



INSTALACIÓN SONORA INTERACTIVA  
"ESCUCHAR LA SELVA CON EL CORAZÓN"

MANUAL DE USUARIO  
NOCIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS  
DE BIOFEEDBACK PARA ARTISTAS

## **Créditos.**

Elaboración del manual, producción de la instalación y autoría:  
Eliane Ronzón González.

Diseño del sistema de Biofeedback.

Laboratorio de Neuropsicología de la Facultad de Medicina de la UNAM:

Dr. Juan Fernández Ruiz, Jefe del laboratorio.

Dr. Gustavo Padrón Rivera. Sistema de Biofeedback del electroencefalograma.

Lic. Jordan. Sistema de Biofeedback del sensor de frecuencia de pulso cardiaco.

Fotografía: Emiliano Alcázar González.

"Agradecemos al Centro Multimedia del Centro Nacional de las Artes el apoyo otorgado"

Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa.



**CULTURA**

SECRETARÍA DE CULTURA

**CHAPULTEPEC**  
NATURALEZA Y CULTURA



CIUDAD DE MÉXICO



FONOTECA NACIONAL



LOS PINOS



## **Presentación**

La instalación sonora interactiva “Escuchar la Selva con el Corazón” es un proyecto de Investigación -Creación desarrollada en el marco de la Convocatoria Ecos Sonoros. Red de Residencias Artísticas 2022 y presentada al público en la Fonoteca Nacional en el mes de agosto del año 2023.

Este manual tiene como propósito describir la estructura y configuración del sistema de biofeedback utilizado en la instalación, para su implementación en el espacio expositivo. Además, aspira a servir como breve referencia o herramienta, para aquellos artistas que deseen generar otras propuestas instalativas con biofeedback.

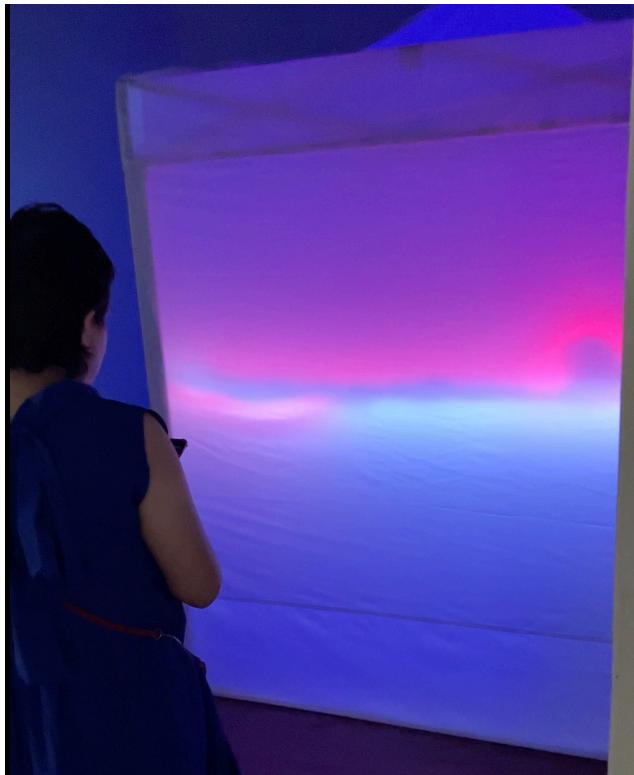
## INTRODUCCION

La instalación "Escuchar la Selva con el Corazón" consiste en un artefacto con biosensores que registran la frecuencia cardíaca y la actividad cerebral al percibir los sonidos de la selva Lacandona. Los datos obtenidos son transformados en juegos de luz proyectados en el espacio, permitiendo contemplar lo que emana del interior. Propone abrir la escucha al sonido y al cuerpo, para indagar sobre nuestro habitar y relación con otros seres animales, plantas, insectos y el agua.

Este manual presenta una descripción general de la instalación y explora los principios fundamentales del uso del biofeedback en contextos artísticos. También aborda conceptos básicos en el diseño de la instalación y proporciona una explicación detallada del funcionamiento, componentes y uso del sistema, incluyendo la facilitación del headset y el sensor de pulso para los participantes.

