
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE JUGUETES INTERACTIVOS PARA EL TABLETOP **NIKVISION**

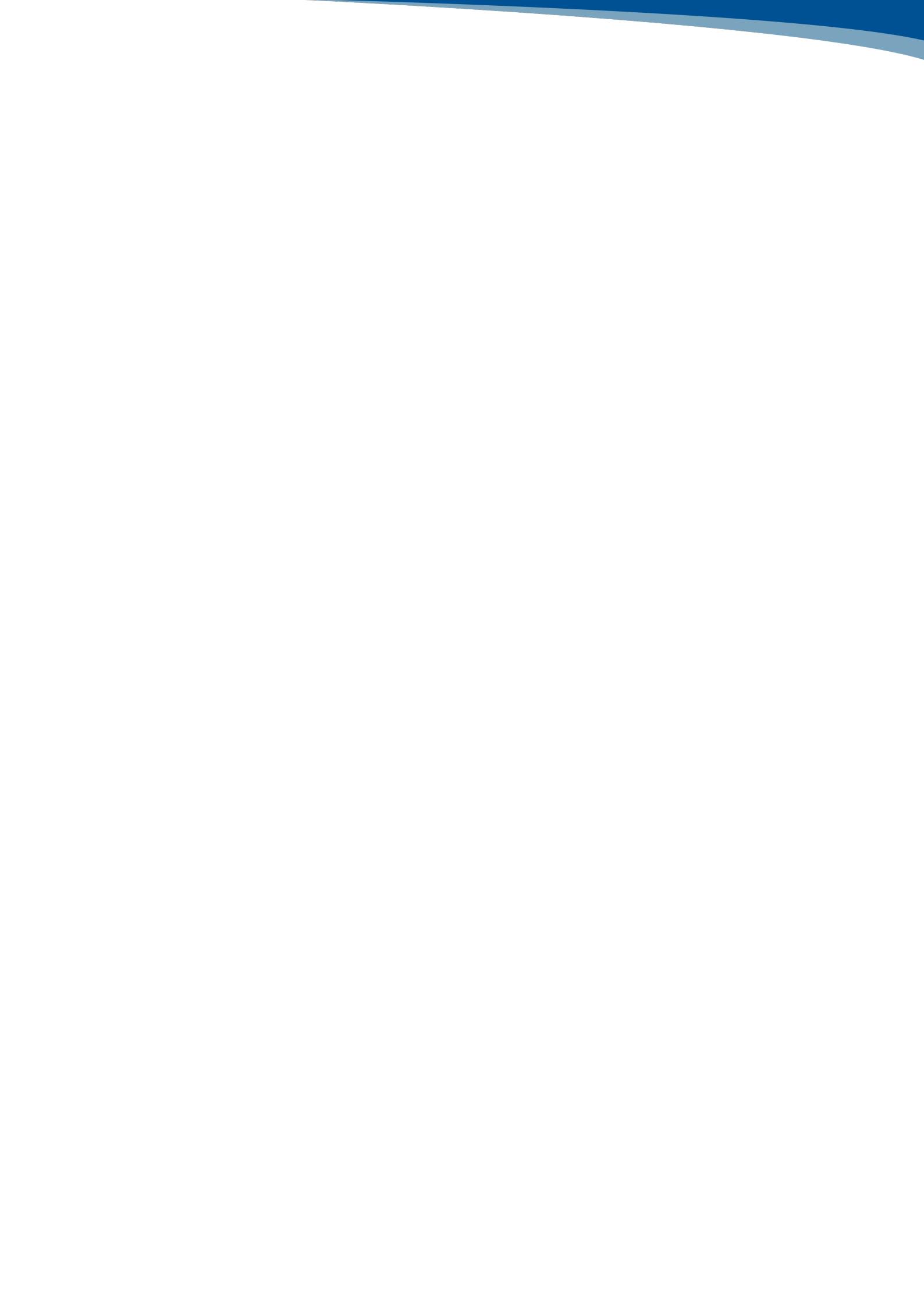
Autores:

Pablo Samper Pérez
Javier Uruen Ruiz

Directores:

Dra. Eva Cerezo Bagdasari
Dr. Javier Marco Rubio







Agradecimientos

Gracias a Eva Cerezo y Javier Marco por su paciencia y su ayuda.

A nuestras respectivas familias, que nos animaron y apoyaron, incluso con el desorden que hicimos durante la fabricación de los prototipos.

Y en general a todos aquellos que se interesaron por nuestro trabajo.



ÍNDICE

1. ÁMBITO DEL PROYECTO.....	3
1.1 GIGA	5
1.2 NIKVISION	5
2. OBJETIVOS	7
3. DOCUMENTACIÓN	11
3.1 INTERACCIÓN TANGIBLE	13
3.2 TABLETOPS.....	16
3.3 SOFTWARE DE RECONOCIMIENTO Y FIDUCIALES	18
3.3.1 REACTIVISION	18
3.3.2 FIDUCIALES	20
3.3.2.1 Definición	20
3.3.2.2 Funcionamiento.....	21
3.3.2.3 Diseño de nuevos fiduciales	24
3.4 NIKVISION	25
3.4.1 TABLETOP.....	25
3.4.2 INTERACCIÓN TANGIBLE EN LA MESA	27
3.4.3 JUEGOS Y JUGUETES	30
3.4.3.1 Granja	30
3.4.3.2 Asteroids	31
3.4.3.3 Juego musical	33
3.4.3.4 Juego de tráfico	34
3.4.3.5 Juego de piratas	34
3.5 FIBRA ÓPTICA	36
4. TRABAJO REALIZADO	41
4.1 METODOLOGÍA Y DECISIONES GENERALES DE DISEÑO	43
4.1.1 METODOLOGÍA.....	43
4.1.2 DECISIONES GENERALES DE DISEÑO	44
4.2 REDISEÑO DE ELEMENTOS EXISTENTES	45
4.2.1 MEMORIA ASOCIATIVA	45
4.2.2 FADER	53
4.2.3 VENTILADOR-SOPLADOR.....	61
4.2.4 PULSADORES	70
4.2.5 NAVES.....	75

4.3 DISEÑO DE NUEVOS JUGUETES	86
4.3.1 SEMÁFORO	86
4.3.2 DISPLAY	95
4.3.3 SELECTOR / REGULADOR.....	103
4.3.4 INTERRUPTOR	119
4.3.5 AGITADOR	123
4.3.6 RULETA DE AZAR	128
4.3.7 TIRACHINAS.....	132
5. RESULTADOS	141
6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	155
6.1 CONCLUSIONES.....	157
6.2 TRABAJO FUTURO	159
7. BIBLIOGRAFÍA	161
ANEXOS	165
A.1 OPTIMIZACIÓN DE LA MESA	167
A.2 SOFTWARE UTILIZADO	174
A.3 DESARROLLO TEMPORAL Y DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO ...	176
A.4 GLOSARIO	177

1. ÁMBITO DEL PROYECTO

1. Ámbito del proyecto

1.1 GIGA

El Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA) de la Universidad de Zaragoza (UZ) es un grupo de investigación multidisciplinar que nació a comienzos de los 90 de la mano del profesor Francisco Serón y es uno de los grupos fundadores del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). El GIGA empezó trabajando en los aspectos referentes a la Simulación Realista de la Iluminación, campo en el que tiene reconocido prestigio tanto a nivel nacional como internacional. Con el tiempo ha ido diversificando sus áreas de interés, que actualmente incluyen la realidad virtual y aumentada, la generación de humanos virtuales, la fotografía computacional y la interacción persona-ordenador. En particular, el GIGA Affective Lab se ha especializado en la investigación sobre agentes virtuales e interacción multimodal y natural, con especial atención a la computación afectiva (en concreto, a la detección a través de expresiones faciales del estado emocional del usuario) y a la interacción tangible.

1.2 NIKVision

Dentro de la línea de investigación en interacción tangible, se está desarrollando NIKVision [1], un prototipo de *tabletop*¹ tangible que permite la interacción simultánea de dos o tres jugadores. Con NIKVision se están explorando los beneficios educativos que este tipo de tecnologías ofrecen a niños desde los tres años, como son el juego en grupo y el aprendizaje manipulativo a través de juguetes convencionales [2].

El proyecto fin de carrera que se presenta, se centra en el diseño de nuevos elementos de interacción para NIKVision, como se explica a continuación.

¹ Este término, como todos los que a partir de este momento aparezcan en cursiva, pueden consultarse en el glosario (Anexo 3)

2. OBJETIVOS

2. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto es la creación de nuevos juguetes tangibles capaces de interaccionar con el *tabletop NIKVision*, así como el rediseño de algunos ya existentes. Ello servirá para desarrollar nuevas formas de interacción, que permitirán la futura creación de juegos para este dispositivo. Se obtendrá como resultado una serie de prototipos funcionales, que demuestren su funcionamiento en la mesa.

Por tanto, la búsqueda de nuevas formas de interacción, será lo que genere los nuevos *manipulativos*.

Hasta el momento en *NIKVision* se han creado únicamente elementos que funcionan como entradas para la mesa. Un objetivo primordial del proyecto es investigar el uso de fibra óptica para la creación de elementos que puedan actuar como dispositivos de salida (*displays*).

A la hora de desarrollar el trabajo habrá que tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Se seguirá una metodología de trabajo adecuada para el correcto desarrollo del proyecto.
- Se buscarán soluciones carentes de componentes electrónicos o eléctricos, que permitan una mayor durabilidad de los *manipulativos*.
- El dispositivo *NIKVision* está enfocado a un público infantil, por lo que se tratará de diseñar los nuevos elementos de manera que sean aptos para dicho público. Este punto no será restrictivo, sino orientativo.
- Se diseñarán los *fiduciales* necesarios para hacer posible el uso de los juguetes en *NIKVision*.
- Se crearán las interfaces gráficas necesarias para la comprobación de los prototipos creados.

3. DOCUMENTACIÓN

3. Documentación

3.1 Interacción tangible

Se define interacción como la comunicación recíproca entre dos o más objetos, con su consiguiente intercambio de información. La interacción tradicional persona-ordenador se hace a través de periféricos como el teclado y el ratón. Existe otro tipo de interacción persona-ordenador menos conocida, denominada interacción tangible o TUI (Tangible User Interaction) que permite la manipulación física de datos digitales, dando forma física a la información digital y permitiendo su manipulación directa. Esto supone una interacción más natural con la información y una mayor sensación de control sobre ella, a la vez que mejora las capacidades cognitivas y la asimilación de la información.

La esencia de la interacción tangible es crear sistemas en los que objetos convencionales son al mismo tiempo controles y representaciones físicas de información digital [3] (ver Imagen 3.1).

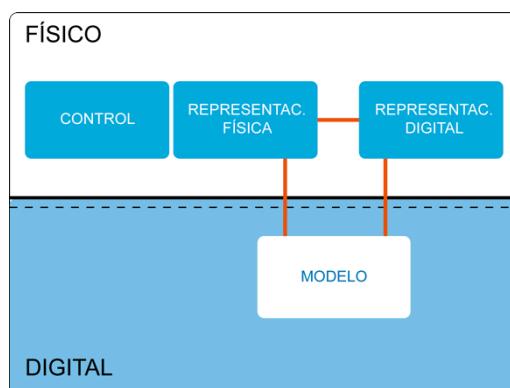


Imagen 3.1 Modelo TUI: Objetos físicos (sobre la línea) son usados para controlar el modelo digital de la aplicación (bajo la línea), y pueden representar también (física o digitalmente) información digital de la aplicación.

A continuación se muestran varios ejemplos de interacción tangible.

Siftables

Un ejemplo de interacción tangible es Siftables [4] (ver Imagen 3.2). David Merrill y Jeevan Kalanithi del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) han creado estos prototipos que permiten nuevas formas de interacción con los ordenadores. Estos pequeños módulos se comunican entre sí y con el ordenador permitiendo interacciones muy particulares. Poseen

sensores de movimiento, de inclinación (acelerómetros tri-axiales), de cercanía entre sí (infrarrojos), memoria propia, un pequeño procesador y pantallas táctiles. Esto permite al usuario organizar imágenes en carpetas, agrupar información e ideas, etc, de manera más natural, intuitiva y rápida.



Imagen 3.2 Siftables

Noteput

Otro ejemplo de interacción tangible, en este caso en un *tabletop*, es Noteput [5] (ver Imagen 3.3), un juego musical con notas tangibles creado por Jonas Friedemann Heuer. Noteput combina los sentidos de la vista, oído y tacto, para enseñar música a niños de forma más fácil, intuitiva e interesante. Las notas y símbolos musicales difieren, además de en la forma, en el peso, de tal manera que las de mayor duración son más pesadas que las de menor duración. La mesa tiene dos modos: el modo estándar, donde el usuario sitúa las notas sobre la mesa para jugar y explora con la creación de melodías, y un modo ejercicio, con tutoriales ordenados por temas y dificultad para el aprendizaje.

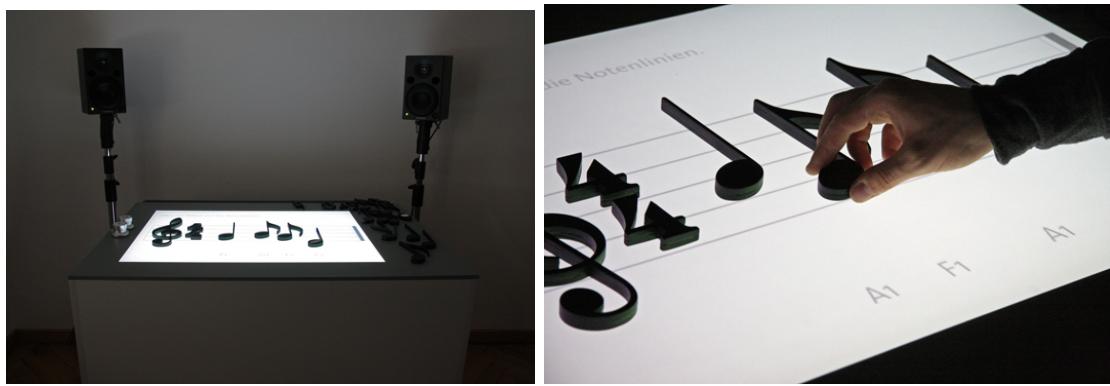


Imagen 3.3 Noteput

I/O Brush

El I/O Brush [6] (ver Imagen 3.4) es una nueva herramienta de dibujo para captar colores y texturas que se pueden encontrar en la vida cotidiana. El I/O Brush permite 'coger' las texturas y dibujar con ellas (ver Imagen 3.5 izquierda). Para usarlo sólo es necesario acercar el pincel al color, textura o movimiento que se desee captar y presionar un botón. Para dibujar con el material captado, se debe hacer sobre un lienzo especial. El I/O Brush parece un pincel normal, pero realmente consta de una pequeña cámara de video con sensores de luz y movimiento. El lienzo consta de una pantalla táctil que es proyectada por su parte posterior (ver Imagen 3.5 derecha).



Imagen 3.4 I/O Brush



Imagen 3.5 Captación de textura y color (izquierda) y lienzo del I/O Brush (derecha).

3.2 Tabletops

Unos dispositivos tangibles muy extendidos son los *tabletop*. Un *tabletop* (ver Imagen 3.6) es una mesa tecnológica en la que la interacción persona y ordenador se produce en la superficie de la mesa mediante las manos o manipulando objetos. Además, es capaz de mostrar imagen en la propia superficie.



Imagen 3.6 Ejemplo de tabletop.

Existen muchas formas de implementar estos sistemas, entre las que destacan por su popularidad:

- Superficies resistivas: donde al presionar el usuario, conecta dos láminas muy finas de conductor eléctrico, permitiendo el paso de la corriente.
- Superficies capacitivas: constan de una lámina de material aislante y un conductor transparente. Como el cuerpo humano es conductor, al tocar la superficie se produce una distorsión en el campo electrostático de la pantalla que se puede medir como un cambio de capacitancia, lo que permite detectar la localización del toque.

- Sistema de detección visual: en estos sistemas, una cámara de video captura la superficie de la mesa, y un software de reconocimiento visual detecta las manipulaciones con las manos y objetos del usuario. A los objetos se les añaden marcadores para su reconocimiento.

En este último tipo de mesa, la retroproyección (proyección de una imagen por la parte trasera de una pantalla translúcida) ha de permitir a la cámara ver los marcadores de los objetos cuando están apoyados sobre la mesa. En cuanto a la luz, puede ser tanto luz visible como luz infrarroja, esto dependerá tanto de los requisitos del *tabletop*, como de la cámara que se esté usando. Este tipo de mesa es el que se ha utilizado para este proyecto.

En el momento de componer un sistema *tabletop* se deben tener en cuenta multitud de aspectos. Además de los aspectos técnicos de proyección, iluminación o captación de imágenes, hay que tener en cuenta los aspectos físicos de los elementos que forman la mesa, como el peso, el volumen o su colocación dentro del sistema. Otros aspectos a tener en cuenta son los relacionados con el uso, ya que lo que se crea es una interfaz que uno o varios usuarios van a utilizar. Se deben tener en cuenta el número de usuarios, las características de esos usuarios, como la edad, la estatura o los conocimientos previos que puedan o no tener en el uso de interfaces tangibles, y en relación a esto, la interactividad entre el usuario y el sistema.

Algunos ejemplos de *tabletop* son:

- Microsoft Surface [7]: es un producto de Microsoft que permite al usuario manejar contenidos digitales con movimientos de las manos o mediante objetos. Fue lanzado al mercado en noviembre de 2007. Los primeros clientes fueron hoteles, tiendas, restaurantes y lugares de entretenimiento (ver Imagen 3.7).



Imagen 3.7 Microsoft Surface y su interacción.

- **ReacTable** [8]: Es un instrumento musical electrónico colaborativo dotado de una interfaz tangible basada en una mesa, e inspirado en los sintetizadores modulares de los años sesenta. Ha sido desarrollado por el Grupo de Tecnología Musical de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona. Múltiples usuarios simultáneos comparten el control total del instrumento moviendo y rotando objetos físicos sobre la superficie de una mesa circular luminosa. Manipulando dichos objetos, los cuales representan los componentes clásicos de un sintetizador modular, los usuarios pueden crear tipologías sonoras complejas y dinámicas, mediante generadores, filtros y moduladores (ver Imagen 3.8).



Imagen 3.8 Reactable y su interacción.

3.3 Software de reconocimiento y fiduciales

3.3.1 Reactivision

Reactivision [9] es un software libre multiplataforma utilizado para la creación de aplicaciones *multi-touch* en dispositivos *tabletop*, así como para la interacción tangible en dichos dispositivos, a través de marcadores impresos (*fiduciales*). Éstos se asignan a objetos convencionales, para su identificación visual a través de la imagen capturada por una cámara conectada a un ordenador. Este software fue desarrollado por el Grupo de Tecnología Musical de la Universitat Pompeu Fabra de Barcelona como el componente subyacente del Reactable (apartado 3.2), un sintetizador tangible modular.

Reactivision es una aplicación independiente, que envía mensajes TUIO a cualquier aplicación cliente conectada. El protocolo TUIO fue creado para

codificar el estado de objetos tangibles y su comportamiento sobre la superficie de una mesa interactiva.

El sistema trabaja de la siguiente manera:

1.- Reactivision recibe la imagen digital de una cámara colocada bajo la mesa (ver Imagen 3.9).

2.- Los fotogramas recibidos se convierten en imágenes en blanco y negro con un algoritmo adaptativo.

3.- Estas imágenes son segmentadas en un árbol que alterna las regiones blancas y negras (apartado 3.3.2.2) codificadas en el marcador impreso.

4.- Finalmente, las secuencias segmentadas se comparan con las de un diccionario previamente establecido para asignarles un número de identificación único.

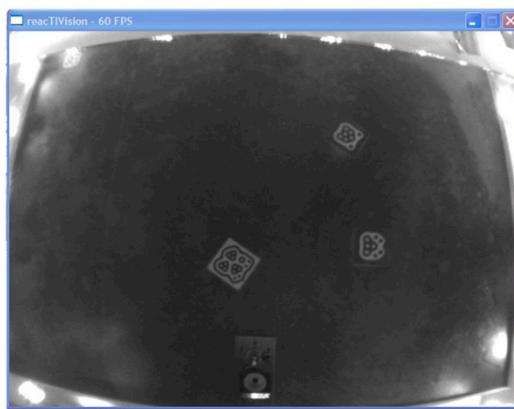


Imagen 3.9 Fiduciales colocados encima de la mesa vistos por la cámara situada debajo de la misma (imagen sin procesar).

El diseño del *fiducial* ha de permitir el cálculo eficiente del punto central del marcador así como su orientación. Los mensajes del protocolo TUIO codifican la presencia de los marcadores, su posición, orientación e identidad, y transmiten estos datos al cliente.

Además, Reactivision usa el resultado de la segmentación de la imagen para detectar el contacto de dedos sobre la superficie de la mesa.

3.3.2 Fiduciales

3.3.2.1 Definición

Un *fiducial* es un marcador que, situado en la base de un objeto físico permite la detección de su presencia, identidad, posición y orientación, mediante un sistema de detección visual (ver Imagen 3.10). Dichos sistemas suelen utilizar el espectro infrarrojo para distinguir el marcador de la proyección, por lo que los *fiduciales* se construyen a partir de la agrupación de zonas de color blanco o negro.



Imagen 3.10 Ejemplo de fiducial bajo el objeto físico.

3.3.2.2 Funcionamiento

El reconocimiento de *fiduciales* se lleva a cabo de la siguiente manera (ver Imagen 3.11):

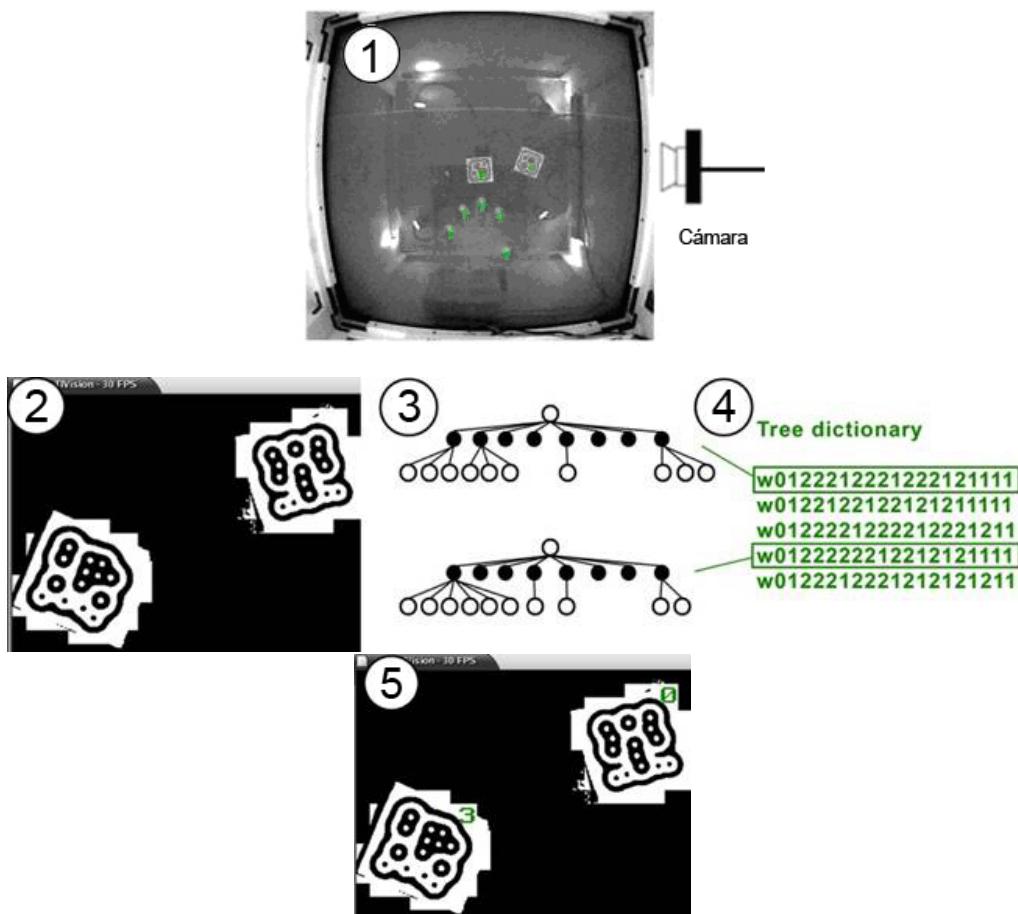


Imagen 3.11 Imagen captada por la cámara (1), imagen umbralizada (2), codificación por niveles en forma de árbol (3), cotejo con un diccionario de fiduciales (4) y asignación de un número de identificación por Reactivision al reconocerlos (5).

1º.- Una cámara de vídeo capta la superficie de la mesa en escala de grises.

2º.- La imagen se umbraliza, es decir, se convierte a blanco y negro. Después esta imagen se rastrea en busca de áreas blancas que pueden corresponder a zonas de contacto de dedos sobre la mesa (que se ven como pequeños círculos blancos) o a *fiduciales*.

3º.- En el caso de áreas de un *fiducial*, el software codifica los distintos niveles de áreas blancas y negras (ver Imagen 3.12) en una estructura de árbol (ver Imagen 3.13). Estos niveles se organizan de la siguiente manera:

- Raíz: es el primer nivel, considerado como Nivel 0.
- Ramas: componen el segundo nivel, Nivel 1.
- Hojas: determinan el tercer nivel, Nivel 2.

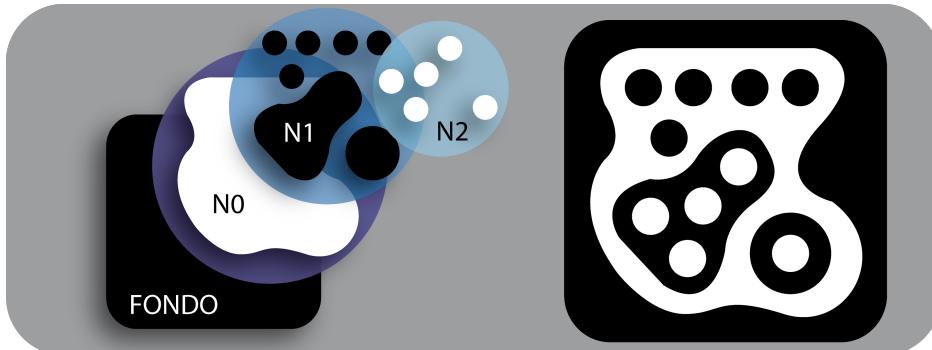


Imagen 3.12 Ejemplo de niveles de un fiducial.

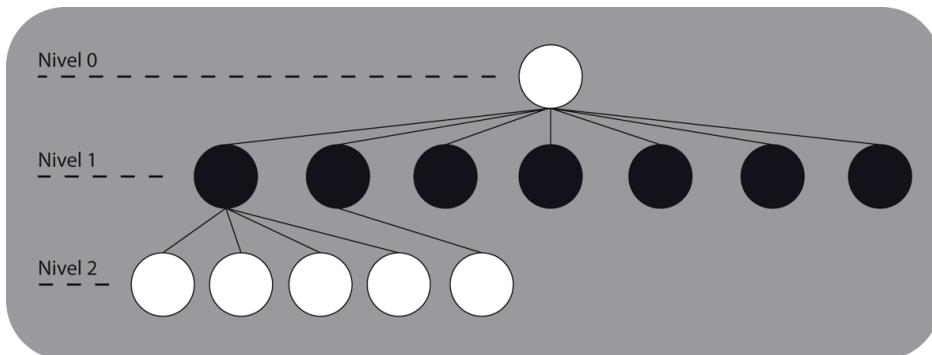


Imagen 3.13 Árbol correspondiente al fiducial del ejemplo.

4º.- La estructura de árbol se representa como una cadena de texto y se coteja con un diccionario interno de *fiduciales*.

5º.- Reactivision asocia un número de identificación a cada *fiducial*, que corresponde al orden en que aparecen en el diccionario. De esta manera se identifica la posición y orientación de cada *fiducial* asociada a su número de identificación.

Es necesario comprender la codificación para poder diseñar *fiduciales* más adecuados a los objetos que se van a crear e introducirlos en un diccionario. Para ello a continuación se explica cómo se lleva a cabo. Además existen nuevas posibilidades a estudiar, pudiendo buscar nuevas formas de *fiduciales* que se adapten mejor a los objetos a crear.

Tomando como ejemplo el *fiducial* de la Imagen 3.12, se explica a continuación cómo se procede a su codificación. Ésta se lleva a cabo recorriendo los niveles de profundidad por alternancia de las áreas blancas y

negras del *fiducial*, a partir de las cuales se codifica el árbol. Para la codificación se tienen en cuenta únicamente los tres últimos niveles de blanco y negro, ya que con este número se consigue suficiente robustez, evitando errores. La forma de un *fiducial* no influye en su codificación, sólo se tienen en cuenta sus niveles. El recorrido comienza por el nivel raíz (nivel 0), y se van recorriendo los niveles rama en el orden de aquellos que más nodos hoja contengan. En este ejemplo, el marco inferior de color negro se considera como el fondo del *fiducial*, y lo que se codifica son los siguientes tres niveles de la siguiente forma:

W012222121111

- **W/B:** indica si el nivel raíz, es de color blanco o negro respectivamente. En este caso es blanco (W).
- **Serie numérica compuesta por 0's, 1's y 2's:**
 - 0 → La parte que engloba todo (Raíz). Siempre va precedida de la letra que indica su color (W/B).
 - 1 → Nodos rama.
 - 2 → Nodos hoja.

La serie se forma explorando el árbol en profundidad. Primero viene el 0, indicando el nodo raíz; luego un 1, que denota el nodo rama que más hojas contiene, seguido de tantos 2's como nodos hoja contenga; a continuación se codificaría con otro 1 el siguiente nodo rama que más hojas contenga, seguido de tantos 2's como hojas hubiese y así sucesivamente. Por último se codificarían con 1's los nodos rama vacíos (los que no contienen ninguna hoja). Recordemos que el recorrido se hace del que más nodos hoja tenga al que menos.

Para poder leer el código del ejemplo, se observa que el nivel 0 es de color blanco indicado por la letra W, dentro del cual encontramos siete nodos intermedios (nivel 1). Dentro de uno de ellos hay cuatro nodos del nivel 2, otro contiene un nodo del nivel 2 y el resto no contienen nada. Por ello resulta la codificación indicada arriba.

Reactivision carga su diccionario interno de *fiduciales* cada vez que se arranca, leyendo un fichero externo (con extensión .tree) almacenado en su carpeta de instalación. Se trata de un fichero de texto que contiene los códigos que representan los árboles de todos los *fiduciales* reconocibles. De esta forma, mediante varios ficheros .tree, el programa puede usar diferentes colecciones de *fiduciales* adaptadas a cada aplicación o juego.

La forma geométrica del *fiducial* sirve para calcular la orientación del mismo. Este cálculo se realiza a partir de los círculos de menor tamaño calculando el centro de la unión de todos los círculos de color blanco y el centro de unión de todos los círculos de color negro. Cuando se han obtenido ambos centros se calcula el vector orientación que va desde el centro blanco hacia el centro negro, tomando como 0° el vector que apunta hacia arriba (ver Imagen 3.14) y aumentando con el giro en el sentido de las agujas del reloj.

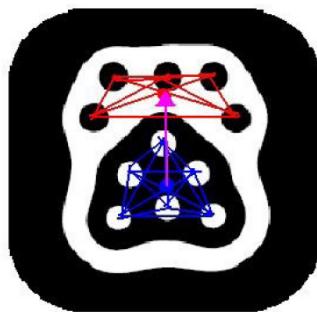


Imagen 3.14 Cálculo de orientación de un fiducial.

3.3.2.3 Diseño de nuevos fiduciales

Una vez comprendido el funcionamiento de los *fiduciales*, uno de los factores a tener en cuenta en la creación de nuevas bibliotecas, es que cuanto mayor sea su simplicidad, menor será el número de recursos necesarios para su identificación, lo que redundará en una mayor eficacia. Por tanto, a la hora de diseñarlos, lo ideal será conseguir el *fiducial* más sencillo que satisfaga las necesidades de cada momento.

El primer paso será identificar estas necesidades específicas, según la función del juguete y su comportamiento. Reactivision pone a disposición del usuario una biblioteca completa con gran número de *fiduciales* que, en algunos casos pueden ser resueltos de una manera más sencilla, o bien no adaptarse a algunas necesidades concretas.

No obstante, una simplificación excesiva puede dar lugar a la detección de *fiduciales* falsos en otras formas que no lo sean. Por otro lado, para un mismo tamaño de *fiducial*, si se añaden demasiados elementos, estos han de ser más pequeños, pudiendo haber problemas en su detección. El *fiducial* debe ser lo suficientemente grande para detectar bien todos los elementos que lo componen, o bien, que la cámara tenga un resolución alta para llegar a captarlos todos. El hecho de simplificar el *fiducial* por tanto, además de aumentar la robustez en la detección, evitará problemas de tamaño en la base de los tangibles.

3.4 NIKVision

NIKVision es un *tabletop* tangible orientado al juego de niños mayores de 3 años. A continuación se van a explicar su estructura, interacción y los principales juegos y juguetes desarrollados para NIKVision hasta el comienzo de este proyecto.

3.4.1 Tabletop

El *tabletop* NIKVision está formado por los siguientes elementos [11] (ver Imagen 3.15):

1.- Juguete: Es el objeto físico que interactúa con la mesa gracias al *fiducial* que contiene su base. A través de éste se pueden crear diversas formas de interacción.

2.- Cámara: Elemento de reconocimiento visual capaz de detectar el *fiducial* en todo momento. Gracias a ella es posible ver lo que está ocurriendo sobre la superficie de la mesa. Detecta el espectro de luz infrarroja.

3.- CPU: Procesa la información que recibe la cámara gracias al software Reactivision. Es el elemento coordinador del resto.

4.- Proyector: Proyecta el entorno de interacción con la mesa sobre la superficie del espejo.

5.- Espejo: Refleja la imagen para que llegue a toda la superficie de la mesa, reduciendo así la altura necesaria.

6.- Monitor: Muestra el escenario virtual en tres dimensiones. El audio se oye a través de los altavoces.

