



Universidad Complutense de Madrid
Facultad de Bellas Artes
Master Universitario en Investigación en Arte y Creación

TFM

Trabajo Fin de Master

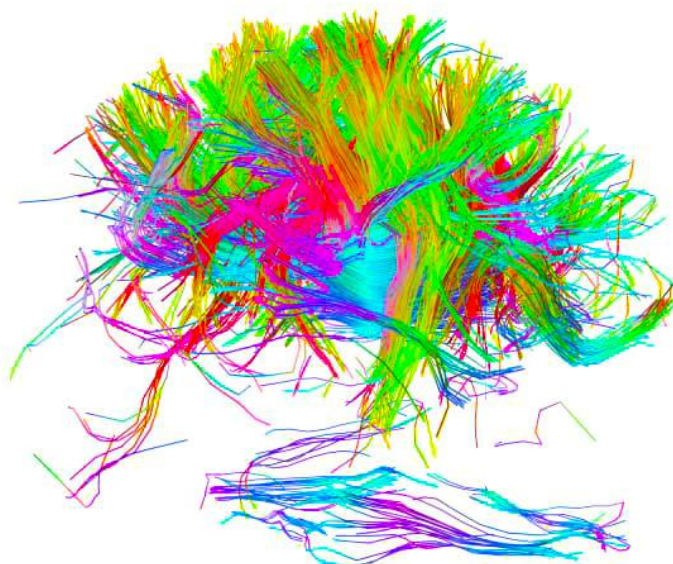


Imagen: Connectome (Human Connectome Project)

Título: INTERFACES HÚMEDAS, CUERPO Y ARTE.

Autora: Rosa María Bernárdez Rodríguez

Tutor: Jaime Munárriz Ortiz

Área temática: 3. Arte-tecnologías-Nuevos Medios.

Línea de Investigación en la que se encuadra el TFM:

Entornos interactivos/Programación gráfica/Arte y vida artificial/Arte sonoro/Arte digital/Música experimental/New Media Art/Performance audiovisual

Departamento: Dibujo II

Convocatoria: Junio.

Año: 2018

Contenido

Introducción.....	9
Objeto de estudio.....	11
Antecedentes personales.....	11
Objetivos	12
Metodología	13
Fase de investigación teórica	13
Fase de investigación técnica	13
Fase de investigación artística	14
Investigación teórica.....	15
Conceptos básicos sobre biometría e interfaces húmedas.....	15
Comportamientos artísticos contemporáneos desde la biometría	16
Eleanor Antin	16
Esther Ferrer	17
Alvin Lucier.....	18
Sterlac	19
Atau Tanaka	21
Luca Forcucci	22
Lisa Park.....	22
Onyx Ashanti	23
Marco Donnarumma.....	24
Félix Vinyals	25
Jaime del Val	27
Reflexiones sobre el uso de datos biológicos e interfaces húmedas como material artístico ...	27
Estrategias de sonorización de señales biológicas.....	29
Estrategias de visualización artística de bioseñales	30
Neurociencia y electroencefalografía	32
Como se leen las señales del EEG	33
Datos que podemos extraer con electroencefalografía	34

Interfaces cerebro-ordenador	36
Investigación Técnica	37
Tecnología accesible para lectura y proceso de ondas cerebrales.....	37
Tecnologías de visualización interactiva	38
Tecnologías de sonorización.....	38
Tecnologías de visualización de sonidos	39
Investigación artística	41
Porque programar	41
Caja de pandora I.....	42
Desarrollo conceptual: De la cuantificación a la visualización.....	42
Desarrollo técnico.....	42
Resultado	44
Caja de pandora II.....	44
Desarrollo conceptual: De la visualización de datos a la animación metafórica.....	44
Desarrollo técnico.....	44
Resultado	45
Caja de Pandora III	45
Desarrollo conceptual: De la cuantificación a la sonorización	45
Desarrollo técnico.....	46
Resultado	52
NeuroCine: Work in Progress.....	52
Resultado	54
Divulgación de resultados: NeuroZine	54
Conclusiones	55
Prospectiva.....	57
Referencias	58
Índice de imágenes	60
Glosario de términos y acrónimos	62
Anexo: Software liberado en código abierto.....	63
Anexo: Lugares donde ocurren cosas.....	64
Datos personales y CV artístico abreviado.....	65

Resumen

Las nuevas tecnologías aportan nuevas formas de cuidado, exploración y control del yo y del cuerpo, basadas en métodos científicos. Una de estas formas son las métricas corporales obtenidas de interfaces húmedas, en las que la máquina obtiene datos directamente a partir del cuerpo humano. Los artistas han utilizado estos datos desde distintos conceptos y estéticas. Este trabajo documenta este recorrido de investigación de algunos artistas haciendo énfasis en las interfaces cerebrales. Documenta además la construcción de una plataforma tecnológica en desarrollo por parte de la autora, para la sonorización y visualización de datos procedentes de interfaces cerebrales.

Palabras clave: autocuantificación, sonorización cerebral, señales biológicas, cuerpo interior, cuerpo invisible, interfaces húmedas, identidad, intimidad, control social, bioarte, biohacking.

Abstract

New technologies provide new forms of care, exploration and control of the self and the body, based on scientific methods. One of these forms are the body metrics obtained from wet interfaces, in which the machine obtains data directly from the human body. The artists have used this data from different concepts and aesthetics. This work documents this research tour of some artists with an emphasis on brain interfaces. It also documents the construction of a technological platform in development by the author, for the sound and visualization of data from brain interfaces.

Keywords quantified self, lifelogging, brain sonification, bio signals, inner body, non-visible body, wet interfaces, identity, intimacy, social control, bioart, bio-hacking.

“Pero si el cráneo es una caja, será una caja de Pandora: abrirla de verdad significa dejar escapar todos los ‘bellos males’, todas las inquietudes de un pensamiento que se vuelve hacia su propio destino, sus propios repliegues, su propio lugar. Abrir esa caja es aceptar el riesgo de sumergirse en ella, perder en ella la cabeza, y por ella –como desde dentro- ser devorado”
(Didi-Huberman, 2009, pág. 13)

Introducción

La relación del ser humano consigo mismo, su forma de mirarse y hacerse ver está en continuo cambio; pero es en esta época en la que más exposición se tiene a la evaluación del otro y menos a la introspección. Michael Foucault en las “Tecnologías del yo” relata la relación con el yo a través de la historia y cómo existen unas tecnologías nacidas para el cuidado del yo, que pueden llegar a formar parte de sistemas de disciplina y control (Foucault, 2005). Pero las tecnologías actuales, basadas en la comunicación instantánea, las redes sociales, las métricas, el método científico, la exposición masiva en internet y el marketing, piden que nos replanteemos el estudio de nuevas formas de control de la intimidad, del cuerpo y del yo.

Pasamos del rezo al consumo, del confesionario al centro comercial, de la intimidad a los seguidores en twitter, del retrato al óleo a los sistemas biométricos. Usar la biometría para mirar a nuestro interior, crea una nueva generación de prótesis de la autoconciencia. Identidad e intimidad se desplazan de contenedor y se alejan del cuerpo, al menos del cuerpo vivido.

Si el cuerpo lleva siglos siendo un estorbo para determinados formatos de identidad, ahora está dejando de ser el eje de las relaciones interpersonales (Rico Alba, 2017, pág. 11), ya no es necesario ni para el deseo. La identidad de la tribu, la familia extensa o el gremio se traslada a Facebook, Twitter y Whatsapp.

En este escenario de dilución de la identidad vinculada al cuerpo, resulta que es el cuerpo el único punto de control para el estado y para el mercado y la identificación oficial está más vinculada al cuerpo que nunca, a través de dispositivos biométricos intermediarios de identidades en mutación continua.

La corporalidad contemporánea está delimitada por la ciencia, construida por las urbes, reducida por las masas; el cuerpo se somete a la tecnología. El cuerpo contemporáneo se sigue oponiendo al contacto con el otro; sigue siendo la parte indeseable de la condición humana. Surgen la ciencia y la técnica para inmaterializar los cuerpos y, supuestamente, liberar la mente. Esta es quizás la primera promesa por la que el cuerpo se somete a la tecnología. Rechazamos el contacto con el otro, pero acogemos el contacto con la máquina.

Por otra parte, la cultura punk y hacker hace surgir individuos y colectivos que desarrollan herramientas de empoderamiento y soberanía tecnológica. Una de estas corrientes es el biohacking. Se trata de una forma de resistencia contra un nuevo despotismo ilustrado, que controla qué podemos hacer con la tecnología y qué no y que es especialmente represor en relación a las tecnologías del cuerpo, electrónica húmeda, biónica, drogas, hormonas, etc.

Colectivos que afirman que el control de la ciencia y la tecnología ha de subvertirse para que sea liberadora del individuo y no solo empoderadora de estados o mercados.

El riesgo de ignorar estos temas es que se consoliden nuevas tecnologías del yo que mantengan el control de las personas a través de las máquinas imponiendo estilos de vida, o lo que es lo mismo, formas de consumo. Ya no necesitamos pensar qué necesitamos, porque se nos “informa” puntualmente de ello, e incluso se nos suministra directamente en modo de suscripción de servicios. Podemos consumir sin salir de casa, sin salir del trabajo, sin desconectarnos de la máquina, sin abandonar las tareas productivas, porque mientras trabajas la máquina consume por ti todo lo que necesitas. Sobre estas tecnologías debemos pensar más en lo que nos obligan que en lo que nos permiten hacer (Rico Alba, 2017, pág. 234).

Como muestra inspiradora de cómo estas tecnologías pueden evolucionar desde los que nos permiten hacia lo que nos obligan, pensemos en los siguientes casos:

Caso 1: El uso de la radiografía de las manos para determinar la edad ósea de los niños con problemas de desarrollo, se aplica ahora a determinar la edad mínima de los inmigrantes. Con esta tecnología obligamos a personas a hacerse una prueba radioactiva que atraviesa su cuerpo con el objetivo de delimitar cuáles son sus derechos en base a datos biométricos. Pero esto no nos obliga a nosotros sino a “ellos”, otras identidades delimitadas por cartografías geopolíticas que se nos presentan como ajenas.

Caso 2: El 15 de junio de 2018 tendrá lugar en el Hackaton de salud el reto QMenta, que consiste en un concurso de algoritmos para conseguir la mejor determinación de la edad de pacientes sanos a partir de imágenes estructurales del cerebro (Hackaton salud, 2018). Lo que se desarrolla inicialmente como tecnología de cuidados, podría ocurrir que se usara para determinar nuestro derecho a una jubilación o nuestras opciones de obtener un crédito bancario. Afortunadamente esto está todavía en el terreno de las visiones más pesimistas, pero no muy lejos del uso de la tecnología de edad ósea para inmigrantes.

Caso 3: El nuevo anuncio de la compañía de seguros vidaMovida. Esta compañía destaca en su publicidad que pagará por la cantidad de pasos que el cliente dé al día, para lo cual ha de darle acceso a su dispositivo biométrico de cuenta de pasos, actividad física y geolocalización. La información que tendrán disponible, con seguridad será usada, porque toda información disponible termina siendo usada.

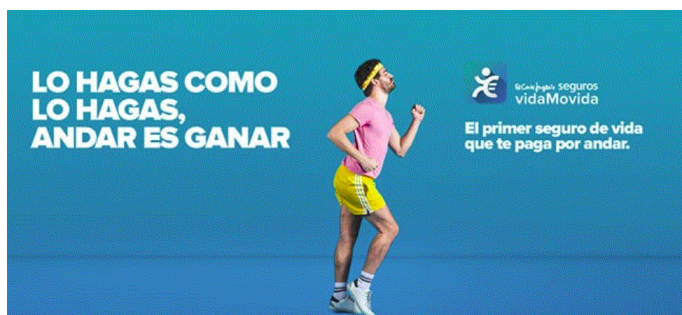


Figura 1 Publicidad de vidaMovida: <https://seguros.elcorteingles.es/blog/vida-saludable/vidamovida-el-seguro-de-vida-que-te-paga-por-andar>

Generar conocimiento artístico y comunidad artística vinculada a la biometría, el cuidado del yo y el control social, justifica este trabajo, ya que redundará en un mejor conocimiento y difusión de las problemáticas asociadas.

Objeto de estudio

El objeto de estudio es ahondar en el conocimiento de las prácticas artísticas contemporáneas basadas en el uso de datos biométricos, con énfasis en las señales eléctricas obtenidas a través de electrodos en contacto con la piel (interfaz húmeda) e iniciar el desarrollo de una plataforma tecnológica abierta sobre la que cualquiera pueda experimentar sobre la electroencefalografía de forma creativa y creando condiciones de empoderamiento tecnológico relativo a los dispositivos médicos.

Antecedentes personales

La exploración del yo y la autoimagen la inicié con mi obra “El instante de las palabras”. La idea inicial de esta obra era poner un micrófono en el medio de la galería y mediante un conversor de voz a texto proyectar las palabras captadas. Estas palabras se proyectan por la pared se van empequeñeciendo y cayendo al suelo hasta formar montones de basura inmaterial.

En una instalación con un micrófono precario, hubo que colocarlo muy cerca del proyector y todo cambió de significado. Lo que ocurría en este caso es que las palabras proyectadas funcionaban como un espejo verbal, los asistentes se miraban en ese espejo encantados de leer sus propias palabras, y teniendo la oportunidad de crear un autorretrato colectivo de los asistentes a la sala. La observación de lo que pasaba cuando los asistentes simplemente miraban sus propias palabras, me llevó a querer investigar más sobre la introspección y el yo.

Hubo un tiempo, en el que los humanos apenas conocíamos nuestra imagen y que lo más parecido que teníamos a un espejo era escuchar nuestras propias palabras, espejo verbal pero efímero. Ahora vivimos rodeados de espejos, de retratos, de autorretratos, de selfies¹ y sin embargo, cada vez que nos encontramos ante un espejo alternativo, volvemos a mirarnos extasiados. La superficie del agua, tu eco en las montañas, un espejo, tu foto, tu selfie, tus palabras proyectadas, tus palabras repetidas como eco electrónico, el tensiómetro, las apps del móvil que te miden el ritmo cardíaco, cualquier cosa que dé persistencia a nuestra imagen nos atrapa y nos quedamos mirándonos, escuchándonos.

¹ El retrato y autorretrato fueron piezas únicas, sólo los reyes y algunos nobles se planteaban tener más de uno, por eso uso la palabra selfie de forma diferenciada. El selfie es el autorretrato repetido de forma continua, diaria; al otro le cansa, le aburre soberanamente, pero al autorretratado no se sacia nunca, volverá a hacerse otro selfie y otro y otro.



Figura 2 Autorretrato. Rosa Bernárdez

El autorretrato de la Figura 2, es tan falso como cualquier otro; tuve que hacer varias capturas de pantalla en mi móvil para salir tan guapa como yo quería salir. Por cada selfie publicado en Internet, ¿cuántos descartamos porque no son acordes a lo que nos gustaría?

En ese tiempo en el que teníamos menos acceso a nuestra imagen, quizás teníamos mejor acceso a nuestros pensamientos. Esta duda es también algo que me ha empujado a esta investigación. Un extraño recorrido, pasando del acceso a nuestra imagen al acceso a nuestros pensamientos, pasando de los que nosotros vemos a los que las máquinas ven, pasando de los que le dejamos ver a los otros a lo que le dejamos ver a las máquinas.

Objetivos

- Iniciar un camino de investigación artística a través de la elaboración de una serie artefactos biométricos que en vez de cuantificar mi cuerpo, lo visualicen y sonoricen. Se trata de exhibir la intimidad en distintos formatos artísticos que vayan más allá del control de yo, que activen la comunicación no verbal y que exploren cuerpo y emociones. Se trata también de explorar los aspectos estéticos del acercamiento al contacto directo con la máquina, mientras rechazamos el contacto directo con el otro.
- Entender el estado actual del arte en relación a las prácticas artísticas basadas en el uso de señales biológicas, artistas que trabajan con ellas, artefactos que usan, conceptos que desarrollan, las tecnologías que usan.
- Iniciar el desarrollo de una plataforma tecnológica que me permita mirar al interior del cuerpo con los "ojos" de la máquina, para entender qué es lo que la máquina ve. Las tecnologías que nos permiten acceder a la máxima intimidad son los sensores dentro o sobre el cuerpo, que ofrecen datos al ordenador, es decir las interfaces húmedas cuerpo máquina. La herramienta de cuantificación biométrica inicialmente elegida es la electroencefalografía. La elección de esta herramienta está basada en complejidad de los datos que se pueden extraer de la lectura de los distintos tipos de ondas cerebrales en distintas posiciones. Esto me va a permitir realizar prácticas de

introspección y análisis emocional que me permitirán análisis más complejos y poder continuar con progresos futuros.

Metodología

Para desarrollar este trabajo he determinado varias fases metodológicas que podrán superponerse temporalmente: fase de investigación teórica, fase de investigación técnica y fase de investigación artística. A continuación detallaré los principales aspectos de cada fase y sus motivaciones.

Fase de investigación teórica

Antecedentes en arte y métricas corporales

Iniciaré el trabajo con una investigación de los antecedentes artísticos relacionados con métricas corpóreas, para seguir con la investigación más específica de referentes artísticos que trabajen específicamente con ondas cerebrales.

Tras la recopilación inicial haré un análisis de los distintos materiales usado y conceptos abordados.

Estrategias de sonorización de señales biológicas

Recopilación de las estrategias de sonorización de señales biológicas más relevantes, poniendo foco en la sonorización de señales bioeléctricas y las procedentes de EEG.

Estrategias de visualización artística de bioseñales

Puesto que pretendo hacer visualizaciones artísticas de las ondas cerebrales, realizaré una recopilación de estrategias de la visualización abstracta para bioseñales, con el objetivo de tener referentes sólidos para decidir mi propia estrategia de visualización.

