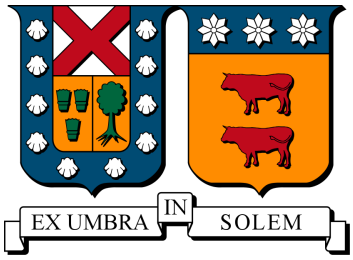
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
VALPARAÍSO - CHILE



SISTEMA DE ESTIMULACIÓN VISUAL Y REGISTRO DE MOVIMIENTOS OCULARES PARA TAREAS SICOMOTORAS"

CHRISTIAN ANDRÉS WICHE LATORRE

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL ELECTRÓNICO MENCIÓN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

PROFESOR GUÍA: **MARÍA JOSÉ ESCOBAR SILVA**
PROFESOR CORREFERENTE: **MATÍAS ZAÑARTU SALAS**

?? - 2018

Glosario

ejes visuales Corresponde a la proyección de una línea recta que pasa simultáneamente por el centro de la fóvea, y la pupila.

esclerótida Sección blanca del ojo que rodea a la pupila

eye tracker Dispositivo utilizado para realizar seguimiento de los movimientos oculares

retina Capa fotosensible ubicada en la parte posterior del ojo encargada de transducir estímulos lumínicos en impulsos nerviosos

setup Se asigna esta denominación a cierta configuración de un espacio de trabajo

Siglas

CRT Cathode Ray Tube (Tubo de Rayos Catódicos)

EOG Electro-OculoGraphy (Electro-oclulografía)

FP Fixation Point (Punto de Fijación)

FPS Frames Per Second (Cuadros Por Segundo)

GUI Graphical User Interface (Interfaz gráfica de Usuario)

IR Infra-Red (Infra-Rojo)

ISI Inter Saccadic Inteval (Intervalo Inter-Sacádico)

RT Response Time (Tiempo de Respuesta)

SL Saccadic Latency (Latencia Sacádica)

SSC Scleral Search Coil (Bobina Escleral de Búsqueda)

TP Target Point (Punto Objetivo)

VOG Video-OculoGraphy (Oculografía basada en Video)

Índice general

Glosario I

1. Introducción 1
- 1.1. Motivación . . . 1
- 1.2. Objetivos . . . 2

2. Estado del arte 3
- 2.1. Sistemas de seguimiento ocular . . . 4
  - 2.1.1. Movimiento ocular . . . 4
  - 2.1.2. Métodos de captura . . . 6
- 2.2. Sistemas de estimulación visual . . . 11
  - 2.2.1. Hardware de estimulación . . . 11
  - 2.2.2. Software de estimulación . . . 12
  - 2.2.3. Experimentos de estimulación . . . 14

3. Sistema propuesto 18
- 3.1. Setup a utilizar . . . 18
- 3.2. Diseño del sistema . . . 19
  - 3.2.1. Primera parte: Estructura de datos . . . 19
  - 3.2.2. Segunda parte: Implementación de las funciones principales . . . 22
  - 3.2.3. Tercera parte: Interfaz gráfica . . . 37

4. Resultados 38
- 4.1. Configuración de test de prueba . . . 38
- 4.2. Mediciones obtenidas . . . 38

5. Conclusiones y trabajo futuro 39
- 5.1. Conclusiones . . . 39
- 5.2. Trabajo futuro . . . 39

Referencias 40

A. Configuración del entorno de programación 42

B. Código fuente 45

Índice de figuras

2.1. Diagrama general de la interfaz hombre-máquina 3
2.2. Setup experimental típico 4
2.3. Ejemplo de uso de SSG 7
2.4. Ejemplo de posicionamiento de electrodos para EOG 8
2.5. Principio de detección VOG en base a reflexión de luz 9
2.6. Muestra de eye trackers disponibles en el mercado con tecnología VOG basados en reflexión de luz IR 9
2.7. Tarea pro/anti sacádica. 15
2.8. Paradigmas de experimentación. 16
2.9. Tarea guiada por memoria. 17

3.1. Diagrama de base de datos a implementar. 20
3.2. Diagrama de funcionamiento general. 23
3.3. Diagrama de clases del sistema (no considera GUI). 24

Índice de cuadros

2.1. Comparativa de los sistemas de adquisición encontrados 10
2.2. Comparativa de software de estimulación 13

3.1. Hardware y software utilizado en el desarrollo. 18
3.2. Métodos implementados en la clase Utils. 26
3.3. Métodos implementados en la clase SaccadeDB. 26
3.4. Métodos implementados en la clase Master. 28
3.5. Métodos implementados en la clase ItemList. 29
3.6. Métodos implementados en la clase Component. 31
3.7. Métodos implementados en la clase Frame. 33
3.8. Métodos implementados en la clase Test. 34
3.9. Métodos implementados en la clase Experiment. 36
3.10. Métodos implementados en la clase ExperimentHandler. 37
3.11. Métodos implementados en la clase ExperimentRuntime. 37

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

Diariamente y sin prestar mayor atención, gran parte de la población utiliza sus ojos para interactuar con su entorno: se detienen a admirar el paisaje, leer un libro, revisar su teléfono, navegar en internet, verificar que sus alimentos se encuentran en buen estado, etc. A pesar de lo simple que puede parecer esta acción, en la realidad corresponde a un proceso sumamente complejo que involucra la participación de un sinnúmero de estructuras sensoriomotrices.

El simple hecho de orientar nuestra vista hacia un nuevo objetivo desencadena una serie de eventos fascinantes: El globo ocular rota hasta lograr posicionarse en una determinada dirección de forma tal que los rayos de luz que son reflejados por el punto de interés se proyectan en la retina, estructura que transduce esta información en impulsos eléctricos que son interpretados de forma posterior por el cerebro y que se traducen en información que percibimos como una imagen.

El estudio de las dinámicas del ojo y la capacidad de registrar sus movimientos ha permitido con el paso de los años avances importantes en áreas sumamente variadas como la detección y seguimiento de enfermedades, estudios de marketing y usabilidad, ayuda a personas con dispacidad, entrenamiento y detección de errores en sistemas simulados, defensa y seguridad, videojuegos y experiencia de usuario, entre otras.

El factor común de todos estos avances recae no solo en la calidad del registro ocular, si no, en la capacidad de correlacionar estímulos visuales y respuestas motrices con el fin

de detectar la relación causa/efecto de los eventos. Para lograr esto, es necesario el uso de sistemas que permitan sincronizar las estapas de estimulación y registro de respuesta de forma tal de entregar insumos que permitan la obtención de información pertinente y útil del procesamiento posterior.

1.2. Objetivos

Así, el objetivo principal de este trabajo de título consiste en el diseño y construcción de un sistema de estimulación visual y registro de movimientos oculares enfocado en la realización de experimentos asociados a tareas sicomotoras. De esta forma, se presentan a continuación los objetivos específicos para el desarrollo:

(I) Definir y programar un mecanismo de estimulación visual acorde con las características técnicas de los protocolos utilizados en la realización de tareas sicomotoras.

(II) Implementar un sistema de sinconización entre el registro y la estimulación visual que permita la integración de un sistema de captura de movimiento ocular y que asegure el correcto registro de los datos.

(III) Integrar todas las etapas en una GUI.

Capítulo 2

Estado del arte

En base a la investigación previa fue posible definir de forma genérica los elementos principales requeridos para la configuración y puesta en marcha de un sistema de estimulación visual y registro de movimiento ocular. En la figuras 2.1 y 2.2 se presenta un diagrama general de funcionamiento del sistema propuesto y una imagen de ejemplo de un setup típico implementado.

Figura 2.1: Diagrama general de la interfaz hombre-máquina [1].

En 2.1 se pretende explicitar la función del sistema de estimulación - adquisición - registro y los requerimientos del mismo. Así, el software asociado debe ser capaz de manejar la interfaz con el usuario para poder entregar estímulos (visuales principalmente) y recibir las respuestas asociadas (en forma de datos de posicionamiento ocular o respuestas solicitadas por pantalla) de forma tal de agrupar las acciones temporalmente permitiendo de esta forma dar sentido a los datos obtenidos en el experimento.

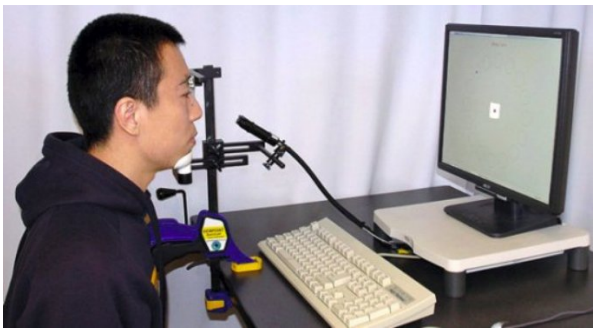


Figura 2.2: Setup experimental típico [1].

Para comprender de mejor manera el sistema y sus componentes, se presentará a modo de introducción en este capítulo una descripción de los elementos principales que forman parte del mismo.

2.1. Sistemas de seguimiento ocular

2.1.1. Movimiento ocular

La acción de dirigir la mirada hacia un objeto es parte fundamental del proceso de visión. Este acto involucra el direccionamiento de los ejes visuales hacia un objetivo determinado, permitiendo la realización de análisis visuales precisos. Dicha orientación muchas veces implica movimientos coordinados de los ojos, cuello y cabeza, no obstante, existen movimientos más pequeños que son realizados únicamente por los ojos, conocidos como movimientos sacádicos [9, 10].

Los movimientos sacádicos corresponden a las rotaciones que realiza el globo ocular entre dos momentos de posicionamiento estacionario, por tanto se traducen en el consecuente desplazamiento de la pupila. Dichos movimientos pueden ocurrir tanto en el eje horizontal como vertical y se encuentra aún en discusión si se entrega información visual en todo momento o solo es relevante al mantener la mirada detenida en alguna posición. Los movimientos sacádicos ocurren en todo momento y pueden estar provocados por procesos cognitivos conscientes o inconscientes, e independientemente de la naturaleza de estos movimientos, ambos generan patrones que permiten la construcción de un mapa mental de la escena observada. La necesidad de redireccionar el eje visual constantantemente para analizar una imagen se

corresponde con la idea de que, en el ojo humano, solo la parte central de la retina (fóvea) presenta una alta concentración de células fotorreceptoras sensibles al color y por tanto, se encuentra encargada de la visión en alta resolución.

Las características principales de dichos movimientos son:

1. Existen dos tipos de movimientos sacádicos: Los voluntarios, también conocidos como provocados, que implican control consciente sobre los procesos cognitivos y los reflexivos o automáticos, que corresponden a la respuesta natural a la aparición de un nuevo estímulo visual.

2. Por su naturaleza los movimientos sacádicos se consideran balísticos, lo que quiere decir que la posición de destino no cambia durante el desarrollo del movimiento. Esto puede entenderse también como que el objetivo se encuentra predeterminado en el momento de partida.

3. La velocidad de las sacadas aumenta de forma no lineal en la medida que aumenta la amplitud de movimento y puede alcanzar magnitudes de hasta $600-700[\frac{deg}{s}]$. Además, la duración del movimiento puede fluctuar entre $20-120[ms]$, aún que en promedio solo dura de $20-40[ms]$.

4. La precisión del movimiento sacádico presenta un error que varía entre el $5-10\,\%$ de la amplitud total del movimiento. Las correcciones son realizadas por desplazamientos de calibración denominados micro-sacadas. Estos métodos correctivos permiten suponer que existe algún tipo de procesamiento paralelo encargado de la calibración ocular de largo plazo [10].

Las características expuestas entregan, a grandes razgos, nociones que permiten comprender el por qué su estudio se ha vuelto común en campos científicos como la neurociencia: Dado que los movimientos del globo ocular son caracterizables, de patrones definidos y de alta presición es posible identificar mediante ellos enfermedades cuyos síntomas se traduzcan en alteraciones de las capacidades motrices. Un ejemplo de esto es la enfermedad de Parkinson, donde una afección crónica a los ganglios basales produce una reducción progresiva de la

sustancia negra lo que se traduce en una producción insuficiente de dopamina, neurotransmisor relevante para la función motora. Esta insuficiencia se traduce en aumentos en los tiempos de respuesta y tasas de error en diversas tareas asociadas a movimiento ocular [11, 12, 13, 14] (ver 2.2.3).

2.1.2. Métodos de captura

Un poco de historia

Para poder registrar los movimientos oculares es necesario el uso de equipamiento especializado y que, por su función y sin importar la tecnología utilizada, se denomina por su nombre en inglés: eye tracker. A modo introductorio se presenta a continuación una pincelada de su desarrollo en la historia [3, 4]

La primera aparición de dispositivos de este tipo data de finales del siglo XIX (Delabarre y Hale). Sus primeras versiones consistian en sistemas sumamente invasivos donde alambres finos conectados a una especie de lente de contacto movían una serie de palancas que amplificaban el movimiento y lo registraban en papel. Este método permitió objetivizar las investigaciones de comportamiento existentes. Por su contrucción, dichos dispositivos permitían observar el comportamiento espacial, más no el temporal.

A principios del siglo XX y de la mano de técnicas no invasivas basadas en óptica y reflexión de luz comenzaron a desarrollarse sistemas más parecidos a las tecnologías actuales: La proyección de luz sobre la córnea genera reflejos que se mueven de forma similar a la pupila y por tanto si se hace posible su registro, es posible conocer el movimiento ocular tanto horizontal como vertical, más no rotatorio (Dodge y Cline). Este método revolucionario marcaría los desarrollos futuros en esta área.

En la década de los 70' y gracias con los avances en sistemas de grabación de video y procesamiento digital se hizo posible detectar electrónicamente características del movimiento en base al contraste existente entre la esclerótida y los bordes del iris. Debido a los efectos de sombra producidos por los párpados este método presentaba problemas para detectar movimientos verticales, no obstante, permitía registrar movimiento horizontal con buena calidad.

De forma posterior y en base a estos avances iniciales fueron desarrolladas las tecno-

logías que, cada vez más, permiten obtener información relevante sin producir daño sobre quienes forman parte de los experimentos, reduciendo así las limitantes en este campo de investigación.

Tecnologías actuales

En la actualidad existen una gran gama de tecnologías para registrar movimiento ocular [3, 4, 2], no obstante, a continuación se indican las más relevantes:

1. **Bobina escleral magnética (SSC):** Esta técnica requiere del uso de lentes de contacto de gran tamaño directamente sobre el globo ocular. Dicho lente posee dos pequeñas bobinas de alambre que, al ser alineadas con el eje de visión e inducidas por campos electromagnéticos externos de alta frecuencia, permiten obtener información sobre la dirección en la que se encuentra el ojo en forma de voltaje. A pesar de la gran incomodidad que producen (ver figura 2.3), esta técnica es una de las más precisas y exactas.

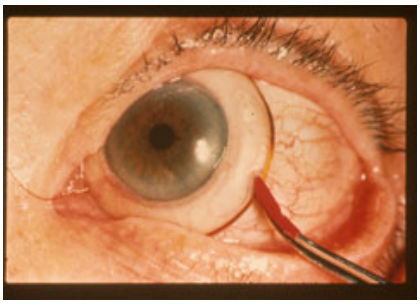


Figura 2.3: Ejemplo de uso de SSG[1].

2. **Electro-OculoGrafía (EOG):** Este método de seguimiento ocular permite determinar la dirección en la que se encuentra direccionado el ojo en base a la medición de diferencias de potencial eléctrico en la piel. En la medida que el ojo rota, el dipolo producido por la córnea y la retina cambia su orientación, lo que se ve reflejado en los potenciales de las zonas aledañas. Sus ventajas principales, además del bajo costo, son la capacidad de medir el movimiento ocular incluso aunque los ojos se encuentren cerrados (lo que hace de este método una herramienta interesante en caso de estudio de sueño) y que las mediciones son relativas a la posición de la cabeza. No obstante lo anterior, la precisión

[1] Imagen obtenida desde http://www.dizziness-and-balance.com/practice/default.htm

y exactitud de las mediciones obtenidas es baja ya que se encuentran sujetas a artefactos como el movimiento de los párpados. La figura 2.4 muestra el posicionamiento típico de los electrodos en este tipo de setup.

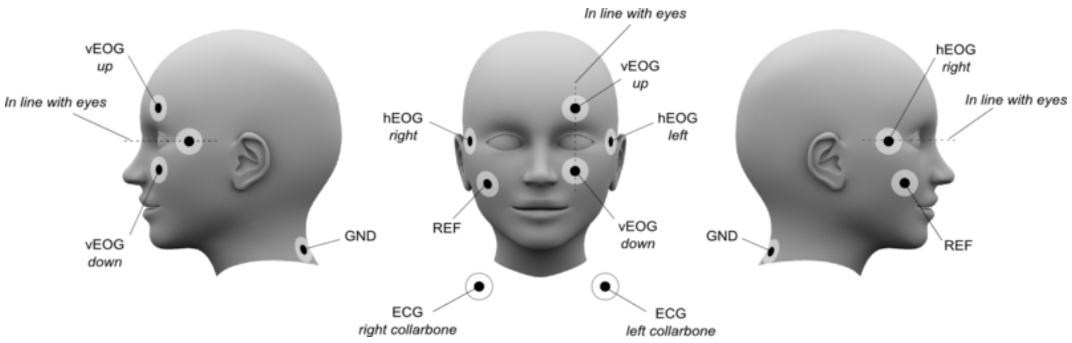


Figura 2.4: Ejemplo de posicionamiento de electrodos para EOG[2].

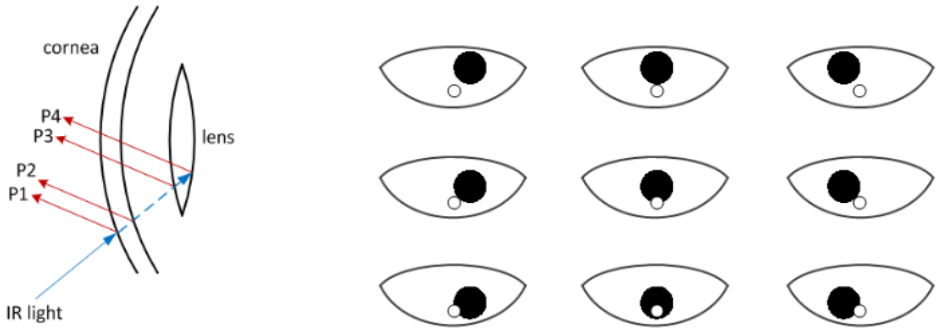
3. **Seguimiento ocular basado en video (VOG):** Este método de seguimiento ocular es el más popular en la actualidad. Consiste en capturar, con una o más cámaras, la actividad ocular y mediante procesamiento de imágenes determinar en que dirección se encuentra orientada la mirada. El procesamiento puede ser dividido en dos etapas principales: en la primera se detecta y localiza el ojo en la imagen, para lo que típicamente se utiliza la pupila o el iris y la segunda etapa corresponde al proceso por el cual se estima hacia donde se encuentra dirigido.

   Dentro de las técnicas VOG existentes la más utilizada corresponde a la estimación mediante reflexión corneal (con una fuente de luz típicamente infrarroja (IR)) y detección de pupila. Los focos de luz se ubican de forma que siempre se encuentren en la misma posición respecto del ojo, con lo cual la reflexión se mantiene virtualmente siempre en el mismo lugar. De esta forma la estimación se genera en base a la diferencia entre la ubicación de centro de la pupila y la posición de la reflexión.