7.- Foco de luz infrarroja: Emite luz en un espectro distinto al de la luz ambiental y a la proyectada. Así se evita que se superponga a la luz creada por el proyector. Su función es la de iluminar los objetos que se encuentran encima de la mesa, para que la cámara pueda visualizarlos.



Imagen 3.15 Esquema de las partes de NIKVision.

Los niños interactúan con el juego a través de la manipulación física de juguetes sobre la superficie de la mesa (ver Imagen 3.16). Una cámara de vídeo colocada bajo la mesa, capta la imagen de los juguetes colocados sobre ella, y lo envía a un software de reconocimiento visual capaz de reconocer dichos juguetes. La salida de información del juego se produce por un monitor colocado encima de la mesa que muestra y reproduce la imagen y el audio necesario para el desarrollo del videojuego.



Imagen 3.16 Mesa tangible NIKVision.

El diseño de NIKVision ha ido evolucionando para hacerlo más grande (permitiendo así la interacción simultánea de más niños), más robusta y mejor adaptada para los niños. En la Imagen 3.17 se ve la última versión del tabletop.



Imagen 3.17 Última versión de la mesa NIKVision.

3.4.2 Interacción tangible en la mesa

La interacción tangible trabaja con una entrada que es producida en el entorno físico (donde el usuario está jugando) y una salida de información en el entorno digital. La entrada se lleva a cabo enriqueciendo con tecnología invisible el juguete que el niño va a manipular. Es especialmente importante la coherencia entre dicha entrada y la salida digital. La salida puede ser por pantalla o por proyección.

En referencia al diseño de la interacción tangible hay que tener en cuenta ciertas consideraciones. En el trabajo realizado por Donald Norman

[12] se comenta que, al cambiar las formas de interacción a objetos tangibles y a interacciones físicas, se deben aprender nuevos principios de interacción y los viejos deben ser descartados. Viejas costumbres de interacción suponen que el usuario está acostumbrado a presionar el ratón del ordenador, o a pulsar botones en los juegos tradicionales cuando el jugador desea realizar una acción. Con la Wii, los desarrolladores descubrieron que no pueden aplicarse siempre los mismos métodos: la acción a realizar depende de la situación. Un ejemplo claro es el juego de bolos de la Wii. Para poder lanzar la bola se debe soltar el botón que estás pulsando en vez de presionarlo, para que la acción tenga lugar. Esto, que ahora parece tener mucho sentido ya que cuando juegas a los bolos sueltas la bola, seguramente fue descubierto por los diseñadores a través de prueba-error, junto con un momento de inspiración. Todo esto defiende la postura de que la interacción no sigue unos métodos precisos de creación, sino que son necesarias pruebas y evaluaciones que demuestren su usabilidad.

En NIKVision, los niños juegan con los juguetes interactuando con la mesa de diversas formas: realizando movimientos por la superficie en todas las direcciones, rotando el juguete, o golpeándolo en la superficie (ver Imagen 3.18).



Imagen 3.18 Formas de interactuar con NIKVision. De izquierda a derecha: Desplazando el juguete por la superficie, rotándolo o golpeándolo en la mesa.

Los elementos que interactúan con NIKVision se han clasificado de la siguiente manera [13] (ver Imagen 3.19):

- *Token*: son aquellos elementos formalmente indistinguibles entre sí, a efectos de la cámara (generalmente circulares o cuadrados).
- *Named*: elementos a los cuales se les asigna un atributo concreto, como por ejemplo el atributo de ser una vaca, un coche, etc.
- *Token-constrained*: objeto que contiene y restringe a uno o varios tokens. Puede ser de dos tipos, asociativo (aparece y desaparece el token) o manipulable (se desplaza).
- Un tipo de elemento no considerado hasta ahora en NIKVision son los *displays*: elementos que muestran una salida de información mediante imágenes. La interacción con el usuario se limitaría a su colocación

sobre la mesa. El estudio y diseño de este tipo de elementos es precisamente uno de los objetivos de este proyecto (ver apartado 2).

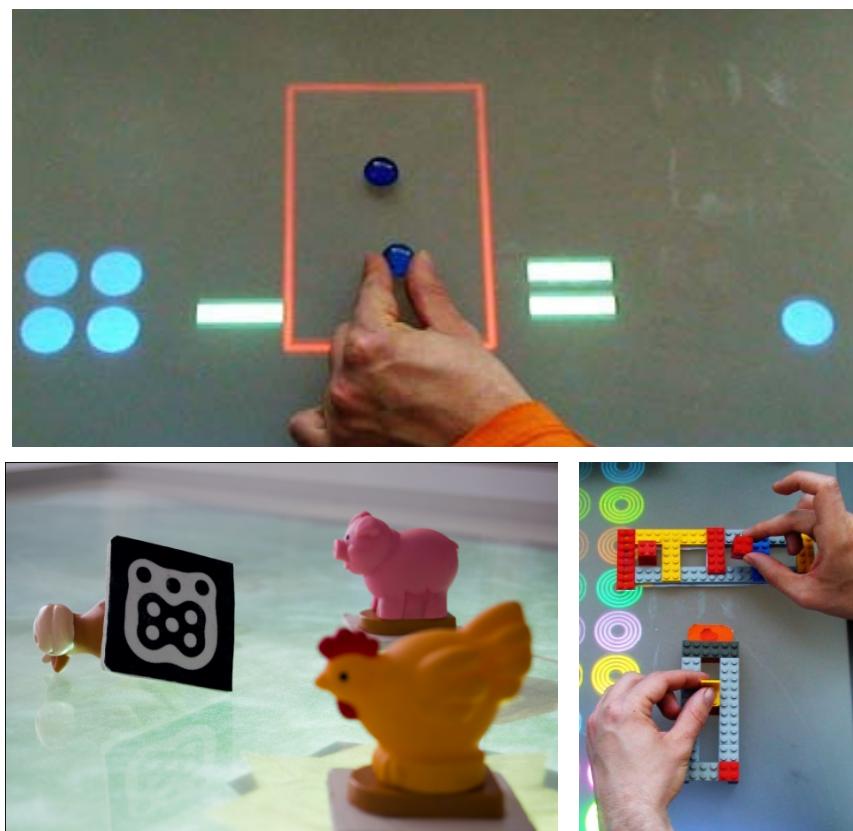


Imagen 3.19 Ejemplo de token (arriba), named (abajo a la izquierda) y token-constrained (abajo derecha).

3.4.3 Juegos y juguetes

Para NIKVision se habían desarrollado previamente a la realización de este proyecto varios juegos [14], todos ellos enfocados a niños, que se explican detalladamente a continuación.

3.4.3.1 Granja

En este juego el niño maneja juguetes que representan a los animales de una granja. Cada animal es un *manipulativo named*, que se coloca sobre la superficie de la mesa, donde está proyectada una imagen de la granja vista desde arriba. El niño ve a través de la pantalla el entorno de la granja en el que juega y los animales que maneja en tres dimensiones (ver Imagen 3.20).



Imagen 3.20 Entorno de la granja en la superficie de la mesa y salida del entorno gráfico en 3D en el monitor.

En el juego, los niños deben recoger fresas, leche, huevos y lana para un granjero según éste les vaya pidiendo. Para ello, deberán golpear con el juguete del animal adecuado en el lugar correspondiente: la vaca en el cubo (así se va llenando de leche) y la gallina en el nido (va poniendo huevos). Al frotar en la superficie de la mesa el lugar donde se encuentra una fresa, el animal la recoge, y al situar a la oveja en una silla de barbero, el granjero la esquila (ver Imagen 3.21).



Imagen 3.21 Interacciones del juego de la granja: Recoger fresas (A), huevos (B), leche (C) y esquilar a la oveja (D). Interacciones en el entorno 2D (abajo).

3.4.3.2 Asteroids

Es una adaptación tangible del juego de Atari que lleva el mismo nombre (ver Imagen 3.22). El objetivo del juego es destruir los asteroides que van saliendo en la pantalla sin que éstos destruyan la nave al golpearla. En primer lugar aparecen unos asteroides más grandes, los cuales al recibir el impacto del misil virtual, se subdividen en otros más pequeños que se deben destruir (ver Imagen 3.23).

El juego consta de dos naves espaciales, cada una de ellas con un pulsador que, al ser presionado, deja ver un token en la superficie de la mesa, produciendo así un disparo con luz y sonido (ver Imagen 3.23). El juego consta de varios niveles en los que la dificultad se va incrementando.

Pueden jugar dos jugadores simultáneamente, ganando aquel que consiga sobrevivir más niveles.



Imagen 3.22 Apariencia del juego original "Asteroids" de Atari.

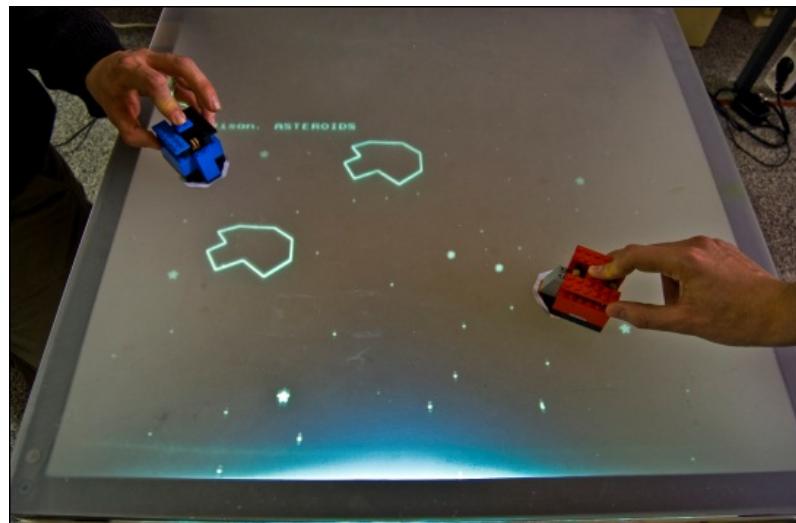


Imagen 3.23 Juguetes y apariencia del juego "Asteroids" de NIKVision

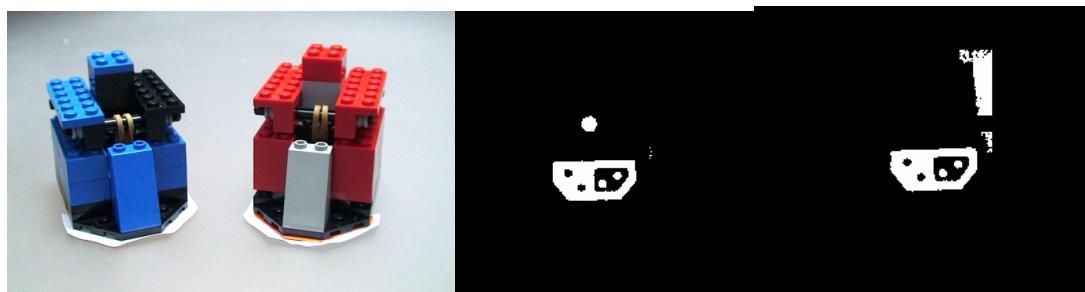


Imagen 3.24 De izquierda a derecha: Aspecto de las naves, nave pulsada y sin pulsar procesada por Reactivision (las manchas blancas de la derecha son píxeles de ruido).

3.4.3.3 Juego musical

Juego en el que los niños pueden crear ritmos de batería, permitiendo el aprendizaje de conceptos musicales como el ritmo, de manera creativa y colaborativa.

Los ritmos son interpretados como una configuración espacial de notas (*tokens*), sobre una superficie bidimensional en la que, el eje horizontal representa el tiempo, y el vertical define la propiedad del sonido. Cada color representa un instrumento de la batería diferente (ver Imagen 3.25), y el ritmo se reproduce de izquierda a derecha.

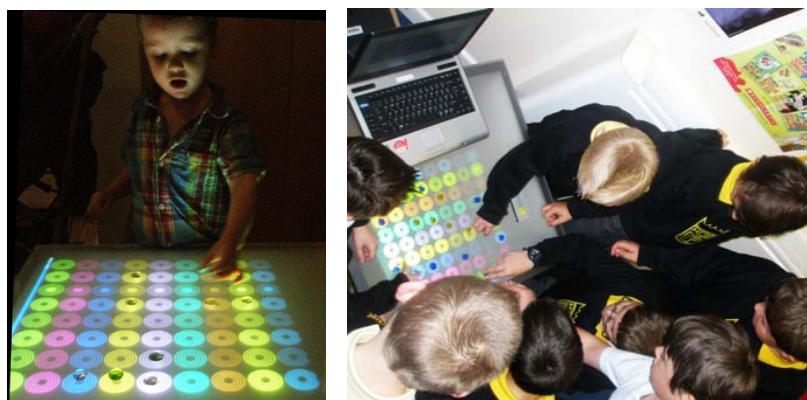


Imagen 3.25 Niños interactuando con el juego musical.

El niño ve unos círculos de colores en la superficie de la mesa y va colocando piedras pequeñas (*tokens*) dentro de los círculos que elige. De esta manera va variando la configuración de sonidos a lo largo del tiempo, es decir, va modificando el ritmo de la batería virtual.

Además de los *tokens*, el juego permite la interacción con otros dos elementos: un *fader lineal* (ver Imagen 3.26 izquierda), que permite la regulación de la velocidad de la reproducción (*tempo*), y un *token-constrained asociativo* (ver Imagen 3.26 derecha) que permite la memorización de ritmos y su combinación. De esta manera el niño puede regular el *tempo* deslizando el *fader*, y memorizar y combinar distintos ritmos entre sí añadiendo o quitando *tokens* de la memoria asociativa.

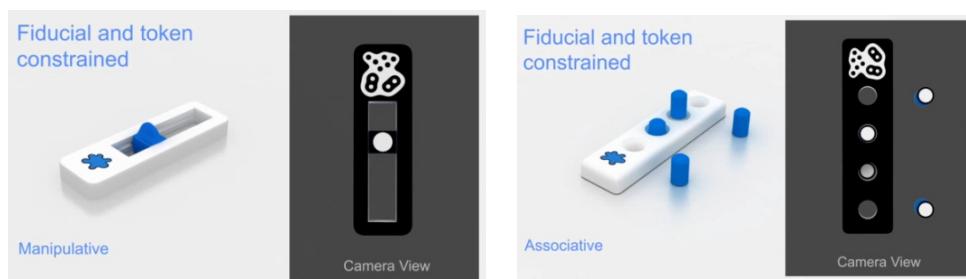


Imagen 3.26 Modelo conceptual de un fader lineal (izquierda) y un asociativo (derecha) y sus respectivas vistas a través de la cámara.

3.4.3.4 Juego de tráfico

La finalidad de este juego es el aprendizaje de las reglas básicas de circulación vial, tanto de conductores como de peatones. El niño tiene la posibilidad de manejar un coche o un peatón, permitiendo así el juego simultáneo de dos jugadores. De esta manera tanto uno como otro niño deberán circular con sus juguetes por la zona correspondiente del juego, respetando los pasos de peatones y las señales semafóricas virtuales (ver Imagen 3.27).

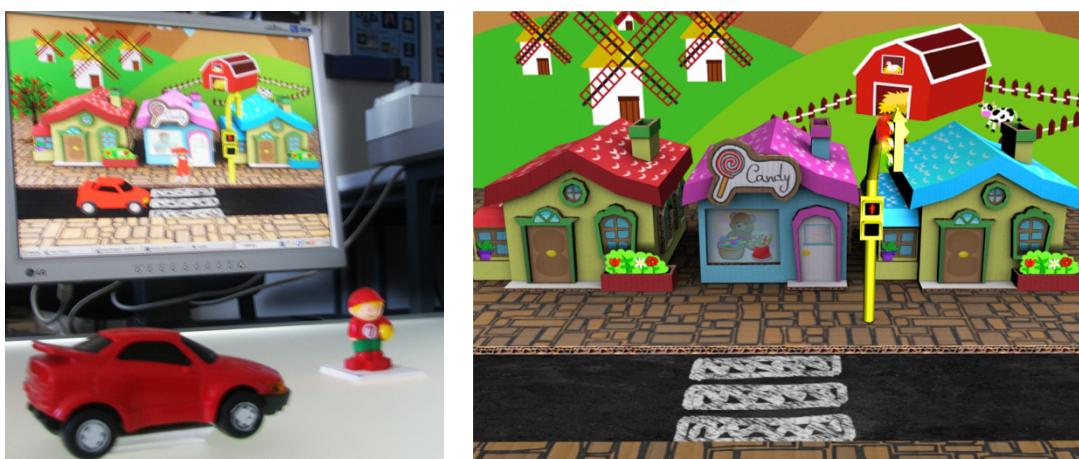


Imagen 3.27 Juego de tráfico en NIKVision.

3.4.3.5 Juego de piratas

En el juego los niños controlan un barco pirata virtual impulsándolo con un ventilador en todas las direcciones. El objetivo del juego consiste en atacar otros barcos y robarles el tesoro que contienen. Es un juego colaborativo en el que, mientras un niño dirige el barco con el ventilador, el otro dispara los cañones colocando tokens en la mesa (ver Imagen 3.28).



Imagen 3.28 Juego colaborativo de piratas.

El *manipulativo* del juego consiste en una ruleta mecánica que simula un ventilador (ver Imagen 3.29). Ésta hace aparecer y desaparecer un *token* en la superficie de la mesa a medida que gira. La cámara detecta la aparición del *token*, por lo que el sistema interpreta que el ventilador está en movimiento, y cuenta cuantas veces por segundo aparece y desaparece el *token*, deduciendo la velocidad del movimiento.

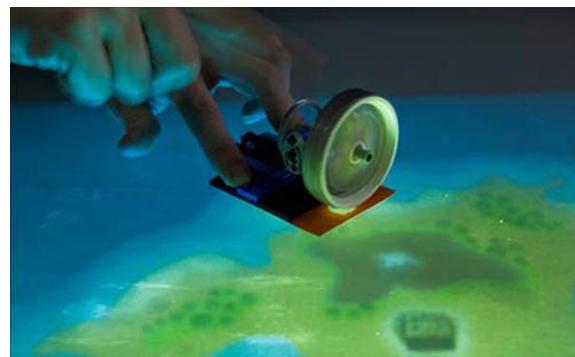


Imagen 3.29 Interacción mediante ventilador en juego de piratas.

3.5 Fibra óptica

Al ser uno de los objetivos del proyecto el estudio del uso de fibra óptica para la creación de nuevos tipos de elementos para NIKVision, fue necesario recabar información sobre sus características y usos.

Fibra óptica

Una fibra óptica es un filamento delgado y largo de un material dieléctrico transparente, usualmente vidrio o plástico de un diámetro aproximadamente igual al de un cabello (entre 50 a 125 micras) al cual se le hace un revestimiento especial, con ciertas características para transmitir señales de luz a través de largas distancias [15]. Un cable de fibra óptica está compuesto de las siguientes partes (ver Imagen 3.30):

- Núcleo: es propiamente la fibra óptica, la hebra delgada por donde viaja la luz.
- Revestimiento: una o más capas que rodean a la fibra óptica. Están hechas de un material con un índice de refracción menor al de la fibra óptica, de tal forma que los rayos de luz se reflejen por el principio de reflexión total interna hacia el núcleo. Esto impide la pérdida de luz.
- Forro: es un revestimiento de plástico que protege a la fibra y al revestimiento de la humedad y los maltratos.

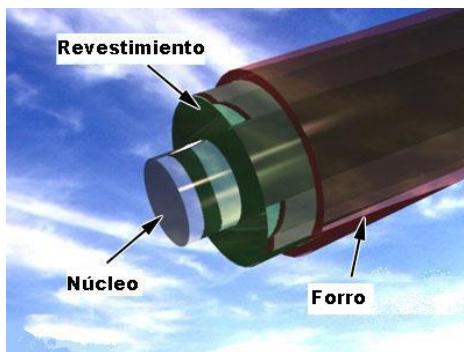


Imagen 3.30 Composición de la fibra óptica.

Las fibras ópticas funcionan gracias al principio de la reflexión total interna (ver Imagen 3.31). Ésta se da debido a que la fibra o núcleo tiene un cierto índice de refracción superado por el del revestimiento, por lo que el rayo de luz se "desplaza" por la fibra chocando con la pared de ésta.

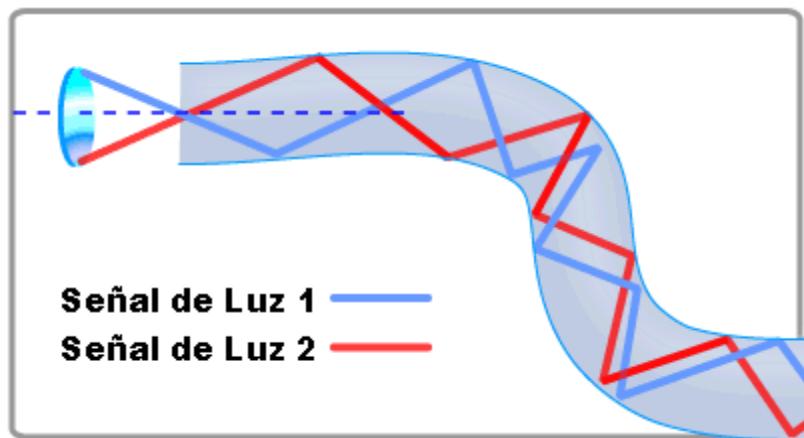


Imagen 3.31 Principio de reflexión total.

Los rayos de luz pueden entrar a la fibra óptica si el rayo se halla contenido dentro de un cierto ángulo denominado cono de aceptación (ver Imagen 3.32). Un rayo de luz puede perfectamente no ser transportado por la fibra óptica si no cumple con el requisito del cono de aceptación. El cono de aceptación está directamente asociado a los materiales con los cuales la fibra óptica ha sido construida.

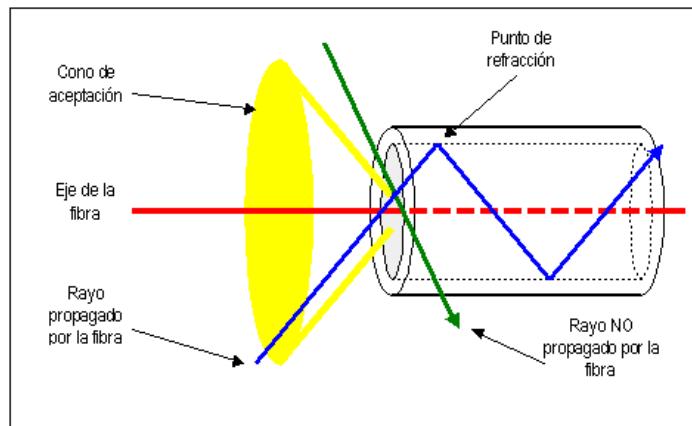


Imagen 3.32 Cono de aceptación.

Una vez que el rayo de luz entra en la fibra óptica dentro del cono de aceptación, es decir, que sí puede ser propagado dentro de ésta, tiene diferentes opciones en su camino:

- Viajar en línea recta: Si la fibra está perfectamente recta y el rayo de luz se hace entrar alineado con la fibra, este rayo puede ir por el centro de la fibra sin tocar en ningún momento sus paredes, pudiendo recorrer distancias muy grandes y llegando de forma muy rápida al otro extremo de la fibra. Esto sería el caso del rayo que se muestra en la Imagen 3.32 con el color rojo. Esto nunca sucede, porque es muy difícil tener una fibra óptica

perfectamente recta y por otro lado, es difícil alinear el rayo de luz exactamente con la fibra.

- Viaje con rebote en las paredes: Esto es lo que sucede en la mayoría de los casos. La luz siempre entra con un cierto ángulo de apertura en el extremo de la fibra, lo que hace que desde el comienzo el rayo vaya rebotando en las paredes, por lo que tarda más en llegar que el rayo que viaja sin rebotar. Los rebotes suceden principalmente porque las fibras no siempre se colocan en línea recta, normalmente tienen dobleces y curvaturas que hacen que los rayos se vean forzados a rebotar muchas veces más que si fuera recto, pero incluso así, la fibra óptica puede transmitir esa luz una distancia de cientos de kilómetros sin necesidad de repetidores, gracias a que el revestimiento no absorbe nada de la luz transmitida.

- Rayo fuera de la fibra: En algunos casos extremos puede suceder que si el cable es doblado muy bruscamente, la luz no pueda seguir rebotando y viajando a través de la fibra, saliéndose de ella como si se introdujera en la fibra fuera del cono de aceptación. Esto sucede porque hay un ángulo crítico para el que, para un ángulo menor sí que hay reflexión total interna, pero para un ángulo mayor no. Esto se muestra en la Imagen 3.32 con el rayo de color verde.

Empleo de fibra óptica en tabletops: Lumino

El proyecto de Lumino se realizó en 2010 por Patrick Baudisch, Torsten Becker y Frederik Rudeck en el Hasso Plattner Institute de Potsdam, Alemania [16]. El trabajo de estos autores ha servido de guía a la hora de trabajar con fibra óptica para desarrollar los nuevos manipulativos para NIKVision.

Los tabletops basados en luz difusa pueden leer fiduciales situados sobre la superficie de la mesa. Con el proyecto de Lumino han conseguido hacer lo mismo con objetos distribuidos en una estructura tridimensional sin modificar la mesa. Lumino es un conjunto de bloques que, además de llevar un fiducial, contienen un manojo de fibras ópticas (ver Imagen 3.33).

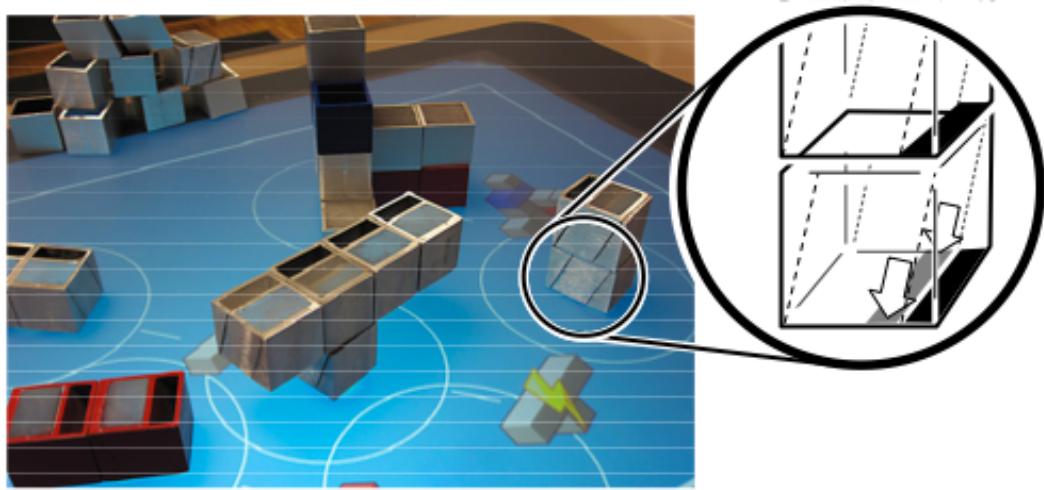


Imagen 3.33 Lumino son bloques tangibles que permiten detectar su disposición en las tres dimensiones.

La fibra óptica guía la luz reflejada de los marcadores situados por encima de la mesa hasta la superficie, donde la cámara los lee. Mientras la fibra guía a la imagen del marcador hacia abajo, ésta puede ser ópticamente escalada y reordenada.

Hay que tener en cuenta que, en los tabletops con iluminación difusa, cuanto más lejos de la mesa esté una imagen, más borrosa se va a ver, ya que los haces de luz se expanden antes de llegar a la superficie de la mesa (ver Imagen 3.34).

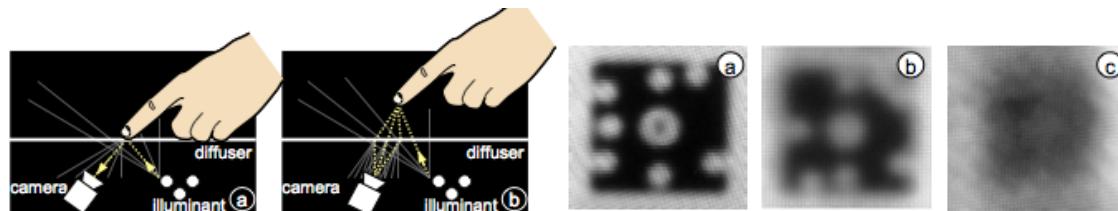


Imagen 3.34 Difusión de la luz en función de la altura.

Este problema desaparece con el uso de fibra óptica. Los manojos constan de un gran número de fibras distribuidas en paralelo, que conducen la luz reflejada por el fiducial hasta la superficie difusa, evitando así el desenfoque.

Aunque las características físicas de la fibra óptica es lo que permite el funcionamiento de Lumino, ésta también tiene una serie de limitaciones. La pérdida de luz es la principal limitación de Lumino. Si bien la transmisión de luz en el interior de las fibras se realiza en gran parte sin pérdidas, la luz se

pierde cuando entra en un Lumino. La razón es que la fibra óptica acepta luz sólo si está orientada más o menos a la dirección de la fibra (cono de aceptación). Cuando la luz pasa a través de la superficie de la mesa difusora, no llega a entrar toda en la fibra, porque la luz difusa está orientada en un amplio rango de ángulos. Se calcula que con dos Luminos, uno encima de otro, se pierde un 80% de luz aproximadamente.

Además, cada fibra óptica de un manojo transporta un "píxel" de luz. Para no perder calidad de imagen, es necesario que el diámetro de la fibra sea lo más cercano posible a la resolución de la mesa, para que la imagen no se remuestree. Se usarán por tanto fibras cercanas a 1 mm de grosor.

Lumino ha servido de guía para el trabajo con fibra óptica desarrollado en este proyecto. Si bien hay que tener en cuenta que aunque los fundamentos son los mismos, lo que se quiere hacer en NIKVSION es lo contrario: llevar la luz de la superficie difusa a una cierta altura. El uso de fibra óptica permitirá mostrar esa imagen en un plano todo lo alejado de la mesa que se desee, sin que los haces de luz se dispersen. Además, se podrá transmitir la imagen tanto en un sentido como en otro, pudiendo ser redistribuida o incluso escalada (en el caso de que las fibras no estén dispuestas en orden y verticalmente).

4. TRABAJO REALIZADO

4. Trabajo realizado

4.1 Metodología y decisiones generales de diseño

4.1.1 Metodología

Se decidió realizar el proyecto de forma conjunta, implicando a ambos miembros en todas las tareas. Al trabajar en equipo, se aprovecha la competencia de cada integrante y se alcanza una mayor productividad, siempre que se aplique una metodología común. Para ello, se adaptó la metodología aprendida a lo largo de la carrera, a las especiales características del proyecto. Esto permitió organizar y abordar las diferentes fases con mayor eficacia:

1.- Planteamiento y documentación. En esta fase se buscan nuevas formas de interaccionar con NIKVision. Se estudia y reúne la información necesaria para poder generarlas. Al final de esta fase, se obtienen ideas conceptuales con las que se desarrollarán diferentes soluciones en la fase siguiente. En el caso del rediseño de elementos, aquí se analizarán los requisitos e información necesarios para poder generar soluciones más adecuadas. Es importante detectar los requerimientos necesarios del concepto para su correcto funcionamiento.

2.- Fase creativa. En esta fase se desarrollan mecanismos y aspectos formales y funcionales que permitan llevar a cabo la idea conceptual obtenida en el apartado anterior. Se desarrollan diferentes soluciones para cada concepto, pudiendo así escoger la más adecuada para cada caso.

3.- Fabricación. A continuación se fabrica el prototipo funcional, con los materiales y procesos adecuados para cada uno. En el caso de las carcchas de los juguetes se realiza el modelado 3D para verificar los colores y las formas antes de su fabricación, al requerir una estética y aspecto formal más cuidados.

4.- Comprobaciones en la mesa. Después se comprueba el funcionamiento del prototipo, para determinar si la interacción con NIKVision es correcta o deben corregirse algunos elementos. El objetivo es verificar si la detección del token de cada prototipo en NIKVision es correcta o no.

5.- Diseño del fiducial. Una vez el funcionamiento en la mesa es correcto, se diseña el *fiducial*, teniendo en cuenta las necesidades de detección del *manipulativo*. Hay que verificar que el reconocimiento del *fiducial* en la cámara es adecuado.

6.- Interfaz gráfica. El último paso es la creación de una interfaz gráfica, para demostrar alguna aplicación concreta del elemento creado. En

el caso del rediseño de elementos ya existentes, como ya cuentan con una interfaz hecha, se realizarán las mejoras que fueran necesarias.

4.1.2 Decisiones generales de diseño

Al inicio del proyecto se establecieron unas bases generales para el diseño de todos los elementos a realizar. Teniendo en cuenta los elementos ya existentes, se decidió estandarizar ciertas características que permitieran la intercambiabilidad de sus componentes, permitiendo así una mayor versatilidad:

- Se estableció que la forma general de todos los elementos sería cilíndrica. Esto permitiría ir añadiendo nuevos complementos de manera concéntrica. También se tendría en cuenta la estandarización de la altura.
- Se decidió aplicar colores vivos exclusivamente a las carcasas de los juguetes, de manera que resultasen atractivas para el usuario. Para el resto de elementos, se utilizarían colores neutros.

4.2 Rediseño de elementos existentes

Los prototipos de los *manipulativos* existentes hasta este momento estaban hechos con piezas de Lego®. Esto acarreaba diversos problemas, tales como que al ser utilizados por niños, se rompían con mucha frecuencia, o se soltaban piezas, lo que impedía su correcto funcionamiento en el tabletop. Además, todos los prototipos y juguetes carecían de una estética adecuada y acorde con los juegos, al estar limitados por la forma de las pieza Lego®. Por ello, fue necesario proceder al rediseño de todos estos *manipulativos*, de manera que se les proporcionase una estética más acorde para el público infantil, y se fabricasen los prototipos de manera más robusta y resistente, con menor número de componentes y utilizando materiales más adecuados. A continuación se detallan los elementos rediseñados a lo largo del proyecto.