## 1. INSTALACIÓN SONORA INTERACTIVA

La instalación consiste en un módulo a manera de caja de luz de doble vista . Quien entra en la instalación escucha una pieza del paisaje sonoro de la Selva Lacandona, mientras utiliza un headset de Electroencefalograma (EEG) y un sensor de pulso cardiaco que transforma los datos obtenidos en juegos de luz proyectados en el espacio instalativo; el participante es quien genera los cambios en la luz emitida y con ello puede contemplar sus reacciones ante la escucha de la selva. A su vez, los asistentes en la parte exterior pueden observar lo que la persona experimenta.



Instalación “Escuchar la Selva con el corazón” presentada en la Fonoteca Nacional, en el marco de las Exposiciones Ecos de Agua, como resultado de los proyectos ganadores de la Convocatoria Ecos Sonoros (2022). Red de residencias artísticas.

La instalación plantea la escucha del sonido desde el cuerpo y nuestra interioridad. Abrir una puerta a explorar a la autoconsciencia y el habitar con la naturaleza.

La instalación está pensada para que el participante sea quien complete la pieza a través de su propia percepción y cuerpo, mediante el biofeedback que se genera en el ciclo sonido-respuesta fisiológica- luz.



## 2. FUNDAMENTOS DEL BIOFEEDBACK

El paradigma del Biofeedback tiene como origen la psicofisiología como un procedimiento con fines terapéuticos. Este utiliza biosensores que registran la información de la actividad neural y autónoma de las personas y la procesa para dar una retroalimentación visual o auditiva, sobre los cambios fisiológicos internos del sujeto (feedback); así este puede aprender conscientemente de sus propios estados (Schwartz y Olsen, 1995), ayudando al manejo del estrés y otros desórdenes médicos mayores (McKee, 2008).

El objetivo del biofeedback es guiar a las personas a que se vuelvan conscientes de las respuestas de su cuerpo y aprender a controlar estas respuestas de manera consciente a través del aprendizaje. Además también se ha ido desarrollando para lograr estados cercanos a la meditación y conexión interior.

El uso de este paradigma es un campo naciente en las prácticas de arte interactivas, considerando a este tipo de experiencias corporizadas, como altamente significativas (Khut, 2016).

En el arte interactivo, el Biofeedback ha sido una estrategia que permite a las personas tener un sentido de sí mismos, pues al mostrarles su respuesta fisiológica a través de obras audio-visuales pueden explorar su subjetividad corporizada. Los participantes suelen experimentar una sensación de cercanía e intimidad no solo con la obra sino entre ellos mismos. Esto diferencia el uso de este paradigma en el arte del aspecto clínico con el que fue creado inicialmente (Khut,2006).

Además el Biofeedback permite realizar un juego de espejos fijando la atención del participante en el corazón, respiración y estados mentales, lo cual es transformado en imágenes, figuras, colores que que reflejan aspectos de su propia psicofisiología.

### Concepción del cuerpo

Desde esta propuesta, el cuerpo es concebido como un continuo, por lo que estaríamos hablando de una "Cognición corporizada" (embodiment cognition), es decir, que la cognición no está separada del cuerpo (Wilson, 2002).

La cognición desde el cuerpo, es una noción fundamental que significa que lo que conocemos no es una simple percepción de la realidad objetiva del afuera, ni un mero procesamiento de información

captada solo por nuestros sentidos, sino que es todo una construcción de la experiencia corporal. Por lo tanto, es a través del cuerpo que tenemos un mundo (Merlau-Ponty, 2005), no es un objeto externo en nuestra experiencia, sino que es en sí mismo una experiencia corporizada (Schilbrak, 2004).

### Interocepción y conciencia interocepitiva

El proceso que se lleva a cabo en la instalación desde la atención consciente es la interocepción. Esta ha sido definida como un sistema sensorial que comunica acerca del estado interno del cuerpo a través de señales nerviosas que se originan en el interior de los órganos. Esta también comprende la percepción de los latidos o el sistema cardiovascular y es una parte fundamental de la autoconsciencia corporal (Craig, 2009).

