



Universidad de Chile

Facultad de Artes

Departamento de Música

Miniaturas Coreográficas

Reflexiones teórico-prácticas en torno a la integración del
gesto físico en la música mixta

Tesis para optar al grado de Magíster en Artes con mención en Composición Musical

SERGIO NÚÑEZ MENESES

Guía: Jorge Pepi-Alós

Co-guía: Dr. Javier Jaimovich

Miembros de la comisión:

Eleonora Coloma

Andrés Ferrari

Santiago, Chile

2024

Resumen

Durante los últimos 30 años, campos de investigación como la cognición musical corporeizada han demostrado que el gesto cumple un rol crucial en la exploración e integración de aspectos fundamentales del aprendizaje musical, en particular, de un instrumento.

La música mixta, o el diálogo entre un instrumento acústico y tratamientos de sonido digital, ha integrado este paradigma para crear propuestas interactivas donde el gesto del intérprete se convierte en una nueva interfaz para la expresividad musical. Al tomar prestados elementos de otras prácticas artísticas, algunos paradigmas de la música mixta mutan y se hibridan, redefiniendo así la estética y los mecanismos de apreciación de este tipo de experiencias. No obstante, los compositores e intérpretes que desean experimentar estos nuevos instrumentos se enfrentan a ciertas dificultades, como la falta de conocimientos para desarrollar o adaptar la tecnología necesaria para este fin (o la falta de soluciones *plug & play*), o la complejidad del repertorio contemporáneo existente, lo que dificulta el acceso tanto en términos de lenguaje como de elementos técnicos utilizados.

Por lo tanto, este proyecto de investigación artística tiene como objetivo la creación de una serie de piezas breves para piano y procesamiento de sonido digital, donde el gesto del intérprete destaca a través de un dispositivo de detección de movimiento desarrollado por el autor.

Para dilucidar la hibridación de paradigmas, se establece un estado del arte con referencias teóricas, tecnológicas y artísticas, el que entrega definiciones del gesto en música, un panorama de las tecnologías disponibles para capturarlo e integrarlo en contextos artísticos, así como estrategias para el diseño de correlaciones entre el gesto y el sonido.

Con el fin de ampliar el acceso a estas interfaces a un mayor número de artistas, se desarrolla una aplicación para la detección automática de partes del cuerpo, junto con un kit de herramientas para la generación, exploración y formalización de material gestual y musical por medio de improvisaciones, que pueden ser utilizados en performance y para la composición asistida por computador.

Este proceso converge en la creación de Miniaturas Coreográficas, cinco breves estudios experimentales para piano y procesamiento de sonido en tiempo. El gesto del intérprete se sitúa al centro de esta propuesta, con la intención de encarnar los sonidos acústicos y digitales de manera lúdica.

Los resultados muestran que la integración del gesto transforma los procesos de creación, enfocándolos más hacia una experiencia *en carne propia*. Esta transformación toma la forma de idas y vueltas entre improvisación, análisis y formalización, ofreciendo nuevas perspectivas de lenguaje sonoro, gestual e interactivo.

Abstract

Over the past three decades, research fields such as embodied music cognition, have underscored the essential role of gesture in exploring and assimilating crucial aspects of musical learning, particularly, of an instrument.

Computer music, which entails the interplay between an acoustic instrument and digital sound processing, has embraced this paradigm to craft interactive experiences where the musicians' gestures serve as new interfaces for musical expression. Consequently, computer music's paradigms undergo mutation and hybridization as they borrow elements from diverse artistic practices, thus reshaping the aesthetic and perception mechanisms of such experiences. However, sound practitioners venturing into these new musical interfaces encounter certain challenges, including the lack of knowledge to develop or adapt the required technology (or the lack of plug & play solutions); but also, the complexity of the existing contemporary repertoire in terms of language and technical requirements, which hinders the access.

