

Imaginary Machinescapes: Interpretaciones maquínicas de señales del espectro electromagnético hacia la creación de paisajes sonoros especulativos.

ESTEBAN Y. AGOSIN OTERO.

PhD Candidate. DXARTS, University of Washington, Seattle, Estados Unidos¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6085-3231>

Filiación institucional: Department of Digital Arts and Experimental Media (DXarts), University of Washington

Mail contacto: esteban.agosin@gmail.com

Universidad de Valparaíso

Facultad de Arquitectura

Revista Márgenes

Espacio Arte y Sociedad

**Imaginary Machinescapes:
Interpretaciones maquínicas
de señales del espectro
electromagnético hacia la
creación de paisajes sonoros
especulativos.**

Imaginary Machinescapes:

Diciembre 2023 Vol 16 N° 24

Páginas 13 - 24

Recepción: mayo 2023

Aceptación: agosto 2023

<https://doi.org/10.22370/margenes.2023.16.24.3900>

RESUMEN

El creciente uso de la inteligencia artificial (IA) en los contextos actuales plantea preguntas sobre qué tipo de caminos abre esta tecnología en el campo del arte. Tanto en aspectos éticos como estéticos parece imperativo reflexionar sobre sus usos e implicancias. Este ensayo surge de experimentos artísticos relacionados con el sonido, la naturaleza y los sistemas de inteligencia artificial (IA). En ese sentido, el foco de este trabajo está, principalmente, en las repercusiones estéticas de sistemas simbióticos entre naturaleza y tecnología. Esta investigación ha tomado como objeto de estudio la captura de señales de audio en campos electromagnéticos y frecuencias de radio. Asimismo, las consecuencias estéticas que el proceso de clasificación por *Machine Listening* (escucha automática) conlleva y las posibles interpretaciones y salidas que un sistema estético puede potencialmente generar.

Palabras clave. Escucha mecánica, *Machine Listening*, arte sonoro, lenguajes no humanos, ecosistemas tecnológicos, ontología de las máquinas, campos electromagnéticos, paisajes sonoros especulativos.

Imaginary Machinescapes: Machine interpretations of signals from the electromagnetic spectrum towards the creation of speculative soundscapes.

ABSTRACT

The growing use of artificial intelligence (AI) in current contexts raises questions about what kind of paths this technology opens in the field of art. In both ethical and aesthetic aspects, it seems imperative to reflect on its uses and implications. This essay arises from artistic experiments related to sound, nature and artificial intelligence (AI) systems. In that sense, the focus of this work is, mainly, on the aesthetic repercussions of symbiotic systems between nature and technology. This research has taken as its object of study the capture of audio signals in electromagnetic fields and radio frequencies. Likewise, the aesthetic consequences that the Machine Listening classification process entails and the possible interpretations and outputs that an aesthetic system can potentially generate.

¹Artista sonoro y de medios electrónicos originario de Valparaíso, Chile. Actualmente reside en Seattle, donde realiza su doctorado en Artes Digitales y Medios Experimentales. Su trabajo aborda la cuestión de cómo la tecnología podría proporcionar una perspectiva para observar y comprender nuestro entorno natural, social y político. Y también, indaga sobre las posibilidades estéticas de utilizar el arte y la tecnología para reimaginar y especular sobre nuestro entorno. Su trabajo involucra instalaciones sonoras y medios, objetos robóticos y *performance* de medios, y se ha presentado en festivales de arte y exposiciones individuales en Chile, Argentina, Brasil, Colombia, Estados Unidos, España, Finlandia y Francia. Además, ha trabajado como docente en diferentes universidades de Chile, Argentina y Estados Unidos, enseñando e investigando la intersección del sonido, los medios y la tecnología.

Keywords. Mechanical listening, Machine Listening, sound art, non-human languages, technological ecosystems, machine ontology, electromagnetic fields, speculative soundscapes.

INTRODUCCIÓN

El 31 de julio de 2017, el periódico británico *The Independent*, tituló: “Los robots de inteligencia artificial de Facebook se apagan después de que comienzan a hablar entre ellos en su propio idioma”[1]. Facebook había creado dos *chatbots* con la instrucción de dialogar y negociar entre ellos. Luego, los investigadores notaron que la forma en que los *chatbots* hablaban parecía comprensible para ellos, pero no para los humanos. El artículo explica que los robots simplificaron el lenguaje creando abreviaturas, tomando lo justo del idioma para comunicarse entre sí, creando un seudolenguaje.

La primera pregunta que trae esta anécdota mediática es ¿por qué la compañía detuvo las máquinas? Según el periódico, fue porque los *bots* estaban sirviendo a un experimento de comunicación humana, y según los resultados, los *bots* se movieron en una dirección diferente. Esa explicación también plantea preguntas sobre la utilidad y funcionalidad de estos sistemas de inteligencia artificial. A pesar de que los investigadores no han mencionado más sobre el “incidente”, se deduce que los *chatbots* fallaron, dejaron de ser útiles para el sistema, y los robots se movieron hacia una dirección experimental, generando resultados incoherentes e impredecibles. Esta anécdota trae reflexiones sobre, ¿desde qué reglas y contexto crearon estas máquinas este seudolenguaje?, permitiéndonos preguntar, ¿podría la tecnología ir más allá y crear su propia existencia, más allá de los seres humanos? ¿Es posible crear sistemas que den paso a la ontología de las máquinas? Este documento describe y reflexiona a partir de una serie de experimentos sobre el uso de *Machine Listening* en interacción con sonidos del entorno. En este sentido, la pregunta principal de este ensayo es qué tipo de caminos abre la intersección entre la naturaleza y la IA. Como metodología, este documento reflexiona respecto a la investigación artística como respecto del proceso técnico.