   El principio de funcionamiento asociado a este método se basa en las imagenes de Purkinje-Sanson que describen la existencia de al menos 4 reflexiones de luz producidas por la córnea y el cristalino (figura 2.5 (a)) que pueden ser utilizadas como referencia para estimar el direccionamiento del ojo. En la figura 2.5 (b) es posible observar la

[2]Imagen obtenida desde http://sbiwiki.cns.ki.se/mediawiki/index.php/Natmeg/checklist_MEG_preparation

primera reflexión de purkinje en relación a distintas posiciones de la pupila.



(a) Reflexiones de Purkije-Sanson

(b) Posición de la reflexión P1 relativa al centro de la pupila.

Figura 2.5: Principio de detección VOG en base a reflexión de luz[2].

La presentación de estos dispositivos es variada y van desde cascos y lentes hasta trípodes y columnas donde se integran un elemento apoya-baribilla y el eye tracker. En la figura 2.6 se muestra un par a modo de referencia.

(a) Tobii Pro Glasses 2

(b) MiraMetrix S2

Figura 2.6: Muestra de eye trackers disponibles en el mercado con tecnología VOG basados en reflexión de luz IR[3].

Comparativa

A pesar de las claras e importantes diferencias entre las tecnologías presentadas es posible realizar una comparación entre las mismas. En [3, 4, 2] se entregan nociones sobre las capacidades operativas en cuanto a presición espacial, temporal, capacidad de registrar movimientos de torsión, desplazamiento horizontal y vertical, tiempo requerido para preparar

[3]Imágenes obtenidas desde https://www.tobii.com/ y https://www.microway.com.au/ respectivamente.

su uso (setup), comodidad para el usuario tipo de calibración requerida y complejidad de la misma.

En el cuadro 2.1 se presenta un resumen con las características ya descritas para EOG, SSG, VOG (común) y DPI (VOG de gama alta utilizando distintas reflexiones de Purkinje).

	EOG	SSG	VOG	DPI
Precisión espacial (grados)	$\approx 0{,}5$	$\approx 0{,}01$	$\approx 0{,}05$	$\approx 0{,}017$
Precisión temporal (Hz)	40	500	$50 - 400$	$500 - 1000$
Registro de mov. verticales	Es posible pero se encuentran sujetos a error por efecto de artefactos producidos por el párpado	Si	Si	Si
Registro de torsión	No	Si	Si	Si
Tiempo de setup	Lento debido a que requiere la utilización de electrodos	Lento	Rápido	Rápido
Requiere calibración por enfoque	Si	No	Si	Si
Complejidad de calibración	Requiere configuración bitemporal	La no-linealidad puede ser compensada con un modelo basado en ajuste de parámetros	Buena linealidad	Buena linealidad
Invasividad	Electrodos cercanos al ojo (sin contacto), no afecta el campo visual	Lentes de contacto, posibles efectos negativos en precisión visual, incomodidad	Aparato montado en la cabeza (sin contacto con los ojos), limitación moderada del campo visual	Cabeza inmovilizada en un soporte de barbilla, limitación moderada del campo visual

Cuadro 2.1: Comparativa de los sistemas de adquisición encontrados en [3, 4, 2]

2.2. Sistemas de estimulación visual

2.2.1. Hardware de estimulación

Para cualquier experimento científico o proyecto de investigación la reproducibilidad y repetibilidad de los estímulos utilizados es tan importante como los resultados obtenidos. En este contexto, es posible aseverar que las características de los estímulos presentados son tan valiosas como el conjunto de reportes precisos sobre los parámetros utilizados para generarlos. Este motivo, en comunión con las necesidades técnicas de los experimentos, muchas veces hacen de la elección del artefacto de estimulación una tarea particularmente compleja [15].

A lo largo de la historia, los investigadores dedicados al estudio del movimiento ocular han usado diversas tecnologías con el propósito de estimular visualmente a sus pacientes, no obstante, no fue hasta la década de los 70' y de la mano de los computadores que los monitores CRT revolucionaron este campo de investigación convirtiéndose en el estándar durante décadas. El motivo principal de su popularidad dice relación con la capacidad que brindan, mediante la programación en computador, de diseñar con relativa facilidad una gran gama de pruebas y experimentos distintos, lo que permitió explorar de forma rápida nuevos métodos e hipótesis. Esto, complementado a la integración del control de los parámetros de estimulación y almacenamiento de resultados e historiales en el mismo dispositivo permitió robustecer los procesos de investigación debido a la capacidad de repetir los experimentos sin afectar mayormente características de los estímulos.

Las limitantes de los primeros dispositivos se fueron subsanando con el avance de la tecnología, de esta forma, los monitores análogos avanzaron hasta alcanzar tasas de refresco elevadas ($\geq 200[Hz]$), una gran gama de colores, buena resolución espacial (alcanzando hasta $1600[px]$ de ancho), un rápido decaimiento del fósforo de la pantalla que se traduce en tiempos de repuesta reducidos ($< 1[ms]$) y un buen tamaño (típicamente $20[in]$ en la diagonal). En base a esta información pueden definirse dos conceptos relevantes para el hardware de estimulación:

1. **Tasa de refresco (FPS):** dice relación con la cantidad de veces que se actualiza la imagen de la pantalla por cada segundo e influye en el timing de los estímulos.

2. **Tiempo de respuesta (RT):** es cuanto demora un pixel de la pantalla en cambiar su color e influye en la calidad y nitidez de las imágenes.

A pesar de la mejoras considerables en sus características, las nuevas tecnologías han hecho desaparecer a los monitores CRT del mercado. Así en la actualidad es común ver monitores LCD, LED y oLED que tienen pantallas de mayor tamaño, menor consumo de energía, menor radiación electromagnética y una menor huella de carbono. Es importante destacar que, a pesar de que el aspecto de las nuevas tecnologías es similar, sus principios de funcionamiento, capacidades y características difieren.

Existen varias consideraciones que hacer al utilizar estas tecnologías [16, 17]. Transversalmente se tiene un problema de timing debido a las bajas tasas de refresco de la mayor parte de los monitores modernos, por tanto en primer lugar es necesario definir los tiempos que se requiere en la muestra de frames para cumplir con los requerimientos de los estímulos. En este sentido, por ejemplo, aunque muchos monitores modernos indican que su tasa de refresco se encuentra entre $60-75[Hz]$ no se aclara en sus hojas de datos cual es el límite efectivo del refresco vertical. Este punto se vuelve crítico si se considera que una buena parte de los equipos modernos incorporan sistemas de procesamiento de imagenes para mejorar la calidad, lo que retrasa aún mas estos tiempos. Otro elemento de cuidado es el tiempo de respuesta. Es ideal asergurar que este sea reducido para lograr que el cambio entre imágenes no sea notorio y afecte el experimento (esto se hace más presente en casos en los que se muestra secuencias de video). Finalmente, es importante compaginar las características del experimento con las propiedades lumínicas del equipo ya que es sabido que en tecnologías como el caso de los LCD tanto el ángulo del observador respecto de la pantalla como las distintas zonas de la misma afectan el color/contraste observado (efecto de retro-iluminación).

2.2.2. Software de estimulación

Tal como se indicó en el apartado anterior la generación de estímulos es una pieza clave en la realización de experimentos ya que permiten preparar un escenario adhoc para la obtención de datos específicos. En [18] es posible encontrar una larga lista de software especializado para el desarrollo de experimentos en el área de la psicofísica además de referencias

e información sobre sus características. A modo de resumen se presenta en el cuadro 2.2 una comparación entre las aplicaciones más citadas de la página (según número de citas encontradas en google scholar).

	PsychoPy	VissionEgg	PsychoToolbox	Stimulus Presentation
Tipo de software	Open source			Privativo, de pago
Plataforma	python + OpenGL		Matlab/Octave	Software independiente (IDE con editor de python)
Sistema operativo	Linux, MacOS, Windows			Windows
Fecha de última actualización	$Dec/2017$	$Sep/2014$	$Oct/2017$	$Abr/2017$
Citaciones en Google Scholar	2220	427	6310	3520
Programable	Si			
Imágenes y Video	Si			
Sonido	Si			
Soporte para Eye trackers incluido	Si	No	Si	Si
Capacidad para registro de data	Si	No	Si	Si
Documentación/Foro disponible	Si	No (Link caído)	Si	Si

Cuadro 2.2: Comparativa de software de estimulación [5, 6, 7, 8]

2.2.3. Experimentos de estimulación

Debido a la versatilidad de los movimientos sacádicos, se ha desarrollado con el tiempo un número importante de tareas sicomotoras para probar destintos mecanísmos cognitivos. Por este motivo y a modo de acotar las actividades asociadas a este trabajo de título, se desarrollará el sistema propuesto de forma tal que permitita solo la implementación de experimentos con características similares a los presentados en [11, 12, 13, 14], que corresponden a métodos utilizados en la evaluación y caracterización de desempeño sicomotor en pacientes que padecen la enfermedad de Parkinson. Dichas tareas corresponden a la evaluación de movimientos pro-sacádicos, anti-sacádicos y aquellos guiados por memoria.

En la explicación de estos experimentos se utilizarán dos elementos importantes. El primero corresponde al punto de fijación o FP y el segundo al punto objetivo o TP. FP es un punto ubicado en el centro de la estimulación a modo de referencia y se utiliza para calcular las amplitudes de los movimientos oculares. TP es un punto objetivo que sirve como guía en la realización de los movimientos.

Métricas de interés

Las métricas principales a considerar para este tipo de experimentos son:

1. **Latencia sacádica (SL):** Lapso de tiempo que transcurre entre la aparición de un nuevo estímulo y el comienzo de una sacada $[ms]$.

2. **Intervalo inter-sacádico (ISI):** Tiempo entre el término de un movimiento sacádico y el comienzo de otro en $[ms]$.

3. **Ganancia inicial de movimiento:** Cociente entre la amplitud de la sacada y la distancia desde el punto de partida al objetivo.

4. **Tasa de error:** Relación entre el número de veces que el movimiento ejecutado fue errado y el total de movimientos realizados.

Movimientos pro/anti sacádicos

A pesar de que la construcción de este tipo de tareas es sumamente similar su enfoque es completamente distinto. La medición de la respuesta prosacádica tiene como fin el cuantificar la capacidad del individuo para responder de forma reflexiva frente a un nuevo objetivo y entrega información que suele utilizarse como base para comparar otros métodos. Por otro lado, la actividad antisacádica implica la inhibición del comportamiento reflexivo y la realización de un movimiento voluntario en la dirección opuesta, de esta forma la información obtenida permite conocer el estado de estructuras cerebrales como el lóbulo frontal, en donde se procesan las funciones ejecutivas.

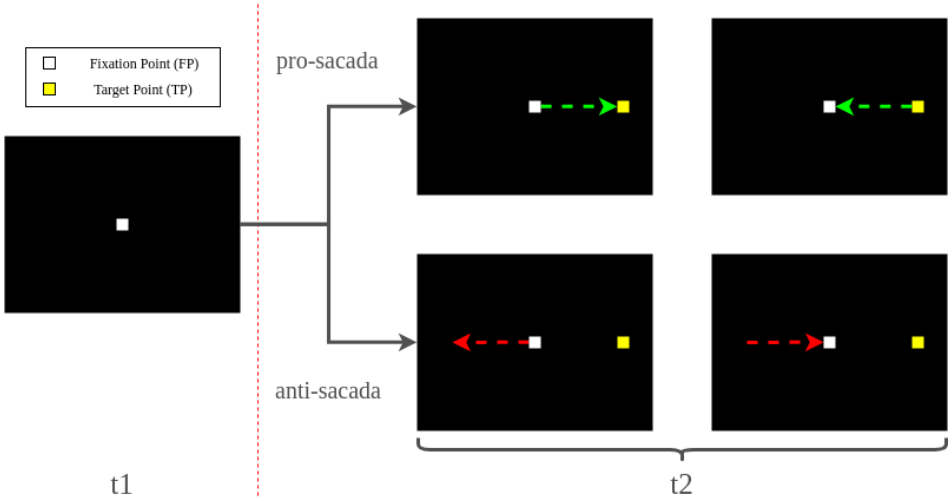


Figura 2.7: Tarea pro/anti sacádica.

Los tipos de movimientos descritos se estudian mediante estímulo similares al propuesto en la figura 2.7. Usualmente se pide al sujeto que mantenga su vista en FP (blanco) durante algún tiempo t_1 hasta que aparezca TP (amarillo) y luego realice la tarea solicitada, para lo cual se otorga un tiempo t_2. En el caso de los movimientos prosacádicos, como ya fue explicado con anterioridad, se debe rotar los ojos hacia TP y luego volver a FP (flechas verdes). Para movimientos antisacádicos se realiza la acción contraria (flechas rojas). En algunos casos resulta conveniente añadir una imagen de feedback al final del experimento para indicar si la tarea fue realizada correctamente.

Estos experimentos pueden ser modificados y complementados con el fin de estudiar actividades cognitivas más complejas. Típicamente estas variaciones aplican uno o más para-

digmas como los que se muestran en la figura 2.8, donde puede apreciarse un diagrama de temporización de un estímulo bajo el efecto de los paradigmas de gap, overlap y delay.

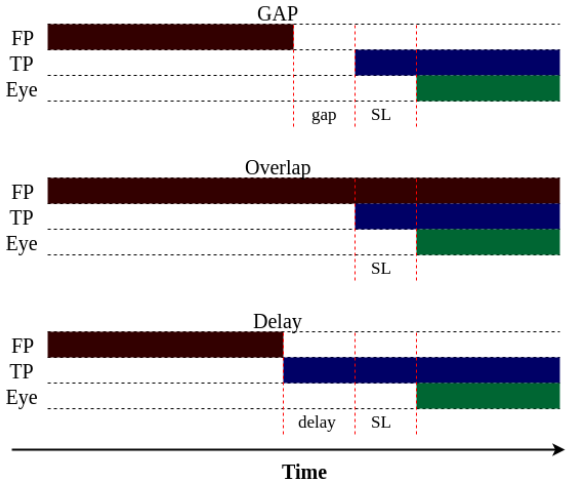


Figura 2.8: Paradigmas de experimentación.

Donde FP es el Fixation Point, TP el Target Point, Eye representa si existe o no movimiento ocular (o más bien, cuando se espera que ocurra) y SL corresponde a la latencia sacádica.

Movimientos guiados por memoria

Los experimentos guiados por memoria corresponden a tareas en las cuales el usuario debe repetir con movimientos oculares algun patrón observado con anterioridad.

En la figura 2.9 es posible observar un diseño simple para este tipo de experimentos. Despues de mantener FP por un lapso t_1 en pantalla se muestra una serie de objetivos T_n en intervalos de tiempo idénticos, luego se muestra nuevamente TP por un lapso t_3 para indicar que ha finalizado la serie y dar tiempo al usuario para prepararse. Finalmente se solicita que se muevan los ojos en secuencia por los puntos en que se vio aparecer los objetivos.

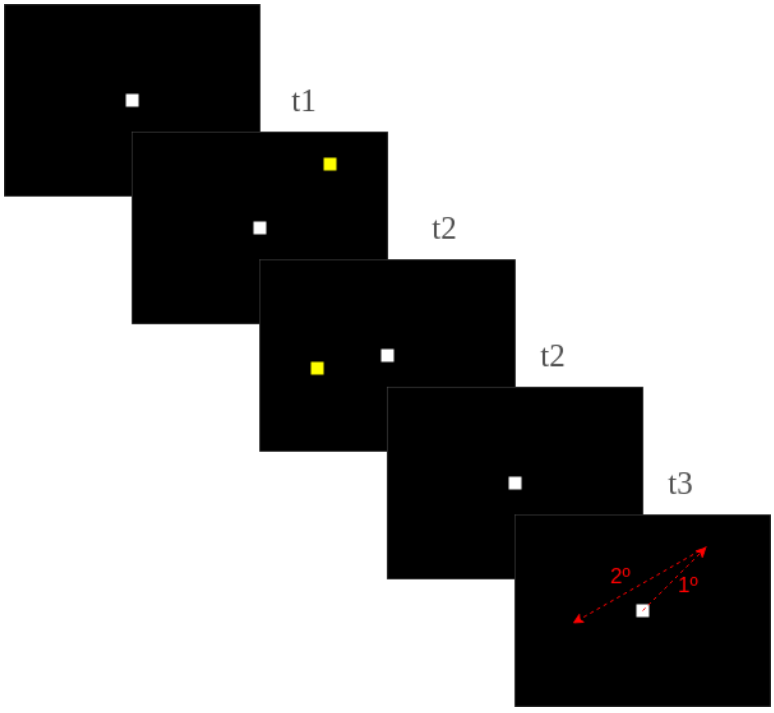


Figura 2.9: Tarea guiada por memoria.

Capítulo 3

Sistema propuesto

3.1. Setup a utilizar

Debido a que este trabajo de memoria corresponde fundamentalmente a una prueba de concepto se decidió junto al profesor guía evitar en lo posible la compra de nuevo equipamiento y por tanto no se entrega particular importancia a cumplir de forma estricta con las características de hardware utilizado en instancias formales de investigación. Con esto en consideración se presenta a continuación una descripción del entorno de hardware y software utilizado:

Hardware	PC	Procesador:	Intel Core i7-3770
		Memoria RAM:	16.0GB, DDR3, 650MHz
		Disco duro:	Samsung SSD, 840 Series, 120GB
		Tarjeta gráfica:	NVIDIA GeForce GTX 660 Ti, 2GB
	Monitores	Principal:	Samsung SyncMaster, 1680x1050px, 60Hz
		Secundario:	Samsung SyncMaster, 1680x1050px, 60Hz
	Adquisición	Eyetracker:	EyeTribe
Software	Entorno	SO:	Windows 10 Pro x64
		Base:	Python 2.7 x86, Anaconda
	Módulos	Principal:	PsychoPy 1.84.2[19]
		Requeridos:	Ver anexo A

Cuadro 3.1: Hardware y software utilizado en el desarrollo.

La elección de software se encuentra infuenciada fuertemente por los siguientes puntoss:

1. El eyetracker a utilizar solo tiene disponible sus drivers para Mac y Windows. Debido a la facilidad de encontrar computadoras con

2. Los desafíos del sistema a implementar requieren del uso de un lenguaje orientado a objetos. A pesar de las bondades de Octave o Matlab en procesamiento y acceso a módulos complementarios estos entornos carecen de buen soporte para este tipo de programación, por este motivo se utiliza Python como lenguaje de desarrollo.

3. Dentro de las opciones disponibles PsychoPy resulta sumamente interesante. Cumple con ser open-source, es ampliamente utilizado por investigadores, presenta documentación detallada y clara para todas sus funciones y los foros se encuentran activos. Otro punto interesante es que entrega soporte para varias marcas de eyetracker, entre los cuales se encentra el seleccionados.

3.2. Diseño del sistema

El sistema a ser desarrollado en ente trabajo de título tiene como función principal facilitar el proceso de configuración y puesta en marcha de experimentos asociados a movimiento ocular. Para esto, se considera oportuno subdividir el desarrollo en tres partes: La primera consiste en determinar la estructura de datos requerida para almacenar tanto las configuraciones del sistema como de las tareas a implementar. La segunda implica la implementación de los métodos de configuración y ejecución del experimento, asegurando su correcto funcionamiento. La tercera etapa corresponde a montar estas funciones en una GUI para facilitar el proceso a personas que no tengan conocimiento del lenguaje. Así, se presenta a continuación el trabajo realizado.