4.2.1 Memoria asociativa

Planteamiento y documentación

El planteamiento inicial consistía en el rediseño de un *token-constrained* asociativo ya existente (ver Imagen 4.1 izquierda). La memoria asociativa se utilizaba en el juego de música (ver Imagen 4.1 derecha), en el cual los niños crean ritmos de batería añadiendo piedras pequeñas (*tokens*) en la superficie de la mesa. Este *manipulativo* permitía memorizar ritmos asociándolos a tres piezas de lego (*tokens*) las cuales, al introducirlas en su contenedor, hacían las veces de memoria: en cada posición de *token* se memorizaba un ritmo. La disminución entre los ritmos memorizados se lograba relacionando la distancia de cada *token* con un *fiducial* situado en la base (ver Imagen 4.1 centro).

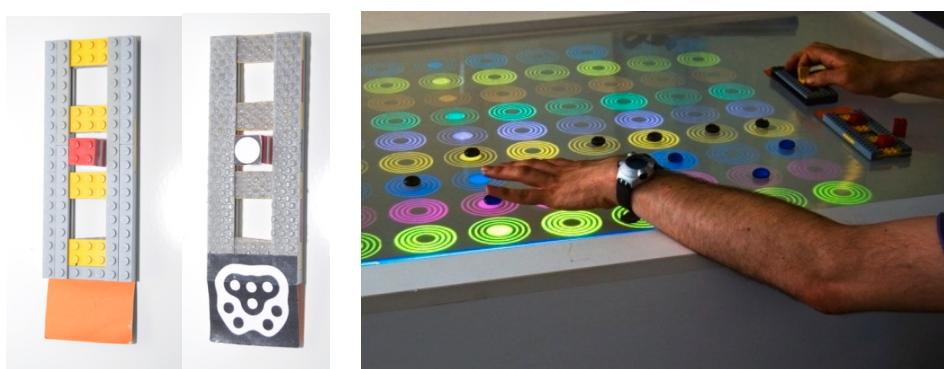


Imagen 4.1 De izquierda a derecha: Memoria asociativa inicial con un token en el centro (parte superior), fiducial y token en el centro (parte posterior) y juego de música.

La interacción ocurría de la siguiente manera:

- El usuario colocaba piedras pequeñas (*tokens*) en la superficie de la mesa, lo que iba variando el ritmo creado.
- Situaba en contenedor de la memoria asociativa en la mesa.
- Al introducir un *token* en un orificio del contenedor, el ritmo actual quedaba memorizado en ese orificio concreto, y continuaba su reproducción mientras el *token* estuviese metido en su orificio, pudiéndose quitar y poner para detener o continuar con su reproducción.
- El usuario podía crear en total tres ritmos distintos, almacenándolos en los tres orificios de que disponía la memoria.
- Al haber almacenado dos o más ritmos, éstos se podían combinar entre sí al introducir los *tokens* en los orificios en que estaban memorizados, es decir, al iniciar la reproducción simultánea de los mismos.

Una de las cosas que se pretendía era reducir el espacio que ocupaba en la mesa manteniendo la misma funcionalidad y forma de interacción.

Fase creativa

Se planteó la posibilidad de realizar la memoria asociativa de forma lineal, tal como existía hasta el momento. Sin embargo, finalmente se optó por realizar el nuevo asociativo con forma circular (ver Imagen 4.2). De esta manera se conseguiría reducir el volumen a ocupar en la superficie de la mesa, permitiendo además la ampliación de los orificios de memoria a cuatro. Éstos se dispondrían en el centro para alojar unos cilindros cuyas bases circulares serían los *tokens*, en una posición relativa al *fiducial*. Por tanto la forma de reconocimiento en Reactivision sería igual que la existente, es decir, calculando las distancias de los *tokens* a un *fiducial* de manera que permitiera saber cuál era el que estaba activo.

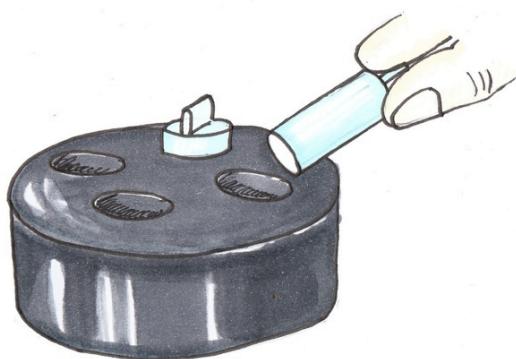


Imagen 4.2 Concepto final de asociativo.

Fabricación

Se decidió realizar el prototipo en PVC, debido a su resistencia, ligereza y facilidad de trabajo, por lo que resultaba un material idóneo para su fabricación. Para ello se partió de una plancha de PVC espumado del grosor adecuado para el contenedor, una plancha más fina de PVC espumado para las tapas y pestañas y cuatro cilindros de PVC. Para llenar juntas se emplearía masilla de carrocería, ya que resultaba idónea por su resistencia y facilidad para ser trabajada, proporcionando un acabado perfecto.

El proceso de fabricación comenzó con el corte de un cilindro macizo de PVC espumado con una sierra de cinta, al cual se le practicaron cuatro agujeros pasantes en el centro con un taladro. Dado que el acabado del corte con la sierra de cinta no fue muy limpio, se optó por introducirlo en un tubo hueco de PVC, y llenar las juntas con masilla, mejorando así su apariencia final. Más tarde se lijó y pintó con spray.

Por otro lado se realizaron los cuatro cilindros que se alojarían en los agujeros, a partir de los tapes de unos bolígrafos, cuya forma se adaptaba perfectamente, cerrándolos con PVC espumado y añadiéndoles una pestaña para facilitar el agarre. Se lijaron y pintaron con spray. Las bases de los cilindros se pintaron de blanco, para ser detectadas como los tokens del manipulativo (ver Imagen 4.3).

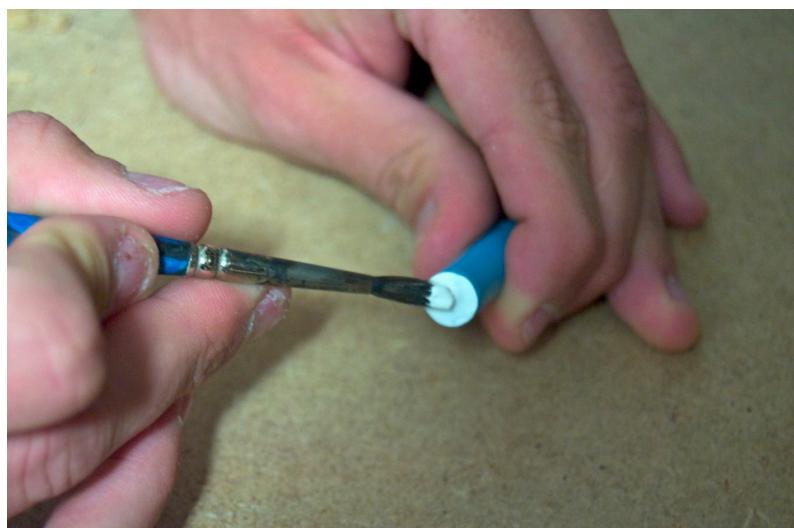


Imagen 4.3 La base de los cilindros se pintó de blanco para ser detectadas como los tokens de la memoria asociativa.

Comprobaciones en la mesa

El reconocimiento de la memoria asociativa por parte de la cámara y Reactivision se limitaba a la detección de la presencia o ausencia de los *tokens* de la superficie. Ello resultaba sencillo para el programa de detección, por lo que según lo esperado no hubo ningún fallo.

Diseño del fiducial

- Requisitos

El *fiducial* debería ser orientable, para poder calcular el vector de dirección a partir del cual se calcularía la posición relativa de cada *token*. Además debería adaptarse correctamente a la base, situándolo a una distancia adecuada de los *tokens* para su correcta detección.

- Diseño del fiducial

En un primer momento se experimentó el uso de *fiduciales variables*. Esta nueva idea se basaba en que al quitar o añadirle nodos a un *fiducial*, éste pasaría a ser otro completamente diferente, ya que tendría otro árbol. De esta forma se podrían detectar los diferentes estados del manipulativo (ver Imagen 4.4). Sin embargo al variar el interior del *fiducial* cualquier píxel de ruido que interfería, Reactivision lo interpretaba como un nuevo nodo que asociaba al *fiducial*, convirtiéndolo en otro diferente e impidiendo ser identificado. Por ello se descartó la aplicación de esta nueva idea para posteriores diseños de *fiduciales*.

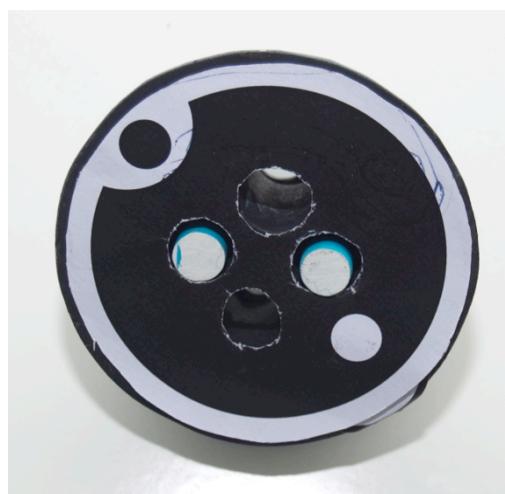


Imagen 4.4 Prueba llevada a cabo con un fiducial variable.

Se decidió rediseñar el *fiducial* existente, para lo cual se probó otra nueva idea. Ésta consistía en adaptar la forma del *fiducial* a la forma de la base, con lo que quedaría un *fiducial* en forma de arco. De esta manera se aprovechaba mejor el espacio de la base del *manipulativo*. Al realizar la comprobación en el *tabletop* se observó que Reactivision no detectaba correctamente los *fiduciales*. Se llegó a la conclusión de que esto se debía a que Reactivision cerraba el área del arco del *fiducial* y no reconocía el *token* que se encontraba en su interior (ver Imagen 4.5). Se vio, por tanto, que esta idea únicamente serviría para aquellos elementos cuya base fuera lo suficientemente amplia como para permitir el margen suficiente para que al cerrar el arco del *fiducial* no se interfiriese con ningún *token*.

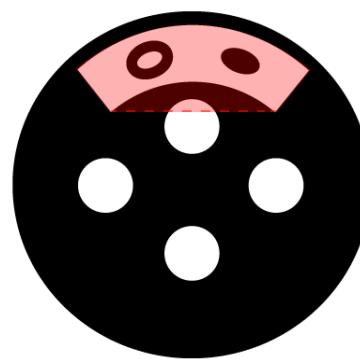


Imagen 4.5 Fiducial en arco. Reactivision cierra la forma del mismo, lo que interfiere en la detección del token.

De modo que hubo que rediseñar el *fiducial* desde cero olvidando la forma de arco y situándolo al borde de la base.

El *fiducial* más sencillo que permitía el cálculo de orientación es el que aparece en la Imagen 4.6, cuyo código sería W0121, a introducir en el diccionario de *fiduciales* de Reactivision.

Así, el cálculo de la posición exacta de cada *token* se haría a través del ángulo que formase cada *token* respecto al vector de orientación (ver Imagen 4.6).

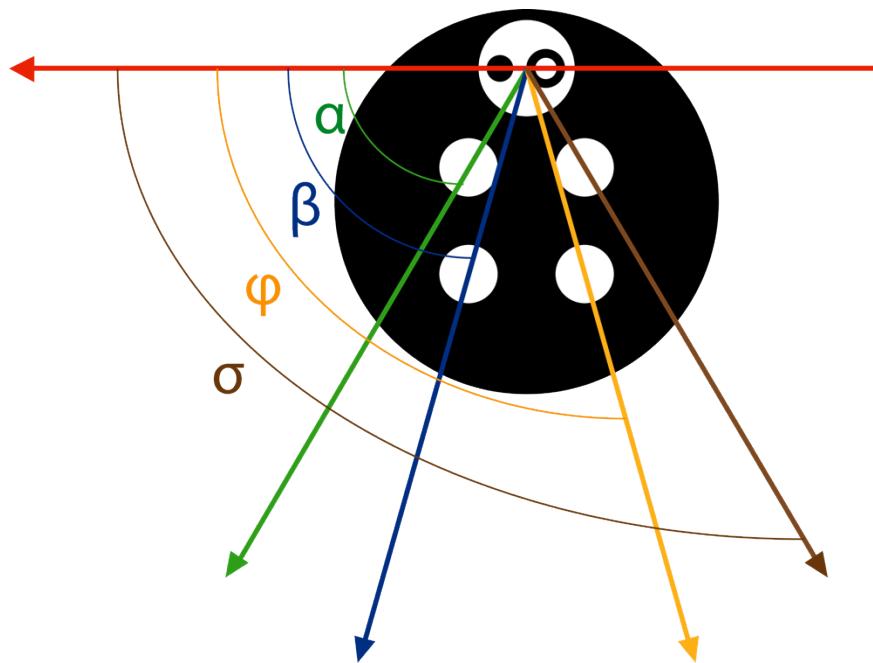


Imagen 4.6 Cálculo de la posición de cada token a través de ángulo que forma con el vector de orientación (rojo).

- Adaptación a la base del manipulativo

Hubo que ampliar la base para la correcta detección del *fiducial*, pues sino resultaba demasiado pequeño para Reactivision (ver Imagen 4.7).



Imagen 4.7 Fiducial definitivo en la base ampliada.

- Comprobación

La comprobación del *fiducial* sirvió, por un lado, para descartar la aplicación futura de *fiduciales variables*, así como para descartar el uso de un *fiducial* en arco dadas las características de la base. El único *fiducial* que funcionó de manera correcta fue el situado en el lateral de la base. En este caso, los *tokens* se detectaban correctamente, identificando su posición (ver Imagen 4.8).



Imagen 4.8 Imagen procesada de Reactivision, en la cual se observa que la detección es correcta, ya que se le ha asignado al fiducial su número de identificación (2) y se han detectado los dos tokens (F).

Resumen

Nombre: Memoria asociativa

Clase: Token-constrained
asociativo

Interacción: La inserción de tokens en los orificios permite la memorización de distintos valores (en el caso del juego de música, memorización de ritmos)



Prototipo

Antiguo



Rediseño



Fiducial



Token



4.2.2 Fader

Planteamiento y documentación

Se planteó el rediseño del *fader lineal* ya existente en el juego de música (ver Imagen 4.9 izquierda) en el que los niños creaban ritmos de batería añadiendo piedras pequeñas (*tokens*) en la superficie de la mesa. Éste elemento, de tipo *token-constrained manipulable*, consistía en una pestaña (*token*) que podía ser acercada o alejada de un *fiducial* por medio de un raíl. Calculando la distancia entre ambos, se permitía regular el tempo (velocidad de reproducción del ritmo) en dicho juego (ver Imagen 4.9 derecha).

Se pretendía reducir el volumen que ocupaba en la mesa manteniendo la misma funcionalidad.

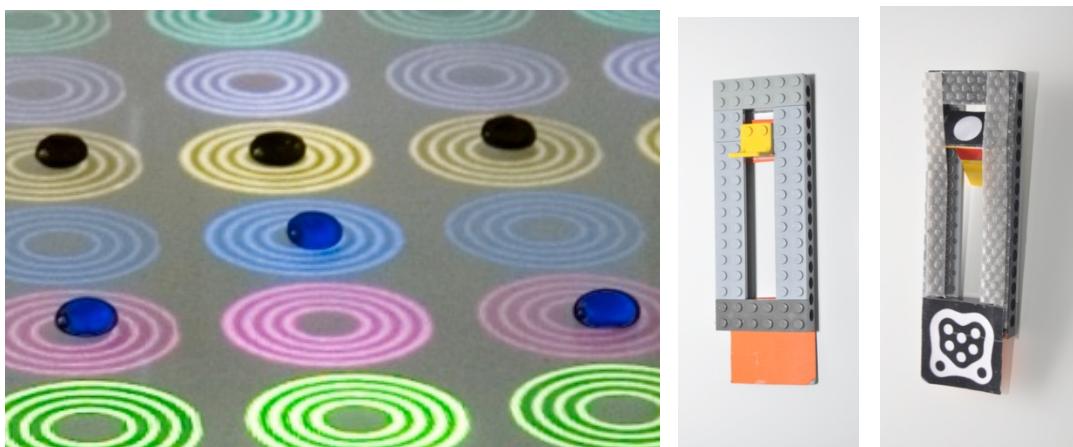


Imagen 4.9 De izquierda a derecha: interfaz del juego de música (vista superior) y fader lineal (vista superior) y fiducial y token (vista inferior).

Fase creativa

Tras plantear diversas soluciones, se optó por realizar un *fader* con forma circular. De esta manera se reducía el espacio, se mantenía la forma de interacción, y se permitía regular el tempo con total libertad de giro. Además, se pensó que fuera combinable con distintos elementos, como un pulsador, un interruptor, etc. para futuras aplicaciones.

La idea era que el usuario girase un agarre (ver Imagen 4.10 izquierda), que a su vez iría desplazando una placa alojada en el interior, que sería el *token* al estar pintada de blanco. Ésta se dejaría ver en la base a través de una ranura para su detección (ver Imagen 4.10 derecha).

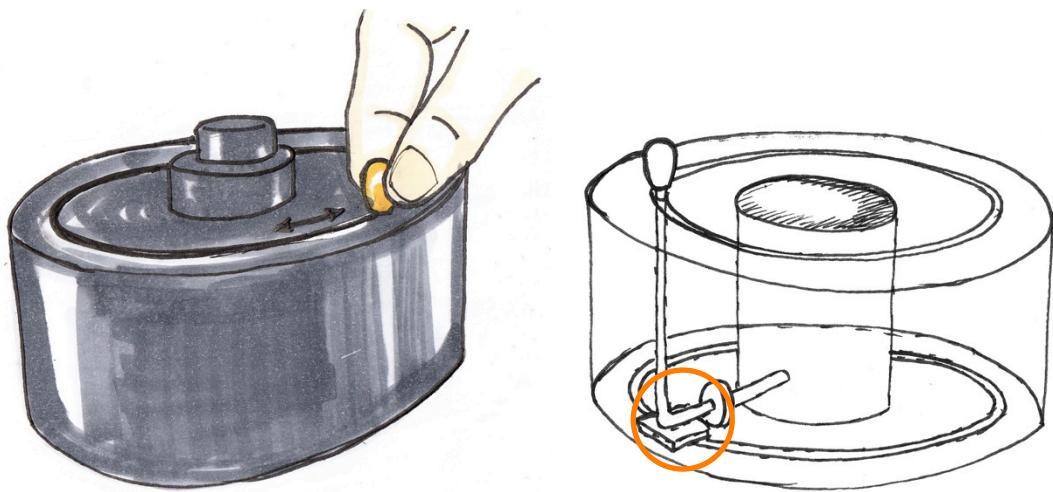


Imagen 4.10 El usuario gira el agarre (izquierda) que arrastra una placa interna con el token (derecha), el cual se ve a través de la ranura de la base.

El modo de resolver el mecanismo interno resultó algo complejo en cuanto a que debía permitir un giro libre de 360°. Finalmente se optó por dejar unas finas patillas de unión del conjunto en la base (ver Imagen 4.11). Estas patillas interferirían con la detección token, pero se vio que podrían eliminarse mediante programación en la fase de reconocimiento. Además se decidió reforzar con dos enganches concéntricos al eje interior la unión de la varilla, evitando que se inclinase (ver Imagen 4.11).



Imagen 4.11 Patillas de unión del conjunto (naranja) y enganches de la varilla (azul).

Fabricación

Se decidió fabricar el prototipo empleando PVC, varilla de madera y un cilindro de aluminio para el exterior. El PVC se podría trabajar con facilidad, así como la varilla de madera, siendo rígidos, resistentes para su función y ligeros. La carcasa de aluminio le daría mayor robustez al conjunto.

El proceso de fabricación comenzó con la preparación, por un lado, de la carcasa externa y, por otro, del mecanismo interior. Para el exterior se partió de un tubo de aluminio y se cortaron las tapas en PVC espumado (ver Imagen 4.12), realizándoles los agujeros pertinentes para alojar al mecanismo. Además, se cortó el tubo interior que serviría para alojar al pulsador o interruptor (apartados 4.2.4 y 4.3.4).



Imagen 4.12 Corte de una de las tapas en PVC espumado.

Para el mecanismo se utilizó una varilla de madera cortada con las medidas necesarias para formar una estructura lo bastante rígida como para poderla girar de una pieza (ver Imagen 4.13). A ésta se le pegó una pequeña placa circular de PVC espumado, que sería el *token*, y se realizaron en PVC espumado los enganches que evitarían que se inclinase (ver Imagen 4.14). En el enganche superior se añadió un tirador que sirviera de agarre para el usuario. Finalmente, se armó todo el conjunto, se llenaron las juntas con masilla de carrocería, se lijó y se pintó.



Imagen 4.13 Corte de la varilla de madera para el mecanismo interior.



Imagen 4.14 Realización de los enganches de la varilla alrededor del eje central.

Comprobaciones en la mesa

Al realizar las pruebas con la mesa se observó que se cumplían las expectativas. Las patillas de unión de la base interferían con el *token*, pero era solucionable a través de la programación, ya que se reconocía la posición inmediatamente anterior y posterior, pudiéndose interpolar (ver

Imagen 4.15).

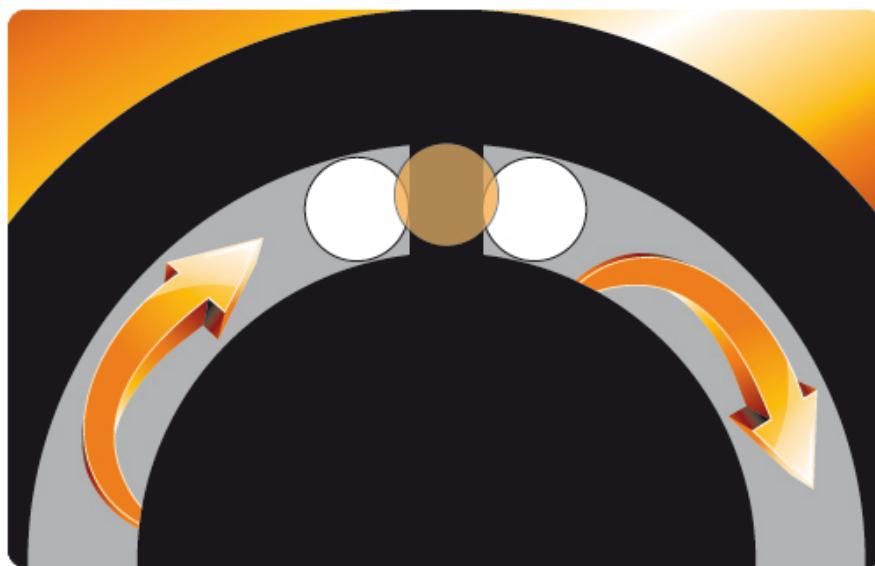


Imagen 4.15 Interpolación (en naranja) de las posiciones anterior y posterior del token a la patilla de unión.

Diseño del fiducial

- Requisitos

El *fiducial* a diseñar debía ser orientable, adaptarse a la base del *fader*, estar a una distancia adecuada del *token* para facilitar su detección y tener un tamaño suficientemente grande como para detectarlo sin problemas en toda la superficie del *tabletop*.

- Diseño del fiducial

En este caso, dadas las dimensiones de la base, era posible realizar un *fiducial* en arco, siempre y cuando al cerrar el arco no interfiriese con ningún *token* en su detección, tal como se ha explicado en el apartado 4.2.1. Por ello, el *fiducial* se diseñó con esta forma, debido a que se adaptaba mejor a la forma de la base cuya superficie sería insuficiente

para albergar un *fiducial* redondo. De nuevo el *fiducial* orientable más sencillo posible fue el de código W0121 (ver Imagen 4.16).



Imagen 4.16 Fiducial orientable sencillo en forma de arco.

La variación del ángulo que forma el *token* respecto del vector de orientación, se traduciría en un incremento o disminución de la velocidad de reproducción del ritmo en el juego (ver Imagen 4.17).

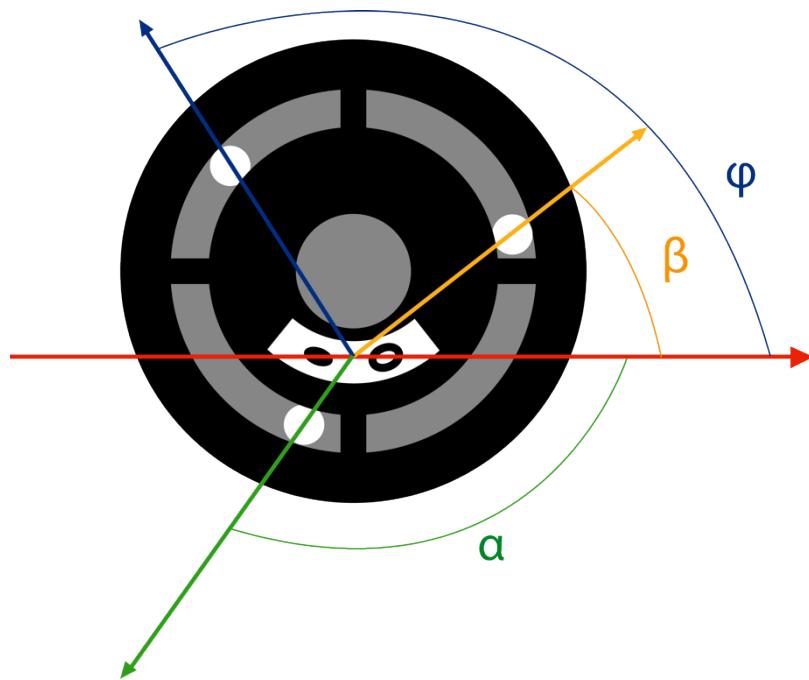


Imagen 4.17 Cálculo de la variación del ángulo del token en cada posición con respecto al vector de orientación (rojo).

- Adaptación a la base del manipulativo

Al haberlo diseñado en forma de arco se adaptaba perfectamente a la forma de la base (ver Imagen 4.18).



Imagen 4.18 Fiducial situado en la base y distintas posiciones relativas del token.

- Comprobación

La única cuestión que hubo que modificar fue el tamaño del *fiducial*, ya que el primero con el que se probó era demasiado pequeño. Por lo demás funcionó correctamente, ya que el área cerrada del arco no interfería con ningún *token*. Se detectaba correctamente el *fiducial*, así como el *token* del fader y el de un pulsador situado en el centro (ver Imagen 4.19).

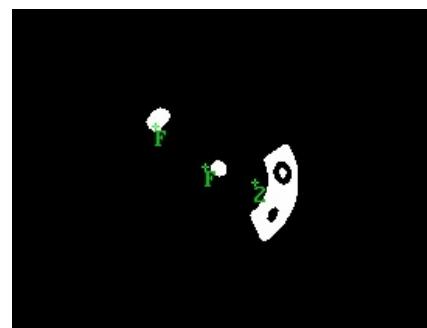


Imagen 4.19 Imagen procesada de Reactivision, en la que se aprecia el número de identificación del fiducial y los dos tokens (F).

Resumen

Nombre: Fader

Clase: Token-constrained
manipulable

Interacción: Permite la regulación gradual de un parámetro (tempo) mediante el giro



Prototipo

Antiguo



Rediseño



Fiducial



Token



4.2.3 Ventilador-Soplador

Planteamiento y documentación

Se planteó el rediseño del ventilador creado para el juego de piratas. En este juego, los niños manejaban un barco pirata impulsándolo a través de un ventilador (ver Imagen 4.20). Éste constaba de un *fiducial* orientable en la base y la rueda del ventilador estaba pintada de blanco y negro. De esta forma cuando la parte blanca asomaba intermitentemente por un orificio situado en la base al girarlo, el barco se ponía en movimiento. Esta alternancia de blanco y negro al girar el ventilador, permitía en el programa calcular la velocidad de movimiento del barco en relación al número de veces por segundo que aparecía el *token* (ver Imagen 4.21).



Imagen 4.20 Juego de piratas donde el barco se impulsa con un ventilador.



Imagen 4.21 Base del ventilador con fiducial y token (izquierda) y sin token (derecha).

Fase creativa

Además de la interacción que se conseguía al girar la rueda, se ideó otro tipo de interacción que consistía en producir el movimiento soplando en una ruleta. Se decidió que el elemento aunase ambas formas de interacción, pudiéndose elegir entre una y otra acoplando una rueda al eje (ver Imagen 4.22).

Otro requisito era alojar el conjunto en un cilindro para mantener la concordancia y la posibilidad de combinarlo con el resto de elementos. En el interior del cilindro se alojaría la ruleta pintada de blanco y negro que haría aparecer y desaparecer el *token* en un orificio de la base. El usuario podría impulsar la ruleta soplando o girando la rueda naranja.

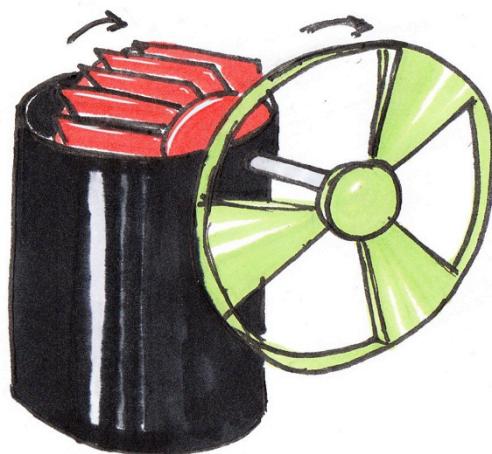


Imagen 4.22 Concepto final del soplador aunando las dos formas de interacción.

Fabricación

Se decidió realizar el prototipo en PVC, ya que este material resultaba rígido, ligero y resistente, además de poderse trabajar con facilidad.

Antes de empezar a realizar el prototipo, se localizaron unas ruletas que cumplían perfectamente la función de transmisión del movimiento, así como una rueda con aspas que se adaptase a lo que se buscaba.

Una vez conseguidos los elementos necesarios, se cortó el tubo de PVC que albergaría las ruletas y se unió a la tapa de la base previamente cortada en PVC espumado (ver Imagen 4.23). A ésta se le realizó el orificio a través del cual se dejaría ver el *token*. Se practicaron unos agujeros pasantes al tubo para alojar los ejes (ver Imagen 4.24 izquierda). Para hacer los ejes, se cortó una varilla roscada a la medida adecuada (ver Imagen 4.24 derecha), y se introdujeron junto con las ruletas, una de ellas (la no visible por el usuario), pintada mitad de negro y mitad blanco (las pruebas con la mesa

determinaron que era la proporción idónea para lograr una velocidad reconocible por la cámara), y la visible de un color llamativo, para lo cual se eligió el naranja. De esta manera el usuario identificaría con mayor facilidad que la interacción debería llevarse a cabo en esa ruleta. El hecho de que se utilizase varilla roscada, fue para permitir la fijación de la ruleta superior mediante el apriete de unas tuercas cuando se quisiera realizar el movimiento a través del acople de la rueda, y al aflojarlas poder dejarla libre y realizar el movimiento por soprido (ver Imagen 4.25).



Imagen 4.23 Pegado de la tapa.



Imagen 4.24 Taladrado de los agujeros para alojar los ejes (izquierda) y corte de los ejes de varilla roscada (derecha).

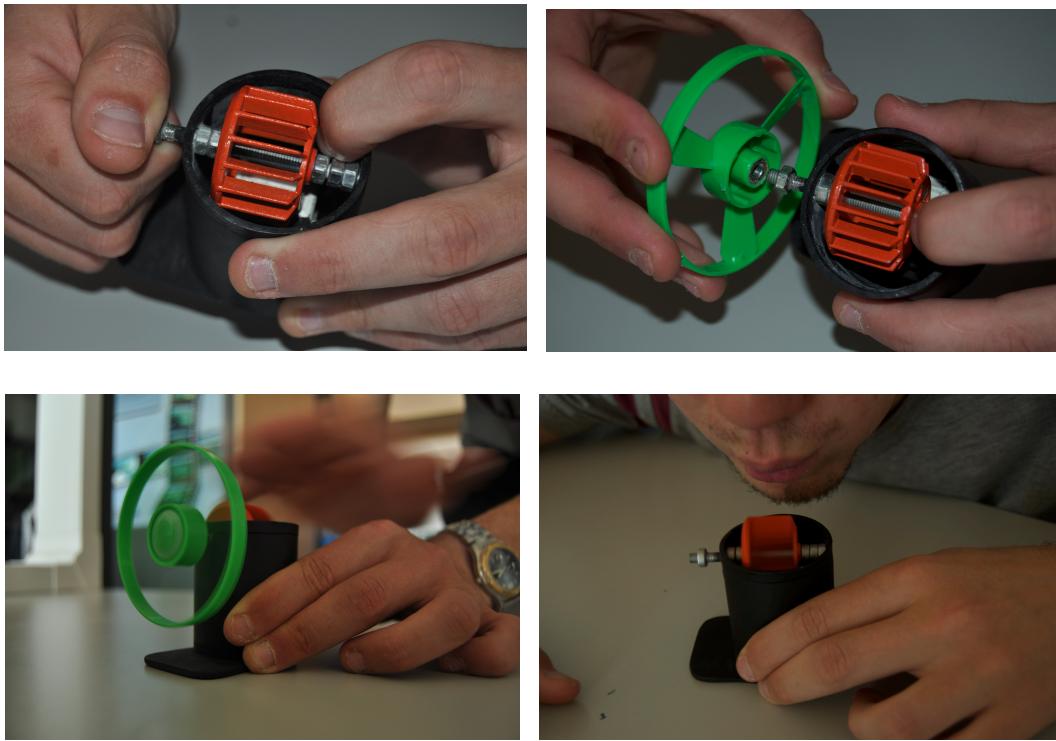


Imagen 4.25 Apriete y afloje de las tuercas (arriba izquierda), acople y desacople de la ruleta (arriba derecha) e interacción girando y soplando en la rueda naranja (abajo).

Comprobaciones en la mesa

Durante las primeras experimentaciones con la mesa, el token no se detectaba correctamente, era casi imperceptible por la cámara. Resultó que la ruleta inferior, la que transmitía el color blanco o negro a la cámara, quedaba excesivamente elevada de la superficie de la mesa, por lo que hubo que reducir dicha altura para optimizar la llegada de luz. Como se ha explicado anteriormente, fue en esta fase donde se comprobó que la proporción idónea de blanco y negro para lograr una velocidad reconocible por la cámara se obtenía pintando la mitad de la ruleta de blanco y la otra mitad de negro. Una vez corregidas la altura y la proporción de blanco y negro, su funcionamiento fue correcto (ver Imagen 4.26).