Finalmente, describe una obra de arte que generó esta investigación.

IDEAS PREVIAS: “LA OREJA”

Esta investigación surge de preguntas que generó mi investigación artística anterior. Ese proyecto se llamó “La Oreja”. Es un sistema basado en un micrófono parabólico capaz de recoger voces del espacio público y transformarlas en textos. Esos textos alimentan un conjunto de datos que se entrenan a través del Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP) usando como sistema GPT-2. Este entrenamiento crea nuevos textos experimentales basados en lo

que la máquina ha estado escuchando día a día. Para este propósito, utilicé una tecnología de Voz a Texto en tiempo real de Google. Es una tecnología poderosa, muy precisa y exacta, pero pensada para condiciones específicas. Eso significa que la relación señal-ruido no debe ser demasiado grande para optimizar su funcionalidad y minimizar los errores. En esa investigación, la exploración consistió en poner el sistema en condiciones reales, voces rodeadas de otros sonidos en un espacio público. El micrófono parabólico permitió focalizar la señal, amplificando acústicamente las voces a largas distancias. Sin embargo, debido a que las condiciones acústicas no eran óptimas para el reconocimiento de voz, los resultados fueron muy imprecisos. El promedio de eficiencia disminuyó considerablemente, degradando la información obtenida y generando textos incoherentes. Por lo tanto, todo el proceso posterior fue una cadena continua de errores, permitiendo que la generación de texto con NLP creara textos aún más extraños, pero al mismo tiempo experimentales y de alguna manera también poéticos.

A continuación, se muestra un ejemplo de un texto falso generado después de dos días de escuchar conversaciones en el espacio público y de entrenar el modelo por NLP. Tuvo lugar en Madrid, España, en el Festival de Arte Sonoro IN-SONORA 2022.

“Ahí vamos a la licuadora licuadora licuadora a cargar la tumba del machismo Madrid
allá
nosotros vamos
a
la
licuadora
licuadora
licuadora
llevar
a la
tumba
el
sexismo de
Madrid”



> **Fig 1. “La Oreja” IN-SONORA, Festival de Arte Sonoro, Madrid, 2022**

En este proceso fue posible observar cómo al forzar un poco esta tecnología fuera de sus condiciones técnicas ideales, el sistema falla y comienza a cometer errores. Los textos que finalmente produce el reconocimiento de voz, tratando de predecir lo que la máquina está escuchando, da lugar a resultados inesperados, generando una oportunidad estética para reimaginar o especular acerca de nuestro entorno sonoro, basado en la ineficiencia de la máquina y, por lo tanto, en sus fallas.

Finalmente, esta investigación plantea preguntas acerca de qué otros sonidos pueden “entender” los sistemas de inteligencia artificial. ¿Es posible reconocer sonidos complejos, como los sonidos cotidianos y naturales, a través del procesamiento de señales y *Machine Listening*?

EL ENTORNO SONORO Y MACHINE LISTENING

Tratando de resolver la pregunta mencionada en torno a qué otro tipo de naturalezas la IA es capaz de entender e interpretar, comencé a explorar el reconocimiento de sonidos basado en *Machine Listening*. En términos generales, esta tecnología analiza un archivo de audio o un flujo de sonido en vivo. Usando un modelo de inteligencia artificial, compara el archivo de audio con un set de datos entrenados compuesto por grabaciones de campo etiquetadas. Finalmente, usando una red neuronal artificial, predice qué sonido es y proporciona una categoría.

Para ello, utilicé un modelo de Google, *AudioSet Ontology*. Este se basa en un gran set de datos de videos de YouTube con más de dos millones de sonidos, capaz de proporcionar 527 categorías.

La primera exploración utilizando ese modelo fue crear un pequeño código en el que un micrófono capta sonidos ambientales, creando un flujo de audio en bucle. Cada cinco segundos, el programa genera un archivo de audio a partir de la señal capturada por el micrófono, para ser analizado por el modelo y obtener posibles categorías.

Para el propósito para el cual se creó este modelo, la clasificación y categorización de sonidos puede ser muy poderosa. Si pensamos en los subtítulos descriptivos de películas, por ejemplo, esta tecnología puede cumplir un rol muy eficiente.

En ese sentido, la principal conclusión de este experimento fue que, en condiciones ideales, el modelo es capaz de reconocer precisamente qué tipo de sonido es. Incluso, en algunos casos, la categoría entregada puede ser muy específica. Pero para fines artísticos y conceptuales, esta experimentación planteó preguntas sobre ¿qué significa que una máquina sea capaz de categorizar un sonido?, ¿realmente esta operación genera significados y una posible experiencia estética?

Un posible enfoque para tratar de responder a la pregunta planteada anteriormente es la perspectiva que propone el filósofo uruguayo, Néstor García Canclini, sobre qué podemos

entender sobre arte. Él afirma que el arte contemporáneo se expresa en lo que él denomina un “estado de inminencia”. Lo explica como un estado emocional que una obra de arte provoca, en el que las cosas están en suspenso, y algo está a punto de suceder. En cierta forma, la experiencia artística se encuentra en ese punto en el que la obra observada es lo suficientemente clara como para capturarlos, pero también enigmática para encontrar en ella nuestros propios conceptos y significados. Ese estado emocional genera la curiosidad de despertar la intención de pensar y reflexionar sobre cosas que están implícitas o no totalmente expresadas.

