

# **UNTREF**

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRES DE FEBRERO**  
Licenciatura en Música  
Ciencia y música

## **Sistema de Interacción Sensorial Lumínico-Sonora**

Instalación interactiva para exploración de percepción multisensorial

**"Sombrero Disociador", Delfina Peterschmitt**

**Profesor:** Luciano Azzigotti  
**Ayudante:** Carolina Di Paola

Caseros, Provincia de Buenos Aires  
21-11-2025

# Sistema de Interacción Sensorial Lumínico-Sonora

Instalación interactiva para exploración de percepción multisensorial

Delfina Peterschmitt

21 -11 -2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRES DE FEBRERO

Licenciatura en Música  
Ciencia y música

## 0.1. Sombrero Disociador

"La música que tu mente escribe en tiempo real". Este dispositivo no reproduce música, la extrae directamente de tu actividad cerebral, transformando señales EEG en composiciones audibles.

### 0.1.1. Subtítulo

Dispositivo interactivo en formato de vincha que mide el pulso cerebral a través de sensores EEG, lo traduce a una señal y esa señal la convierte en sonido. Luego se conecta a Arduino, con un programa de código que "dispara" samples, con la automatización por ejemplo: .ª tal señal X, tal audio de determinado paisaje sonoro", como resultado de esta experiencia obtenemos la creación de una obra.

## 0.2. Síntesis

El "Sombrero Disociador" es un sistema de biofeedback neural que traduce las ondas cerebrales en experiencias audiovisuales en tiempo real. Inspirado en investigaciones de neurociencia cognitiva, el dispositivo utiliza electroencefalografía (EEG) para capturar la actividad eléctrica cerebral y transformarla en composiciones sonoras y lumínicas mediante algoritmos de procesamiento digital de señales. Se propone crear un sistema interactivo que transforme la actividad cerebral en composiciones sonoras en tiempo real, estableciendo un diálogo directo entre ondas cerebrales y creación musical.

El sistema se fundamenta en el principio de reflejo sobre los estados mentales hacia patrones específicos de actividad oscilatoria cerebral, clasificados en bandas de frecuencia cuantificables:

Banda	Frecuencia	Estado Mental	Características
Delta ( )	0.5-4 Hz	Sueño profundo	Alta amplitud, sincronización
Theta ( )	4-8 Hz	Relajación, meditación	Estados hipnagógicos, creatividad
Alpha ( )	8-13 Hz	Relajación alerta	Ojos cerrados, calma mental
Beta ( )	13-30 Hz	Atención, concentración	Actividad cognitiva, alerta
Gamma ( )	30-100 Hz	Procesamiento superior	Integración sensorial, conciencia

Cuadro 1: Bandas de frecuencia de ondas cerebrales y estados asociados

### 0.3. Objetivos

Investigar los mecanismos de integración sensorial mediante una interfaz interactiva que permita estudiar cómo los estímulos visuales y auditivos interactúan en la percepción humana y la creación musical.

- **Objetivo principal:** Diseñar, desarrollar y validar un dispositivo interactivo en formato de vincha que traduzca la actividad cerebral (señales EEG) en composiciones sonoras en tiempo real, estableciendo un puente tangible entre los estados cognitivos y la creación musical automática.
- **Objetivo secundario 1:** Desarrollar el algoritmo FFT (Transformada Rápida de Fourier) para realizar un análisis espectral en tiempo real y el código necesario para adquirir, filtrar y clasificar las señales EEG, diferenciando patrones o estados cerebrales específicos (ondas alfa, beta, estados de concentración o relajación).
- **Objetivo secundario 2:** Crear y mapear una biblioteca de samples o paisajes sonoros, donde cada sonido se active automáticamente en respuesta a una señal cerebral específica predefinida (ej: "señal X- .audio de lluvia").
- **Objetivo secundario 3:** Realizar pruebas de usuario para evaluar la efectividad del dispositivo en generar una experiencia inmersiva y disociadora, donde el sujeto perciba un diálogo directo entre su estado mental y la composición resultante.
- **Objetivo secundario 4:** Generar una obra o performance sonora final utilizando exclusivamente las composiciones resultantes de la interacción de los usuarios con el dispositivo, demostrando su potencial como herramienta de creación artística.

### 0.4. Justificación y memoria conceptual

La investigación en percepción multisensorial ha demostrado que el cerebro humano integra información de múltiples modalidades sensoriales para construir una representación coherente del entorno. Estudios recientes en neurociencia cognitiva revelan mecanismos complejos de interacción entre sistemas visual y auditivo que pueden ser investigados mediante interfaces interactivas.

#### 0.4.1. Contexto

La instalación se sitúa en la intersección entre arte, tecnología y ciencia cognitiva, aprovechando avances en processing de señales, interfaces humano-computadora y métodos de investigación en percepción. El dispositivo funciona como herramienta para explorar fenómenos de binding multisensorial y ventanas temporales de integración.