Imagen 4.26 Imágenes procesadas de Reactivision después de ser corregida.

Diseño del fiducial

- Requisitos

Se necesitaba poder calcular la orientación para conocer la dirección en que debía moverse el barco. Además, debería dejarse un espacio suficiente entre el *fiducial* y el *token* para la correcta detección de ambos.

- Diseño del fiducial

Se observó en el ventilador antiguo que, para calcular la orientación, podía hacerse mediante un *fiducial* que no fuese orientable y el *token* que aparecía en la base. De esta manera se crearía el vector de orientación. Para ello se diseñó un *fiducial* sin orientación sencillo, de código W012212 (ver Imagen 4.27). Se descartó el diseño de un *fiducial* en arco debido a la escasa superficie disponible en la base, que interferiría con seguridad con el *token* central.

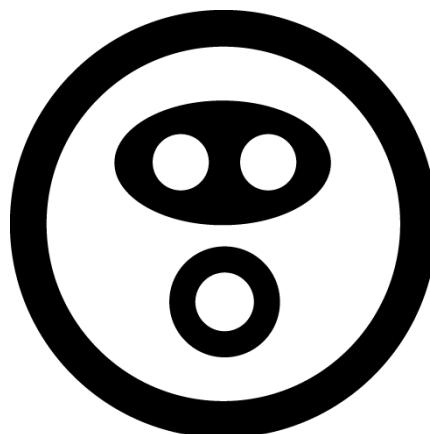


Imagen 4.27 Fiducial diseñado para el ventilador.

- Adaptación a la base del manipulativo

Resultó que en la base el espacio era mínimo, ya que el orificio del centro lo reducía considerablemente, no pudiendo respetar tampoco una distancia aceptable entre el *token* y el *fiducial*. Por ello hubo que ampliar la base para colocar el *fiducial*.

- **Comprobación:** Tras haber corregido la altura del *token*, y ampliado la base para colocar un *fiducial* suficientemente grande para su reconocimiento, la detección en Reactivision fue correcta. El *fiducial* era identificado con su número y al aparecer el *token* en la base se identificaba con F (ver Imagen 4.28).

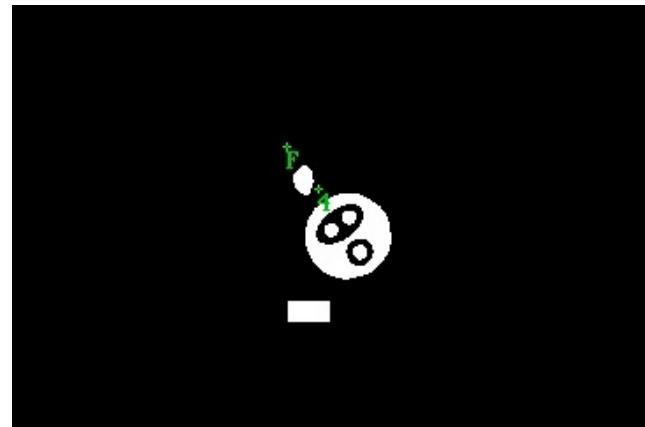


Imagen 4.28 Imagen procesada de Reactivision en la que se aprecia la correcta detección del fiducial y el token. El rectángulo blanco inferior corresponde a píxeles de ruido de la imagen.

Interfaz gráfica: modificación de la interfaz de juego de piratas

Al ser el rediseño de un elemento ya existente, ya tenía una interfaz gráfica creada, la del juego de piratas (ver apartado 3.4.3.5). Se crearon y modificaron algunos elementos que se consideraron susceptibles de mejora (ver Imagen 4.29).

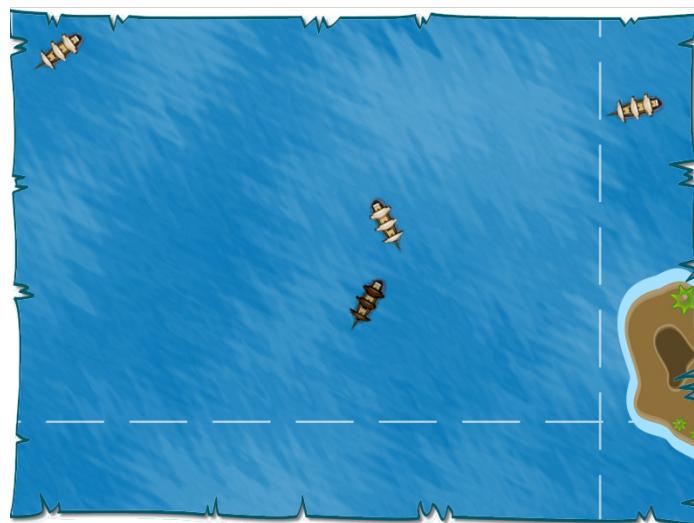


Imagen 4.29 Interfaz antigua del juego de piratas.

Entre ellos, se creó un nuevo fondo de agua que simulaba estar en movimiento, a través de un clip de vídeo hecho con Particle Illusion de ondas en movimiento superpuesto a una imagen de fondo con apariencia de mar hecha con Photoshop (ver Imagen 4.30). Luego se exportaría a Adobe Flash el conjunto de fotogramas para proyectar la animación de fondo en el videojuego.

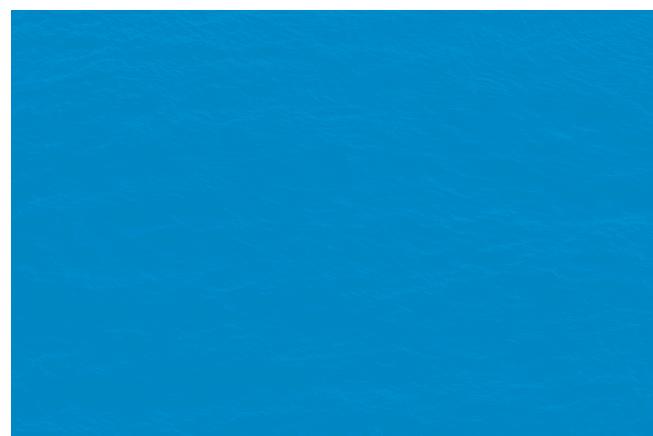


Imagen 4.30 Fondo para el juego de piratas.

También se creó un nuevo elemento para el videojuego, que consistía en un marcador para contar el número de tesoros encontrados. Hasta el momento los niños recogían tesoros de los barcos que destruían en el juego, pero no había un contador que permitiera contabilizarlos. Se realizó la imagen de un cofre dibujándola con una tableta gráfica en Adobe Illustrator. El pergamino se hizo en Adobe Photoshop, donde se compuso el conjunto, situando además una brújula que aportaba al jugador el conocimiento de la dirección en la que estaba navegando (ver Imagen 4.31).

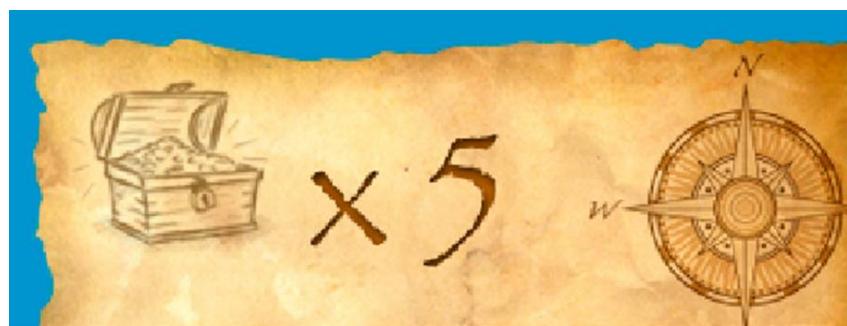


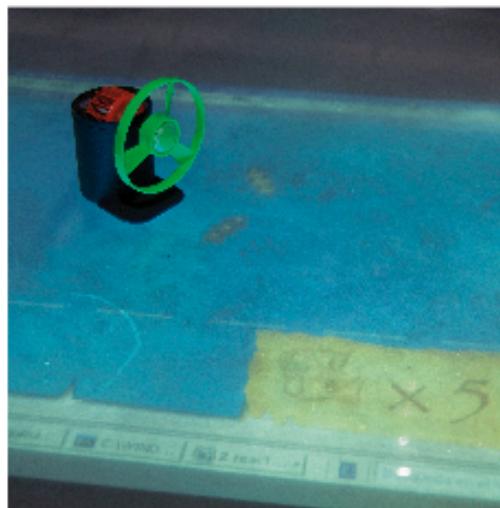
Imagen 4.31 Nuevo marcador para el juego de piratas.

Resumen

Nombre: Ventilador-soplador

Clase: Token-constrained
asociativo

Interacción: Al girar una ruleta o al soplar sobre ella, se produce una acción en la mesa.



Prototipo

Antiguo



Rediseño



Fiducial



Token



4.2.4 Pulsadores

Planteamiento y documentación

Este concepto surgió como consecuencia de querer estandarizar el pulsador de las naves del juego "asteroids" (apartado 3.4.3.2), para que sirviera también para otros juguetes (los ya existentes formaban parte inseparable de la nave). Lo que se propuso fue la separación del pulsador y el juguete, de tal manera que éste se pudiese acoplar y desacoplar según las necesidades del momento.

El requisito fundamental era que al pulsar se dejase ver un *token* en la superficie de la mesa, dejándose de ver al soltar el pulsador (ver Imagen 4.32). Otro requisito fue realizar dos pulsadores idénticos, ya que el juego "asteroids" era para dos jugadores.

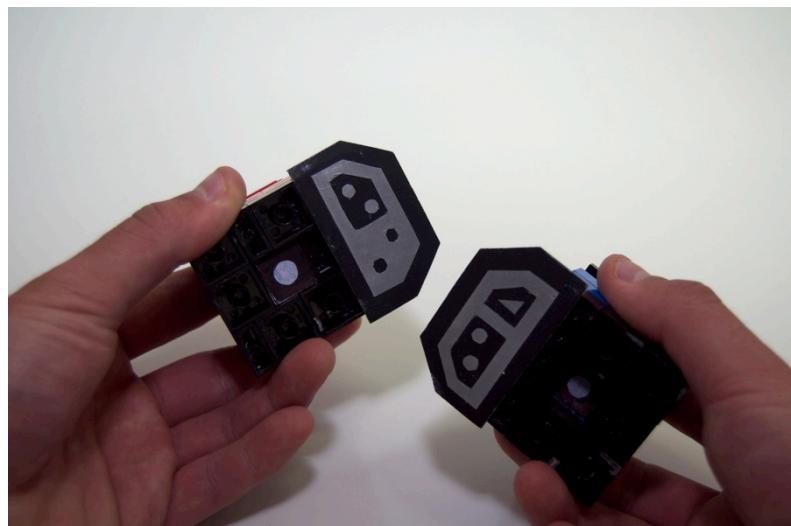


Imagen 4.32 Pulsadores de las naves antiguas pulsado (izquierda) y sin pulsar (derecha): eran parte inseparable del conjunto.

Fase creativa

Se idearon distintos mecanismos, entre ellos un mecanismo de abatimiento (ver Imagen 4.33) y un mecanismo de eje helicoidal (ver Imagen 4.34). El mecanismo helicoidal fue el elegido dada su sencillez y eficacia. El mecanismo se introduciría en un cilindro cuyas dimensiones se estandarizarían para hacerlo intercambiable con distintas carcasa de juguetes.

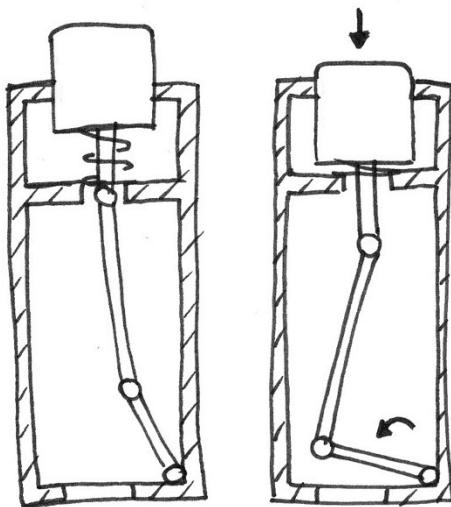


Imagen 4.33 Concepto de pulsador, que muestra el token mediante un sistema abatible.

En dicho mecanismo, al accionar el pulsador, un eje helicoidal produce un giro, que deja ver el token en su base, y al soltar recupera su posición inicial gracias a un muelle, dejándose de ver el token (ver Imagen 4.34).

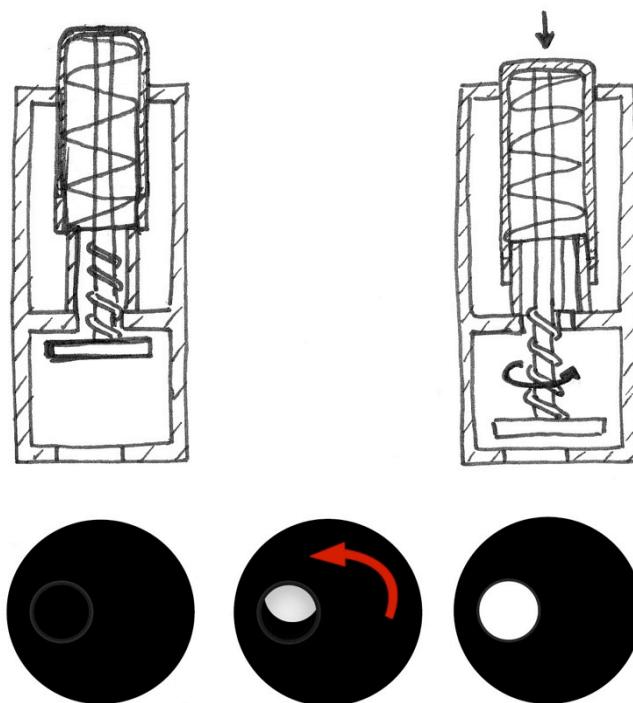


Imagen 4.34 Pulsador con mecanismo de eje helicoidal sin pulsar (izquierda) y pulsado (derecha). Abajo, visualización del token.

Este mecanismo resultó ser el más eficaz, ya que con este sistema se consigue el reconocimiento de la pulsación solamente cuando se llega al tope y se ve el *token* completo, y no antes, evitando así disparos en el juego antes de terminar de pulsar el usuario.

Fabricación

Se decidió realizar el prototipo utilizando un mecanismo similar al definido en la fase creativa e introduciéndolo en una carcasa hecha con PVC.

Dada la similitud, se partió del mecanismo de unos ceniceros cuya tapa giraba mediante un eje helicoidal, adaptándolos a la forma cilíndrica y quitando los rodamientos internos para evitar que girasen libremente. Para ello se cortaron y lijaron mechanizándolos con la dremel (multiherramienta) y se acopló el *token* en su base, pegándolo en un círculo de PVC espumado cortado a la medida (ver Imagen 4.35 izquierda).

Se cortó tubo de PVC en dos trozos, de tal manera que se pudiera apoyar el mecanismo en uno de ellos y cerrarlo con el otro. Después se unió el conjunto (ver Imagen 4.35 derecha), tapándolo con dos tapas cortadas en PVC espumado, a una de las cuales se le practicó un orificio descentrado para mostrar el *token* en la base. Se enmasilló, lijó y pintó el conjunto.



Imagen 4.35 Mecanismo adaptado con el token (izquierda), y conjunto listo para ensamblar (derecha).

Comprobaciones en la mesa

Se comprobó la detección del *token* en NIKVision. Éste se detectaba correctamente, identificándolo con la F que Reactivision le asigna al *token* al detectarlo (ver Imagen 4.36).

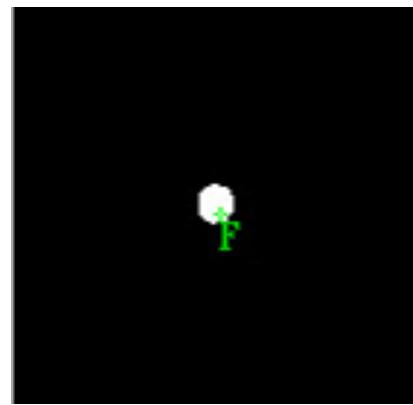


Imagen 4.36 Identificación del token en Reactivision.

Diseño del fiducial

En este caso, se decidió desde un primer momento que el *fiducial* lo llevarse el juguete en cuestión, y no el pulsador, por lo que no se hizo un diseño del mismo. El pulsador añadirá sin más el *token* que marque el disparo o la acción de que se trate (ver Imagen 4.37).



Imagen 4.37 Token del pulsador (círculo blanco de la base).

Resumen

Nombre: Pulsador

Clase: Token-constrained
asociativo

Interacción: Al pulsarlo se hace visible el token en la mesa, lo que permite realizar acciones tales como disparos.



Prototipo

Antiguo



Rediseño



Token



4.2.5 Naves

Planteamiento y documentación

Se propuso el rediseño de las naves del juego "asteroids" (ver apartado 3.4.3.2). Este elemento sería en realidad la carcasa del juguete que debería alojar al pulsador (apartado anterior). Hasta el momento las naves existían como prototipo funcional hecho con Lego® (ver Imagen 4.38).

Uno de los requisitos era realizar dos naves, permitiendo así el juego a dos usuarios. Se decidió que éstas fueran formalmente idénticas, para asociarlas al mismo juego, pero que se diferenciasen el algún aspecto, por ejemplo el color. También se debía simplificar la forma y hacerla a ser posible de una pieza, ya que éste juego era para niños, reduciendo así posibles accidentes y roturas del juguete. Además, deberían ser ergonómicas.

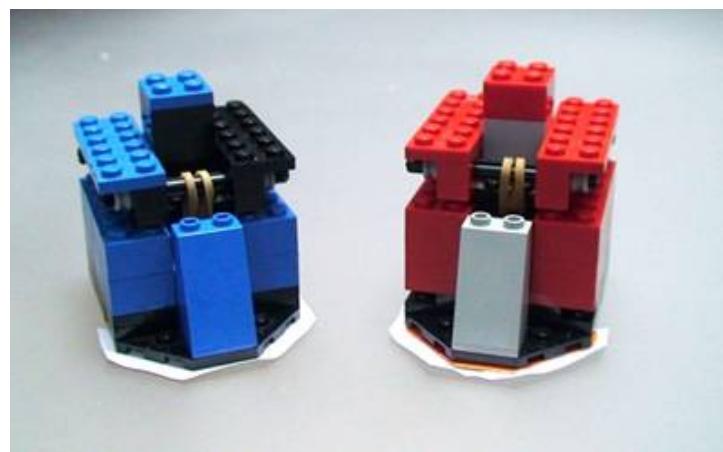


Imagen 4.38 Prototipos de las naves hechas con Lego®.

Fase creativa

Durante esta fase surgieron tres conceptos diferentes de naves. El primero de ellos era un modelo más realista, que se descartó porque contenía varias esquinas en punta, lo que suponía cierto riesgo al ser utilizado por niños (ver Imagen 4.39).

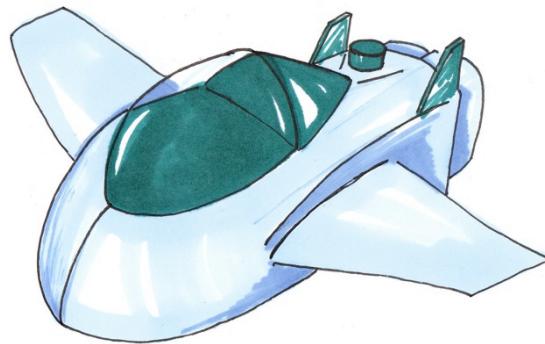


Imagen 4.39 Primera alternativa para la nave.

El segundo consistía en una nave más futurista, simplificada y con formas curvas y redondeadas (ver Imagen 4.40).

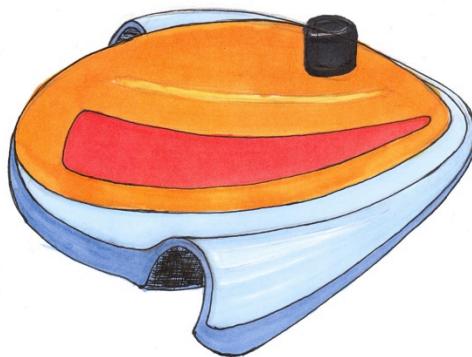


Imagen 4.40 Segundo concepto de la nave.

El tercer concepto, era una nave más clásica, también de formas simples y redondeadas (ver Imagen 4.41), que finalmente se desarrolló.



Imagen 4.41 Tercera alternativa para la nave (elegida).

Este último concepto se adaptaba muy bien a la mano del usuario, ya que la forma de la parte superior recordaba a un ratón de ordenador, sobresaliendo el pulsador en su parte delantera. Para encajar el pulsador se ideó un sistema de patillas curvas, que encajarían entre sí al introducirlo y girarlo, pudiendo así dejarlo asegurado en una posición fija, y sacarlo girando nuevamente.

Además, se decidió invertir los colores utilizados en una y otra nave, de manera que permitiera diferenciar dos usuarios pero manteniendo la misma línea, para asociarlas a un mismo juego.

Fabricación

Modelado

Antes de construir los prototipos, se realizó el modelado 3D de las naves en Autodesk Inventor, para verificar la forma final y tener una referencia durante su fabricación. Además, se realizaron pruebas de color para elegir la opción más adecuada y atractiva (ver Imagen 4.42).

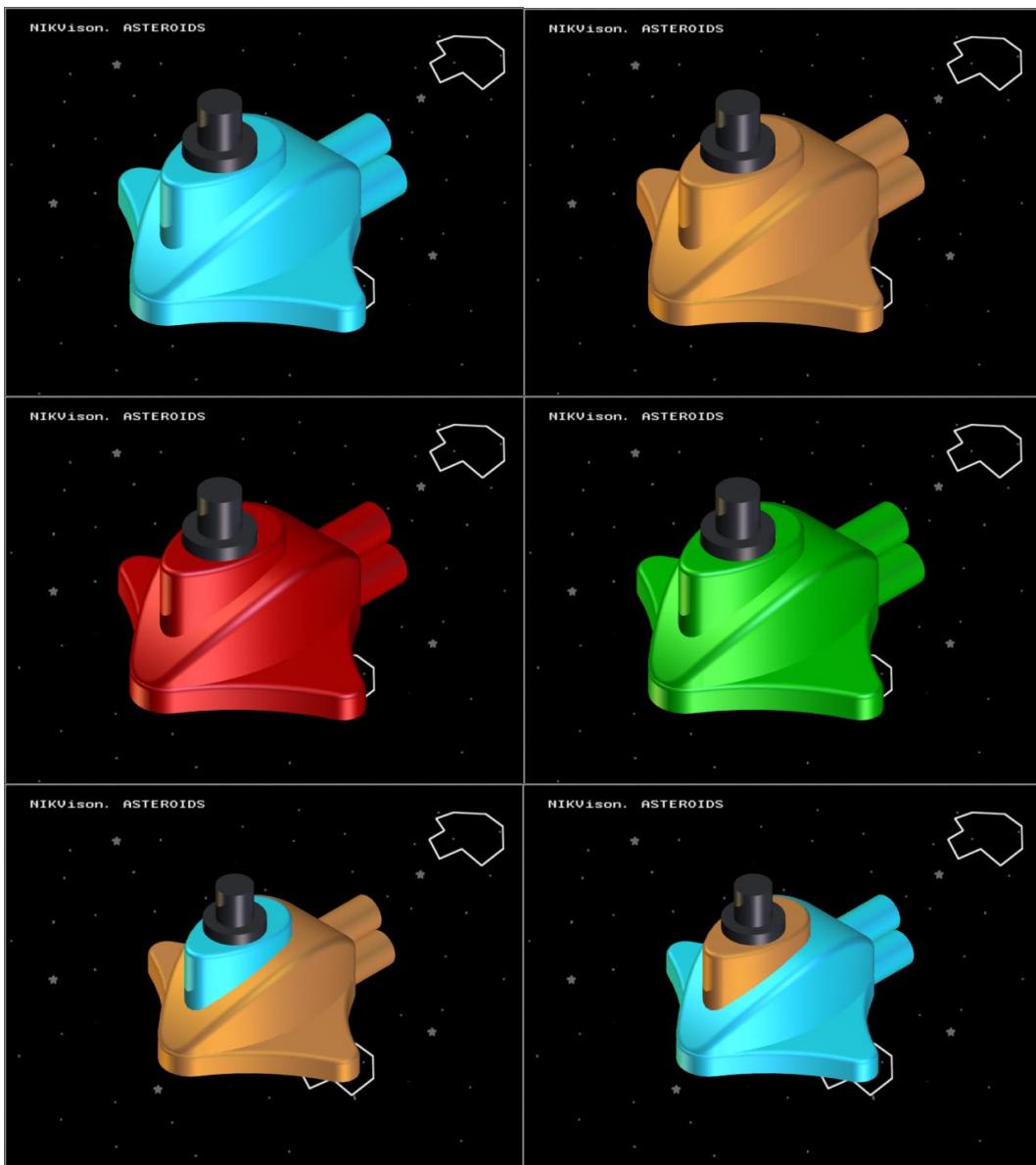


Imagen 4.42 Pruebas de color con el modelado de las naves.

Se eligieron las últimas porque de esa manera, al utilizar dos colores complementarios e invertirlos en cada nave, se asociarían perfectamente las dos naves al mismo juego, pero diferenciando la de cada jugador.

Proceso de fabricación

Se decidió fabricarlas en madera DM, porque su mecanizado resultaba sencillo, permitía obtener las curvas de la pieza, la textura del acabado era lisa y se conseguía un resultado más duradero.

En un primer momento, se cortó la silueta de la base de las alas en un tablero del espesor correspondiente con una sierra de calar (ver Imagen 4.43 izquierda), y se lijaron los cantos adaptando la forma. Se cortó la parte superior con sierra de calar, de manera aproximada, consiguiendo el espesor necesario superponiendo dos tableros de DM, se unieron a la base, y se fue lijando hasta conseguir las curvas del modelo realizado en Inventor. Se realizó el agujero que alojaría más tarde al pulsador (ver Imagen 4.43 derecha), se cortaron tubos de PVC para hacer los propulsores traseros, se enmasillaron todas las uniones, y se lijaron hasta conseguir un acabado perfecto. Por último, se fijaron las patillas de fijación del pulsador, realizadas en PVC, y se pintó el conjunto con sprays.



Imagen 4.43 Proceso de fabricación con DM. Corte con una sierra de calar (izquierda) y taladrado (derecha).

Comprobaciones en la mesa

Al haber comprobado previamente los pulsadores, no cabía esperar ningún tipo de fallo por parte de las naves, ya que desde un punto de vista funcional no aportaban nada nuevo. Por tanto, la comprobación con las naves se limitó a probar su interacción con el tabletop acoplándoles un pulsador (ver Imagen 4.44).



Imagen 4.44 Pruebas de las naves con sus pulsadores en el juego Asteroids.

Diseño del fiducial

- Requisitos

En este caso se requería diseñar dos *fiduciales*, ambos orientables para calcular la orientación de las naves en el software del juego. Deberían ser lo suficientemente grandes y estar lo suficientemente separados del *token* del pulsador para su correcta detección. Los dos *fiduciales* deberían ser diferentes, para reconocer cada nave por separado. Otro requisito importante era que el centro del *fiducial* y el *token* estuviesen correctamente alineados, ya que en la dirección que marcase su vector sería en la dirección que llevaría el disparo.

- Diseño del fiducial

Para una de las naves se acopló el *fiducial* orientable más sencillo posible, de código W0121 (ver Imagen 4.45 izquierda). Se optó por una forma alargada ya que se adaptaba muy bien a la forma de la base, dejando una distancia adecuada al *token*. El segundo *fiducial* resultó de añadir un nodo circular a los dos niveles del anterior, cuyo código por tanto será W012211 (ver Imagen 4.45 derecha).

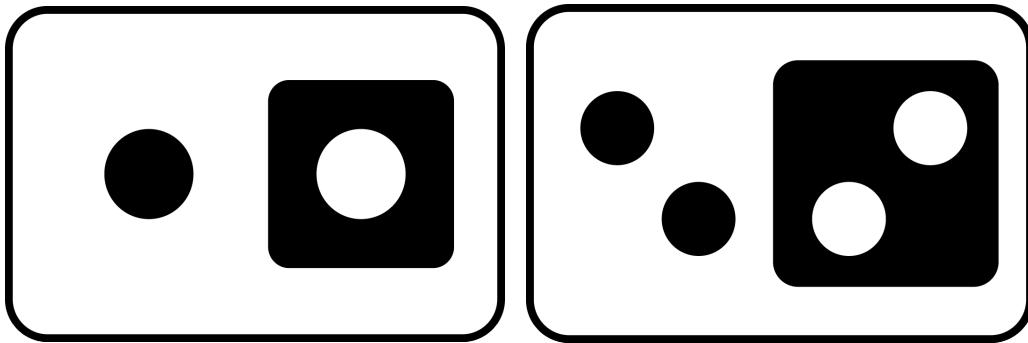


Imagen 4.45 Fiduciales orientables de la primera (izquierda) y la segunda nave (derecha).

- Adaptación a la base del manipulativo

Se realizaron los *fiduciales* del tamaño más grande posible que se adaptase correctamente a la superficie de la base de las naves. El espacio de la base era suficientemente grande como para albergar cada *fiducial* sin tener que ser modificada (ver Imagen 4.46).



Imagen 4.46 Fiducial acoplado a la base de una de las naves.

- Comprobación

Se comprobó la detección de ambos *fiduciales* y de los *tokens* de los pulsadores al ser pulsados. La detección en Reactivision de todos los elementos fue correcta (ver Imagen 4.47).

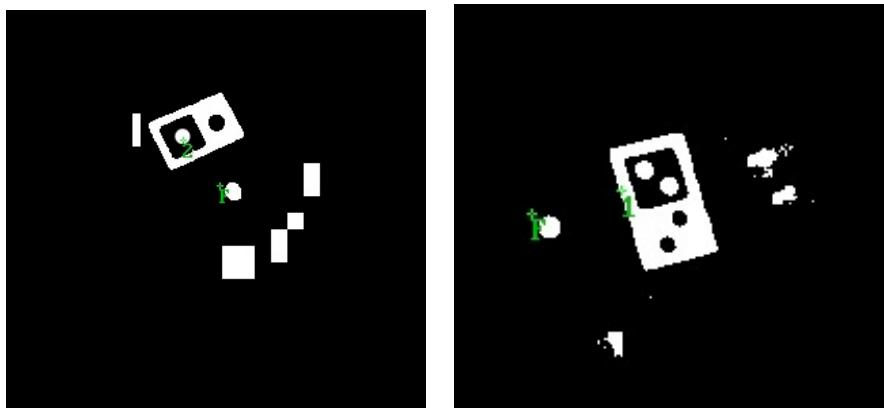


Imagen 4.47 Imágenes procesadas de Reactivision de ambos fiduciales con sus tokens. Las manchas blancas de alrededor corresponden a píxeles de ruido.

Interfaz gráfica: rediseño del juego Asteroids

Para las naves ya existía una interfaz gráfica, el juego “asteroids” (apartado 3.4.3.2). Se decidió rediseñar la interfaz gráfica del juego “asteroids” (ver Imagen 4.48), haciéndola más acorde con el nuevo diseño de naves llevado a cabo.

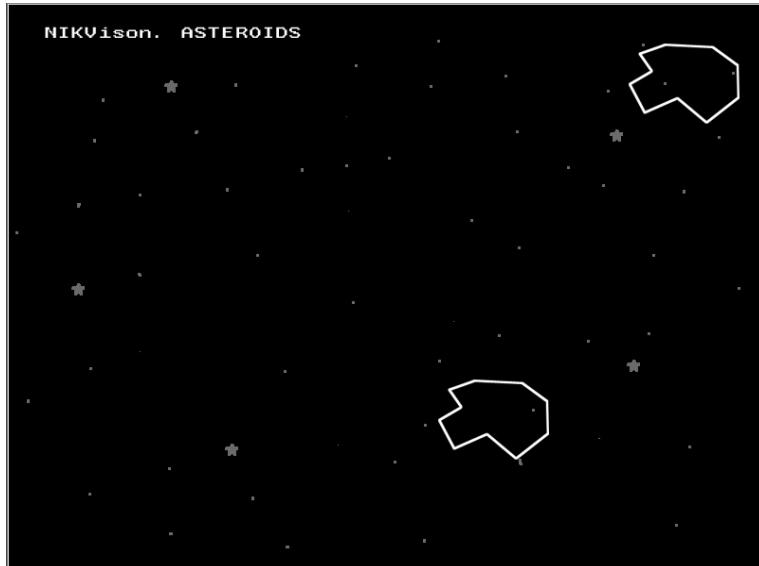


Imagen 4.48 Interfaz gráfica antigua del juego.

Un requisito impuesto fue que los asteroides conservaran su forma para mantener una línea “retro”, que era la estética seguida en el juego original. Para ello se creó un nuevo fondo del videojuego, hecho en Adobe Photoshop mediante un filtro de nubes de diferencia, para conseguir un aspecto espacial. Esta imagen plana se exportó a Particle Illusion (ver Anexo 2), un

simulador de partículas con gran variedad de opciones, sobre la cual se crearon unas estrellas que parpadeasen de manera alternada, para crear un efecto visual de movimiento en el fondo. (ver Imagen 4.49).

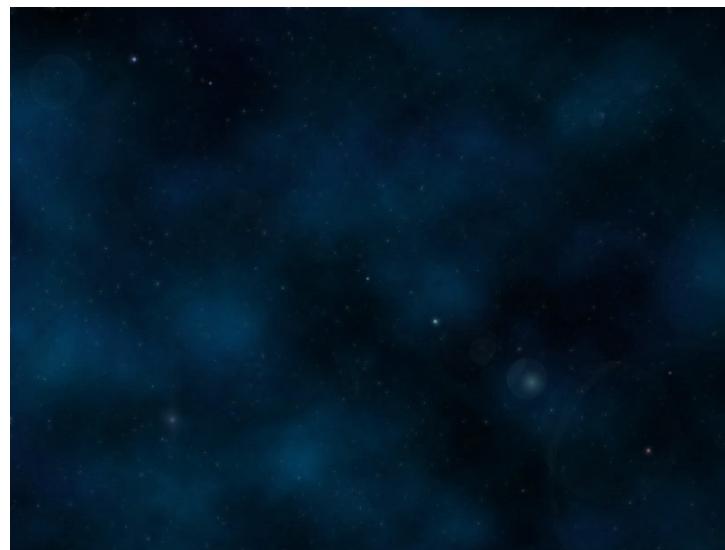


Imagen 4.49 Fondo creado para el juego Asteroids.