3.2.1. Primera parte: Estructura de datos

Al diseñar la estructura de datos se debió considerar el problema desde tres aristas. La primera correspondía a la necesidad de almacenar la información del conjunto compuesto por

experimento-tareas-cuadros-componentes donde, complementando lo expuesto en el apartado 2.2.3, las tareas corresponden a las actividades específicas que el sujeto de prueba debe llevar a cabo. Los cuadros corresponden a los elementos que conforman dichas tareas y los componentes serán considerados como las figuras e imágenes contenidas en cada cuadro. La segunda dice relación con la información complementaria que se desea incluir para posterior análisis, tal como comentarios del investigador encargado del experimento para una sesión específica o algunas características de quien realizará el experimento, tales como su edad, sexo, color de ojos o si se utilizan lentes durante la ejecución. Finalmente, la tercera arista implica el conservar las configuraciones del equipo y hardware a utilizar para montar el servicio de ejecución asociado al módulo ioHub, que es el componente de PsychoPy que permite sincronizar todos los dispositivos asociados a la ejecución del experimento: teclado, pantalla, eyetracker, etc. y almacenar los datos en un archivo.

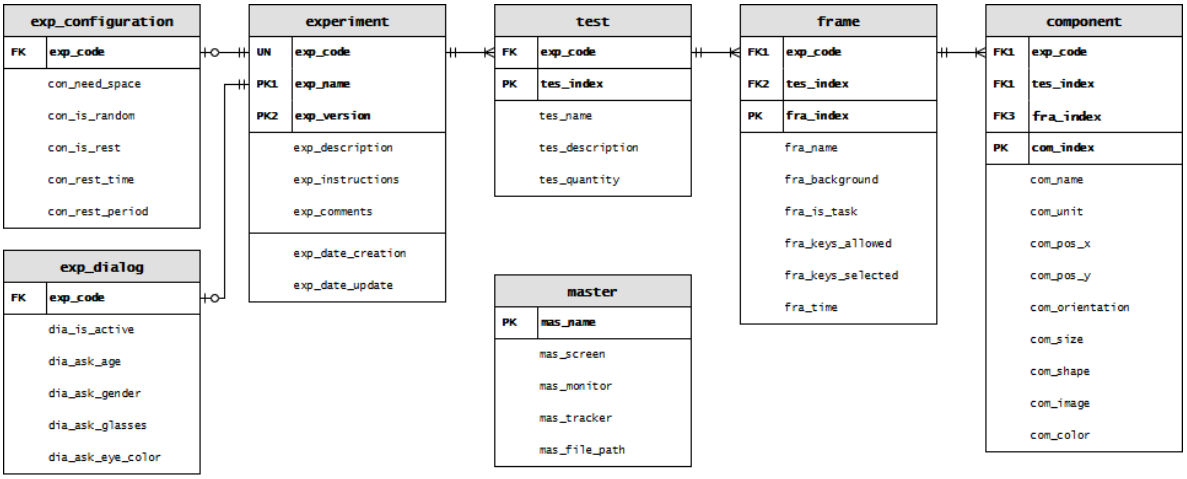


Figura 3.1: Diagrama de base de datos a implementar.

En base a lo anterior, se propone como solución el uso de una base de datos local de tipo SQLite con la estructura presentada en la figura 3.1. A continuación se comenta el contenido de cada tabla y su función:

1. **master:** Almacena la información asociada a un perfil de configuración del hardware a utilizar. Cada perfil es identificado con un nombre e indica que pantalla será utilizada (screen), cual es la configuración de dicha pantalla (monitor, se define en un aplicativo de PsychoPy), que eyetracker se utilizará (tracker) y en que directorio se almacenará el

archivo resultante.

2. **experiment:** Almacena la información de identificación de un experimento. Cada experimento se identifica por un código único (code) y un par nombre/versión (name/-version), que tiene como objetivo identificar a una aplicación específica de una familia de el mismo tipo, por ejemplo: ”antisaccade”/”v1.0_gap”. Además, se incluye un campo para la descripción, instrucciones para el usuario (instructions) y comentarios para quien tome el experimento (comments). Se incluyen la fecha de creación y la última modificación para dejar de forma explícita una señal de cuidado: Las condiciones del experimento pueden no ser las mismas de la última ejecución.

3. **exp_configuration:** Esta tabla es complementaria al experimento y almacena la configuración general de ejecución. £Es necesario que el paciente presione la tecla espacio antes de cada tarea? (need_space), £el orden de las tareas es aleatorio o secuencial? (is_random), £Se incluyen en el experimento tiempos de descanso? (is_rest), £Cada cuántas tareas? (rest_period), £Con qué duración? (rest_time).

4. **exp_dialog:** Esta tabla es complementaria al experimento y almacena la configuración del diálogo inicial. £Se incluirá información complementaria? (is_active), £Qué edad tiene el paciente? (ask_age), £Cuál es su sexo? (ask_gender), £Utiliza gafas o lentes de contacto? (ask_glasses), £Cuál es su color de ojos? (ask_eye_color).

5. **test:** Esta tabla contiene, para cada experimento, la identificación de las tareas a utilizar. Cada tarea se identifica por su nombre (name) y debe especificar el número de repeticiones a ser ejecutadas (quantity). Incluye un campo para añadir una descripción de la tarea (description).

6. **frame:** Esta tabla contiene, para cada tarea, el conjunto de cuadros que la conforman. Cada cuadro se identifica por un nombre (name) y permite la configuración de su comportamiento y características de forma general: color de fondo (color), si el cuadro corresponde a una tarea que requiere respuesta de teclado o es temporizada (is_task), las teclas habilitadas (keys_allowed), las teclas que se espera sean presionadas (keys_selected) y el tiempo por el cual debe ser presentada (time).

7. **component:** Esta tabla contiene, para cada frame, el conjunto de componentes o elementos que la conforman. Cada componente se identifica por un nombre (name) y las configuraciones asociadas a las unidades de medida consideradas (units), su posición en la pantalla (pos_x, pos_y), su tamaño (size), si se encuentra rotada o no (orientation), si es una figura, su forma (shape) y color (color) o si es una imagen el binario correspondiente (image).

Este modelo se considera apropiado por los siguientes motivos:

1. Aísla un experimento de otro al tener tareas y configuraciones completamente independientes. Esta configuración permite evitar que cambios en alguna tarea para ajustarse a necesidades específicas de un experimento afecte el funcionamiento del resto.

2. No puede existir una tarea que no se encuentre asociada a algún experimento, esto aplica también a cuadros y componentes.

3. Tener toda la información y configuraciones contenidas en un archivo facilita la portabilidad y migración desde un equipo a otro. Además, dado que es tratable como una base de datos convencional facilita el proceso de revisión de los datos sin necesidad del programa principal.

Cabe destacar que, para asegurar la limpieza de la base de datos se tomo la decisión de generar tanto updates como deletes en cascada a todas las tablas asociadas a un experimento, de esta forma, al eliminar un experimento particular se eliminan también todas sus tareas y configuraciones, evitando data residual. Esto se repite en niveles más bajos también: eliminar una tarea elimina todos sus cuadros, eliminar un cuadro elimina también todos sus componentes.

3.2.2. Segunda parte: Implementación de las funciones principales

Para lograr sincronizar la ejecución del experimento con el uso de dispositivos tales como el monitor, el teclado y el eyetracker se hará uso de ioHub [20]. IoHub es un módulo que forma actualmente parte de PsychoPy y que fue desarrollado originalmente por Sol Simpson. Su funcionalidad principal consiste en montar un servicio por el cual se hace una revisión

constante de los dispositivos de entrada/salida seleccionados, almacenando la información recopilada de forma ordenada en un archivo con formato hdf5, que corresponde a una tipo de diccionario donde se ordenan los datos. Para construir la aplicación en base a esta utilidad se debe generar un conjunto de métodos que permita lograr las funcionalidades presentadas en la figura 3.2.

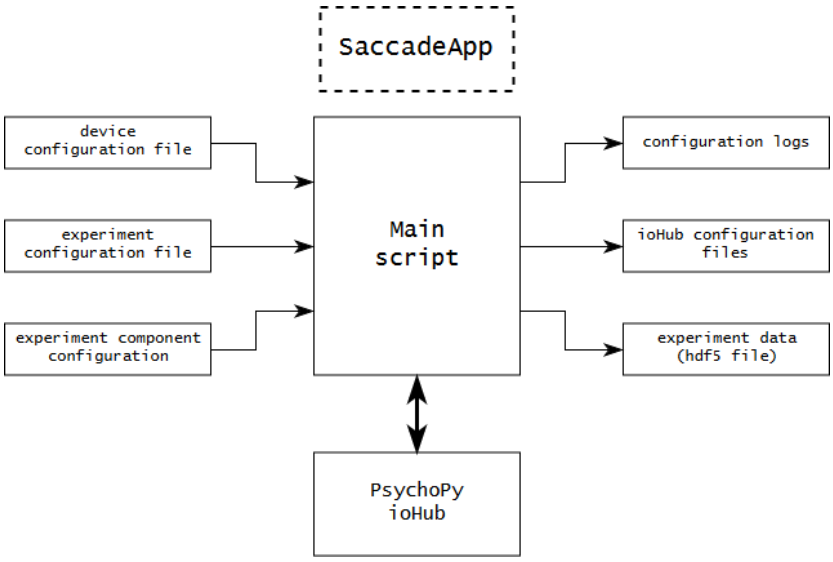


Figura 3.2: Diagrama de funcionamiento general.

Para esto, es necesario entregar tres insumos: la configuración de los dispositivos que serán monitorizados por ioHub, la configuración general del experimento (identificadores, descripción y los elementos que conforman las ventanas de diálogo) y la configuración de los elementos asociados a la presentación de estímulo (que se conforman por otras rutinas de PsychoPy).

En la figura 3.3 se presenta la estructura de clases implementada en este trabajo de título. Las clases Master, Experiment, Test, Frame y Component representan el conjunto de funciones que permiten manejar la configuración almacenada en las respectivas tablas de la base de datos además de otorgar otras funcionalidades que se enfocan en la ejecución del experimento propiamente tal. Debido a que Experiment, Test y Frame implican el manejo de una lista de componentes, estas son creadas como clases que heredan las funcionalidades básicas para el manejo de listas como el agregar, copiar o eliminar elementos, cambiar suu posición en la lista, etc. La clase utils implementa métodos de formateo de datos, tales como la conversión

de strings a formato unicode o el formateo de fechas. SaccadeDB otorga funcionalidades que permiten comunicarse con el archivo de base de datos. Finalmente, la clase ExperimentHandler es la encargada de generar crear las carpetas de almacenamiento, los archivos de respaldo, los logs de configuración y la inicialización de la ejecución del experimento, que es implementado en la clase ExperimentRuntime (que hereda de ioHub e inicia el servicio asociado). La clase Switch implementa una estructura similar a un switch-case con el fin de utilizar una máquina de estados que regule la carga de frames durante la ejecución.

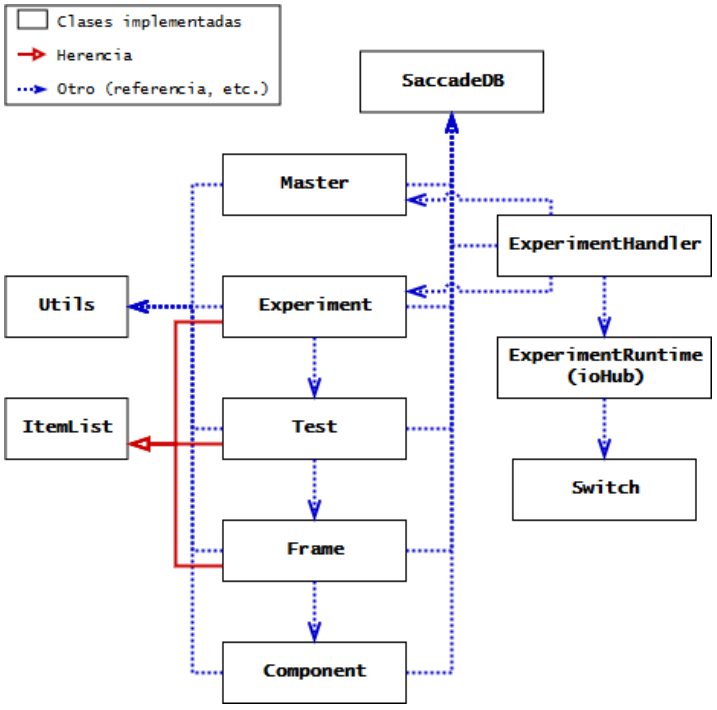


Figura 3.3: Diagrama de clases del sistema (no considera GUI).

A continuación se describe con un mayor grado de detalle cada clase. Por simplicidad se obvian las funciones asociadas al get-set de los atributos (que corresponden a los datos almacenados en la base de datos):

1. **Utils:** Clase utilizada para implementar funcionalidades de formateo de datos.

format_text	
Descripción	Método estático. Convierte un string o similar a formato unicode. Si el dato ingresado no cumple con las condiciones de formato se devuelve un elemento vacío.
Inputs	word: String o dato a ser formateado. lmin: Largo mínimo de la palabra. lmax: Largo máximo de la palabra.
Return	unicode.
format_int	
Descripción	Método estático. Convierte un valor en entero. Si el valor no cumple con las condiciones dadas se devuelve un valor por defecto, especificado por el usuario.
Inputs	value: Valor a ser formateado. vmin: Valor mínimo permitido. default: Valor por defecto.
Return	int.
format_float	
Descripción	Método estático. Convierte un valor en flotante. Si el valor no cumple con las condiciones dadas se devuelve un valor por defecto, especificado por el usuario.
Inputs	value: Valor a ser formateado. vmin: Valor mínimo permitido. default: Valor por defecto.
Return	float.
format_bool	
Descripción	Método estático. Convierte el valor entregado en un booleano. Si el valor no puede ser convertido se devuelve algún valor por defecto especificado por el usuario.
Inputs	state: Estado a ser formateado. default: Valor por defecto.
Return	bool.
format_path	
Descripción	Método estático. Formatea la dirección entregada dependiendo del sistema operativo.
Inputs	path: Dirección a ser formateada.
Return	unicode.

get_time	
Descripción	Método estático. Permite convertir un string asociado a una fecha desde el formato de tiempo GTM a el horario de Chile continental. Esta función se agrega debido a la configuración horaria de la base de datos.
Inputs	date: String que representa una fecha en formato Y-m-d H:M:S.
Return	unicode.

Cuadro 3.2: Métodos implementados en la clase Utils.

2. **SaccadeDB:** Clase utilizada para implementar la conexión con la base de datos SQLite.

SaccadeDB		
Descripción	Constructor. Inicializa los atributos del objeto.	
Inputs	filepath:	Ubicación (string o unicode) del archivo de base de datos.
Return	void.	
connect		
Descripción	Método que inicia una conexión con el archivo de base de datos. Si el archivo de base de datos epecificado en el constructor no existe, crea uno nuevo utilizando las configuraciones especificadas en **??**.	
Inputs	void.	
Return	void.	
close		
Descripción	Método que finaliza, de ser posible, la conexión con la base de datos.	
Inputs	void.	
Return	bool.	Verdadero si la conexión se cierra apropiadamente, falso en caso contrario.
push_query		
Descripción	Método que permite realizar querys que involucran modificar los contenidos de la base de datos (insert, update, delete, etc.).	
Inputs	query.	Instrucción SQL (string o unicode).
Return	bool.	Verdadero si la query se ejecuta correctamente, falso en caso contrario.
pull_query		
Descripción	Método que permite realizar querys que involucran obtener datos de la base de datos (select).	
Inputs	query.	Instrucción SQL (string o unicode).
Return	objeto.	numpy_array en caso de existir datos, None en caso contrario.

Cuadro 3.3: Métodos implementados en la clase SaccadeDB.

3. **Master:** Clase que permite manipular las configuraciones de hardware asociado a los experimentos y la ruta de los archivos de salida de los mismos. Para utilizar las funciones de carga/guardado es necesario configurar el objeto de base de datos mediante la función set_database.

Master		
Descripción	Constructor. Inicializa los atributos del objeto.	
Inputs	void.	
Return	void.	
get_list		
Descripción	Método estático. Entrega una lista con los nombres de los perfiles de configuración que se encuentran almacenados en la base de datos.	
Inputs	db:	Objeto de base de datos saccadeDB.
Return	objeto.	list en caso de existir registros, None en caso contrario.
get_available_trackers		
Descripción	Método estático. Entrega una lista de las configuraciones disponibles para los eyetrackers. Dichas configuraciones pueden ser encontradas en la carpeta 'saccadeApp/resources/eyetrackers' del proyecto.	
Inputs	void.	
Return	list.	
get_available_screens		
Descripción	Método estático. Entrega una lista de los monitores (hardware) disponibles para realizar el experimento con sus respectivas resoluciones e identificadores. La pantalla principal tendrá el indicador 0.	
Inputs	void.	
Return	list.	
get_available_monitors		
Descripción	Método estático. Entrega una lista de las configuraciones de monitor disponibles. Estas deben ser añadidas en la aplicación Monitor Center de PsychoPy y permiten setear características como la resolución de pantalla, tamaño físico de la misma, distancia del usuario, etc.	
Inputs	void.	
Return	list.	
load		
Descripción	Método que permite cargar en el objeto las configuraciones almacenadas en la base de datos.	
Inputs	name:	Nombre del perfil de configuración que se desea cargar.
Return	bool.	Verdadero si el proceso se completó satisfactoriamente, falso en caso contrario.
save		
Descripción	Método que permite guardar la configuración del objeto en la base de datos.	
Inputs	void.	
Return	bool.	Verdadero si el proceso se completó satisfactoriamente, falso en caso contrario.

copy		
Descripción	Método que permite realizar una copia de la configuración en otro objeto (copia profunda). Esto permite tener distintos perfiles de forma rápida variando pequeños elementos de cada uno.	
Inputs	name:	Nombre del nuevo perfil de configuración. Este no debe haber sido usado antes.
Return	objeto.	Devuelve una copia del objeto actual si se ingresa un nombre correctamente o None en caso contrario.
remove		
Descripción	Método que permite eliminar una configuración de la base de datos.	
Inputs	void.	
Return	bool.	Verdadero si la acción se realizó correctamente, falso en caso contrario.
get_iohub		
Descripción	En base a los atributos de la clase, correspondientes a la tabla master de la base de datos, esta función genera y retorna un diccionario con las configuraciones de los dispositivos requeridos por ioHub.	
Inputs	void.	
Return	dict.	
get_configuration		
Descripción	Retorna un diccionario con los atributos contenidos en la clase. Estos datos se almacenarán en un archivo a modo de log para respaldar e indicar cual fue la configuración utilizada al ejecutar un experimento específico.	
Inputs	void.	
Return	dict.	

Cuadro 3.4: Métodos implementados en la clase Master.

4. **ItemList:** Clase utilizada para manejar listas de objetos. Su implementación no considera el uso directo por parte de los usuarios del programa.