La interocepción y los estados emocionales están directamente relacionados y construidos por la autoconsciencia y la jerarquía de nosotros mismos. Se ha propuesto que estos forman un core self, como el centro de todas las demás conciencias (Craig, 2009; Herbert y Pollatos, 2011).

### 3. FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA DE BIOFEEDBACK

Para el manejo del sistema, es necesario explicar el funcionamiento general de este.

El sistema de Biofeedback está compuesto por un input, que en este caso es el sonido, posteriormente el participante quien lo recibe y genera entonces las señales registradas por EEG o el sensor de pulso cardíaco, que serán traducidas en luz.

La traducción de estos datos registrados se hacen por medio de la computadora en el caso del EEG o bien mediante el módulo Arduino, para el pulso cardíaco.

El output son los patrones de luz resultantes de la traducción de los datos, por medio de los módulos Arduino que controlan el funcionamiento de los leds (Fig.1).

La retroalimentación o feedback sucede en el momento en que el participante percibe los colores emanados.

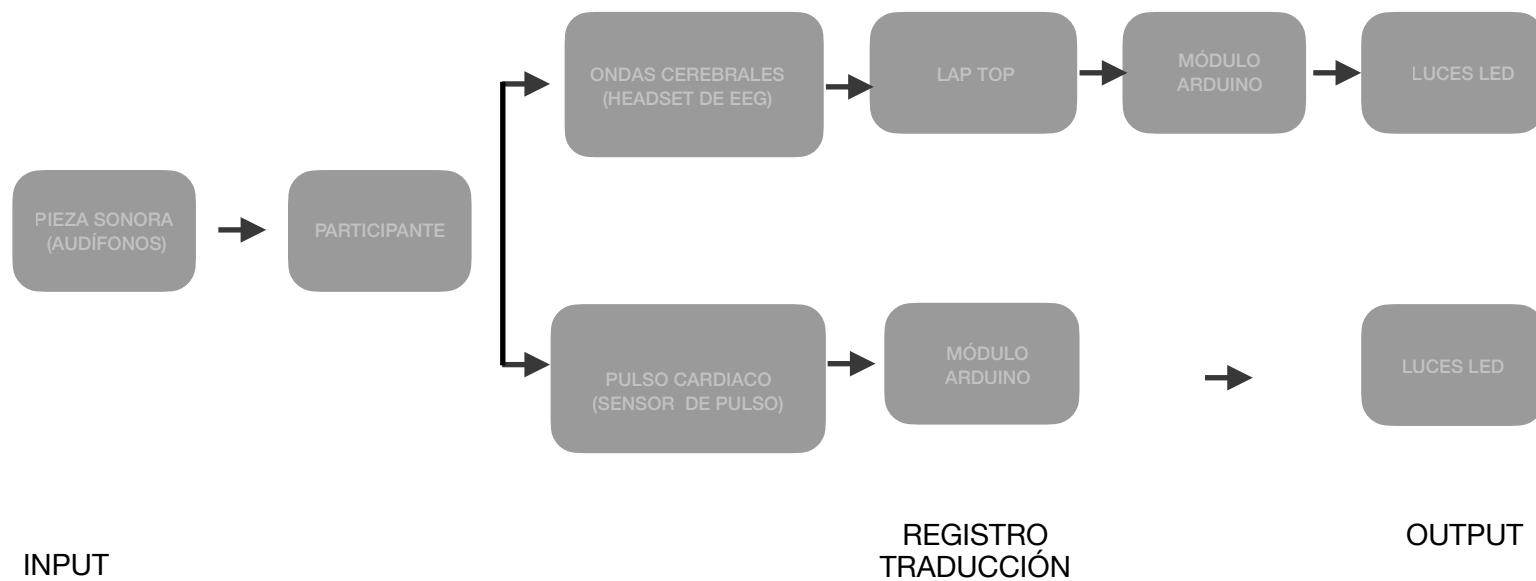


Fig.1. Esquema del funcionamiento general del sistema de Biofeedback que contempla las ondas cerebrales y el pulso cariaco como señales de retroalimentación.