Se crearon otros clips de película con Particle Illusion para superponer, de manera aleatoria, sobre el fondo. Entre ellos un cometa y una nube que iban recorriendo el fondo espacial. Con este mismo programa se realizó otro clip de película que consistía en una llamarada de fuego azul para proyectar bajo los propulsores de las naves, de manera que diese mayor realismo a las naves a medida que se iban desplazando sobre la superficie de la mesa (ver Imagen 4.50).

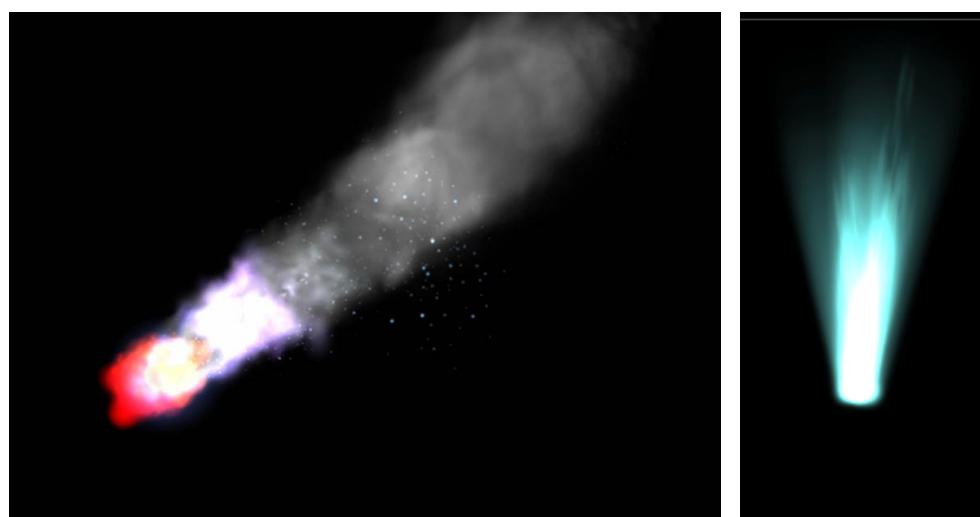


Imagen 4.50 Animación de un cometa (izquierda) y de los propulsores de las naves (derecha) mediante Particle Illusion.

Además, se generaron dos animaciones utilizando el mismo simulador de partículas, para crear los clips de vídeo de dos explosiones. Una de ellas, la de tonos naranjas, sería la explosión que se proyectaría cuando uno de los asteroides grandes se rompiera liberando otros dos pequeños, y la azulada sería la que se proyectase cuando un asteroide pequeño fuese destruido. Para ello se introdujeron en la animación partículas creadas con forma de fragmentos de asteroide, y se modificaron aspectos del emitter tales como el color, tamaño, vida de las partículas, etc. (ver Imagen 4.51).

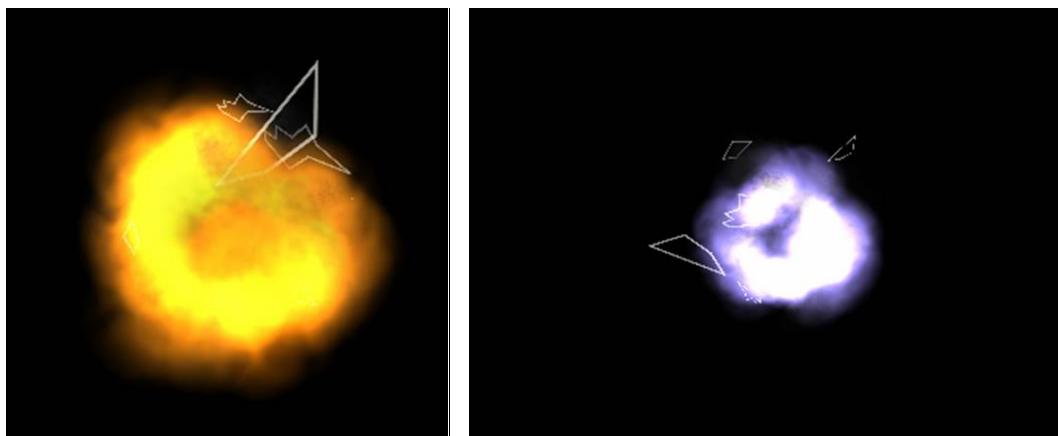


Imagen 4.51 Animación de explosiones mediante Particle Illusion.

Toda animación creada se exportó a Adobe Flash en bloques de fotogramas, que posteriormente, a través de eventos, se seleccionarían para aparecer en el videojuego en los momentos con las acciones adecuadas.

Resumen

Nombre: Naves

Clase: Named

Interacción: Carcasas de juguetes. Cada una ha de contener un pulsador.



Prototipo

Antiguo



Rediseño



Fiducial



4.3 Diseño de nuevos juguetes

Con el fin de cumplir el objetivo de crear nuevas formas de interacción y de crear elementos que puedan actuar como dispositivos de salida (*displays*), se crearon nuevos conceptos de manipulativos.

4.3.1 Semáforo

Planteamiento y documentación

Se planteó realizar un semáforo para el juego de tráfico (apartado 3.3.3.4) ya existente (ver Imagen 4.52), utilizando fibra óptica.



Imagen 4.52 Juego de tráfico ya existente.

Gracias al uso de este material, la luz emitida por el proyector, se podría mostrar en un plano diferente al de la superficie de la mesa. De esta forma, se podría abordar por primera vez en NIKVision el uso de elementos tangibles de tipo *display*, que funcionasen como salidas de información visual.

Para realizar este concepto, se necesitó realizar una búsqueda de información centrada en las características de la fibra óptica, sus propiedades físicas y el modo en que se puede manufacturar (ver apartado 3.5), ya que era la primera vez que, tanto los proyectandos como el GIGA, hacía uso de este material.

Tras el estudio general del material se analizó en detalle el trabajo de Patrick Baudisch, Torsten Becker y Frederik Rudeck con Lumino [16], un ejemplo de uso de fibra óptica en un tabletop (ver apartado 3.5).

En dicho trabajo había conceptos interesantes pero en nuestro caso la finalidad del uso de la fibra óptica era diferente. Se quería transmitir la luz desde la superficie de la mesa hasta otro plano, en vez de transmitir la luz reflejada por los fiduciales situados a cierta altura, a la superficie de la mesa (caso de Lumino).

Fase creativa

Se partía de la forma genérica de un semáforo real. Con esta forma se tenía claro que el haz de luz de la mesa, entraría por la base del semáforo y saldría por la "bombilla" (ver Imagen 4.53).

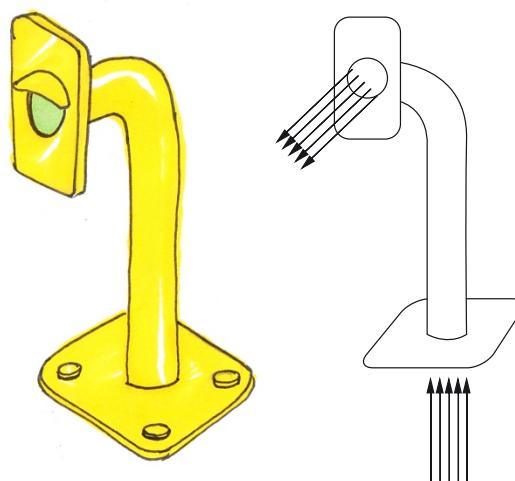


Imagen 4.53 Concepto para el semáforo, en el que la luz entra por la base y sale por la bombilla.

Se decidió simplificar el semáforo a una sola bombilla, ya que desde el punto de vista funcional no cambiaba nada y, sin embargo, para realizarlo con tres hubiesen hecho falta tres manojos de fibra óptica con el consiguiente incremento del tamaño de la base para poder proyectarlos por separado.

Se pensó en las diferentes formas de fabricar la trayectoria de la fibra óptica. Una de las opciones era realizarlo con tubo rígido, cortándolo a inglete, hasta tener un forma de "L" (ver Imagen 4.54 izquierda). Esta alternativa se descartó porque la pieza estaría formada por tres piezas, cuyas fibras deberían coincidir exactamente, para que la imagen no se distorsionara. Aun así, seguramente se perderían haces de luz en las uniones, restando luminosidad.

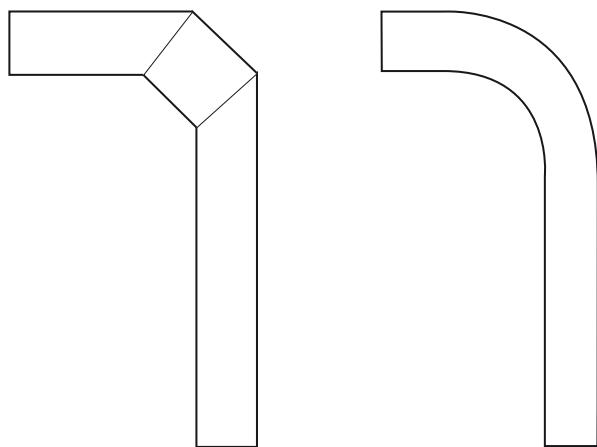


Imagen 4.54 Forma del tubo compuesta por tres partes cortadas a inglete (izquierda) y forma conseguida gracias al tubo flexible de silicona (derecha).

La otra opción, que finalmente fue elegida, era utilizar tubo de silicona flexible. Aprovechando la flexibilidad de la fibra óptica plástica, se puede transmitir la luz, siempre que el ángulo no llegue a 90° (ver Imagen 4.54 derecha).

Fabricación

Modelado

Al igual que con la naves (apartado 4.2.5) se realizó el modelado para definir la estética. Se realizaron pruebas de color para elegir la opción más adecuada y atractiva (ver Imagen 4.55).



Imagen 4.55 Pruebas de color con el modelado del semáforo.

Proceso de fabricación

La fabricación del prototipo, se basó en el método utilizado en el proyecto de Lumino [16].

Para la realización del prototipo, se utilizó fibra óptica plástica para transmitir la luz, tubo de silicona, en el que se introdujeron las fibras y resina epoxy, para convertir el manojo de fibras en un bloque compacto. Además se empleó PVC espumado para la crear la base y la cabeza.

Se comenzó cortando el tubo de silicona a la medida deseada. Se hizo lo mismo con las fibras ópticas hasta tener la cantidad necesaria para poder llenar el tubo. Con unos pequeños golpes se ordenaron las fibras. Se inyectó resina epoxy llenando los huecos que hubiera entre las fibras con una jeringuilla. Como la resina epoxy es de secado lento, se aprovechó cuando aun no había secado para darle la curva deseada. Se mantuvo con esa forma durante todo el proceso de secado; de esta manera, una vez seco, quedaría el tubo curvado sin volver a recuperar la posición inicial (ver Imagen 4.56). Una vez se tenía el tubo con la forma deseada, se pulieron los extremos de fibra.



Imagen 4.56 Fibra óptica introducida en un tubo de silicona flexible, forzando la forma que se desea que permanezca tras el secado de la resina epoxy.

Con el tubo ya acabado, se completó la forma del semáforo con piezas de PVC espumado. Se cortaron la base y la cabeza, por donde se visualiza la luz. Se pintaron por separado y se pegaron.

Comprobaciones en la mesa

Para poder comprobar el correcto funcionamiento se necesitó proyectar un círculo de color justo en la base del semáforo. Utilizando un fiducial todavía sin adaptar, se desarrolló un pequeño programa que proyectase los círculos rojo, verde y ámbar alternativamente en la base del semáforo.

Gracias a esta prueba, se pudo comprobar que la visibilidad de la luz del semáforo no era del todo buena, ya que dada la escasa altura de la mesa, el usuario ve el *display* desde arriba. Por ello se modificó el ángulo de emisión de la luz cortando el tubo, para que la luz no se emitiera en dirección paralela a la superficie de la mesa, sino con un cierto ángulo que permitiera verla mejor desde la perspectiva del usuario (ver Imagen 4.57).

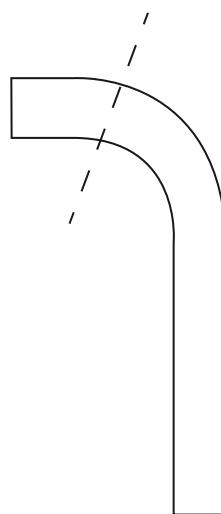


Imagen 4.57 Arreglo del semáforo cortando el tubo oblicuo para mejorar la visualización desde la posición del usuario.

Diseño del fiducial

- Requisitos

Además de indicar la posición exacta donde debían proyectarse los círculos de colores, debía de indicar en qué orientación estaba el semáforo para poder detectar cuando el coche lo hubiera sobrepasado.

- Diseño del fiducial

El planteamiento del *fiducial* para este prototipo fue diferente. Había que comprobar cómo la cámara infrarroja (IR) y el software Reactivision veían e interpretaban el círculo de fibra óptica del centro de la base. Se comprobó que lo reconocía como una mancha uniforme de color negro, ya que la luz emitida no era reflejada hacia la cámara IR. Ésta

circunstancia permitió aprovechar el círculo central para diseñar el *fiducial* (ver Imagen 4.58). Su árbol es W01212111.

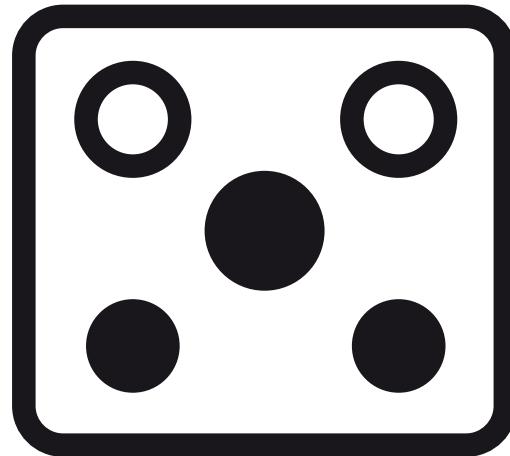


Imagen 4.58 Diseño del fiducial del semáforo con círculo negro en el centro.

- Adaptación a la base del manipulativo

El *fiducial* se colocó en la base con el punto negro central encima del manojo de fibra óptica. Este círculo del fiducial se recortó para permitir que pasase la luz por la fibra (ver Imagen 4.59), sin embargo, como se ha dicho, la fibra se ve negra en Reactivision, por lo que sigue teniendo el mismo aspecto para la cámara.

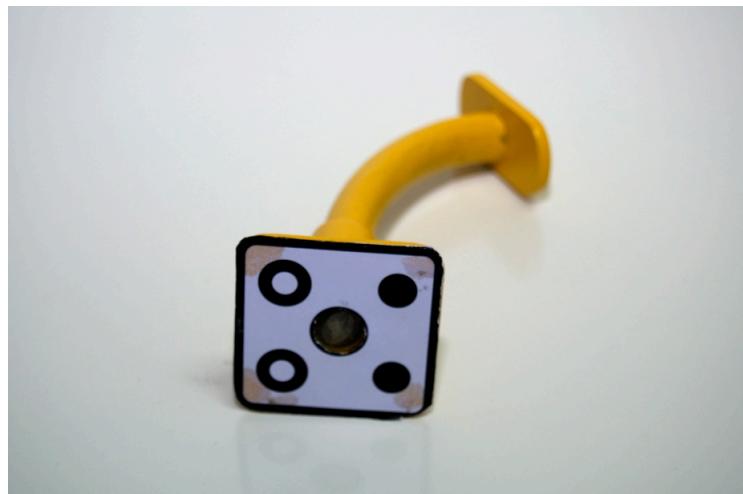


Imagen 4.59 Fiducial adaptado a la base del semáforo, con agujero en el círculo central que deja ver la fibra óptica.

- Comprobación

Al realizar la comprobación, Reactivision interpretó perfectamente el *fiducial* con la fibra óptica en el centro (ver Imagen 4.60). En la imagen

se identifica con un 0. Las manchas de debajo son algo totalmente normal (ruido) imposible de evitar.

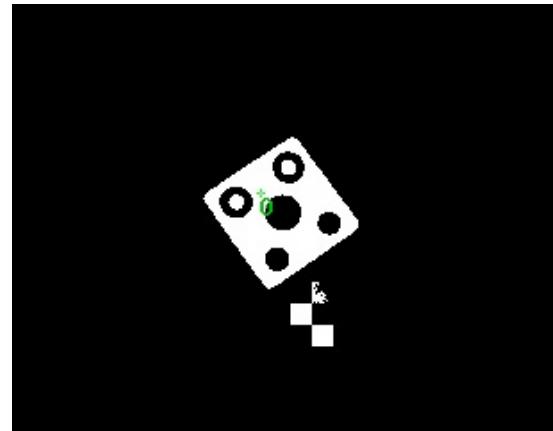


Imagen 4.60 Imagen procesada por Reactivision del fiducial del semáforo.

Interfaz gráfica

Pese a ser un *manipulativo* nuevo de tipo *display*, se disponía de la interfaz creada para el juego de tráfico (apartado 3.4.3.4)(ver Imagen 4.61).



Imagen 4.61 Interfaz ya existente del juego de tráfico.

Sobre este escenario, simplemente había que proyectar los círculos verde, ámbar y rojo, que cambiaban con el paso de los segundos en un bucle de verde a ámbar, de ámbar a rojo y de rojo a verde, gracias a una animación muy sencilla realizada en Adobe Flash (ver Imagen 4.62). Estos círculos se proyectan bajo la base del semáforo, siendo visibles únicamente a través de la fibra óptica.



Imagen 4.62 Proyección de círculos en la posición del semáforo.

Resumen

Nombre: Semáforo

Clase: Display

Interacción: El semáforo

muestra un punto de color a
través de la fibra óptica



Prototipo



Fiducial



4.3.2 Display

Planteamiento y documentación

Se estudió, con los conocimientos ya adquiridos en la realización del prototipo del apartado 4.2.1, realizar un *display* de fibra óptica, con la función de poderlo acoplar a un juguete y mostrar las imágenes proyectadas sobre la mesa en un plano diferente, integrándose dicha imagen en el juguete.

Hasta entonces se había trabajado con fibra óptica para proyectar colores, pero no una imagen con contornos. En este caso se quería proyectar cualquier tipo de imagen, por lo que la ordenación de las fibras ópticas era un requisito fundamental para no distorsionar la proyección.

Se aplicó toda la información recopilada en el apartado 4.3.1, el empleo de fibra óptica en *tabletops*, sus propiedades y la forma de manufacturarla.

Fase creativa

Se mantenía la forma cilíndrica para poder introducirlo en el resto de juguetes, pero se decidió realizar un corte de 45° en un extremo para mejorar la visibilidad desde el punto de vista del usuario, ya que sin el corte, debería mirarse desde encima para poder visualizar bien la imagen proyectada (ver Imagen 4.63).



Imagen 4.63 Concepto de display.

Fabricación

El proceso de fabricación fue muy similar al realizado en el apartado 4.3.1. Las diferencias principales eran que las fibras esta vez estaban rectas y que el diámetro a llenar con fibra óptica era mucho mayor, por lo que se utilizó fibra de 1 mm de diámetro, el doble que la utilizada en el apartado 4.3.1. Además de la fibra óptica de 1 mm, se empleó tubo de PVC para alojar el manojo de fibras y resina epoxy para unir y dar consistencia a las fibras.

Al ser fibras más gruesas se realizaron pruebas con diferentes métodos de corte. Se probó con una sierra de cinta, una guillotina, un cutter y, por último, con un cincel. Este último fue el método elegido, ya que se conseguían cortes rectos conservando todas las fibras juntas y del mismo tamaño (ver Imagen 4.64).



Imagen 4.64 Proceso seguido para cortar la fibra óptica.

También se probaron diferentes métodos para unir las fibras. Inicialmente se hicieron pruebas con pistolas de silicona. El resultado no fue el deseado, ya que al ser un adhesivo en caliente y las fibras ópticas plásticas, éstas se fundían. Por ello se retomó el uso de resina epoxy.

Primero se llenó el tubo de PVC con la fibra óptica (ver Imagen 4.65). Se dieron golpes sobre la mesa para ordenar las fibras. Se comprobó que estaban ordenadas visualizando un patrón. Una vez ordenadas, se terminaron de meter algunas fibras en los huecos que quedasen.



Imagen 4.65 Introducción de fibras ópticas en el tubo de PVC.

Se aplicó resina epoxy, dejando que cayera por su propio peso entre las fibras (ver Imagen 4.66). Una vez seco se realizó el corte a 45° con la sierra de cinta y se volvió a llenar con resina epoxy para igualar la superficie.



Imagen 4.66 Aplicación de resina epoxy.

Finalmente, se realizó el pulido en las dos superficies (ver Imagen 4.67).



Imagen 4.67 Pulido de las superficies de fibra óptica.

Comprobación en la mesa

En las pruebas en la mesa se obtuvieron resultados muy a tener en cuenta en futuros diseños.

En el diseño inicial la base se situaba en dirección perpendicular a la mesa y era el extremo superior el cortado a 45° . Se supuso que, al estar la superficie inclinada, se vería perfectamente desde la perspectiva del usuario. La prueba demostró lo contrario. Para poder ver perfectamente la imagen había que situarse justo encima del display (ver Imagen 4.68). Esto es debido a que los haces de luz rebotan en las paredes de la fibra óptica, siguiendo así la trayectoria de la fibra. Al salir los haces de luz, éstos siguen la dirección con la que entraron en la fibra, ya que en el extremo final no rebotan, por lo que, aunque el extremo esté a 45° la luz sigue la dirección que había tomado en la fibra.

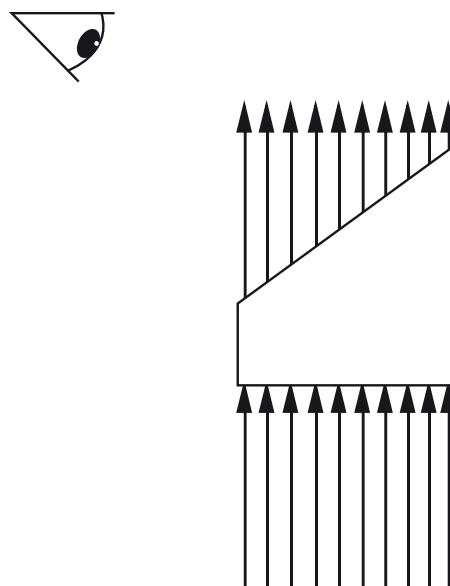


Imagen 4.68 La luz sigue en dirección vertical, alejándose de la perspectiva del usuario.

La solución que se adoptó fue cambiar la orientación de la base, entrando de esta manera los haces de luz con la inclinación deseada. Con esto conseguíamos que se viera perfectamente desde la perspectiva del usuario (ver Imagen 4.69). Sin embargo la luminosidad no era total, debido a que la luz proyectada iba en dirección vertical y las fibras estaban en dirección oblicua, por lo que la mayoría de los rayos no llegaban a entrar en la fibra, porque no llevan el ángulo necesario, el llamado cono de aceptación (apartado 3.5) (ver Imagen 4.70).

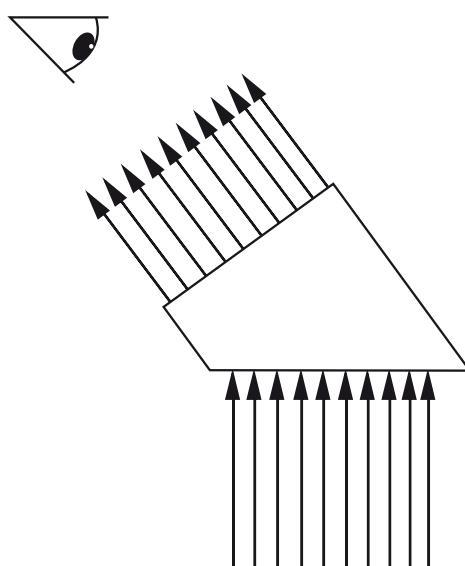


Imagen 4.69 La luz sigue la dirección oblicua de las fibras, haciéndose más visible para el usuario.

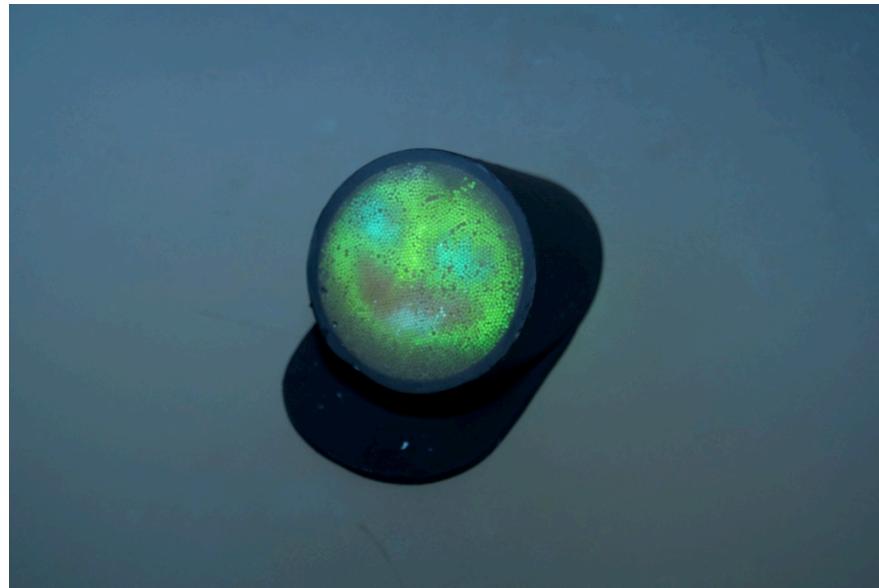


Imagen 4.70 Visualización de una imagen a través del display.

Diseño del fiducial

- Requisitos

El *fiducial* debía de ser orientable para proyectar la imagen en el sentido correcto.

- Diseño del *fiducial*

Al no tener prácticamente requisitos ni limitaciones de espacio, se diseñó el *fiducial* más simple posible que permitiese detectar la orientación. Este *fiducial* se codifica como W0121.

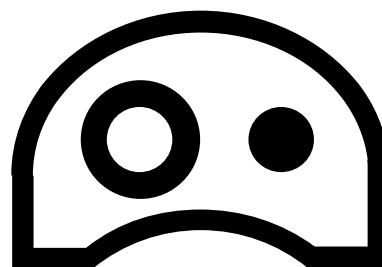


Imagen 4.71 Fiducial orientable simple para el display.

- Adaptación a la base del manipulativo

Se realizó una base donde colocar el *fiducial* para poder emplear el *display* sin ninguna carcasa. Se adaptó la figura del borde del *fiducial* a la forma de la base.



Imagen 4.72 Fiducial con la forma de la base del display.

- Comprobación

Esta forma no dio ningún problema y Reactivision lo identificaba perfectamente como se muestra en la Imagen 4.73.

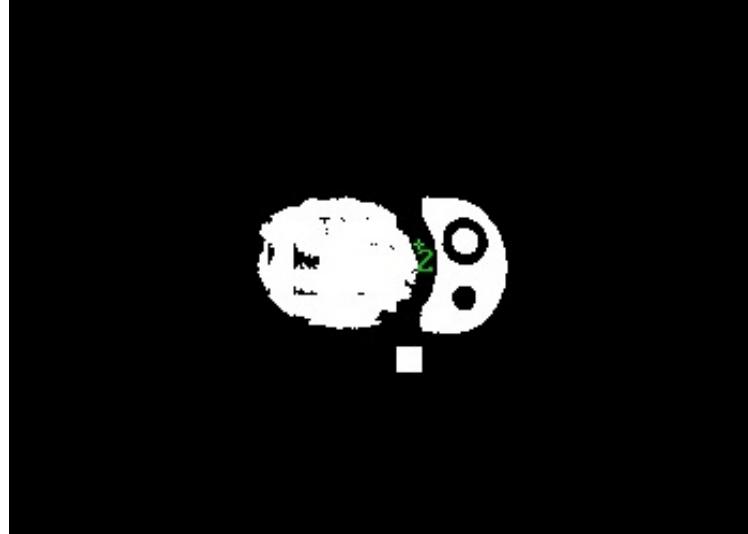


Imagen 4.73 Imagen procesada del fiducial del display.

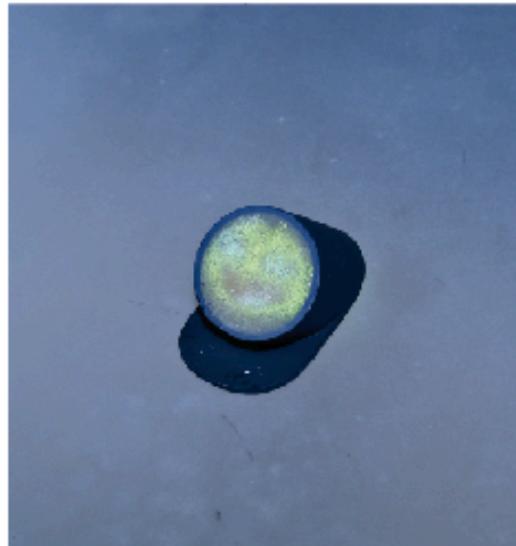
Resumen

Nombre: Display

Clase: Display

Interacción: Muestra

cualquier imagen en un
plano distinto al de la mesa



Prototipo



Fiducial



4.3.3 Selector / Regulador

Planteamiento y documentación

Con la mente puesta en futuros juegos, se presentó la necesidad de desarrollar un *manipulativo* que permitiera navegar por menús o hacer selecciones entre varias opciones.

Fase creativa

En primer lugar se ideó una ruleta que pudiera realizar distintas combinaciones, basada en el modelo de color RGB. Este modelo se basa en la creación de distintos colores mediante la adición de rojo, verde y azul. La idea era que, con la combinación de tres *tokens*, se pudieran obtener varias opciones de un menú, bien fueran valores, colores, etc. De este modo se conseguía obtener siete opciones a partir de la combinación de las posiciones de los tres *tokens* (ver Imagen 4.74 izquierda), a cada una de las cuales se le asignaría un valor en el programa. Los *tokens* estaban distribuidos por un círculo interior de la ruleta, en posiciones alternadas, de forma que, al ser girada por el usuario, se dejase ver en la base a través de un visor las distintas combinaciones (ver Imagen 4.74 derecha).

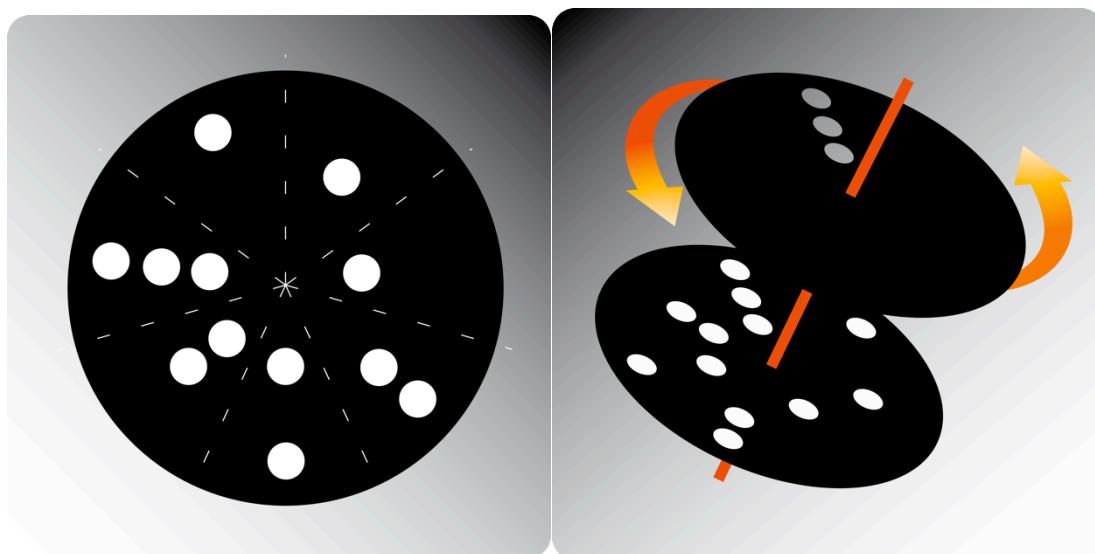


Imagen 4.74 Posibles combinaciones de los tokens (izquierda) y funcionamiento de la ruleta con el visor (derecha).

Esta ruleta se llegó a construir (ver Imagen 4.75), añadiéndole además unos dientes que ayudasen a llevarla y mantenerla en cada posición. Pero al realizar las comprobaciones con la mesa, resultó que su mecanismo era

demasiado complejo y su detección fallaba demasiado, por problemas de distancia a la superficie difusa o que los círculos blancos no coincidían con los orificios.



Imagen 4.75 Prototipo de la ruleta en construcción.

El sistema era demasiado complejo para el planteamiento inicial, el cual se observó que se podía resolver de forma mucho más simple y eficaz a través de un *fiducial* orientable situado en la base de un elemento, de tal manera que se pudiese traducir la orientación de éste en una opción concreta de un menú (ya fuera menú de opciones, colores, etc.). Este método resultaba sencillo, ya que se eliminaba todo fallo posible causado por el mecanismo, consiguiendo además que el mismo elemento sirviera tanto de selector de opciones de un menú, como de regulador de parámetros, traduciendo la variación de su orientación en una variación gradual de cierto valor (volumen, velocidad, etc.).

Como se ha dicho, sólo se necesitaba un *fiducial* orientable y un elemento que indicase en cada momento hacia dónde se estaba apuntando. En un primer momento se fabricó un selector muy sencillo para comprobar su funcionamiento con la mesa y poder desarrollar la interfaz (ver Imagen 4.76).