ItemList		
Descripción	Constructor. Inicializa los atributos de la clase y permite definir el tipo de datos que contendrá la lista.	
Inputs	itemclass.	Tipo de dato/clase de los objetos.
Return	void.	
item_add		
Descripción	Método protegido. Permite agregar un objeto a la lista siempre y cuando sea del tipo especificado en el contructor.	
Inputs	item:	Objeto a añadir.
Return	bool.	Verdadero si la acción se realizó correctamente, falso en caso contrario.

item_copy		
Descripción	Método protegido. Agrega una copia profunda del objeto seleccionado en el último lugar de la lista.	
Inputs	index:	Posición en la lista del objeto a copiar.
Return	bool.	Verdadero si el índice existe y se realiza la copia, falso en caso contrario.
item_delete		
Descripción	Método protegido. Elimina el objeto selecccionado.	
Inputs	index:	Posición en la lista del objeto a eliminar.
Return	bool.	Verdadero si el índice existe y es eliminado, falso en caso contrario.
item_move_up		
Descripción	Método protegido. Si es posible, mueve el objeto en un espacio hacia la parte superior de la lista (indices más pequeños).	
Inputs	index:	Posición en la lista del objeto a mover.
Return	bool.	Verdadero si la acción se realizó correctamente (fue posible mover el objeto), falso en caso contrario (no hay lugar o el índice no existe).
item_move_down		
Descripción	Método protegido. Si es posible, mueve el objeto en un espacio hacia la parte inferior de la lista (indices más altos).	
Inputs	index:	Posición en la lista del objeto a mover.
Return	bool.	Verdadero si la acción se realizó correctamente (fue posible mover el objeto), falso en caso contrario (no hay lugar o el índice no existe).
item_get_all		
Descripción	Método protegido. Retorna la lista de objetos.	
Inputs	void.	
Return	objeto.	list en caso de existir objetos, None en caso contrario.
item_get_by_index		
Descripción	Método protegido. Si es posible, devuelve el objeto asociado al índice.	
Inputs	index:	Posición en la lista del objeto seleccionado.
Return	objeto.	Objeto de tipo itemclass si el índice existe o None en caso contrario.
item_number		
Descripción	Método protegido. Devuelve el número de elementos de la lista.	
Inputs	void.	
Return	objeto.	int si existen objetos en la lista o None en caso contrario.

Cuadro 3.5: Métodos implementados en la clase ItemList.

5. **Component:** Clase utilizada para manejar la configuración de los elementos que conforman un cuadro.

Component		
Descripción	Constructor. Inicializa los atributos del objeto.	
Inputs	void.	
Return	void.	
get_list		
Descripción	Método estático. Retorna una lista con todos los componentes que forman parte de un cuadro específico.	
Inputs	db: exp: tes: fra:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se extraerá la información. Código del experimento al que pertenecen los componentes de interés. ID de la tarea a la cual pertenecen los componentes de interés. ID del cuadro al cual pertenecen los componentes de interés.
Return	objeto.	list si existen elementos en la base de datos, None en caso contrario.
encode_image		
Descripción	Método privado. En caso de que el componente corresponda a una imagen, esta función la codifica para almacenar los datos en la base de datos en un campo de tipo BLOB.	
Inputs	void.	
Return	objeto.	Unicode que contiene la imagen codificada en 'base64' en caso de existir imagen, None en caso contrario.
decode_image		
Descripción	Método privado. Permite decodificar una imagen almacenada en 'base64'.	
Inputs	encimg:	unicode que contiene la imagen codificada en 'base64'.
Return	objeto.	Imagen PIL en caso de lograr decodificar, None en caso contrario.
load		
Descripción	Método que permite cargar en el objeto las configuraciones almacenadas en la base de datos.	
Inputs	db: exp: tes: fra: com:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se extraerá la información. Código del experimento al que pertenece el componente. ID de la tarea a la cual pertenece el componente. ID del cuadro al cual pertenece el componente. ID del componente.
Return	bool.	Verdadero si el proceso se completó satisfactoriamente, falso en caso contrario.
save		
Descripción	Método que permite guardar los datos de un componente en la base de datos.	
Inputs	db: exp: tes: fra:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se guardará la información. Código del experimento al que pertenecerá el componente. ID de la tarea a la cual pertenecerá el componente. ID del cuadro al cual pertenecerá el componente.

	com:	ID que se le otorgará al componente.
Return	bool.	Verdadero si el proceso se completó satisfactoriamente, falso en caso contrario.
copy		
Descripción	Método que entrega una copia profunda del objeto.	
Inputs	void.	
Return	objeto.	Objeto de tipo Component con los mismos atributos.
get_execution		
Descripción	Método a ser utilizado durante la ejecución de un experimento. Retorna un objeto que puede ser presentado en el monitor mediante una ventana de PsychoPy.	
Inputs	win:	Objeto de tipo Window perteneciente a PsychoPy que permite mostrar los estímulos por pantalla.
Return	objeto.	Estímulo de la familia 'psychopy.visual'. Actualmente se encuentran implementadas 5 figuras (cruz, cuadrado, círculo, gaussiana y flechas) además de la posibilidad de incluir imágenes.
get_configuration		
Descripción	Retorna un diccionario con los atributos contenidos en la clase.	
Inputs	void:	
Return	dict.	

Cuadro 3.6: Métodos implementados en la clase Component.

6. **Frame:** Clase utilizada para configurar el comportamiento de un cuadro específico de una tarea. Ya que los cuadros contienen y muestran componentes, esta clase se define como hija de ItemList inicializada para objetos de tipo Component.

Frame		
Descripción	Constructor. Inicializa los atributos del objeto.	
Inputs	void.	
Return	void.	
get_list		
Descripción	Método estático. Retorna una lista con todos los cuadros que forman parte de una tarea específica.	
Inputs	db: exp: tes:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se extraerá la información. Código del experimento al que pertenecen los cuadros de interés. ID de la tarea a la cual pertenecen los cuadros de interés.
Return	objeto.	list si existen elementos en la base de datos, None en caso contrario.
load		
Descripción	Método que permite cargar el cuadro y sus componentes desde la base de datos. Para cargar los componentes se hace uso del método privado load_components.	
Inputs	db: exp:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se extraerá la información. Código del experimento al que pertenece el cuadro.

	tes: fra:	ID de la tarea a la cual pertenece el cuadro. ID del cuadro.
Return	bool.	Verdadero si el proceso se completó satisfactoriamente, falso en caso contrario.
load_components		
Descripción	Método privado. Busca en la base de datos todos los componentes asociados al cuadro de interés, lo carga de forma iterativa y los agrega a la lista.	
Inputs	db: exp: tes: fra:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se extraerá la información. Código del experimento al que pertenece el cuadro. ID de la tarea a la cual pertenece el cuadro. ID del cuadro.
Return	void.	
save		
Descripción	Método que permite guardar los datos de un cuadro y sus componentes en la base de datos. Para guardar los componentes se hace uso del método privado save_components.	
Inputs	db: exp: tes: fra:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se guardará la información. Código del experimento al que pertenecerá el cuadro. ID de la tarea a la cual pertenecerá el cuadro. ID que se le otorgará al cuadro.
Return	bool.	Verdadero si el proceso se completó satisfactoriamente, falso en caso contrario.
save_components		
Descripción	Método privado. Guarda en la base de datos cada uno de los componentes de la lista.	
Inputs	db: exp: tes: fra:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se guardará la información. Código del experimento al que pertenece el cuadro. ID de la tarea a la cual pertenece el cuadro. ID del cuadro.
Return	void.	
copy		
Descripción	Método que entrega una copia profunda del objeto.	
Inputs	void.	
Return	objeto.	Objeto de tipo Frame con los mismos atributos.
get_execution		
Descripción	Método a ser utilizado durante la ejecución de un experimento. Retorna un diccionario que contiene las configuraciones del cuadro y una lista con sus componentes. Para esto se hace uso de forma iterativa de la función get_execution de cada componente que forma parte del cuadro.	
Inputs	win:	Objeto de tipo Window perteneciente a PsychoPy que permite mostrar los estímulos por pantalla.
Return	dict.	

get_configuration	
Descripción	Retorna un diccionario que contiene los atributos del cuadro y una lista con los atributos de sus componentes. Para esto se hace uso de forma iterativa de la función get_configuration de cada componente que forma parte del cuadro.
Inputs	void:
Return	dict.

Cuadro 3.7: Métodos implementados en la clase Frame.

7. **Test:** Clase utilizada para configurar una tarea específica en un experimento. Ya que las tareas se componen de cuadros, esta clase se define como hija de ItemList inicializada para objetos de tipo Frame.

Test		
Descripción	Constructor. Inicializa los atributos del objeto.	
Inputs	void.	
Return	void.	
get_list		
Descripción	Método estático. Retorna una lista con todas las tareas que forman parte de un experimento específico.	
Inputs	db: exp:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se extraerá la información. Código del experimento al cual pertenecen las tareas de interés.
Return	objeto.	list si existen elementos en la base de datos, None en caso contrario.
load		
Descripción	Método que permite cargar la tarea y sus cuadros desde la base de datos. Para cargar los cuadros se hace uso del método privado load_frames.	
Inputs	db: exp: tes:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se extraerá la información. Código del experimento al que pertenece la tarea de interés. ID de la tarea.
Return	bool.	Verdadero si el proceso se completó satisfactoriamente, falso en caso contrario.
load_frames		
Descripción	Método privado. Busca en la base de datos todos los cuadros asociados a la tarea de interés, los carga de forma iterativa y los agrega a la lista.	
Inputs	db: exp: tes:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se extraerá la información. Código del experimento al que pertenece la tarea de interés. ID de la tarea.
Return	void.	
save		
Descripción	Método que permite guardar los datos de una tarea y sus cuadros en la base de datos. Para guardar los cuadros se hace uso del método privado save_frames.	

Inputs	db: exp: tes:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se guardará la información. Código del experimento al que pertenecerá la tarea. ID que se le otorgará a la tarea.
Return	bool.	Verdadero si el proceso se completó satisfactoriamente, falso en caso contrario.
save_frames		
Descripción	Método privado. Guarda en la base de datos cada uno de los cuadros de la lista.	
Inputs	db: exp: tes:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se guardará la información. Código del experimento al que pertenece la tarea. ID de la tarea a la cual pertenecerá el cuadro.
Return	void.	
copy		
Descripción	Método que entrega una copia profunda del objeto.	
Inputs	void.	
Return	objeto.	Objeto de tipo Test con los mismos atributos.
get_execution		
Descripción	Método a ser utilizado durante la ejecución de un experimento. Retorna un diccionario que contiene las configuraciones de la tarea y una lista con sus cuadros. Para esto se hace uso de forma iterativa de la función get_execution de cada cuadro que forma parte de la tarea.	
Inputs	win:	Objeto de tipo Window perteneciente a PsychoPy que permite mostrar los estímulos por pantalla.
Return	dict.	
get_configuration		
Descripción	Retorna un diccionario que contiene los atributos de la tarea y una lista con los atributos de sus cuadros. Para esto se hace uso de forma iterativa de la función get_configuration de cada cuadro que forma parte de la tarea.	
Inputs	void:	
Return	dict.	

Cuadro 3.8: Métodos implementados en la clase Test.

8. **Experiment:** Clase utilizada para configurar un experimento específico. Ya que los experimentos se componen de tareas, esta clase se define como hija de ItemList inicializada para objetos de tipo Test. Para utilizar las funciones de carga/guardado es necesario configurar el objeto de base de datos mediante la función set_database.

Experiment	
Descripción	Constructor. Inicializa los atributos del objeto.
Inputs	void.
Return	void.

get_list		
Descripción	Método estático. Retorna una lista con todas las tareas que forman parte de un experimento específico.	
Inputs	db:	Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se extraerá la información.
Return	objeto.	list si existen elementos en la base de datos, None en caso contrario.
load		
Descripción	Método que permite cargar el experimento y sus tareas desde la base de datos. Para cargar las tareas se hace uso del método privado load_tests.	
Inputs	code:	Código que identifica al experimento de interés.
Return	bool.	Verdadero si el proceso se completó satisfactoriamente, falso en caso contrario.
load_tests		
Descripción	Método privado. Busca en la base de datos todos las tareas asociados al experimento de interés, las carga de forma iterativa y los agrega a la lista.	
Inputs	void.	
Return	void.	
save		
Descripción	Método que permite guardar los datos de un experimento y sus tareas en la base de datos. Para guardar las tareas se hace uso del método privado save_tests.	
Inputs	void.	
Return	bool.	Verdadero si el proceso se completó satisfactoriamente, falso en caso contrario.
save_tests		
Descripción	Método privado. Guarda en la base de datos cada una de las tareas de la lista.	
Inputs	void.	
Return	void.	
copy		
Descripción	Método que permite realizar una copia de la configuración en otro objeto (copia profunda).	
Inputs	code:	Código del nuevo experimento. Debido a que este es un campo único, no puede ser igual a alguno ya almacenado en la base de datos.
	version:	Versión del nuevo experimento. no pueden existir dos experimentos con el mismo nombre y versión en la base de datos.
Return	objeto.	Objeto de tipo Experiment si ingresa correctamente el nuevo código y versión, None en caso contrario.

get_iohub	
Descripción	En base a los atributos de la clase, correspondientes a las tablas de la base de datos experiment y exp_dialog, esta función genera y retorna un diccionario con las configuraciones del experimento requeridas por ioHub.
Inputs	void.
Return	dict.
get_execution	
Descripción	Método a ser utilizado durante la ejecución de un experimento. Retorna un diccionario que contiene las configuraciones asociadas a la ejecución del experimento y una lista con sus tareas. Para esto se hace uso de forma iterativa de la función get_execution de cada tarea que forma parte del experimento.
Inputs	win: Objeto de tipo Window perteneciente a PsychoPy que permite mostrar los estímulos por pantalla.
Return	dict.
get_configuration	
Descripción	Retorna un diccionario que contiene los atributos del experimento y una lista con los atributos de sus tareas. Para esto se hace uso de forma iterativa de la función get_configuration de cada tarea que forma parte del experimento.
Inputs	void:
Return	dict.

Cuadro 3.9: Métodos implementados en la clase Experiment.

9. **ExperimentHandler:** Clase utilizada para efectuar las configuraciones previas que permiten ejecutar un experimento.

ExperimentHandler	
Descripción	Constructor. Inicializa los atributos del objeto.
Inputs	void.
Return	void.
load_experiment	
Descripción	Método que verifica la existencia del perfil de configuración (Master) y el experimento (Experiment) a ser utilizados. Si todo está correcto habilita la ejecución del experimento.
Inputs	db: Objeto de base de datos (SaccadeDB) mediante el cual se extraerá la información. mas: Nombre dle perfil de configuración a utilizar. exp: Código del experimento a utilizar.
Return	bool. Verdadero si esta habilitada la ejecución, falso en caso contrario.
save_execution_parameters	
Descripción	Si el experimento se encuentra habilitado, este método verifica la existencia de las carpetas en donde se almacenarán los resultados y guarda en ellas respaldos de los archivos de configuración acompañados del timestamp en que fueron generados.
Inputs	void:
Return	bool. Verdadero si el experimento esta habilitado y se guardaron los archivos, falso en caso contrario.

execute_experiment		
Descripción	Si el experimento se encuentra habilitado y los archivos de configuración están disponibles se ejecuta el experimento. Para esto, se inicializa una instancia de la clase ExperimentRuntime.	
Inputs	void.	
Return	bool.	Verdadero si el experimento pudo ser ejecutado, falso en caso contrario.

Cuadro 3.10: Métodos implementados en la clase ExperimentHandler.

10. **ExperimentRuntime:** Clase que ejecuta el experimento. Hereda de ioHubExperimentRuntime, clase de ioHub encargada de iniciar el servicio por el cual se manejan todos los dispositivos de hardware.

ExperimentRuntime		
Descripción	Constructor. Inicializa los atributos de la clase y permite entregar la configuración del experimento a la rutina.	
Inputs	exp_cfg_dict.	Diccionario que almacena el experimento a ejecutar y la ubicación de los archivos de configuración necesarios para correr el servicio.
Return	void.	
run		
Descripción	Método reimplementado de la clase padre y que tiene por función definir tanto la inicialización de los dispositivos como el script del experimento a ejecutar. Es importante destacar que este método NO se ejecuta directamente, para ello se utiliza la función específica ExperimentRuntime.start.	
Inputs	*args:	No utilizado.
Return	void.	

Cuadro 3.11: Métodos implementados en la clase ExperimentRuntime.

3.2.3. Tercera parte: Interfaz gráfica

Pendiente.

Capítulo 4

Resultados

4.1. Configuración de test de prueba

4.2. Mediciones obtenidas

Capítulo 5

Conclusiones y trabajo futuro

5.1. Conclusiones

5.2. Trabajo futuro

Referencias

[1] I. S. MacKenzie, "Evaluating eye tracking systems for computer input," in *Gaze Interaction and Applications of Eye Tracking: Advances in Assistive Technologies*, P. Majaranta [et al]., Ed. Hershey, PA: IGI Global, 2011, ch. 15, pp. 205–225. IV, IV, 3, 4

[2] G. Rakoczi, "Analysis of eye movements in the context of e-learning, recommendations for eye-efficient user interfaces," Ph.D. dissertation, Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien, 2014. IV, V, 7, 9, 10

[3] T. Eggert, "Eye movement recordings: methods," *Neuro-Ophthalmology*, vol. 40, pp. 15–34, 2007. V, 6, 7, 9, 10

[4] D. C. Richardson and M. J. Spivet, "Eye tracking: Characteristics and methods," *Encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering*, vol. 3, p. 10281042, 2004. V, 6, 7, 9, 10

[5] N. B. Systems, "Presentation software," [consulta: 13 junio 2017]. [Online]. Available: http://www.neurobs.com/ V, 13

[6] J. Peirce, "Psychopy," [consulta: 13 junio 2017]. [Online]. Available: http://www.psychopy.org/ V, 13

[7] M. Kleiner, "Psychtoolbox," [consulta: 13 junio 2017]. [Online]. Available: http://psychtoolbox.org/ V, 13

[8] A. D. Straw, "Vission egg," [consulta: 13 junio 2017]. [Online]. Available: https://visionegg.readthedocs.io/en/latest/index.html V, 13

[9] K. R. Gegenfurtner, "The interaction between vision and eye movements," *Perception*, vol. 45(12), pp. 1333–1357, 2016. 4

[10] J. Findlay and R. Walker, "Human saccadic eye movements," *Scholarpedia*, vol. 7(7):5095, 2012. 4, 5

[11] C. J. Luek [et al], "Antisaccades and remembered saccades in parkinson's disease," *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, vol. 53(4), pp. 284–288, 1990. 6, 14

[12] F. Chan [et al], "Deficits in saccadic eye-movement control in parkinson's disease," *Neuropsychologia*, vol. 43(5), pp. 784–796, 2005. 6, 14

[13] S. Amador [et al], “Dissociating cognitive deficits involved in voluntary eye movement dysfunctions in parkinson’s disease patients,” *Neuropsychologia*, vol. 44(8), pp. 1475–1482, 2006. 6, 14

[14] A. Srivastava [et al], “Saccadic eye movements in parkinson’s disease,” *Indian Journal of Ophthalmology*, vol. 62(5), pp. 538–544, 2014. 6, 14

[15] B. Bauer, “A timely reminder about stimulus display times and other presentation parameters on crts and newer technologies,” *Canadian Journal of Experimental Psychology*, vol. 69, pp. 264–273, 2015. 11

[16] P. Wang, “An lcd monitor with sufficiently precise timing for research in vision,” *Encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering*, vol. 5, 2011. 12

[17] T. Elze, T. G. Tanner, and B. Krekelberg, “Temporal properties of liquid crystal displays: Implications for vision science experiments,” *PLoS ONE*, vol. 7(9), 2012. 12

[18] H. Strasburger, “Software for visual psychophysics: an overview,” [consulta: 10 junio 2017]. [Online]. Available: http://www.visionscience.com/documents/strasburger/strasburger.html 12

[19] J. Pierce, “Generating stimuli for neuroscience using psychopy,” *Frontiers in Neuroinformatics*, vol. 2, p. 10, 2009. 18

[20] S. Simpson, “iohub,” [consulta: 23 agosto 2017]. [Online]. Available: http://www.isolver-solutions.com/iohubdocs/index.html 22

