción, provocando menos dinamismo en su uso. Sin embargo el proyecto e-Cecilia ofrece un entorno 3D en el que el sistema involucra al usuario con un grado mayor, al ser este con su cuerpo, un objeto más de interacción. Todos ellos consiguen desarrollar música a tiempo real, un valor que por lo tanto se establece como esencial.

En el trabajo a desarrollar se tienen en cuenta estos puntos fuertes, para conseguir así el objetivo principal marcado, una mesa de interacción tangible para la visualización musical con un control dinámico.

2. Documentación



2.1. Estado del Arte

2.1.2. Interfaces

Por último, se estudian los distintos tipos de interfaces musicales que existen en el mercado. A continuación se muestran algunos casos representativos sobre los que se apoya la interfaz desarrollada para este trabajo.

C3N Play

Una aplicación desarrollada para "iPhone" e "iPad" con la que se puede generar canciones y sesiones. Permite ir mezclando diferentes *tracks* (pistas de audio), y efectos de sonido para crear combinaciones que se adapten al interés del usuario, para crear sesiones propias [8].



Imagen 5. C3N Play

Tiene una interfaz clara y visual, con elementos muy dinámicos y que ofrecen un *feedback* al usuario cuando el interacciona con ellos.

Emulator ELITE

Interfaz musical de la empresa Smithson Martin [9], la cual está compuesta por una pantalla táctil en la que se proyectan los diferentes elementos gráficos de interacción.

Está orientada al mundo de la música electrónica profesional, ofrece una interfaz muy visual, completa y compleja pero a la vez intuitiva debido a su diferenciación por gamas de colores (ver imagen 6).

2. Documentación



2.1. Estado del Arte

El sistema ofrece una latencia tan baja que es inapreciable, de esta manera el usuario consigue a tiempo real todos los efectos y transiciones sonoras que busca en su sesión. Este aspecto es muy importante, y una cualidad que se tiene en cuenta en el desarrollo del trabajo.

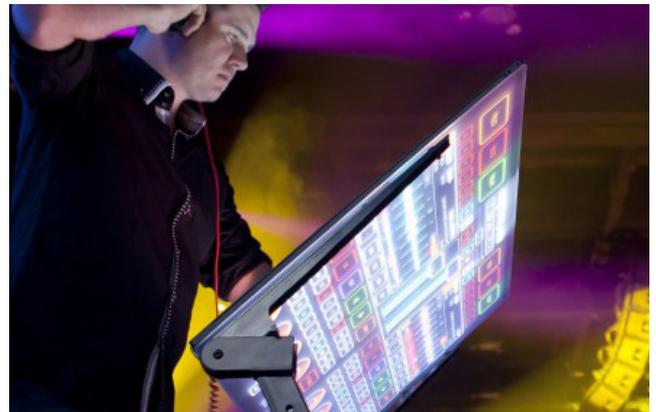


Imagen 6. Emulador ELITE

Ableton Live

Un secuenciador de audio y MIDI orientado tanto para la composición musical como para la música en directo [10].

Su interfaz de usuario consiste en una sola ventana con dos modos diferentes de uso. El primero (modo sesión) sirve para disparar en cada pista fragmentos audio o MIDI llamados clips. Su objetivo es realizar sesiones en directo o grabaciones improvisadas (ver imagen 7). El segundo modo (arrangement) muestra una secuencia en una regla de tiempo al estilo de un secuenciador tradicional. Su enfoque está orientado a la composición y edición en condiciones de estudio.



Imagen 7. Ableton Live

2. Documentación



2.1. Estado del Arte

Conclusiones

De esta investigación se concluye que las interfaces musicales son realmente complejas debido a su gran variedad de opciones de edición que implementan. Por ello se busca desarrollar una interfaz que abarque la estética minimalista e intuitiva que aporta C3N play, aunque se diseñe un código amplio de colores para poder generar distintos grupos de manera visual, como ocurre en Emulator ELITE.

Por último se selecciona el software Ableton Live como el programa que utiliza el sistema Immertable para procesar las sesiones musicales, ya que es compatible con las secuencias MIDI con las que trabajan la mayoría de los artistas, y además es un software conocido y utilizado en el entorno musical.

2. Documentación



2.2. Tecnologías

Tras conocer el estado del arte correspondiente al ámbito del proyecto, se establecen ciertas necesidades tecnológicas que Immertable debe incluir. El proyecto aborda la difícil tarea de implementar varias tecnologías para que funcionen en sincronía a tiempo real, a continuación se explican brevemente las principales tareas en las que se han focalizado cada una de ellas, y las limitaciones y características que presentan.

PureData

Es el entorno de programación gráfico usado, a diferencia de los lenguajes tradicionales de código secuencial ("C", "C++", "Java", etc.), trabaja a partir de objetos gráficos (cajas) que se conectan entre sí a través de cables virtuales. La programación está orientada a flujo de datos. Esto permite trabajar más fácilmente con procesos en paralelo, es por ello el entorno base sobre el cual se generan las comunicaciones y toda la programación.

Reactivation

Es un software *opensource* y multi-plataforma para reconocimiento de patrones fiduciales, creado por Martin Kaltenbrunner y Ross Bencina [11] en la Universidad Pompeu Fabra como parte de la tecnología del dispositivo ReacTable (Ver apartado 2.2).

Reactivation se desarrolló en vinculación al uso de interfaces tangibles (TUI), permitiendo la captura de posicionamiento de objetos, y la construcción de superficies multitáctil.

El software analiza en tiempo real una imagen de vídeo obtenida desde una cámara infrarroja para identificar unos gráficos (fiduciales, ver imagen 8) especialmente creados, o para rastrear la punta de los dedos sobre la superficie. La imagen capturada por la cámara se umbraliza para detectar patrones bitonales, es por ello que los fiduciales se diseñan en blanco y negro y con formas geométricas básicas para simplificar su reconocimiento

2. Documentación



2.2. Tecnologías

y diferenciación. Cada uno de estos patrones (amoebas) tiene un único ID que puede ser identificado por reactIVision a partir de una jerarquización basada en las inclusiones de formas cerradas dentro de otras, en una alternancia de blanco sobre negro.

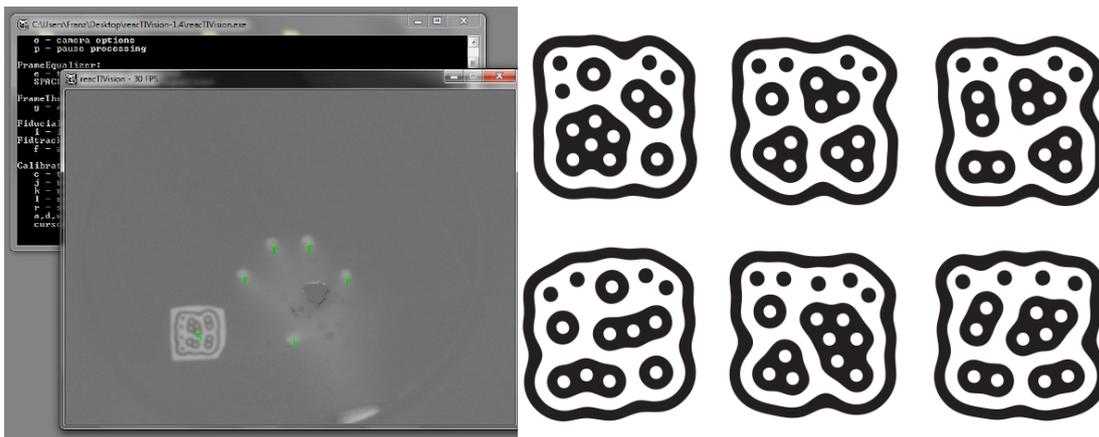


Imagen 8. Fiduciales

Reactivision utiliza el protocolo de comunicación TUIO para enviar datos de presencia, posición, rotación y velocidad a través de UDP (Protocolo de datagramas de usuario) a otra aplicación (cliente). Gracias a TUIO Simulator (Software en relación a reactIVision), se puede realizar pruebas del funcionamiento del sistema y su comunicación, sin necesidad de objetos físicos. Esto permite poder testear prototipos del sistema rápidamente.

Kinect

Este dispositivo electrónico creado por Alex Kipman y lanzado al mercado en 2010, fue originariamente un controlador de videojuegos asociado a la consola Xbox 360. Permite a los usuarios controlar e interactuar con la interfaz del juego mediante el cuerpo del usuario, reconociendo unos gestos simples e intuitivos predefinidos (ver imagen 9).

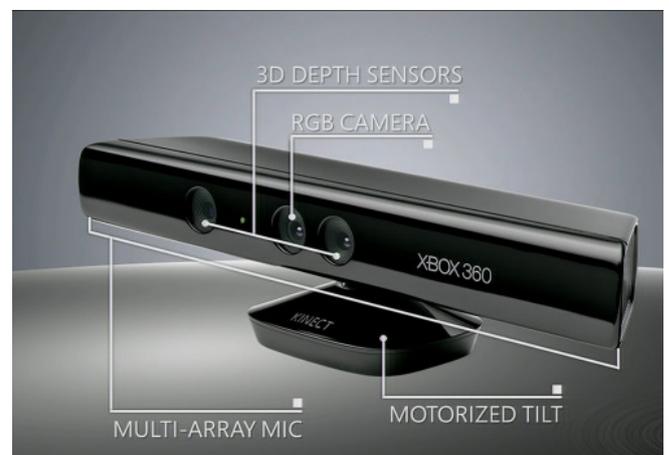


Imagen 9. Kinect

2. Documentación



2.2. Tecnologías

Esta tecnología está basada en el reconocimiento esquelético del usuario, a través de la detección de un campo de profundidad (qué objetos se encuentran más cerca y cuáles más lejos). Este se calcula con la emisión de un haz infrarrojo que es procesado por la cámara del dispositivo.

Sin embargo esta tecnología tiene algunas limitaciones que se deben tener en cuenta a la hora de desarrollar el proyecto Immertable [12]:

- El campo de visión: aunque ofrece una gran amplitud tanto en horizontal (70°) como en vertical (60°), supone un factor clave a la hora de diseñar la mesa, reservando un lugar idóneo para alojar el dispositivo en ella.
- Rango de profundidad: al igual que antes este factor es clave dado que el dispositivo no funciona correctamente en cortas distancias. Su rango de actuación se encuentra entre los 0.5 a los 4.5 metros. Lo que obliga a delimitar la zona de interacción del usuario para que esté lo suficientemente alejado del dispositivo.
- Oclusiones: Kinect posee una base de datos de posturas humanas, las cuales utiliza para rellenar la animación esquelética en tiempo real cuando ocurren oclusiones o pérdidas de referencia. Aún así, se debe evitar diseñar interacciones que obliguen al usuario a colocar su mano delante de su cuerpo y sobre todo detrás de él, dado que en estas ocasiones el sensor no recibe información sobre la posición correcta y puede provocar acciones no deseadas.
- Detención de dedos: La nueva versión de Kinect (Kinect 2 for Windows) con la que se cuenta en el laboratorio, ofrece una mayor resolución que permite detectar con mayor precisión todo el entorno. Esto hace que adquiera la capacidad de diferenciar orientaciones de cuerpo y manos e incluso los propios dedos.

2. Documentación



2.2. Tecnologías

- Latencia: Kinect ha mejorado este aspecto en la nueva versión con una conexión 3.0 que permite disminuir la latencia del sensor de 90ms a 60ms, es por ello que no debería de haber ningún problema a la hora de desarrollar acciones en tiempo real. Aunque finalmente se reserva las interacciones más inmediatas para los objetos tangibles con sensores más precisos.

LEAP Motion

Es un sensor que permite controlar una interfaz con las manos, con simples gestos sobre el aire (ver imagen 10). Lo que hace es trazar una imagen virtual del esqueleto de las manos y articulaciones desde la muñeca, y rastrea todos los movimientos. Este dispositivo ofrece una mayor precisión que Kinect para interacciones en las que se desee incluir agarres o gestos muy particulares en los que estén involucrados los dedos de las manos, es por ello que se utiliza como complemento tecnológico a Kinect a la hora de desarrollar las interacciones de la interfaz musical.



Imagen 10. Leap Motion

2. Documentación

2.2. Tecnologías



Al igual que todas las tecnologías, LEAP tiene una serie de limitaciones que se han de tener en cuenta [13]:

- Soporte: Actualmente no es posible utilizar más de un dispositivo conectado por ordenador. Esto limita la utilidad del aparato en el proyecto. Puesto que solo se podrá contar con un único dispositivo, restringiendo la zona de interacción y la posibilidad de tener un controlador para cada mano en zonas distanciadas. Lo que, de ser posible, habría permitido combinar distintas interacciones con los objetos a lo largo de toda la mesa.
- Rango de actuación: El volumen de reconocimiento está limitado a 40 cm. de altura y 60 cm. de ancho. Al ser una zona de actuación pequeña debe de quedar claro para el usuario por lo que hay que definir algún *feedback* que transmita el mensaje de forma sencilla e inequívoca al usuario.