Al tratarse la visualización abstracta de un campo tan amplio y que cuenta con tanto tiempo como disciplina artística establecida, intentaré limitarme a un subconjunto de estrategias que considere que pueden tener más adecuación a las señales biológicas.

Neurociencia y electroencefalografía

Resumen del estado del arte en relación al análisis de ondas cerebrales y recopilación del tipo de información que es posible extraer de las ondas cerebrales, para su posterior tratamiento artístico. El objetivo no es hacer una introducción a la neurociencia, sino entender el tipo de información que puede ofrecer a los artistas.

Fase de investigación técnica

Ondas cerebrales y tecnologías accesibles para su proceso.

Recopilación de software y dispositivos en relación a este tipo de métricas, para poder entender su funcionamiento y para poder seleccionar la tecnología más adecuada para su proceso artístico, teniendo en cuenta limitaciones técnicas y económicas, de un proyecto con foco en el empoderamiento tecnológico.

Tecnologías de animación abstracta interactiva

Recopilación de las tecnologías más relevantes para desarrollar animación abstracta interactiva. En la fase de investigación artística utilizaré alguna de estas técnicas para la visualización de estados cerebrales.

Tecnologías de sonorización

Recopilación de las tecnologías más relevantes para desarrollar sonorización interactiva. En la fase de investigación artística utilizaré alguna de estas técnicas para la sonorización de estados cerebrales

Fase de investigación artística

Desarrollo de piezas de visualización y sonorización cerebral, que permitan desarrollar distintos conceptos relacionados con el objeto de este estudio. Estos desarrollos serán simultáneos a las anteriores fases, elaborando desde los conocimientos y herramientas adquiridos.

Desarrollo de acciones de difusión y entrega de resultados a la comunidad artística, a través de la liberación de resultados en código abierto.

Investigación teórica

Conceptos básicos sobre biometría e interfaces húmedas

La **biometría** es la toma de medidas y datos estandarizados de seres vivos o de procesos biológicos. Actualmente se asocia de forma popular a los sistemas de identificación automática, pero su campo es más amplio. Desde la cinta métrica al electroencefalograma, los sistemas biométricos se han multiplicado en las últimas décadas y sistemas altamente sofisticados han pasado a ser artículos baratos y accesibles para empresas, artistas e investigadores.

Las **interfaces húmedas** son los dispositivos que recogen datos del cuerpo mediante sensores sobre la superficie de la piel, que generalmente, cuando se trata de toma de datos eléctricos se hace mediante geles húmedos conductores que facilitan la captura de datos. Hoy en día se pueden usar interfaces secas en muchos casos debido al avance de la electrónica. En este trabajo usaré de forma genérica la expresión “interfaces húmedas” en todos los casos en los que se recoge señal eléctrica con contacto directo entre un sensor y el cuerpo humano.

Las principales tecnologías biométricas humanas son:

La cinta métrica: Las medidas corporales como forma de categorizar estados de salud de personas o su adecuación a valores normalizados.

La báscula: El peso corporal como forma de categorizar estados de salud de las personas o su adecuación a valores normalizados.

La imagen científica: Sea basada en fotografía, radiografía, en sistemas de representación 3D del interior del cuerpo, TAC, scanner, endoscopia, la imagen científica ha cambiado nuestra forma de percibir el cuerpo y se convierte en herramienta biométrica cuando los sistemas automáticos de visión artificial son capaces de extraer datos cuantificados a partir del proceso de estas imágenes. Es decir, cuando pasamos de la naturaleza cualitativa de la imagen a una naturaleza cuantitativa basada en datos extraídos.

Las analíticas bioquímicas: todo tipo de analíticas usadas para detección de patologías, condiciones, controles de drogas, controles de dopaje o adecuación de las personas a parámetros normalizados para una determinada función.

Análisis visual la retina: incluyendo desde los sistemas de identificación basados en extracción de datos de imagen a los sistemas basados en vídeo para el seguimiento de la mirada.

Análisis de expresiones faciales: incluyendo desde el reconocimiento facial al análisis expresivo de emociones.

Respuesta galvánica de la piel (GSR): detecta estados emocionales a partir de variaciones eléctricas en la piel.

Electromiografía (EMG): detecta las corrientes eléctricas de activación muscular.

Electrocardiografía (ECG): detecta los potenciales eléctricos generados por el corazón debido a sus pulsaciones.

Electroencefalografía (EEG): detecta potenciales eléctricos generados en el cerebro.

Electrooculografía (EOG): detección del movimiento de la musculatura de los ojos

No se pretende dar una lista exhaustiva por ser un campo amplio y en continuo avance, pero las indicadas han sido usadas en el mundo del arte y muchas son de fácil acceso.

Alrededor de todas las tecnologías biométricas se desarrollan complejos sistemas software destinados al análisis automatizado de los datos capturados y sistemas electrónicos que permitan accesos cada vez más directos, móviles e instantáneos a los datos biométricos.

Los datos obtenidos se pueden usar en muy diversos campos: ciencia, medicina, psicología, márketing, arquitectura, usabilidad de sistemas, arte, guerra, policía, etc.

Comportamientos artísticos contemporáneos desde la biometría

A continuación procederé a hacer un análisis cualitativo de diversos artistas que han usado la biometría y las interfaces húmedas como material artístico para posteriormente reflexionar sobre las distintas formas de abordar el uso de este material.

Eleanor Antin

Desde 1968 Eleanor Antin ha explorado las construcciones de autoidentidad. Para su obra "Carving a traditional sculpture" realizada entre el 15 de julio y el 21 de agosto de 1972 Antin redujo su ingesta de alimentos. Cada mañana, la fotografiaban desnuda en las mismas cuatro posiciones y la fotografía registra su cuerpo tallado conforme a ideales escultóricos clásicos y con referencias métricas. Desde la primera hasta la última imagen, cuatro kilogramos y medio se recortan lentamente, aunque cada imagen muestra una diferencia apenas discernible de las que están a su lado (Henry Moore Foundation, 2016).

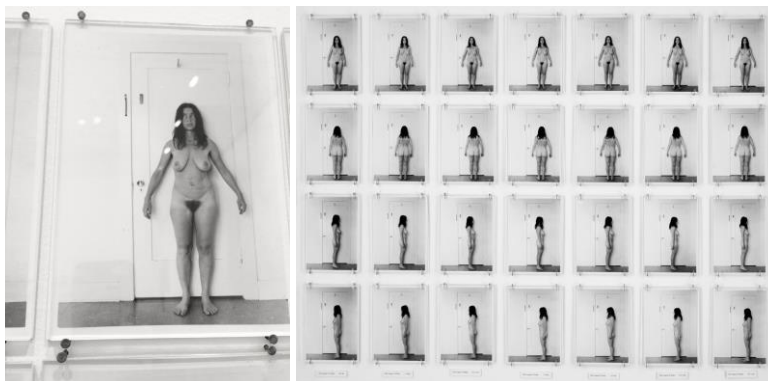


Figura 3 Eleanor Antin, 'Carving a traditional sculpture' 1972

El canon estético como forma de control es una de las represiones más efectivas, porque hace innecesaria la existencia de vigilantes; cada persona tiene a su disposición el método para saber si se adhiere al canon o no lo hace; si no lo hace será señalada por toda la sociedad.

No sorprende que este tipo de trabajos se realicen en 1968, año del suicidio de Marilyn Monroe, la primera mujer cuantificada con sus datos publicados a nivel global. El 90-60-90 de Marilyn sigue generando controversias y está en la memoria colectiva de todos. Su cuantificación y conversión en canon estético-sexual sigue afectando a las mujeres de hoy en día.

Esther Ferrer

En su obra ‘Íntimo y personal’, Esther Ferrer aborda el tema de las métricas del cuerpo y el destape en la España de los 70.



Figura 4 Esther Ferrer, Íntimo y personal Documentación de la acción realizada el 1977 en el Studio Lerin de París.

“Íntimo y personal tiene lugar en un contexto que carga esta obra de significados: el estallido del fenómeno del «destape» cinematográfico español y el auge del arte feminista a escala internacional. La performance planteaba a sus participantes la posibilidad de medir partes del cuerpo, del propio y del de los demás. Según la propia artista, la acción estaba basada en la falocéntrica necesidad de control y medición. La acción consistía en tomar nota de las medidas de partes del cuerpo de diferentes personas, vestidas o desnudas, de pie o tumbadas, por parejas, en grupos o en solitario

Respecto a los resultados de las mediciones, las instrucciones de Ferrer planteaban diversas opciones, tendentes a desvelar el carácter improductivo de la acción de medir que centra la performance: «1) Si ha anotado los números en la pizarra, sumarlos cuidando de no equivocarse, pero sin temor a hacerlo. Puede también anotarlo en el suelo y pasearse por encima (lo que facilitará su encuentro con los otros); 2) Puede repetir el número cuantas veces lo desee al ritmo de su canción o sinfonía preferida; 3) Puede hacer realmente lo que tenga ganas, solo o con aquellos a quienes su proposición interese; 4) Puede marcharse tranquilamente; 5) Puede quemar en un cenicero todos los números o puntos o notas pegadas en su cuerpo, etc.». La obra establece así una crítica radical a la representación del cuerpo (en especial del femenino, pues las fotografías documentan la acción de medición sobre la artista), así como la mercantilización del ser humano que conlleva la eliminación de la esfera de lo privado.”

(Ferrer, 1977 y 1992)

Si Eleanor Antin construye en su cuerpo el canon y se presenta de forma pasiva como una representación de dicho canon, lo que hace Esther Ferrer es hacer consciente a los otros de la cuantificación de su cuerpo y su sometimiento a evaluación continua por parte de otros y proponerles acciones de destrucción del canon que pueden llevar a cabo en la misma sala de exposiciones. Sin duda la interactividad de la obra de Esther Ferrer la hace más potente, al ser construida por los espectadores.

Hoy día asistimos en las redes sociales a un destape más íntimo, no limitado al cuerpo sino extendido a la ideología, al pensamiento, incluso al “life-style”, o lo que es lo mismo, los modos de consumo. Pero el canon estético basado en modos de consumo es más terrible. Está en continuo cambio. No deja espacio para la felicidad personal porque hay que estar consumiendo de forma continua. La eliminación de la esfera de lo privado de la que habla Esther Ferrer es fundamental para que funcione el sistema de “life-styles”.

Alvin Lucier

En 1965 Alvin Lucier crea la obra *Solo Performer*, en la que utiliza electrodos conectados a su cerebro para leer impulsos que servirán para tocar diversos instrumentos. Se trata de una obra pionera en el uso de sistemas médicos y de ondas cerebrales.



Figura 5 Music for Solo Performer, Alvin Lucier, 1965

“En colaboración con el científico Edmond Dewan, el artista norteamericano Alvin Lucier utiliza sus ondas cerebrales Alfa como material para crear una pieza musical. Las ondas Alfa son producidas en estado de relajación mental, con los ojos cerrados, sin realizar ninguna actividad. Esta condición esencial de la performance es, a su vez, lo que la hace tan particular: la pieza sólo es posible ante la inactividad del artista.

Lucier se sienta en el escenario frente a la audiencia e intenta relajarse. La señal es recogida mediante electrodos colocados en la cabeza del artista, luego es filtrada y finalmente amplificada. Tratándose de ondas de muy baja frecuencia, los altavoces las registran como impulsos rítmicos.

“Music for Solo performer” representa un punto de inflexión en la carrera de composición de Lucier. A partir de esta pieza se establecen tres elementos claves en su obra: el aspecto físico del sonido, la no-intencionalidad y el uso de instrumentos no-musicales.”

(Lucier, 2017).

En esta obra Alvin Lucier no intenta mostrar control sobre la música ni sobre el cerebro, lo que busca es experimentar y descubrir dejando fluir sus ondas alfa. La parte compositiva estaba centrada en como desplegar los altavoces y los instrumentos a usar

Sterlac

En su serie 'Suspensions' Sterlac trabaja con la dualidad mente-cuerpo. Es 'Suspensions' el yo desaparece y solo el cuerpo existe. Según las palabras del propio Sterlac

"Aunque las suspensiones trabajan con la dificultad física del cuerpo colgado, no tienen intención religiosa (que trascienda el cuerpo), ni anhelo de empoderamiento chamánico ni son muestra de control yóguico. No se realizan con la intención de los ritos de iniciación ni con la exploración de masoquista del dolor y el placer. Sin embargo, lo que se puede admitir es que la experiencia dolorosa colapsa la distinción entre mente y cuerpo. Cuando te sientes abrumado por el dolor, te percibes y experimentas a ti mismo como un cuerpo físico, en lugar de un yo que piensa y evalúa objetivamente de alguna forma objetiva y desconectada."

(Sterlac, Sterlac - Suspensions, 2018)

Será más tarde cuando inicie el camino de la ampliación del cuerpo mediante la tecnología. Lo que más me interesa de esta obra es que, al analizarla junto a las siguientes, evidencia la verdad de la práctica artística como investigación.

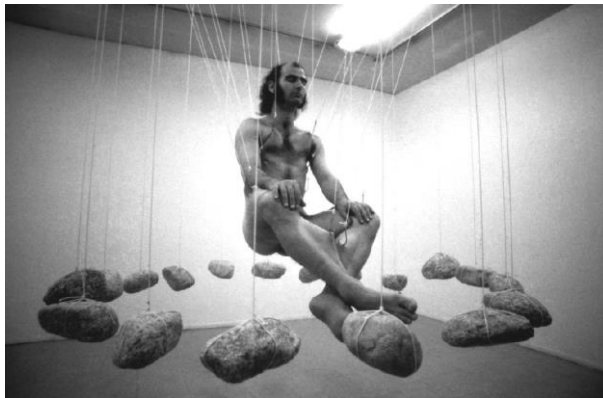


Figura 6 Suspension sitting, Sterlac, 1982



Figura 7 Walking Head, Sterlac, 2006

En “Walking Head” es el cuerpo el que se desvanece. Su presencia es innecesaria. El cuerpo de “Suspensiones” es sustituido por una máquina y la mente por un sistema software.

“Walking Head” es un robot andante autónomo de 2 m de diámetro y 6 patas. Verticalmente montado en su chasis hay una pantalla LCD con la imagen de una cabeza humana generada por ordenador. La pantalla LCD puede rotar de lado a lado. El robot tiene un sensor de ultrasonido que detecta la presencia de personas en frente de él. Se queda quieto hasta que alguien entra en el espacio de la galería, luego se para, selecciona de un conjunto de movimientos de su biblioteca de movimientos preprogramados y realiza la coreografía. Luego se detiene y espera hasta que detecta a otra persona. El robot funciona sobre una plataforma de 4 m de diámetro y su sistema de sensor de inclinación detecta cuándo está cerca del borde y retrocede, caminando en otra dirección. El robot Walking Head se convierte en un sistema real virtual en el que los movimientos mecánicos de sus piernas activan comportamientos faciales de asentimientos, giros, parpadeos y vocalizaciones. Otras posibilidades incluyen que el robot sea conducido por su modelo 3D residente en la web con un menú de iconos de movimiento que pueden pegarse y reproducirse. El robot es accionado neumáticamente. Walking Head es un trabajo en continuidad”.

(Sterlac, Sterlac - Walking Head, 2018)

En Re-wired cuerpo y mente están presentes, pero carentes de control, el control es de otras personas en la red o en el espacio de la galería.



Figura 8 Re-wired/Re-mixed, 2015

“Re-wired /Re-mixed: Event for Dismembered Body” fue una performance que incluyendo a Internet exploró la experiencia fisiológica y estética de un cuerpo fragmentado, desincronizado, distraído e involuntario, cableado y bajo vigilancia en red. Durante cinco días, seis horas al día, usando gafas de video y auriculares con cancelación de sonido, el artista solo podía ver con los “ojos” de alguien en Londres, mientras escuchaba solo con los “oídos” de alguien en Nueva York. El cuerpo también fue aumentado por un exoesqueleto de 7 grados de libertad que permitía a cualquier persona en cualquier lugar programar un movimiento involuntario de su brazo derecho, usando una interfaz web. En el espacio de la galería, la coreografía podría generarse a través de una gran pantalla táctil. Lo que el artista estaba viendo y oyendo se podía experimentar en el espacio de la galería con un sistema de proyección de video y sonido. Con su sombra proyectada en la pared detrás de él, la coreografía se aplanó en un espectáculo visual, coherente y quimérico fantasma.

El cuerpo era indiferente pero no insensible. Perturbado pero no consternado. No es una mente y cuerpo divididos, sino simplemente un cuerpo dividido en fisiología. Hubo movimiento pero no movilidad. El cuerpo estaba atado en su lugar. De hecho, atado a tres lugares diferentes. Efectivamente, la parte superior del cuerpo estaba en otra parte. La parte inferior estaba conectada a tierra y ubicada en su lugar. Lo que el cuerpo estaba oyendo y viendo era lo que estaba sucediendo el día anterior entre las 11:00 a.m. - 5:00 p.m. en Nueva York y Londres - las horas correspondientes a la galería en Perth.”

(Sterlac, Rewired - Remixed, 2015)

Sterlac no usa en estas obras las interfaces húmedas ni la biometría, pero pone su percepción y su cuerpo bajo distintas formas de control, propias o de otros. Modifica el cuerpo, lo aumenta, anula la mente, la pone bajo el control perceptivo de otros, disgrega su percepción, etc. Todas estas actividades tienen cierto carácter profético sobre lo que la tecnología puede aportar y a lo que nos puede obligar.