### 3. COMPONENTES DEL EQUIPO

La instalación está conformada por distintos componentes tanto los que utiliza el participante durante la experiencia, como los empleados en el procesamiento de datos. A continuación se mencionan los elementos más importantes:

#### 3.1 Componentes de uso para el participante

##### 3.1.1 Audífonos.



Audífonos Sennheiser, codec de audio AAC, aptX, aptX de baja latencia, SBC. Cancelación de sonido, para una experiencia mayormente inmersiva. Conectividad Bluetooth 5.0 para comodidad al participante.

### 3.1.2 Sensores

#### A) Headset de Electroencefalograma



Para el registro de la actividad neural se emplea un headset de electroencefalogram, Emotiv Insight 2.0.

Sensores de goma para mejor penetración en Pz.

Material Hidrófilo, polímero semi-seco. s

Conectividad: Bluetooth 5.

Muestreo: 128 muestras por segundos por canal

Resolución: 16 bits

Frecuencia de respuesta: 0.5 – 43 Hz

Este producto es usado para condiciones experimentales, así como otros usos en el campo del arte (Revisar en Niso et al., 2023).

Los sensores están localizados en 5 canales principales denominados: 5 canales: AF3, AF4, T7, T8, Pz (Fig. 2).

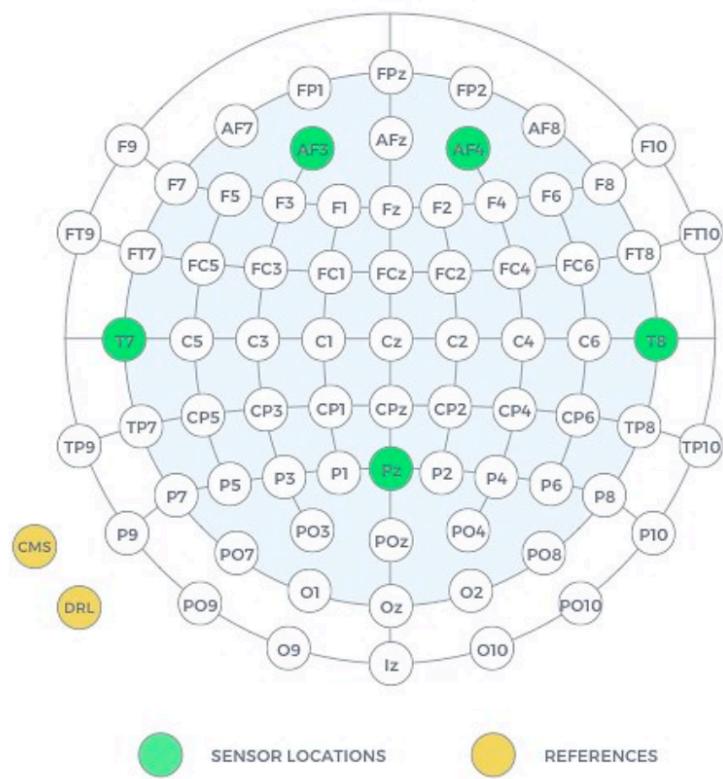
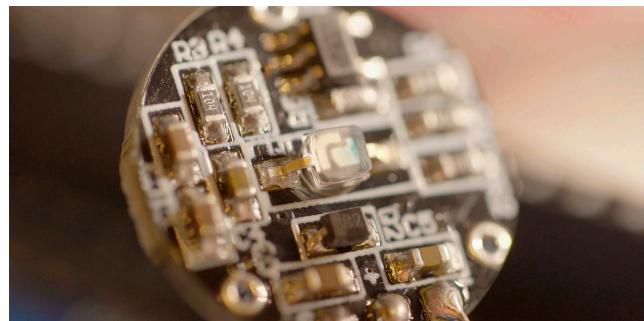


Fig 2. Localización de los 5 sensores de Emotiv Insight 2.0.  
Imagen recuperada de Zabcikova (2019).

