

## Apéndice A

### Protocolo

#### A.1 Sistema de Adquisición

Este estudio se debe realizar con el sistema de adquisición Enobio 8, de ocho electrodos/canales para 32 opciones de posición en un sistema 10-20 extendido.

#### A.2 Participantes

Se requiere 20 voluntarios (14 hombres y 6 mujeres) con edades comprendidas entre los 18 y 40 años. Para ser sujeto de prueba se requiere visión de color normal, la cual será verificada por la prueba de Ishihara. La intensidad o habilidad de imaginación visual de cada sujeto se evaluará con la prueba VVIQ1. Para VVIQ1 se utiliza el promedio de las calificaciones de intensidad de 16 preguntas, en donde un puntaje VVI bajo significa imágenes vívidas y un puntaje alto significa imágenes vagas.

Después de eso se debe obtener el consentimiento informado por escrito de cada sujeto para las pruebas con EEG. Los sujetos deben informar si presentan problemas neurológicos o cansancio. Se debe pedir que duerman bien y que no consuman cafeína la mañana antes del experimento. Los sujetos deben recibir instrucciones para evitar los movimientos corporales y parpadeo de los ojos durante la presentación de los estímulos. Se permitirá el parpadeo entre los estímulos, durante la presentación de una pantalla negra. Todos los procedimientos deben ser aprobados por la junta de ética de la Universidad del Valle.

#### A.3 Objetos

A cada sujeto se le presentará 5 tipos de imágenes individuales: Cara, Casa, Silla, Alcancía en forma de cerdo y Dado. Cada tipo de imagen tendrá 6 versiones, cada

una de un color o tono predominante distinto: Amarillo, azul, magenta, morado, rojo y verde. En total, el experimento corresponde a la presentación y captura de 60 imágenes individuales (30 objetos y 30 palabras).

Cada imagen tendrá asociada una palabra que indicará la imagen y cuyo color será el mismo de imagen. Estas palabras serán usadas como señales verbales con el fin de ganar robustez ante la posibilidad de que la imaginación visual sea un remanente de percepción visual durante los ensayos.

#### A.4 Presentación del estímulo

El sujeto debe estar sentado en una silla cómoda, entre 90 cm y 1 m del monitor de 17 ". Las imágenes serán presentadas en un fondo negro. Cada test comienza con 3s de descanso en donde se mostrará la pantalla negra, después de los cuales vendrán 5s de preparación al estímulo representados por un círculo blanco, seguido de la presentación del estímulo por 5s. Después de este periodo, la pantalla mostrará un cuadrado blanco, indicando otro periodo de preparación de 5s, esta vez para la imaginación. Luego de ese periodo de descanso, en la pantalla quedará un fondo negro y el participante deberá imaginar el mismo objeto en la pantalla en negro en la misma ubicación y orientación. El sujeto recibirá 10s para la imaginación visual, al final del cual el sistema emitirá un pitido para indicar el término de la imaginación. Por lo tanto, cada test durará 28s.

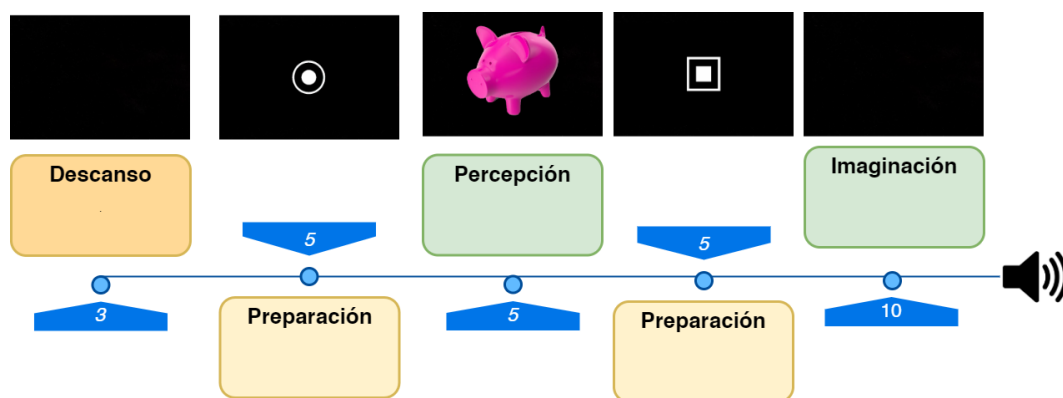


Figura A.1: Test.