1. Metodología de diseño
2. Situación inicial: Definición de EDPs
3. Diseño de la mesa
4. Diseño de los objetos tangibles
5. Diseño de Identidad Visual corporativa
6. Diseño de Interfaz
7. Diseño de elementos gráficos

DESARROLLO

Este apartado incluye el proceso de desarrollo de los diferentes elementos elaborados en este TFG. Al inicio se muestra la metodología de diseño seguida, posteriormente se establecen las especificaciones de diseño de producto (EDPs) y se muestra el desarrollo de cada aspecto del proyecto exponiendo, en cada caso, su conceptualización, prototipado, análisis y resolución de los problemas encontrados y finalmente resultados finales.

3. Desarrollo



3.1. Metodología de diseño

En este apartado se explica el proceso seguido para el desarrollo de las diferentes partes del proyecto.

La metodología que se utiliza se basa en el proceso iterativo de diseño, en el que se establecen unas Especificaciones de Diseño de Producto (EDPs), se desarrolla un prototipo y se evalúa, concluyendo esta evaluación en unas nuevas especificaciones que permitirán seguir desarrollando y mejorando el producto hasta obtener los resultados requeridos.

Por lo tanto se establecen las siguientes fases, en las que se divide este Trabajo:

- **Fase de investigación:** en esta parte del trabajo se investigan tecnologías, entornos y proyectos similares para poder establecer y definir unas especificaciones (EDPs), sobre las que desarrollar el trabajo.
- **Fase conceptual o creativa:** en ella se diseñan las distintas alternativas basadas en las directrices marcadas por la investigación. En esta fase no se entran en demasiada profundidad técnica, simplemente consiste en generar diferentes conceptualizaciones, para poder elegir o indicar el camino de la generación de nuevas alternativas.
- **Fase de selección y evaluación:** esta fase divergente consiste en estudiar y evaluar las distintas alternativas conceptuales y escoger la que más se ajuste a las especificaciones marcadas y a las necesidades de desarrollo e implementación. Es por ello que para poder evaluarlas es necesario la ayuda de expertos de diferentes áreas (Electrónica, Diseño, Informática), que ofrecerán los distintos puntos de vista a tener en cuenta.

3. Desarrollo



3.1. Metodología de diseño

- **Fase de desarrollo de los conceptos:** En este paso se desarrolla la idea a nivel gráfico, formal y funcional, de tal manera que el concepto queda completamente definido. Para terminar esta fase, se generan prototipos de los conceptos definidos, con el fin de poder testarlos y evaluarlos, dando origen a una nueva fase de evaluación en la que de nuevo entre el grupo de expertos se indicarán las debilidades y puntos a mejorar o cambiar del diseño.

Este proceso es iterativo, dado que, se deben validar los conceptos y prototipos hasta conseguir los resultados deseados. Además a lo largo de la evolución del proyecto se van testeando diferentes soluciones tecnológicas, que dan lugar a ligeros cambios conceptuales que deben de ser validados con nuevos prototipos.

3. Desarrollo



3.2. Situación Inicial: Definición de EDPs

El proyecto se plantea con el objetivo principal de conseguir una mesa de interacción tangible, para la visualización musical a través de objetos físicos y del cuerpo. Además se establecen ciertos requisitos (dinámico, interactivo, intuitivo, sensible) que el sistema debe cumplir (ver apartado 1.3).

Para ello, desde el principio, se establece la mejor manera de combinar las distintas cualidades y puntos fuertes de cada una de las tecnologías de las que se dispone (ver apartado 2.2), para que finalmente se obtenga el resultado deseado.

Además para conseguir una interfaz adecuada e intuitiva, se investiga acerca de diferentes interfaces musicales y comportamientos (gestos y movimientos) de los músicos en sus actuaciones. De esta manera se establece un entorno en consonancia a la temática y se especifica una librería gestual para las interacciones mediante Kinect y LEAP.

Durante esta fase de investigación se especifican unas funcionalidades básicas que la mesa Immertable debe tener. Para la correcta definición de dichas especificaciones se procede a realizar una entrevista a un usuario profesional (ver anexo IV). En dicha entrevista se plantean cuestiones tales como, ¿Qué acciones sueles utilizar más a menudo?, ¿Cuáles son las funciones básicas que necesitas?, etc. Tras analizar sus respuestas y sus interacciones con su interfaz musical, se consigue confeccionar una lista final de acciones que debe implementarse en el proyecto.

3. Desarrollo



3.2. Situación Inicial: Definición de EDPs

Acciones a implementar

- *Play*
- *Stop*
- Pausa
- *Mute*
- *Faders (Sliders o barras de control)* :
 - Volumen
 - Filtros de paso bajo (*lowpass, lp*) y alto (*highpass, hp*)
 - *Resonance*
 - *Reverse*
 - Efectos (coro, distorsiones, reverberaciones, retrasos, etc.)
- Crear nuevos *loops* y *samples*
- Hacer grupos de *loops* y *samples* (pudiendo reproducir varios conjuntos a la vez y parando los grupos que se deseen en cualquier momento).
- Secuenciadores de ritmos

Se jerarquizan las acciones de la lista validada, para marcar una serie de acciones básicas necesarias e imprescindibles, y el resto se definen posteriormente en el documento, o son planteadas como trabajo futuro.

3. Desarrollo



3.2. Situación Inicial: Definición de EDPs

Finalmente después de la fase de investigación, se pueden establecer las siguientes directrices o especificaciones de diseño (EDPs), que marcan la base general sobre la que empezar la fase conceptual del proyecto Immertable:

- **Luminancia:** Al tratarse de interfaces proyectadas, hay que tener en cuenta que cualquier diseño se dibuja sobre la superficie con la luz, y que al contrario que cuando se diseña para soporte físico (papel), toda parte sin diseño queda en negro, en ausencia de luz. Y dado que se busca una interfaz visual y atractiva, se descarta cualquier color de baja luminosidad, oscuros, puesto que no ofrece suficiente contraste. Además hay que tener en cuenta los estándares de ergonomía los cuales indican que como mínimo debe de existir una relación de contraste entre fondo e imagen de al menos 3:1, y una modulación de contraste de al menos 0,5 [14].
- **Colorimetría:** Los colores extremos del espectro (rojo y azul saturados) no deben representarse simultáneamente en pantalla. En el diagrama cromático pueden observarse los diferentes colores y la correlación para obtenerlos (ver imagen 11), pueden identificarse también los colores complementarios, que presentan un alto contraste (colores extremos), los cuáles al mostrarse en pantalla de forma simultánea provocan un excesivo esfuerzo de acomodación sobre el usuario [15].

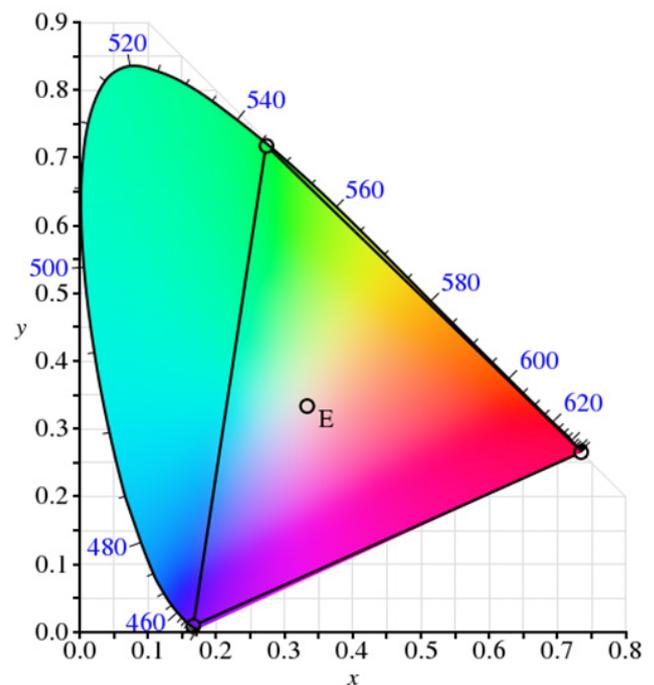


Imagen 11. Diagrama cromático

3. Desarrollo



3.2. Situación Inicial: Definición de EDPs

- **Cantidad de colores:** Como se ha podido observar en las diferentes interfaces musicales analizadas, se representan una gran gama de colores simultáneamente en pantalla. Ergonómicamente si se persigue que el usuario recuerde el significado de los colores, estos no deben de pertenecer a más de 6 gamas cromáticas distintas. El proyecto, tal y como se comenta en el apartado 2.3., se apoya en la interfaz del software Ableton, el cual establece hasta 8 canales de pista diferentes con su color identificativo. Es por ello, que para facilitar el entendimiento se propone asociar elementos gráficos a cada pista.
- **Color de la interfaz:** El color de la interfaz tiene que diferenciarse de los marcados por el programa Ableton, para que no interfiriera sobre la lectura de los diferentes apartados, además debe de ser distintivo y original, para que el usuario pueda interiorizarlo y de esta manera pase a ser un elemento más representativo de la marca, que la haga reconocible.
- **Acceso:** todas las acciones deben de realizarse en tres "clics" (submenús) como máximo, se desea una interacción rápida y simple, por ello la interfaz debe ser intuitiva y multiusuario, no teniendo que adquirir un gran aprendizaje para poder utilizarla.
- **Sensibilidad:** se ha de proporcionar al usuario objetos tangibles con los que poder realizar acciones con mayor control. Hay algunas interfaces táctiles que no transmiten esa sensibilidad al modificar elementos potenciadores (volumen, cantidad de efecto, etc.), por lo tanto es una necesidad detectada que se ha de solventar para dotar al proyecto con calidad.
- **Feedback:** Toda acción que se desarrolle debe proporcionar sobre el usuario un cierto *feedback* o reacción, de esta manera sabe que esta interaccionando correctamente con la interfaz.

3. Desarrollo



3.3. Diseño de la mesa

El proyecto Immertable, como se ha mencionado anteriormente, está basado en el concepto de *tabletops* (ver imagen 12), aunque planteado como una interfaz a doble pantalla.



Imagen 12. Elementos de una *tabletop*

Una vez establecido el sistema con interfaz en dos planos diferentes, queda poder desarrollarlo funcionalmente. Para ello es necesario que la mesa cuente con las siguientes partes o elementos:

- **Superficie frontal o monitor:** es el elemento que sirve para poder mostrar la parte superior de la interfaz. Pueden desarrollarse elementos 3D, para un monitor con estereoscopía.
- **Superficie horizontal o mesa:** es una zona de interacción donde se proyecta el resto de la interfaz, y sobre la que se introducen los diferentes objetos tangibles con fiduciales. Es por esta razón, por la que debe de ser translúcida, para que pueda capturar la imagen del proyector, y a la vez permita que la cámara visualice y reconozca los distintos fiduciales.

3. Desarrollo



3.3. Diseño de la mesa

- **Iluminación difusa:** es necesario que en el interior de la mesa se produzca una iluminación mediante LEDs infrarrojos, ésta debe ser difusa para no provocar ni brillos ni zonas con intensidad excesiva que cieguen la cámara. Esta iluminación permite que la cámara pueda detectar correctamente los fiduciales y acciones que se produzcan sobre la superficie horizontal.
- **Cámara de video:** es el periférico encargado de recoger las acciones realizadas por los objetos, se encarga de capturar sus fiduciales para enviarlos al ordenador y procesarlos mediante el software específico. También detecta cualquier interacción que se haga sobre la superficie horizontal, convirtiendo a ésta en una superficie *multitouch*.
- **Proyector:** gracias a este hardware el usuario puede visualizar la interfaz y la información tiene un canal de salida para proporcionar un *feedback* como respuesta ante las acciones realizadas sobre el sistema.
- **Espejo:** es un elemento indispensable, debido a las características de los proyectores, los cuales como mínimo suelen tener un rango de tiro mínimo de 0.8 m para conseguir proyectar una pantalla del tamaño requerido. Es necesario que se piense en un sistema de calibrado en ángulo, para que el sistema pueda ser ajustado y conseguir neutralizar los posibles efectos de *keystone* o trapezoidales (la imagen proyectada fuga hacia arriba o abajo, provocando que se vea distorsionada). Además lo ideal es que el espejo sea del tipo denominado "de primera superficie" [16], puesto que de esta manera la superficie reflejante está directamente expuesta, sin ningún recubrimiento. Esto se traduce en que no aparecen posibles efectos de *ghosting* o imagen duplicada, en la interfaz proyectada.

3. Desarrollo



3.3. Diseño de la mesa

- **Ordenador:** es el elemento que analiza y procesa la información de entrada y que gracias al sistema de software desarrollado, es capaz de enviar respuestas a las interacciones. Sin él no sería posible ninguna comunicación. Por lo tanto, se ha de tener en cuenta un espacio dentro de la mesa que albergue la CPU operante.