## B) Sensor de frecuencia cardiaca.



Este sensor mide la frecuencia con la que late el corazón del participante y es expresada en pulsos por minuto o BPM y monitorea la actividad en tiempo real.

Utiliza el método de fotopletismografía, que funciona midiendo los cambios en la absorción de la luz por parte del tejido cuando la sangre fluye a través de este y el sensor se encuentra en contacto.

Consta de un emisor de luz (LED) y un receptor de luz o diodo/ fototransistor que mide la cantidad de luz que se refleja o transmite a través del tejido. Se puede colocar en un tejido, como el dedo o lóbulo.

### 3.2 Componentes del sistema

#### 3.2.1 Computadora Lap top

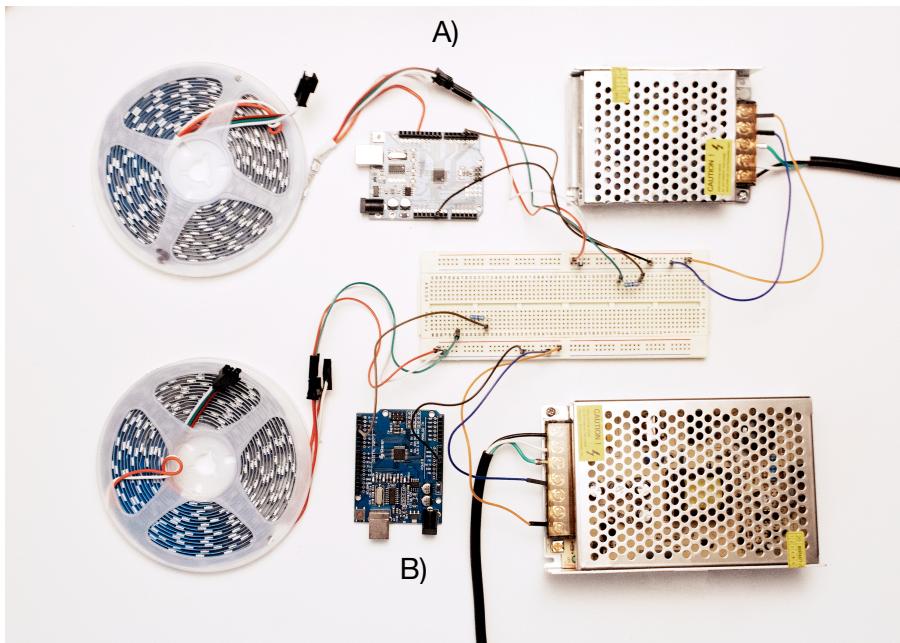
Para el procesamiento de los datos del EEG se emplea una computadora Lap Top, ya que el Headset necesita de la conexión al Launcher de Emotiv vía internet, así como la conexión a Bluethoot.

La Laptop empleada es marca Dell Inspiron, 15.6 pulgadas, procesador AMD Ryzen 5 3450U, 16 GB de RAM, SSD de 1 TB . Cuenta con un sistema operativo Windows 10, por darle mayor estabilidad a los programas empleados para el procesamiento de datos.

En ella se encuentran instalados los siguientes elementos:

1. EMOTIV Launcher (Requiere conexión a internet).
2. Arduino IDE
3. Phyton 3.10 y variables de entorno instaladas para trabajar con Emotiv:
  - Pip y agregar a variables de entorno
  - Pyserial via “pip install pyserial”
  - Websocket client
  - Python-dispatch

### 3.2.2 Módulos Arduino UNO



Para el procesamiento de los datos obtenidos del pulso cardiaco y el output para el control de la tira led relacionada al pulso se encuentra el módulo Arduino.

Este funciona de forma autónoma, independiente a la computadora para un mayor flujo de los datos y eficiencia del Biofeedback (A).

El segundo módulo Arduino empleado, es para el output de los leds RGB relacionados a los datos de encefalograma. Desde este módulo previamente programado se realiza el control de la señal emitida por el headset Emotiv Insight (B).