El cuerpo de Sterlac me recuerda al cuerpo sin órganos de Artaud y Gilles Deleuze (Gilles Deleuze, 2004, pág. 155). En el cuerpo de Sterlac se suprime todo, deviene en cuerpo sin órganos, masa informe por la que navegan intensidades, es sólo límite. Un cuerpo sin órganos que es un gran sensor en movimiento. No es extrañar, si lo vemos así, que esté Sterlac obsesionado con cubrirse de sensores, pues eso es expandir y llenar el cuerpo sin órganos. Un cuerpo sin órganos vacíos es el del drogadicto o el del masoquista. El cuerpo sin órganos de Sterlac está lleno y sus límites están en continua expansión.

Atau Tanaka

Atau Tanaka, crea instrumentos musicales basados en sensores para performances y exposiciones, trabajando además con interfaces de bioseñales. Su trabajo reciente busca potenciar la creatividad musical colectiva en entornos móviles.

Desarrolla la idea del cuerpo como interfaz de control, ha explorado el uso de sensores EEG, EMG y otros para controlar la narración sonora de sus composiciones. Su inspiración en la exploración de la creación de estructuras musicales a través de la performance se debe a su encuentro con John Cage en la década de los 90, y desde entonces, sigue trabajando hacia la misma dirección habiendo fundado el congreso NIME (Nuevas Interfaces de Expresión Musical) donde cada año se reúnen artistas emergentes para presentar sus sistemas de control sonoro (Psarra, 2014).



Figura 9 Sensorband, Atau Tanaka, 2003

En Sensorband forma un trio de músicos en el que usan interfaces gestuales, ultrasonidos, infrarrojos, y sensores bioeléctricos para crear instrumentos musicales. El grupo está formado por Edwin van der Heide, Zbigniew Karkowski y Atau Tanaka. Edwin toca un controlador MIDI mientras artefactos en sus manos envían y reciben señales de ultrasonidos con información de su posición relativa en el espacio. Zbigniew activa su theremin con el movimiento de sus brazos en el espacio, lo cual a su vez produce cortes en una red invisible de infrarrojos. Atau toca su artefacto BioMuse, un sistema que recoge señales neuromusculares (EMG).

Sensorband crea una dinámica de grupo en vivo, que aporta un elemento físico visceral a las tecnologías interactivas. Los proyectos de Sensorband se centran en el tema de la fisicalidad y el control/descontrol humano en relación con la tecnología. Sensorband dejó de actuar en 2003, tras 10 años (Tanaka, 2018).

Luca Forcucci

Luca Forcucci desarrolla su trabajo en el Brain Mind Institute (Zurich University of Arts, 2010, págs. 150-155). En su obra *“Music for Brain Waves”* analiza las ondas cerebrales activadas cuando un sujeto es excitado con diferentes formas de música y sonidos y sonoriza dichas ondas en un espacio arquitectónico, dotando al sonido de espacialidad:

“La esencia y la inspiración de Music for Brainwaves provienen de la pieza emblemática de Alvin Lucier Music for Solo Performer. El neurofeedback y los datos fisiológicos (EEG) se exploran como componentes en la relación entre el sonido, el espacio y el cuerpo del intérprete. Aunque los registros de EEG se han explorado bien para instalaciones de sonido, interpretaciones musicales y cognición musical, todavía se conoce relativamente poco de la aplicación de datos fisiológicos (EEG) dentro de un sistema que incluye la proyección del sonido en un espacio arquitectónico y la consiguiente corporización, como experiencia interna, por un artista intérprete o ejecutante”

(Forcucci, 2018).

Según la mencionada publicación, Luca Forcucci usa los datos de su EEG para producir sonidos transformados por algoritmos programados en SuperCollider y Max/Msp. Estos algoritmos pretenden dar una visión estética y metafórica de lo que podría ser el sonido de las neuronas en ignición. Al proyectar los sonidos en el espacio crea un espacio hiperbiológico, que al ser de nuevo escuchado produce neuro-realimentación (neurofeedback) y modifica nuevamente el espacio. Ese espacio hiperbiológico es el espacio que rodea nuestros cuerpos cuando porta los sonidos de nuestro cerebro generados en la performance.

Lisa Park

En su obra *Eunoia* (Park, Lisa Park Work, Eunoia, 2013) lee los potenciales eléctricos del cerebro con la colaboración de la compañía NeuroSky. Mediante el control de los estados de atención y meditación controla objetos de su instalación, que incluye recipientes de agua sobre altavoces, de esta forma consigue visualizaciones volumétricas directas de las ondas cerebrales.

Park deambula entre las plataformas de agua sonorizadas relajando o activando su actividad cerebral, de forma que controla mentalmente el aspecto vibrátil del agua sobre los recipientes.



Figura 10 Eunoia, Lisa Park, 2013

Este trabajo lo continua en su obra Eudamonia (Park, Lisa Park Works, Eudaimonia, 2015), en la que implica a los asistentes en la instalación y genera visualizaciones cerebrales. Las visualizaciones no son otra cosa que gráficos polares que muestran la potencia de actividad de las distintas franjas de frecuencia de ondas cerebrales de los participantes. Estos gráficos se pueden compartir en internet si el participante lo desea.

Park se pregunta en estas obra si podrían grupos de distinta tradición cultural, lenguaje, etc., interaccionar unos con otros mediante un lenguaje común basado en ondas cerebrales.-

Onyx Ashanti

Onyx Ashanti tiene una visión radicalmente opuesta. Toma la tecnología y la biometría y la convierte en los instrumentos mágicos de un nuevo brujo. Devuelve la tecnología a sus orígenes mágicos y convierte todos esos sensores en el traje del mago, integrándolos en su cuerpo de un modo absolutamente chamánico.

Es suficiente su presencia con todos esos nuevos atributos para convertir cualquiera de sus acciones en un extraño ritual mágico.

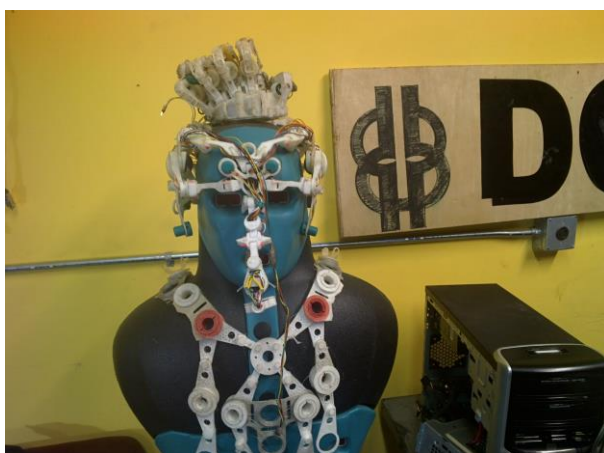


Figura 11 Percha/tótem en la que Onyx Ashanti cuelga sus sensores (Foto Onyx Ashanti)

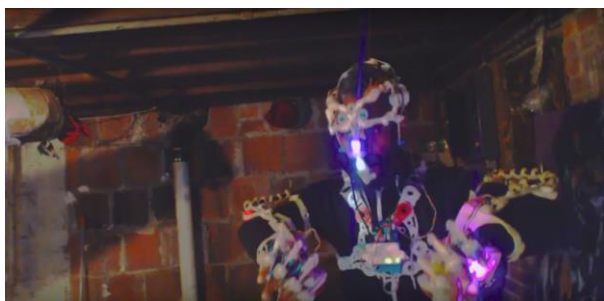


Figura 12 Onyx Ashanti sonocybernetic BCI, 2017

Algo muy poético de las acciones de Onix Ashanti es que nos recuerdan que existe aún, entre toda esta tecnología, espacio para la utopía y la magia, opciones para retorno a un pasado en un tiempo cíclico transformado por la tecnología.

Si la **ideología** es una explicación del presente trayendo el pasado al momento actual, la **utopía** es una explicación del presente desde el futuro. ¿Onyx plantea una utopía desde el pasado? La respuesta es que busca destruir la ideología implantada por otros para descolonizar los cuerpos negros.

El contraste entre la utopía chamánica, cíclica, de Onyx y la profecía cientifista de Sterlac es significativo. La profecía es poderosa, puede llevarnos a cualquier lugar. Pero la utopía es peligrosa. La utopía es una “tecnología del nosotros”, la principal herramienta de control social del siglo XX.

En la documentación de su obra “Metabit belief construct” (Ashanti, 2017), nos da pistas sobre la relación de su trabajo con el espacio/tiempo/cuerpo:

“en el núcleo absoluto de todo está la matriz de “posibilidad”, la simultaneidad de todos los estados posibles dentro de esta matriz es un impulso inherente expresado matemáticamente para la concreción novedosa y la conservación novedosa, formando la polaridad primaria, sobre la cual se basan todas las polaridades posteriores. El espacio-tiempo existe como una dimensión donde la “posibilidad” se puede canalizar hacia el “tiempo” y colapsar hacia la “experiencia” que necesariamente debe codificarse en una dimensión de matriz de memoria, permitiendo que la “posibilidad” se exprese y conserve como registro de trayectoria temporal. Sin una dimensión de matriz de memoria, la complejidad no puede ser conservada y construida.”

Onyx Ashanti colabora con el colectivo establecido en Detroit AFROTOPIA, que tiene como objetivo “crear futuros negros descolonizados” (<http://www.afrotopiaisnow.com/>)

“En el centro de AFROTOPIA está la experimentación de la tecnología para emancipar el cuerpo negro y crear destinos alternativos. A través del lenguaje visual de la ciencia ficción, la fantasía, el realismo mágico y el horror, podemos encender la imaginación, desafiar nuestras perspectivas y desarrollar otras nuevas que traspasan los límites establecidos por la supremacía blanca y las instituciones patriarcales.”
(Afrotopia, 2018)

Marco Donnarumma

El trabajo de Marco Donnarumma se centra en la unión cuerpo-máquina para la realización de performances de arte y sonido, abordando aspectos de lo que le ocurre al cuerpo cuando se une a la tecnología.

En su obra Nigredo, trabaja sobre cómo la privación perceptual puede afectar nuestra comprensión del yo. Se trata de una performance en una instalación, preparada para un visitante cada vez, que obliga a una mirada profunda y oscura sobre uno mismo. Los sonidos de baja frecuencia de cerebro, corazón, flujo sanguíneo, músculos, etc., se transforman en estímulos visuales y auditivos que producen un biofeedback que altera nuevamente lo percibido.

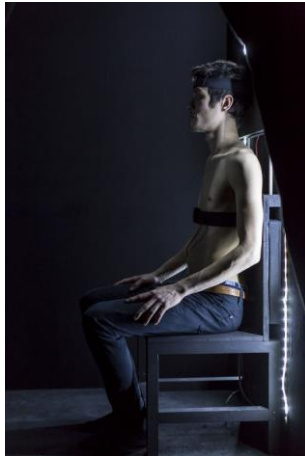


Figura 13 Nigredo, Marco Donnarumma, 2013

En esta obra Marco Donnarumma habla sobre la capitalización política del miedo al otro y su sinsentido, desde el momento en que no podemos conocer nuestro propio cuerpo.

“Las políticas y prácticas de intolerancia y segregación social se están convirtiendo cada vez más en la norma. Estas prácticas aprovechan el miedo: el miedo humano instintivo a los cuerpos de “otros”, cuerpos que son diferentes de los propios. Nigredo es una afirmación: el miedo a otros cuerpos es infundado, porque el propio cuerpo es lo primero y más importante que uno no puede conocer por completo.”

(Donnarumma, <http://marcodonnarumma.com/works/nigredo/>, 2013)

Marco Donnarumma pertenece a una generación de artistas líderes y estrategas, que sacan sus trabajos de los circuitos artísticos tradicionales y los llevan a otros lugares. Él es el CEO fundador de la empresa XTE (<http://www.xth.io/>), que comercializa el dispositivo vestible (wearable) XTH Sense sobre la plataforma Open Source XSense. Este dispositivo tiene como objetivo acortar el recorrido para que la gente pueda empezar a realizar lo que él denomina biomúsica. El dispositivo captura siete tipos de señales fisiológicas: 1) Sonido de los músculos contrayéndose, 2) sonido del corazón latiendo 3) sonido de la sangre fluyendo 4) temperatura 5) movimiento 6) orientación 7) rotación. (Donnarumma, Xth Sense: researching muscle sounds for an experimental paradigm of musical performance, 2011).

Félix Vinyals

Troval es una instalación artística híbrida de Brain Computer Machine Interface (BCMI) creada por el artista biotrófico Felix Vinyals y el investigador de EEG & BCI Oscar Portolés. Torval le permite al músico crear música y controlar la iluminación del escenario simultáneamente con un dispositivo Brain Computer Interface (BCI) de Brain Products GmbH, Alemania.



Figura 14 Fèlix Vinyals, Torval, 2015

La instalación se llama híbrida porque combina dos sistemas BCI separados. Un sistema hace uso de la técnica Potencial Evocado Visual de Estado Estacionario (SSVEP) para permitir al músico encender y apagar un conjunto de pistas de música desde un muestreador MIDI. El segundo sistema determina el índice de relajación del músico que se lee a través de las ondas alfa para alterar la iluminación de la instalación con un conjunto profesional de reflectores a través del protocolo DMX. (Vinyals, Torval: Brain Music Computer Interface Artistic Installation, 2015).

La obra Orwell 3000 es un producto hipotético para el que desarrolla imagen y marketing, orientado a los grandes dictadores que se gastan tanto dinero en control y represión. Este producto les ahorraría grandes gastos. Se trata de un marcapasos conectado a un sistema IoT (Internet of Things, internet de las cosas) con GPS. Al estar conectado a Internet este sistema permitiría controlar el ritmo cardíaco de toda la población. También se podría usar activando la función marcapasos combinada con el GPS, enviando órdenes de cambio del ritmo cardíaco individualizadas o territorializadas evitando así multitud de huelgas y revueltas. Incluso se puede implementar el arresto cardíaco o la condena a muerte inmediata, retirando inmediatamente a los indeseables. Mediante una App Android un sólo policía puede controlar a grandes grupos poblacionales. El video termina con la frase "Ruling a country has never been so easy!". Orwell 3000 fue presentado en el Mobile World Congress 2007 de Barcelona (Vinyals, Orwell 3000, 2017).

Félix Vinyals busca con esta opción abrir una discusión sobre los límites de la transformación digital en un entorno muy especial como es el Mobile World Congress, el lugar donde empresas de todo el mundo presentan productos digitales al mercado mundial, sin que haya mucho espacio para el pensamiento sobre lo que estas tecnologías nos hacen ganar o perder.



Figura 15 Logotipo de Orwell 3000 de la empresa ficticia, Social Control Lab, Félix Vinyals 2017

En el video de presentación en el que la supuesta empresa Social Control Labs presenta el producto Orwell 3000, Félix Vinyals utiliza imágenes del gran Dictador de Chaplin junto con animaciones y logotipos de diseño simple imitando la línea estética de las startups más exitosas de Sylicon Valley, capturando así el espíritu de la modernidad más neoliberal. La locución del video en inglés americano-californiano nos lleva hacia esa misma estética creando una crítica profunda al consumismo y a las estéticas del marketing que sirven para vender cualquier cosa sin ningún tipo de pudor. Se trata de una obra explícita y activista, pero desde luego inesperada en un contexto como el Mobile World Congress de Barcelona.

Jaime del Val

Artista multidisciplinar que desde el año 2001 viene desarrollando una convergencia singular entre artes (danza, performance, artes visuales, música, arquitectura), y tecnologías digitales. Es el promotor del proyecto Europeo Metabody (<http://metabody.eu/>) en el que reflexiona sobre la homogeneización cultural y los riesgos las nuevas tecnologías de control suponen para las libertades y derechos.

"Metabody propone reinventar las tecnologías poniendo en valor el aspecto corporal de la comunicación en toda su diversidad a través de un nuevo concepto de arquitectura interactiva que se transforma en todos sus aspectos físicos y digitales, constituyendo entornos dinámicos para performances y participación del público, para espacios urbanos o en interior, un espacio indeterminado y emergente frente a la cultura de la predicción y el control, una METATOPIA"

(Val, 2013)

Al igual que Marco Donnarumma, se puede considerar que es un artista-líder-estratega, porque en el proyecto Europeo Metabody, consigue liderar un grupo de colaboradores a nivel internacional, para los que a su vez consigue financiación interanual y que trabajan juntos sobre conceptos comunes (<http://metabody.eu/partners/>). El proyecto Metabody ha generado ya más de 17 subproyectos (<http://metabody.eu/subprojects/>) y tiene cuenta en su consejo consultivo con personalidades como Donna Haraway.

Reflexiones sobre el uso de datos biológicos e interfaces húmedas como material artístico

Los materiales usados por los artistas referenciados son muy diversos, aunque siempre incluyen el propio cuerpo en el centro de su reflexión.

Eleanor Antin	báscula	La adhesión al canon
Esther Ferrer	cinta métrica	La disolución de la intimidad
Alvin Lucier	EEG	La acción en la pasividad, el flujo mental
Sterlac	EMG, EEG y otros	Profecías tecnológicas sobre cuerpo y mente.
Atau Tanaka		El cuerpo como interfaz de control
Luca Forcucci	EEG	Relación del cuerpo en el espacio arquitectónico, espacio hiperbiológico.
Lisa Park	EEG	Control mental, autocontrol
		Lenguaje común a la humanidad

Onyx Ashanti	EEG, EMG y otros	Utopía cíclica, el arte/tecnología como instrumento del mago. Descolonización de los cuerpos negros a través de “Afrotopía”.
Marco Donnaruma	EEG	Empoderamiento tecnológico, biomúsica. Cuerpos y control social
Félix Vinyals	EEG	Control del entorno, control individual y control poblacional.
Jaime del Val	EEG y otros	Homogenización cultural, libertades y derechos. Artista líder y estrategia. Transdisciplinaridad. Inclusión de procesos relacionales en la práctica artística.