En el Anexo II. Construcción de la mesa, puede verse más detalladamente el proceso de selección para los distintos componentes que forman el *hardware* de la mesa de interacción Immertable. Se explican cada una de las especificaciones técnicas y de ergonomía que deben de cumplir los diferentes elementos, así como las características necesarias para su correcto funcionamiento. También se expone como se han adaptado y solventado los inconvenientes encontrados.

Una vez quedan claras las distintas partes que componen el producto, se puede empezar a conceptualizar distintas alternativas mediante la técnica de bocetado. A continuación, (ver imagen 13) pueden observarse algunos diseños.

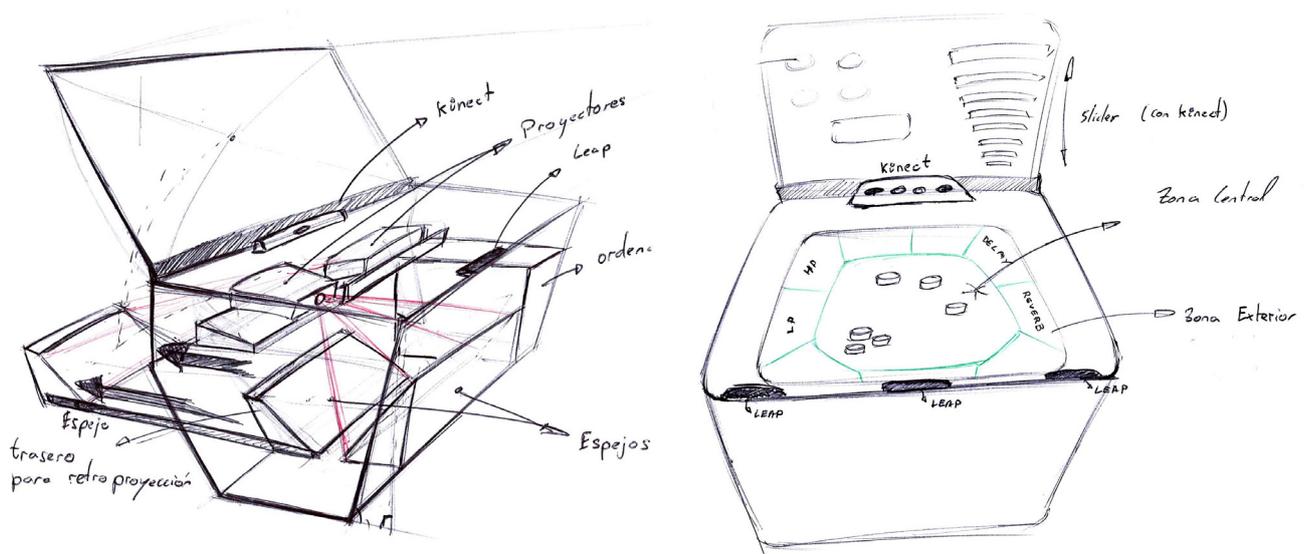


Imagen 13. Bocetos diseño IMMERTABLE

3. Desarrollo



3.3. Diseño de la mesa

Conceptualización

Estos bocetos se diseñan teniendo en cuenta las especificaciones técnicas anteriores, ergonómicas y funcionales. Junto con ellos se elaboran unos croquis con medidas generales, que sirven para transmitir la idea a distintos talleres y particulares artesanos, para poder encontrar la mejor alternativa de fabricación y elección de materiales (perfiles metálicos, paneles de madera, paneles plásticos, etc.).

Prototipado

Finalmente la construcción se realiza en un taller artesanal de María de Huerva (Zaragoza), que hay que visitar periódicamente durante la construcción de la mesa, para solventar problemas técnicos y corroborar que todos los dispositivos funcionan correctamente según lo planteado en el papel. A continuación se puede observar parte del proceso de construcción (ver imágenes 14 y 15).



Imagen 14. Estructura



Imagen 15. Proceso de construcción

Análisis y resolución de problemas

Durante la construcción del prototipo de la mesa Immertable surgen varios problemas técnicos. En el anexo II: Construcción de la mesa, se encuentra el proceso de resolución explicado en detalle. A continuación se expone una de las dificultades halladas.

3. Desarrollo



3.3. Diseño de la mesa

En la proyección uno de los grandes problemas que pueden surgir es la deformación trapezoidal o *keystone*, para poder corregirla se implanta un sistema de graduación en ángulo para los espejos de proyección y para los propios proyectores. En las siguientes imágenes se puede observar: la conceptualización de la solución (ver imagen 16) y el proceso de calibración e implementación (ver imagen 17).

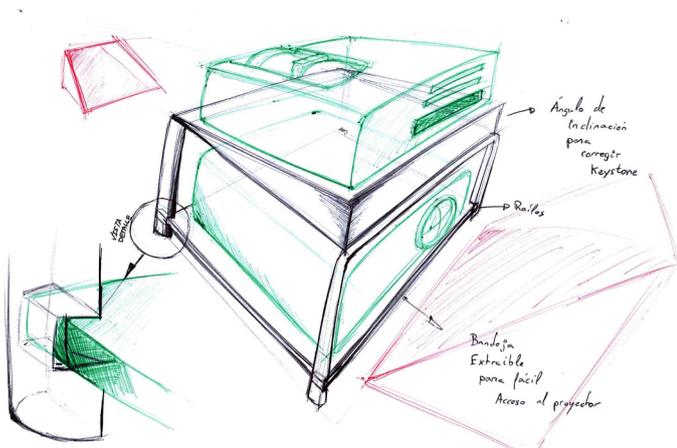


Imagen 16. Conceptualización solución *keystone*

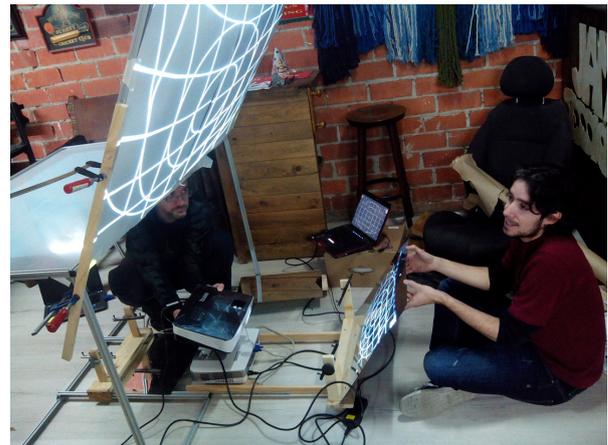


Imagen 17. Proceso de calibración

Resultado

El prototipo final que se desarrolla consiguió solventar todas las dificultades, a continuación se puede visualizar el proceso de construcción (ver imagen) y el resultado final de la mesa (ver imagen 18).



Imagen 18. Resultado final de la mesa

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

Un objeto tangible por definición es cualquier objeto físico que puede ser tocado, es decir, en definitiva aquello a lo que se puede acceder a través del tacto. Pero como se explica anteriormente, en interfaces tangibles o TUI, se refiere a objeto tangible cómo aquél que permite interactuar con la propia interfaz, es decir, aquél que se transforma en un control, ya sea activo o pasivo del programa. Dentro del proyecto se plantean dos clases diferentes de objetos tangibles.

Un primer grupo, que hace referencia a los objetos que interactúan sobre la pantalla horizontal de la mesa. Los cuales albergan electrónica y poseen un fiducial, que permite la comunicación con el sistema mediante su reconocimiento a través de una cámara infrarroja, que ha de poder capturar dichos fiduciales a tiempo real, para que el software reactIVision junto con el software desarrollado por el equipo informático del proyecto procese la información y mande las órdenes oportunas.

Estos objetos de interacción son denominados como Immerject T, el nombre viene de la composición entre Immertable + Object (palabra inglesa que significa objeto), y la "T" que hace referencia a la palabra anglosajona *Track*, cuyo significado en el ámbito de la música es Pista de audio. Según se puede deducir de su propio nombre estos objetos son los encargados de introducir las diferentes pistas de audio en la interfaz musical, aunque también desempeñan otras funciones que se detallan más adelante.

La segunda clase de objeto tangible del proyecto, se refiere al dispositivo tipo mando que sirve como acceso rápido a las acciones comunes o habituales del sistema. Este objeto sólo alberga electrónica, dado que su sistema de comunicación no precisa de ningún fiducial. Se puede comunicar con el software del ordenador inalámbricamente mediante bluetooth, radio frecuencia, u otros métodos a evaluar.

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

Este tipo de objeto es denominado como Immerject P, al igual que el anterior, Immerject es la consecución de unir las palabras Immertable+ Object, y en este caso la inicial "P" hace referencia a la palabra anglosajona *Principal*, cuyo significado es el mismo que la palabra española Principal. La razón de su nombre es que este objeto es único, y permite una serie de acciones principales y comunes, ofreciendo una interacción rápida y directa al usuario.

3.4.1. Immerject T

Cada uno de estos objetos es asociado al software musical Ableton (ver apartado 2.1.2) mediante su fiducial, de tal manera que represente un *track*, o pista de audio. Las funciones que se asignan sobre el objeto son por consiguiente las referentes al *track* al que representa.

Además para sacar el máximo provecho a la interfaz se busca que el objeto ofrezca las siguientes interacciones:

- Rotación con diferentes grados de sensibilidad.
- Translación.
- Selección de objeto.

Conceptualización

Con ello se procede a establecer unas especificaciones formales y funcionales que permitan solucionar las interacciones deseadas.

El objeto debe proporcionar un agarre ergonómico evitando las posturas que obligan a adquirir ángulos límite que representen factores de riesgo (ver imagen 19).

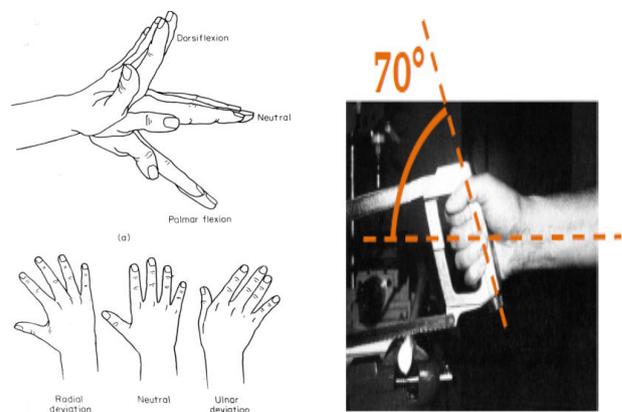


Imagen 19. Ángulos y agarres.

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

Además su geometría formal debe permitir al menos dos diferentes agarres de precisión, con los dedos, (ver imagen 20) que proporcionen grados de sensibilidad diferentes a la hora de realizar rotaciones sobre el plano de interacción XY (superficie horizontal de la mesa).

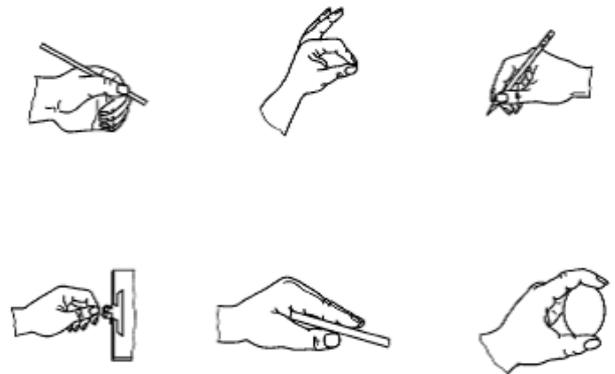


Imagen 20. Agarres de precisión

Con estas especificaciones se empieza la fase de bocetado generando varias alternativas (ver imagen 21). Diseños con zonas en ángulo para facilitar una postura ergonómica en el agarre, diseños asimétricos que ofrezcan distintas maneras de agarre y, por lo tanto, de sensibilidad a la hora de realizar una rotación del objeto. Además de esta manera se ofrece un *feedback* del estado de rotación en el que se encuentra el objeto, dado que se visualiza directamente.

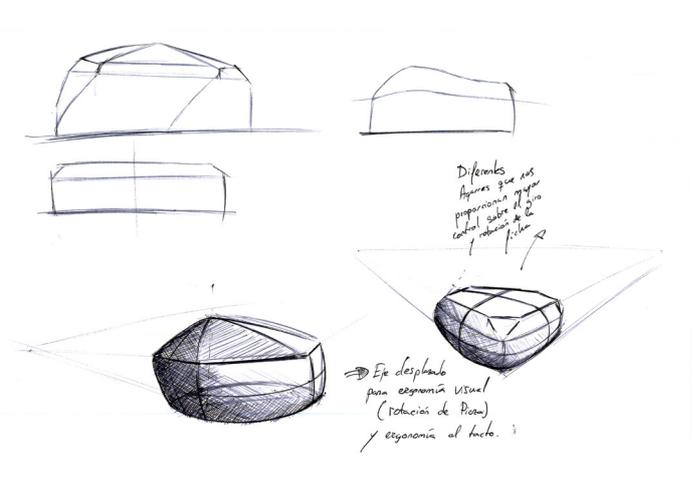


Imagen 21. Alternativas Immerject T

Finalmente el diseño formal escogido (ver imagen 22) se basa en un hexágono irregular, el cuál puede percibirse desde la vista en planta. Este proporciona dos agarres claros y sencillos con diferentes amplitudes de giro. La idea de representación de giro mediante una deformación formal (asimetría), se descarta debido a que obliga al usuario a agarrar el elemento en una posición más concreta y no tan aleatoria, resultando poco usable. Por lo tanto, las referencias de *feedback* respecto a la posición de giro se plantean resolver de manera gráfica en la interfaz, con un icono que haga referencia al *track* (tambores, *claps*, bajo, etc.), siendo esta información un añadido beneficioso a la hora de identificar cada objeto.