Desde mi perspectiva, esa visión conlleva la idea de que el arte es una experiencia en la que sus contenidos deben tener suficiente materia y significado para darle al público la oportunidad de observar y pensar, es decir, el arte no es solo contenido de belleza, sino que es una experiencia provocativa que, como observadores, experimentamos a través de un estado sensitivo y racional que navega entre la confusión y la certeza. Es entonces un contenedor de ideas, especulaciones, definiciones y ficciones. En ese sentido, las estrategias para dar esa oportunidad de observación responden a ese estado entre lo explícito e implícito, entre las pistas y las declaraciones, siendo lo inesperado y la inminencia el hilo conductor para encontrar significados. Bajo esta perspectiva, cabe preguntarse cómo puede el reconocimiento de sonido, a través de sistemas de IA, ser un puente para ir más allá y crear un resultado estético. Frente al reconocimiento sonoro proporcionado por máquinas “artificialmente inteligentes”, capaces de categorizar los sonidos de un ambiente y, por lo tanto, de generar un campo de significados sobre el mundo que nos rodea, parece necesario preguntarse qué hacer con esta nube de palabras, cómo y qué tipo de caminos puede abrir este campo semántico generado, qué tipo de experiencias artísticas pueden emerger más allá de lo literal y lo obvio de su funcionalidad.

LA INTERDEPENDENCIA DE LAS UNIDADES.

Desde la perspectiva de Vilem Flusser (2011), nuestra sociedad está viviendo una era sistémica. La humanidad se movió de la forma de pensar histórica, en la cual los fenómenos responden a procesos de causa y efecto de manera lineal, hacia la era en la que las cosas son parte de un sistema compuesto por elementos que están conectados entre sí, generando una red compleja de representaciones y significados. Esta reflexión de Flusser proviene, esencialmente, de proyectar cuáles son las consecuencias que trajo al mundo la revolución industrial y, por ende, las relaciones sistémicas que las máquinas proveen para rediseñar las formas de pensar [5]. Desde esta perspectiva, es posible deducir que la capacidad de clasificar, como método de pensamiento, en el cual los elementos de un sistema se disgregan de su contexto, y produce una atomización, no

necesariamente generan significados, puesto que, desde una mirada sistémica, las ideas y el conocimiento emergen a partir de las conexiones e interdependencia de sus partes. En el caso del proceso de *Machine Listening*, esta tecnología es capaz de localizar un objeto dentro de una nube de conceptos, generando un campo de palabras, pero la pregunta es ¿cómo generar conexiones con otras entidades, memorias o conceptos para generar un sistema significativo?

Yendo aún más lejos, Donna Haraway establece la idea de *simpoiesis*. Ella afirma que la interrelación entre entidades es una relación cooperativa; señala que un sistema vivo no es realmente capaz de autoorganizarse, necesita de otras entidades para vivir y reproducirse. Haraway lo explica diciendo que *simpoiesis* incluye el concepto de *autopoiesis*, pero se extiende de manera generativa. [6]

En este sentido, los desafíos respecto a esta investigación artística son cómo la relación entre la naturaleza y la máquina puede actuar como un sistema donde la intersección, interdependencia y simbiosis de sus partes genera significados posibles para crear nuevos escenarios, símbolos y realidades.

EXPERIMENTANDO CON EL SONIDO Y CONECTANDO CON OTROS CAMPOS SEMÁNTICOS.

Para responder a este desafío artístico, el siguiente experimento intentó poner este proceso de categorización en un sistema que pudiera proporcionar otra capa de significados, basado en la pregunta de cómo las categorías entregadas por el reconocimiento de sonido pueden obtener un resultado diferente, más allá de la literalidad de la categorización.

Para este experimento, utilicé el repositorio de sonidos de código abierto *Freesound* [www.freesound.org].

Freesound es un repositorio gratuito donde todos los miembros de la comunidad pueden subir grabaciones de campo y efectos de sonido. Este repositorio contiene más de 500.000 sonidos, ofreciendo una gran biblioteca de diferentes tipos de sonidos.

Este nuevo ejercicio complementa el anterior. Lo cual, esencialmente, consistió en:

Machine Listening reconoce un sonido del ambiente y da una categoría, el sistema se conecta con el repositorio de *Freesound*, utiliza la categoría reconocida como etiqueta, y descarga y reproduce un archivo de audio con la misma etiqueta y categoría.

A continuación, un ejemplo de cómo funciona el bucle utilizando el modelo de IA y *Freesound*.

En bucle

...

SEÑAL DE ENTRADA: Micrófono abierto, dentro de la habitación, comenzando sin ningún sonido (muestra de cinco segundos)

CATEGORÍA RECONOCIDA: "SILENCIO"

OPERACIÓN: Descargar un sonido al azar etiquetado como "SILENCIO" de freesound.org

SALIDA: Reproducir en los altavoces el sonido descargado

SALIDA = ENTRADA...

Tomando este ejemplo, una característica particular de Freesound es que muchos audios etiquetados como "SILENCIO" no son necesariamente silencios físicos, pues en algunos casos son paisajes sonoros tranquilos, paisajes naturales o rurales o, incluso, zumbidos o ruidos. Esto se debe a que, probablemente, un miembro de la comunidad de Freesound subió al repositorio un sonido que, por alguna razón, a él le evoca una especie de "silencio", etiquetando como un sonido de silencio.

Este ejercicio yuxtapone dos mundos semánticos (Audio-Set Ontology y Freesound), ambos con criterios de etiquetado muy diferentes. El primero utiliza etiquetas basadas en Wikipedia y descripciones humanas hechas arbitrariamente por el equipo de Google. Y el otro, Freesound, en el que cada miembro de la comunidad utiliza sus propios criterios, siendo el etiquetado muy poco controlado.

Por lo tanto, aunque la categorización del modelo de escucha de la máquina sea muy precisa, solo conectarse con Freesound abre resultados inesperados. Una situación común en este experimento fue que el sistema reconoce "SILENCIO" primero, luego muestra un paisaje sonoro rural tranquilo que contiene sonidos de aves, luego la siguiente categorización podría ser "ANIMALES", reproduciendo de esa manera sonidos etiquetados como "ANIMALES", y así con ello comienza una construcción de caminos, en este caso sonoro, difícil de predecir.