## A.5 Experimento

Un tests constituye la presentación del estímulo visual por 5 segundo y su respectiva tarea de imaginación visual por 10 segundos, con dos tiempos de preparación de 5s cada uno, más 3s de descanso. Cada test dura 28 segundos. La secuencia de 5 test idénticos constituye una serie, que durará 140 segundos, algo más de 2 minutos. Habrá un tiempo de descanso de 30 segundos entre una serie y otra. Un bloque estará constituido de 5 series, siendo cada serie de un objeto diferente, pero del mismo color/tono entre ellas, estando de esta manera cada bloque asociado a un color/tono. Cada bloque durará 820 segundos, aproximadamente 13 minutos y medio. Habrá un descanso de 2 minutos entre cada bloque. El conjunto de 6 bloques constituye una sesión completa, que durará 5540 segundos, aproximadamente 92 minutos o 1 hora y media. Cada sujeto hará dos sesiones, una con estímulos a base de imágenes y la otra a base de palabras.

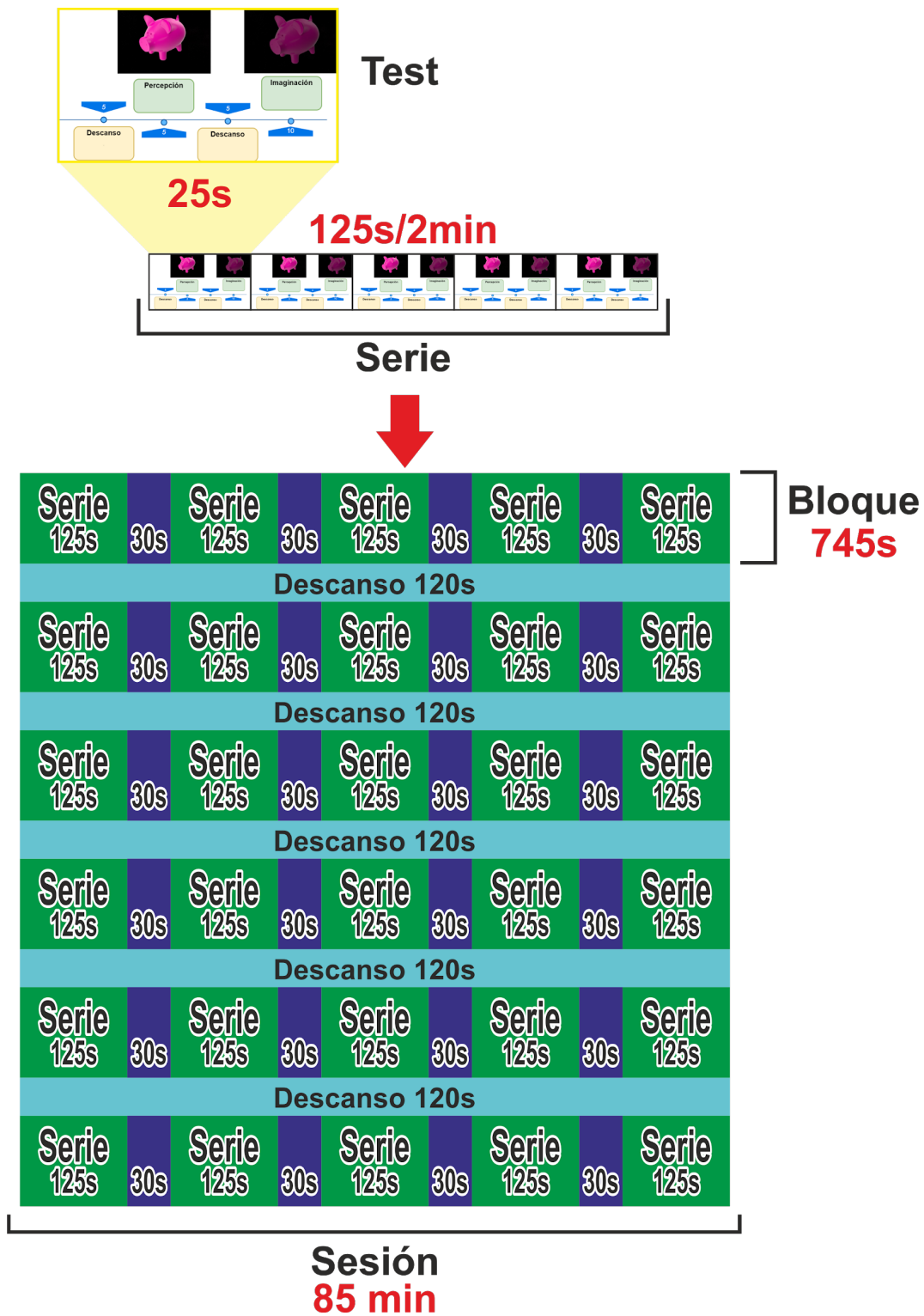


Figura A.2: Protocolo.

## Apéndice B

### Cuestionario de viveza de imágenes visuales - Vividness of Visual Imagery Questionnaire ( VVIQ)

#### B.1 Puntuaciones Totales

Puntuaciones totales	
(a) Ojos abiertos	
(b) Ojos cerrados	
Total (a+b)	

#### B.2 Datos del Participantes

Nombre	
Edad	Sexo
Ocupación	

#### B.3 Introducción

Las imágenes visuales se refieren a la capacidad de visualizar, es decir, la capacidad de formar imágenes mentales o "ver con el ojo de la mente". Se han encontrado marcadas diferencias individuales en la fuerza y claridad de las imágenes visuales reportadas y estas diferencias son de considerable interés psicológico. El objetivo de esta prueba es determinar la intensidad de sus imágenes visuales. Los elementos de la prueba posiblemente le traerán ciertas imágenes a la mente. Se le pide que califique la intensidad de cada imagen con referencia a la