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

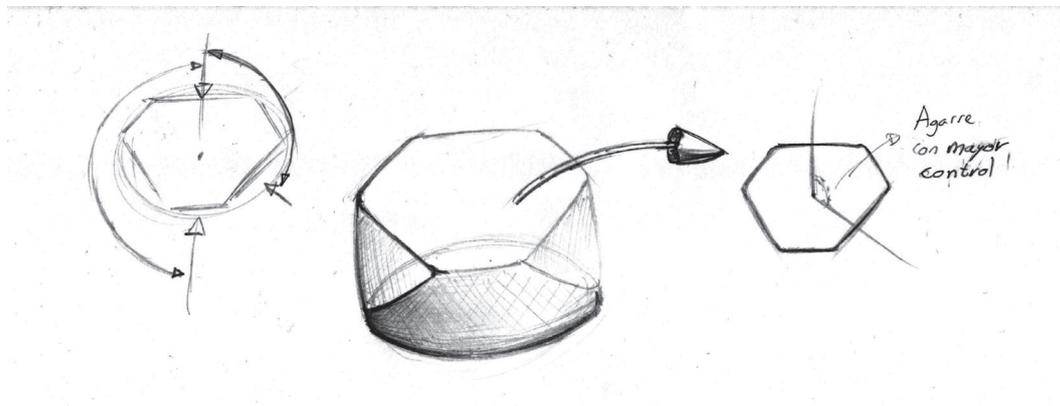


Imagen 22. Diseño Immergett-T escogido

Desde el punto de vista funcional se desea que el objeto ofrezca ciertas interacciones, la primera que pueda transmitir la información de que el objeto es seleccionado, y que dicha acción es visible de cara a que el usuario obtenga una retroalimentación en sus interacciones. También se desea obtener la información de la posición de rotación y los movimientos de traslación del objeto.

Para esto último simplemente es necesario que la cámara capte como se mueve y rota el fiducial sobre la superficie de la mesa, puesto que esos datos son procesados por la CPU. En cambio para poder dotar al objeto de la primera funcionalidad, se diseña un mecanismo simple con el que no es necesario convertir al objeto en un emisor y receptor de información, lo cuál a nivel técnico complica la construcción dado que requeriría instalar más componentes electrónicos (microprocesador, batería, etc.). El mecanismo diseñado consiste en crear una superficie capacitiva en el objeto, de tal manera que cuando el usuario lo toque provoque el encendido de un diodo LED infrarrojo en la base, haciendo que la cámara detecte un cambio en el fiducial y traduciéndolo como que el objeto está siendo tocado o seleccionado. Para que el usuario comprenda la interacción se ofrece un *feedback* visual, con el encendido de un diodo LED RGB, que se enciende con el color del *track*.

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

Desde el punto de vista funcional se cuenta con los siguientes componentes para poder cumplir las diversas funcionalidades:

- Pilas de botón.
- Procesador.
- Resistencia de ajuste (potenciómetro).
- Diodo LED de espectro visible.
- Diodo LED infrarrojo.
- Malla metálica.

Las medidas de todos estos componentes determinan una disposición interior y un tamaño mínimo para el diseño formal del objeto. También obligan a crear un fácil acceso a los componentes, sobre todo para el diseño de los primeros prototipos, en los que debido a continuos cambios, ajustes, y mantenimiento, es necesario poder abrir y cerrar el dispositivo.

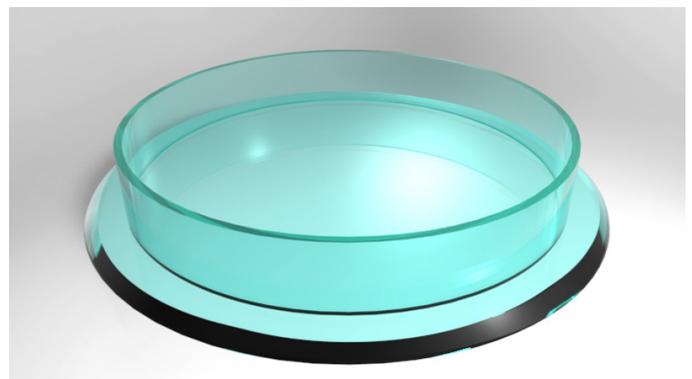


Imagen 23. Mecanismo de apertura y cierre

Por esa razón se diseña un mecanismo de cierre rápido mediante una lengüeta de ajuste por fricción (ver imagen 23) el cual no da problemas en el proceso de fabricación mediante impresión 3D (ver Anexo III, Impresión 3D), puesto que otro tipo de cierres como el roscado o machihembrado son descartados precisamente por las complicaciones que presentan en la posterior impresión del objeto.

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

Prototipado

Con el Immerject T definido, se generan prototipos volumétricos en poliexpan (ver imagen 24), así es posible validar si el diseño formal se adecua en términos ergonómicos y comprobar si las dimensiones establecidas son o no adecuadas.

Tras este primer prototipo y habiendo recogido la información proporcionada por las impresiones generadas, se realiza una reproducción más concreta y exacta mediante un modelo 3D, que posteriormente se procede a imprimir para obtener el primer prototipo funcional. Con este nuevo prototipo se pueden validar los sistemas de ajuste de apertura y cierre de la pieza, espesores de material, temperaturas de impresión, espacio para el alojamiento de los dispositivos electrónicos y su distribución más adecuada.

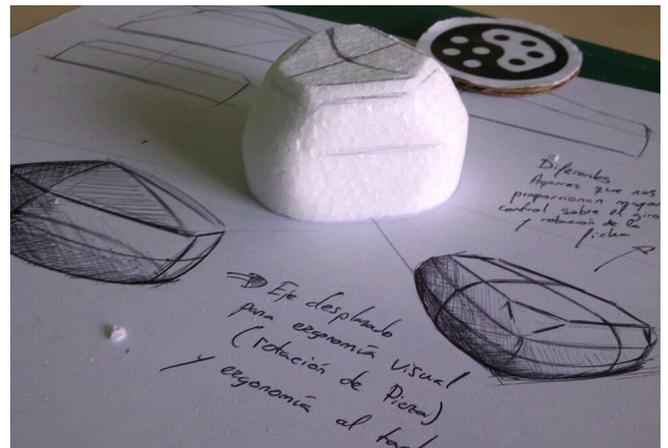


Imagen 24. Prototipo en poliexpan

En este punto del proyecto, se realizan varias pruebas de espesor de materiales, para poder ajustar y conseguir un correcto funcionamiento del sensor capacitivo y no perder características físicas de resistencia. A su vez se prueban distintas distribuciones y se observan las necesidades técnicas de los distintos componentes (temperatura, alimentación, conexiones, iluminación, etc.). Con todo ello se diseña e imprime un segundo prototipo funcional con alojamiento para el LED infrarrojo (ver imagen 25), el cual debe incidir perpendicularmente a la superficie de interacción, para que genere una imagen definida en la captura de la cámara.

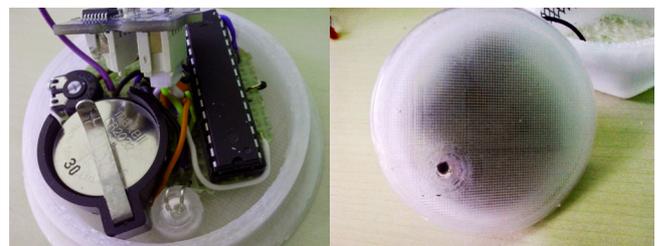


Imagen 25. Prototipo con alojamiento

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

Análisis y resolución de problemas

Con los nuevos test de funcionamiento se detectan ciertos problemas de regulación de la capacitancia del dispositivo, al igual que aparecen fallos en la adhesión de las capas de material en la zona de fricción del cierre. Es por tanto que se decide redimensionar la pieza (ver imagen 26), debido a necesidades electrónicas (cambio de alimentación a pila 9V, mayor zona de malla metálica), haciéndola más ancha y favoreciendo también la lectura de los fiduciales por la cámara, dado que ahora tendrán un mayor tamaño. A la vez se rediseña la lengüeta de cierre y se prueban espesores menores en las zonas de contacto capacitivo para conseguir un mejor funcionamiento con valores más altos de capacitividad.



Imagen 26. Prototipo reescalado

Finalmente tras ajustar ciertos parámetros de impresión se obtiene el prototipo final funcional que se observa en la imagen (ver imagen 27). Aunque es algo más grande de los parámetros ideales de ergonomía, sigue entrando dentro de los márgenes adecuados.

Resultados

Finalmente tras ajustar ciertos parámetros de impresión se obtiene el prototipo final funcional que se observa en la imagen (ver imagen 27). Aunque es algo más grande de los parámetros ideales de ergonomía, sigue entrando dentro de los márgenes adecuados.

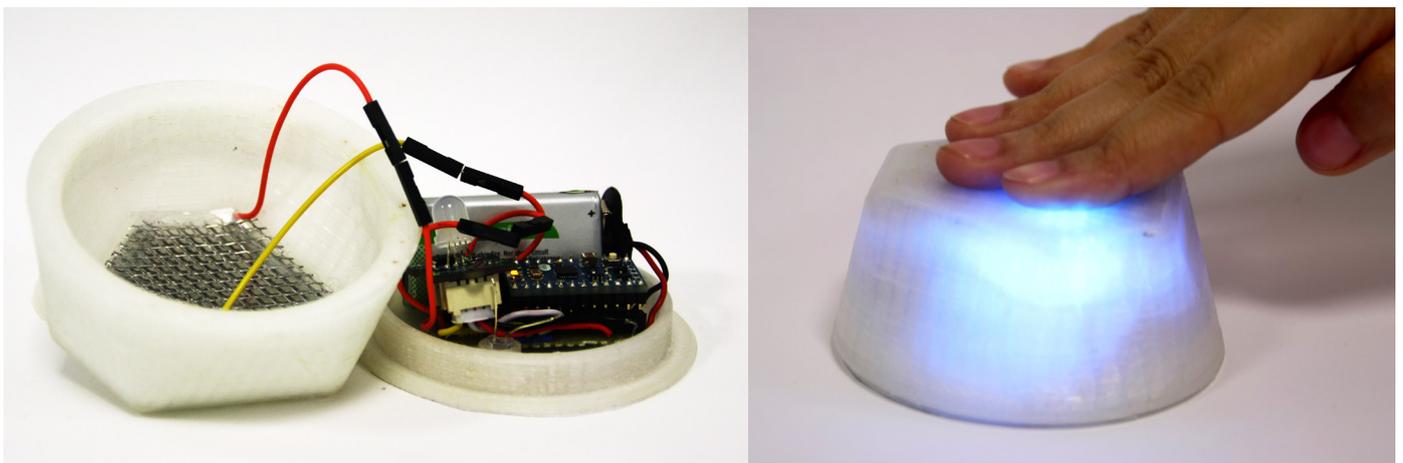


Imagen 27. Prototipo funcional final Immergect-T

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

3.4.2. Immerject P

Este objeto, debe ser capaz de interactuar con el sistema inalámbricamente pero además se desea que cumpla las siguientes funcionalidades:

- Captura de movimientos generados por el brazo del usuario mediante acelerómetros.
- Botones de accionamiento para funciones básicas y comunes de la interfaz.
- Rotaciones o balanceos, para modificaciones de parámetros con mayor sensibilidad.
- Generación de ritmos, para su posterior implementación al sistema.
- Rápido acoplamiento y desacoplamiento a la mano del usuario.

Conceptualización

Con ello se procede a establecer unas especificaciones formales y funcionales que permitan solucionar las interacciones deseadas.

El diseño formal del objeto se ve determinado en gran medida por la ergonomía. Debido a que es un dispositivo que debe adaptarse cómodamente a la mano del usuario y además debe tener un fácil y rápido anclaje, para que el usuario sea libre de utilizarlo o no según la tarea que desee realizar. Por lo tanto se plantea un diseño formal, el cuál quede agarrado y acoplado a la mano y que proporcione cierta sujeción aunque no sea demasiado fija (ver imagen 28).