Aunque pueda parecer obvio, en este ejercicio el tipo de sonido que el sistema producirá dependerá del tipo de señal de entrada. Es evidente que los resultados serán, en cierta medida, aleatorios y estarán fuera de control, pero las entradas pueden dirigirse a un tipo o familia específica de sonidos, lo que proporciona un nivel de control. En otras palabras, dependiendo de la precisión con la que el sistema reconoce el sonido de entrada, habrá más control sobre la salida y los resultados serán más predecibles, generando una poderosa interdependencia entre la señal capturada del entorno, la categorización del sistema de inteligencia artificial y el paisaje sonoro ficticio creado a partir de los archivos de sonido de Freesound.

La pregunta que surge es: ¿hasta qué punto el sistema puede alejarse de la señal de entrada para obtener sonidos

impredecibles? ¿Cómo puede el sistema escapar de la interpretación literal y la conexión obvia entre entrada y salida?

EL INPUT: SEÑALES DE TECNONATURALEZA.

Para salir de la literalidad del reconocimiento de sonidos, parecía necesario tener una señal de entrada con cierta complejidad, para empujar al modelo de inteligencia artificial a su límite de comprensión. En este sentido, decidí utilizar sonidos que provienen de campos electromagnéticos y señales de radiofrecuencia, utilizando una antena *loop* capaz de capturar señales de radio, desde dispositivos electrónicos, redes eléctricas, fenómenos tecnológicos y naturales.

Desde mi perspectiva, hay tres razones para explorar las señales de campo electromagnético como entradas.

En primer lugar, las señales de campo electromagnético son sonidos complejos que, incluso para los humanos, son difíciles de describir. Probablemente, el primer enfoque sea reconocerlos como ruidos, pero en el segundo nivel de escucha, los humanos intentan describirlos como algo único con más especificaciones. En este sentido, aunque no los entendamos, tratamos de asociarlos con algo familiar. Esa capacidad de conexión genera significados y narrativas. Sin embargo, en el caso de la inteligencia artificial, ¿qué sucede cuando la señal de entrada no forma parte del set de datos? ¿Qué tipo de comprensión, interpretación y, por lo tanto, conexiones son posibles de hacer con ese desafío?

En segundo lugar, esas señales provienen de diferentes tipos de fenómenos, como fenómenos naturales, actividades humanas y tecnológicas. Al mismo tiempo, es muy difícil establecer la relación entre la fuente física que produce la señal y el sonido escuchado. Esa desconexión entre la fuente y el sonido proporciona un campo de estudio sonoro que implica una ambigüedad conceptual, abriendo la percepción a formas especulativas de comprensión. Si pensamos en las tormentas solares que viajan a través de frecuencias muy bajas en el espectro de radio y luego las escuchamos, el resultado del sonido probablemente estaría muy lejos de la idea que podemos imaginar sobre cómo son las tormentas solares. Lo mismo puede ocurrir con los satélites, las señales telefónicas y otros tipos de actividades no naturales. Esos fenómenos inaudibles pueden ser escuchados a través de dispositivos tecnológicos, en los cuales las señales eléctricas que viajan por el espectro de radio son transducidas en señales de audio. Por lo tanto, esos fenómenos inaudibles, que no forman parte de nuestra experiencia sonora, generan un interesante conflicto en cuanto a categorizaciones, descripciones, interpretaciones y posibles significados y narrativas.

En tercer lugar, el espectro de radio, por donde viajan las señales electromagnéticas, es un campo enorme. Con el dispositivo y la tecnología adecuada, es posible capturar un número significativo de señales relacionadas con diferentes

tipos de fenómenos. En este sentido, estos tipos de señales proporcionan tipos de sonidos impredecibles, que son diversos y numerosos.

Bajo esta perspectiva, podríamos categorizar estas señales como sonidos no humanos o también como una naturaleza tecnológica. Son parte de otra capa del ambiente, una mezcla entre actividades tecnológicas, humanas, y también fenómenos naturales, pero todos ellos no son parte de nuestro mundo audible, visible, experimentado y reconocible. En cierto modo, las señales que viajan por el campo electromagnético son una categorización diferente de nuestro entorno, siendo posible llamarlo como una tecnonaturaleza.

La idea de tecnonaturaleza, explorada por el profesor Damian F. White, de la Escuela de Diseño de Rhode Island, ayuda a entender y conceptualizar la compleja relación entre la naturaleza y la tecnología, cuestionando qué tipo de ciudades, ecosistemas y ecologías habitamos en nuestra era. En su libro *Tecno Naturalezas: entornos, tecnologías, espacios y lugares en el siglo XXI*, el profesor White declara sobre este concepto: "Las tecno naturalezas resaltan una creciente gama de voces que consideran la afirmación de que no solo habitamos diversas naturalezas sociales, sino que dentro de tales naturalezas nuestro conocimiento de nuestros mundos es cada vez más mediado, producido, promulgado y disputado por la tecnología". [7]

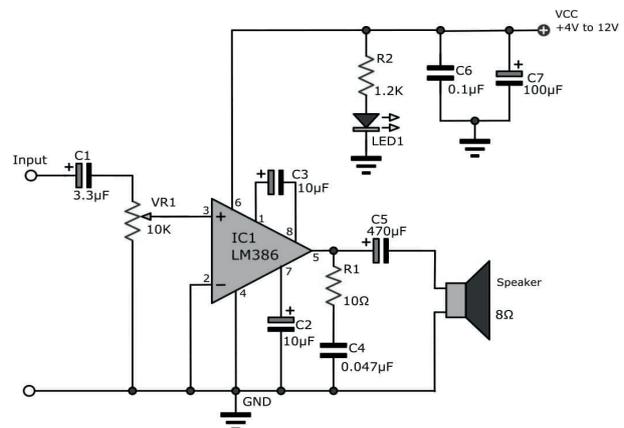
En este sentido, es posible afirmar que estas señales son ondas que viajan por el aire, que ocurren en nuestro ambiente y naturaleza, pero que, necesariamente, son mediadas por la tecnología a través de antenas y otros aparatos tecnológicos. Esa relación, que conecta la tecnología y la naturaleza, genera una simbiosis que integra los ecosistemas tecnológicos y naturales.