### 3.2.3 Leds RGB

Los LEDs RGB son dispositivos de iluminación que emiten luz en tres colores primarios: rojo, verde y azul. Estos tres colores se utilizan para crear una gama de colores mediante su combinación. Cada LED RGB contiene tres leds individuales con un solo color primario encapsulado. Al controlar la intensidad emitida por cada uno de ellos, se obtiene la variedad de colores.

El control de estos LEDs se realiza por medio de los módulos Arduino UNO.

A) Output de las datos de EEG a luces Led:

La instalación relacionados al EEG cuenta con 300 leds y estos cambian de color dependiendo de la onda que tenga mayor señal.

El sistema registra las siguientes ondas eléctricas:

1. Ondas Alpha (8-12 Hz): Esta frecuencia está asociada con un estado de relajación y calma mental. Cuando una persona está en un estado de alpha, puede sentirse relajada pero alerta. También puede ser experimentada durante la meditación y momentos de introspección tranquila.

2. Ondas Beta (13-30 Hz): La frecuencia beta se subdivide en dos rangos: baja beta (13-20 Hz) y alta beta (21-30 Hz). Las frecuencias beta están relacionadas con el estado de vigilia y el procesamiento mental activo. La baja beta está asociada con la atención sostenida y el enfoque cognitivo, mientras que la alta beta puede estar relacionada con la ansiedad o el estrés.

3. Ondas Gamma (30-100 Hz): Las ondas gamma están relacionadas con la cognición superior y la actividad cerebral coordinada. Se ha sugerido que las ondas gamma están involucradas en la integración de información en diferentes áreas del cerebro y en procesos de aprendizaje avanzado. También se asocian con momentos de inspiración y creatividad.

4. Ondas Theta (4-7 Hz): Las ondas theta están presentes durante estados de relajación profunda, sueño ligero y también durante algunas etapas del sueño REM. También están asociadas con la creatividad, la intuición y la fantasía. La meditación profunda y los estados de ensueño.

(Khaur and Khaur, 2015).

De estas frecuencias la programación toma en cuenta dos principales ondas, Alpha y Beta, por encontrarse en estados de vigilia más comunes. Las señales de Alpha son traducidas a tonalidades amarillas, mientras que Beta a tonalidades azules.

Adicional a ello, ambos registros varían no solo en color según la onda registrada sino en función de la intensidad de la señal.

También se encuentra el registro de ondas Gamma y Theta, pero para fines de la instalación y por no encontrarse en mayor medida en estados de vigilia, no fueron tomadas en cuenta en la traducción de los datos.

B) Output de los datos de pulso cardiaco a luces Led:

Los datos de la frecuencia cardiaca están relacionados con una segunda tira de 300 leds que cambian según el ritmo de los BPM emitidos en un solo color (rojo).