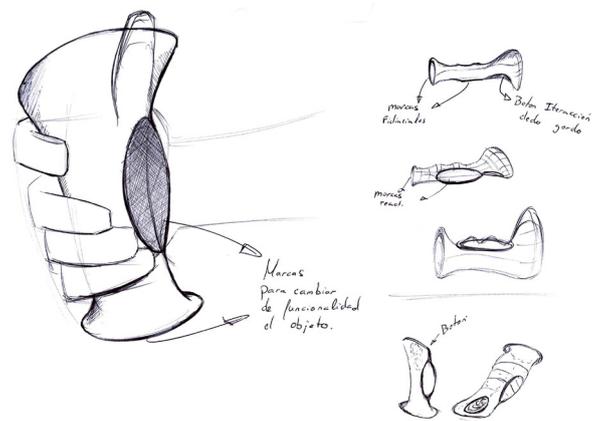


Imagen 28. Boceto formal inicial Immerject P

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

Con la intencionalidad de que el objeto se pueda utilizar sobre la superficie de la mesa u otra superficie y no solo para interacciones en el aire, se plantean diversas soluciones (mediante fiduciales, superficies curvas con acelerómetros, etc.). En base a estos requisitos se plantean unas primeras alternativas bocetadas (ver imagen 29).

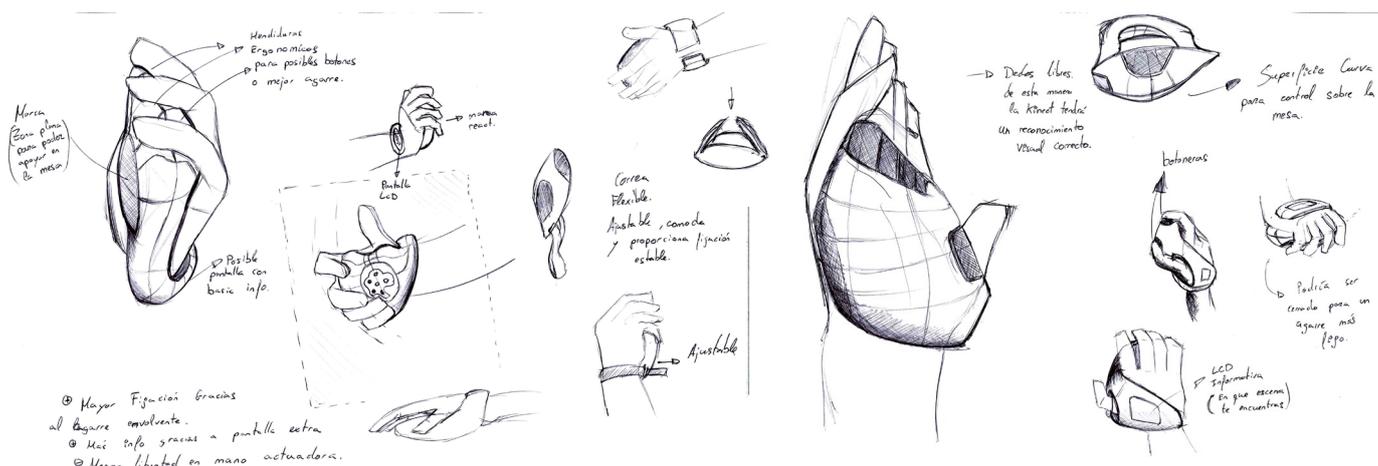


Imagen 29. Bocetos iniciales Immerject-P

La alternativa seleccionada para el primer prototipo volumétrico, se basa en un agarre abierto sobre la mano (ver imagen 30), es decir, como si fuera un guante abierto por el lateral. Además la zona inferior se diseña con una ligera curva que dota al dispositivo con la propiedad de balanceo sobre cualquier superficie plana contra la que se apoye, proporcionándole ajustes con mayor sensibilidad que las interacciones en el aire.

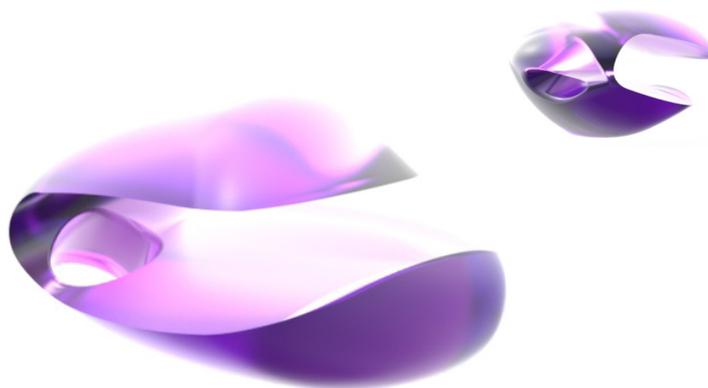


Imagen 30. Modelo volumétrico Immerject P

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

Por último se reserva una zona, en la que se plantea la incorporación de una pantalla LCD, tal y como se observa en la imagen (ver imagen 31), para transmitir una mínima información de retroalimentación al usuario, de tal manera que le ayude en ciertas acciones y que le permita seguir interactuando con la mesa sin la necesidad de encontrarse físicamente delante de ella.

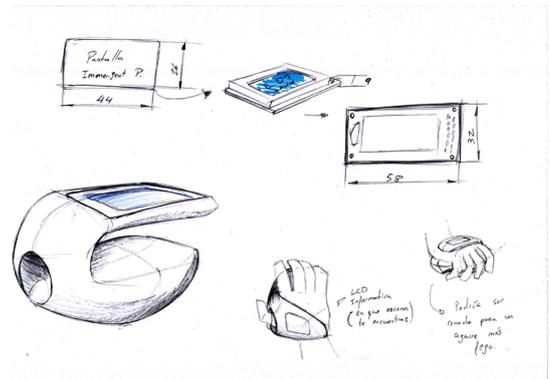


Imagen 31. Boceto con pantalla Immerject P

Prototipado

En primer lugar se realiza un prototipo rápido con arcilla (ver imagen 32), a partir del cuál se extraen nuevos requerimientos formales, y con todo ello se procede a la realizar un modelo más exacto en 3D y su posterior impresión para la generación de un nuevo prototipo (ver imagen 33).

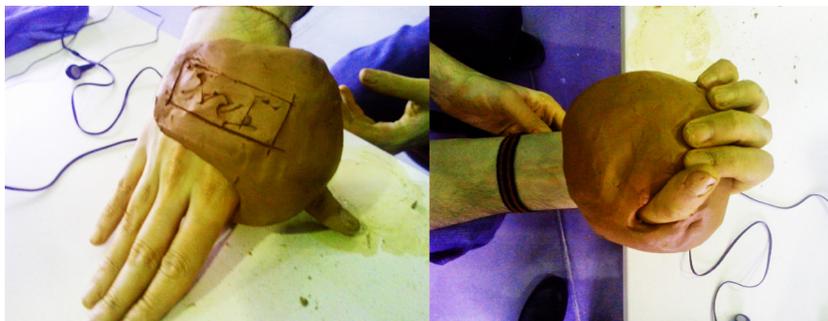


Imagen 32. Prototipo volumétrico Immerject-P en arcilla

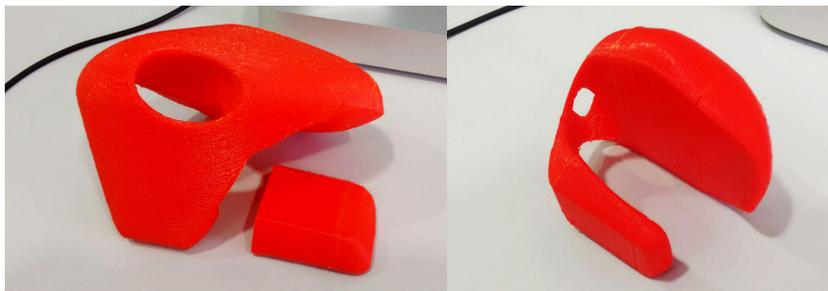


Imagen 33. Prototipo volumétrico Immerject-P impreso en 3D

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

Con este último prototipo volumétrico ya se puede empezar a testear y validar las disposiciones y elementos electrónicos, por lo tanto se procede al análisis funcional del objeto para cuantificar cuales son las necesidades y soluciones planteadas.

Para cumplir con las funcionalidades asignadas y los deseos de usabilidad establecidos necesitamos que el dispositivo incorpore los siguientes materiales:

- Pilas de botón o pila de 9V.
- Microprocesador.
- Potenciómetro de ajuste.
- Micro-interruptores (botones).
- LED's RGB
- Láminas de metal o mallado (sensor capacitivo).
- Acelerómetro
- Antena, emisor y receptor
- Circuito integrado capacitivo.

Todos los componentes se determinan según disposiciones y tamaños, y se validan sobre el prototipo hueco, volumétrico. Se observa que, gracias a la curvatura diseñada para el balanceo, se genera suficiente espacio para la inclusión de todos los componentes sin problemáticas de espacio y se puede distribuir adecuadamente por el espacio interior de la pieza. Para un fácil acceso a los componentes, se diseña un cierre mediante lengüeta de ajuste por fricción como en el caso del Immerject T.

3. Desarrollo



3.4. Diseño de los objetos tangibles

Análisis y resolución de Problemas

A nivel formal se observan algunas carencias ergonómicas en el agarre y en el tamaño. Debido a que es una forma tan orgánica, aunque se diseña teniendo en cuenta tablas antropométricas (para las medidas de longitud de mano, ancho, etc.), es difícil adecuar las superficies para obtener un resultado lo más universal posible (diseño basado en los percentiles extremos).

En la impresión de los prototipos finales se encuentran diversos problemas con la impresión 3D, puesto que es necesario imprimir el objeto en ABS (por su transparencia y cualidades físicas), y se necesitan conductos huecos para pasar cables y elementos electrónicos. Por lo tanto se imprime a doble extrusor con ABS y PVA (material hidrosoluble), este último empleado para las zonas de construcción (andamiajes), que genera la impresión 3D. Al tener ambos materiales características técnicas diferentes surgen dificultades técnicas, las cuáles son mencionadas en el Anexo III: Impresión 3D.

Resultados

Finalmente tras ajustar ciertos parámetros de impresión se obtiene el prototipo final funcional que se observa en la imagen 34. El diseño formal y funcional de este prototipo está validado para los elementos electrónicos necesarios y su disposición, cumpliendo los requisitos establecidos. Debido a limitaciones temporales del proyecto no se logra implementar los requerimientos técnicos en el sistema para que se pueda testear el objeto Immerject P con el resto de componentes.



Imagen 34. Prototipo final Immerject P

3. Desarrollo



3.5. Diseño de Identidad visual corporativa

Al inicio del desarrollo del proyecto, se plantea la creación de la identidad visual. La propuesta no consiste en generar todas las directrices estéticas y de composición que la marca debe adoptar. Simplemente se trata de crear unas especificaciones básicas que ayuden a la hora de desarrollar los diferentes componentes gráficos de los que está compuesto este trabajo. Con el objetivo de establecer una cohesión, y de empezar a generar una identidad y valor de marca.

Tal y como se comenta en el apartado 3.2. Situación Inicial: definición de EDP's, la interfaz diseñada debe basarse en un color llamativo, con contraste lumínico, diferenciable del resto que utiliza el software Ableton Live y dentro del rango confortable para no producir fatiga por acomodación al usuario.

Es por ello que se plantea utilizar el color morado, más concretamente el PANTONE 2425 C de la colección PANTONE Solid Coated, y para efectos de brillo el PANTONE 807 C de la misma colección (ver imagen 35).



PANTONE 2425 C



PANTONE 807 C

Imagen 35. Colores PANTONE utilizados

Una vez establecido los colores de la identidad gráfica, se fijan las especificaciones para la creación del logotipo y las líneas generales del proyecto.

- Tecnológico: el carácter visual del logotipo debe recordar a las tecnologías que componen este proyecto.
- Moderno: se desea una estética minimalista y limpia, sin excesivos adornos.

3. Desarrollo



3.5. Diseño de Identidad visual corporativa

Con estos simples principios se desarrolla el siguiente símbolo (ver imagen 36), que hace referencia a los fiduciales empleados en el reconocimiento de objetos. Las iniciales "I" y "T", se construyen con curvas limpias y tensas, que transmiten ese carácter moderno y tecnológico.



Imagen 36. Símbolo Immertable

Para el imagotipo, se empleó una tipografía de licencia libre con las mismas especificaciones. En un principio se utilizó la tipografía *flynn hollow*, pero esta se acabó descartando al no poseer la legibilidad suficiente, sustituyéndose por la tipografía *superglue* (ver imagen 37), que se utiliza también en los menús de la interfaz.

Con estas simples directrices de identidad de marca se establecen unos criterios a partir de los cuales se pretende alcanzar la imagen corporativa deseada.