LA ANTENA: UN LOOP EN GEOMETRÍA DE DIAMANTE

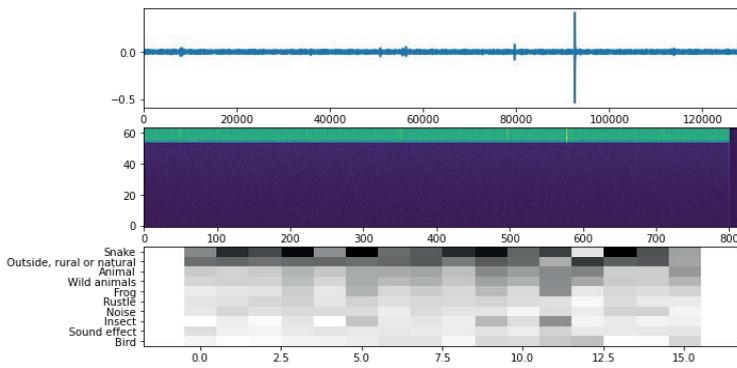
Básicamente, una antena es un dispositivo capaz de capturar una señal eléctrica que viaja por el aire. Este aparato tecnológico intercepta una porción de ondas electromagnéticas, transformando la energía eléctrica en señales de radio.

Conceptualmente, una antena es un objeto físico capaz de obtener información invisible e inaudible del entorno y transformarla en algo que posiblemente pueda ser experimentado.

Como primer acercamiento, fabriqué una antena *loop* basada en la geometría del diamante.



- > Fig 2. Bucle de antena hecho a mano
- > Fig 3. Circuito amplificador LM386



> **Fig 4. Muestra del sonido captado por la antena y analizado por el modelo.**

La primera experimentación con esta antena consistió en conectarla a un amplificador. Básicamente, la porción principal de las frecuencias de ondas de radio que esta antena fue capaz de capturar fue amplificada por un circuito de amplificador operacional, basado en el chip LM386. [8]

Esencialmente, este sistema fue capaz de captar señales de la red eléctrica y dispositivos electrónicos que se encontraban alrededor de la antena.

La señal de sonido obtenida fue bastante estable, pero tenía algunas pequeñas variaciones, probablemente debido a la actividad humana alrededor, pero con características similares todo el tiempo.

ANTENA, CAMPO ELECTROMAGNÉTICO, MACHINE LISTENING Y FREESOUND

El siguiente análisis muestra lo que el modelo de Audioset Ontology fue capaz de reconocer de la señal que recibió de la antena.

Aunque el sonido capturado no es parte del set de datos del modelo utilizado, el sistema proporciona las categorías más similares a su set de datos.

El sonido captado por la antena era muy similar al ruido relacionado con el zumbido eléctrico. De hecho, el sonido está alrededor de los 60 Hz, la frecuencia de la corriente eléctrica en Estados Unidos (lugar donde se realizó el test).

Sin embargo, la figura 4 muestra que la señal se asoció principalmente con un sonido de "SNAKE" (SERPIENTE).

En este sentido, es muy interesante observar cómo el sistema falla cuando se le empuja solo un poco más allá de su área conocida.

La posible conclusión que se puede extraer de este experimento es que este tipo de modelos, aunque sean extremadamente grandes, son limitados. Están basados en sesgos inspirados en el supuesto principio de objetividad y en lo que se considera importante para ser considerado como parte del set de datos. El modelo estandariza la complejidad de nuestro entorno en un campo limitado de categorías.

Pero las limitaciones son parte de la lógica de las máquinas en general. En ese sentido, uno de los avances conceptuales más importantes que causó un cambio de perspectiva sobre lo que se supone que es el sistema de inteligencia artificial, fue entender que estos sistemas, finalmente, sirven para una tarea muy específica, con un campo de acción cerrado, otorgándole a lo limitado y funcional una cualidad ontológica a las máquinas, cuestión que nos permite desmitificar la idea de "inteligencia", o al menos distanciar la idea de humanizar las máquinas.

Esta cualidad ontológica, es decir, las limitaciones de la máquina y el sesgo del modelo, proporcionan justamente su riqueza, estas fallas son una posible forma de avanzar hacia resultados impredecibles, a formas de "razonar" que

no son humanas, lo cual abre caminos creativos y nos hace pensar en el sentido de por qué utilizar estos modelos en prácticas artísticas. De alguna manera, esas fallas abren una grieta que permite explorar territorios imaginarios y especulativos de cooperación y codependencia entre máquina y humano. Para esta investigación, esa cualidad permitió generar paisajes y territorios ficticios, inesperados e incontrolados que, finalmente, se basan en la interdependencia y simbiosis de naturaleza y tecnología.

Otra perspectiva que abre este experimento, son preguntas sobre la relación entre la fuente física y las posibles salidas entregada por Freesound. La distancia entre el elemento escuchado y analizado y el paisaje sonoro resultante puede ser muy distante, permitiendo la generación de territorios especulativos basados en señales naturales interpretadas y recreadas por una máquina.

Este procedimiento experimental genera preguntas sobre el conflicto entre lo local y lo global, las unidades y las interrelaciones de sistemas, y también los territorios en contraposición a los paisajes creados por las máquinas.