#### 4. ENSAMBLAJE DEL SISTEMA

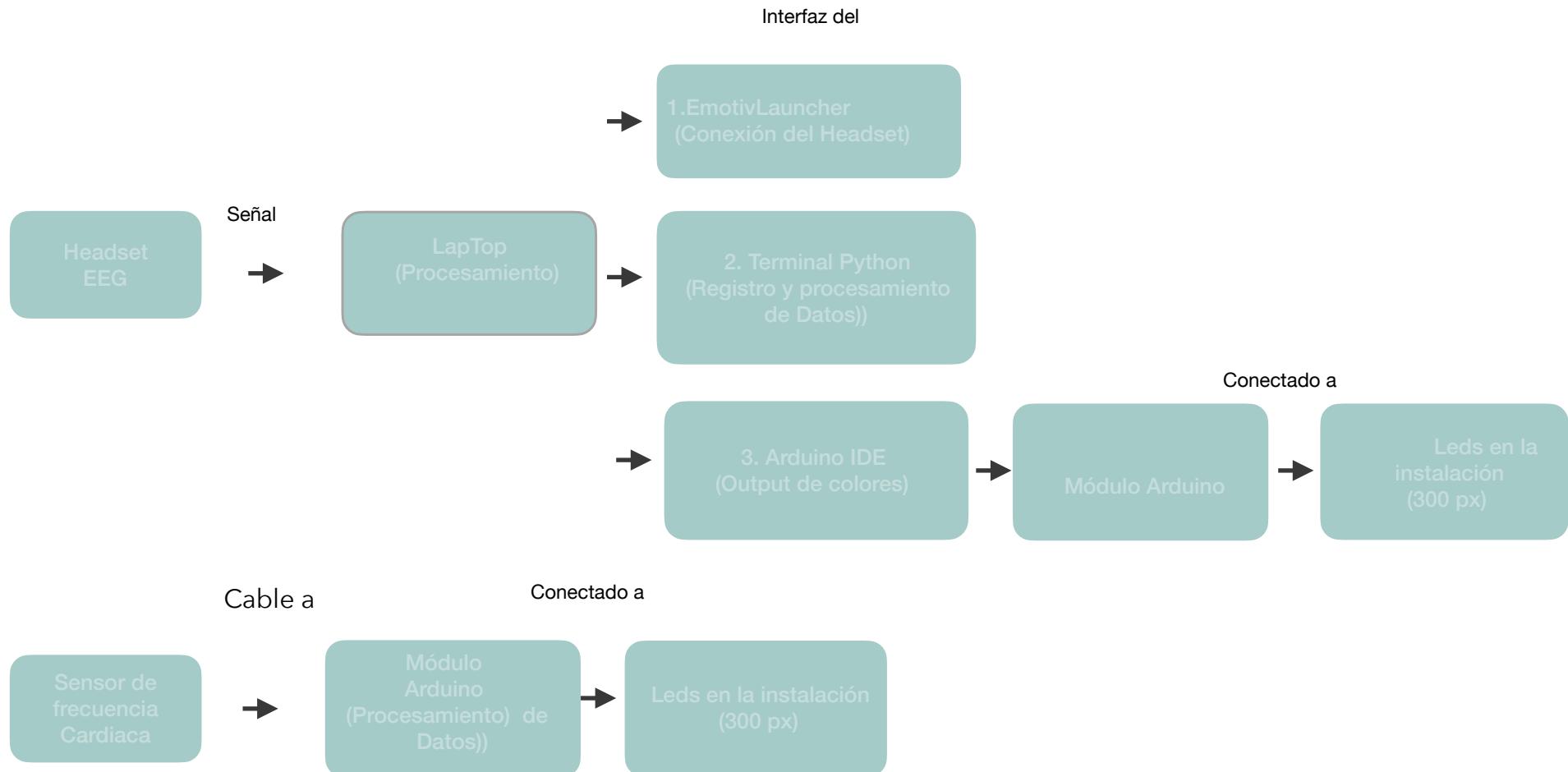


Fig3. Diagrama de los componentes y conexiones del sistema.

#### 4. PASOS PARA PONER EN MARCHA LA INSTALACIÓN

1. Se realizan todas la conexiones según el diagrama del sistema (Fig 3).
2. El headset de EEG se conecta a la LapTop vía Bluethoot por medio del Launcher de Emotiv, el cual debe tener conexión a internet para su funcionamiento.
3. Para que el headset comience a funcionar, se debe calibrar la calidad de la detección de las señales en cada punto en el que se colocan los sensores. Esta calibración la realiza el programa de forma automática al iniciar el Launcher.
4. Se abre la terminal de Python en la cual se observan los datos que comienza a arrojar el headset, en el cual se observarán los valores de cada onda, por muestreo.
5. Mientras esto se realiza Arduino envía esta información a los leds de la instalación. Es necesario que Arduino IDE nunca se encuentre abierto al mismo tiempo que Python, pues puede ocasionar interferencia en el funcionamiento del sistema.
6. El sistema comienza a generar un flujo de información tiempo después de que se han realizado varios muestreos o ciclos del programa, no es inmediato.

7. Para el funcionamiento del sistema de pulso, debe activarse el sensor de frecuencia mediante el contacto con la yema de los dedos y esperar unos cuantos segundos a que comience a correr de forma regular.
8. En caso de que presentara algún funcionamiento diferente a lo esperado, se puede apretar el botón de reinicio en el módulo Arduino.