## 0.5. Fundamentación Neurocientífica

### 0.5.1. Traducción de Ondas Cerebrales a Sonido

El proceso de sonificación se basa en principios de psicoacústica y procesamiento digital de señales:

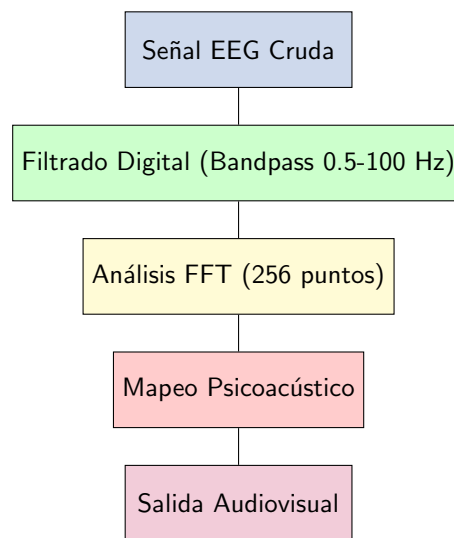


Figura 1: Proceso de sonificación de ondas cerebrales

### 0.5.2. Algoritmos de Traducción

---

```
1 import numpy as np
2 from scipy import signal
3 import pyaudio
4
5 def brainwave_to_sound(eeg_data, sample_rate=256):
6     # Aplicar FFT para analisis espectral
7     frequencies = np.fft.fftfreq(len(eeg_data), 1/sample_rate)
8     fft_values = np.fft.fft(eeg_data)
```

```

9
10 # Extraer potencia por bandas
11 delta_power = np.mean(np.abs(fft_values[(frequencies >= 0.5) & (frequencies < 4)]))
12 theta_power = np.mean(np.abs(fft_values[(frequencies >= 4) & (frequencies < 8)]))
13 alpha_power = np.mean(np.abs(fft_values[(frequencies >= 8) & (frequencies < 13)]))
14 beta_power = np.mean(np.abs(fft_values[(frequencies >= 13) & (frequencies < 30)]))
15 gamma_power = np.mean(np.abs(fft_values[(frequencies >= 30) & (frequencies < 100)]))
16
17 # Mapeo a parámetros sonoros
18 fundamental_freq = 220 + (alpha_power * 50) # Base en Alpha
19 harmonic_ratio = beta_power / (theta_power + 0.1) # Relación atención/relajación
20 amplitude_mod = gamma_power * 0.1 # Modulación por gamma
21
22 return fundamental_freq, harmonic_ratio, amplitude_mod

```

---

Resultado 1: Ejemplo de algoritmo de sonificación en Python

### 0.5.3. Estado del arte

Existen diversas aproximaciones al estudio de la percepción multisensorial, desde los experimentos clásicos de ventriloquia auditivo-visual hasta interfaces contemporáneas de realidad aumentada. Investigaciones recientes demuestran que la sincronización temporal entre estímulos audiovisuales es crítica para su integración perceptual. Este proyecto se alinea con investigaciones actuales en neurociencia cognitiva aplicada al arte interactivo.

#### Marco teórico fundamentado

- **Integración multisensorial:** Stein & Meredith (1993). *The merging of the senses*. Fundamentos neurofisiológicos de la integración sensorial.
- **Psicoacústica:** Moore (2012). *An introduction to the psychology of hearing*. Principios científicos de percepción auditiva.
- **Percepción visual:** Palmer (1999). *Vision science*. Bases científicas de la percepción visual.
- **Sinestesia artificial:** Investigaciones controladas sobre correspondencias cruzadas entre modalidades sensoriales.

## 0.6. Descripción

El sistema consiste en un dispositivo wearable equipado con sensores EEG conectados a un sistema de procesamiento en tiempo real que genera respuestas audiovisuales sincronizadas.

### 0.6.1. Arquitectura del sistema

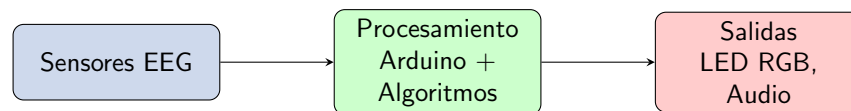


Figura 2: Arquitectura del sistema de interacción sensorial

### 0.6.2. Principio de funcionamiento

El sistema opera en tres niveles interconectados:

#### 1- Captación sensorial científica

- Sensores EEG para medición cuantitativa sobre la intensidad de las ondas cerebrales.
- (opcional) Acelerómetro MPU-6050 para captura de parámetros de movimiento; Micrófono para análisis espectral de sonido ambiental.

#### 2- Procesamiento y traducción de datos basado en modelos perceptuales

- Algoritmos de mapeo basados en principios de psicoacústica parámetros de transformación deterministas y calibrables.
- Modelos de integración temporal multisensorial.

#### 3- Generación de estímulos controlados

- Salidas de audio con parámetros espectrales controlados
- Sincronización temporal precisa entre ondas cerebrales y señales digitales de audio pre seteadas.