Partiendo del propio cuerpo y de la tecnología de cuantificación como intermediario entre el yo y el mundo exterior, estos artistas abordan conceptos completamente distintos.

Algo que hay en común es que el uso de la máquina como intermediario, nos hace mirarnos con ojos de máquina. De la misma manera que cuando miramos a las máquinas y a los animales con ojos humanos es difícil evitar antropomorfizar, cuando miramos a los humanos con ojos de máquina es difícil evitar “maquinimorfizar”. Usamos entonces el arte para hacer visible que algo o alguien nos maquiniformiza, nos maquiniza, nos trata como máquinas.

En el caso particular del uso de la encefalografía, el hecho de obtener señales del cerebro, tiene un carácter especial en la cultura y filosofía occidental, en la que se pone al cerebro como el centro donde reside la identidad, la conciencia, la moral, el alma. En la cultura occidental el cerebro es la parte noble determinante de la dualidad cuerpo-mente. Esto le da un carácter diferencial a cualquier obra que trabaje con datos cerebrales en nuestro contexto cultural.

De los artistas citados que usan la EEG, son tres los que proceden o cultivan tradiciones culturales distintas de la occidental. Atau Tanaka, trabaja sobre el cuerpo como interfaz de control; Lisa Park que trabaja aspecto de control metal, ambos realizan un trabajo muy en línea con la cultura de disciplina mental de oriente; Onyx Ashanti, que cultiva las tradiciones afroamericanas, tiene una visión completamente diferente, convierte la tecnología en la herramienta de un nuevo brujo investido de poder; él, con gran generosidad, cuenta en sus vídeos como lo hace todo, desvela completamente el origen de su magia, pero porque sabe que su la magia permanece aunque conozcamos todos sus secretos. La magia procede de su cuerpo y la tecnología es sólo el intermediario de siempre.

Eleanor Antin y Esther Ferrer, mujeres occidentales, usan las tecnologías de cuantificación más primitivas de todas, la cinta métrica y la báscula. El poder de su obra está en parte en su sencillez, y en parte en desvelar el poder de sus cuerpos, presentados desnudos, en su máxima vulnerabilidad. La mujer occidental trabaja el cuerpo a cuerpo. La maquinización de los cuerpos de las mujeres es muy antigua y no ha necesitado de tanto despliegue tecnológico.

Estrategias de sonorización de señales biológicas

Las formas de sonificar datos (data sonification) incluyen muchas técnicas de proceso de datos y de proceso de señal.

La sonificación de datos se utiliza en la industria para diversas funciones, como poder atender a procesos de fondo en entornos altamente complejos o estresantes (p.e. aviación militar), dar acceso a personas ciegas a representaciones de datos no gráficas y otras.

Se puede sonificar todo tipo de datos, del tiempo climatológico en una zona, datos georeferenciados, número de personas en espera para ser atendidos, etc. En este trabajo me voy a centrar en la sonificación de señales biológicas procedentes de electrodos de contacto. Pero no hay que olvidar que estas señales (GSR, EMG, ECG, EEG, etc), pueden ser procesadas de forma previa a su sonificación extrayendo datos concretos que se pueden sonificar con distintas estrategias.

Sonificación directa (frequency mapping representation): La forma más directa de sonificar una señal biológica es trasladarla en frecuencia y en volumen a una señal audible. Por ejemplo, si las ondas cerebrales van de unos 4 herzios a 100 herzios, lo primero que hay que haríamos en este caso es trasladar la señal en frecuencia para que ocupe la banda audible de 20 herzios a 20 kiloherzios.

Sonificación musical: Una vez tenemos una señal de espectro audible, se pueden hacer transformaciones de tono, rítmicas, armónicas, con el objetivo de que el sonido sea agradable según nuestros estándares musicales.

Sonificación paramétrica (parameter mapping): consiste en hacer un mapeo entre determinadas dimensiones de los datos y dimensiones acústicas (p.e. volumen, tempo, tono, etc). En el caso de señales biológicas, por su naturaleza analógica, habrá que hacer previamente un proceso específico de señal para obtener los parámetros de interés. Por ejemplo para sonificar el tamaño de una cola de espera, no es necesario hacer proceso de señal.

Sonificación emocional (emotion feature representation): En este caso, muy específico de señales biológicas, se trata de un tipo de sonificación paramétrica para la que se extraen previamente parámetros de carácter emocional.

Todas estas técnicas se pueden hibridar. Un ejemplo de método de hibridación incluyendo los mecanismos de sonificación directa y de sonificación emocional está descrito en el artículo “Sonification for EEG Frequency Spectrum and EEG-Based Emotion Features” (Yuxi Zhang, 2014). Se pueden encontrar estrategias de sonificación musical con parametrización en el libro “Guide to Brain-Computer Music Interfacing” (Eduardo R. Miranda, 2014, págs. 221-251).

Tanto en el caso de sonificación paramétrica como en el caso de sonificación emocional, podemos optar por distintas estrategias para asignar sonidos diversos. Podemos asignar a los datos sonidos:

- Análogos a la señal (la sonorización directa)
- Musicales

- Vocales, textuales o no
- Procedentes del cuerpo
- Procedentes del entorno
- Procedentes de entornos específicos, rurales, urbanos, naturales, etc.
- Sintéticos, generativos
- Muestras musicales (samples)
- Ruidos de distinta naturaleza y origen.

Los datos se pueden parametrizar mediante procesado no lineal, por ejemplo creando acumuladores con los cuales solo se genere determinado sonido si se supera un umbral o si se verifican determinadas condiciones simultáneas. Este tipo de parametrización genera sonido más ricos e imprevisibles que pueden modular mejor la estética artística del sonido generado.

Estrategias de visualización artística de bioseñales

Puesto que las señales biológicas del cuerpo son variables con el tiempo, interesan estrategias de visualización interactivas. Aun así, siempre se puede reducir a visualizaciones fijas que plasmen un estado instantáneo. Las diversas estrategias tendrán más o menos validez dependiendo del ámbito o el concepto de la obra.

Visualización convencional de datos, mediante gráficas tradicionales (líneas, barras, tartas, diagramas polares, visualización multidimensional, infografías, etc.). El libro de referencia de visualización de datos es el libro de Edward R. Tufte, "The visual display of quantitative information" (Tufte, 1986). En general usaremos esta estrategia cuando los valores numéricos sea necesario preservarlos, pero podemos optar por otras si deseamos hacer visualizaciones más artísticas o cualitativas. Las visualizaciones de Lisa Park basadas en gráficos polares usan esta estrategia.

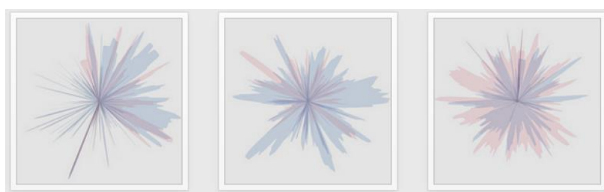


Figura 16 Gráfico de potencia de ondas cerebrales, Eudamonia, Lisa Park, 2015

Visualización cartográfica, cuando los datos son susceptibles de ser mapeados a partes del cuerpo o del espacio, ya sea de forma bidimensional o tridimensional.

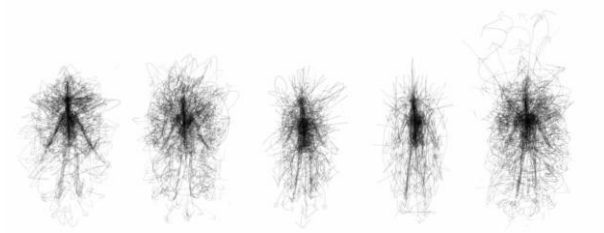


Figura 17 Orlagh O'Brien, Do you feel these emotions with direction in your body? – If yes, use arrows, www.saatchiart.com

Visualización paramétrica, en la que se produce un mapeo entre determinadas dimensiones de los datos y variables gráficas. Al igual que pasa con la sonorización paramétrica las señales eléctricas han de ser procesadas como paso previo a la extracción de datos. Podemos parametrizar el subconjunto de gráficos a usar, las formas, los colores, movimientos, deformaciones, transformaciones, algoritmos generativos, estructuras. La parametrización requiere que el diseñador decida qué puede ser cambiado, cómo y de acuerdo qué valores de los datos.

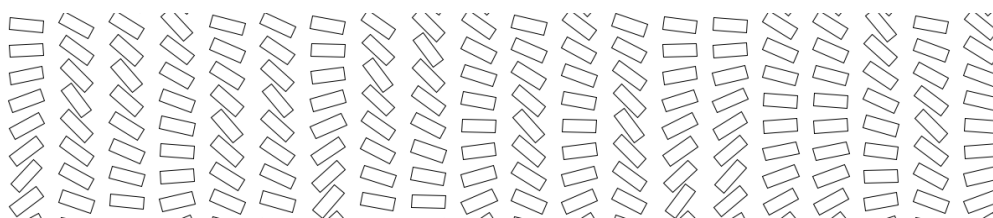


Figura 18 El giro del rectángulo está parametrizado, código de <http://formandcode.com/code-examples/parameterize-waves>

En el libro *Form + Code in design, art and architecture* tenemos varios ejemplos de posibilidades para parametrizar visualizaciones (Casey Reas, 2010, págs. 92-117)

Visualización textual, tipo de visualización paramétrica que consiste en convertir en textos los datos. Si en una aplicación científica o industrial los textos han de tener sentido estricto, en una visualización artística los textos pueden tener carácter poético, absurdo, surrealista, etc. Generadas las palabras que dan significado a nuestros datos podemos optar por presentarlas directamente, parametrizarlas de alguna manera, o incluso usarlas de alguna manera creativa, por ejemplo como semilla para generar poesía robótica.



Figura 19 Código de Hugh Sato obtenido de <https://www.openprocessing.org/sketch/544307>, con texto de Didi-Huberman seleccionado y dibujado por Rosa Bernárdez.

Visualización metafórica, cuando asignamos metáforas visuales a determinados patrones de datos. Las metáforas posibles son tantas como técnicas arte generativo y de la simulación por ordenador, por poner algunos ejemplos es posible usar:

Metáforas físicas, como sistemas de partículas, objetos que incluyan física de parametrización variable, sistemas de rigging entre objetos, modelizaciones físicas o biológicas, etc.

Metáforas de personajes, creación de personajes abstractos o figurativos con movimientos o formas parametrizadas por los datos biológicos.

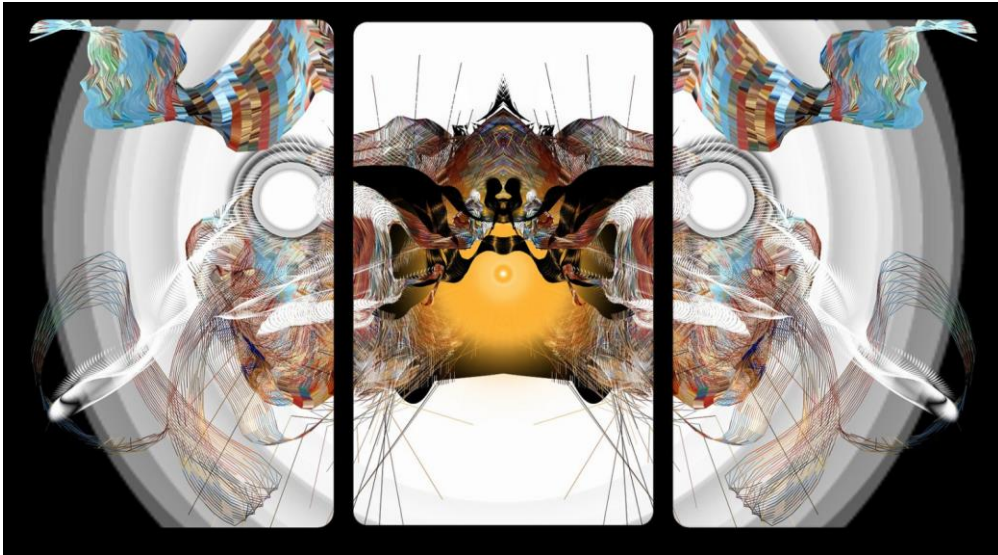


Figura 20 Eufonic, Alba G. Corral. <https://blog.albagcorral.com/gallery/>

Alba G. Corral crea en directo visuales interactivos para ser proyectados en actuaciones musicales. Como en la imagen de Eufonic, usa con frecuencia imágenes abstractas que aparecen, desaparecen o cambian de forma y posición según las ordenes de su teclado MIDI. Se trata por tanto de visuales que utilizan metáforas de personajes abstractos parametrizados.

Visualización sonora, es cuando como paso previo a la visualización realizamos la sonorización de la señal y a partir del sonido realizamos la visualización. Aquí podríamos iniciar la descripción de las muchas estrategias de visualización sonora y musical. No podemos olvidar las investigaciones de los vanguardistas de principio de siglo XX que trabajaron en estrecha colaboración con músicos de vanguardia y fueron pioneros de las investigaciones posteriores. Kandinsky trabajando las sinestesias. Piet Mondrian trabajando sobre las estructuras compositivas del jazz y el bebop, etc. (Kerry Brougher, 2005).

Podemos enumerar entre otras estrategias:

- Visualización sonora basada en sinestesia

- Visualización del rastro que deja el sonido con el paso del tiempo

- Visualización mediante selección de muestras visuales, según se escucha el sonido

- Visualización analítica de la música

Neurociencia y electroencefalografía

La neurociencia estudia la biología del sistema nervioso y tiene muchas herramientas de observación y análisis, incluyendo además de la electroencefalografía, muchas forma de obtención de neuroimágenes. Pero la electroencefalografía es una de las mejor estudiadas y

más accesibles a los artistas para realizar sus exploraciones. En cualquier caso, lo importante no es la herramienta, sino los datos que podemos extraer con ella.

En este apartado hago una recopilación de conceptos de neurociencia y electroencefalografía que son necesarios para poder vislumbrar que tipo de cosas pueden llegar a hacer los artistas con los datos de un EEG. Gran parte de estos conceptos están extraídos del libro "EEG Signal Analysis and Classification" (Siuly, 2016).

Como se leen las señales del EEG

En el cerebro se registran impulsos eléctricos (potenciales de acción) que viajan a través de las neuronas. La suma de multitud de impulsos eléctricos generados en cada neurona crea señales eléctricas conocidas como ondas cerebrales. La actividad de las ondas cerebrales se registra mediante el electroencefalograma o EEG. El estudio del EEG es una de las herramientas más importantes para el diagnóstico de patologías cerebrales y detección de estados mentales.

Un sistema de registro de EEG puede tener de uno hasta 256 electrodos. Un par de electrodos, situados de forma simétrica en el cráneo constituye un canal.

Las señales eléctricas que se pueden leer en la superficie del cráneo son del orden de uno a 100 micro voltios. Las señales intracraneales son de 10 a 20 mili voltios.

La posición de los electrodos es importante porque distintos lóbulos cerebrales generan distinta información, por ello, y para poder obtener resultados experimentales comparables se ha estandarizado el método 10-20 de colocación de electrodos en superficie. En este sistema los electrodos vecinos se sitúan a distancias que están al 10% o al 20 % del total de la distancia frente-cuello o izquierda-derecha.

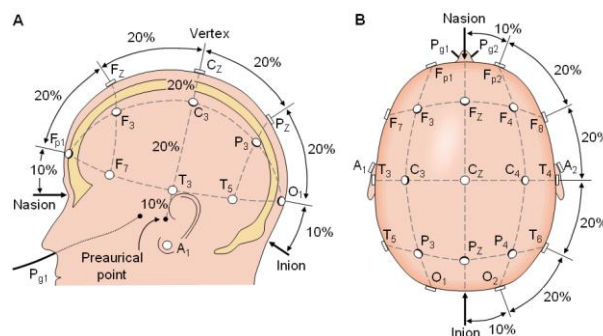


Figura 21 Sistema de posicionamiento 10/20 (<https://www.diytdcs.com/tag/1020-positioning/>)

En el sistema 10/20 cada posición se identifica con una letra y un número. La letra referencia el lóbulo y el número el hemisferio cerebral. F, T, C, P y O significan frontal, temporal, central, parietal y occipital, respectivamente. La z se refiere a electrodos colocado en la línea media. Los números pares son para el hemisferio derecho y los impares para el hemisferio izquierdo.

Un EEG puede ser registrado con diferentes montajes, que se refieren a distintas disposiciones de electrodos. Los montajes más frecuentes son:

Montaje bipolar: cada canal representa la diferencia de potencial entre dos electrodos adyacentes. El montaje completo es una serie de estos canales.

Montaje referencial: cada canal representa la diferencia entre un electrodo y otro electrodo común de referencia.

Montaje de referencia promediada: La salida de cada electrodo se suma y se promedia, la señal resultante se usa como referencia para cada electrodo individual.

Montaje Laplaciano: cada canal se construye con la referencia promediada de los electrodos adyacentes.

La posición de los electrodos a efectos de análisis es importante porque distintas partes de nuestra masa cerebral localizan distintas funciones. El lóbulo frontal está relacionado con la personalidad, las emociones, la resolución de problemas, el desarrollo motor, el razonamiento, la planificación, las partes del habla y el movimiento. El lóbulo parietal es responsable de la sensación (por ejemplo, dolor, tacto), comprensión sensorial, reconocimiento, percepción de estímulos, orientación y movimiento. El lóbulo occipital es responsable del procesamiento visual. El lóbulo temporal está involucrado en el tratamiento del reconocimiento de los estímulos auditivos, el habla, la percepción y la memoria. Todo esto permite que se pueda extraer mucha información diferente de los distintos electrodos.