Imagen 37. Imagotipo Immertable

3. Desarrollo



3.6. Diseño de Interfaz

Conceptualización

En este apartado se aborda el diseño de la interfaz de todo el sistema Immertable. En apartados anteriores ya se han definido ciertas especificaciones de diseño y estéticas que debe seguir la interfaz. A continuación se describen las características que debe tener el espacio interactivo desarrollado:

- **Inmersivo:** el espacio alrededor del usuario se convierte en una zona más de interacción, haciendo que sienta un mayor grado participativo.
- **Retroalimentativo:** Deben implementarse ciertas acciones de *feedback* (lumínicas, vibratorias, sonoras, visuales, etc.), con las que se retorne información al usuario para que sepa con que esta interactuando.
- **Intuitivo:** las interacciones gestuales deben ser claras y de un rápido aprendizaje. Por eso se tiene que incluir una librería de gestos familiares del entorno musical.
- **Participativo:** La interfaz que se crea para la pantalla frontal debe tener un aspecto transparente, de esta manera se consigue involucrar (en cierta manera) al público en el proceso interactivo, dado que entienden y ven como el usuario interacciona con el sistema.

Como objetivos deseables a desarrollar e implementar en la interfaz, en un futuro desarrollo del sistema, se exponen los siguientes:

- Conseguir una interacción real con el público. Que sean usuarios indirectos del sistema (ej: cuanto más gritan, más se ilumina una luz que recorre el marco de la pantalla).
- Ofrecer al usuario un mayor control de la interfaz sin necesidad de encontrarse delante de la mesa, pudiendo interactuar con el sistema desde cualquier parte del escenario o habitáculo en el que se encuentre.

3. Desarrollo



3.6. Diseño de Interfaz

Prototipado

Con las características definidas se procede a diseñar una serie de alternativas que cumplan los requisitos deseados. A continuación se explican las cualidades y funcionamiento de las dos más relevantes.

Alternativa 1

Esta alternativa se plantea con una superficie horizontal totalmente limpia, en la que se colocan todos los objetos de interacción para que se asocien entre ellos. Se proponen dos clases diferentes de objetos. Los objetos *track*, asociados a una pista de audio, y los objetos de control, asociados a los diferentes efectos o modificadores.

Los objetos *track*, se reproducen nada más entrar en la pantalla horizontal. Con su propia rotación se puede escoger el tipo de *clip* (audio) que se desea reproducir. Para modificar algún parámetro de efecto asignado al *track*, se acerca el objeto de control correspondiente para poder sincronizar ambos objetos y modificar los parámetros mediante rotación (ver imagen 38).

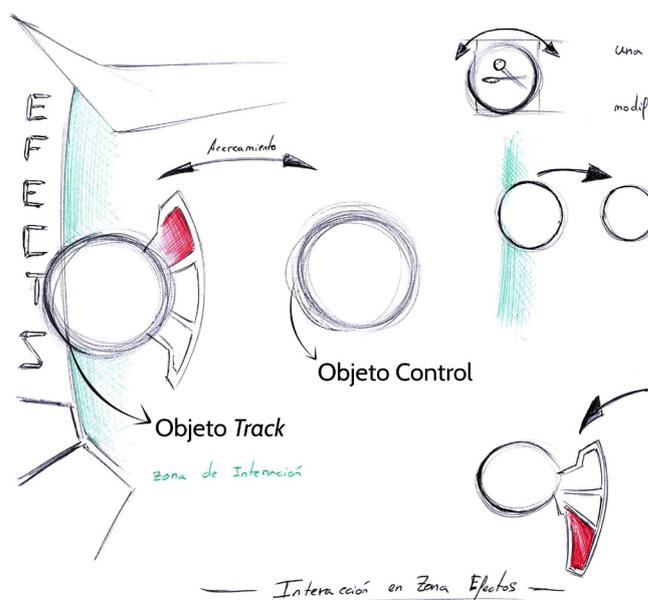


Imagen 38. Alternativa 1 Interfaz

Los objetos de control se clasifican en volumen, *reverb*, *delay*, y otros. Si se desea una modificación sobre la escena (todos los *tracks* que estén sonando), se selecciona con la mano izquierda un objeto de control sin asociar y con la mano derecha se modifica subiendo o bajando la mano (interacción captada por Kinect).

3. Desarrollo



3.6. Diseño de Interfaz

La pantalla frontal se limita a ofrecer información, aparecen los *sliders* (barra con la cantidad actual del efecto) cuando se esté modificando un efecto. Esta pantalla también incluye efectos visuales al ritmo de la música.

Alternativa 2

Esta alternativa por el contrario se plantea con una división por zonas de la interfaz horizontal (ver imagen 39). Se delimitan zonas de interacción en los extremos de la pantalla, dejando la zona central para añadir los objetos *track* a escena. En dichas zonas se puede acceder a las diferentes propiedades de los objetos *track*, simplemente acercándolos a ellas y rotando.

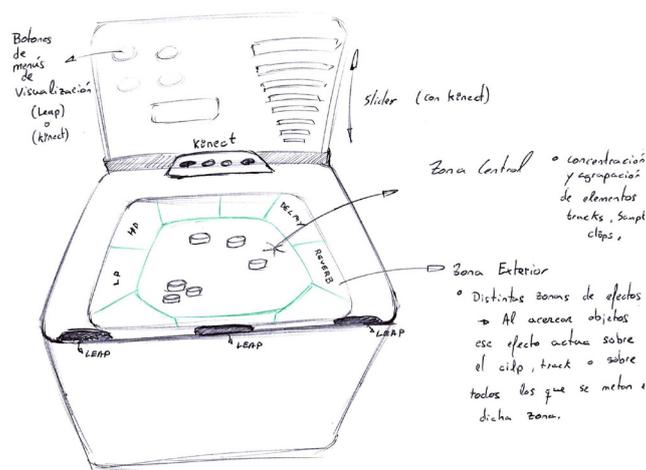


Imagen 39. Alternativa 2 Interfaz

Las diferentes zonas de interacción definidas serán: Efectos, Volumen, Escenas, *Reverb* y *Delay*. A continuación se explica con más detalle esas zonas de interacción.

- Efectos

Según el estudio realizado (ver apartado 2.1.2 Interfaces), se puede definir que cada *track* lleve asignado una serie de canales de efectos (de uno a tres). Cuando un objeto *track* se aproxima a la zona Efectos, la pantalla frontal proporciona la información de los efectos relacionados a dicho *track*. Para modificar la cantidad de un efecto seleccionado se realiza una interacción mediante Leap o Kinect (con las manos del usuario), o también a través de rotación directa del objeto *track* sobre la superficie horizontal.

Para poder realizar una modificación múltiple sobre varios objetos *track* a la vez. Estos deben ser seleccionados con una mano mientras que con la otra se realiza la acción a través de Kinect o Leap.

3. Desarrollo



3.6. Diseño de Interfaz

- Volumen, Reverb, Delay

En estas zonas la interacción es más sencilla que en la de efectos, dado que solo se puede modificar un único parámetro en cada una de ellas. Por lo tanto se puede hacer directamente mediante la rotación del objeto *track* sobre la zona de interacción, o a través de Kinect o Leap.

En la pantalla frontal se puede visualizar los *slider* que proporcionan información al usuario sobre el estado de los efectos.

- Escenas

Esta zona sirve para seleccionar la escena, ya sea mediante un objeto de control dedicado a dicha tarea, o de forma táctil. Se plantea la posibilidad de que la zona de interacción se amplíe cuando se desea una interacción táctil. Para ello se introduce el objeto de control a la zona de interacción o que Kinect detecte el acercamiento de la mano a la zona.

Análisis y resolución de problemas

Para poder evaluar las ideas generadas se establece una segunda entrevista con un usuario profesional (ver anexo IV: Usabilidad). Tras esta evaluación se establece como especificación crítica, que el usuario pueda visualizar continuamente una vista general de la sesión del software Ableton, en la que aparecen las escenas y los distintos clips de cada *track* (ver imagen 40).

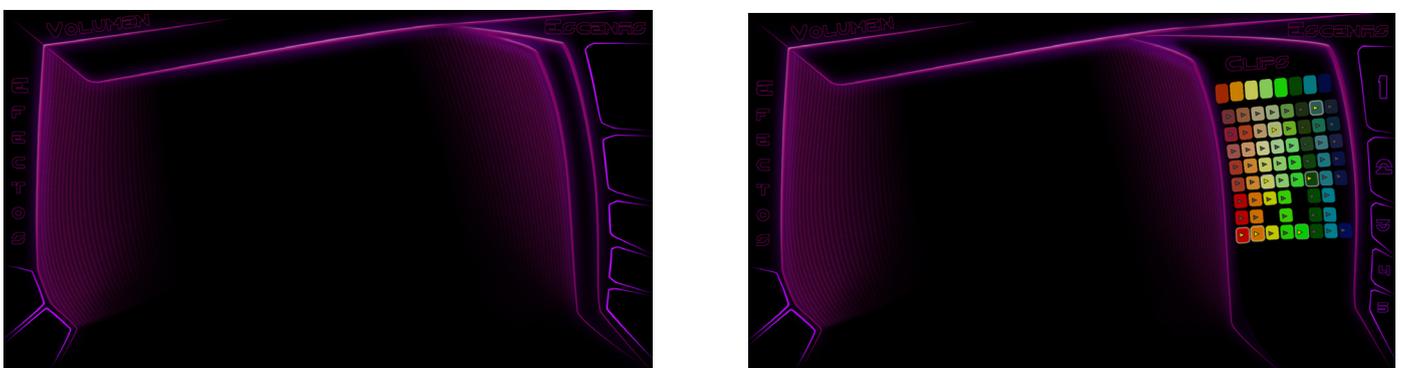


Imagen 40. Interfaz Immertable

3. Desarrollo



3.6. Diseño de Interfaz

Con el fin de reducir el tamaño de esta zona de interacción, las columnas de los *tracks* se representan como pequeños cuadrados. Cuando se acerque un objeto *track* a esta zona, se despliega la columna que corresponda, mostrando la información necesaria.

En adicción al método de análisis de entrevistas a usuarios, se procede a realizar una evaluación heurística (ver anexo IV: Usabilidad), mediante una serie de principios de usabilidad se detectan diversos errores y virtudes de las alternativas. Los errores detectados más relevantes son los siguientes:

- **Distancia mínima de interacción** con Kinect: el reconocimiento idóneo y correcto es a una distancia de al menos 46-50 cm (ver apartado 2.1), por lo tanto la zona superior de la pantalla horizontal no puede albergar interacciones con fichas fiduciales más Kinect, dado que la mano del usuario en este caso se encuentra demasiado cerca al dispositivo Kinect.
- **Conexión gráfica**: se establece una relación visual entre ambas pantallas para que el usuario interprete toda la interfaz como una sola. Por lo que se plantea desarrollar conexiones lumínicas entre elementos de la pantalla horizontal y la frontal (ej: objeto *track* asociado a su *fader* o *slider*).
- **Información permanente**: hay cierta información que es necesaria que siempre permanezca visible al usuario (como la navegación por las escenas, *track*, y *clips*), para que el usuario sepa en todo momento en qué estado se encuentra. La pantalla frontal debido a su condición de holografía, proporciona una nitidez menor, y además debe cumplir una misión de entretenimiento para el público asistente por lo que estos menús menos dinámicos y permanentes no tienen cabida en ella. Es por ello que dichos menús se implementan en la pantalla horizontal.
- **Sensación holográfica/3D**: La pantalla frontal debe evocar a los usuarios una sensación holográfica y con ello conseguir desarrollar un espectáculo visualmente

3. Desarrollo



3.6. Diseño de Interfaz

atractivo. Debido a este requisito se plantean varias alternativas pero todas ellas enfocadas bajo la misma idea, la creación de profundidad en la interfaz mediante escalados de las imágenes, disposiciones de elementos en perspectiva, desenfoque focal según distancias.

- **Interacción** rápida y accesible: para las acciones más comunes se detecta un fallo en la usabilidad de la interfaz, dado que para poder realizar algunas de las acciones más comunes el usuario debe de acceder a ellas tras introducirse en varios subniveles.

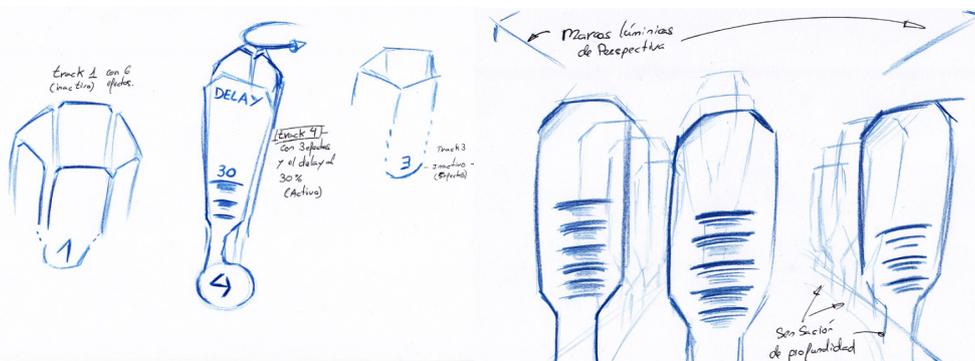


Imagen 41. Alternativas para sensación holográfica

Con estos requisitos se rediseña la interfaz de tal manera que se plantean distintas alternativas para las zonas de interacción de la pantalla horizontal, y sobre todo se desarrolla toda una nueva estética visual para la interfaz frontal con la idea de transmitir las sensaciones buscadas y la correcta manera de comunicación con los dispositivos. A continuación en la imagen 42, se puede observar algunos bocetos de las ideas.