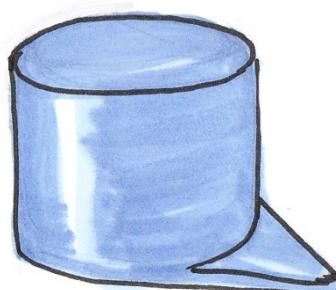


Imagen 4.76 Primer concepto de selector.

En vista de su buen funcionamiento se decidió realizar unos selectores más atractivos. Se deseaba poder personalizar el objeto, dependiendo del juego y de si iba a ser utilizado como selector o como regulador. Al tener ya conocimientos y experiencia con el uso de la fibra óptica, se decidió aplicarla a este nuevo elemento, ya que a través de la proyección de distintos colores a un manojo de fibra óptica, se podría personalizar la apariencia externa del mismo (ver Imagen 4.77). De esta manera surgió un manipulativo que se podría clasificar como una combinación de un *named* y un *display*.



Imagen 4.77 Concepto final de selector con fibra óptica.

Fabricación

Para construir el prototipo se emplearon unas tapas de tuberías de PVC que se adaptaban a la forma ideada. También se empleó tubo de PVC para contener a la fibra óptica, la propia fibra y resina epoxy para unir las fibras. Además, se empleó PVC espumado para realizar la base donde iría el *fiducial* y una semiesfera transparente de plástico por donde se vería el manojo de fibra óptica.

Partiendo de las tapas para tuberías de PVC, se realizó el orificio donde se introdujo el tubo de PVC con la fibra óptica (ver Imagen 4.78 izquierda). Se inyectó resina epoxy por los huecos que quedaban entre las fibras (ver Imagen 4.78 derecha) y se dejó que cayese por su propio peso hacia el interior en el proceso de secado.



Imagen 4.78 Orificios y tubo donde se introduce la fibra óptica (izquierda) e inyección de resina epoxy (derecha).

El tubo con fibra óptica se unió al cuerpo del selector. Además, se creó un saliente con masilla para poder indicar claramente hacia dónde señalaba el selector (ver Imagen 4.79).



Imagen 4.79 Marcador de dirección.

Después de aplicar la masilla, se lijó y pintó, tapando los extremos de la fibra para no cubrirlos de pintura. Por último, se colocó una semiesfera transparente encima de la fibra óptica. (ver Imagen 4.80)



Imagen 4.80 Selector/regulador acabado.

Comprobación en la mesa

Se realizaron pruebas con el primer prototipo con un *fiducial* orientable en la mesa, ya que el resultado sería el mismo con el selector/regulador con fibra óptica. En cuanto a la captación por Reactivision y visualización no hubo ningún problema. Sin embargo, estas pruebas sirvieron para detectar algunos detalles que hacía falta tener en cuenta para que la interacción con el usuario fuese lo más intuitiva posible.

En el caso del selector se detectó que, al colocarlo sobre la mesa, éste debía aparecer indicando la opción número uno del menú, independientemente de la orientación en la que se apoyase el selector. Por lo tanto el gráfico que rodea al selector debe de girar acorde a la orientación del *fiducial* (ver Imagen 4.81).

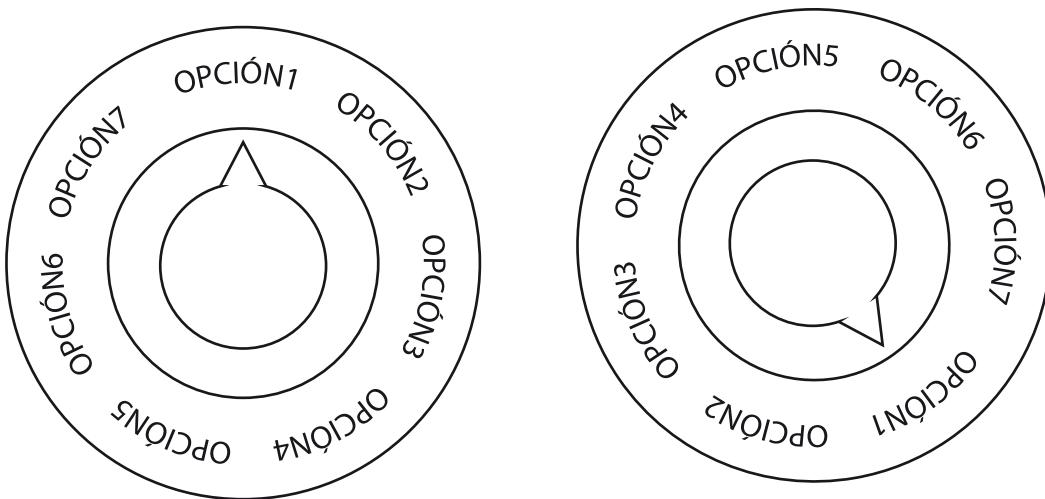


Imagen 4.81 Al colocar el selector en la mesa, el menú de opciones debe aparecer indicando la opción número uno.

En cuanto al regulador, usando como ejemplo el tempo en el juego de música (apartado 3.4.3.3), se percibió que al colocar el regulador, el tempo debe de empezar a la mitad del círculo, para a partir de ahí bajarlo o subirlo. De otra manera el tempo partiría acelerado o ralentizado, debiendo de comenzar con un valor intermedio. Además de esta manera, al ver el gráfico completando la mitad del círculo, el usuario ya detecta en qué sentido se aumenta y en cual se disminuye el tempo (ver Imagen 4.82).

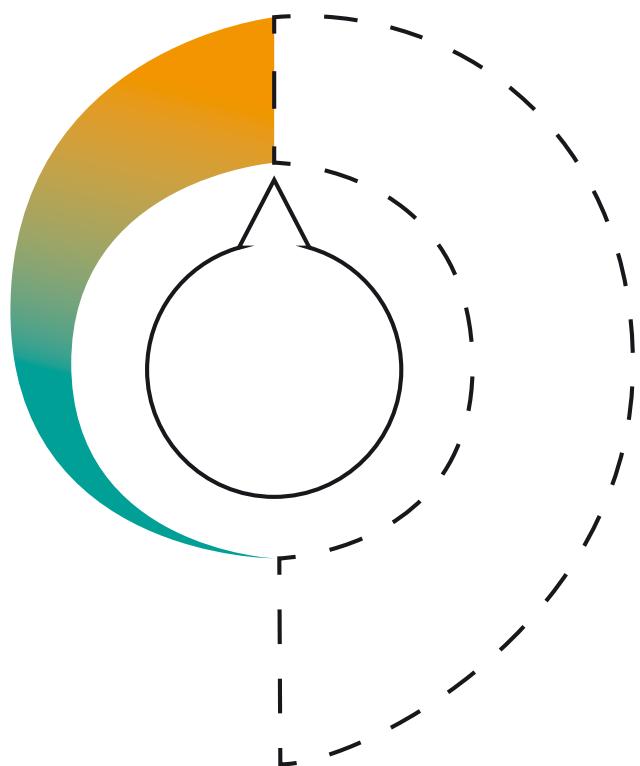


Imagen 4.82 Posición inicial del regulador.

Diseño del fiducial

- Requisitos

Se necesitaba detectar a qué opción esta señalando el selector en cada momento, por lo tanto, se debía de detectar la orientación.

- Diseño del fiducial

En este caso, el círculo de fibra óptica también era visto como negro, así que se tuvo en cuenta para diseñar el *fiducial* más sencillo orientable (ver Imagen 4.83), con el árbol W0121.

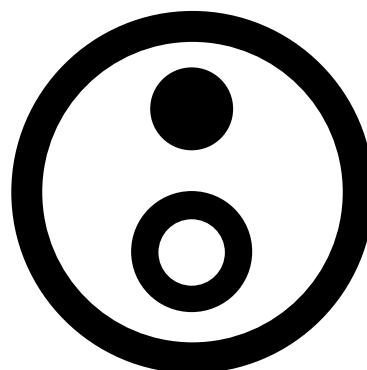


Imagen 4.83 Fiducial orientable sencillo para el selector/regulador.

- Adaptación a la base del manipulativo

Se colocó el *fiducial* con el punto negro en la posición de la fibra óptica. Este círculo se recortó para dejar pasar la luz a la fibra y se aprovechó que el manojo de fibra óptica es visto como negro por Reactivision (ver Imagen 4.84).



Imagen 4.84 Fiducial aprovechando el manojo de fibra óptica visto como un punto negro.

- Comprobación

El *fiducial* era identificado y su orientación era detectada correctamente.

Interfaz gráfica

El mismo *manipulativo* servía tanto de selector como de regulador, por tanto había que crear interfaces diferentes para cada una de las funciones.

Selector

Se desarrollaron un par de propuestas gráficas, una genérica y otra para selección de colores. Los desarrollos de ambas propuestas siguieron el mismo método de trabajo.

Se idearon dos estilos muy diferentes. Para el genérico, un aspecto más moderno y tecnológico. Para el selector de colores, un aspecto de dibujo animado.

En el genérico se creó un disco dividido en ocho partes, con unos círculos que giraban a su alrededor. Además, la porción de disco que estaba seleccionada, debía de cambiar de color. Finalmente desaparecía con un efecto de romper el cristal de la mesa.

Para el selector de color, se diseñaron siete manchas de color, que aparecían explotando, al seleccionar un color aumentaba el tamaño de la mancha y luego desaparecían al ser borradas por un limpiaparabrisas.

Se comenzó creando los elementos gráficos de manera vectorial con Adobe Illustrator (ver Imagen 4.85).

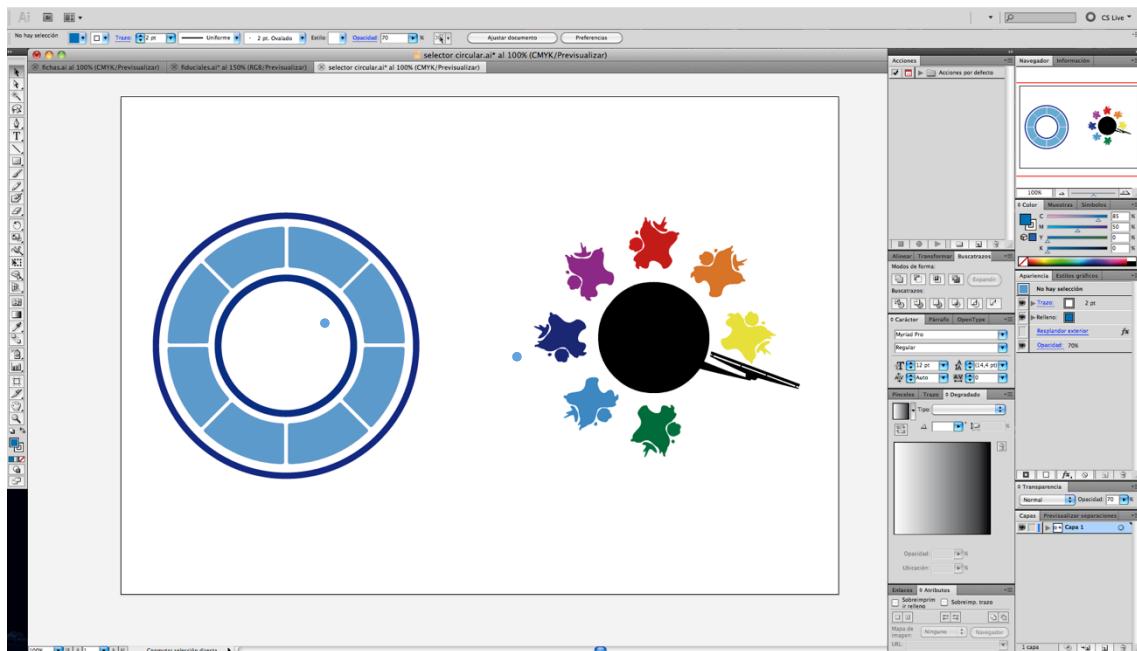


Imagen 4.85 Elementos gráficos para las animaciones de los selectores.

Estos elementos gráficos se importaron a Adobe Flash, con objeto de crear un clip de película con la animación que aparecería al interaccionar con el selector. Dentro del clip de película se realizaron todas las animaciones de movimiento, escala, cambios de color, etc. disponiéndolas a lo largo de la línea de tiempo.

Se separaron las diferentes partes de la animación (precarga, selección y desaparición), como se muestra en la Imagen 4.86 del selector de colores y en la Imagen 4.87 del selector genérico. Así se podría asignar mediante código la franja de fotogramas que interesara mostrar en cada caso.

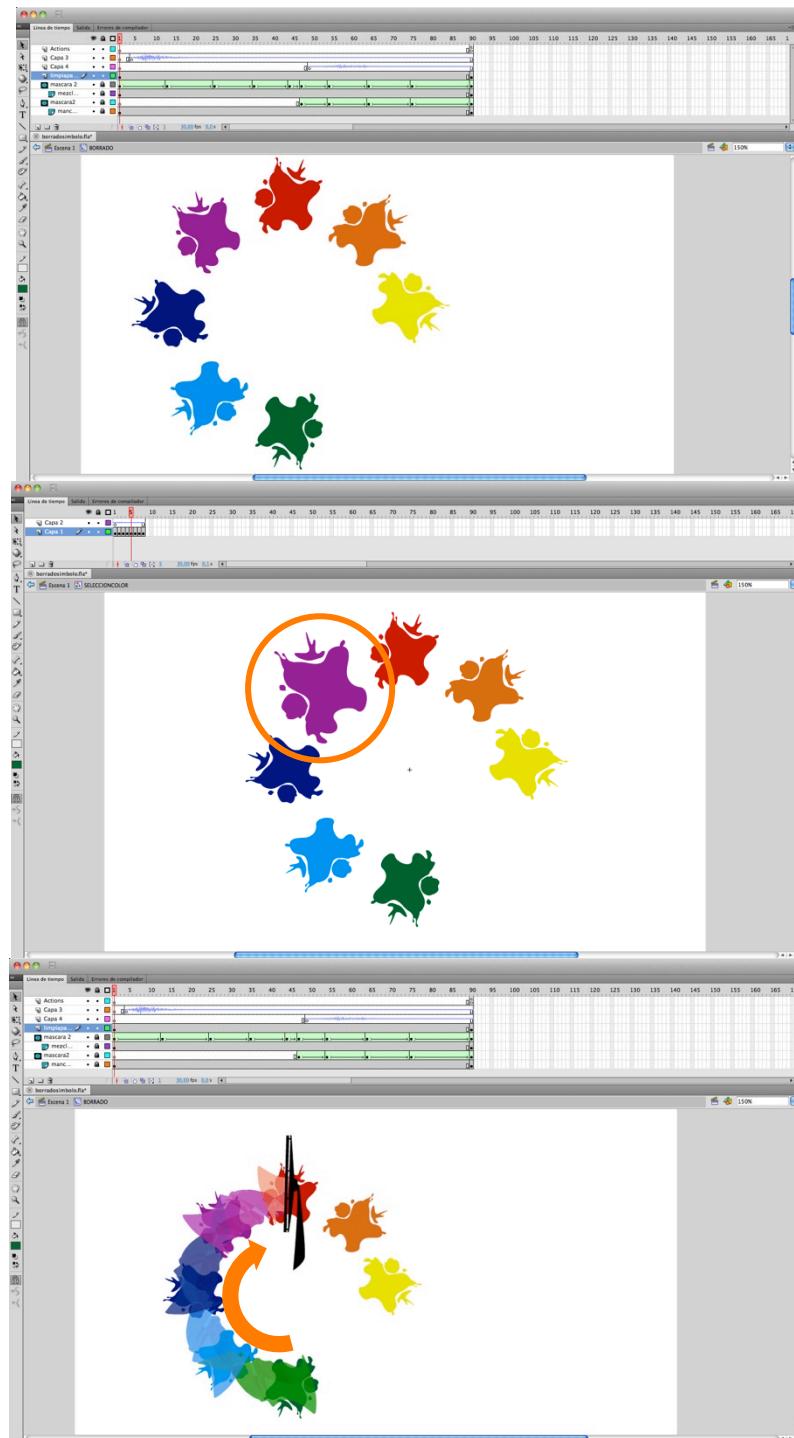


Imagen 4.86 Precarga, selección y desaparición del selector de colores.

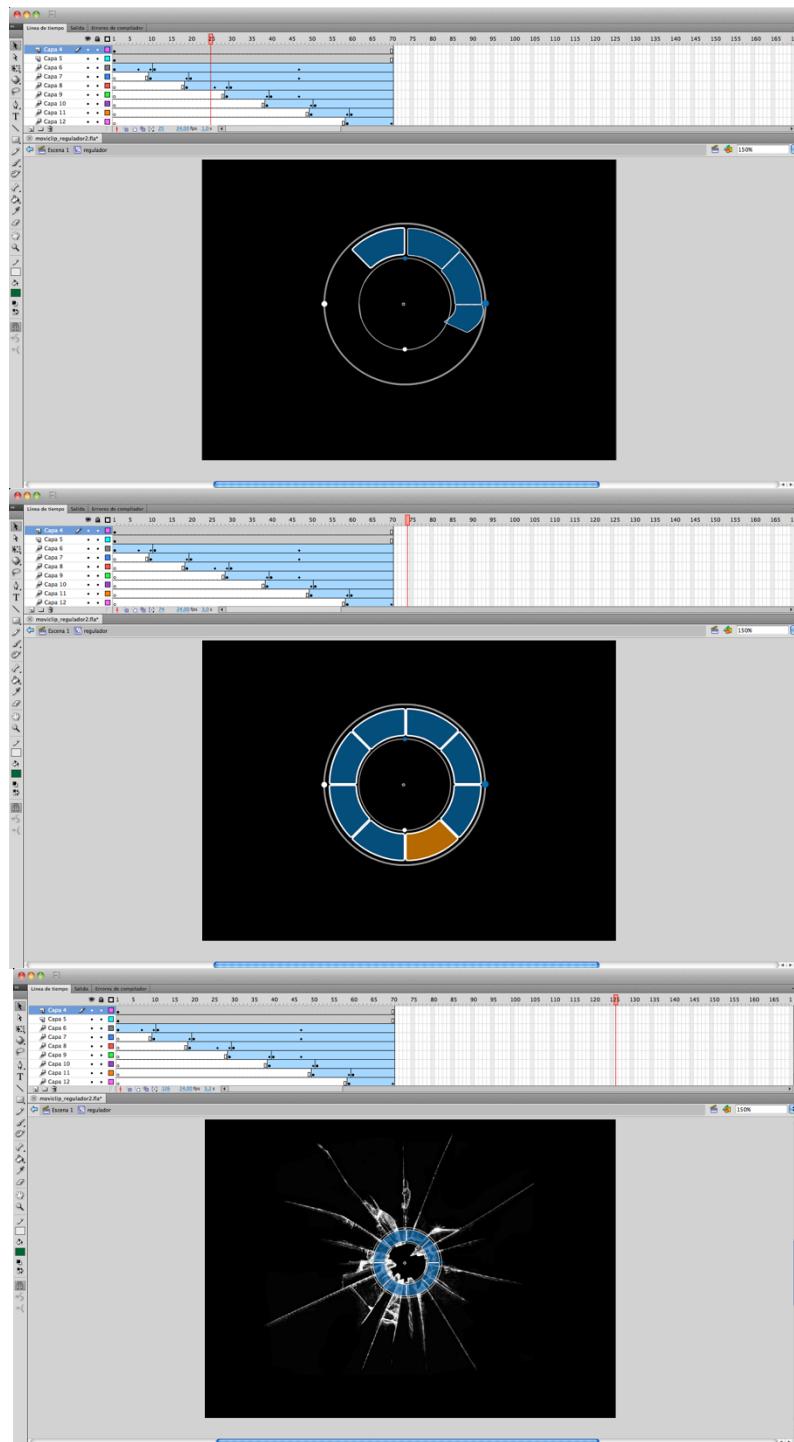


Imagen 4.87 Precarga, selección y desaparición del selector genérico.

Una vez creado el archivo flash, se probó en la mesa para observar el resultado (ver Imagen 4.88).



Imagen 4.88 Aspecto del menú del selector genérico en NIKVision.

Regulador

Para los gráficos del regulador, se tomó como referencia el juego ya existente de música (ver Imagen 4.89) en el que se podría usar el nuevo elemento como regulador de tempo, aunque dándole un aspecto totalmente diferente. Se buscaba una apariencia orgánica, cosa muy difícil de conseguir con Adobe Flash. El programa utilizado para ello fue de nuevo Particle Illusion (ver Anexo 2). La idea era trabajar con fotogramas que se exportarían después a Flash.

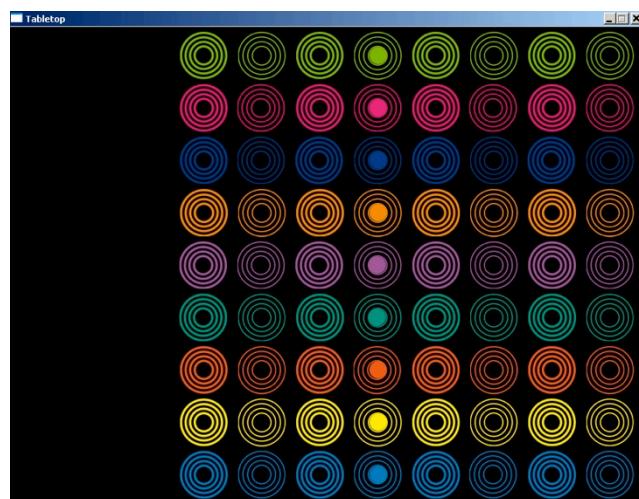


Imagen 4.89 Aspecto del juego de música ya existente.

Se querían reproducir unos aros que rodearían el regulador y que pasarían de menor a mayor cantidad y tamaño, conforme se girara el regulador. También debían de cambiar de color, de azul a rojo.

Se comenzó creando las formas de las partículas. La forma principal fue la del aro, ya que como se ha dicho nos inspirábamos en el juego de música cuya apariencia consiste en aros de colores (ver Imagen 4.90).

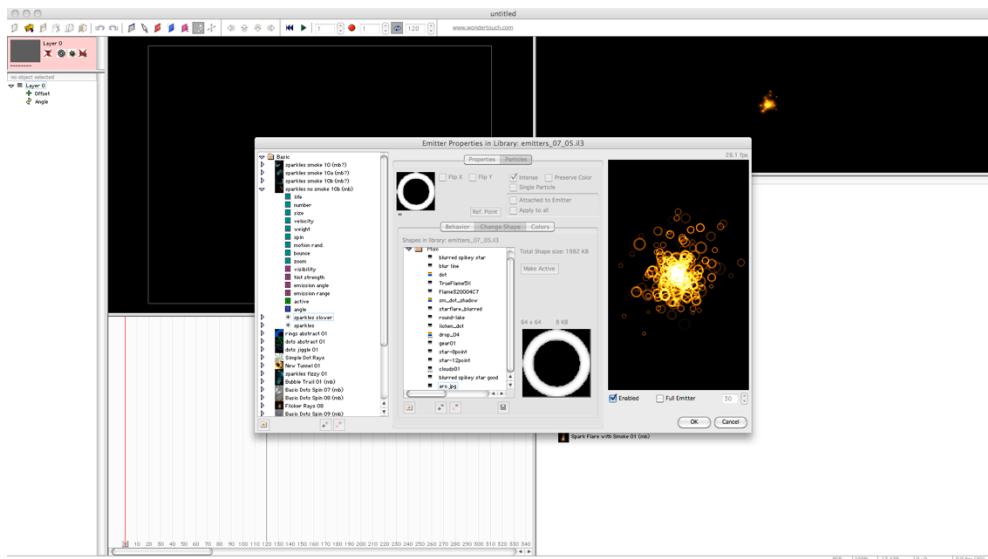


Imagen 4.90 Forma creada para las partículas.

Se creó la trayectoria que iba a seguir el emitter (emisor de partículas); en este caso sería circular, porque se quería que surgiesen alrededor del selector (ver Imagen 4.91).

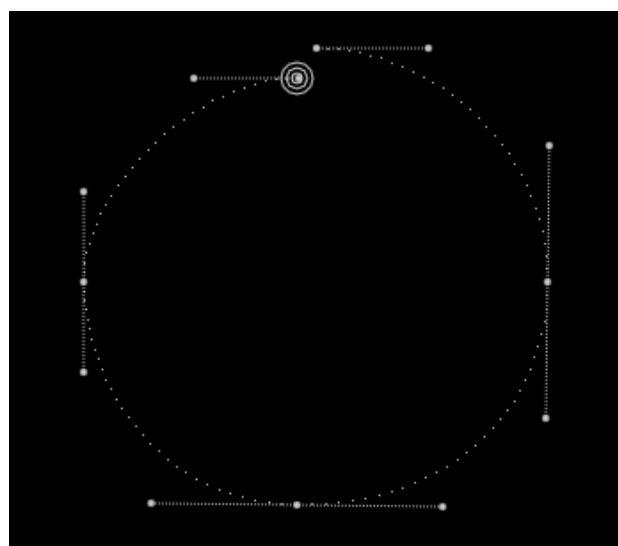


Imagen 4.91 Trayectoria que sigue el emitter a lo largo de los fotogramas.

Se insertó un segundo tipo de partícula para dar más riqueza a las imágenes. Esta segunda partícula dejaba una estela que marcaba el camino que seguirían los aros. Así se podría saber en qué sentido había girado el usuario el selector y el camino que le quedaba por recorrer (ver Imagen 4.92).

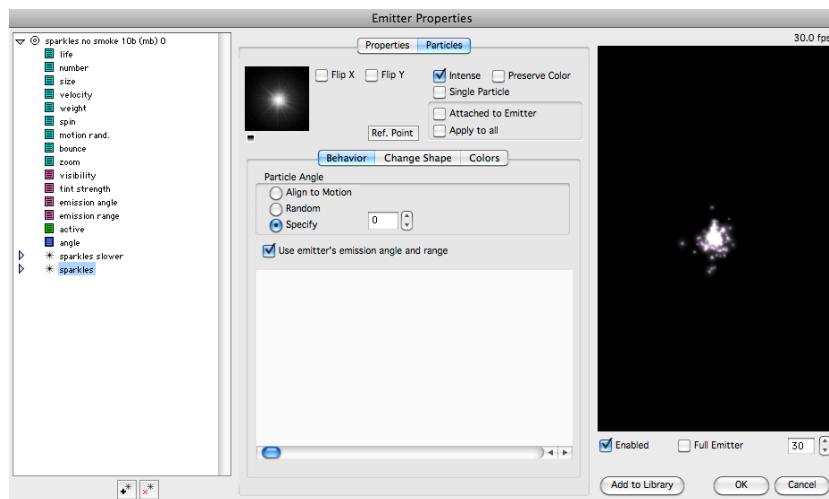


Imagen 4.92 Creación de un segundo tipo de partícula para la estela.

Para mejorar la sensación de estar regulando un parámetro (como volumen, tempo, potencia, etc.), se añadió un cambio de color progresivo a lo largo de la animación; de esta forma para los valores menores del parámetro se usaron colores fríos y para los mayores colores cálidos.

Se continuó variando los valores de las propiedades de las partículas, hasta obtener un resultado similar al ideado, ya que hay que tener en cuenta que no se tiene un control directo sobre las partículas (ver Imagen 4.93), y por tanto, sobre el resultado.

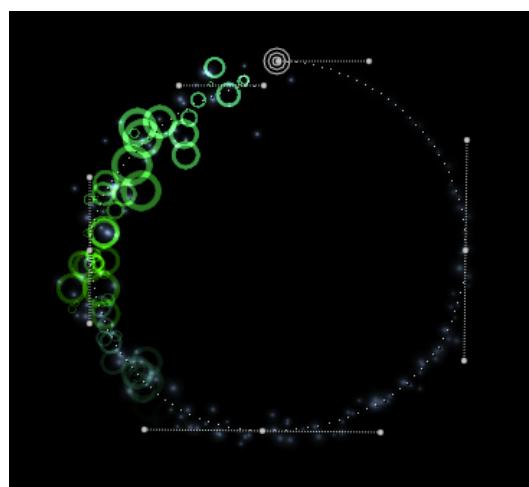


Imagen 4.93 Apariencia del regulador.

Uno de los valores con los que se jugó fue el tamaño (size) de las partículas, ya que se quería que aumentara conforme aumentaba el tiempo.

Otro valor a ajustar era el número de partículas que se emitían a lo largo de la animación. Con este valor había que tener cuidado ya que al tener vida las partículas, es decir, las partículas siguen en el escenario durante un tiempo hasta desvanecerse. Al ser, además, partículas de gran tamaño, había demasiada densidad si el número de partículas era muy alto. Por ello se realizó un incremento del número de partículas hasta la mitad de la animación y después, una disminución para no concentrar muchas partículas de gran tamaño y conseguir así que se diferenciasen entre ellas (ver Imagen 4.94).

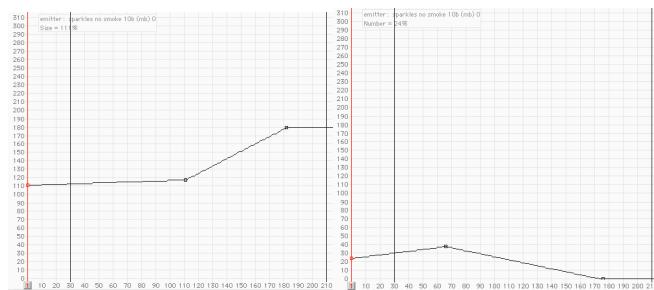


Imagen 4.94 Variación de las propiedades de los emitters.

Toda la serie de fotogramas se pasó a Adobe Flash, colocando la precarga hasta la mitad del recorrido de los aros (ver apartado comprobación en la mesa). Una vez creado el archivo Flash, se probó en la mesa para observar el resultado (ver Imagen 4.95).

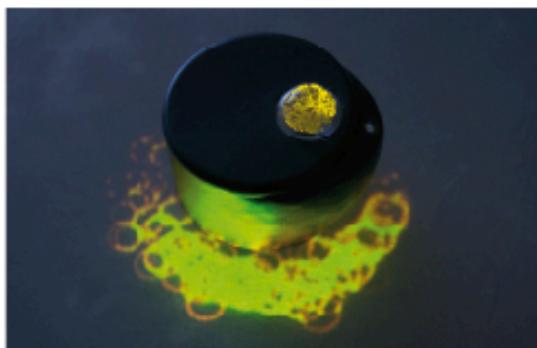


Resumen

Nombre: Selector/Regulador

Clase: Named - display

Interacción: Girando sobre si mismo, se selecciona una opción de un menú o regula un parámetro



Prototipo



Fiducial



4.3.4 Interruptor

Planteamiento y documentación

Partiendo de la idea de los pulsadores (apartado 4.1.4), se vio que, en ciertas ocasiones, era conveniente tener activado o desactivado un elemento, necesidad que podía ser cubierta mediante un interruptor.

El fundamento sería muy similar al del pulsador, solo que esta vez, debía poder mantenerse el *token* a la vista el tiempo deseado. Se trataba igualmente de un *manipulativo token-constrained asociativo*.

Fase creativa

Se estudiaron diversos sistemas de interruptores eléctricos para estudiar su mecanismo y poder adaptarlo a este *manipulativo* de forma mecánica (ver Imagen 4.96). Hay que recordar que uno de los requisitos de este proyecto era no usar elementos eléctricos o electrónicos en los juguetes.

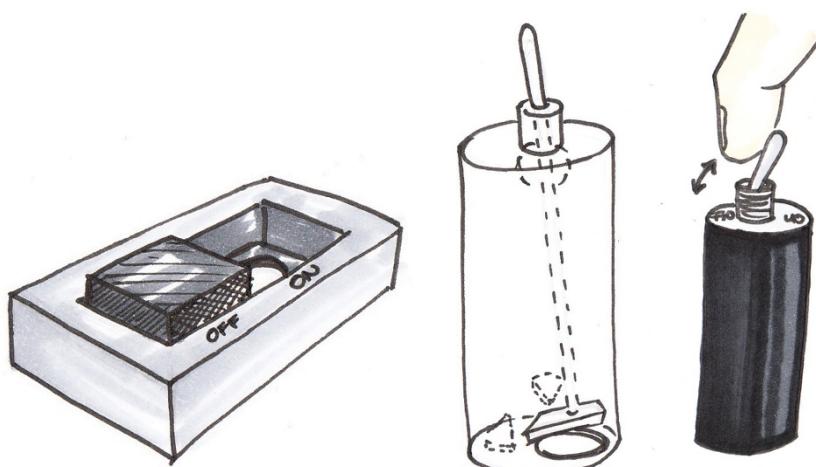


Imagen 4.96 Alternativas para el interruptor.

Así mismo, se aplicaron los criterios especificados en las decisiones generales de diseño (apartado 4.1.2). Por todo ello, se llegó a la conclusión de que se debía introducir el mecanismo de un interruptor en un cilindro de las mismas dimensiones que el pulsador (apartado 4.2.4).

En el concepto desarrollado con forma cilíndrica, el *token* era un círculo colocado en el extremo de una varilla que basculaba de la posición ON a la OFF (ver Imagen 4.97). De esta manera, en la posición ON el *token* quedaba totalmente visible y en la posición OFF oculto.

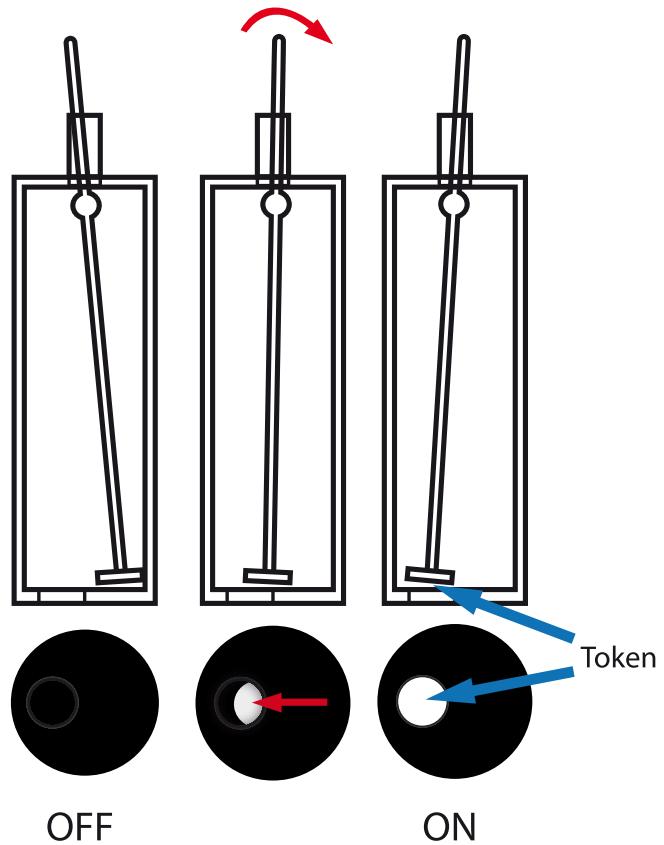


Imagen 4.97 Mecanismo y visibilidad del token en posición ON y OFF del interruptor.