A pesar de que este proceso abre una posible experiencia estética, surgen preguntas sobre la antena como aparato. La antena es un objeto funcional, pero también puede ser simbólico. Como parte de un sistema, su papel debe ser capaz de hacer el trabajo adecuado, pero el objeto en sí mismo también puede tener un rol estético. ¿Qué representaciones en este sistema puede adoptar? ¿Cómo la antena puede adquirir un carácter como entidad única?

LA ANTENA: UNA ARQUITECTURA VIVA

Debido a la existencia de una dependencia de la geometría con la respuesta en frecuencia de las antenas, surge un rico campo experimental en términos de la forma. Ciertas formas están bien estudiadas, por lo tanto, es posible calcular la respuesta en frecuencia con respecto al material, la geometría y el tamaño. Como mencioné en este ensayo, este es un proyecto experimental y estético, por lo que la intención principal no es necesariamente obtener frecuencias y señales específicas, sino crear un objeto donde capturé información incalculada, para avanzar y descubrir resultados inesperados. Esta forma de operar permite, desde mi perspectiva, llegar a un campo de exploración más rico, donde cada forma, cada geometría tendrá su propia característica y su propia respuesta en frecuencia.

Esa idea nos permite escapar de la "eficiencia de la antena" y entrar en un territorio experimental, donde las posibilidades de diferentes geometrías, estructuras y formas pueden ir más allá de las características técnicas.

Por lo tanto, es posible preguntarse, ¿cómo puede la antena ser también un objeto simbólico?, ¿cómo puede la antena tener su propia identidad y sus propias características?, además, ¿cómo puede el objeto convertirse en algo más escultórico?

Bajo estas preguntas, y tratando de ser coherente con algunas ideas conceptuales que ya han aparecido, esencialmente: lo no humano, la interdependencia entre la naturaleza y la tecnología, la idea de tecnonaturaleza, los territorios especulativos e imaginarios creados por las máquinas, es que tomé ideas del arquitecto Buckminster Fuller. Una de sus principales ideas conceptuales, que llamó mi atención, es la idea de crear principios arquitectónicos que no provengan de la elaboración humana; es así como uno de sus conceptos más conocidos, llamado Tensegridad, proviene de un origen biológico, como las células, las moléculas de agua y criaturas biológicas.[9]

Explica el principio de la tensegridad como una red continua de equilibrio y sinergia entre fuerzas de tensión y compresión, creando una estructura autosoportante basada en patrones geométricos: "un sistema que se estabiliza mecánicamente debido a la forma en que las fuerzas tensionales y compresivas se distribuyen y equilibran dentro de la estructura". [10].

Además, en relación con la vinculación entre tensegridad y biología, el artículo "Tensegridad, biología celular y la mecánica de los sistemas vivos", de Ingber, E.; Wang, Ning y Stamenović, D. 2014, demuestra que, a nivel molecular, la estructura de las células se basa en el principio de la tensegridad, pero yendo más allá, la tensegridad también ha permitido que las células detecten y respondan a señales externas, esencialmente porque esa red equilibrada también puede ser modificada estructuralmente si solo se perturba uno de sus elementos.

Esta característica particular de la tensegridad transforma este principio arquitectónico en algo que va, incluso, más allá de lo meramente funcional y técnico. Conceptualmente, es una estructura modelable, cambiante y receptiva al entorno; de alguna manera es un objeto que forma parte de un sistema como una estructura viva:

"En su núcleo, la tensegridad es un sistema que proporciona estabilidad estructural al imponer una pre-compresión tensil en sus elementos compresivos y tensiles. Pero la naturaleza ha aprovechado este principio fundamental de construcción de muchas maneras y en todas las escalas de tamaño para crear estructuras moleculares multimodulares y jerárquicas cada vez más complejas, lo que ha llevado a la emergencia y evolución de células y organismos vivos" [11].

Lo expuesto anteriormente refuerza dos conceptos en este proyecto. Por un lado, la idea de que la interdependencia crea sistemas complejos y dinámicos, y por otro lado, la idea de entidades vivas y mecánicas como parte de un sistema integrado.

En este sentido, tomé el experimento estructural realizado por el estudiante de Fuller, el escultor Kenneth Snelson. Se trata de una estructura autosoportante donde los elementos rígidos no se tocan entre sí y suspendidos en una red continua de cables generan una tensión equilibrada. Este principio estructural permite la creación de geometrías

muy particulares, una dicotomía entre patrones e irregularidades, y también entre la unidad y la multiplicidad, entre lo frágil y lo fuerte, y lo biológico y lo mecánico.

Tomando la estructura más básica de los modelos de Kenneth Snelson (fig. 5), usando tres elementos rígidos y una red continua de vueltas de alambre de cobre que los equilibraban entre tensión y compresión, se creó mi primer prototipo de Antena de Tensegridad.

RADIO DEFINIDA POR SOFTWARE

Uno de los problemas técnicos que conlleva problemas estéticos es cómo procesar la señal capturada por la antena. Trabajar con receptores analógicos trae el problema de que las señales están fijas en un rango de frecuencia, lo que resulta en una captura limitada y constante, por lo tanto, un número extremadamente reducido de posibles categorías interpretadas por el sistema de *Machine Listening*; en consecuencia, posibles paisajes sonoros recursivos y monotemáticos.

Para superar ese problema, la antena se conectó a un sistema de Radio Definido por Software (SDR por sus siglas en inglés). Básicamente, la tecnología de radio SDR reemplaza los dispositivos analógicos por una función de software, reduciendo la cantidad de dispositivos analógicos (moduladores, receptores, amplificadores) en un solo dispositivo que se conecta a la computadora, permitiendo escanear señales de radio en un amplio rango de frecuencias.