Apéndice A

Configuración del entorno de programación

Entorno de anaconda utilizado.

```
name: Memoria
channels:
  - menpo
  - jlaforet
  - cogsci
  - conda-forge
  - defaults
dependencies:
  - pygame=1.9.2a0
  - pyglet=1.2.4
  - alabaster=0.7.10
  - astroid=1.5.3
  - babel=2.5.1
  - backports=1.0
  - backports.functools_lru_cache=1.4
  - backports.shutil_get_terminal_size=1.0.0
  - backports_abc=0.5
  - bleach=2.0.0
  - bzip2=1.0.6
  - ca-certificates=2017.11.5
  - chardet=3.0.4
  - colorama=0.3.9
  - configparser=3.5.0
  - cycler=0.10.0
  - cython=0.24.1
  - decorator=4.1.2
  - docutils=0.14
  - entrypoints=0.2.3
  - enum34=1.1.6
  - et_xmlfile=1.0.1
  - freetype=2.6.3
  - functools32=3.2.3.2
  - future=0.16.0
  - h5py=2.6.0
  - html5lib=1.0.1
  - idna=2.6
  - imagesize=0.7.1
  - ipaddress=1.0.18
```

```
  - ipykernel=4.7.0
  - ipython=5.5.0
  - ipython_genutils=0.2.0
  - isort=4.2.15
  - jinja2=2.10
  - jpeg=9b
  - jsonschema=2.5.1
  - jupyter_client=5.2.1
  - jupyter_core=4.4.0
  - lazy-object-proxy=1.3.1
  - libiconv=1.15
  - libpng=1.6.34
  - libtiff=4.0.6
  - libwebp=0.5.2
  - libxml2=2.9.3
  - markupsafe=1.0
  - matplotlib=2.0.0
  - mccabe=0.6.1
  - mistune=0.8.3
  - nbconvert=5.3.1
  - nbformat=4.4.0
  - ndg-httpsclient=0.4.2
  - nibabel=2.0.2
  - numexpr=2.6.4
  - numpydoc=0.7.0
  - opencv=3.2.0
  - openssl=1.0.2n
  - pandas=0.18.1
  - pandoc=2.1.1
  - pandocfilters=1.4.1
  - path.py=10.3.1
  - pathlib2=2.1.0
  - pep8=1.7.1
  - pillow=3.2.0
  - pip=9.0.1
  - prompt_toolkit=1.0.15
  - py=1.4.31
  - pyasn1=0.1.9
  - pycparser=2.14
  - pydicom=0.9.9
  - pyflakes=1.6.0
  - pygments=2.1.3
  - pylint=1.8.1
  - pyopengl=3.1.1a1
  - pyopenssl=16.2.0
  - pyosf=1.0.4
  - pyparsing=2.2.0
  - pyqt=4.11.4
  - pyserial=3.4
  - pytest=2.9.2
  - python=2.7.14
  - python-dateutil=2.6.1
  - pytz=2017.3
  - pyxid=1.0
  - pyyaml=3.11
  - qt=4.8.7
  - qtawesome=0.4.4
  - qtconsole=4.3.1
  - qtpy=1.3.1
  - requests=2.10.0
  - setuptools=38.4.0
  - simplegeneric=0.8.1
  - singledispatch=3.4.0.3
  - sip=4.18
  - six=1.11.0
  - snowballstemmer=1.2.1
  - sphinx_rtd_theme=0.2.4
  - spyder=3.1.4
```

```
  - ssl_match_hostname=3.5.0.1
  - subprocess32=3.2.7
  - testpath=0.3.1
  - tornado=4.5.3
  - tqdm=4.7.2
  - traitlets=4.2.1
  - vc=9
  - vs2008_runtime=9.0.30729.6161
  - vs2015_runtime=14.0.25420
  - wcwidth=0.1.7
  - webencodings=0.5
  - wheel=0.30.0
  - win_unicode_console=0.5
  - wincertstore=0.2
  - wrapt=1.10.11
  - yaml=0.1.7
  - zlib=1.2.11
  - certifi=2017.11.5
  - cffi=1.6.0
  - comtypes=0.6.2
  - configobj=5.0.6
  - cryptography=1.4
  - gevent=1.1.1
  - greenlet=0.4.9
  - hdf5=1.8.15.1
  - icc_rt=2017.0.4
  - intel-openmp=2018.0.0
  - jedi=0.8.1
  - mkl=11.3.3
  - msgpack-python=0.4.7
  - numpy=1.11.2
  - pickleshare=0.7.2
  - psutil=4.2.0
  - pytables=3.2.2
  - pyzmq=15.2.0
  - rope=0.9.4
  - scipy=0.17.1
  - seaborn=0.7.0
  - sphinx=1.4.1
  - vs2010_runtime=10.00.40219.1
  - wxpython=3.0
  - xlrd=0.9.4
  - imageio=1.5
  - moviepy=0.2.2.11
  - ffmpeg=2.7.0
  - pip:
    - backports.ssl-match-hostname==3.5.0.1
    - egi==0.9.0
    - glumpy==1.0.6
    - h5pyviewer==0.0.1.6
    - hid==0.1.1
    - jdcal==1.3
    - openpyxl==2.3.5
    - psychopy==1.84.2
    - psychopy-ext==0.6.0.4
    - pyfilesec==0.2.14
    - pyparallel==0.2.2
    - pypiwin32==219
    - pysoundcard==0.5.2
    - pysoundfile==0.8.1
    - python-bidi==0.4.0
    - svgwrite==1.1.7
    - tables==3.2.2
    - triangle==20170429
```

Apéndice B

Código fuente

Código para el manejo de datos.

```
# -*- coding: utf-8 -*-
# ==============================================================================
# Modules
# ==============================================================================
import os
import copy
import numpy as np
import sqlite3 as lite
from psychopy import visual, colors


# ==============================================================================
# Class: Utils
# ==============================================================================
class Utils(object):
    # ================================
    def __init__(self):
        pass

    # ================================
    @staticmethod
    def format_text(word, lmin=0, lmax=-1):
        try:
            temp = unicode(word)
            if lmax <= lmin <= len(temp) or lmin <= len(temp) <= lmax:
                return temp
            else:
                return u''
        except ValueError:
            return u''

    @staticmethod
    def format_int(value, vmin=0, default=None):
        try:
            temp = int(value)
            if temp >= vmin:
                return temp
            else:
                return default
        except ValueError:
            return default