Datos que podemos extraer con electroencefalografía

Estados mentales

Desde la invención del EEG se han producido numerosas investigaciones que han estudiado la relación entre las ondas cerebrales y los diferentes estados mentales. Se sabe que distintas combinaciones de ondas cerebrales están relacionadas con diferentes estados de consciencia, como la concentración intensa, estados de alerta o vigilia, somnolencia, relajación, hipnosis, etc. También ocurre que el punto del cráneo en el que se producen las ondas está relacionado con actividades cerebrales como ordenar movimientos, lenguajes, pensamiento, memoria, etc.

La frecuencia de las ondas cerebrales es una de los criterios importantes para obtener información sobre patologías, comportamientos y estados.

Ondas Gamma A partir de 30 Hz (máximos sobre 80-100 Hz)		Están involucradas en tareas de procesamiento complejo, así como en el funcionamiento cognitivo complejo, el aprendizaje, la memoria y el procesamiento de la información.
Ondas Beta 13-30 Hz	Parietal, frontal y central	El cerebro está activo e implicado en actividades mentales cotidianas, concentración y reflexión.
Ondas Alfa 8-13 Hz	Occipital, parietal	Se producen en estados de baja actividad cerebral y relajación. Aparecen principalmente en la zona occipital, en estado de relajación con los ojos cerrados.
Ondas Theta 4-8 Hz	Media, temporal	Estados de somnolencia y meditación. También surgen del estrés emocional, especialmente la frustración o la decepción.
Ondas Delta 0.5-4Hz	Lóbulo frontal	De mayor amplitud y menor frecuencia (entre 0,5 y 4 Hz). Se generan durante los estados de sueño profundo o durante los procesos comatosos. La ausencia de ondas delta implicaría la muerte cerebral.

Las investigaciones han mostrado que aunque un estado cerebral puede predominar en un momento dado, los tres tipos de ondas restantes están también presentes en todo momento. Es decir, mientras una persona está implicada en una actividad mental, produciendo ondas beta predominantemente, las ondas alfa, theta y delta se están produciendo también, aunque sólo estén mínimamente presentes.

Ritmos Sensoriomotores (SMR)

Los ritmos sensoriomotores son ritmos de ondas cerebrales que pueden ser medidos sobre la superficie de la corteza sensoriomotora con una frecuencia general de entre los 13 a 15Hz. Se pueden observar cambios de amplitud en el ritmo sensoriomotor típicamente cuando el sujeto de estudio realiza tareas motoras e incluso cuando imagina su realización. Leer estos ritmos permite determinar movimientos o intenciones de movimiento.

Emociones

A partir de los datos de un EEG se puede inferir el estado emocional de una persona, para eso hay que extraer de las señales una serie de características (feature extraction). Según este modelo emocional de Ginebra podemos clasificar los estados en 2 ejes que definen la excitación/control uno (arousal) y la positividad/negatividad el otro (valence). El principal indicador de excitación es la relación de valores beta/alfa en el lóbulo frontal (Rafael Ramirez, 2012).

El *valence* se calcula comparando los niveles alpha y beta de los dos hemisferios corticales. El hemisferio izquierdo inactivo se relaciona con valores negativos y el hemisferio derecho inactivo con valores positivos.

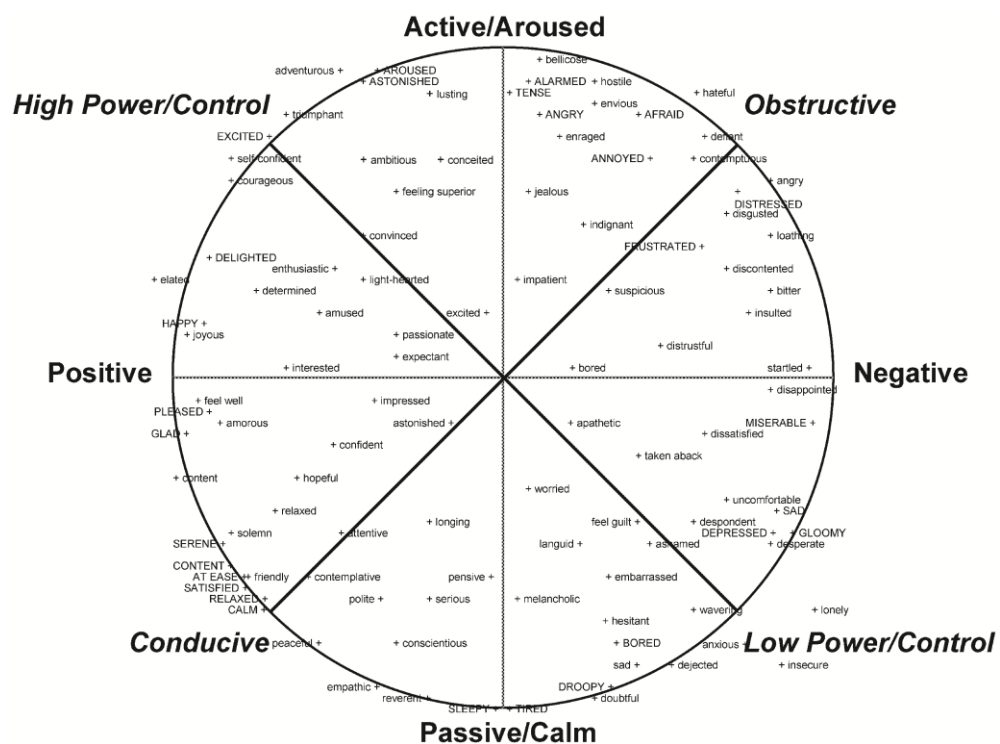


Figura 22 Espacio semántico de las emociones, <https://www.affective-sciences.org/gew/>

Interfaces cerebro-ordenador

Las interfaces cerebro ordenador (BCI: Brain Computer Interface) son artefactos diseñados para controlar ordenadores o dispositivos manipulando las señales del cerebro con la ayuda de realimentación sensorial. Se pueden usar para manipular desde brazos robóticos, sillas de ruedas, juegos de ordenador a simplemente el teclado y ordenador.

Los BCI pueden ser invasivos (con electrodos implantados quirúrgicamente) o no invasivos, con electrodos de interfaz húmeda o seca.

Estos sistemas recogen la señal biológica, la preprocesan, realizan la extracción de sus características (feature extraction) y clasifican las características (feature classification). Como resultado de la clasificación se pueden emitir comandos a un ordenador para generar acciones sobre el cuerpo, sobre prótesis o algún tipo de realimentación visual o sensorial.

Los sistemas de BCI usan también emisores de estímulos y análisis de reacciones a estímulos, estas reacciones que pueden obtenerse en el EEG se denominan en la literatura científica “potenciales evocados”. Un tipo especial de potenciales evocados son las ondas P300, un tipo específico de respuesta que aparece con un retardo de 300 milisegundos con respecto a la excitación inicial.

Otro uso importante de los BCI es el análisis y/o detección de las imágenes motoras (MI). Las imágenes motoras no son otra cosa que movimientos o acciones imaginados, pero finalmente no realizados, ya sea por decisión o por discapacidad. El estímulo lo genera el propio sujeto de estudio y es un proceso mental mediante el cual ensaya o simula una acción determinada.

Dada la alta variabilidad de las señales de EEG, se han desarrollado muchos métodos distintos de tratamiento de datos para distintas aplicaciones. Unos métodos requieren más carga computacional que otros, o generan más latencia de respuesta que otros, unos usan conjuntos pequeños de datos y otros grandes cantidades de datos. También se distinguen por la elección de los parámetros y características a clasificar y analizar. Se trata de un campo aún muy abierto a la investigación.

Los métodos más usados se basan con frecuencia en el análisis espectral, la correlación cruzada y las relaciones entre unas bandas de frecuencias y otras.

Para este estudio nos interesan especialmente las aplicaciones no médicas del BCI. Así, el control de estados mentales tiene uso en los que la carga de trabajo y el estado de atención es crítico, mejora de interfaces de usuario, control del estado de fatiga y atención.

Las principales aplicaciones no médicas de los BCI están en los campos de neuro-ergonomía, neuro-marketing, educacional, autocontrol, juegos, entretenimiento, seguridad y autenticación, pero constantemente están surgiendo nuevos campos y aplicaciones.

Tecnología accesible para lectura y proceso de ondas cerebrales

Las métricas del interior del cuerpo salen del ámbito de la medicina a través de procesos de empoderamiento tecnológico llevados a cabo por individuos y colectivos o instituciones que desean democratizar la tecnología en todos los campos.

Hay ya varias iniciativas de empoderamiento tecnológica en relación a la adquisición de datos de ondas cerebrales. Algunos de los proyectos más relevantes en esta área se revisan a continuación.

Bitalino, se trata de un conjunto de software libre y hardware orientado a todo tipo de señales biológicas. Distintos tipos de sensores de señales eléctricas biológicas se pueden integrar en esta plataforma extensible. <http://bitalino.com/>

OpenEEG Es un proyecto de **hardware** libre para construir un electroencefalógrafo de bajo coste. Los dispositivos EEG comerciales tienen generalmente un coste muy elevado. En el proyecto OpenEEG se desarrolla hardware y software libre (GPL) para dispositivos EEG. De momento trata principalmente hardware; esquemas, listas de piezas, instrucciones de construcción, etc. sin embargo, algunos miembros han desarrollado algunos programas útiles que se alojan en sus propios sitios web.

El sitio oficial del proyecto es <http://openeeg.sourceforge.net/>

La empresa Olimex proporciona una implementación comercial del hardware OpenEEG: <https://www.olimex.com/Products/EEG/OpenEEG/EEG-SMT/open-source-hardware>

OpenViBE es una plataforma de **software** dedicada al diseño, pruebas y uso de interfaces cerebro-ordenador. El paquete incluye la herramienta Designer para crear y ejecutar aplicaciones personalizadas. Se trata de un software para la neurociencia en tiempo real (es decir, para el procesamiento en tiempo real de las señales del cerebro). Se puede utilizar para adquirir, filtrar, procesar, clasificar y visualizar las señales del cerebro en tiempo real. OpenVibe está desarrollado por INRIA - Institut national de recherche en Informatique y Automatización (Francia) y la página principal del proyecto es <http://openvibe.inria.fr/>

Brain Bay: Es un proyecto OpenSource de diseñado para trabajar con varios tipos de hardware de obtención de señales biológicas, incluyendo OpenEEG y OpenBCI. Soporta dispositivos de interfaz de ordenador, el software NeuroServer para transmitir registros por Internet <http://www.shifz.org/brainbay/>

OpenBCI Es una plataforma OpenSource “BCI”, que proporciona además métodos para el tratamiento de distintas señales biológicas (<http://openbci.com/>).

BrainGrapher Es un software open source desarrollado por Eric Mika y que permite la visualización en Processing de las ondas cerebrales presentadas en el formato de NeuroSky. El proyecto se aloja en Github y la página oficial es <https://github.com/kitschpatrol/BrainGrapher>.

Tecnologías de visualización interactiva

Para la realización de visuales partiendo de las ondas cerebrales, más allá de la visualización técnica o científica de datos se requieren herramientas de programación creativa que permitan programar distintos tipos de visualizaciones y comportamientos.

Actualmente, las principales herramientas de programación creativa a accesibles a los artistas son:

Processing: librería gráfica en lenguaje Java y con una comunidad muy amplia entre artistas. Processing es un proyecto Open Source (<https://www.processing.org/>)

OpenFrameworks: librería gráfica en lenguaje C++, por su complejidad menos accesible a artistas que Processing, pero con gran potencia gráfica. Tiene una amplia comunidad entre artistas que se inician en la programación sin tener limitaciones de acceso a hardware y a Internet del código en Java. OpenFrameworks es un proyecto Open Source (<http://openframeworks.cc/>)

Cinder: librería gráfica en lenguaje C++, compleja pero de gran potencia gráfica. Tiene una amplia comunidad entre ingenieros y programadores que se inician en el arte. Cinder es un proyecto Open Source (<https://libcinder.org/>).

Tecnologías de sonorización

Las tecnologías de sonorización están mucho más avanzadas por tener un recorrido histórico mucho más largo y me centraré en describir las que tienen mayor facilidad de integración con las tecnologías de visualización anteriormente descritas y son herramientas Open Source o de acceso libre a los usuarios.

Musical Instrument Digital Interface (MIDI) es un estándar que incluye un protocolo, una interfaz digital y tipos de conectores físicos que permiten que instrumentos musicales electrónicos, ordenadores y otros dispositivos relacionados se conecten y comuniquen entre sí. El conjunto de estándares MIDI está desarrollado y mantenido por la MIDI Manufacturers Association (MMA).

Open Sound Control (OSC) es un protocolo para comunicación entre ordenadores, sintetizadores de sonido y otros dispositivos multimedia. OSC está optimizado para las nuevas tecnologías en red, por lo que está sustituyendo progresivamente al protocolo de MIDI (ver

<http://opensoundcontrol.org/>). Se trata de un protocolo desarrollado en CNMAT (Center for new Music and Audio Technologies)

Max/MSP es un software comercial de programación visual para procesar sonido y multimedia, desarrollado inicialmente por Miller Puckette en el IRCAM, quien más tarde crearía la alternativa OpenSource PureData.

Pd (Pure-Data) es un lenguaje de programación visual profesional para procesar sonido electrónico. Diseñado en la Universidad de Berkeley por Miller Puckette, se trata de una iniciativa Open Source con gran actividad por las numerosas contribuciones de la actual comunidad de usuarios y desarrolladores. Este sistema se puede comunicarse con otros mediante los protocolos TCP/IP, MIDI y OSC (ver <http://puredata.info/>). Además Pd permite a los desarrolladores programar nuevos elementos “externals” para añadir capacidades específicas.

SuperCollider es una plataforma para la síntesis de sonido y composición algorítmica, usada por músicos, artistas e investigadores que trabajan con sonido. Su lenguaje de programación es textual, slang, basado en Smalltalk y LISP. La comunicación con otros programas y dispositivos es vía OSC (ver <https://supercollider.github.io/>).

Tecnologías de visualización de sonidos

En este campo no hay plataformas consolidadas, así que más que tecnologías de visualización de sonidos, tenemos que hablar de un conjunto de librerías y programas, que los ingenieros/artistas desarrolladores han puesto a disposición de la comunidad. Describo alguna de las más relevantes.

Narratives 2.0 es una aplicación que visualiza música. La música se segmenta en canales individuales que se muestran en forma de abanico mediante líneas que avanzan desde el centro con el tiempo. El ángulo de la línea cambia según la frecuencia del canal, que cuando alcanza el nivel más alto se resalta en naranja. Narratives visualiza sonido, pero no es realmente interactivo porque necesita el fichero completo de la canción antes de iniciar la animación visual. El código de Narratives 2.0 está disponible en <http://www.matthiasdittrich.com/projekte/narratives/visualisation/index.html>

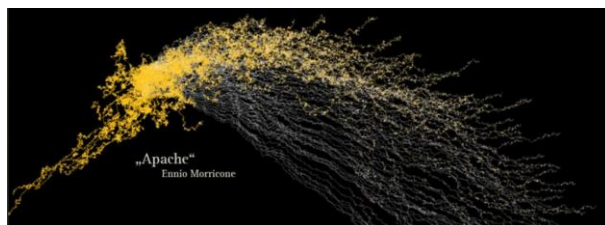


Figura 23 Imagen obtenida con Narratives

Acusmografía. Esta técnica consiste en representar espectrograma del sonido, o incluso el pentagrama, en video juntamente con símbolos o figuras que lo representen. No cabe duda de

que se trata de una técnica que le debe mucho a las vanguardias de principios de siglo XX. El principal inconveniente es que no hay disponible software que “acusmografie” de forma interactiva y todo el material que he encontrado requiere la inclusión del fichero de sonido desde el principio. No obstante es de especial interés el programa *Acousmographie*. Se trata de un programa del INA (Institut National de l'Audiovisuel) que permite generar acusmografías.

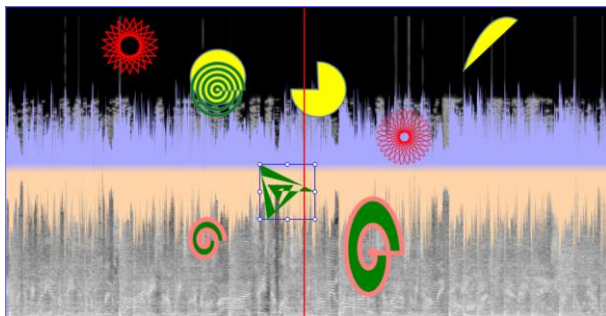


Figura 24 Pantalla de edición de acusmografías con Acousmographie

Otro programa de acusmografía disponible (para Macintosh) es EAnalysis, de Pierre Couprie, disponible en <http://logiciels.pierrecouprie.fr/>

Processing Audio Visualization (<http://skpdvdd.github.io/PAV/>) es una librería de visualización de música basada en Processing y Java. El proyecto consta de tres partes, 1) *libpav* es una librería de visualización de música, 2) *pav* es una aplicación que visualiza música desde la red o una cola FIFO usando la librería *libpav* y 3) *pav-player* es un reproductor de sonido sencillo con soporte para tags que difunde audio hacia pav en red.

GEM es una librería de externals para Pd escrita en origen por Mark Danks para generar gráficos OpenGL en tiempo real. Aunque no está pensada directamente para visualización sonora, al estar integrada en Pure Data es muy sencillo pasarle parámetros sonoros a los objetos gráficos. La librería incluye objetos diferentes, incluidos gráficos poligonales, iluminación, mapeo de texturas, procesamiento de imágenes y movimiento de la cámara.