Para este experimento se utilizó un dispositivo RSPdx, que es un SDR de 14 bits de banda ancha de un solo sintonizador y con todas las características que cubre todo el espectro de RF desde 1 kHz hasta 2 GHz, proporcionando hasta 10 MHz de visibilidad de espectro.

El dispositivo generó la posibilidad de escanear diferentes frecuencias de radio, proporcionando una variedad de señales con diversos comportamientos, produciendo una amplia gama de sonidos y, por lo tanto, una variedad de posibles categorías que el sistema de inteligencia artificial puede reconocer y entregar, generando de esa manera, un paisaje sonoro más diverso y cambiante.

EL SISTEMA: IMAGINARY MACHINESCAPES

Finalmente, la primera iteración de esta investigación fue una antena de bucle hecha a mano, capaz de detectar señales que viajan en campo electromagnético. Utilizando un sistema basado en Radio Definida por Software, el algoritmo busca y explora, en tiempo real, diferentes señales de radio, desde VLF hasta VHF, seleccionando tipos de sonidos que no son reconocibles por los humanos como algo familiar. Esto significa sonidos cercanos al ruido, que está llenos de ellos en el espectro del campo electromagnético, desde sonidos de la naturaleza hasta señales de WiFi, señales de teléfono, señales satelitales y otras señales irreconocibles.



- > Fig 5. Modelo de antena de tensegridad, de Kenneth Snelson (fuente: del autor)
- > Fig. 6. Diagrama de flujo del sistema.

La antena es una entidad única, por un lado, funcional y, por el otro, un objeto estético. Es una escultura de tensegridad cubierta por alambre de cobre. Los sonidos que la antena es capaz de capturar son procesados por un modelo de Escucha de Automática (IA) para reconocer qué tipo de sonidos está capturando y escuchando la antena. Debido a la complejidad de los sonidos del campo electromagnético, el sistema de inteligencia artificial falla constantemente, siendo incapaz de entregar la categoría correcta, abriendo así nuevos y sorprendentes caminos basados en sesgos, fallos y errores de la máquina.

Utilizando las categorías reconocidas por la inteligencia artificial como etiquetas, el sistema descarga constantemente, en tiempo real, sonidos del repositorio colaborativo freesound.org. Luego, a través de una familia de altavoces instalados y colgados del techo alrededor de la antena, los sonidos recolectados de freesound, utilizando las “etiquetas erróneas”, se despliegan en un nuevo paisaje sonoro.

En ese transcurrir de fallas, en el cual el modelo trata de encontrar el sonido más parecido en su set de datos, el sistema, por las características de la señal capturada, constantemente hace relaciones con sonidos vinculados a la naturaleza. En general, el campo semántico que abre el sistema es extendido a categorías como AGUA, MAR, ANIMALES, PÁJAROS, CASCADAS, LLUVIA, VIENTO, SERPIENTE, etc. En este sentido, se genera una relación simbiótica entre máquina y naturaleza: son sonidos que viajan en el aire, que son inducidos por una antena, analizados por una máquina y, finalmente, recategorizados como sonidos de la naturaleza.

El sistema crea un ecosistema maquínico, un ambiente sonoro imaginario e inesperado basado en lo que la máquina está escuchando y en lo que la máquina entiende e interpreta del entorno, creando una realidad yuxtapuesta entre las señales de radio, el reconocimiento de la inteligencia artificial y las etiquetas de freesound. Por lo tanto, el sistema genera un nuevo campo semántico expresado en narrativas sonoras experimentales, que nos permiten reflexionar sobre la extensión de la escucha hacia interpretaciones no humanas de nuestro entorno natural.

Esta primera iteración formó parte del Festival Internacional de la Imagen en la ciudad de Manizales, Colombia, en octubre de 2022. La experiencia estética se podría describir como una invitación a las personas a observar a través de una actitud de escucha un nuevo paisaje sonoro creado por la especulación de una máquina. La instalación sonora es una experiencia en la que el público camina alrededor y descubre sonidos, e imagina de dónde provienen estos sonidos. En este sentido, el sistema (computadoras, cables, altavoces, la antena) está escaneando, procesando y reubicando sonidos de las señales de radio, radiación de dispositivos tecnológicos domésticos, señales no humanas e, incluso, sonidos naturales de muy largas distancias, obteniendo como resultado un paisaje sonoro multicanal, a



> Fig 7-8. “Machinescapes Imaginarios”, Festival de la Imagen, Manizales, Colombia, 2022.

través de la combinación de ruido, transmisión de radio, campos electromagnéticos y textos. Por lo tanto, se crea un territorio mediado por una máquina, proyectado como un paisaje sonoro ficticio e imaginario.

CONCLUSIÓN

Esta exploración, experimentación e investigación artística se puede separar en dos posibles reflexiones.

En primer lugar, el problema de la inteligencia artificial a través de los sistemas de escucha y reconocimiento de sonido. La pregunta principal en este punto es desde qué perspectiva una máquina puede entender e interpretar el mundo que nos rodea. Al menos hasta ahora, la inteligencia artificial, de alguna manera, trata de emular e imitar la forma de pensar humana. El reconocimiento de sonido es un muy buen ejemplo de esto. Básicamente, se utiliza una gran cantidad de información disponible para clasificar las cosas que nos rodean. Aunque es básico, es una forma humana de abordar nuestra realidad. Comprendiendo que la inteligencia artificial es parte de la tecnología predominante, es claro por qué se hace de esa forma. De alguna manera, la inteligencia artificial intenta reemplazar los deberes humanos e, incluso, intenta hacerlo mejor que los humanos. Esto no es algo nuevo, desde la revolución industrial hasta ahora, las máquinas han tenido el mismo propósito: optimización en función de una mayor rentabilidad. Pero, tratando de ir más allá, pensando que las máquinas son, de alguna manera, parte de nuestro ecosistema, por lo tanto, especulando sobre cómo las máquinas establecen su propia forma de pensar, surgen preguntas sobre cómo esta tecnología puede avanzar hacia lenguajes que no son humanos. Esas ideas provocan una investigación experimental más profunda sobre la formación de datos, la construcción de set de datos y la conexión con otros posibles campos semánticos, cuestionando desde qué perspectivas pueden aprender las máquinas, cuáles son los posibles parámetros de aprendizaje y qué tipo de reglas pueden gobernar esos sistemas.