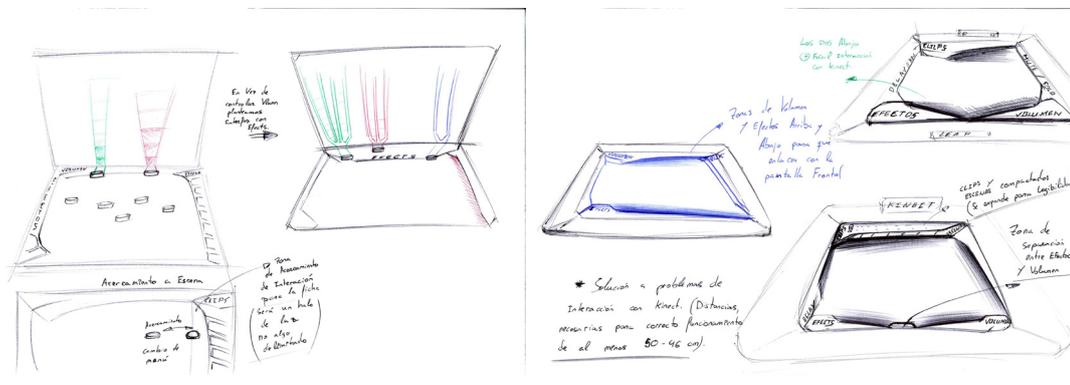


Imagen 42. Alternativas rediseño interfaces. Frontal (Izda.) Horizontal (Dcha.)

3. Desarrollo



3.6. Diseño de Interfaz

Resultados

Finalmente se diseña la interfaz final que se observa en la imagen 43, la cual cumple los requisitos y soluciona ciertos aspectos deficientes detectados.



Imagen 43. Interfaz final. Arriba: Interfaz frontal. Abajo: Interfaz horizontal

3. Desarrollo



3.7. Diseño de Elementos Gráficos

En este último apartado se aborda el diseño de los distintos elementos gráficos, contenido visual interactivo generado para las distintas interfaces, y que en muchos casos proporciona el feedback y la información necesaria para que el usuario comprenda y ejerza una interacción adecuada con la interfaz.

Para que estos elementos se integren en la interfaz formando una unidad visual, se siguen las directrices estéticas definidas en los apartados 3.2 y 3.6.

Cortinilla de entrada

Se ha generado una animación a modo de introducción al sistema, cuando el programa se encienda aparecerá dicho recurso en las pantallas. Con este elemento gráfico se ofrece al usuario una distracción agradable mientras se permite al software arrancar funcionalmente. (ver imagen 44).



Imagen 44. Capturas de cortinilla de entrada

Logo

En medio de la zona central de interacción se muestra el logotipo moviéndose lentamente, con ello se quiere conseguir un continuo dinamismo que transmita al usuario que el dispositivo está funcionando correctamente, y además se refuerza la identidad de marca del producto al adquirir presencia en la propia interfaz (ver imagen 45).

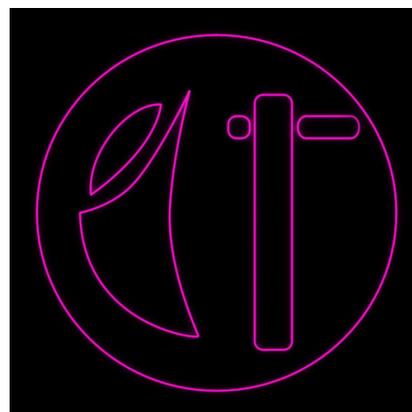


Imagen 45. Logo Immertable

3. Desarrollo



3.7. Diseño de Elementos Gráficos

Zonas de interacción

Se implementan unas zonas visuales de interacción en la pantalla horizontal para que el usuario reconozca visualmente las zonas de acción de cada apartado. Estas zonas se escalan y encogen al acercarse un Immerject T, proporcionando una retroalimentación al usuario (ver imagen 46).

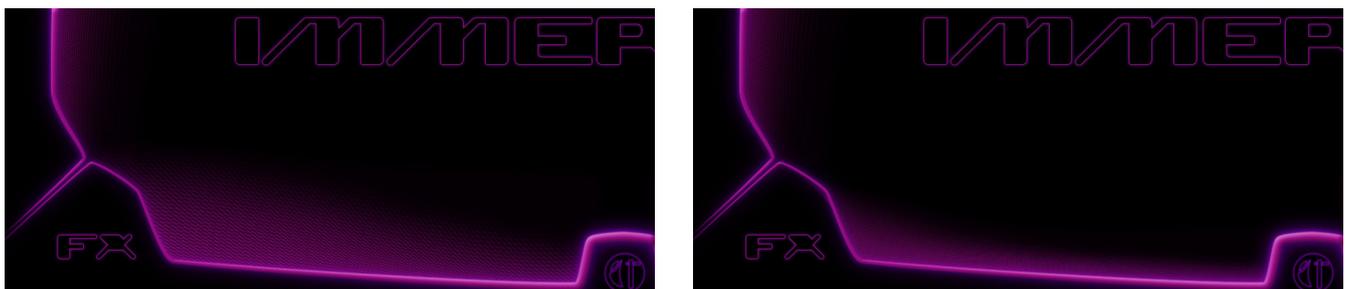


Imagen 46. *Feedback* Zona Interacción. Izda. Estado por defecto. Dcha.:Efecto activo en zona FX

Además también se crea una zona en la pantalla frontal que delimita el volumen en donde el dispositivo Leap es capaz de capturar los movimientos de las manos. Como se comenta en el apartado 2.2. la tecnología Leap ofrece una zona pequeña de interacción por lo que este recurso gráfico no solo proporciona un *feedback* cambiando de intensidad de color, sino que ayuda a delimitar visualmente ese espacio de acción (ver imagen 47).

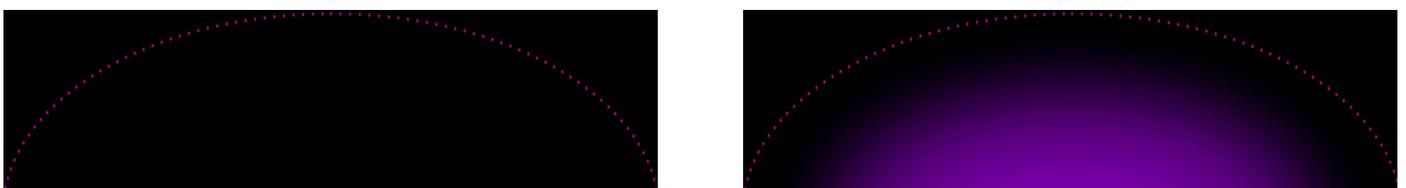


Imagen 47. *Feedback* Zona Interacción Leap. Izda. Inactivo. Dcha.:Usuario actuando sobre la zona Leap.

3. Desarrollo



3.7. Diseño de Elementos Gráficos

Cursor Kinect

En la captura de movimiento mediante Kinect para que el usuario visualice de manera rápida y pueda interactuar intuitivamente con la pantalla frontal, se diseña un cursor abstracto que muestra en donde se encuentra la captura de su mano. Cuando el usuario cierra el puño para agarrar virtualmente un slider o controlador, el cursor cambia su color brillando con mayor intensidad y proporcionando esa comunicación bidireccional (ver imagen 48).

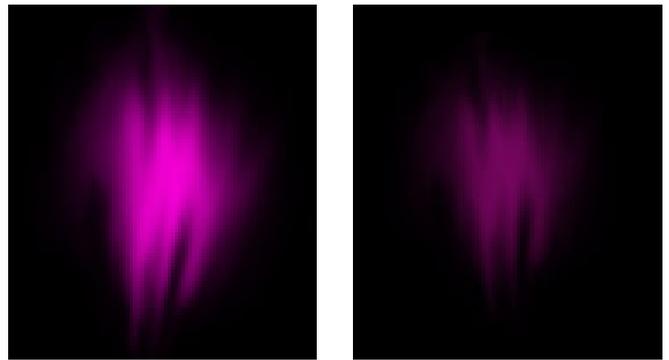


Imagen 48. Cursor Kinect. Izda.:Activado. Dcha.: Desactivado

Efecto brillo

Este recurso se diseña para crear una interacción dinámica sobre los nombres de las zonas de la interfaz horizontal. Cuando un "Immerject T" se introduce en la zona, el nombre de esta se ilumina de izquierda a derecha, que añadido al efecto de la zona de interacción generan un buen feedback para el usuario (ver imagen 49).



Imagen 49. Ejemplo Efecto brillo

Panel de Clips

Se trata de un menú de información permanente necesario para que el usuario pueda situarse en su sesión musical. Además este elemento se crea para proporcionarle el control de visualizar las distintas opciones de los tracks y que las cambie a su antojo en tiempo real.

3. Desarrollo



3.7. Diseño de Elementos Gráficos

El menú aparece minimizado y cuando un Immerject T se acerca, se expande su correspondiente línea mostrando los nombres asociados a los clips que contenga. Esta última interacción descrita estaba diseñada gráficamente pero no se ha implementado debido a falta de tiempo del personal informático del proyecto.

Escenas

El menú de las escenas es deslizante, de esta manera el usuario puede arrastrar con su dedo y seleccionar la escena a la que quiere saltar de manera rápida. Esta interacción es esencial, puesto que en las entrevistas con el usuario, se concluyó que en una misma sesión musical pueden existir hasta 200 escenas diferentes, las cuales se seleccionan continuamente según se desea (ver imagen 50).



Imagen 50. Menú de escenas

Faders

Como se ha comentado en el apartado de Diseño de la Interfaz para poder controlar y visualizar la cantidad de un efecto o modificador de audio existen unos sliders o faders, los cuales dinámicamente se muestran más llenos o vacíos para que el usuario visualice su estado rápidamente (ver imagen 51).

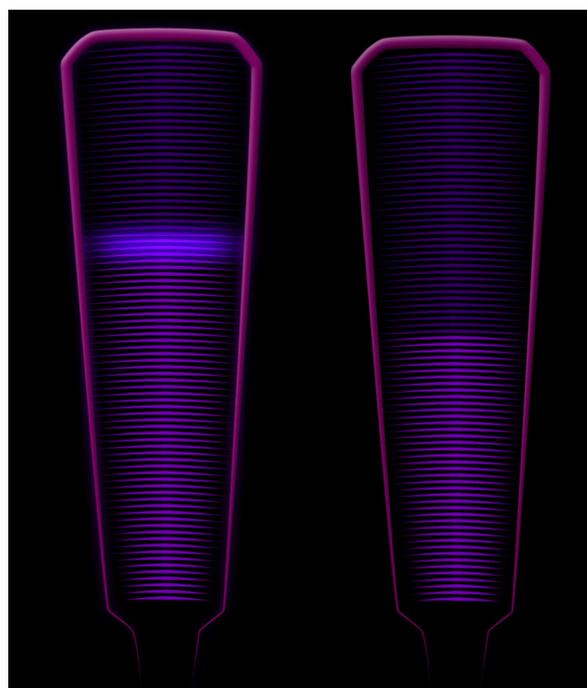


Imagen 51. Faders

3. Desarrollo



3.7. Diseño de Elementos Gráficos

Panel de Efectrix

Para la interfaz frontal se desarrolla un menú que consiste en una serie de botones virtuales. Este menú, es un requerimiento deseado por el usuario, que se consigue desarrollar a nivel gráfico, pero que no da tiempo a implementar y testear a nivel funcional. La idea es que el usuario tenga un panel de efectos comunes, para que pueda acceder a ellos rápidamente (ver imagen 52).

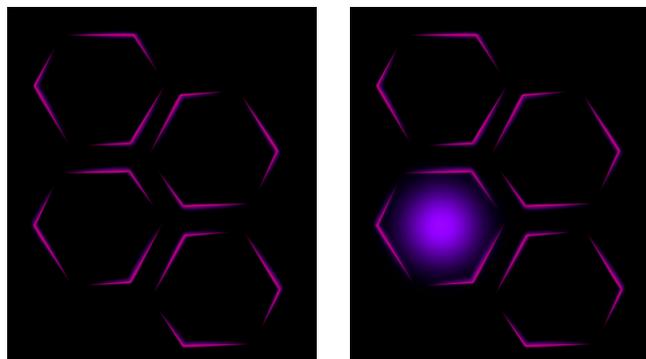


Imagen 52. Panel de Efectrix

Ondas de audio

Esta animación se genera con la idea de implementarse alrededor de los Immerject T cuando éstos entren a escena. Su función es que el sonido del Immerject T pueda visualizarse, dado que este efecto de humo en ondas se anima con el ritmo de la pista de audio.