## 5. COLOCAR EL HEADSET AL PARTICIPANTE

1. Se explica en que consiste la instalación y el uso de dos tipos de sensores (headset y frecuencia del pulso cardiaco).
2. Se coloca el headset arriba de la cabeza del participante y se pide que la persona sea quien lo baje y lo ajuste en un primer momento.
3. Una vez puesto, se pueden realizar ajustes para que queden los sensores en los puntos mencionados con anterioridad, asegurándose haga contacto con la piel lo mayormente posible.
4. Se realiza la calibración en el Launcher de Emotiv y se revisa que la terminal de Python se encuentre arrojando los datos del registro.

6. Una vez realizado esto y activado de manera correcta el participante puede sostener el sensor del pulso cardiaco con la yema de los dedos.
7. Finalmente, se le colocan los audífonos encima del headset para la escucha.

#### Warm up

Para que la experiencia sea mayormente inversiva, se sugiere preparar al participante por medio de un Warm Up breve o calentamiento.

Para ello se le explica cuales son los colores y la línea de horizonte relacionada al headset. Se le dice que los colores azules se encuentran relacionados a estados de concentración o actividad, mientras que los amarillos son de estados mayormente contemplativos.

Estos colores también cambian en intensidad de brillo, según la intensidad de sus propias ondas negrales.

Finalmente, se le muestra el sensor de pulso que sostendrá con los dedos y mirará la zona donde aparece la ritmidad de su propio corazón.

Es importante hacer explícito el vínculo de cada color con los sensores y procesos, para que así pueda existir una mejor relación con el feedback dado y con ello facilitar la inmersión en el proceso.

## REFERENCIAS

Craig, A. D., & Craig, A. D. (2009). How do you feel--now? The anterior insula and human awareness. *Nature reviews neuroscience*, 10(1).

Herbert, B.M., Pollatos , O. (2011) The Body in the Mind: On the Relationship Between Interoception and Embodiment. *Topics in Cognitive Science*, (4), 692-704.

Kaur, J., and Kaur, A. (2015) A review on analysis of EEG signals. *2015 International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications*, Ghaziabad, pp. 957-960.  
doi: 10.1109/ICACEA.2015.7164844.

Khut, G. (2006) Development and Evaluation of Participant-Centred Biofeedback Artworks. Unpublished doctoral exegesis, University of Western Sydney.

Khut, G. (2016) Designing Biofeedback Artworks for Relaxation. Conference: the 2016 CHI Conference Extended Abstracts. doi:10.1145/2851581.2891089.

McKee, M.G. (2008) Biofeedback: an overview in the context of heart-brain medicine. *Cleve Clin J Med.* (75) pp. 31-4.  
doi: 10.3949/ccjm.75.suppl\_2.s31. PMID: 18540143.

Mauss, Marcel (1979), "Técnicas y movimientos corporales", en M. Mauss, Sociología y antropología, Madrid, Tecnos, pp. 337-356.

Nancy, J.L. (2007) *58 indicios sobre el cuerpo. Extensión del alma*. Buenos Aires: Ediciones La Cebra, 68 pp.

Niso, G., Romero, E., Moreau, J.T., Araujo, A., Hrol, L.R. ( 2023) Wireless EEG: a survey of systems and studies. *Neuroimage*, 269, <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2022.119774>

Schwartz, M. S., & Olson, R. P. (1995). A historical perspective on the field of biofeedback and applied psychophysiology. En Schwartz M.S. (Ed.), *Biofeedback: A practitioner's guide*. 3-18. The Guilford Press.

Zabcikova, M. (2019) Visual and auditory stimuli response, measured by Emotiv Insight headset. MATEC Web Conf., 292, 01024.

DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929201024>

**Proyecto ganador de la convocatoria Ecos Sonoros. Red de creación 2022 emitido por la Secretaría de Cultura, a través del Centro Nacional de las Artes, el Complejo Cultural Los Pinos y la Fonoteca Nacional**

Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa.



**CULTURA**

SECRETARÍA DE CULTURA

**CHAPULTEPEC**  
NATURALEZA Y CULTURA



FONOTECA NACIONAL



LOS PINOS



CIUDAD DE MÉXICO