Para mantener la varilla en una de las dos posiciones y nunca en la intermedia, debía de haber unas pestañas que forzasen a la propia varilla a situarse en una de las dos posiciones.

Fabricación

Al ser una forma cilíndrica se utilizó tubo de PVC de 25 mm de diámetro. Se trata de un material muy resistente y fácil de trabajar. También se empleó varilla metálica, PVC espumado para las tapas del cilindro y algunas de las piezas de un interruptor eléctrico.

Se cortó a la medida el tubo de PVC. Se creó la base inferior con un orificio descentrado. Para la parte superior se adaptaron piezas del interruptor eléctrico, prolongando su altura con la varilla metálica. En su extremo inferior se puso una pieza de PVC espumado, donde se situó el token (ver Imagen 4.98).



Imagen 4.98 Token situado en el extremo de la varilla metálica.

Se realizaron dos pestañas con PVC espumado, para forzar a la varilla a mantenerse en una de las dos posiciones (ver Imagen 4.99). Se ensambló el conjunto, se enmasilló, lijó y pintó.



Imagen 4.99 Mecanismo interno y pestañas de interruptor sin ensamblar.

Comprobación en la mesa

Se tuvieron que modificar las pestañas, puesto que el *token* debía estar perfectamente situado en su posición sin quedar parcialmente oculto (paso intermedio de la Imagen 4.97). Si se quedaba en esta posición intermedia, el *token* no era reconocido, ya que no tenía la forma ni el diámetro necesario para ser detectado.

Una vez arreglado, Reactivision detectaba perfectamente el *token*.

Diseño del fiducial

El *fiducial* lo llevará el juguete que contenga al interruptor, por lo que no se hizo un diseño específico, al igual que en el caso del pulsador (apartado 4.2.4).

Resumen

Nombre: Interruptor

Clase: Token-constrained
asociativo

Interacción: Moviendo la palanca a la posición ON u OFF se activa o desactiva



Prototipo



Token



4.3.5 Agitador

Planteamiento y documentación

Pensando en nuevos modos de interacción con la mesa, surgió la idea de diseñar un *manipulativo* que permitiera obtener resultados aleatorios mediante una interacción similar a la de agitar un cubilete de dados.

Fase creativa

Se decidió continuar con la forma cilíndrica por estandarizar. Un primer concepto consistía en introducir un dado en un cubilete con base transparente, utilizando los propios puntos del dado como *tokens*. Este concepto se descartó debido a que las dimensiones del dado debían ser demasiado grandes para que la cámara pudiera detectar los *tokens*. El concepto finalmente desarrollado consistía en un contenedor que alojaba tres bolas blancas y tres negras, el cual al agitarlo, dejaba ver de manera aleatoria una combinación de círculos en su base, formada por bolas de ambos colores. La posición de las bolas blancas (*tokens* en este caso), daría lugar a diferentes combinaciones que después se podrían traducir a valores concretos.

Este concepto permitía obtener siete combinaciones (todo en negro no cuenta) y por tanto, siete resultados en un espacio reducido (ver Imagen 4.100).

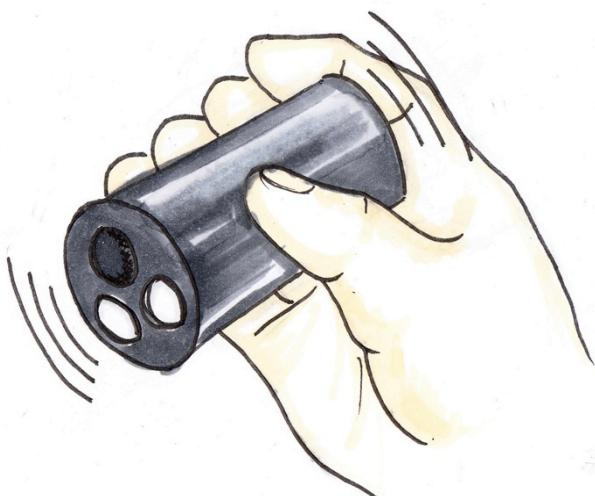


Imagen 4.100 Concepto final de agitador.

Fabricación

Se utilizó únicamente tubo de PVC, planchas de PVC espumado y se adquirieron seis bolas pequeñas de plástico.

Se cortó el tubo de PVC y se hicieron las tapas con PVC espumado (ver Imagen 4.101). A la tapa inferior se le realizaron los tres orificios por donde asomarían las bolas. Alrededor de los orificios se realizaron unos rebajes para forzar a las bolas a entrar, impidiendo que se quedasen a mitad. Se pintaron tres bolas negras y tres blancas y se introdujeron en el contenedor de PVC, pegando después las tapas. Una vez unido el conjunto, se enmasilló, lijó y pintó.



Imagen 4.101 Cortado de tubo de PVC y tapas para el agitador.

Comprobación en la mesa

Las pruebas en la mesa antes de acoplarle un *fiducial* fueron satisfactorias, ya que Reactivision detectaba perfectamente cuando había bola negra o blanca, siendo las blancas los *tokens*. Se observó que si una bola no entraba totalmente en uno de los orificios y asomaba sólo parcialmente, éste no era detectado. Esto ocurría pocas veces, gracias a los rebajes realizados en los orificios. En todo caso, esto equivalía a que hubiese una bola negra y seguía formando parte del azar.

Diseño del fiducial

- Requisitos

El *fiducial* debía de ser orientable, para poder calcular el vector de orientación y, a partir del mismo, calcular en qué posición aparece

cada *token* (bolas blancas). Para evitar problemas de detección, debía estar a cierta distancia de los *tokens*.

- Diseño de fiducial

Se realizó el fiducial más sencillo posible que detectase orientación. Su árbol es W0121.

- Adaptación a la base del manipulativo

Se tuvo que ampliar la base para poder situar el *fiducial* a un lado de los *tokens* y a una distancia lo suficientemente grande para no interferir entre sí. Se colocó, por tanto, en un lateral con el vector que forma el *fiducial* orientable señalando a uno de los *tokens*. De esta forma, solamente habrá que detectar si el *token* que ha aparecido está en el propio vector (vector rojo), a su derecha (ángulo positivo α) o a su izquierda (ángulo negativo β) (ver Imagen 4.102).

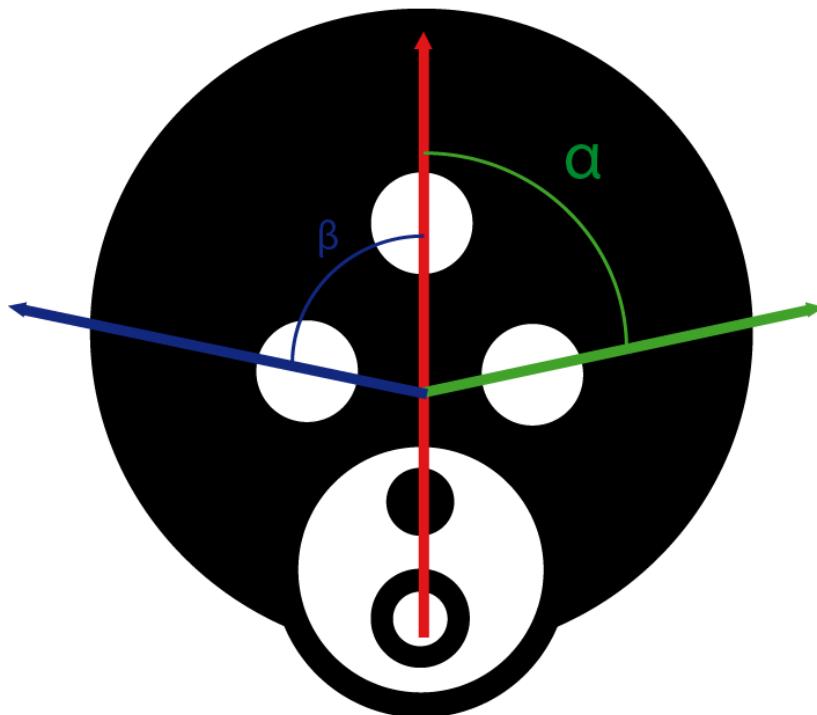


Imagen 4.102 Se muestran los tres *tokens*, el alineado con el vector de orientación del *fiducial*, el de su izquierda y el de su derecha.

- Comprobación:

Se separó lo máximo posible el *fiducial* de los orificios donde aparecen los *tokens*, ya que en las primeras pruebas, los *tokens* más cercanos no eran detectados por no tener un borde lo suficientemente ancho que los separase del *fiducial*. Una vez ampliada la separación, no hubo problemas de detección (ver Imagen 4.103).

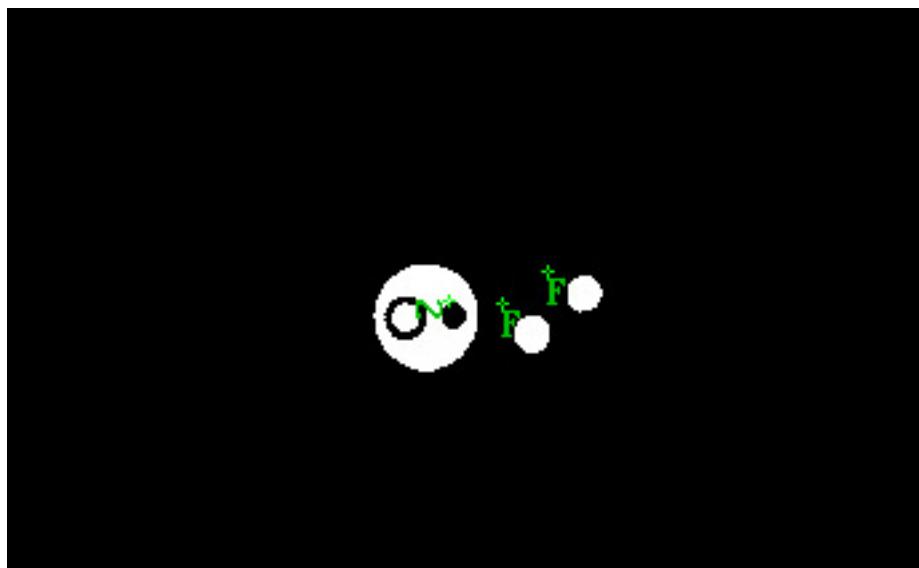


Imagen 4.103 Imagen procesada del fiducial del agitador con dos bolas blancas en los orificios.

Resumen

Nombre: Agitador

Clase: Token-constrained
asociativo

Interacción: Al agitar, como
si de un cubilete de dados se
tratase, se obtiene un
resultado aleatorio



Prototipo



Fiducial



Token



4.3.6 Ruleta de azar

Planteamiento y documentación

Se planteó realizar una nueva forma de interacción similar a la de girar una ruleta para obtener un resultado aleatorio. Aunque esto se podía resolver mediante otros métodos, como por ejemplo con el agitador (apartado 4.3.5), se experimentó otra forma de interacción que resultase también intuitiva para el usuario.

Fase creativa

Una de las opciones que se barajaron era la de girar una ruleta manualmente. Pero para conseguir un giro cómodo, las dimensiones de la ruleta resultaban excesivamente grandes, por lo que fue descartada.

Retomando el mecanismo utilizado en los pulsadores, se podía conseguir un disco que girara libremente al presionar un pulsador. A éste se le podría colocar un *fiducial* orientable cuya última posición detectada por Reactivisión se traduciría en un resultado concreto. La dimensiones aquí no eran un problema ya que únicamente se reducía al tamaño de un *fiducial*. Se consideró que ésta era la solución más adecuada y fué la que se desarrolló (ver Imagen 4.104).

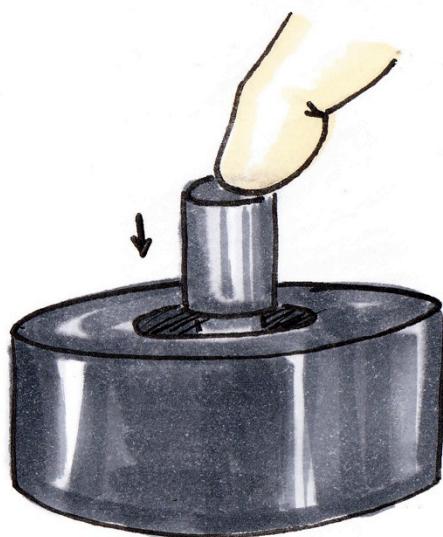


Imagen 4.104 Concepto final de la ruleta de azar.

Fabricación

Se empleó tubo de PVC para integrar en las dimensiones deseadas el mecanismo de un cenicero de tapa giratoria. Se utilizó PVC espumado para realizar las tapas.

Se cortó tubo de PVC con las dimensiones deseadas. Se creó la base inferior con un gran orificio, por donde se mostraría el fiducial. Se realizó el orificio a la tapa superior, por donde asoma el pulsador. Se utilizó el mismo mecanismo que en el pulsador, con la diferencia de que el disco giratorio conservaba los rodamientos necesarios para un giro libre. Se ensambló el mecanismo entre el tubo de PVC y la tapa. Se enmasillo, lijó y pintó de negro (ver Imagen 4.105).



Imagen 4.105 Pintado con pintura acrílica de la ruleta de azar.

Comprobación en la mesa

Al pulsar la ruleta, el *fiducial* baja hasta una altura en la que es visible para Reactivision. Una vez está abajo, la ruleta sigue girando. Se comprobó que había que mantener el botón pulsado hasta que parase la ruleta para poder leer la orientación del *fiducial*, ya que sino, o está a una altura en la que no es visible, o está girando a una velocidad tal que la cámara no puede detectar el último fotograma antes de subir el *fiducial*.

Diseño de fiducial

- Requisitos

El único requisito era que el *fiducial* fuese orientable, ya que de su orientación se sacaría el valor aleatorio.

- Diseño del *fiducial*

Se creó el *fiducial* más sencillo con orientación, con árbol W0121. Además, la forma circular que ya se había empleado anteriormente, se adaptaba perfectamente al disco giratorio (ver Imagen 4.106).

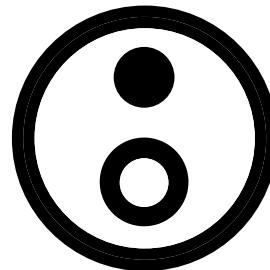


Imagen 4.106 Fiducial orientable W0121

- Adaptación a la base del manipulativo

Se escaló el *fiducial* con las medidas del disco giratorio y una vez impreso se pegó en el propio disco (ver Imagen 4.107).



Imagen 4.107 Fiducial colocado en el disco giratorio.

- Comprobación

Al tener en cuenta los condicionantes explicados en el apartado "Comprobación en la mesa", ya no existía ningún problema en la detección del *fiducial* y su orientación (ver Imagen 4.108).

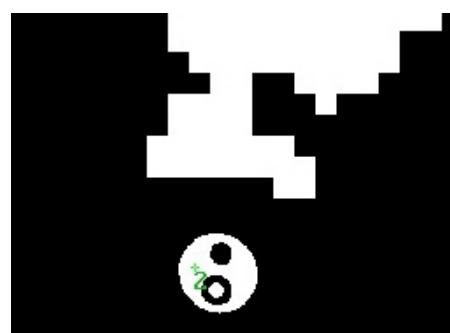


Imagen 4.108 Imagen procesada del fiducial de la ruleta de azar una vez pulsada.

Resumen

Nombre: Ruleta de azar

Clase: Token-constrained
manipulable

Interacción: Al pulsar se obtiene un resultado aleatorio de forma mecánica



Prototipo



Fiducial



4.3.7 Tirachinas

Planteamiento y documentación

Partiendo del fader lineal ya existente (apartado 3.4.3.3), se planteó una nueva forma de interaccionar con la mesa que recrease la acción de lanzar. Esto podía lograrse usando el mismo fundamento que el fader lineal, pero incluyendo un muelle que fuerce a recuperar la posición inicial al disparador. Esto permitiría poder jugar con la dirección y la potencia del lanzamiento.

Fase creativa

El disparador debía tener un carril que sería recorrido por un *token* (círculo blanco que se desplaza en un eje), un muelle para recuperar la posición inicial y un *fiducial* en un extremo. Dependiendo de lo que se aleje el *token* del *fiducial* se aplicará mayor o menor potencia al lanzamiento. Lo que se hace, por tanto, con Reactivision es calcular la distancia entre el *fiducial* y el *token* (ver Imagen 4.109) y mediante el vector que forman, se obtiene además la dirección del lanzamiento.

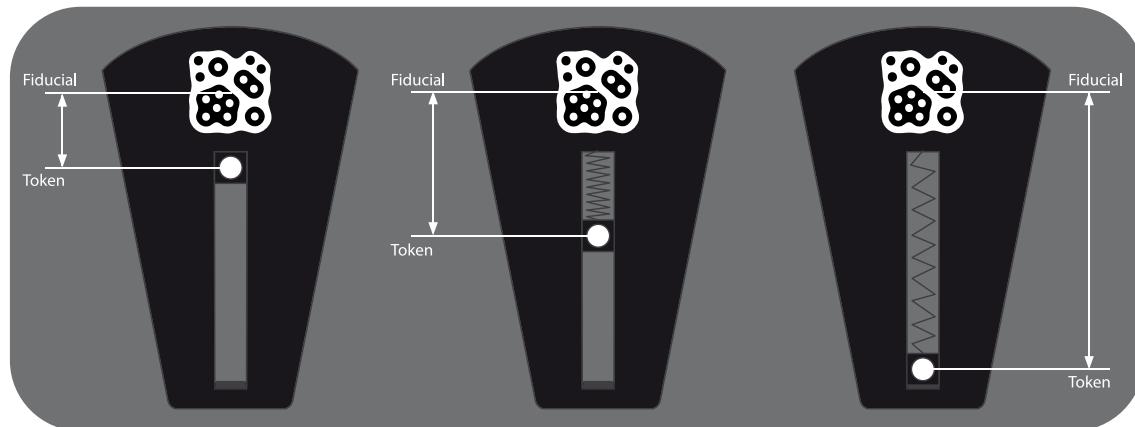


Imagen 4.109 Aumento progresivo de la potencia, calculada a partir de la distancia entre el fiducial y el token.

Dado que el funcionalmente tenía gran similitud con una ballesta, formalmente está inspirada en este elemento, realizando una abstracción para simplificar la forma (ver Imagen 4.110).



Imagen 4.110 Alternativa para tirachinas (izquierda) y concepto elegido (derecha)

Fabricación

Se empleó madera DM (bloque macizo), ya que es más fácil mecanizar y darle forma a este material. Se utilizó PVC espumado de menor espesor que el DM para conseguir la altura deseada. También se emplearon partes de una grapadora.

Se comenzó con el tablero de DM, el cual se mecanizó cortando la forma inicial con una sierra de calar. Se vació el hueco interior, donde irían los railes y el muelle, con una sierra de cinta. Se realizaron los rebajes con fresadora (ver Imagen 4.111).



Imagen 4.111 Mecanizado mediante fresadora del tirachinas.

Partiendo del mecanismo de una grapadora, debido a su similitud, se adaptaron los raíles y el deslizador cortando con la multiherramienta (ver Imagen 4.112).



Imagen 4.112 Adaptación de las piezas metálicas de la grapadora.

Con el uso del disparador, el muelle se daba de sí con demasiada frecuencia (ver Imagen 4.113). Por ello se adquirió un muelle más apropiado, de tracción, de tamaño y sección reducida y por tanto con una constante elástica muy pequeña, de forma que no era necesario aplicar casi fuerza para deformarlo. Además, se realizó una ranura en la parte posterior, para poder sacar el disparador y así poder cambiar el muelle fácilmente en caso de que se diera de sí.



Imagen 4.113 Muelle dado de sí y ranura en la parte posterior para poder sacar el disparador.

Se realizó el agarre, una base de PVC espumado para colocar el fiducial y los embellecedores que protegían el mecanismo. Se llenaron las grietas con masilla de carrocería, se lijó y pintó (ver Imagen 4.114).



Imagen 4.114 Pintado del tirachinas

Comprobación en la mesa

Las pruebas con la mesa fueron satisfactorias ya que no surgieron problemas de tamaño ni de separación entre *token* y *fiducial* que se suponía que podían ocurrir.

Aún así, se acercó todo lo posible el *token* a la superficie de la mesa para que le llegase la mayor luz posible y se viese con mayor claridad en Reactivision.

Diseño del fiducial

- Requisitos

Se debía poder detectar la orientación y la potencia del disparo.

- Diseño de *fiducial*

El *fiducial* en sí no requería ningún diseño específico; de hecho, se utilizó uno que venía en el diccionario predeterminado de Reactivision (ver Imagen 4.115). Los requisitos se cumplían con la relación que había entre el *fiducial* y el *token*. La orientación se calcula gracias al vector que forma la unión del *fiducial* y el *token*. La potencia se calcula como se ha explicado anteriormente, calculando la distancia entre el *token* y el *fiducial*.



Imagen 4.115 Fiducial del diccionario predeterminado de Reactivision utilizado para el tirachinas (aunque era orientable no era necesario).

- Adaptación a la base del manipulativo

Había superficie de sobra para colocar el fiducial, simplemente hubo que tener en cuenta dejar suficiente separación entre fiducial y token (ver Imagen 4.116).



Imagen 4.116 Fiducial pegado a la base del tirachinas.

- Comprobación

Reactivision detectaba perfectamente el fiducial y el token por separado, así como el vector que formaban y su distancia (ver Imagen 4.117).

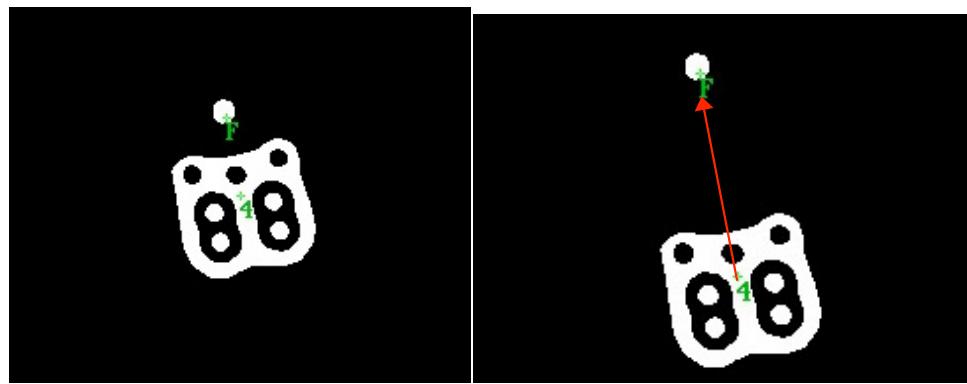


Imagen 4.117 Imagen procesada del fiducial del tirachinas con muelle en reposo (izquierda) y estirado (derecha) con el vector que forman.

Interfaz gráfica

Se desarrolló una pequeña aplicación gráfica para poder probar el prototipo en la mesa. Se ideó un juego ambientado en el aula de un colegio, en el cual había que lanzar un avión de papel de pupitre en pupitre. De esta forma, se debería apuntar en la dirección del objetivo y lanzarlo con la fuerza necesaria.

Se crearon todos los elementos gráficos con Adobe Illustrator. Se creó el suelo, el signo de OK, el avión, los pupitres (mediante una extrusión), y cada uno de los personajes (ver Imagen 4.118).

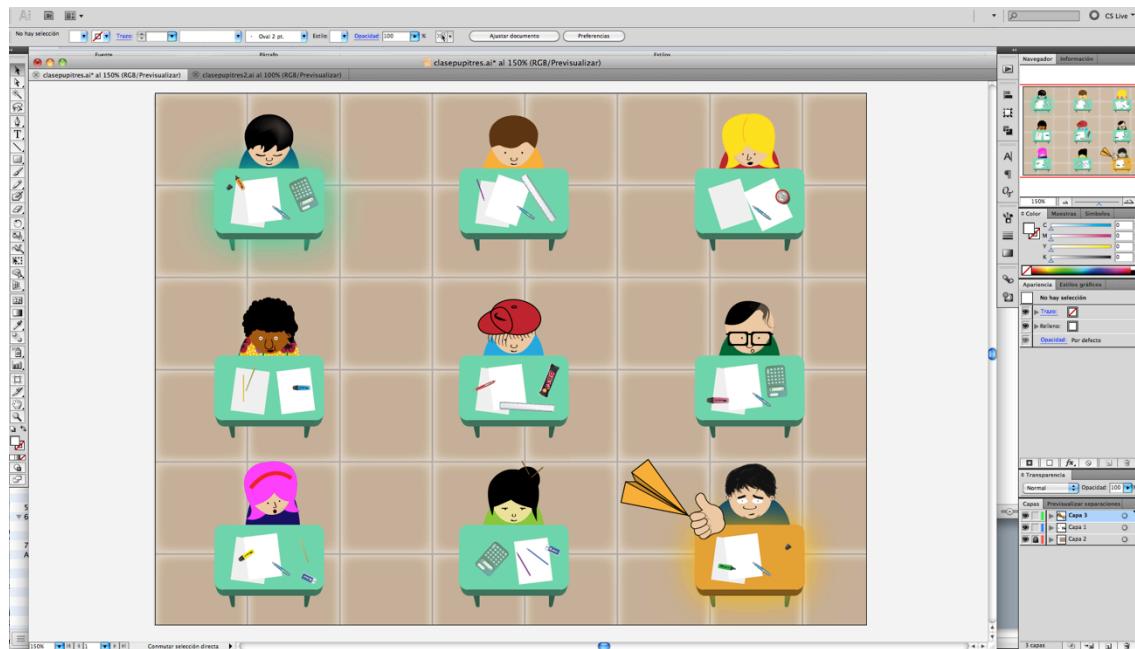


Imagen 4.118 Creación de los pupitres con Adobe Illustrator y apariencia general.

Todos estos elementos se pasaron a Adobe Flash, creando para cada uno de ellos un clip de película. En el caso de los pupitres, cada clip contenía tres fotogramas con sus tres estados: el normal, el de la posición desde donde se lanza el avión (con resplandor y pupitre verde) y el estado del pupitre objetivo (con resplandor y pupitre naranja) (ver Imagen 4.119).

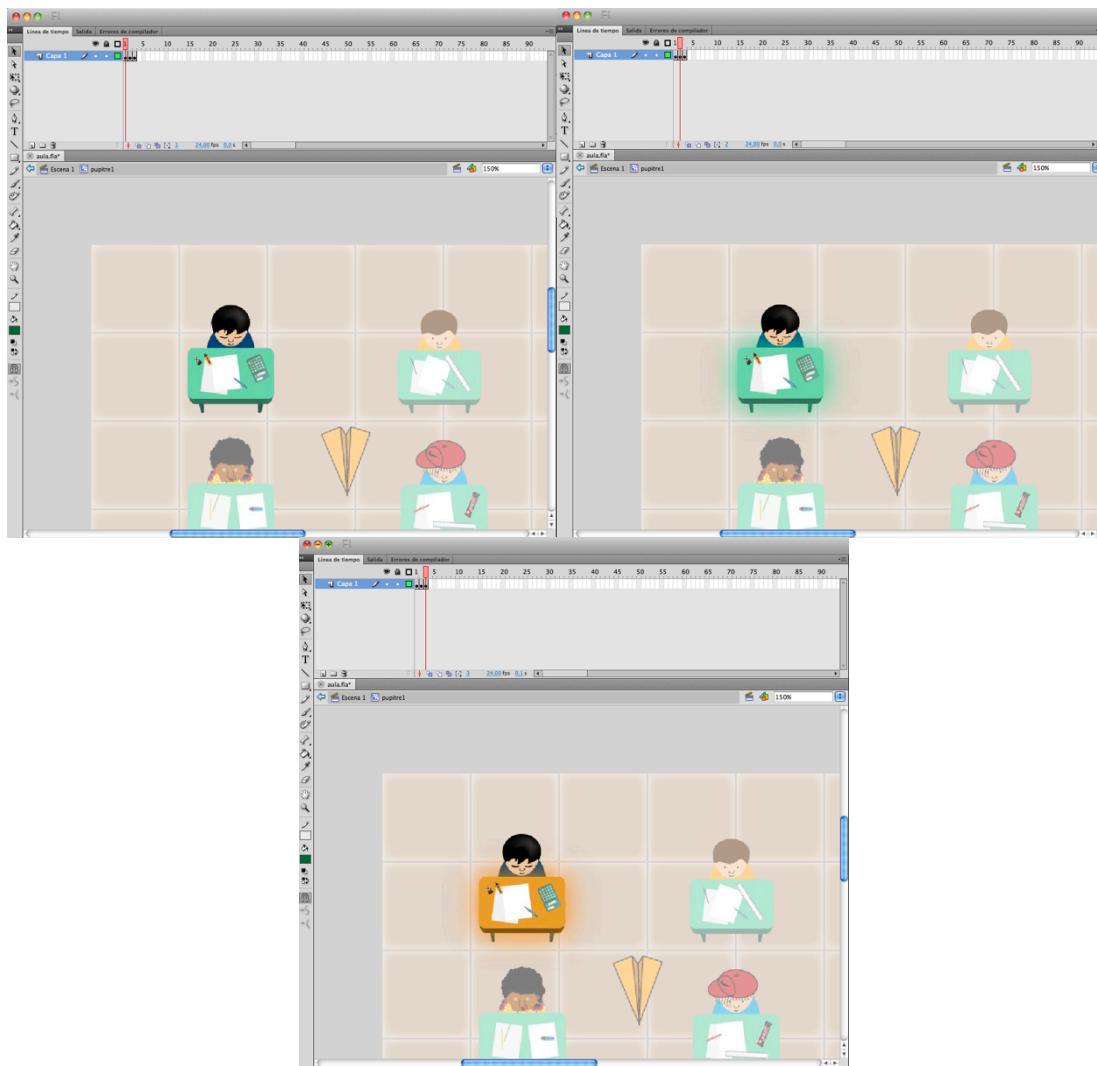


Imagen 4.119 Clips creados en Adobe Flash para el juego del tirachinas con los tres tipos de estado para los pupitres.

Por tanto, la dinámica del juego consiste en lanzar el avión de papel desde donde está (pupitre con resplandor verde), hasta el pupitre que esté naranja. En caso de llegar correctamente el lanzamiento, el personaje que lo reciba mostrará el símbolo de OK. En caso contrario, se repetirá el lanzamiento.

Se comprobó su funcionamiento sobre la superficie de NIKVision (ver Imagen 4.120), obteniendo un resultado positivo.



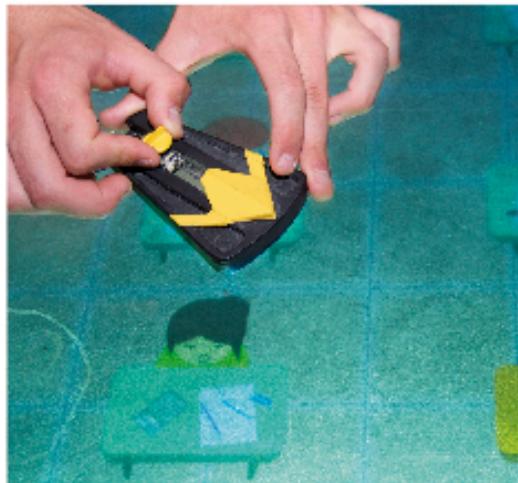
Imagen 4.120 Aspecto del juego sobre la superficie de NIKVision.

Resumen

Nombre: Tirachinas

Clase: Token-constrained
manipulable

Interacción: Al tirar del
muelle hasta cierta distancia
y soltarlo, se simula un
lanzamiento con una
dirección y potencia
determinadas



Prototipo



Fiducial



Token

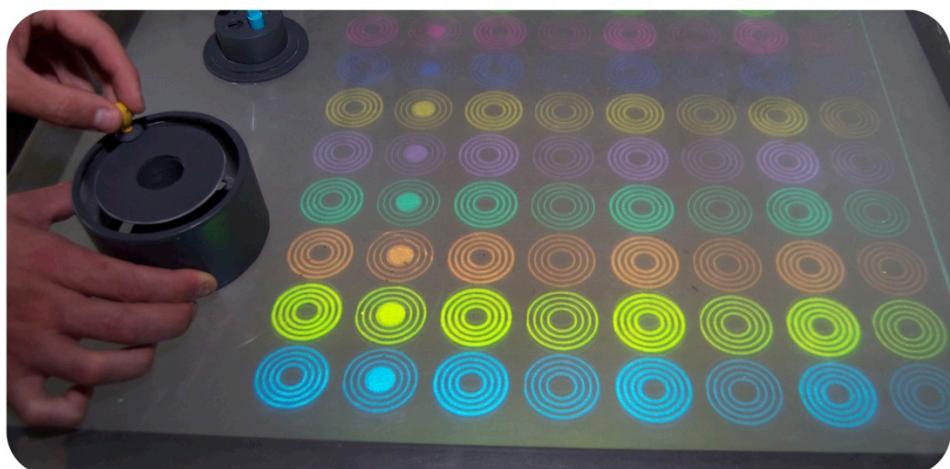


5. RESULTADOS

5. Resultados

A continuación se muestran unas imágenes del resultado final del trabajo realizado a lo largo del proyecto.