escala de 5 puntos que se muestra a continuación. Por ejemplo, si su imagen es "vaga y tenue", de una calificación de 4. Después de cada elemento, escriba el número correspondiente en el cuadro provisto. El primer cuadro es para una imagen obtenida con los ojos abiertos y el segundo cuadro es para una imagen obtenida con los ojos cerrados. Antes de pasar a los elementos de la página siguiente, familiarícese con las diferentes categorías de la escala de calificación. A lo largo de la prueba, consulte la escala de calificación al juzgar la intensidad de cada imagen. Trate de hacer cada elemento por separado,

independientemente de cómo haya hecho otros elementos. Complete todos los ítems de las imágenes obtenidas con los ojos abiertos y luego regrese al comienzo del cuestionario y califique la imagen obtenida para cada ítem con los ojos cerrados. Intente dar su calificación de "ojos cerrados" independientemente de la calificación de "ojos abiertos". Es posible que las dos calificaciones de un artículo determinado no sean las mismas en todos los casos.

#### B.4 Escala de Valoración

La imagen que despierta un elemento podría ser:	Calificación
Perfectamente claro y tan vivo como una visión normal	Calificación 1
Claro y razonablemente vívido	Calificación 2
Moderadamente claro y vívido	Calificación 3
Vago y tenue	Calificación 4
Sin imagen, solo "sabes" que estás pensando en un objeto	Calificación 5

#### B.5 Preguntas

Al responder los puntos 1 a 4, piense en algún familiar o amigo a quien ve con frecuencia (pero que no está con usted en este momento) y considere cuidadosamente la imagen que se le presenta.

1. El contorno exacto de cara, cabeza, hombros y cuerpo.
2. Poses características de la cabeza, actitudes corporales, etc.
3. El carro preciso, la longitud del paso, etc. al caminar.
4. Los diferentes colores usados en algunas ropas familiares.