```

```
43      @staticmethod
44      def format_float(value, vmin=0.0, default=None):
45          try:
46              temp = float(value)
47              if temp >= vmin:
48                  return temp
49              else:
50                  return default
51          except ValueError:
52              return default
53
54      @staticmethod
55      def format_bool(state, default=False):
56          try:
57              temp = bool(state)
58              return temp
59          except ValueError:
60              return default
61
62      @staticmethod
63      def format_path(path):
64          import platform
65          # --------------------
66          path = Utils.format_text(path)
67          is_win = any(platform.win32_ver())
68          # --------------------
69          path = path.replace(u'\\', u'#').replace(u'/', u'#')
70          return path.replace(u'#', u'\\') if is_win else path.replace(u'#', u'/')
71
72      @staticmethod
73      def get_time(date):
74          import pytz
75          from datetime import datetime as dt
76          # --------------------
77          try:
78              gmt0 = pytz.timezone(u"GMT+0")
79              cltc = pytz.timezone(u"Chile/Continental")
80              date = Utils.format_text(date)
81              date = dt.strptime(date, u'%Y-%m-%d %H:%M:%S')
82              date = date.replace(tzinfo=gmt0)
83              return unicode(date.astimezone(cltc).strftime(u'%Y-%m-%d %H:%M:%S'))
84          except ValueError:
85              return u'No disponible'
86
87
88  # ================================================================================
89  # Class: SaccadeDB
90  # ================================================================================
91  class SaccadeDB(object):
92      # ================================
93      def __init__(self, filepath=u'saccadedb.sqlite3'):
94          self.__db_connection = None
95          self.__db_file = filepath
96          self.__db_script = self.__get_script_path()
97          # --------------------
98          self.connect()
99
100     # ================================
101     @staticmethod
102     def __get_script_path():
103         path_base = os.path.split(os.path.realpath(__file__))[0]
104         path_conf = Utils.format_path(u'/resources/database/')
105         return path_base + path_conf + u'saccadedb_sqlite.sql'
106
107     # ================================
108     def connect(self):
109         print u"Connecting to DB... "
110         if os.path.isfile(self.__db_file):
```

```
111             self.__db_connection = lite.connect(self.__db_file)
112             self.__db_connection.executescript(u"pragma recursive_triggers=1; pragma
    foreign_keys=1;")
113             print u'Connected!'
114         else:
115             sql = open(self.__db_script, u'r').read()
116             self.__db_connection = lite.connect(self.__db_file)
117             self.__db_connection.executescript(sql)
118             print u"Database not found. A new one was created."
119 
120     def close(self):
121         try:
122             self.__db_connection.close()
123             print u"Disconnected!"
124             return True
125         except lite.Error, event:
126             print u"Error: %s" % event.args[0]
127             return False
128 
129     # ================================
130     def push_query(self, query):       # insert, update, delete
131         try:
132             self.__db_connection.executescript(query)
133             self.__db_connection.commit()
134             return True
135         except lite.Error, event:
136             if self.__db_connection:
137                 self.__db_connection.rollback()
138             print u"Error: %s" % event.args[0]
139             return False
140 
141     def pull_query(self, query):       # select
142         try:
143             cursor = self.__db_connection.cursor()
144             cursor.execute(query)
145             result = cursor.fetchall()
146             result = np.array(result)
147             if result.shape[0] > 0:
148                 return result
149             else:
150                 return None
151         except lite.Error, event:
152             print u"Error: %s" % event.args[0]
153             return None
154 
155 
156 # ============================================================================
157 # Class: Utils
158 # ============================================================================
159 class Master(object):
160     def __init__(self):
161         self.__in_db = False
162         self.__database = None
163         # -------------------
164         self.__name = u'Unnamed'
165         self.__screen = 0
166         self.__tracker = u'none'
167         self.__monitor = u'default'
168         self.__path = self.__get_base_path()
169 
170     # ================================
171     @classmethod
172     def get_list(cls, db):
173         if isinstance(db, SaccadeDB):
174             sql = u"""
175             select mas_name
176             from master
177             order by mas_name asc;
```

```
178             """
179             return db.pull_query(query=sql)
180         else:
181             return None
182 
183     # ================================
184     @staticmethod
185     def get_available_trackers():
186         import glob as gl
187         # ------------------
188         path_base = os.path.split(os.path.realpath(__file__))[0]
189         path_conf = Utils.format_path(u'/resources/eyetrackers/')
190         path_full = path_base + path_conf
191         # ------------------
192         return [os.path.basename(item).replace(u'_config.yaml', u'') for item in gl.glob(
    path_full+u'*.yaml')]
193 
194     @staticmethod
195     def get_available_screens():
196         import pyglet
197         # ------------------
198         display = pyglet.window.Display()
199         screens = display.get_screens()
200         # ------------------
201         scr_num = 1
202         scr_lst = []
203         for screen in screens:
204             scr_lst.append(u"monitor %d: (w=%s, h=%s)" % (scr_num, screen.width, screen.
    height))
205             scr_num += 1
206         # ------------------
207         return scr_lst
208 
209     @staticmethod
210     def get_available_monitors():
211         from psychopy import monitors
212         # ------------------
213         return monitors.getAllMonitors()
214 
215     @staticmethod
216     def __get_base_path():
217         import sys
218         # ------------------
219         path_base = os.path.dirname(os.path.realpath(sys.argv[0]))
220         path_fold = Utils.format_path(u'/events')
221         return path_base + path_fold
222 
223     # ================================
224     def set_database(self, db):
225         if isinstance(db, SaccadeDB):
226             self.__database = db
227             return True
228         else:
229             return False
230 
231     def get_database(self):
232         return self.__database
233 
234     def is_on_database(self):
235         return self.__in_db
236 
237     # ----------------------
238     def set_name(self, name):
239         name = Utils.format_text(name, lmin=3, lmax=50)
240         if self.__database is not None and name != u'':
241             sql = u"select * from master where mas_name='%s';" % name
242             mas_res = self.__database.pull_query(query=sql)
243             # ---------------
```

```
            if mas_res is None:
                self.__name = name
                return True
            else:
                return False
        else:
            return False

    def get_name(self):
        return self.__name

    # ------------------------
    def set_screen(self, screen):
        screen = Utils.format_int(screen, default=0)
        if 0 <= screen < len(self.get_available_screens()):
            self.__screen = screen
            return True
        else:
            return False

    def get_screen(self):
        try:
            return self.get_available_screens()[self.__screen]
        except:
            return self.get_available_screens()[0]

    # ------------------------
    def set_monitor(self, monitor):
        monitor = Utils.format_text(monitor)
        if monitor in self.get_available_monitors():
            self.__monitor = monitor
            return True
        else:
            return False

    def get_monitor(self):
        return self.__monitor

    # ------------------------
    def set_tracker(self, tracker):
        tracker = Utils.format_text(tracker)
        if tracker in self.get_available_trackers():
            self.__tracker = tracker
            return True
        else:
            return False

    def get_tracker_name(self):
        return self.__tracker

    def get_tracker_conf_path(self):
        if self.__tracker in self.get_available_trackers():
            path_base = os.path.split(os.path.realpath(__file__))[0]
            path_conf = Utils.format_path(u'/resources/eyetrackers/')
            return path_base + path_conf + self.__tracker + u'_config.yaml'
        else:
            return u''

    # ------------------------
    def set_experiment_path(self, path):
        # import sys
        # --------------------
        exp_path = Utils.format_text(path, lmin=0, lmax=200)
        if os.path.isdir(exp_path):
            # base_path = os.path.dirname(os.path.realpath(sys.argv[0]))
            # self.__path = os.path.relpath(exp_path, base_path)
            self.__path = exp_path
            return True
```

```
312             else:
313                 return False
314 
315         def get_experiment_path(self):
316             return self.__path
317 
318         # ================================
319         def load(self, name):
320             name = Utils.format_text(name, lmin=3, lmax=50)
321             if self.__database is not None and name != u'':
322                 sql = u"""
323                 select
324                 mas_screen, mas_monitor, mas_tracker, mas_path
325                 from master
326                 where mas_name='%s';
327                 """ % name
328                 mas_res = self.__database.pull_query(query=sql)
329                 # ---------------
330                 if mas_res is not None:
331                     self.__in_db = True
332                     self.__name = name
333                     print u"Configuration profile %s loaded." % name
334                     # -----------
335                     self.__screen = int(mas_res[0, 0])
336                     self.__monitor = unicode(mas_res[0, 1])
337                     self.__tracker = unicode(mas_res[0, 2])
338                     self.__path = unicode(mas_res[0, 3])
339                     # -----------
340                     return True
341                 else:
342                     print u"Configuration profile %s doesn't exists." % name
343                     return False
344             else:
345                 print u'Error: Database or configuration profile name not configured!'
346                 return False
347 
348         def save(self):
349             if self.__database is not None and self.__name != u'' and self.__tracker != u'none':
350                 sql = u"""
351                 insert or replace into master
352                 (mas_name, mas_screen, mas_tracker, mas_monitor, mas_path)
353                 values ('%s', '%d', '%s', '%s', '%s')
354                 """ % (self.__name, self.__screen, self.__tracker, self.__monitor, self.__path)
355                 mas_res = self.__database.push_query(query=sql)
356                 # ---------------
357                 if mas_res:
358                     print u"Configuration profile %s saved." % self.__name
359                 else:
360                     print u"Configuration profile %s not saved." % self.__name
361                 self.__in_db = mas_res
362                 return mas_res
363             else:
364                 print u"Error: Database or configuration profile identifiers not configured!"
365                 return False
366 
367         def copy(self, name):
368             new_mas = copy.deepcopy(self)
369             # -------------------
370             new_mas.set_database(db=self.__database)
371             new_mas.__in_db = False
372             # -------------------
373             name_check = new_mas.set_name(name=name)
374             # -------------------
375             if name_check:
376                 return new_mas
377             else:
378                 return None
379 
```

```
380     def remove(self):
381         if self.__in_db:
382             sql = u"delete from master where mas_name='%s';" % self.__name
383             mas_res = self.__database.push_query(query=sql)
384             # ---------------
385             self.__in_db = not mas_res
386             return mas_res
387         else:
388             return False
389 
390     # ================================
391     def get_iohub(self):
392         import yaml
393         # -------------------
394         if self.__in_db:
395             configuration = {
396                 u'monitor_devices': [
397                     {u'Display': {
398                         u'name':                                u'display',
399                         u'reporting_unit_type':                 u'pix',
400                         u'device_number':                       self.__screen,
401                         u'psychopy_monitor_name':               self.__monitor,
402                         u'override_using_psycho_settings':      True,
403                     }},
404                     {u'Keyboard': {
405                         u'name':        u'keyboard',
406                         u'enable':      True,
407                         u'save_events': True,
408                     }},
409                     {u'Experiment': {
410                         u'name':        u'experimentRuntime',
411                         u'enable':      True,
412                         u'save_events': True,
413                     }}
414                 ],
415                 u'data_store': {
416                     u'enable':      True,
417                 }
418             }
419             # --------------------
420             tracker_path = self.get_tracker_conf_path()
421             tracker = yaml.load(open(tracker_path, u'r'))[u'monitor_devices'][0]
422             configuration[u'monitor_devices'].append(tracker)
423             # --------------------
424             return configuration
425         else:
426             return None
427 
428     def get_configuration(self):
429         if self.__in_db:
430             configuration = {
431                 u'name':            self.__name,
432                 u'screen':          self.__screen,
433                 u'tracker':         self.__tracker,
434                 u'monitor':         self.__monitor,
435                 u'experiment_path': self.__path,
436             }
437             return configuration
438         else:
439             return None
440 
441 
442 # ============================================================================
443 # Class type: ItemList
444 # ============================================================================
445 class ItemList(object):
446     # ================================
447     def __init__(self, itemclass):
```

```
448         self.__item_class = itemclass
449         self.__item_array = None
450 
451     # ================================
452     def _item_add(self, item):
453         if isinstance(item, self.__item_class):
454             itm_num = self._item_number()
455             if itm_num is None:
456                 self.__item_array = np.array([item], dtype=self.__item_class)
457             else:
458                 self.__item_array = np.insert(arr=self.__item_array, obj=itm_num, values=[
    item], axis=0)
459             return True
460         else:
461             return False
462 
463     def _item_copy(self, index):
464         itm_num = self._item_number()
465         if itm_num is not None and 0 <= index < itm_num:
466             new_itm = self.__item_array[index].copy()
467             return self._item_add(item=new_itm)
468         else:
469             return False
470 
471     def _item_delete(self, index):
472         itm_num = self._item_number()
473         if itm_num is not None and 0 <= index < itm_num:
474             self.__item_array = np.delete(arr=self.__item_array, obj=index, axis=0) if
    itm_num > 1 else None
475             return True
476         else:
477             return False
478 
479     def _item_move_up(self, index):
480         itm_num = self._item_number()
481         if itm_num is not None and 0 < index < itm_num:
482             temp = self.__item_array[index - 1]
483             self.__item_array[index - 1] = self.__item_array[index]
484             self.__item_array[index] = temp
485             return True
486         else:
487             return False
488 
489     def _item_move_down(self, index):
490         itm_num = self._item_number()
491         if itm_num is not None and 0 <= index < itm_num-1:
492             temp = self.__item_array[index + 1]
493             self.__item_array[index + 1] = self.__item_array[index]
494             self.__item_array[index] = temp
495             return True
496         else:
497             return False
498 
499     def _item_get_all(self):
500         return self.__item_array
501 
502     def _item_get_by_index(self, index):
503         itm_num = self._item_number()
504         if itm_num is not None and 0 <= index < itm_num:
505             return self.__item_array[index]
506         else:
507             return None
508 
509     def _item_number(self):
510         if self.__item_array is not None:
511             return len(self.__item_array)
512         else:
513             return None
```

```
514
515
516 # ============================================================================
517 # Class: Component
518 # ============================================================================
519 class Component(object):
520     # ================================
521     def __init__(self):
522         self.__name = u'Unnamed'
523         self.__units = u'deg'
524         self.__pos = (0.0, 0.0)
525         self.__ori = 0.0
526         self.__size = 1.0
527         # ------------------
528         self.__image = None
529         self.__shape = u'square'
530         self.__color = u'white'
531
532     # ================================
533     @classmethod
534     def get_list(cls, db, exp, tes, fra):
535         sql = u"""
536         select com_index, com_name, com_shape
537         from component
538         where exp_code='%s' and tes_index='%d' and fra_index='%d'
539         order by com_index asc;
540         """ % (exp, tes, fra)
541         return db.pull_query(query=sql)
542
543     # ================================
544     def set_name(self, name):
545         name = Utils.format_text(name, lmin=3, lmax=50)
546         if name != u'':
547             self.__name = name
548             return True
549         else:
550             return False
551
552     def get_name(self):
553         return self.__name
554
555     # ----------------------
556     def set_units(self, units):
557         units = Utils.format_text(units, lmin=2, lmax=20)
558         if units in [u'norm', u'cm', u'deg', u'degFlat', u'degFlatPos', u'pix']:
559             self.__units = units
560             return True
561         else:
562             return False
563
564     def get_units(self):
565         return self.__units
566
567     # ----------------------
568     def set_position(self, posx, posy):
569         posx = Utils.format_float(posx)
570         posy = Utils.format_float(posy)
571         if posx is not None and posy is not None:
572             self.__pos = (posx, posy)
573             return True
574         else:
575             return False
576
577     def get_position(self):
578         return self.__pos
579
580     # ----------------------
581     def set_orientation(self, ori):
```

```
582         ori = Utils.format_float(ori)
583         if ori is not None:
584             self.__ori = ori
585             return True
586         else:
587             return False
588 
589     def get_orientation(self):
590         return self.__ori
591 
592     # ----------------------
593     def set_size(self, size):
594         size = Utils.format_float(size)
595         if size is not None:
596             self.__size = size
597             return True
598         else:
599             return False
600 
601     def get_size(self):
602         return self.__size
603 
604     # ----------------------
605     def set_image(self, imagepath):
606         from PIL import Image
607         # ------------------
608         imagepath = Utils.format_text(imagepath)
609         if imagepath is not u'' and os.path.isfile(imagepath):
610             self.__shape = u'image'
611             self.__image = Image.open(imagepath)
612             return True
613         else:
614             return False
615 
616     def get_image(self):
617         return self.__image
618 
619     # ----------------------
620     def set_shape(self, shape):
621         shape = Utils.format_text(shape, lmin=5, lmax=20)
622         if shape in [u'arrow', u'circle', u'cross', u'gauss', u'square']:
623             self.__shape = shape
624             return True
625         else:
626             return False
627 
628     def get_shape(self):
629         return self.__shape
630 
631     # ----------------------
632     def set_color(self, color):
633         color = Utils.format_text(color, lmin=3, lmax=20)
634         if colors.isValidColor(color):
635             self.__color = color
636             return True
637         else:
638             return False
639 
640     def get_color(self):
641         return self.__color
642 
643     # ================================
644     def __decode_image(self, encimg):
645         from PIL import Image
646         from io import BytesIO
647         # ------------------
648         coded = Utils.format_text(encimg)
649         if coded != u'':
```

```
650             img_buff = BytesIO()
651             img_buff.write(coded.decode(u'base64'))
652             # -----------
653             self.__shape = u'image'
654             self.__image = Image.open(img_buff)
655         else:
656             self.__image = None
657 
658     def __encode_image(self):
659         from io import BytesIO
660         # -------------------
661         if self.__image is not None:
662             img_buff = BytesIO()
663             self.__image.save(img_buff, u'PNG')
664             return img_buff.getvalue().encode(u'base64')
665         else:
666             return u''
667 
668     # ================================
669     def load(self, db, exp, tes, fra, com):
670         sql = u"""
671         select
672         com_name, com_units, com_pos_x, com_pos_y, com_orientation, com_size, com_image,
    com_shape, com_color
673         from component
674         where exp_code='%s' and tes_index='%d' and fra_index='%d' and com_index='%d';
675         """ % (exp, tes, fra, com)
676         com_res = db.pull_query(query=sql)
677         # -------------------
678         if com_res is not None:
679             print u"Exp %s, Tes %d, Fra %d: Component %d loaded." % (exp, tes, fra, com)
680             # ---------------
681             self.__name = unicode(com_res[0, 0])
682             self.__units = unicode(com_res[0, 1])
683             self.__pos = (float(com_res[0, 2]),
684                           float(com_res[0, 3]))
685             self.__ori = float(com_res[0, 4])
686             self.__size = float(com_res[0, 5])
687             self.__shape = unicode(com_res[0, 7])
688             self.__color = unicode(com_res[0, 8])
689             # ---------------
690             self.__decode_image(unicode(com_res[0, 6]))
691             # ---------------
692             return True
693         else:
694             print u"Exp %s, Tes %d, Fra %d: Component %d doesn't exists." % (exp, tes, fra,
    com)
695             return False
696 
697     def save(self, db, exp, tes, fra, com):
698         sql = u"""
699         insert into component
700         (exp_code, tes_index, fra_index, com_index,
701         com_name, com_units, com_pos_x, com_pos_y, com_orientation, com_size,
702         com_image, com_shape, com_color)
703         values ('%s', '%d', '%d', '%d', '%s', '%s', '%f', '%f', '%f', '%f', '%s', '%s', '%s
    ');
704         """ % (
705             exp, tes, fra, com,
706             self.__name, self.__units, self.__pos[0], self.__pos[1], self.__ori, self.__size
    ,
707             self.__encode_image(), self.__shape, self.__color
708         )
709         com_res = db.push_query(query=sql)
710         # ---------------
711         if com_res:
712             print u"Exp %s, Tes %d, Fra %d: Component %d saved." % (exp, tes, fra, com)
713         else:
```

```
714             print u"Exp %s, Tes %d, Fra %d: Component %d not saved." % (exp, tes, fra, com)
715         # ---------------
716         return com_res
717 
718     def copy(self):
719         return copy.deepcopy(self)
720 
721     # ================================
722     def get_execution(self, win):
723         if isinstance(win, visual.Window):
724             if self.__shape == u'image':
725                 return visual.ImageStim(win=win, name=self.__name, image=self.__image,
726                                         pos=self.__pos, ori=self.__ori, units=self.__units)
727             elif self.__shape == u'arrow':
728                 return visual.ShapeStim(win=win, name=self.__name, lineColor=self.__color,
    fillColor=self.__color,
729                                         size=self.__size, pos=self.__pos, ori=self.__ori,
    units=self.__units,
730                                         vertices=((1.0, 0.0), (0.6667, 0.1667), (0.6667,
    0.0667), (0.0, 0.0667),
731                                                   (0.0, -0.0667), (0.6667, -0.0667),
    (0.6667, -0.1667)))
732             else:
733                 return visual.GratingStim(win=win, name=self.__name, color=self.__color, sf=
    0,
734                                           mask=None if self.__shape == u'square' else self.
    __shape,
735                                           size=self.__size, pos=self.__pos, ori=self.__ori,
    units=self.__units)
736         else:
737             print u"Error: 'win' must be a psychopy visual.Window instance."
738             return None
739 
740     def get_configuration(self):
741         component = {
742             u'name':        self.__name,
743             u'units':       self.__units,
744             u'position':    self.__pos,
745             u'orientation': self.__ori,
746             u'size':        self.__size,
747             u'image':       self.__encode_image(),
748             u'shape':       self.__shape,
749             u'color':       self.__color
750         }
751         return component
752 
753 
754 # ============================================================================
755 # Class: Frame (child of ItemList)
756 # ============================================================================
757 class Frame(ItemList):
758     # ================================
759     def __init__(self):
760         super(Frame, self).__init__(itemclass=Component)
761         # -------------------
762         self.__name = u'Unnamed'
763         self.__color = u'black'
764         self.__is_task = False
765         self.__keys_allowed = u''
766         self.__keys_selected = u''
767         self.__time = 0.5
768 
769     # ================================
770     @classmethod
771     def get_list(cls, db, exp, tes):
772         sql = u"""
773         select fra_index, fra_name
774         from frame
```

```
775             where exp_code=' %s' and tes_index=' %d'
776             order by fra_index asc;
777             """ % (exp, tes)
778             return db.pull_query(query=sql)
779
780         # ================================
781         def set_name(self, name):
782             name = Utils.format_text(name, lmin=3, lmax=20)
783             if name != u'':
784                 self.__name = name
785                 return True
786             else:
787                 return False
788
789         def get_name(self):
790             return self.__name
791
792         # ------------------------
793         def set_color(self, color):
794             color = Utils.format_text(color, lmin=3, lmax=20)
795             if colors.isValidColor(color):
796                 self.__color = color
797                 return True
798             else:
799                 return False
800
801         def get_color(self):
802             return self.__color
803
804         # ------------------------
805         def set_as_task(self, state):
806             self.__is_task = Utils.format_bool(state, default=self.__is_task)
807             if self.__is_task:
808                 self.__time = 0.0
809                 return True
810             else:
811                 self.__keys_allowed = u''
812                 self.__keys_selected = u''
813                 return False
814
815         def get_state(self):
816             return self.__is_task
817
818         # ------------------------
819         def set_time(self, value):
820             value = Utils.format_float(value)
821             if not self.__is_task and value is not None:
822                 self.__time = value
823                 return True
824             else:
825                 self.__time = 0.0
826                 return False
827
828         def get_time(self):
829             return self.__time
830
831         # ------------------------
832         def set_keys_allowed(self, keys):
833             keys = Utils.format_text(keys).replace(unicode(u' '), unicode(u''))
834             if self.__is_task and keys != u'':
835                 self.__keys_allowed = keys
836                 return True
837             else:
838                 self.__keys_allowed = u''
839                 return False
840
841         def get_keys_allowed(self):
842             return self.__keys_allowed
```

```
843
844         # ----------------------
845         def set_keys_selected(self, keys):
846             keys = Utils.format_text(keys).replace(unicode(u' '), unicode(u''))
847             keys.replace(u" ", u"")
848             if self.__is_task and self.__keys_allowed != u'' and keys != u'':
849                 keys_alw = self.__keys_allowed.split(u',')
850                 keys_sel = keys.split(u',')
851                 # ---------------
852                 match = [key for key in keys_sel if key in keys_alw]
853                 if len(match) == len(keys_sel):
854                     self.__keys_selected = keys
855                     return True
856                 else:
857                     self.__keys_selected = u''
858                     return True
859             else:
860                 self.__keys_selected = u''
861                 return False
862
863         def get_keys_selected(self):
864             return self.__keys_selected
865
866         # ================================
867         def component_add(self, item):
868             return self._item_add(item=item)
869
870         def component_copy(self, index):
871             return self._item_copy(index=index)
872
873         def component_delete(self, index):
874             return self._item_delete(index=index)
875
876         def component_move_up(self, index):
877             return self._item_move_up(index=index)
878
879         def component_move_down(self, index):
880             return self._item_move_down(index=index)
881
882         def component_get_by_index(self, index):
883             return self._item_get_by_index(index=index)
884
885         def component_get_all(self):
886             return self._item_get_all()
887
888         def component_number(self):
889             return self._item_number()
890
891         # ================================
892         def load(self, db, exp, tes, fra):
893             sql = u"""
894             select
895             fra_name, fra_color, fra_is_task, fra_time, fra_keys_allowed, fra_keys_selected
896             from frame
897             where exp_code=' %s' and tes_index=' %d' and fra_index=' %d';
898             """ % (exp, tes, fra)
899             fra_res = db.pull_query(query=sql)
900             # -------------------
901             if fra_res is not None:
902                 print u"Exp %s, Tes %d: Frame %d loaded." % (exp, tes, fra)
903                 # ---------------
904                 self.__name = unicode(fra_res[0, 0])
905                 self.__color = unicode(fra_res[0, 1])
906                 self.__is_task = bool(int(fra_res[0, 2]))
907                 self.__time = float(fra_res[0, 3])
908                 self.__keys_allowed = unicode(fra_res[0, 4])
909                 self.__keys_selected = unicode(fra_res[0, 5])
910                 # ---------------
```

```
911             self.__load_components(db=db, exp=exp, tes=tes, fra=fra)
912             # ---------------
913             return True
914         else:
915             print u"Exp %s, Tes %d: Frame %d doesn't exists." % (exp, tes, fra)
916             return False
917 
918     def save(self, db, exp, tes, fra):
919         sql = u"""
920         insert into frame
921         (exp_code, tes_index, fra_index,
922         fra_name, fra_color, fra_is_task, fra_time, fra_keys_allowed, fra_keys_selected)
923         values ('%s', '%d', '%d', '%s', '%s', '%x', '%f', '%s', '%s');
924         """ % (
925             exp, tes, fra,
926             self.__name, self.__color, self.__is_task, self.__time, self.__keys_allowed,
    self.__keys_selected
927         )
928         fra_res = db.push_query(query=sql)
929         # -------------------
930         if fra_res:
931             print u"Exp %s, Tes %d: Frame %d saved. Saving components..." % (exp, tes, fra)
932             self.__save_components(db=db, exp=exp, tes=tes, fra=fra)
933         else:
934             print u"Exp %s, Tes %d: Frame %d not saved." % (exp, tes, fra)
935         # -------------------
936         return fra_res
937 
938     def copy(self):
939         return copy.deepcopy(self)
940 
941     # ================================
942     def __load_components(self, db, exp, tes, fra):
943         com_lst = Component.get_list(db=db, exp=exp, tes=tes, fra=fra)
944         if com_lst is not None:
945             for com in com_lst:
946                 new_com = Component()
947                 new_com.load(db=db, exp=exp, tes=int(tes), fra=int(fra), com=int(com[0]))
948                 self.component_add(item=new_com)
949         else:
950             print u"Exp %s, Tes %d: Frame %d don't have any component saved on the DB." % (
    exp, tes, fra)
951 
952     def __save_components(self, db, exp, tes, fra):
953         com_num = self.component_number()
954         if com_num is not None:
955             for index in range(com_num):
956                 self.component_get_by_index(index=index).save(db=db, exp=exp, tes=tes, fra=
    fra, com=index)
957         else:
958             print u"Exp %s, Tes %d: Frame %d don't have any component to be saved." % (exp,
    tes, fra)
959 
960     # ================================
961     def get_execution(self, win):
962         if isinstance(win, visual.Window):
963             com_num = self.component_number()
964             if com_num is not None:
965                 components = [component.get_execution(win=win) for component in self.
    component_get_all()]
966             else:
967                 components = None
968             # ---------------
969             back = visual.Rect(win=win, width=win.size[0], height=win.size[1], units=u'pix',
970                                lineColor=self.__color, fillColor=self.__color)
971             # ---------------
972             frame = {
973                 u'is_task':             self.__is_task,
```

```
974                 u'time':                self.__time,
975                 u'allowed_keys':        self.__keys_allowed.replace(u'space', u' ').split(u'
    ,'),
976                 u'correct_keys':        self.__keys_selected.replace(u'space', u' ').split(u
    ','),
977                 u'correct_keys_str':    self.__keys_selected,
978                 u'background':          back,
979                 u'components':          components
980             }
981             # ---------------
982             return frame
983         else:
984             print u"Error: 'win' must be a psychopy visual.Window instance."
985             return None
986 
987     def get_configuration(self):
988         com_num = self.component_number()
989         if com_num is not None:
990             components = [component.get_configuration() for component in self.
    component_get_all()]
991         else:
992             components = None
993         # ---------------
994         frame = {
995             u'is_task':         self.__is_task,
996             u'time':            self.__time,
997             u'allowed_keys':    self.__keys_allowed,
998             u'correct_keys':    self.__keys_selected,
999             u'background':      self.__color,
1000            u'components':      components,
1001        }
1002        # ---------------
1003        return frame
1004
1005
1006 # ============================================================================
1007 # Class: Test  (child of ItemList)
1008 # ============================================================================
1009 class Test(ItemList):
1010     # ================================
1011     def __init__(self):
1012         super(Test, self).__init__(itemclass=Frame)
1013         # -------------------
1014         self.__name = u'Unnamed'
1015         self.__description = u''
1016         self.__quantity = 1
1017 
1018     # ================================
1019     @classmethod
1020     def get_list(cls, db, exp):
1021         sql = u"""
1022         select tes_index, tes_name, tes_quantity
1023         from test
1024         where exp_code='%s'
1025         order by tes_index asc;
1026         """ % exp
1027         return db.pull_query(query=sql)
1028 
1029     # ================================
1030     def set_name(self, name):
1031         name = Utils.format_text(name, lmin=3, lmax=50)
1032         if name != u'':
1033             self.__name = name
1034             return True
1035         else:
1036             return False
1037 
1038     def get_name(self):
```

```
1039            return self.__name
1040
1041        # ------------------------
1042        def set_description(self, text):
1043            text = Utils.format_text(text, lmin=10)
1044            if text != u'':
1045                self.__description = text
1046                return True
1047            else:
1048                return False
1049
1050        def get_description(self):
1051            return self.__description
1052
1053        # ------------------------
1054        def set_quantity(self, value):
1055            value = Utils.format_int(value, vmin=1)
1056            if value is not None:
1057                self.__quantity = value
1058                return True
1059            else:
1060                return False
1061
1062        def get_quantity(self):
1063            return self.__quantity
1064
1065        # ================================
1066        def frame_add(self, item):
1067            return self._item_add(item=item)
1068
1069        def frame_copy(self, index):
1070            return self._item_copy(index=index)
1071
1072        def frame_delete(self, index):
1073            return self._item_delete(index=index)
1074
1075        def frame_move_up(self, index):
1076            return self._item_move_up(index=index)
1077
1078        def frame_move_down(self, index):
1079            return self._item_move_down(index=index)
1080
1081        def frame_get_by_index(self, index):
1082            return self._item_get_by_index(index=index)
1083
1084        def frame_get_all(self):
1085            return self._item_get_all()
1086
1087        def frame_number(self):
1088            return self._item_number()
1089
1090        # ================================
1091        def load(self, db, exp, tes):
1092            sql = u"""
1093            select
1094            tes_name, tes_description, tes_quantity
1095            from test
1096            where exp_code='%s' and tes_index='%d';
1097            """ % (exp, tes)
1098            tes_res = db.pull_query(query=sql)
1099            # -------------------
1100            if tes_res is not None:
1101                print u"Exp %s: Test %d loaded." % (exp, tes)
1102                # ---------------
1103                self.__name = unicode(tes_res[0, 0])
1104                self.__description = unicode(tes_res[0, 1])
1105                self.__quantity = int(tes_res[0, 2])
1106                # ---------------
```

```
1107                self.__load_frames(db=db, exp=exp, tes=tes)
1108                # ---------------
1109                return True
1110            else:
1111                print u"Exp %s: Test %d doesn't exists." % (exp, tes)
1112                return False
1113
1114        def save(self, db, exp, tes):
1115            sql = u"""
1116            insert into test
1117            (exp_code, tes_index, tes_name, tes_description, tes_quantity)
1118            values ('%s', '%d', '%s', '%s', '%d');
1119            """ % (
1120                exp, tes,
1121                self.__name, self.__description, self.__quantity
1122            )
1123            tes_res = db.push_query(query=sql)
1124            # --------------------
1125            if tes_res:
1126                print u"Exp %s: Test %d saved. Saving frames..." % (exp, tes)
1127                self.__save_frames(db=db, exp=exp, tes=tes)
1128            else:
1129                print u"Exp %s: Test %d not saved." % (exp, tes)
1130            # --------------------
1131            return tes_res
1132
1133        def copy(self):
1134            return copy.deepcopy(self)
1135
1136        # ================================
1137        def __load_frames(self, db, exp, tes):
1138            fra_lst = Frame.get_list(db=db, exp=exp, tes=tes)
1139            if fra_lst is not None:
1140                for fra in fra_lst:
1141                    new_fra = Frame()
1142                    new_fra.load(db=db, exp=exp, tes=int(tes), fra=int(fra[0]))
1143                    self.frame_add(item=new_fra)
1144            else:
1145                print u"Exp %s: Test %d don't have any frame saved on the DB." % (exp, tes)
1146
1147        def __save_frames(self, db, exp, tes):
1148            fra_num = self.frame_number()
1149            if fra_num is not None:
1150                for index in range(fra_num):
1151                    self.frame_get_by_index(index=index).save(db=db, exp=exp, tes=tes, fra=index
    )
1152            else:
1153                print u"Exp %s: Test %d don't have any frame to be saved." % (exp, tes)
1154
1155        # ================================
1156        def get_execution(self, win):
1157            if isinstance(win, visual.Window):
1158                fra_num = self.frame_number()
1159                if fra_num is not None:
1160                    frames = [frame.get_execution(win=win) for frame in self.frame_get_all()]
1161                    test = {
1162                        u'name':        self.__name,
1163                        u'secuence':    np.full(shape=(self.__quantity, 1), fill_value=1, dtype=
    int),
1164                        u'frames':      frames
1165                    }
1166                    return test
1167                else:
1168                    return None
1169                # ---------------
1170            else:
1171                print u"Error: 'win' must be a psychopy visual.Window instance."
1172                return None
```

```
1173
1174     def get_configuration(self):
1175         fra_num = self.frame_number()
1176         if fra_num is not None:
1177             frames = [frame.get_configuration() for frame in self.frame_get_all()]
1178             test = {
1179                 u'name': self.__name,
1180                 u'repetitions': self.__quantity,
1181                 u'description': self.__description,
1182                 u'frames': frames,
1183             }
1184             return test
1185         else:
1186             return None
1187
1188
1189 # ============================================================================
1190 # Class: Experiment (child of ItemList)
1191 # ============================================================================
1192 class Experiment(ItemList):
1193     # ================================
1194     def __init__(self):
1195         super(Experiment, self).__init__(itemclass=Test)
1196         # ------------------
1197         self.__in_db = False
1198         self.__database = None
1199         # ------------------
1200         self.__code = u''
1201         self.__name = u'Unnamed'
1202         self.__version = u''
1203         self.__description = u''
1204         self.__instructions = u''
1205         self.__comments = u''
1206         # ------------------
1207         self.__date_created = u'Not available'
1208         self.__date_updated = u'Not available'
1209         # ------------------
1210         self.__dia_is_active = True
1211         self.__dia_ask_age = True
1212         self.__dia_ask_gender = True
1213         self.__dia_ask_glasses = True
1214         self.__dia_ask_eye_color = True
1215         # ------------------
1216         self.__con_need_space = False
1217         self.__con_is_random = False
1218         self.__con_is_rest = False
1219         self.__con_rest_time = 0.0
1220         self.__con_rest_period = 0
1221
1222     # ================================
1223     @classmethod
1224     def get_experiment_list(cls, db):
1225         sql = u"""
1226         select exp_code, exp_name, exp_version
1227         from experiment
1228         order by exp_name asc;
1229         """
1230         return db.pull_query(query=sql)
1231
1232     # ================================
1233     def set_database(self, db):
1234         if isinstance(db, SaccadeDB):
1235             self.__database = db
1236             return True
1237         else:
1238             return False
1239
1240     def get_database(self):
```

```
1241            return self.__database
1242
1243        def is_on_database(self):
1244            return self.__in_db
1245
1246        # ----------------------
1247        def set_code(self, code):
1248            code = Utils.format_text(code, lmin=3, lmax=10)
1249            if self.__database is not None and code != u'':
1250                sql = u"select * from experiment where exp_code='%s';" % code
1251                exp_res = self.__database.pull_query(query=sql)
1252                # ---------------
1253                if exp_res is None:
1254                    self.__code = code
1255                    return True
1256                else:
1257                    return False
1258            else:
1259                return False
1260
1261        def get_code(self):
1262            return self.__code
1263
1264        # ----------------------
1265        def set_info(self, name, version):
1266            name = Utils.format_text(name, lmin=3, lmax=50)
1267            version = Utils.format_text(version, lmin=3, lmax=10)
1268            if self.__database is not None and name != u'' and version != u'':
1269                sql = u"select * from experiment where exp_name='%s' and exp_version='%s';" % (
    name, version)
1270                exp_res = self.__database.pull_query(query=sql)
1271                # ---------------
1272                if exp_res is None:
1273                    self.__name = name
1274                    self.__version = version
1275                    return True
1276                else:
1277                    return False
1278            else:
1279                return False
1280
1281        def get_name(self):
1282            return self.__name
1283
1284        def get_version(self):
1285            return self.__version
1286
1287        # ----------------------
1288        def set_descripton(self, text):
1289            text = Utils.format_text(text, lmin=10)
1290            if text != u'':
1291                self.__description = text
1292                return True
1293            else:
1294                return False
1295
1296        def get_description(self):
1297            return self.__description
1298
1299        # ----------------------
1300        def set_comments(self, text):
1301            text = Utils.format_text(text, lmin=10)
1302            if text != u'':
1303                self.__comments = text
1304                return True
1305            else:
1306                return False
1307
```

```
1308        def get_comments(self):
1309            return self.__comments
1310
1311        # -----------------------
1312        def set_instruction(self, text):
1313            text = Utils.format_text(text, lmin=10)
1314            if text != u'':
1315                self.__instructions = text
1316                return True
1317            else:
1318                return False
1319
1320        def get_instruction(self):
1321            return self.__instructions
1322
1323        # -----------------------
1324        def set_dialog(self, status, askage, askgender, askglasses, askeyecolor):
1325            self.__dia_is_active = Utils.format_bool(status, default=self.__dia_is_active)
1326            self.__dia_ask_age = Utils.format_bool(askage, default=self.__dia_ask_age)
1327            self.__dia_ask_gender = Utils.format_bool(askgender, default=self.__dia_ask_gender)
1328            self.__dia_ask_glasses = Utils.format_bool(askglasses, default=self.
        __dia_ask_glasses)
1329            self.__dia_ask_eye_color = Utils.format_bool(askeyecolor, default=self.
        __dia_ask_eye_color)
1330
1331        def is_dialog_active(self):
1332            return self.__dia_is_active
1333
1334        def is_ask_age(self):
1335            return self.__dia_ask_age
1336
1337        def is_ask_gender(self):
1338            return self.__dia_ask_gender
1339
1340        def is_ask_glasses(self):
1341            return self.__dia_ask_glasses
1342
1343        def is_ask_eye_color(self):
1344            return self.__dia_ask_eye_color
1345
1346        # -----------------------
1347        def set_space_start(self, status):
1348            self.__con_need_space = Utils.format_bool(status, default=self.__con_need_space)
1349
1350        def is_space_start(self):
1351            return self.__con_need_space
1352
1353        # -----------------------
1354        def set_random(self, status):
1355            self.__con_is_random = Utils.format_bool(status, default=self.__con_is_random)
1356
1357        def is_random(self):
1358            return self.__con_is_random
1359
1360        # -----------------------
1361        def set_rest_conf(self, status, period, time):
1362            status = Utils.format_bool(status, default=self.__con_is_rest)
1363            period = Utils.format_int(period, default=-0)
1364            time = Utils.format_float(time, default=-0.0)
1365            if status and period > 0 and time > 0.0:
1366                self.__con_is_rest = status
1367                self.__con_rest_period = period
1368                self.__con_rest_time = time
1369                return True
1370            else:
1371                return False
1372
1373        def is_rest(self):
```

```
1374            return self.__con_is_rest
1375
1376        def get_rest_period(self):
1377            return self.__con_rest_period
1378
1379        def get_rest_time(self):
1380            return self.__con_rest_time
1381
1382        # ================================
1383        def test_add(self, item):
1384            return self._item_add(item=item)
1385
1386        def test_copy(self, index):
1387            return self._item_copy(index=index)
1388
1389        def test_delete(self, index):
1390            return self._item_delete(index=index)
1391
1392        def test_move_up(self, index):
1393            return self._item_move_up(index=index)
1394
1395        def test_move_down(self, index):
1396            return self._item_move_down(index=index)
1397
1398        def test_get_by_index(self, index):
1399            return self._item_get_by_index(index=index)
1400
1401        def test_get_all(self):
1402            return self._item_get_all()
1403
1404        def test_number(self):
1405            return self._item_number()
1406
1407        # ================================
1408        def load(self, code):
1409            code = Utils.format_text(code, lmin=3, lmax=10)
1410            if self.__database is not None and code != u'':
1411                sql = u"""
1412                select
1413                exp.exp_name, exp.exp_version, exp.exp_description, exp.exp_instructions, exp.
        exp_comments,
1414                exp.exp_date_creation, exp.exp_date_update,
1415                dia.dia_is_active, dia.dia_ask_age, dia.dia_ask_gender, dia.dia_ask_glasses, dia
        .dia_ask_eye_color,
1416                con.con_need_space, con.con_is_random, con.con_is_rest, con.con_rest_period, con
        .con_rest_time
1417                from experiment as exp
1418                inner join exp_dia as dia on exp.exp_code=dia.exp_code
1419                inner join exp_con as con on exp.exp_code=con.exp_code
1420                where exp.exp_code='%s';
1421                """ % code
1422                exp_res = self.__database.pull_query(query=sql)
1423                # ---------------
1424                if exp_res is not None:
1425                    self.__in_db = True
1426                    self.__code = code
1427                    print u"Experiment %s loaded." % self.__code
1428                    # -----------
1429                    self.__name = unicode(exp_res[0, 0])
1430                    self.__version = unicode(exp_res[0, 1])
1431                    self.__description = unicode(exp_res[0, 2])
1432                    self.__instructions = unicode(exp_res[0, 4])
1433                    self.__comments = unicode(exp_res[0, 3])
1434                    self.__date_created = Utils.get_time(exp_res[0, 5])
1435                    self.__date_updated = Utils.get_time(exp_res[0, 6])
1436                    self.__dia_is_active = bool(int(exp_res[0, 7]))
1437                    self.__dia_ask_age = bool(int(exp_res[0, 8]))
1438                    self.__dia_ask_gender = bool(int(exp_res[0, 9]))
```

```
1439                self.__dia_ask_glasses = bool(int(exp_res[0, 10]))
1440                self.__dia_ask_eye_color = bool(int(exp_res[0, 11]))
1441                self.__con_need_space = bool(int(exp_res[0, 12]))
1442                self.__con_is_random = bool(int(exp_res[0, 13]))
1443                self.__con_is_rest = bool(int(exp_res[0, 14]))
1444                self.__con_rest_period = int(exp_res[0, 15])
1445                self.__con_rest_time = float(exp_res[0, 16])
1446                # -----------
1447                self.__load_tests()
1448                # -----------
1449                return True
1450            else:
1451                print u"Experiment %s doesn't exists." % self.__code
1452                return False
1453        else:
1454            print u'Error: Database or experiment code not configured!'
1455            return False
1456
1457    def save(self):
1458        if self.__database is not None and self.__code != u'' and self.__name != u'':
1459            if self.__in_db:
1460                sql = u"""
1461                update experiment set
1462                exp_name='%s', exp_version='%s', exp_description='%s', exp_comments='%s',
    exp_instructions='%s'
1463                where exp_code='%s';
1464                update exp_dia set
1465                dia_is_active='%x', dia_ask_age='%x', dia_ask_gender='%x', dia_ask_glasses=
    '%x', dia_ask_eye_color='%x'
1466                where exp_code='%s';
1467                update exp_con set
1468                con_need_space='%x', con_is_random='%x', con_is_rest='%x', con_rest_period=
    '%d', con_rest_time='%f'
1469                where exp_code='%s';
1470                """ % (
1471                    self.__name, self.__version, self.__description, self.__comments, self.
    __instructions, self.__code,
1472                    self.__dia_is_active, self.__dia_ask_age, self.__dia_ask_gender, self.
    __dia_ask_glasses,
1473                    self.__dia_ask_eye_color, self.__code, self.__con_need_space, self.
    __con_is_random,
1474                    self.__con_is_rest, self.__con_rest_period, self.__con_rest_time, self.
    __code
1475                )
1476            else:
1477                sql = u"""
1478                insert into experiment
1479                (exp_code, exp_name, exp_version, exp_description, exp_comments,
    exp_instructions)
1480                values ('%s', '%s', '%s', '%s', '%s', '%s');
1481                insert into exp_dia
1482                (exp_code, dia_is_active, dia_ask_age, dia_ask_gender, dia_ask_glasses,
    dia_ask_eye_color)
1483                values ('%s', '%x', '%x', '%x', '%x', '%x');
1484                insert into exp_con
1485                (exp_code, con_need_space, con_is_random, con_is_rest, con_rest_period,
    con_rest_time)
1486                values ('%s', '%x', '%x', '%x', '%d', '%f');
1487                """ % (
1488                    self.__code, self.__name, self.__version, self.__description, self.
    __comments, self.__instructions,
1489                    self.__code, self.__dia_is_active, self.__dia_ask_age, self.
    __dia_ask_gender,
1490                    self.__dia_ask_glasses, self.__dia_ask_eye_color, self.__code, self.
    __con_need_space,
1491                    self.__con_is_random, self.__con_is_rest, self.__con_rest_period, self.
    __con_rest_time
1492                )
```

```
            exp_res = self.__database.push_query(query=sql)
            # ---------------
            if exp_res:
                print u"Experiment  %s saved. Saving tests..." % self.__code
                self.__save_tests()
            else:
                print u"Experiment  %s not saved." % self.__code
            # ---------------
            self.__in_db = exp_res
            return exp_res
        else:
            print u"Error: Database or experiment basic identifiers not configured!"
            return False

    def copy(self, code, version):
        new_exp = copy.deepcopy(self)
        # -------------------
        new_exp.set_database(db=self.__database)
        new_exp.__in_db = False
        # -------------------
        code_check = new_exp.set_code(code=code)
        info_check = new_exp.set_info(name=self.__name, version=version)
        # -------------------
        if code_check and info_check:
            return new_exp
        else:
            return None

    def remove(self):
        if self.__in_db:
            sql = u"delete from experiment where exp_code='%s';" % self.__code
            exp_res = self.__database.push_query(query=sql)
            # ---------------
            self.__in_db = not exp_res
            return exp_res
        else:
            return False

    # ================================
    def __load_tests(self):
        tes_lst = Test.get_list(db=self.__database, exp=self.__code)
        if tes_lst is not None:
            for tes in tes_lst:
                new_tes = Test()
                new_tes.load(db=self.__database, exp=self.__code, tes=int(tes[0]))
                self.test_add(item=new_tes)
        else:
            print u"Experiment  %s don't have any test saved on the DB." % self.__code

    def __save_tests(self):
        sql = u"delete from test where exp_code='%s';" % self.__code
        self.__database.push_query(query=sql)
        # -------------------
        tes_num = self.test_number()
        if tes_num is not None:
            for index in range(tes_num):
                self.test_get_by_index(index=index).save(db=self.__database, exp=self.__code
, tes=index)
        else:
            print u"Experiment  %s don't have any test to be saved." % self.__code

    # ================================
    def get_iohub(self, unixstamp):
        if self.__in_db:
            experiment = {
                u'title':           self.__name,
                u'code':            self.__code,
                u'version':         self.__version,
```

```
                u'description':     self.__description,
                u'display_experiment_dialog': True,
                # -----------
                u'session_defaults': {
                    u'name':        u'Session...',
                    u'code':        unixstamp,
                    u'comments':    self.__comments,
                },
                u'display_session_dialog': True,
                u'session_variable_order': [u'name', u'code', u'comments'],
                # -----------
                u'ioHub': {
                    u'enable':  True,
                },
            }
            if self.__dia_is_active:
                experiment[u'session_defaults'][u'user_variables'] = {}
                if self.__dia_ask_age:
                    experiment[u'session_defaults'][u'user_variables'][u'participant_age'] = u'Unknown'
                    experiment[u'session_variable_order'].append(u'participant_age')
                if self.__dia_ask_gender:
                    experiment[u'session_defaults'][u'user_variables'][u'participant_gender'] = [u'Male', u'Female']
                    experiment[u'session_variable_order'].append(u'participant_gender')
                if self.__dia_ask_glasses:
                    experiment[u'session_defaults'][u'user_variables'][u'glasses'] = [u'Yes', u'No']
                    experiment[u'session_defaults'][u'user_variables'][u'contacts'] = [u'Yes', u'No']
                    experiment[u'session_variable_order'].append(u'glasses')
                    experiment[u'session_variable_order'].append(u'contacts')
                if self.__dia_ask_eye_color:
                    experiment[u'session_defaults'][u'user_variables'][u'eye_color'] = u'Unknown'
                    experiment[u'session_variable_order'].append(u'eye_color')

            return experiment
        else:
            print u"Error: To execute a experiment you need to ensure that the experiment is saved on the DB."
            return None

    def get_execution(self, win):
        if isinstance(win, visual.Window) and self.__in_db:
            tes_num = self.test_number()
            if tes_num is not None:
                test_list = []
                test_data = []
                for index in range(tes_num):
                    test = self.test_get_by_index(index=index)
                    test = test.get_execution(win=win)
                    if test is not None:
                        test_list.append(index*test[u'secuence'])
                        test_data.append({
                            u'name':    test[u'name'],
                            u'frames':  test[u'frames']
                        })
                # -----------
                test_list = np.concatenate(test_list)
                if self.__con_is_random:
                    np.random.shuffle(test_list)
                # -----------
                experiment = {
                    u'instruction':     self.__instructions,
                    u'space_start':     self.__con_need_space,
                    u'rest_active':     self.__con_is_rest,
                    u'rest_period':     self.__con_rest_period,
```

```
                    u'rest_time':       self.__con_rest_time,
                    u'test_secuence':   test_list,
                    u'test_data':       test_data,
                }
                # -----------
                return experiment
            else:
                return None
        else:
            print u"Error: To execute a experiment you need to ensure that:" \
                  u"\n\t- win is instance of pysychopy visual.Window." \
                  u"\n\t- the experiment is saved on the DB."
            return None

    def get_configuration(self):
        if self.__in_db:
            tes_num = self.test_number()
            if tes_num is not None:
                tests = [test.get_configuration() for test in self.test_get_all()]
            else:
                tests = None
            # ---------------
            configuration = {
                u'experiment': {
                    u'title':           self.__name,
                    u'code':            self.__code,
                    u'version':         self.__version,
                    u'description':     self.__description,
                    u'instruction':     self.__instructions,
                    u'session_configuration': {
                        u'comments':    self.__comments,
                        u'space_start': self.__con_need_space,
                        u'randomize':   self.__con_is_random,
                        u'rest': {
                            u'active':  self.__con_is_rest,
                            u'period':  self.__con_rest_period,
                            u'time':    self.__con_rest_time,
                        },
                        u'dialog': {
                            u'active':          self.__dia_is_active,
                            u'ask_age':         self.__dia_ask_age,
                            u'ask_gender':      self.__dia_ask_gender,
                            u'ask_glasses':     self.__dia_ask_glasses,
                            u'ask_eye_color':   self.__dia_ask_eye_color,
                        }
                    },
                    u'tests': tests
                }
            }
            # ---------------
            return configuration
        else:
            return None
```