Investigación artística

Porque programar

La material de mi investigación artística es la programación. Material inmaterial. Investigo sobre el cuerpo y la máquina y el material principal es inmaterial. Y programo porque para mí programar es como para otros cocinar. ¿Qué puede hacer hoy una ingeniera sino artes del teclado y la programación?. Si a Juana Inés de la Cruz la cocina le activaba el pensamiento, a mí me lo activa la programación, cambian los tiempos, cambian las herramientas. Hay quien piensa que la cocina activa el pensamiento como lo hace el caminar, porque no requiere de tu atención y deja libre el cerebro. Nada más lejos de la realidad. Cocinar es una actividad que requiere atención máxima. Para hacer un bizcocho, se mezclan los ingredientes con precisión, siguiendo recetas antiguas; cuando todo está mezclado, el horno ha de calentarse a la temperatura adecuada. Con todo preparado, metemos el bizcocho al horno y hay que esperar. No sale nada sin esperar pacientemente. En ese tiempo de espera no se piensa en otra cosa que en el bizcocho. Luego te quemas. Siempre. Salido ya del horno, caliente y lustroso, el proceso no ha terminado, porque entramos en la parte de la evaluación personal ¿Cómo habría salido más jugoso? ¿Por qué se quemó sólo esa esquina? ¿Qué podría haber hecho para que no se pegara el fondo? ¿Qué cambiaré para la próxima vez? Un bizcocho está construido sobre los resultados de docenas de bizcochos. Toda esta metodología de la cocina está también en la programación. Las dos son actividades extremadamente intelectuales; si en una hay una máquina intermediaria llamada horno o fogón, máquina inmaterial cuya esencia es el fuego. La máquina intermediaria de la programación es el compilador, otra máquina inmaterial, cuya esencia es la información. En estas dos actividades, cuando más se crea es en los tiempos de espera y evaluación. Cuando el compilador te da la lista interminable de errores, te enfrentas a esa evaluación fría e implacable, del que dice: “no está mal este bizcocho, quizás un poco seco”.

...por no cansaros con tales frialdades, que sólo refiero por daros entera noticia de mi natural y creo que os causará risa; pero, señora, ¿qué podemos saber las mujeres sino filosofías de cocina? Bien dijo Lupercio Leonardo, que bien se puede filosofar y aderezar la cena. Y yo suelo decir viendo estas cosillas: Si Aristóteles hubiera guisado, mucho más hubiera escrito.

(Cruz, 1690)

Desarrollo conceptual: De la cuantificación a la visualización

La obra caja de pandora I es la primera de una serie de obras que quiero realizar captando señales eléctricas del cuerpo mediante electrodos de instrumentación. En esta obra visualizo las señales cerebrales usando una metáfora física en la que los visuales generados representan una chispa neuronal por cada muestra, las chispas tienen colores, velocidades, posición y tiempo de vida, relacionadas con los parámetros de potencia y frecuencia de las ondas. Es una visualización que hibrida tres estrategias, visualización directa, paramétrica y metafórica.

Para hacerlo que partido de un juguete comercial hackeado. El hacking aporta dos aspectos de interés a esta obra; en primer lugar porque es un camino de empoderamiento tecnológico que surge en los intersticios del sistema y en segundo lugar por tratarse de una forma contemporánea de producir obra en base a la post-producción (Bourriaud, 2007, págs. 98-106).

Desarrollo técnico

Parto de craquear el juguete MindWave Force, que está muy bien documentado, y utilizo el software BrainGrapher (OpenSource) para obtener los datos de ondas cerebrales y representarlos.

Puesto que la representación de BrainGrapher está basada en gráficas numéricas estándar, lo que hago es generar visualizaciones creativas modificando este software, desarrollado en Processing.

Proceso HW



Figura 25 Mindflex Antes de craqueado

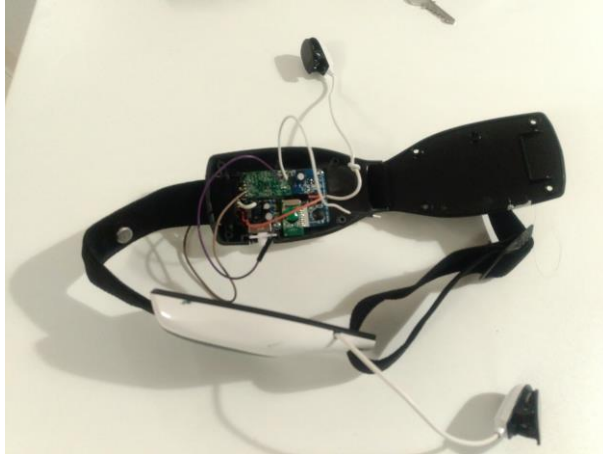


Figura 26 Mindflex craqueado para obtener directamente la señal serie y pasársela a Arduino.

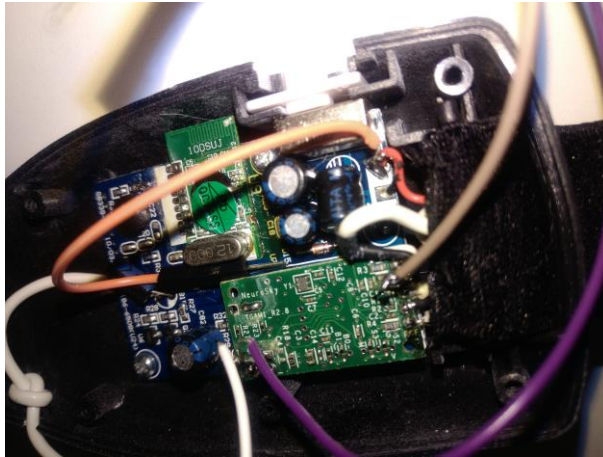


Figura 27 Mindflex craqueado: El punto de señal de transmisión se conectara con el punto de recepción del Arduino

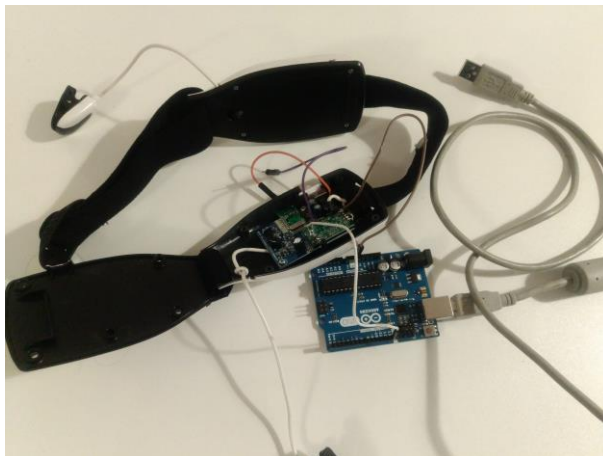


Figura 28 Mindflex: Conexión con el Arduino

Proceso SW

Para generar los chisporroteos cerebrales, he simulado un sistema de partículas que se generan en cada toma de muestras cerebrales. Estas partículas salen de un punto central con

una velocidad y aceleración constante en modulo, pero pseudoaleatoria en dirección, creando una sensación de movimiento browniano de los pensamientos.

Resultado

El proyecto se incorpora a Github como software abierto, para que la comunidad de desarrolladores pueda hacer nuevas investigaciones artísticas

<https://github.com/Avidabits/NeuroZine/tree/master/CajaPandora>

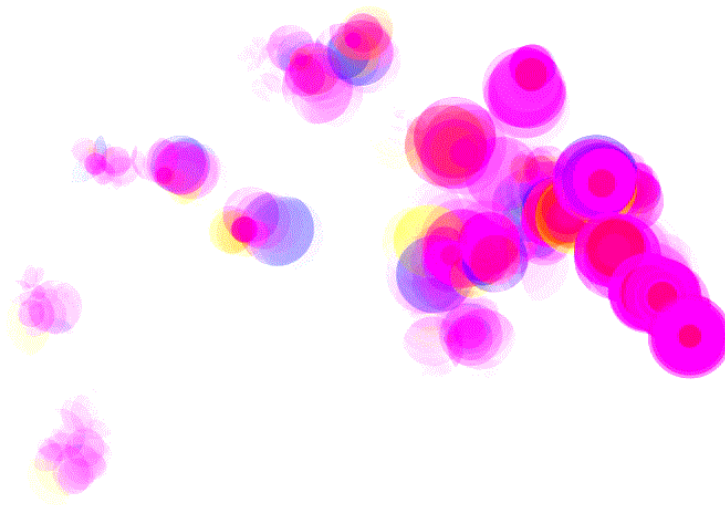


Figura 29 Frame de la animación interactiva controlada por el cerebro "Chisporroteos cerebrales"

El resultado es un surtidor de chisporroteos cerebrales que puede ser controlado mediante el cerebro y que será usado para realizar performances. En el Github del proyecto también hay acceso a videos <https://github.com/Avidabits/NeuroZine/tree/master/CajaPandora/frames>.

Caja de pandora II

Desarrollo conceptual: De la visualización de datos a la animación metafórica

Sobre el mismo hardware y plataforma, cambio la estrategia de visualización y dejo atrás la pura visualización de datos para asignar a los distintos parámetros de señal, comportamiento de personajes de animación abstractos, como una bola que se mueve y se hincha, una cortina que se desvanece con la falta de concentración o una raya loca que invade nerviosamente la pantalla cuando las ondas cerebrales reflejan mayor excitación cognitiva.

Desarrollo técnico

Proceso HW

Mismo hardware que Caja de Pandora I

Proceso SW

Creación de un modo de visualización alternativo para el mismo proyecto anterior que se activa mediante una pulsación de teclado.

En este nuevo modo de visualización personajes abstractos cambian su comportamiento dependiendo del significado asignado a las ondas cerebrales.

Resultado

El proyecto se incorpora a Github como software abierto, para que la comunidad de desarrolladores pueda hacer nuevas investigaciones artísticas.

<https://github.com/Avidabits/NeuroZine/tree/master/CajaPandora>



Figura 30 Frame de animación interactiva, controlada por el cerebro basada en personajes abstractos

En el Github del proyecto también hay acceso a videos

<https://github.com/Avidabits/NeuroZine/tree/master/CajaPandora/frames>

Caja de Pandora III

Desarrollo conceptual: De la cuantificación a la sonorización

En Caja de Pandora III exploro la sonificación de ondas cerebrales y construyo una serie de herramientas que permitan a otros artistas trabajar sobre los mismos conceptos.

La sonorización es una herramienta potente, del sonido no nos podemos evadir y además cambia nuestro estado mental creando efectos de realimentación sobre los sonidos generados.

El hecho de estar ante unos sonidos que podemos modificar con nuestra actitud, nuestros pensamientos y con los movimientos de nuestro cuerpo nos invita a apoderarnos de un nuevo medio de expresión que tiene en común con la danza la relación entre sonido y movimiento, pero de forma realimentada porque el pensamiento y el movimiento modifican el sonido. Así las capacidades performativas aumenta en relación a los trabajos anteriores (Caja de Pandora I y II).

Desarrollo técnico

Para la sonificación es necesario un sistema más eficiente y profesional que nos permita acceder a la señal bioeléctrica con un mínimo de latencia (retardo). Para ello he seleccionado la placa de lectura EEG-SMT de Olimex que permite el uso de 4 electrodos simultáneos y el software OpenVibe de proceso de señal. Para usar estos sistemas necesito adecuar un sistema de posicionamiento de los electrodos.

Construcción de cascos de EEG para posicionamiento de electrodos

Para que todo esto funcione correctamente, obviamente hay que posicionar los electrodos en el cuerpo. En este trabajo usaremos el sistema sobre la cabeza, pues vamos a leer ondas cerebrales.

Para el posicionamiento mediante el sistema 10/20 de los electrodos se ha prototipado inicialmente un sistema de gomas y velcros que vale para cualquier talla manteniendo las proporciones 10/20 de distancia entre electrodos.



Figura 31 Componentes del prototipo de casco EEG



Figura 32 Prototipo de casco EEG montado



Figura 33 Prototipo de casco EEG en uso

Obtención de datos

En este proyecto, uso como método de extracción de ondas cerebrales el hardware de Olimex (implementación de OpenEEG) y la herramienta de proceso de señales biológicas OpenVibe. Ambos sistemas son herramientas profesionales en desarrollo por la comunidad de investigadores y que permiten implantar un sistema de lectura de ondas cerebrales de bajo coste.



Figura 34 Tarjeta Olimex de 2 canales (4 electrodos amplificados y un electrodo de referencia)

Para obtener las señales biológicas leídas por el hardware de Olimex, utilizo la herramienta OpenVibe, que permite hacer distintos tipos de filtrados y procesos de la señal, teniendo en cuentas las últimas investigaciones relativas a EEG. Aunque en este trabajo apenas usaré el análisis espectral de señal, basado en análisis de Fourier, el sistema permite hacer estudios de imágenes motoras, potenciales evocados y respuestas a estímulos concretos.

La señal obtenida de OpenVibe se encamina al software de sonorización PureData usando dos posibilidades, la comunicación TCP y la comunicación OSC.

El sistema se inicia con la puesta en marcha del servidor de adquisición, que es el elemento de OpenVibe que se conecta con el HW Olimex para amplificar y digitalizar las señales biológicas.

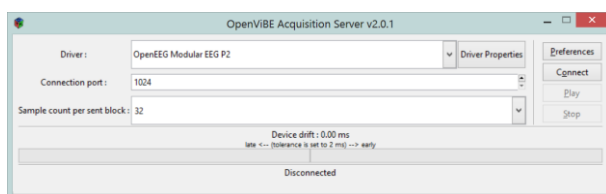


Figura 35 Pantalla de inicio de OpenVibe Acquisition Server

A continuación se inicia el subsistema OpenDesigner, especializado en el tratamiento de señales biológicas.

En OpenDesigner he diseñado varios escenarios, unos para ayudarme a realizar análisis y otros para encaminar la señal obtenida y parcialmente procesada al entorno de Pure Data. Algunos de estos escenarios se muestran a continuación.

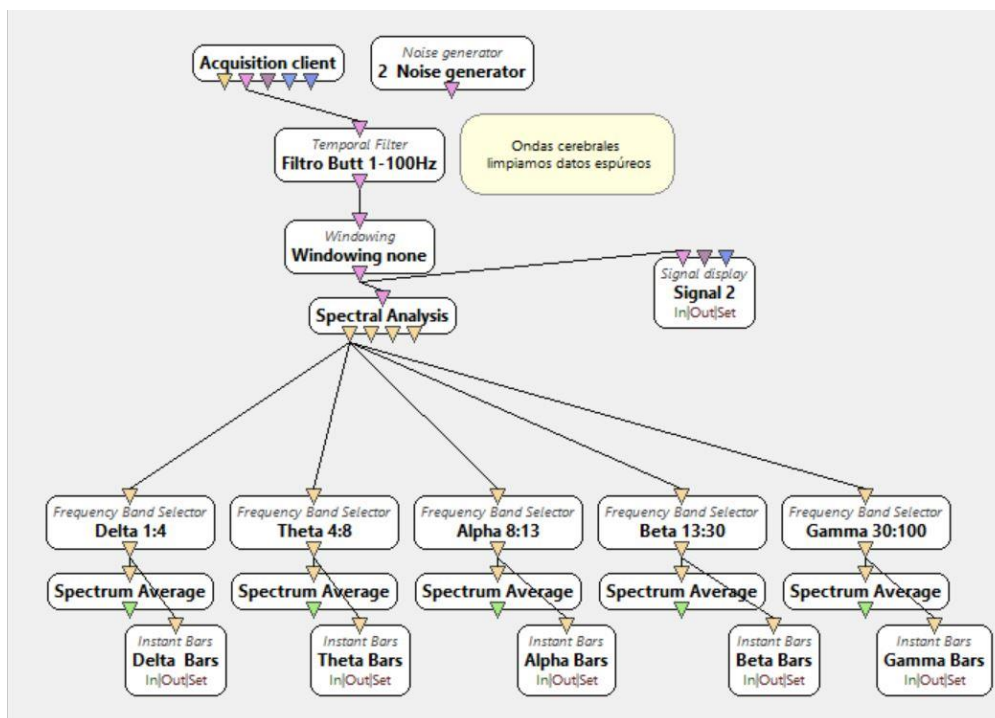


Figura 36 OpenVibe Designer: escenario de análisis espectral

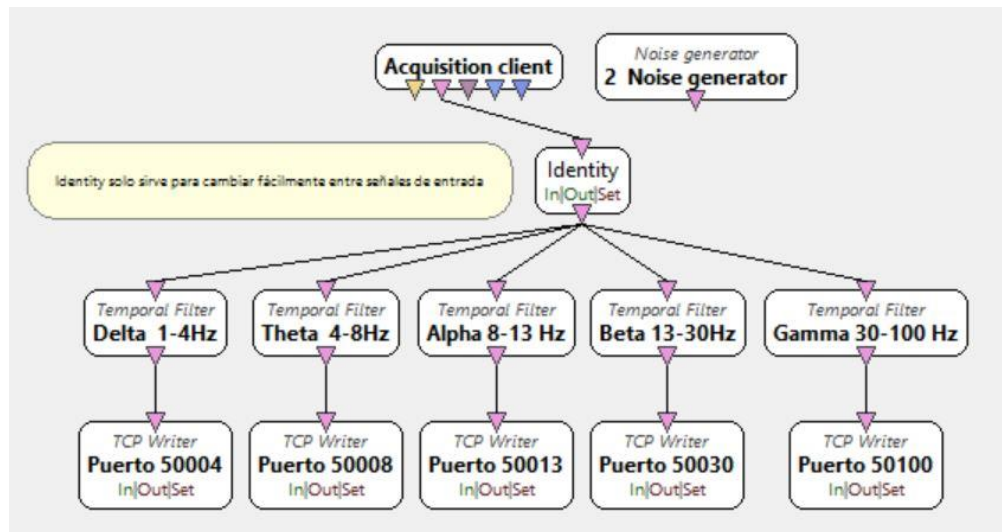


Figura 37 OpenVibe Designer: escenario de análisis temporal y envío de datos vía TCP