La idea es que la animación, previamente generada en escala de grises, se ilumine a tiempo real del color del track, y que esta iluminación y el propio efecto se animen en tamaño y escala según el ritmo musical. Con este motivo se obtiene el ritmo del software Ableton, de cada una de las pistas de audio que tuviese la escena.

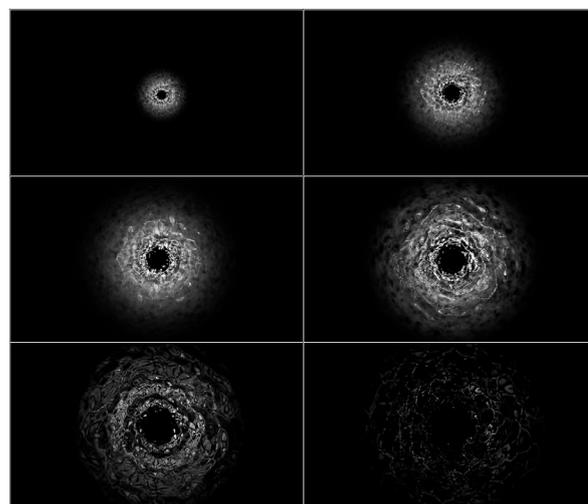


Imagen 53. Capturas ondas de audio

El diseño gráfico y la animación genérica esta desarrollada, pero al igual que con otros elementos no se pudo implementar esta funcionalidad en el sistema debido al tiempo de desarrollo del proyecto Immertable (ver imagen 53).

4.

EVALUACIÓN

Este capítulo explica los distintos métodos de evaluación que se siguen para poder validar cierto grado de usabilidad, y así obtener un producto que se adecue al usuario para el que se desarrolla. Al finalizar este apartado se exponen las directrices a seguir para poder realizar una evaluación con usuarios objetivo y así poder seguir mejorando el prototipo desarrollado.

4. Evaluación



Para garantizar la usabilidad del producto es preciso llevar a cabo su evaluación. Para ello existen diferentes pruebas establecidas con el propósito de testear la facilidad de aprendizaje, la capacidad de ser recordado, la eficacia, la eficiencia y la satisfacción, es decir, aquellos aspectos que determinan el grado de usabilidad de un producto.

Por lo tanto, se puede resumir que un producto usable es aquel que cuenta con las siguientes cualidades:

- Es fácil de entender y de aprender a usar
- Es eficiente en el uso
- Facilita una rápida recuperación de errores
- Es fácil de recordar
- Es fácil de usar y amigable en el uso
- Es visualmente agradable

Existen diversas técnicas con el objetivo de evaluar estas cualidades. Tal y como se ha comentado en el apartado 3. 6. Diseño de Interfaz, para corroborar que el sistema Immertable cumple estos requisitos o detectar posibles mejoras a implementar, se realiza una Entrevista a Usuario a un músico profesional, el cual aporta información valiosa de cara al desarrollo del sistema. Además se realiza una Evaluación Heurística con profesionales de las áreas de Electrónica, Diseño e Informática (ver Anexo IV: Usabilidad).

Para poder completar esta evaluación se propone la realización de un Test a Usuarios, el cual es una técnica muy útil para disminuir la incertidumbre sobre el producto desarrollado y validar el sistema fijando el camino a seguir.

Estas pruebas se basan en la observación de cómo un grupo de usuarios llevan a cabo una serie de tareas encomendadas por el evaluador, analizando los problemas de usabilidad con los que se encuentran. Aun cuando el diseñador tenga amplios conocimientos sobre usabilidad, resulta recomendable evaluar el diseño con usuarios.

4. Evaluación



Para poder plantear esta evaluación se tiene que especificar el usuario objetivo del producto, dado que carece de sentido el consultar a cualquier usuario al azar. En el caso del proyecto Immertable se trata de sujetos familiarizados con la tecnología y con conceptos básicos-medios sobre música, dado que se trata de una interfaz para la creación de sesiones musicales a nivel profesional con opciones específicas y singulares, que pueden confundir a usuarios sin ningún tipo de cercanía al mundo de la música.

Esta técnica de evaluación se ha definido en su totalidad en el Anexo IV: Usabilidad, en el que se puede observar detalladamente todos los pasos que se deben seguir para su realización y recopilación de datos. Debido a limitaciones físicas y logísticas no se han realizado, dado que el sistema Immertable se encuentra todavía en el laboratorio del I3A del Parque Tecnológico Walqa (Huesca), y no era viable desplazar a los distintos usuarios seleccionados hasta dichas instalaciones.



1. Conclusiones
2. Trabajo Futuro

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este apartado se exponen las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto, así como las posibilidades de trabajo futuro que se pueden llegar a desarrollar.

5. Conclusiones y trabajo futuro



5.1. Conclusiones

El objetivo principal de este proyecto era el diseño de una mesa de interacción tangible, para la visualización musical a través de objetos físicos y del cuerpo.

Para cumplir dicho objetivo se han generado todos los elementos gráficos necesarios de la interfaz, se han desarrollado y construido los diferentes elementos físicos necesarios (mesa, objetos, mando controlador), y se han validado ciertos aspectos para iniciar el proceso de optimización.

De acuerdo con las especificaciones establecidas, todo el proyecto se ha realizado para que el resultado sea:

- **Dinámico:** se consigue gracias a los diversos elementos gráficos que interactúan con la interfaz, y a las cualidades de las interacciones que ofrece una TUI, puesto que las acciones diseñadas provocan que el usuario deba realizar una interacción proactiva con objetos y cuerpo por toda la interfaz.
- **Interactivo:** se consigue que el usuario deba utilizar su cuerpo, haciéndole partícipe de manera activa en la interfaz, siendo un elemento controlador más.
- **Intuitivo:** gracias a las validaciones con usuario y al diseño validado por principios de usabilidad, se logra crear un primer prototipo funcional que en gran medida es fácil de usar, rápido y sencillo de aprender.
- **Sensible:** los objetos diseñados para el proyecto Immertable, permiten y dotan a este sistema de un valor añadido frente a los demás productos similares del mercado. Con ellos se ofrece al usuario un mayor control al modificar parámetros musicales, puesto que aportan una sensibilidad de la que otros sistemas carecen (como por ejemplo sistemas táctiles). Esta necesidad detectada se ha resuelto de diversas maneras, partiendo del propio diseño formal y funcional de los objetos, con superficies que faciliten distintos agarres, acelerómetros, o sensores capacitivos entre otras.

5. Conclusiones y trabajo futuro



5.1. Conclusiones

Por lo tanto se puede concluir que se han cumplido los objetivos principales, y que aparte de estos, la realización de este proyecto ha sido una experiencia enriquecedora tanto profesional como personalmente. En el ámbito profesional, he ampliado los conocimientos sobre el mundo de las interfaces tangibles y he adquirido un mayor manejo en los distintos programas y en la creación de prototipos por impresión 3D, de la que tenía ciertos conocimientos básicos.

Además he aprendido funcionamientos de distintos lenguajes de programación, y características y limitaciones de ciertas tecnologías de las que no se tenían conocimientos (PureData, ReacTIVision, Arduino, etc.). A nivel personal, el haber estado trabajando dentro de un grupo de investigación multidisciplinar, desarrollando las diferentes partes y fases del proyecto, me ha hecho aprender a sincronizar tareas y trabajos para poder avanzar al unísono, y a apoyarse los unos a otros para poder solventar los diferentes obstáculos tecnológicos y creativos encontrados, para conseguir resultados más enriquecedores en todos los sentidos.

5. Conclusiones y trabajo futuro



5.2. Trabajo Futuro

Siguiendo las directrices y especificaciones fijadas en el Anexo IV: Usabilidad, se debe de realizar una evaluación mediante Test de usuarios, que permita validar mejor el trabajo desarrollado y obtener una comprensión más amplia sobre la apreciación del sistema por nuestro usuario. Permitiendo establecer, sin gran incertidumbre, el camino que se debe seguir.

Además se debe seguir el desarrollo técnico del sistema para que se puedan implementar el resto de funcionalidades deseadas en un inicio, dotando a Immertable con un generador de ritmos, edición de tracks, libertad de interacciones (con acciones sin necesidad de estar físicamente delante de la propia mesa), etc.

Por ultimo resaltar que no todos los elementos gráficos desarrollados o funcionalidades del sistema (mando controlador Immerject P) han podido ser implementados, es por ello que se establece como trabajo futuro ese desarrollo técnico del sistema que permita adquirir estas cualidades ya desarrolladas.

Otra posibilidad de trabajo futuro es emplear esta tecnología en otros ámbitos que no sean la música, una vez conseguido una comunicación estable entre fiduciales, Kinec, Leap y comunicaciones de radio frecuencia, el sistema podría emplearse en juegos interactivos u otros campos, proporcionando a quien lo use una manera única de interacción con una inmersión casi total.

De esta manera se podrían desarrollar animaciones en 3D, para que se generarán en un monitor estereoscópico, sustituyendo la pantalla frontal por dicho monitor, y ofreciendo una interacción diferente.



- [1] Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A).
<https://i3a.unizar.es/>
- [2] Tabletop NIKVision.
http://webdiis.unizar.es/~jmarco/?page_id=10&lang=es
- [3] GIGA Affective Lab.
<http://giga.cps.unizar.es/affectivelab/>
- [4] Interacción tangible.
Designing interactions, Hill Moggridge. MIT Press, 2007
- [5] MIT Media Lab. Proyecto Audiopad.
<http://tangible.media.mit.edu/project/audiopad/>
- [6] Reactable.
<http://reactable.com/>
- [7] Proyecto e-Cecilia.
Desarrollo de contenidos y juego-herramientas interactivas para el aprendizaje de música.
<http://www.proyectoececilia.tk/>
- [8] C3N performance.
<http://www.c3n.se/>
- [9] Smithson Martin. Emulator Elite.
<https://smithsonmartin.com/>
- [10] Ableton Live.
<https://www.ableton.com/en/live/>
- [11] reacTIVision
<http://reactivision.sourceforge.net/>
- [12] Interacciones con Kinect.
Human Interface Guidelines v1.8, Kinect for Windows.
Microsoft Corporation, 2013



- [13] Leap Motion Controller.
<https://www.leapmotion.com/>
- [14] Apuntes de la asignatura Ergonomía del Grado de Diseño y Desarrollo de Producto
Condiciones Ambientales: Iluminación, Rubén Rebollar, Javier Fernández-Carrión, Ignacio Gil, 2015.
- [15] Colorimetría para pantallas.
Manual de normas técnicas para el diseño ergonómico de puestos con pantallas de visualización (2ª Edición).
Instituto Nacional de Seguridad de Higiene en el Trabajo (INSHT), Ministerio de trabajo y asuntos sociales.
- [16] Espejos de primera superficie.
Plateado de los espejos, Wikipedia.
<https://es.wikipedia.org/wiki/Plateado>
- [17] BCN 3D Technologies.
<http://www.bcn3dtechnologies.com/>
- [18] Apuntes de la asignatura Ergonomía del Grado de Diseño y Desarrollo de Producto
Biomecánica I, Rubén Rebollar, Javier Fernández-Carrión, Ignacio Gil, 2015.
- [19] 3D Autoestereoscópico.
<http://www.guiaspracticas.com/televisores/3d-autoestereoscopico>
- [20] LCD Transparentes.
<http://luftscreen.com.mx/equipos-holograficos/pantalla-lcd-transparente/>
- [21] Pantallas de Helio. Heliodyisplay.
<http://www.liderazgoymercadeo.com/lideractual88.asp>
- [22] Pantallas de humo
<http://displair.com/technology/>



- [23] Pantallas de capas. TranScreen.
<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajosHardware/pantallasNuevaGen/paginas/transcreen/transcreen-introduccion.htm>
- [24] Pantalla de pirámide invertida. Cheoptics 360.
<http://neon-society-electronics.com/?p=29>
- [25] Vinilos transparentes de retroproyección.
<http://www.adwindowscreens.com/holographic-projection/>
- [26] Tipos de impresoras 3D.
<http://printeddreams.es/index.php/tecnologias/>
- [27] Usabilidad
<http://www.nosolousabilidad.com>
- [28] Técnicas de análisis de usabilidad
<http://www.uiaccess.com/justask/es/ut.html>
- [29] Heurísticas de usabilidad.
<http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- [30] The Think Aloud Method.
A practical guide to modelling cognitive processes, Maarten W. van Someren,
Yvonne F. Barnard, Jacobijn A.C. Sandberg, 1994.
- [31] Encuesta de satisfacción. System Usability Scale (SUS).
<http://www.measuringu.com/sus.php>