Código para la ejecución del experimento.

```
# -*- coding: utf-8 -*-
# ============================================================================
# Modules
# ============================================================================
import os
from psychopy import visual, core
from psychopy.iohub import (ioHubExperimentRuntime, getCurrentDateTimeString)


# ============================================================================
# Script Handler
# ============================================================================
class ExperimentHandler(object):
    # ================================
    def __init__(self):
        self.__database = None
        self.__mas_data = None
        self.__exp_data = None
        self.__exp_exec = {}
        self.__exp_path = u''
        self.__base_path = u''
        self.__timestamp = u''
        self.__is_loaded = False
        self.__is_ready = False

    # ================================
    def load_experiment(self, db, mas, exp):
        import time
        from saccadeApp import SaccadeDB, Master, Experiment
        # ----------------------
        if not self.__is_loaded:
            if isinstance(db, SaccadeDB):
                self.__mas_data = Master()
                self.__mas_data.set_database(db=db)
                mas_check = self.__mas_data.load(name=mas)
                # -------------------
                self.__exp_data = Experiment()
                self.__exp_data.set_database(db=db)
                exp_check = self.__exp_data.load(code=exp)
                # -------------------
                if mas_check and exp_check:
                    self.__is_loaded = True
                    self.__timestamp = unicode(int(time.time()))
                    # ---------------
                    self.__base_path = self.__mas_data.get_experiment_path()
                    self.__exp_path = self.__base_path + u'\\' + self.__exp_data.get_name()
                # -------------------
                return self.__is_loaded
        else:
            return self.__is_loaded

    def save_execution_parameters(self):
        import yaml
        import codecs
        # -------------------
        if self.__is_loaded and not self.__is_ready:
            exp_code = self.__exp_data.get_code()
            exp_version = self.__exp_data.get_version()
            # ---------------
            exp_version_path = self.__exp_path + u'\\' + u'['+exp_version+u']['+exp_code+u']
    '
            exp_version_log_path = exp_version_path + u'\\logs'
            exp_version_cfg_path = exp_version_path + u'\\config'
            # ---------------
            if not os.path.exists(self.__base_path):
```

```
65                  os.makedirs(self.__base_path)
66              if not os.path.exists(self.__exp_path):
67                  os.makedirs(self.__exp_path)
68              if not os.path.exists(exp_version_path):
69                  os.makedirs(exp_version_path)
70              if not os.path.exists(exp_version_log_path):
71                  os.makedirs(exp_version_log_path)
72              if not os.path.exists(exp_version_cfg_path):
73                  os.makedirs(exp_version_cfg_path)
74              # ---------------
75              exp_logfile_config = u'['+exp_code+u']['+self.__timestamp+u']
    log_experiment_config.yaml'
76              exp_logfile_master = u'['+exp_code+u']['+self.__timestamp+u']log_master_config.
    yaml'
77              exp_cfgfile_config = u'['+exp_code+u']['+self.__timestamp+u']experiment_config.
    yaml'
78              exp_cfgfile_iohub = u'[' + exp_code + u'][' + self.__timestamp + u']iohub_config
    .yaml'
79              # ---------------
80              mas_config = self.__mas_data.get_iohub()
81              mas_config[u'data_store'][u'filename'] = exp_version_path + u'\\' + u'[' +
    exp_code + u']events_data'
82              filepath = exp_version_cfg_path + u'\\' + exp_cfgfile_iohub
83              with codecs.open(filename=filepath, mode=u'w', encoding=u'utf-8') as outfile:
84                  yaml.safe_dump(mas_config, outfile, default_flow_style=None, indent=4)
85              # ---------------
86              mas_log = self.__mas_data.get_configuration()
87              filepath = exp_version_log_path + u'\\' + exp_logfile_master
88              with codecs.open(filename=filepath, mode=u'w', encoding=u'utf-8') as outfile:
89                  yaml.safe_dump(mas_log, outfile, default_flow_style=False, indent=4)
90              # ---------------
91              exp_config = self.__exp_data.get_iohub(unixstamp=self.__timestamp)
92              exp_config[u'ioHub'][u'config'] = exp_version_cfg_path + u'\\' +
    exp_cfgfile_iohub
93              filepath = exp_version_cfg_path + u'\\' + exp_cfgfile_config
94              with codecs.open(filename=filepath, mode=u'w', encoding=u'utf-8') as outfile:
95                  yaml.safe_dump(exp_config, outfile, default_flow_style=None, indent=4)
96              # ---------------
97              exp_log = self.__exp_data.get_configuration()
98              filepath = exp_version_log_path + u'\\' + exp_logfile_config
99              with codecs.open(filename=filepath, mode=u'w', encoding=u'utf-8') as outfile:
100                 yaml.safe_dump(exp_log, outfile, default_flow_style=False, indent=4)
101             # ---------------
102             self.__exp_exec[u'experiment_config_path'] = exp_version_cfg_path
103             self.__exp_exec[u'experiment_config_file'] = exp_cfgfile_config
104             self.__exp_exec[u'experiment_data'] = self.__exp_data
105             # -------------------
106             self.__is_ready = True
107             return self.__is_ready
108         else:
109             return self.__is_loaded
110
111     def execute_experiment(self):
112         if self.__is_loaded and self.__is_ready:
113             runtime = ExperimentRuntime(self.__exp_exec)
114             runtime.start()
115             # ---------------
116             return True
117         else:
118             return False
119
120
121 # ============================================================================
122 # Script
123 # ============================================================================
124 class ExperimentRuntime(ioHubExperimentRuntime):
125     def __init__(self, exp_cfg_dict):
126         super(ExperimentRuntime, self).__init__(configFilePath=exp_cfg_dict[u'
```

```
        experiment_config_path'],
127                                                 configFile=exp_cfg_dict[u'
        experiment_config_file'])
128         self.__experiment = exp_cfg_dict[u'experiment_data']
129 
130     def run(self, *args):
131         # ======================================
132         # Prepare Hardware
133         # ======================================
134         try:
135             tracker = self.hub.devices.tracker
136             tracker.runSetupProcedure()
137             tracker.setRecordingState(False)
138         except Exception:
139             from psychopy.iohub.util import MessageDialog
140             md = MessageDialog(title=u"No Eye Tracker Configuration Found",
141                                msg=u"No eyetracker selected/found. Check the"
142                                    u"experiment settings.",
143                                showButtons=MessageDialog.OK_BUTTON,
144                                dialogType=MessageDialog.ERROR_DIALOG,
145                                allowCancel=False, display_index=0)
146             md.show()
147             return 1
148         # --------------------
149         display = self.hub.devices.display
150         kb = self.hub.devices.keyboard
151 
152         # ======================================
153         # Get experiment
154         # ======================================
155         # Prepare Window
156         resolution = display.getPixelResolution()
157         coordinate = display.getCoordinateType()
158         window = visual.Window(size=resolution, monitor=display.getPsychopyMonitorName(),
        units=coordinate,
159                                fullscr=True, allowGUI=False, screen=display.getIndex())
160 
161         # Get experiment content
162         exp_data = self.__experiment.get_execution(win=window)
163 
164         # Show instructions
165         instruction_screen = visual.TextStim(window, text=u'', pos=(0, 0), height=24, color=
        u'white',
166                                              alignHoriz=u'center', alignVert=u'center',
        wrapWidth=window.size[0] * 0.9)
167         instruction_screen.setText(exp_data[u'instruction'] + u"\n\nPress Any Key to Start
        Experiment.")
168         instruction_screen.draw()
169         flip_time = window.flip()
170         # --------------------
171         self.hub.sendMessageEvent(text=u"=== EXPERIMENT START ===", sec_time=flip_time)
172         self.hub.sendMessageEvent(text=u"========== INFO ==========")
173         self.hub.sendMessageEvent(text=u"Date:          {0}".format(getCurrentDateTimeString
        ()))
174         self.hub.sendMessageEvent(text=u"Experiment ID: {0}".format(self.hub.experimentID))
175         self.hub.sendMessageEvent(text=u"Session    ID: {0}".format(self.hub.
        experimentSessionID))
176         self.hub.sendMessageEvent(text=u"Screen (ID, Size, CoordType): ({0}, {1}, {2})".
        format(
177             display.getIndex(), display.getPixelResolution(), display.getCoordinateType()))
178         self.hub.sendMessageEvent(text=u"Screen calculated Pixels Per Degree: {0} x, {1} y".
        format(
179             *display.getPixelsPerDegree()))
180         self.hub.sendMessageEvent(text=u"======= END INFO =======")
181         self.hub.clearEvents(u'all')
182         # --------------------
183         kb.waitForPresses()
184 
```

```
185         # ====================================
186         # Experiment presentation
187         # ====================================
188         self.hub.sendMessageEvent(text=u"== TESTS SECUENCE START ==")
189         # ------------------
190         test_count = 0
191         for test_index in exp_data[u'test_secuence'][:, 0]:
192             test = exp_data[u'test_data'][test_index]
193             # ================================
194             if exp_data[u'rest_active'] and test_count > 0 and test_count  % exp_data[u'
    rest_period'] == 0:
195                 instruction_screen.setText(u"Rest time.")
196                 instruction_screen.draw()
197                 flip_time = window.flip()
198                 # -----------
199                 self.hub.sendMessageEvent(text=u"Rest time started...")
200                 core.wait(exp_data[u'rest_time'])
201                 self.hub.sendMessageEvent(text=u"Rest time finished.")
202             # ---------------
203             if exp_data[u'space_start']:
204                 instruction_screen.setText(u"Test: "+test[u'name']+u"\n\nPress Space to
    Start Experiment.")
205                 instruction_screen.draw()
206                 flip_time = window.flip()
207                 # -----------
208                 self.hub.sendMessageEvent(text=u"Waiting user input to start Test (ID:{0} ,
    Name: {1})".format(
209                     test_index, test[u'name']))
210                 self.hub.clearEvents(u'all')
211                 kb.waitForPresses(keys=[u' ', ])
212             # ================================
213             timer = core.Clock()
214             # ---------------
215             frames = test[u'frames']
216             frame_index = 0
217             frame_buffer_index = -1
218             frame_total = len(frames)
219             # ---------------
220             state = u'buffer'
221             frame = None
222             frame_buffer = None
223             is_last_frame = False
224             is_first_frame = True
225             is_test_finish = False
226             # ---------------
227             self.hub.sendMessageEvent(text=u"Starting Test (ID:{0} , Name: {1})".format(
    test_index, test[u'name']))
228             # ---------------
229             tracker.setRecordingState(True)
230             while not is_test_finish:
231                 with Switch(state) as case:
232                     if case(u'buffer'):
233                         frame_buffer_index += 1
234                         if frame_buffer_index < frame_total:
235                             self.hub.sendMessageEvent(text=u"Loading Frame (ID: {0})".format
    (frame_buffer_index))
236                             self.hub.sendMessageEvent(text=u"Loading Frame Components...")
237                             # ---------
238                             frame_buffer = frames[frame_buffer_index]
239                             frame_buffer[u'background'].draw()
240                             if frame_buffer[u'components'] is not None:
241                                 for component in frame_buffer[u'components']:
242                                     component.draw()
243                         else:
244                             self.hub.sendMessageEvent(text=u"No more frames to load...")
245                             is_last_frame = True
246                         # -------------
247                         if is_first_frame:
```

```
248                             is_first_frame = False
249                             state = u'flip'
250                         else:
251                             state = u'loop'
252 
253                     elif case(u'flip'):
254                         if is_last_frame:
255                             state = u'end'
256                         else:
257                             frame = frame_buffer
258                             frame_index = frame_buffer_index
259                             # ---------
260                             self.hub.sendMessageEvent(text=u"Frame Started (ID: {0})".format
    (frame_index))
261                             # ---------
262                             flip_time = window.flip()
263                             timer.reset()
264                             state = u'buffer'
265 
266                     elif case(u'loop'):
267                         if frame[u'is_task']:                               # is a selection
    frame
268                             pressed = kb.waitForPresses(keys=frame[u'allowed_keys'])
269                             key = unicode(pressed[len(pressed)-1].key).replace(u' ', u'space
    ')
270                             # ---------
271                             self.hub.sendMessageEvent(text=u"Frame Ended (ID: {0}, Time:{1},
     "
272                                                       u"Selected key: {2}, Correct key:
     {3})".format(
273                                 frame_index, timer.getTime(), key, frame[u'correct_keys_str'
    ]))
274                             # ---------
275                             state = u'flip'
276 
277                         elif timer.getTime() >= frame[u'time']:             # is a timed frame
278                             self.hub.sendMessageEvent(text=u"Frame Ended (ID: {0}, Time:{1})
    ".format(
279                                 frame_index, timer.getTime()))
280                             # ---------
281                             state = u'flip'
282 
283                         # -------------
284                         if kb.getKeys(keys=[u'escape', u'q', ]):
285                             self.hub.sendMessageEvent(text=u"== EXPERIMENT ENDED BY USER ==
    ")
286                             self.hub.quit()
287                             window.close()
288                             core.quit()
289                             return 0
290 
291                         # -------------
292                         self.hub.clearEvents(u'all')
293 
294                     elif case(u'end'):
295                         self.hub.sendMessageEvent(text=u"Ending Test (ID:{0} , Name: {1})".
    format(
296                             test_index, test[u'name']))
297                         # ---------
298                         is_test_finish = True
299 
300             # ====================================
301             tracker.setRecordingState(False)
302             # ---------------
303             test_count += 1
304 
305         # ======================================
306         # Experiment exit
```

```
307         # ====================================
308         self.hub.sendMessageEvent(text=u"== EXPERIMENT ENDED NORMALLY == ")
309         window.close()
310         core.quit()
311 
312 
313 # ===================================
314 class Switch:
315     def __init__(self, value):
316         self._val = value
317 
318     def __enter__(self):
319         return self
320 
321     def __exit__(self, swt_type, value, traceback):  # Allows traceback to occur
322         return False
323 
324     def __call__(self, *mconds):
325         return self._val in mconds
```