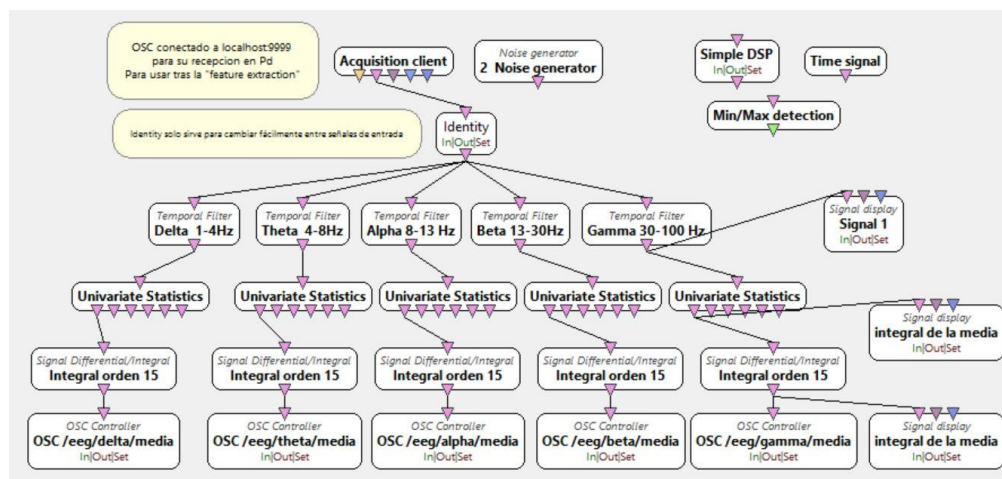


Figura 38 OpenVibe Designer: escenario de análisis temporal con envío de datos vía OSC

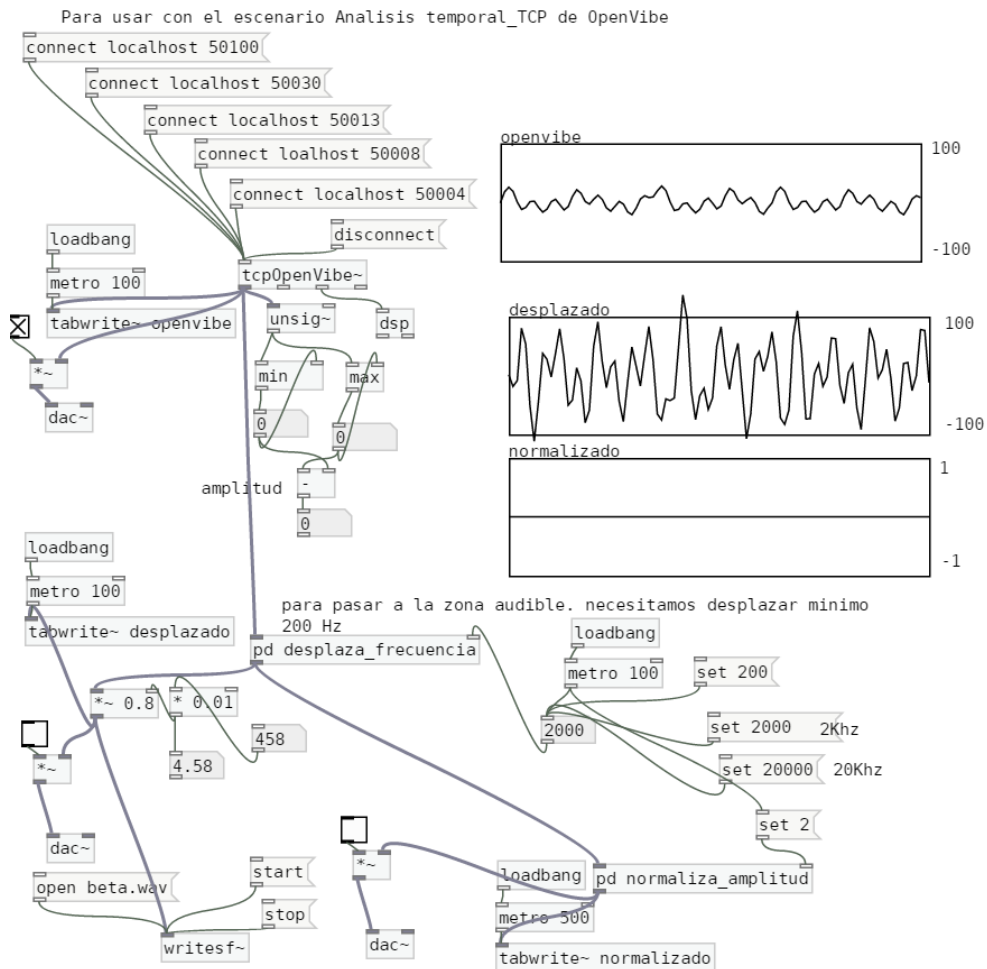
Sonorización en Pd.

La comunicación vía TCP es la adecuada para envío de la señal cerebral con el mínimo retardo, pero puesto que para OpenVibe introduce cabeceras de datos específicas, he necesitado desarrollar un “external”, una DLL en C++ específica para la comunicación por TCP entre OpenVibe y Pure Data.

Este “external”, que he denominado tcpOpenVibe~ lo he liberado a la comunidad Open Source y está disponible en mi página de GitHub

<https://github.com/Avidabits/NeuroZine/tree/master/tcpOpenVibe~>

Nos hemos colocado electrodos por el cuerpo, los hemos conectado a la tarjeta Olimex, hemos leído la señal biológica con la tarjeta Olimex EEG-SMT. Ahora hay que sonorizar estos datos....



Otra estrategia de sonorización que podemos usar fácilmente es la **sonorización paramétrica**. Para ello lo más adecuado es obtener los parámetros deseados con OpenVibe y enviarlos por OSC.

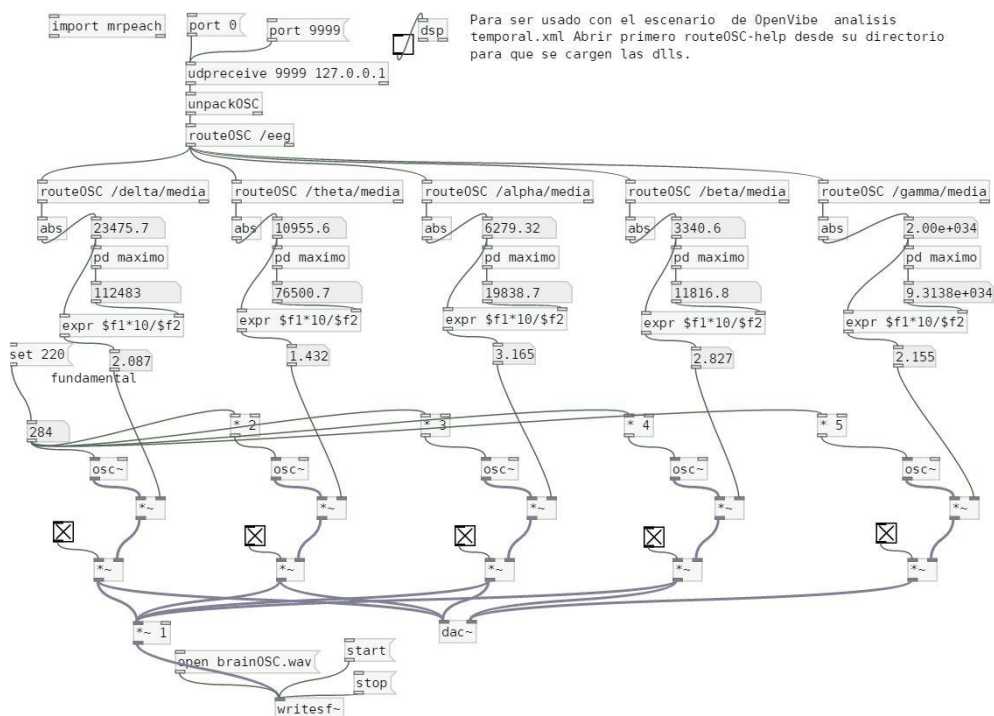


Figura 41 Patch Pure Data para sonorización paramétrica

Resultado

El resultado es un sistema que permite sonorizar las ondas cerebrales desde OpenVibe, usando distintas estrategias de sonorización y que incluye escenarios OpenVibe y patches Pure data para facilitarlos.

NeuroCine: Work in Progress

De los trabajos anteriores concluyo que para llevar la Caja de Pandora a un entorno performativo y tener una plataforma tecnológica válida para que otros realicen ampliaciones, modificaciones y acciones performativas, necesito una integración completa de la interacción sonido e imagen. Surge así el concepto de NeuroCine.

Al unir los dos trabajos de sonorización y visualización de cuerpo en uno solo me lleva a los terrenos de la postproducción, una postproducción interactiva que me evoca una nueva forma de cine loco e interactivo: NeuroCine.

La obtención tratamiento y envío de señal biológica seguirá siendo con OpenVibe, que ofrece mecanismos profesionales de tratamiento de señal y la capacidad de transmitirla a través de Internet. La transmisión a través de internet de opción a performances remotas, en las que las instalaciones expositivas estén controladas por personas lejanas al contexto de la sala. Esto abre muchas opciones.

Para las visualizaciones, sin embargo el sistema en Processing no resulta lo suficientemente eficiente para la complejidad de las señales EEG procedentes de OpenVibe, así que opto por el sistema OpenFrameworks, para desarrollo en C++ de visuales interactivos mucho más eficientes y que aprovechen mejor las capacidades de los ordenadores. Además OpenFrameworks tiene también librerías de comunicación con TCP, OSC y MIDI. Esto le

permitirá comunicar tanto con OpenVibe como con Pure Data. También existen librerías de Pure Data disponibles para OpenFrameworks.

Así, en esta etapa los principales trabajos que están en realización son:

- Definir un protocolo OSC común a usar desde OpenVibe y en mis patches de Pure Data y en mis visuales de OpenFrameworks.
- Portado Caja de Pandora I y II a OpenFrameworks de forma que la extensión a nuevas estrategias de visualización sea sencilla para otros artistas que quieran ampliar o usar el sistema.
- Crear un módulo en OpenFrameworks que permita obtener los datos TCP de OpenVibe.
- Iniciar el uso de señales datos de imágenes motoras y emocionales.
- Incorporar movilidad bluetooth
- Diseñar guiones performativos que activen distintas actividades cerebrales, aptos para ser llevados a cabo por participantes en la acción.
- Diseño instalativo del espacio de performance

Guion performativo:

Sentarse

Colocarse el casco EEG

Iniciar la sesión de NeuroCine

Tumbarse a descansar, no pensar en nada

Leer mentalmente un libro de filosofía de entre los que hay en la sala

Tumbarse a descansar, no pensar en nada

Leer poéticamente un libro científico de entre los que hay en la sala

Escribir en un papel la esencia de algo.

Tumbarse a descansar, no pensar en nada

Diseño instalativo:

- Cubículo de interior negro o muy oscuro, excepto el suelo, que será gris. Una dimensión apropiada es de 3mx3m.

El performer debe sentirse en un espacio oscuro y tranquilo, protegido como un útero. También podría dársele la estética de lugar solitario y abandonado, producto quizás de la ruina industrial. En cualquier caso la sensación de intimidad debe intentar conseguirse. Puede entrar luz por la puerta o por la parte superior pero la mayor parte será absorbida por las paredes.

- A la entrada del cubículo un receptáculo en el que se pueden coger las instrucciones performativas.

- En el cubículo, en la misma pared que la puerta de entrada (que estará cubierta con una cortina gris o negra), un sillón rodeado de los “enseres” necesarios para la performance. Libros de filosofía y literatura científica, el casco de EEG y el ordenador de la aplicación.

- En el suelo de la instalación, a ambos lados del sillón de lectura, dos altavoces, por los que se emitirán los sonidos cerebrales de Neuro Cine.

- Sobre el sillón de lectura un proyector, que estará ajustado para proyectar el Neuro Cine sobre el suelo. La visualización sobre el suelo, ayudará a la estabilización de sensaciones y a minimizar la conmutación de la atención entre visuales y la lectura y otras actividades performativas

Resultado

Trabajo en progreso, se pondrá accesible en <https://github.com/Avidabits/NeuroZine>

Divulgación de resultados: NeuroZine

Puesto que en este proyecto se mantiene un posicionamiento claro en relación al papel del artista en el empoderamiento tecnológico, para desarrollar este objetivo en relación a la aplicación de la electroencefalografía al arte, he realizado 2 acciones:

- Liberación del software del proyecto en GitHub: <https://github.com/Avidabits/NeuroZine>
- Creación del fanzine NeuroZine, revista en formato digital, en la que publico un resumen del proyecto, y con lenguaje muy divulgativo doy las claves para que cualquier persona pueda unirse al proyecto. <https://github.com/Avidabits/NeuroZine/NeuroZine.pdf>
- Diseño instalativo virtualizado, para facilitar a los espacios expositivos la comprensión de la instalación y las necesidades instalativas.

Conclusiones

Sobre la autocuantificación

Lo que en los años 60 empezó con la báscula y la cinta métrica, hoy continúa con los dispositivos biométricos conectados y vestibles, que se encargan de crear nuestro perfil de autocuantificado (en inglés 'quantified self' o 'lifelogging') y de decirnos como debemos conducirnos para llegar a un perfil de autocuantificación ideal.

Los expertos en márketing nos aconsejan construirnos nuestra propia marca personal y controlar todo lo que el mundo percibe de nosotros construyendo una narrativa transmedia para nuestra propia persona. El peligro surge del riesgo de 1) identificarnos con nuestra marca/imagen, una nueva simplificación del ser, y 2) de permitir que nos evalúen/controlen con nuestro perfil autocuantificado.

Sobre los distintos conceptos que se pueden desarrollar con las mismas herramientas

Los trabajos de los artistas que trabajan con métricas corporales llevan líneas conceptuales muy diversas, la crítica sociopolítica (Esther Ferrer, Jaime del Val), la observación del yo (Alvien Lucier), el control de la mente (Lisa Park), prácticas estéticas sobre el cuerpo, aspectos proféticos sobre nuevas tecnologías (Sterlac), regreso cíclico al pasado descolonizando los cuerpos (Onyx Ashanti), perfeccionamiento personal, etc. Pero todos tienen en común la reflexión desde el cuerpo con un intermediario tecnológico y ese intermediario máquina nos hace mirarnos con ojos de máquina. Podemos observar que las investigaciones de estos artistas, tienen un carácter situado, desde su sustrato cultural, de género, o color de piel.

Sobre la mirada de la máquina

Cuando usamos herramientas biométricas para mirar a nuestro interior con los ojos de una máquina, hacemos el recorrido opuesto al realizado cuando miramos a la máquina con ojos humanos, antropomorfizándola. Es decir, usar los ojos de la máquina para percibirnos, en cierto modo nos "maquiniformiza", nos maquiniza, nos uniformiza y por supuesto, nos hace más accesibles a la máquina, dejaremos de ser individuos para ser población, mercado. Neutralizar esta maquinización necesita de una comprensión profunda de a qué nos obligan las tecnologías a las que nos sometemos.

Por otra parte, si en la New Aesthetics se estudian imágenes creadas para las máquinas esto es otra faceta complementaria, la visión del hombre desde la máquina.

Sobre el empoderamiento tecnológico

La nuevas tecnologías biométricas, mucho más baratas y al alcance de casi cualquier persona, facilitan el acceso y análisis de la intimidad tanto personalmente como por parte de multinacionales y estados. Se incrementa considerablemente el número de artistas que trabajan con biometría y autocuantificación. Se puede reflexionar sobre esto desde muchos

puntos de vista, pero quizás, como dice Santiago Alba Rico, “La cuestión urgente y vital con estas tecnologías no es que nos permiten hacer, sino a que nos obligarán” (Rico Alba, 2017, pág. 234). Por volver al ejemplo de la introducción, tenemos que reflexionar mucho sobre que estamos haciendo cuando le damos nuestros datos biométricos a compañías de seguros para obtener un bono o un descuento. Tener esto en mente es vital y las acciones de empoderamiento tecnológico están entre las que más pueden ayudar a las personas a distinguir entre lo que la tecnología nos da y lo que la tecnología nos quita (o lo que le da a otros, estado, mercado, etc).

Sobre el uso de una máquina de origen médico.

Poner en manos del público una máquina de EEG no le hace conocedor de la Neurociencia, pero baja la disciplina del pedestal del sabio, la acerca al humano. Como la niña pequeña que juega con el interruptor de la luz encendiendo y apagando, llega a entender que ella puede tener el control sobre la luz, sin necesitar saber demasiado sobre sistemas eléctricos, la persona que tiene en sus manos el EEG, y juega o piensa o dibuja o suena, pasa por un proceso de empoderamiento tecnológico que destruye la posición de los que dicen que deben tomar decisiones por nosotros en base a sus conocimientos superiores. Así, el empoderamiento tecnológico con dispositivos médicos tiene la capacidad de actuar como una bomba de profundidad contra las estrategias biopolíticas y funcionar como instrumento de bioempoderamiento.

Sobre la relación entre el arte y la ciencia

El arte vinculado a la ciencia, necesita ser generado en los laboratorios científicos para poder estar en la primera línea de acción. Gran parte de los artistas referenciados en este trabajo, tanto españoles como extranjeros, ha realizado su obra en colaboración con instituciones científicas y tecnológicas. En todos los casos se trataba de instituciones extranjeras. Mientras en otros países existen residencias artísticas en los laboratorios científicos y son frecuentes las colaboraciones entre artistas y científicos, en España la ausencia de este tipo de actividad es notable. Se necesita hacer un trabajo importante de divulgación sobre lo que el arte y el pensamiento humanista puede aportar a la ciencia, para que los laboratorios científicos, siempre en situación de precariedad económica, se animen a tener en sus espacios artistas residentes.