Visualiza el sol naciente. Considere cuidadosamente la imagen que se presenta ante su mente.

5. El sol se eleva sobre el horizonte hacia un cielo brumoso.

6. El cielo se aclara y rodea al sol de azul.
7. Nubes, una tormenta estalla, con relámpagos.
8. Nubes, una tormenta estalla, con relámpagos.

Piense en el frente de una tienda a la que va a menudo. Considere la imagen que se presenta ante su mente.

9. La apariencia general de la tienda desde el lado opuesto de la calle.
10. Un escaparate que incluye colores, formas y detalles de artículos individuales a la venta.
11. Estás cerca de la entrada. El color, forma un detalle de la puerta.
12. Entrás en la tienda y vas al mostrador. El asistente del mostrador te atiende. El dinero cambia de manos

Finalmente, piense en una escena campestre que involucre árboles, montañas y un lago. Considere la imagen que se presenta ante su mente.

13. Los contornos del paisaje
14. El color y la forma de los árboles
15. El color y la forma del lago
16. Un viento fuerte sopla sobre el árbol y en el lago provocando olas

**El objetivo de esta prueba es juzgar su capacidad de imaginar. Las preguntas de esta prueba le pedirán que forme imágenes mentales de algo en su mente. A continuación, se le pedirá que califique con qué claridad o viveza fue capaz de formar esa imagen mental. Puede asignar esta calificación en una escala de 5 puntos, que se muestra a continuación como**

**ejemplo. Puede mover el control deslizante a cualquier lugar de esta escala de 5 puntos.**

**Recuerde que debe mantener los ojos abiertos mientras imagina.**

Al responder los puntos 1 a 4, piense en algún familiar o amigo a quien ve con frecuencia (pero que no está con usted en este momento) y considere cuidadosamente la imagen que se le presenta.

1. El contorno exacto de cara, cabeza, hombros y cuerpo.
2. Poses características de la cabeza, actitudes corporales, etc.
3. El carro preciso, la longitud del paso, etc. al caminar.
4. Los diferentes colores usados en algunas ropas familiares.

Visualiza el sol naciente. Considere cuidadosamente la imagen que se presenta ante su mente.

5. El sol se eleva sobre el horizonte hacia un cielo brumoso.
6. El cielo se aclara y rodea al sol de azul.
7. Nubes, una tormenta estalla, con relámpagos.
8. Nubes, una tormenta estalla, con relámpagos.

Piense en el frente de una tienda a la que va a menudo. Considere la imagen que se presenta ante su mente.

9. La apariencia general de la tienda desde el lado opuesto de la calle.
10. Un escaparate que incluye colores, formas y detalles de artículos individuales a la venta.



11. Estás cerca de la entrada. El color, forma un detalle de la puerta.
12. Entrás en la tienda y vas al mostrador. El asistente del mostrador te atiende. El dinero cambia de manos

Finalmente, piense en una escena campestre que involucre árboles, montañas y un lago. Considere la imagen que se presenta ante su mente.

13. Los contornos del paisaje
14. El color y la forma de los árboles
15. El color y la forma del lago
16. Un viento fuerte sopla sobre el árbol y en el lago provocando olas

## Apéndice C

### Códigos

Los códigos para el desarrollo de este trabajo se encuentran en el repositorio GitHub siguiente: <https://github.com/MayorChris/BCI-IMAGERY-VISUAL>

La siguiente tabla da una descripción de los codigos.

<b>Codigo/ Archivo</b>	<b>Descripción</b>
NLPCA.py	Libreria de autoria propia donde se implementa el Analisis de Componentes Principales No Lineales
Analisis Temporal.ipynb	Notebook donde se puede observar el comportamiento de las señales EEG en el dominio temporal
Analisis Frecuencial.ipynb	Notebook donde se puede observar el comportamiento de las señales EEG en el dominio frecuencial
Extracción de Caracteristicas.ipynb	Notebook donde se hace la descomposición Tiempo-Frecuencia con Morlet Walevet Compleja
Clasificación.ipynb	Notebook donde se hace una Generalización Temporal de la decodificación entre la precepción y la imaginación