Script para crear la base de datos.

```
--=============================================
-- SQLite Script generated manually
-- Date      : 29/01/2018
-- model     : saccadedb
-- author    : Christian Wiche
--=============================================
pragma recursive_triggers=1;
pragma foreign_keys=1;


--=============================================
-- MAIN CONFIG TABLE
--=============================================
create table if not exists master (
    mas_name            varchar(50)     not null,
    mas_screen          int             not null    default 0,
    mas_tracker         varchar(20)     not null    default 'None',
    mas_monitor         varchar(50)     not null    default 'default',
    mas_path            varchar(200)    not null    default './events',
    primary key (mas_name)
);

--=============================================
-- EXPERIMENT-RELATED TABLES
--=============================================
-- Experiment: base table -----------------------
create table if not exists experiment (
    exp_code            varchar(10)     not null,
    exp_name            varchar(50)     not null,
    exp_version         varchar(10)     not null,
    exp_description     text            null        default '',
    exp_instructions    text            null        default '',
    exp_comments        text            null        default '',
    exp_date_creation   timestamp       null        default current_timestamp,
    exp_date_update     timestamp       null        default current_timestamp,
    primary key (
        exp_name,
        exp_version
    )
);
-- date update
create trigger if not exists trg_exp
    after update of
        exp_code,
        exp_name,
        exp_version,
        exp_description,
        exp_instructions,
        exp_comments
    on experiment
    begin
        update experiment
        set exp_date_update = current_timestamp
        where exp_code = new.exp_code;
    end;
-- index
create unique index if not exists unq_exp on experiment (exp_code);

-----------------------------------------------
-- Experiment: exp_dia --------------------------
create table if not exists exp_dia (
    exp_code            varchar(10)     not null,
    dia_is_active       tinyint         not null    default 1,
    dia_ask_age         tinyint         not null    default 1,
    dia_ask_gender      tinyint         not null    default 1,
```

```
    dia_ask_glasses     tinyint         not null    default 1,
    dia_ask_eye_color   tinyint         not null    default 1,
    primary key (exp_code)
    constraint fk_exp_dia
        foreign key (exp_code)
        references experiment (exp_code)
        on delete cascade
        on update cascade
);
-- index
create index if not exists idx_exp_dia on exp_dia (exp_code asc);

-------------------------------------------------
-- Experiment: exp_con --------------------------
create table if not exists exp_con (
    exp_code            varchar(10)     not null,
    con_need_space      tinyint         not null    default 0,
    con_is_random       tinyint         not null    default 0,
    con_is_rest         tinyint         not null    default 0,
    con_rest_period     int             not null    default 0,
    con_rest_time       float           not null    default 0.0,
    primary key (exp_code)
    constraint fk_exp_con
        foreign key (exp_code)
        references experiment (exp_code)
        on delete cascade
        on update cascade
);
-- index
create index if not exists idx_exp_con on exp_con (exp_code asc);

--=================================================
-- TEST-RELATED TABLES (EXPERIMENT CHILD)
--=================================================
-- Test: base table -----------------------------
create table if not exists test (
    exp_code            varchar(10)     not null,
    tes_index           int             not null    default 1,
    tes_name            varchar(50)     not null    default 'Unnamed',
    tes_description     text            null        default '',
    tes_quantity        int             not null    default 1,
    primary key (
        exp_code,
        tes_index
    )
    constraint fk_tes
        foreign key (exp_code)
        references experiment (exp_code)
        on delete cascade
        on update cascade
);
-- index
create index if not exists idx_tes on test (exp_code asc, tes_index asc);

-------------------------------------------------
-- Test: tes_frame ------------------------------
create table if not exists frame (
    exp_code            varchar(10)     not null,
    tes_index           int             not null    default 1,
    fra_index           int             not null    default 1,
    fra_name            varchar(50)     not null    default 'Unnamed',
    fra_color           varchar(20)     not null    default 'black',
    fra_is_task         tinyint         not null    default 0,
    fra_keys_allowed    text,
    fra_keys_selected   text,
    fra_time    float           not null    default 0.0,
    primary key (
        exp_code,
```

```
        tes_index,
        fra_index
    )
    constraint fk_fra
        foreign key (exp_code, tes_index)
        references test (exp_code, tes_index)
        on delete cascade
        on update cascade
);
-- index
create index if not exists idx_fra on frame (exp_code asc, tes_index asc, fra_index asc);

-- Test: tes_fra_object -------------------------
create table if not exists component (
    exp_code            varchar(10)     not null,
    tes_index           int             not null    default 1,
    fra_index           int             not null    default 1,
    com_index           int             not null    default 1,
    com_name            varchar(50)     not null    default 'Unnamed',
    com_units           varchar(10)     not null    default 'deg',
    com_pos_x           float           not null    default 0.0,
    com_pos_y           float           not null    default 0.0,
    com_orientation     float           not null    default 0.0,
    com_size            float           not null    default 1.0,
    com_shape           varchar(20)     not null    default 'square',
    com_image           blob            null,
    com_color           varchar(20)     not null    default 'white',
    primary key (
        exp_code,
        tes_index,
        fra_index,
        com_index
    )
    constraint fk_obj
        foreign key (exp_code, tes_index, fra_index)
        references frame (exp_code, tes_index, fra_index)
        on delete cascade
        on update cascade
);
-- index
create index if not exists idx_obj on component (exp_code asc, tes_index asc, fra_index asc,
     com_index asc);
```