### 0.6.3. Entorno experimental

La instalación está diseñada para operar en contextos controlados que permitan:

- Tipología de circulación del objeto: Funciona como performance en horario rotativo, experiencia uno a uno, visita guiada y formato online.

- Comportamiento del público: Entrada por turnos, experiencia solitaria. A futuro se incentiva la exploración libre y se propone un recorrido guiado.
- Pre-condiciones de inicialización: La obra está requiere una secuencia de arranque, calibración y preparación previa al ingreso del público.
- Horas de apertura: Franja horaria ideal por la noche, con una duración mínima de 30 minutos a una hora de experiencia.

## 0.7. Desarrollo

El proceso de desarrollo integra metodologías de investigación científica con prácticas de diseño tecnológico y musical.

### 0.7.1. Metodología de investigación

- **Diseño experimental:** Protocolos controlados para evaluación perceptual
- **Análisis cuantitativo:** Métodos estadísticos para procesamiento de datos
- **Validación:** Procedimientos de calibración y verificación
- **Ética en investigación:** Consentimiento informado y protección de datos

### 0.7.2. Cronograma

Rubro / Mes	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
Revisión bibliográfica científica	X	X					
Diseño experimental		X	X				
Desarrollo de hardware			X	X	X		
Programación algoritmos				X	X		
Pruebas piloto					X	X	
Recolección datos						X	X
Análisis resultados							X

Cuadro 2: Cronograma de desarrollo e investigación



## 0.8. Lista de materiales

### 0.8.1. Componentes principales

- **Procesamiento:** Arduino UNO R3 (plataforma estándar para prototipado)
- **Sensores:**
  - EEG (Electroencefalograma) para medición de ondas cerebrales.
  - (opcional) MPU-6050 (acelerómetro + giroscopio) para movimiento
  - (opcional) Micrófono electret con amplificador para captura sonora
- **Salidas:**
  - Parlantes Stereo / Auriculares.
  - Tira LED RGB WS2812B para estímulos visuales
- **Energía:** Batería LiPo con circuito de protección.

## 0.9. Rider técnico

### 0.9.1. Requisitos del espacio

- Espacio controlado con iluminación regulable de 12 m<sup>2</sup>.
- Puntos de alimentación eléctrica estabilizada.
- Condiciones acústicas controladas (aislamiento de ruido externo).
- Superficie estable para calibración de sensores.

### 0.9.2. Consideraciones técnicas

- Tiempo de montaje: 2-3 horas
- Personal técnico requerido: 1 persona
- Protocolos de seguridad para operación continua.

## 0.10. Planos y diagramas

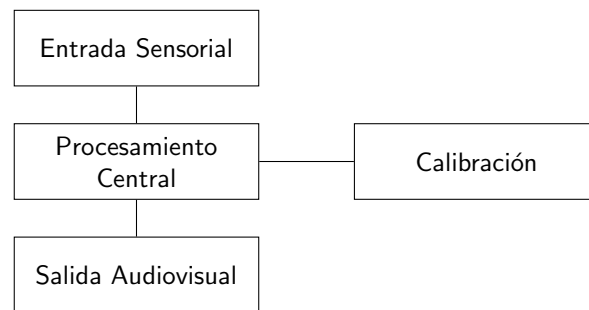


Figura 3: Diagrama funcional del sistema

## 0.11. Presupuesto

Componente	Costo unitario (\$)	Cantidad	Subtotal (\$)
Arduino UNO	15.000	1	15.000
Sensores EEG	2.000	2	4.000
MPU-6050	4.000	1	4.000
Tira LED RGB	6.000	1	6.000
Módulos de código para traducción a señales de audio	5.000	1	5.000
Honorarios asistencia técnica	5.000	1	5.000
Honorarios Artista	5.000	1	5.000
Gastos de Comunicación	5.000	1	5.000
<b>Total</b>			<b>39.000</b>

Cuadro 3: Presupuesto para desarrollo del prototipo experimental

## 0.12. Referencias científicas

### 0.12.1. Bibliografía principal

- Stein, B. E. (2012). *The new handbook of multisensory processing*. MIT Press.
- Moore, B. C. J. (2012). *An introduction to the psychology of hearing*. Brill.
- Palmer, S. E. (1999). *Vision science: Photons to phenomenology*. MIT Press.
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2000). What you see is what you hear. *Nature*, 408(6814), 788.
- Ernst, M. O., & Bühlhoff, H. H. (2004). Merging the senses into a robust percept. *Trends in cognitive sciences*, 8(4), 162-169.
- Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(4), 971-995.

### **0.12.2. Declaración de rigor científico**

Este proyecto se fundamenta exclusivamente en investigaciones publicadas en revistas científicas revisadas por pares y métodos experimentalmente validados. Todos los componentes y procedimientos están diseñados para garantizar validez científica y replicabilidad.