Prospectiva

Durante el desarrollo del trabajo se ha indagado en tecnologías de:

- Obtención de señales cerebrales
- Proceso de señales biológicas
- Visualización interactiva
- Sonorización interactiva

Todo esto se ha realizado con el objetivo de desarrollar una plataforma tecnológica que permita obtener datos mentales y emocionales a partir de interfaces húmedas, visualizarlos y sonorizarlos, que contribuirá a desarrollar este campo artístico. Este trabajo, por su naturaleza, es un trabajo en continuidad (work in progress).

Los resultados de la investigación técnica, que incluyen desarrollo de software o modificaciones de hardware, serán publicados en Github en modo de código abierto (<https://github.com/Avidabits/NeuroZine>). Además de contribuir al desarrollo del estado del arte, esto facilita la generación de comunidad sobre la que crecer en el desarrollo de este proyecto, que ha de mutar y avanzar con los cambios tecnológicos a lo largo del tiempo.

Si la contribución a la comunidad artística es un objetivo importante, no lo es menos la contribución al empoderamiento tecnológico, y a la divulgación del potencial de estas tecnologías tanto para el cuidado como para el control.

El rápido avance tecnológico hará avanzar el uso de dispositivos médicos conectados a “la nube” como gadgets de consumo. Esa nube de nombre poético no es otra cosa que un conjunto de centros de cálculo de grandes compañías, lugar casi místico en el que nuestros datos residen como habitantes inmateriales. Lejos de diluirse en el espacio nuestros datos se materializan en resultados económicos y de control de la mano de las tecnologías de tratamiento masivo de datos (Big Data) e inteligencia artificial profunda (Deep Learning).

Esto nos llevará a nuevas reflexiones en el campo de la filosofía, en especial en los campos de la bioética, el biopoder y la biopolítica vinculada a los datos personales y/o datos poblacionales.

Referencias

- Afrotopia. (27 de mayo de 2018). <http://www.afrotopiaisnow.com/>. Obtenido de <http://www.afrotopiaisnow.com/>
- Ashanti, O. (25 de Diciembre de 2017). <http://onyx-ashanti.com>. Recuperado el 15 de Abril de 2018, de <http://onyx-ashanti.com/2017/12/25/metabit-belief-construct/>
- Bourriaud, N. (2007). Postproducción. Buenos Aires: Adriana Hidalgo.
- Casey Reas, C. M. (2010). *Form + Code in design, art and architecture*. New York: Princeton Architectural Press.
- Cruz, S. J. (1690). *Carta atheagorica de la madre Juana Inés de la Cruz*. Puebla de los Ángeles: Imprenta de Diego Fernandez de Leon. Obtenido de <http://bdh.bne.es/bnearch/detalle/bdh0000047961>
- Didi-Huberman, G. (2009). *Ser cráneo. Lugar, contacto, pensamiento, escultura*. Valladolid: cuatro. ediciones.
- Donnarumma, M. (2011). *Xth Sense: researching muscle sounds for an experimental paradigm of musical performance*. Maynoth: Linux Audio Conference 2011. Obtenido de <http://lac.linuxaudio.org/2011/papers/30.pdf>
- Donnarumma, M. (2013). <http://marcodonnarumma.com/works/nigredo/>. Recuperado el 28 de Mayo de 2018, de <http://marcodonnarumma.com/works/nigredo/>
- Eduardo R. Miranda, J. C. (2014). *Guide to Brain-Computer Music Interfacing*. Londres: Springer.
- Ferrer, E. (1977 y 1992). *Íntimo y personal*. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofia, Madrid. Recuperado el 2017, de <http://www.museoreinasofia.es/coleccion/obra/intimo-personal>
- Forcucci, L. (4 de Abril de 2018). Music for Brainwaves: Embodiment of Sound, Space and EEG Data. *BST Journal. Body, Space and Tecnology*, 76-94. doi:<http://doi.org/10.16995/bst.297>
- Foucault, M. (2005). *Tecnologías del yo*. Buenos Aires: Paidós.
- Guilles Deleuze, F. G. (2004). Cómo hacerse un cuerpo sin órganos. En F. G. Gilles Deleuze, *Mil Mesetas*. Valencia: Pre-textos.
- Hackaton esalud. (2018). <http://laesalud.com/hackathonsalud>. Recuperado el 27 de Mayo de 2018, de <http://laesalud.com/hackathonsalud/retos/reto-qmenta-neurociencia/>
- Henry Moore Foundation. (26 de Septiembre de 2016). <https://www.henry-moore.org>. Recuperado el 10 de Abril de 2018, de <https://www.henry-moore.org>: <https://www.henry-moore.org/whats-on/2016/09/28/eleanor-antin-carving-a-traditional-sculpture>
- Kerry Brougher, J. S. (2005). *Visual Music*. Londres: Thames & Hudson.

- Lucier, A. (30 de Mayo de 2017). Alvin Lucier (RBMA Festival New York 2017 Lecture). Recuperado el 18 de Abril de 2018, de https://www.youtube.com/watch?v=v-Pnb_ZE7Hs
- Park, L. (2013). *Lisa Park Work, Eunoia*. Recuperado el 18 de Abril de 2018, de <http://www.thelisapark.com/#/eunoia/>
- Park, L. (2015). *Lisa Park Works, Eudaimonia*. Recuperado el 18 de Abril de 2018, de <http://www.thelisapark.com/#/eudaimonia/>
- Psarra, A. (2014). Ciberpunk y arte de los nuevos medios: performance y arte digital. Madrid. Obtenido de <http://eprints.ucm.es/29364/>
- Rafael Ramirez, Z. V. (2012). Detecting emotion from EEG signals using the Emotive Epop device. *International Conference on Brain Informatics 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol 7670 (págs. 175-184). Heilderberg: Springer.
- Rico Alba, S. (2017). *Ser o no ser (un cuerpo)*. Barcelona: Seix Barral.
- Siuly, S. &. (2016). *EEG Signal Analysis and Classification. Techniques and Applications*. Cham, Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-319-47653-7
- Sterlac. (2015). *Sterlac*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de <http://stelarc.org/?catID=20353>
- Sterlac. (2018). *Sterlac - Suspensions*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de Sterlac - Suspensions: <http://stelarc.org/?catID=20316>
- Sterlac. (2018). *Sterlac - Walking Head*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de <http://stelarc.org/?catID=20244>
- Tanaka, A. (2018). *Sensorband*. Recuperado el 28 de Mayo de 2018, de <http://www.ataut.net/site/Sensorband>
- Tufte, E. R. (1986). *The visual display of quantitative information*. Cheshire: Graphics Press.
- Val, J. d. (2013). <http://metabody.eu/es/>. Recuperado el 18 de Abril de 2018, de <http://metabody.eu/es/>
- Vinyals, F. (1 de Abril de 2015). <http://www.felixvinyals.com/wp-content/uploads/2015/04/Torval-Description.pdf>. (F. Vinyals, Editor) Recuperado el 15 de Abril de 2018, de <http://www.felixvinyals.com/wp-content/uploads/2015/04/Torval-Description.pdf>: <http://www.felixvinyals.com/wp-content/uploads/2015/04/Torval-Description.pdf>
- Vinyals, F. (2017). *Orwell 3000*. Recuperado el 1 de Mayo de 2018, de <http://www.felixvinyals.com/en/home/orwell3000/>
- Yuxi Zhang, Y. H. (2014). Sonification for EEG Frequency Spectrum and EEG-Based Emotion Features. *Neural Information Processing. ICONIP 2014* (págs. 42-49). Cham: Springer. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-12643-2_6
- Zurich University of Arts. (2010). *Artists in labs. Networking in the margins*. (J. Scot, Ed.) Viena, Austria: Springer-Verlag.

Índice de imágenes

Figura 1	Publicidad de vidaMovida: https://seguros.elcorteingles.es/blog/vida-saludable/vidamovida-el-seguro-de-vida-que-te-paga-por-andar	10
Figura 2	Autorretrato. Rosa Bernárdez	12
Figura 3	Eleanor Antin, 'Carving a traditional sculpture' 1972	16
Figura 4	Esther Ferrer, 'Íntimo y personal Documentación de la acción realizada el 1977 en el Studio Lerin de París'.....	17
Figura 5	Music for Solo Performer, Alvin Lucier, 1965	18
Figura 6	Suspension sitting, Sterlac, 1982.....	19
Figura 7	Walking Head, Sterlac, 2006.....	19
Figura 8	Re-wired/Re-mixed, 2015	20
Figura 9	Sensorband, Atau Tanaka, 2003	21
Figura 10	Eunoia, Lisa Park, 2013	23
Figura 11	Percha/tótem en la que Onyx Ashanti cuelga sus sensores (Foto Onyx Ashanti) 23	
Figura 12	Onyx Ashanti sonocybernetic BCI, 2017.....	23
Figura 13	Nigredo, Marco Donnarumma, 2013.....	25
Figura 14	Félix Vinyals, Torval, 2015.....	26
Figura 15	Logotipo de Orwell 3000 de la empresa ficticia, Social Control Lab, Félix Vinyals 2017 26	
Figura 16	Gráfico de potencia de ondas cerebrales, Eudamonia, Lisa Park, 2015	30
Figura 17	Orlagh O'Brien, 'Do you feel these emotions with direction in your body? – If yes, use arrows', www.saatchiart.com	31
Figura 18	El giro del rectángulo está parametrizado, código de http://formandcode.com/code-examples/parameterize-waves	31
Figura 19	Código de Hugh Sato obtenido de https://www.openprocessing.org/sketch/544307 , con texto de Didi-Huberman seleccionado y dibujado por Rosa Bernárdez.	31
Figura 20	Eufonic, Alba G. Corral. https://blog.albagcorral.com/gallery/	32
Figura 21	Sistema de posicionamiento 10/20 (https://www.diytdcs.com/tag/1020-positioning/) 33	
Figura 22	Espacio semántico de las emociones, https://www.affective-sciences.org/gew/ 35	
Figura 23	Imagen obtenida con Narratives	39
Figura 24	Pantalla de edición de acusmografías con Acousmographie	40
Figura 25	Mindflex Antes de craqueado.....	42
Figura 26	Mindflex craqueado para obtener directamente la señal serie y pasársela a Arduino. 43	

Figura 27	Mindflex craqueado: El punto de señal de transmisión se conectara con el punto de recepción del Arduino	43
Figura 28	Mindflex: Conexión con el Arduino	43
Figura 29	Frame de la animación interactiva controlada por el cerebro “Chisporroteos cerebrales”	44
Figura 30	Frame de animación interactiva, controlada por el cerebro basada en personajes abstractos	45
Figura 31	Componentes del prototipo de casco EEG	46
Figura 32	Prototipo de casco EEG montado	46
Figura 33	Prototipo de casco EEG en uso	47
Figura 34	Tarjeta Olimex de 2 canales (4 electrodos amplificados y un electrodo de referencia)	47
Figura 35	Pantalla de inicio de OpenVibe Acquisition Server	48
Figura 36	OpenVibe Designer: escenario de análisis espectral	48
Figura 37	OpenVibe Designer: escenario de análisis temporal y envío de datos vía TCP49	
Figura 38	OpenVibe Designer: escenario de análisis temporal con envío de datos vía OSC	49
Figura 39	Patch para traslación de frecuencias desarrollado en Pd	50
Figura 40	Patch Pure data para sonorización directa con traslado de frecuencia.....	51
Figura 41	Patch Pure Data para sonorización paramétrica	52

Glosario de términos y acrónimos

BCI: Brain Computer Interface

DMX: (Digital MultipleX 512), protocolo para el control de la iluminación de espectáculos.

ECG: Electrocardiograma

EEG: Electroencefalograma

EMG: Electromiografía

EOG: Electrooculografía

EP: Potencial evocado

GSR: Galvanic skin response

HW: Hardware

IoT: Internet of Things

MI: Imágenes motoras (Motor Imagery)

MIDI: Musical Instrument Digital Interface

OSC: Open Sound Control

Pd: Pure Data

SW: Software

TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol

Anexo: Software liberado en código abierto

Todo el SW está puesto a disposición de la comunidad OpenSource en mi página de GitHub NeuroZine (<https://github.com/Avidabits/NeuroZine>), pero puesto que dicho SW va a estar en continua evolución, he considerado apropiado hacer una entrega física con el estado del SW en el momento de finalizar este trabajo.

Contenido SW del CD de entrega:

Caja de pandora I y II

- SW Processing para la visualización artística de ondas cerebrales procedentes de la plataforma MindFlex:
<https://github.com/Avidabits/NeuroZine/tree/master/CajaPandora>

Caja de pandora III

- External de Pure Data para comunicación TCP/IP con el “box” OpenVibe
“TCPWriter” para la transmisión de streams numéricos
<https://github.com/Avidabits/NeuroZine/tree/master/tcpOpenVibe>
- External de Pure Data para comunicación TCP/IP con el “box” OpenVibe
“TCPWriter” para la transmisión de señal procesable por el DSP de Pure Data:
<https://github.com/Avidabits/NeuroZine/tree/master/tcpOpenVibe~>
- Escenarios OpenVibe usados en la sonificación:
<https://github.com/Avidabits/NeuroZine/tree/master/sonificacion/escenariosOpenVibe>
- Patches Pure Data usados en la sonificación :
<https://github.com/Avidabits/NeuroZine/tree/master/sonificacion/patchesPd>

NeuroZine el neuro Fanzine: disponible en la página principal de NeuroZine. NeuroZine.pdf

Anexo: Lugares donde ocurren cosas

Algunos lugares donde ocurren cosas que tienen relación con el cuerpo, el arte y las interfaces húmedas.

Ars Electronica Center, espacio de investigación científica y arte, Linz, Austria,
www.aec.at/

BIY Bio Barcelona. An Open Wet Lab, espacio de biohacking, <http://www.diybcn.org/>
Eyebeam, Art and Technology Center, <https://www.eyebeam.org/>

Festival Transeuropa, <https://transeuropafestival.eu/>

Genspace, espacio de biohacking, www.genspace.org

<http://www.nime.org/> The International Conference on New Interfaces for Musical
Expression, fundada por Atau Tanaka

Interdisciplinary Centre for Computer Music Research, Universidad de Plymouth,
<http://cmr.soc.plymouth.ac.uk/bcni2015/>

La Fondation Daniel Langlois pour l'art, la science et la technologie, Quebec,
<http://www.fondation-langlois.org/html/e/>

Lev Gijón, (Laboratorio de Electronica Visual) Gijón , <https://levfestival.com/>

Linux Audio Conference, <http://linuxaudio.org/lac.html>, donde Donnarumma presenta xth
sense

MADATAC, Madrid, <http://madatac.es>

Makespace, Madrid, espacio de coworking de cultura digital DIY,
<http://makespacemadrid.org>

Medialab Prado, Madrid, espacio de co-creación para la cultura digital,
<https://www.medialab-prado.es/>

Music Hack Space, London, <http://musichackspace.org/>

Open Humans Foundation, <http://openhumansfoundation.org/>, www.openhumans.org

Taller Omnivoros, Madrid, espacio de coworking, escultura y arte sonoro,
<http://taller.omnivoros.net/>

Watershed Pervasive Media Studio, Bristol, <https://www.watershed.co.uk/studio/>

ZKM Centre for Art and Media, Karlsruhe, <https://zkm.de/en>

Datos personales y CV artístico abreviado



Llegué al arte desde el mundo tecnológico. Formada como ingeniera de Telecomunicación en los años 80, viví en primera persona la revolución que supuso la introducción de la informática en el día a día de las personas. Desde los inicios de mi carrera profesional he estado en lugares próximos al arte y el diseño, primero a través de mi especialización en diseño de interfaces humano-máquina, posteriormente en diseño de métodos de generalización de símbolos para sistemas de información geográfica y finalmente en diseño de sistemas multimedia e interactivos para vídeo y televisión. También he estado involucrada en proyectos multimedia, de gaming, de wearable computing, robótica y UX para colectivos con discapacidad.

Hace ahora unos seis años decidí iniciar los estudios de grado en Bellas Artes en la Universidad Complutense de Madrid que he finalizado en el curso 2015-2016. En realidad no se trata de un cambio tan radical.

Ahora deseo consolidar una trayectoria de arte electrónico y Creative Coding que sea generadora de conocimiento profundo sobre nuestras relaciones con nosotros mismos y con la tecnología.

Rosa Bernárdez Rodríguez (Avidabits)
Ingeniera, Artista, Creative Coder
Teléfono +34 619 019 269
e-mail rosa.bernardez@gmail.com

Webs:
<http://avidabits.tumblr.com>
<https://github.com/Avidabits>
<http://es.linkedin.com/in/bernardez>

Estudios:

- Grado en Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid, 2016
- MBA Executive, EOI: Escuela de Organización Industrial, 2003
- Ingeniera Superior de Telecomunicación, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid, UPM, área de radiocomunicación, 1990 (PFC 1996)

Publicaciones:

- 2015 – Poster “Viavélez: Patrimonio Histórico Industrial. El último puerto íntegro del Cantábrico” en XVII-Jornadas-Internacionales-de-Patrimonio-Industrial-INCUNA
- 2003 Presente y futuro de los juegos on-line, Comunicaciones de Telefónica I+D, nº 32 Noviembre 2003; <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4400769>
- 2001 Servicios de vídeo sobre comunicaciones móviles de nueva generación, Comunicaciones de Telefónica I+D, nº 21, Junio 2001; <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4491234>

Patentes:

- 2001. ES2155407 Dispositivo aplicable a la captura y transmisión de imágenes fotográficas a través de redes de datos de bajo ancho de banda (<https://worldwide.espacenet.com>)