Hasta ahora, desde mi perspectiva, esta investigación presenta una pista interesante: las fallas de la máquina abren una grieta que permite escapar de la literalidad, por lo tanto, escapar del propósito de la funcionalidad. Esta grieta genera caminos para especular sobre hacia dónde podemos mover la reflexión en torno a las máquinas y su relación con el mundo humano, natural y también no humano. Explorar aún más lo inesperado como un terreno de construcción de significados, a partir de ese espacio incontrolado, "la falla", "el error", abre camino hacia interpretaciones y significados que son, posiblemente, propios de las máquinas, por lo tanto, hacia la idea de ontología de las máquinas. En segundo lugar, otra reflexión emerge en relación con las antenas como un objeto vivo. Tomando las ideas expresadas en este documento sobre la relación entre antenas

y estructuras biológicas, surgen preguntas sobre cómo la antena puede ir más allá en su materialidad, geometría, funcionalidad y esculturalidad. La relación entre el concepto de tensegridad y las estructuras biológicas no solo trae un posible desarrollo de más antenas/esculturas de tensegridad.

Aunque esa relación aborda posibles arquitecturas posthumanas, esa sinergia también abre especulaciones sobre la exploración de la idea de bio-antenas. Esa investigación, potencialmente, podría involucrar una intersección de biomateriales, bacterias, reacciones químicas, detección y transducción, objetos que, de alguna manera, pueden crecer o autogenerarse remodelando su estructura, por lo tanto, su funcionalidad y su esculturalidad.

Ejemplo de ello es el proyecto del artista Martin Howse "Radio Mycelium", que explora la posibilidad de los hongos como transmisor a través de la red de conexiones subterráneas.

Asimismo, otras experimentaciones en torno a la utilización del agua de mar como antenas e, incluso, el ADN humano para transmitir información como radiofrecuencia dentro del cuerpo humano.

En este sentido se abren preguntas sobre la utilización de la inteligencia de la naturaleza como otros posibles modelos de comunicación e, incluso, como otros posibles modelos de desarrollo.

Estas posibles exploraciones, que especulan sobre la idea de una antena como criatura viva en interacción con el desarrollo conceptual de ontología de la máquina, nos permiten mirar a través de la idea de ecosistema maquínicos, y enfocar la pregunta en el rol de la tecnología en el ecosistema y, sobre las posibles relaciones, tanto políticas, como estéticas, entre naturaleza, especies biológicas y máquinas.

REFERENCIAS

- Griffin Andrew, "Facebook's artificial intelligence robots shut down after they start talking to each other in their own language", The Independent, July, 2017. <https://www.independent.co.uk/life-style/facebook-artificial-intelligence-ai-chatbot-new-language-research-openai-google-a7869706.html>
- Jort F. Gemmeke, Daniel P. W. Ellis, Dylan Freedman, Aren Jansen, Wade Lawrence, R. Channing Moore, Manoj Plakal, Marvin Ritter, "Audio Set: Ontology and Human-Labeled Dataset for audio events". (ICASSP IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2017, <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/en//pubs/archive/45857.pdf>)
- Jort F. Gemmeke, Daniel P. W. Ellis, Dylan Freedman, Aren Jansen, Wade Lawrence, R. Channing Moore, Manoj Plakal, Marvin Ritter, "AudioSet Ontology", Google Research, , <https://research.google.com/audioset/ontology/index.html>

- Canclini, G. Nestor, *Art beyond Itself: Anthropology for a Society without a Story Line*, (Duke University Press Books, 2014)
- Flusser Vilem, *Into the Universe of Technical Images (Electronic Mediations)*, (University of Minnesota Press, March 8, 2011)
- Haraway J. Donna, *Staying with the trouble: making kin in the Chthulucene*, (International Editors' Co. and Duke University Press, 2016)
- White F. Damian, *Technonatures: Environments, Technologies, Spaces, and Places in the Twenty-first Century (Environmental Humanities, 3)*, (Wilfrid Laurier University Press, 2010)
- Apichet Garaipoom, "LM386 audio amplifier circuit with PCB", *Electronic Circuits and Mini Projects*, June 20, 2022, <https://www.eleccircuit.com/lm386-audio-amplifier-circuit/>
- Howard G. Andrew, Chen Menglong Zhu Bo, Kalenichenko Dmitry, Wang Weijun, Weyand Tobias, Andreetto Marco, Adam Hartwig, "MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications", *arXiv, Cornell University*, April, 2017
- Renee Verdier, "Animal Architecture: Buckminster Fuller's Tensegrity", *Psychedelic Culture*, March, 2009, https://realitysandwich.com/animal_architecture_buckminster_fuller_tensegrity/
- Ingber, E.; Wang, Ning; y Stamenović, D. 2014. "Tensegrity, cellular biophysics, and the mechanics of living systems", *IOP Publishing Ltd*, accessed April, 2014, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4112545/>
- Fuller R. Buckminster, "Tensegrity", *Buckminster Fuller Institute*, Santa Barbara, 1961, <http://www.rwgrayprojects.com/rbfnotes/fpapers/tensegrity/tenseg01.html>