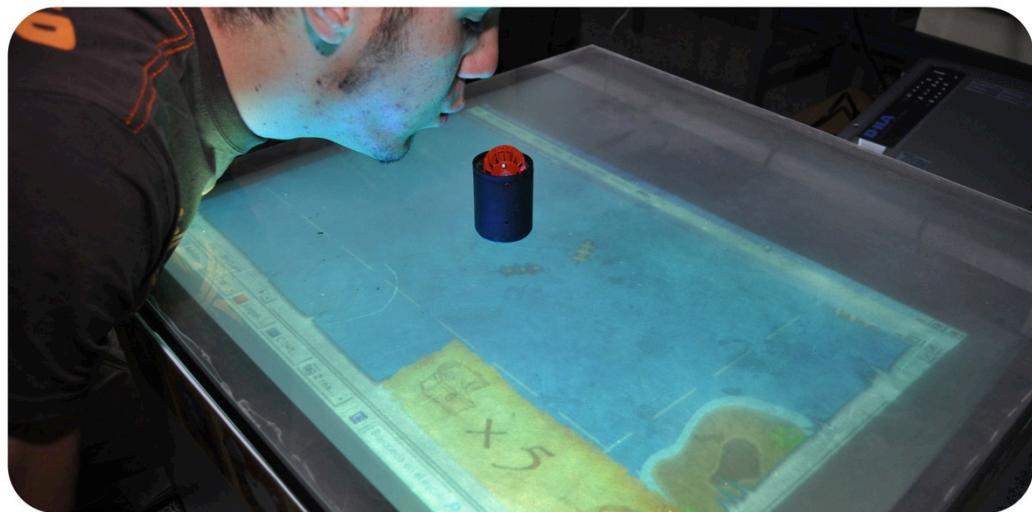
Fader



Memoria asociativa



Ventilador-soplador



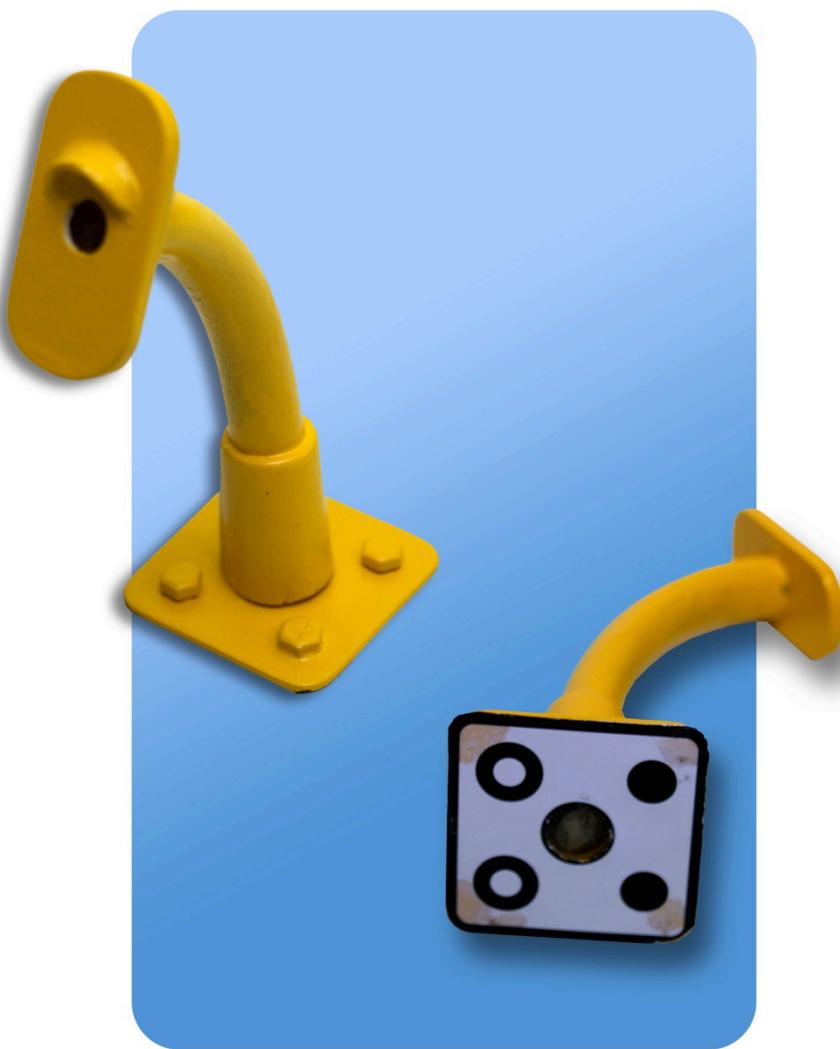
Pulsador



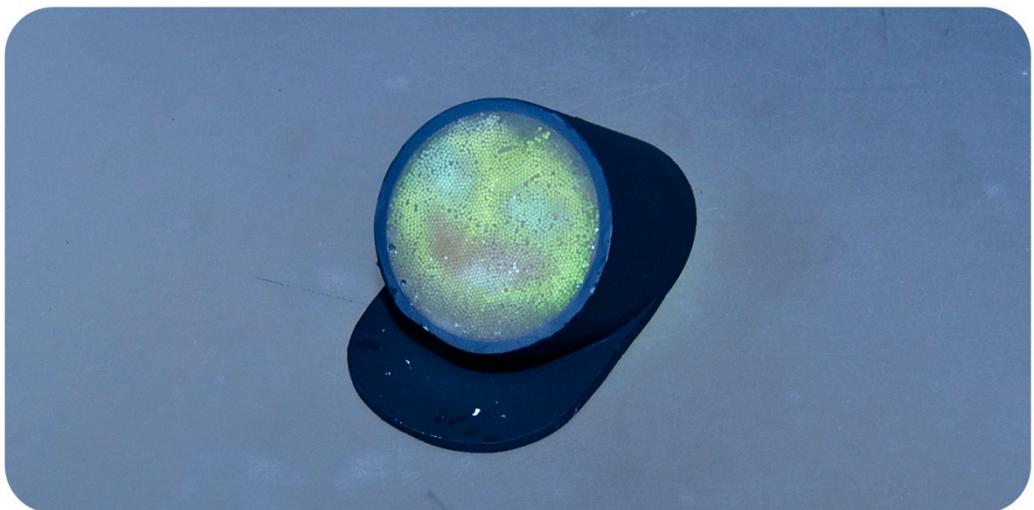
Naves



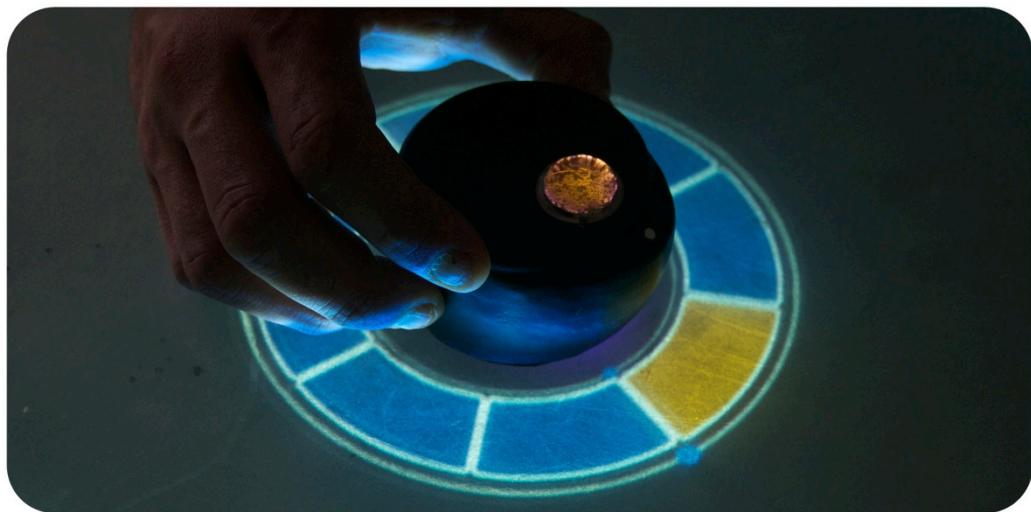
Semáforo



Display



Selector / Regulador



Interruptor



Agitador



Ruleta de azar



Tirachinas



6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

6. Conclusiones y trabajo futuro

6.1 Conclusiones

Se han alcanzado con éxito todos los objetivos planteados al inicio del proyecto. En concreto:

- Se han rediseñado aquellos elementos cuyo funcionamiento o características eran susceptibles de mejora. Dichos elementos existían como prototipos funcionales hechos con Lego®, careciendo de una estética adecuada y rompiéndose con elevada frecuencia. Concretamente se han rediseñado los siguientes:
 - Fader circular
 - Memoria asociativa
 - Ventilador/Soplador
 - Pulsadores
 - Naves
- Se han diseñado nuevos elementos tangibles, concretamente:
 - Semáforo
 - Display
 - Selector/Regulador
 - Interruptor
 - Agitador
 - Ruleta de azar
 - Tirachinas

El diseño de estos elementos (y no otros), ha sido el resultado de una labor creativa de búsqueda de nuevas formas de interacción en NIKVision y ha sido parte del trabajo desarrollado por los autores de esta memoria.

- Se han creado prototipos funcionales que demuestran el funcionamiento de lo creado en NIKVision.
- Se ha investigado la aplicación de fibra óptica como material para la creación de displays como elementos de salida de información. Esto ha supuesto una novedad tanto para los proyectandos, como para el GIGA, ya que ninguno de ellos había trabajado previamente con la aplicación de dicho material.

- Se han creado interfaces gráficas como ejemplo de aplicación de los elementos creados con la mesa.
- Toda solución desarrollada ha sido llevada a cabo sin la inclusión de electrónica, cumpliendo los requisitos impuestos al inicio del proyecto.
- Se ha trabajado teniendo en cuenta al público para el que NIKVision está enfocado, cuidando aspectos tales como la seguridad, resistencia de componentes, y facilidad de manejo, que este público infantil requiere.

Además:

- Se ha tenido la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera aprender aquellos necesarios para la correcta realización del proyecto.
- Se ha llevado a cabo un proceso completo de diseño, desde las fases iniciales de diseño, hasta la creación de prototipos funcionales.
- Se ha trabajado en un proyecto real, cooperando con un grupo de investigación multidisciplinar en un tema de investigación puntero.

6.2 Trabajo futuro

La realización de este proyecto ha abierto nuevas posibilidades de interacción en NIKVision. En un futuro se podrán crear nuevos videojuegos a partir de los manipulativos creados, así como crear otros nuevos que abran a su vez nuevas modalidades de juego.

Futuros campos de actuación serían:

- Producir los prototipos con mayor calidad mediante un proceso automatizado (prototipado rápido o producción en serie), evitando fallos de los mecanismos y mejorando la combinación de unos elementos con otros, problemática surgida al haberlos realizado de forma manual.
- Desarrollar las interfaces gráficas con más detalles y opciones, ya que durante el proyecto se utilizaron únicamente para verificar las interacciones de los manipulativos con la mesa.
- Crear nuevos juguetes en los que poder insertar los nuevos manipulativos.
- Profundizar en la realización de pruebas con niños para verificar que el manejo de los manipulativos es correcto por parte de dichos usuarios, así como pruebas de ergonomía.

Además, a lo largo de la realización del proyecto surgieron algunos conceptos nuevos que no fueron desarrollados pero de los que habría que comprobar su viabilidad. Uno de ellos es el de los fiduciales completables.

- Debido a que conforme se creen más manipulativos, va a haber muchas más posibilidades de combinación entre ellos, estas combinaciones deberán ser identificadas por el *fiducial*, por ejemplo, se deberá saber si el fader circular tiene en su interior un pulsador o por el contrario lleva un *display*. Por lo tanto deberá identificarse con un *fiducial* diferente para cada uno de los casos. Se pensó en *fiduciales completables*, que encajasen entre sí a modo de puzzle, de tal forma que por separado fueran *fiduciales* con un significado, pero juntos tuvieran otro totalmente diferente (el de la combinación de ambos elementos).

7. BIBLIOGRAFÍA

7. Bibliografía

- [1] Marco, J., Cerezo, E., Baldassarri, S. Mazzonne, E. Read, J. "Bringing Tabletop Technologies to Kindergarten Children". 23rd BCS Conference on Human Computer Interaction. Cambridge University. 1-4 September 2009. p.103-111. ISBN:978-1-60558-395-2.
- [2] Marco, J., Baldassarri, S., Cerezo, E., Xu, Y., Read, J. C. "Let the experts talk: An experience of tangible game design with children". *ACM Interactions*. ISSN: 1072-5520. Vol. 17 (1), pp. 58-61. January - February 2010.
- [3] Ishii, Hiroshi and Ullmer, Brygg (1997): "Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms". In: Pemberton, Steven (ed.) *Proceedings of the ACM CHI 97 Human Factors in Computing Systems Conference* (March 22-27, 1997, Atlanta, Georgia). pp. 234-241.
- [4] David Merrill, Jeevan Kalanithi, and Pattie Maes. 2007. "Siftables: towards sensor network user interfaces". In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction (TEI '07)*. ACM, New York, NY, USA, 75-78.
- [5] Sitio oficial de Noteput:
<http://www.jonasheuer.de/index.php/noteput/>
- [6] Ryokai, K., Marti, S., and Ishii, H. 2007. "I/O brush: beyond static collages". In *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems CHI '07* (San Jose, CA, USA, April 28 - May 03, 2007). New York, NY, USA, ACM pp. 1995-2000.
- [7] Sitio oficial de Microsoft Surface:
<http://www.microsoft.com/surface/en/us/default.aspx>
- [8] Sitio oficial Reactable:
<http://www.reactable.com/>
- [9] Sitio oficial de Reactivision:
<http://reactivision.sourceforge.net/>

- [10] Enjuanes Traín, Alejandro. 2010. "Adaptación de algoritmos de reconocimiento visual para la implementación de juegos para niños basados en dispositivos Tabletop". Proyecto fin de carrera de Ingeniería Informática. Centro Politécnico Superior. Universidad de Zaragoza
- [11] Ibáñez Sanahuja, Soledad. 2010. "NIKVision: Diseño y construcción de un prototipo de videoconsola tangible". Proyecto fin de carrera de Ingeniería Técnica de Diseño Industrial. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial. Universidad de Zaragoza.
- [12] Norman, D. A. 2007. "The next UI breakthrough, part 2: physicality." *Interactions* v14, n4. Pp: 46-47. (Jul. 2007). ISSN:1072-5520.
- [13] Marco, J., Cerezo, E., Baldassarri, S. "Playing with Toys on a Tabletop Active Surface". In Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children, IDC '10. (Barcelona, Spain, June 09 - 12, 2010). p296-299. ISBN 978-1-60558-951-0
- [14] Sánchez-Aedo Gálvez, María Ángeles. 2009. "Diseño de juegos para una videoconsola tangible orientada a niños en edad preescolar". Proyecto fin de carrera de Ingeniería Técnica de Diseño Industrial. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial. Universidad de Zaragoza.
- [15] Fibra óptica:
<http://www.monografias.com/trabajos16/fibras-opticas/fibras-opticas.shtml#FUNCION>
- [16] Baudisch, Patrick, Becker, Torsten, and Rudeck , Frederik. 2010. "Lumino: tangible blocks for tabletop computers based on glass fiber bundles". In Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems (CHI '10). ACM, New York, NY, USA. ISBN: 978-1-60558-929-9

ANEXOS

Anexos

A1. Optimización de la mesa

Un trabajo que también se llevó a cabo fue optimizar el funcionamiento de la mesa, para conseguir mejores resultados de visualización y reconocimiento de los *fiduciales* y *tokens* de los elementos creados, además de facilitar el montaje. En concreto, se trataron de mejorar tres aspectos: optimización del reconocimiento de *fiduciales*, fijación de la cámara y optimización de la iluminación.

A continuación se explican detalladamente cada uno de estos aspectos.

Fiduciales

El primer intento de mejorar la visualización de los elementos por parte de la cámara consistió en la realización de pruebas con distintos materiales para los *fiduciales*, que originalmente eran impresos en papel. Para ello se probó a realizar un *fiducial* genérico con material reflectante. De esta manera se pretendía comprobar si mejoraba la visualización de la cámara de las partes blancas del *fiducial*. Se recortaron dichas partes en un material reflectante con adhesivo, pegándolas sobre las partes negras del *fiducial* impresas sobre papel. Se realizó la comprobación con la cámara y Reactivision, comparándolo con un *fiducial* normal impreso, y el resultado resultó inesperado, ya que se esperaba que al reflectar la luz, llegase más luz a la cámara, mejorando por tanto el reconocimiento de las partes blancas. Sin embargo, resultó que esto no era así. La visualización era prácticamente idéntica, si no peor, además de la complicación de realizar todos los *fiduciales* de esta manera, encareciendo el coste (ver Imagen A.0.1). Resultó que el reflectante era unidireccional, esto es, que reflejaba la luz que le llegaba en una sola dirección, y al ser la iluminación del interior de la mesa difusa, se producía una pérdida importante de luz, empeorando su visualización.



Imagen A.0.1 Visualización de un fiducial impreso (izquierda) y otro con reflector (derecha).

Fijación de la cámara

Otra cuestión susceptible de mejora era la fijación de la cámara. Hasta el momento, el montaje de la mesa implicaba conectar y desconectar la cámara apoyada en la superficie inferior del interior de la mesa. Esto acarreaba tener que ajustar cada vez el encuadre de la cámara, además de el enfoque y la orientación.

Para evitar estos problemas y reducir el tiempo de montaje de la mesa, se ideó un sistema de fijación de la cámara, que permitiese regular la orientación en todos los sentidos para el encuadre, así como su posición y enfoque, pudiéndola desmontar con facilidad cuando fuese necesario (por ejemplo para el transporte), y quedándose ajustada para varios usos.

Dicho sistema consistía en una placa metálica perforada, fijada a la mesa con tornillos, que permitía modificar la posición de la cámara en los distintos agujeros para ajustar el encuadre. La cámara a su vez iría en un soporte para poder ajustar la orientación en todas las direcciones. Dicho soporte se colocaría en la placa mediante un tornillo y una tuerca, facilitando de esta manera el montaje y desmontaje (ver Imagen A.0.2).

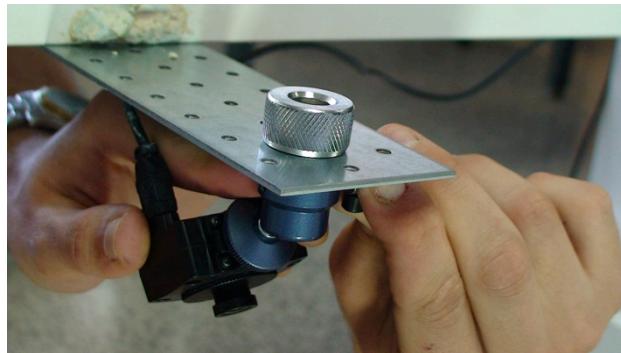
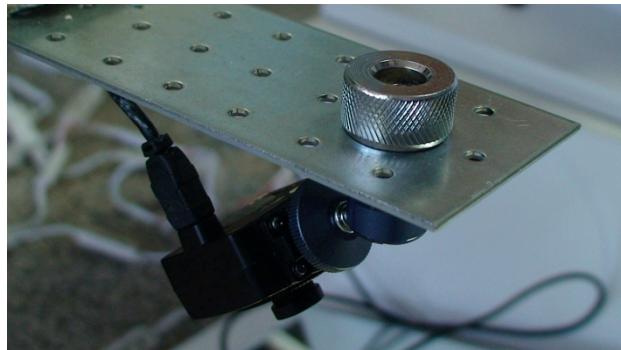


Imagen A.0.2 Fijación de la cámara con una rótula para poder cambiar su orientación.

Iluminación

La iluminación de la mesa era otro factor que se debía mejorar, ya que no era uniforme, lo que se traducía en que la detección de un mismo elemento en diferentes zonas de la mesa variaba considerablemente. La solución consistió en la adquisición de luces infrarrojas de led's que, unidas por cable y distribuidas uniformemente por el perímetro interior de la mesa, igualarían los niveles de luz internos. Aun así, se debía buscar la mejor distribución de las luces, por lo que se probaron tres formas distintas de ubicarlas:

1.- De abajo a arriba. Para esta distribución, las luces se situaron provisionalmente en la parte inferior de la mesa, alumbrando hacia arriba (ver Imagen A.0.3). De esta manera, al realizar la comprobación situando un *fiducial* en la mesa, y observando el reconocimiento en Reactivision a través de la cámara, se pudo ver que la iluminación era excesiva, ya que al ser tan directa "quemaba" la imagen (ver Imagen A.0.4). Por ello, esta distribución se descartó.



Imagen A.0.3 Colocación de las luces infrarrojas desde abajo a arriba.

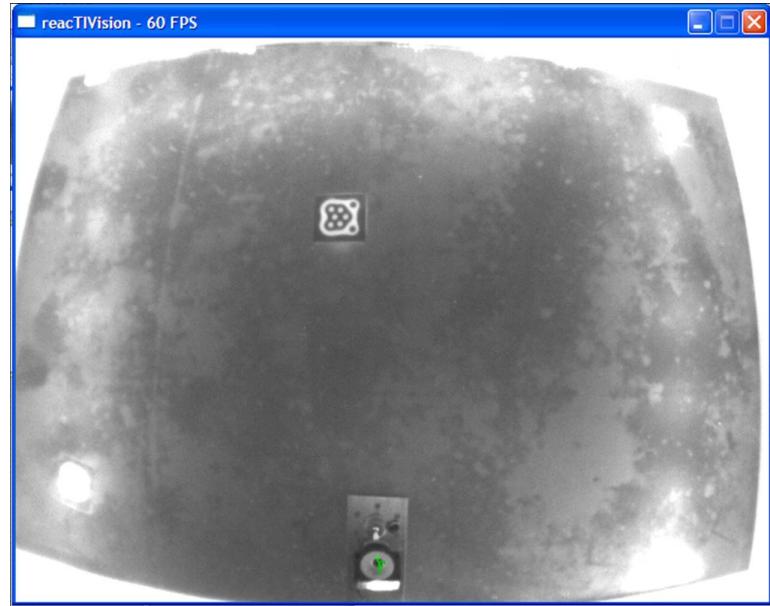


Imagen A.0.4 Imagen quemada vista por la cámara.

2.- De arriba abajo. Se colocaron las luces en el perímetro superior del interior de la mesa, alumbrando hacia la parte inferior para disminuir la cantidad de luz que llegara a la cámara (ver Imagen A.0.5). En esta ocasión, se detectó un fallo en Reactivision. Al alumbrar directamente hacia la parte inferior, los puntos de luz reflejaban en el espejo, lo que se traducía en áreas donde la imagen se seguía “quemando” (ver Imagen A.0.6). Aun así, la iluminación del resto de la superficie había mejorado con respecto a la anterior, teniendo que resolver estas zonas de reflexión. Esta distribución también se descartó.



Imagen A.0.5 Colocación de las luces infrarrojas desde arriba a abajo.

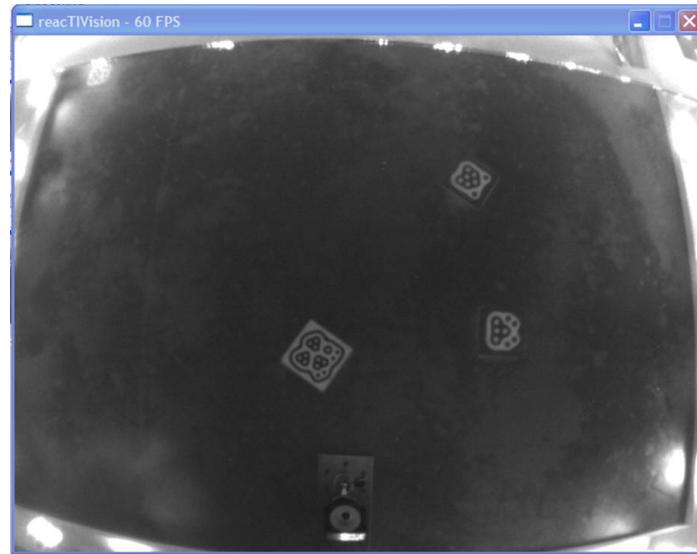


Imagen A.0.6 Imagen con reflejos y quemada en los bordes, vista por la cámara.

3.- Lateral. La última opción fue instalar las luces a media altura y alumbrando lateralmente (ver Imagen A.0.7) De esta manera se comprobó que se conseguía uniformar la iluminación en la mesa, sin que reflejase en el espejo y sin alumbrar directamente a la cámara (ver Imagen A.0.8). En Reactivision resultó ser la mejor distribución de las posibles, por lo que fue la que se llevó a cabo.



Imagen A.0.7 Colocación de las luces infrarrojas en un lateral.

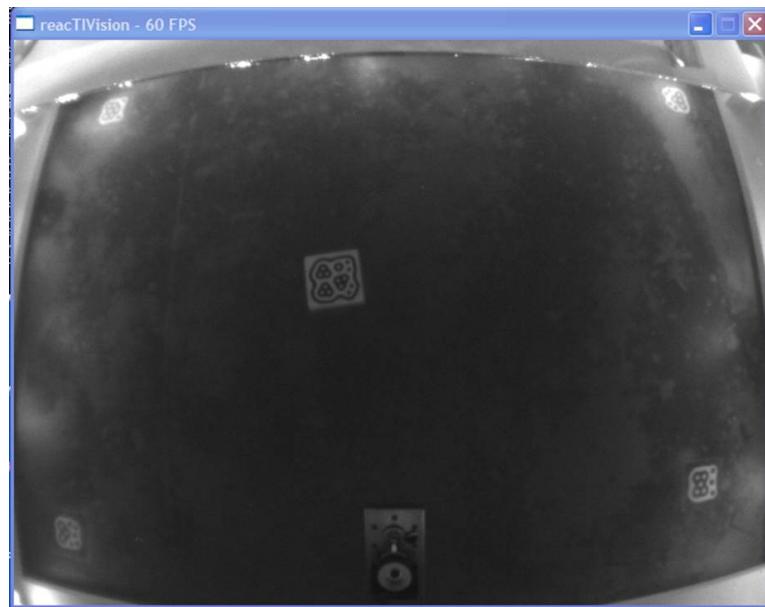


Imagen A.0.8 Imagen vista por la cámara en el caso de colocación lateral de los LEDs.

A2. Software utilizado

En el desarrollo de este proyecto se ha hecho uso del siguiente software:

- Adobe Photoshop: software de retoque fotográfico y creación de imágenes digitales. Se usó para el retoque de imágenes así como la creación del fondo de Asteroids y del juego de piratas.
- Adobe Illustrator: software para la creación de gráficos vectoriales. Con este software se crearon todos los elementos gráficos de las animaciones, ya que Flash trabaja con gráficos vectoriales y se buscaba el aspecto vectorial.
- Adobe Flash: software para la creación de animaciones y aplicaciones multimedia, con la posibilidad de añadir interactividad gracias a su lenguaje ActionScript. Se utilizó para crear todas las animaciones e interfaces interactivas, como el selector, el regulador, el juego del tirachinas y todas las animaciones que se realizaron en Particle Illusion.
- Autodesk Inventor: permite generar un modelo 3D exacto que facilita el diseño, la visualización y la simulación de los productos antes de fabricarlos. Se empleó para modelar y hacer pruebas de color de las carcchas de los juguetes, ya que eran los únicos manipulativos en los que primaba la estética, al estar a la vista.
- Particle Illusion: Particle Illusion es una aplicación para la creación 2D de efectos de partícula. Se empleó para la creación de animaciones con aspecto de partículas, como explosiones, fuego, destellos, etc.

Al ser Particle Illusion un software muy diferente al usado durante la carrera, se van a comentar a grandes rasgos sus características:

Con Particle Illusion se agregan efectos visuales a la animación 3D, al vídeo y a las imágenes. No es un plug-in, sino un programa independiente. Esto permite utilizarlo con la salida de cualquier aplicación 3D, archivos de vídeo, o imagen.

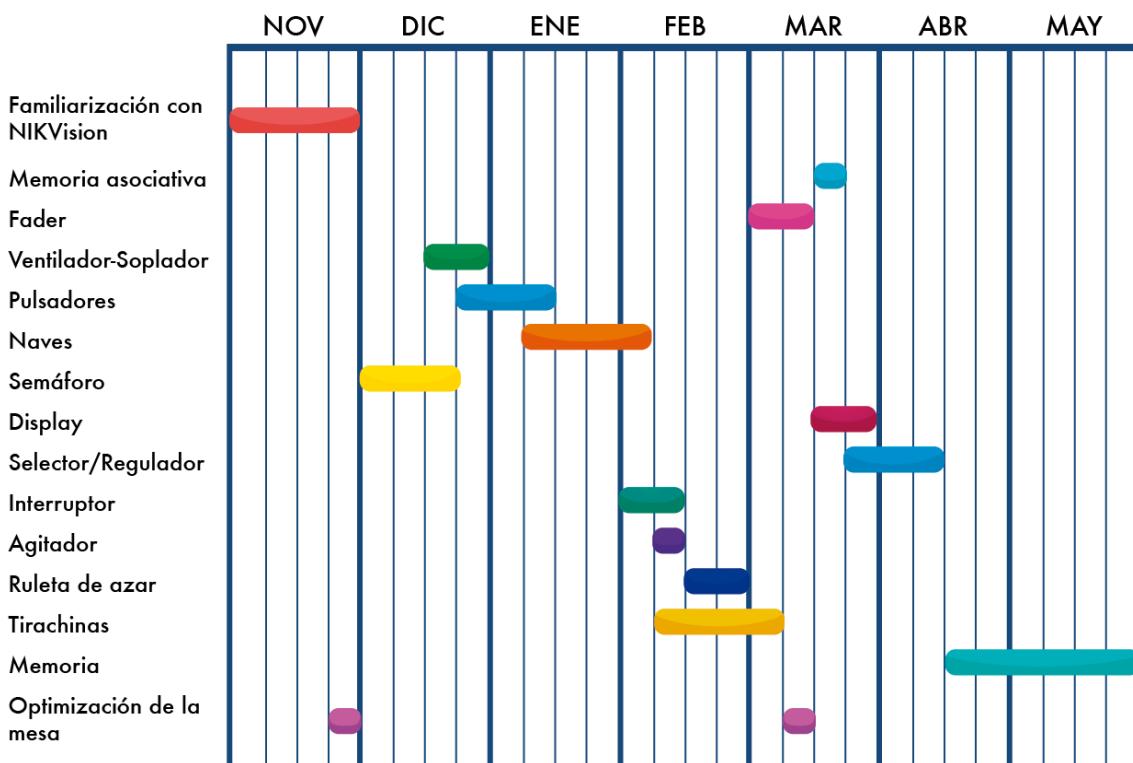
- **Partículas:** Las partículas son las entidades visibles en el Particle Illusion. No se tiene control directo sobre ellas individualmente; una vez que "nacen", se comportan basándose en el sistema de valores de su tipo de la partícula. Las partículas usan imágenes para su apariencia.
- **Tipo de la partícula:** Un tipo de la partícula es la colección de las características que determinan cómo se verán y comportarán las partículas de este tipo. Un tipo de partícula

consiste en una imagen (o imágenes), un gradiente del color, y varias características tales como velocidad, tamaño, peso, etc.

- **Emitters:** Un emitter no es visible, pero es el objeto desde el cual se emiten las partículas. Los emitters vienen en cuatro tipos de formas: punto, línea, elipse y área. Un emitter contiene uno o más tipos de la partícula, y los duplicados “globales” de muchas de sus características (velocidad, tamaño, etc. de la partícula.). Los emitters, a diferencia de las partículas, pueden ser controlados y movidos directamente. Un emitter está constituido por tipos de partícula, y los tipos de partícula se componen de imágenes. Las partículas son creadas por el emitter basándose en las características de sus tipos. Es decir, un emitter crea las partículas que se combinan para formar el efecto visual.

A3. Desarrollo temporal y distribución del trabajo

En el siguiente diagrama, se muestra de manera aproximada el tiempo dedicado a cada una de las fases de proyecto:



Para el desarrollo del proyecto ambos autores participaron de forma conjunta en todas las fases, realizando de esta manera las fases creativas, generación de alternativas, fabricación, comprobaciones en la mesa, diseño de fiduciales e interfaces gráficas. El trabajo se llevaba a cabo de forma cooperativa, de tal modo que mientras uno iba llevando a cabo una tarea, el otro realizaba otra complementaria, reduciendo así el tiempo necesario para obtener resultados. Esto mismo ocurrió con el desarrollo de las interfaces, aunque aquí cabe destacar que cada uno se centró más en una tarea concreta. Javier Uruen desarrolló más la parte de animación en Flash y Pablo Samper se centró más en la parte de ilustración gráfica para poder llevar a cabo las animaciones.

En cuanto a la redacción de esta memoria, se repartió de manera equilibrada el trabajo a realizar. Cada integrante del proyecto redactó unos apartados concretos, siendo posteriormente revisados de manera conjunta.

Los apartados fundamentales del proyecto, tales como ámbito, objetivos y conclusiones, se redactaron en común.

A4. Glosario

- **Display:** manipulativo que permite mostrar información visual al usuario en el propio objeto.
- **Emitter:** objeto no visible, desde el cual se emiten las partículas en Particle Illusion.
- **Fader:** manipulativo que, mediante el deslizamiento de una de sus partes, permite graduar la intensidad de una magnitud (volumen, velocidad, fuerza, etc.).
- **Fiducial:** marcador impreso que, situado bajo un objeto físico, permite la detección de su presencia e identidad mediante un sistema informático de detección visual.
- **Manipulativo:** cualquier elemento físico manejable por el usuario.
- **Multi-touch:** superficie que reconoce simultáneamente múltiples puntos de contacto, así como el software asociado a esta que permite interpretar dichas interacciones simultáneas.
- **Named:** manipulativo identificado únicamente mediante un marcador impreso (fiducial).
- **Tabletop:** mesa digital en la que la interacción entre usuario y ordenador se produce mediante la manipulación con las manos o con objetos. La salida de información se produce en la propia superficie donde se lleva a cabo la interacción.
- **Tokens:** manipulativos físicos formalmente indistinguibles entre sí. Habitualmente tienen forma circular o cuadrada. En el contexto de los juegos, se refieren a fichas, canicas, chapas, etc.
- **Token-constrained:** objeto que contiene y restringe a uno o varios tokens. Hay dos formas de hacer esta restricción, que definen dos clases de token-constrained:
 - **Token-constrained asociativo:** manipulativo en el cual el usuario sólo hace aparecer o desaparecer uno o varios tokens.
 - **Token-constrained manipulable:** manipulativo en el que el usuario tiene restringido el movimiento de uno o más tokens que se desplazan o rotan con respecto a una dirección o eje en su interior.