Thus, the following practice-based research focuses on crafting a series of short pieces for piano and real-time sound processing, highlighting the musician's gestures through a motion detection device developed by the author.

To delve into the hybridization of paradigms, a state-of-the-art review encompassing theoretical, technological, and artistic references is established, offering insights into gestural definitions within music, an overview of available technologies for capturing and integrating gestures into artistic contexts, as well as design strategies for mapping between gesture and sound.

In order to democratize access to these interfaces for a broader pool of artists, an application for automatic body landmark detection is developed, along with a toolkit for generating, exploring, and formalizing gestural and musical material through improvisations, enabling their use in performance and computer-aided composition.

This process culminates in the creation of *Miniaturas Coreográficas*, five short experimental studies for piano and real-time sound processing. The musician's gesture is placed at the center of this proposal, in order to embody acoustic and digital sounds in a playful manner

The results underscore that the integration of gesture produces a paradigm shift within creative processes, bringing them upon the experience of one's own body. This shift takes the form of a

back-and-forth interplay between improvisation, analysis, and formalization, offering new perspectives on sonic, gestural, and interactive languages.

Résumé

Au cours des 30 dernières années, des champs de recherche tels que la cognition musicale incarnée, ont démontré que le geste joue un rôle crucial dans l'exploration et l'intégration d'aspects fondamentaux de l'apprentissage musical, notamment, d'un instrument.

La musique mixte, que l'on peut aussi qualifier de dialogue entre un instrument acoustique et des traitements de son numériques, a intégré ce paradigme pour créer des propositions interactives où le geste de l'interprète devient une nouvelle interface pour l'expressivité musicale. En empruntant des éléments à d'autres pratiques artistiques, certains paradigmes de la musique mixte mutent et s'hybrident, redéfinissant ainsi l'esthétique et les mécanismes d'appréciation de ce type d'expérience.

Cependant, les compositeurs et les interprètes souhaitant expérimenter ces nouveaux instruments se heurtent à certaines difficultés. C'est -à -dire, le manque de connaissances pour développer ou adapter la technologie nécessaire à cet effet (ou au manque de solutions *plug & play*) ; mais aussi, la complexité du répertoire contemporain existant, rendant l'accès difficile tant en termes de langage que d'éléments techniques utilisés.

Ce projet de recherche-crédation vise donc la création d'une série de pièces brèves pour piano et traitement de son numérique, où le geste de l'interprète est mis en avant grâce à un dispositif de détection de mouvement développé par l'auteur.

Pour éclairer l'hybridation des paradigmes, un état de l'art avec des références théoriques, technologiques et artistiques est établi. Celui-ci fournit des définitions du geste en musique, un aperçu des technologies disponibles pour le capturer et l'intégrer dans des contextes artistiques, ainsi que des stratégies pour le design des corrélations entre le geste et le son.

Afin d'étendre l'accès de ces interfaces au plus grand nombre d'artistes, une application pour la détection automatique des parties du corps est développée, ainsi que des outils pour la génération, l'exploration et la formalisation de matériaux gestuels et musicaux, pouvant être utilisés en performance et pour la composition assistée par ordinateur.

Ce processus converge vers la création de *Miniaturas Coreográficas*, cinq courtes études expérimentales pour piano et traitement de son en temps réel. Le geste de l'interprète est placé au centre de cette proposition, afin d'incarner les sons acoustiques et numériques de manière ludique.

Les résultats montrent que l'intégration du geste bouleverse les processus de création, et les recentre sur une expérience *de sa propre chair*. Ce bouleversement prend la forme de va-et-vient entre improvisation, analyse et formalisation, offrant de nouvelles perspectives de langage sonore, gestuel et interactif.

Prefacio

Esta tesis se inscribe en el programa de Magíster en Composición Musical de la Facultad de Artes de la Universidad de Chile, y ha sido escrita para optar al grado de Magíster en Artes mención Composición.

La investigación artística fue llevada a cabo, en un primer período entre 2014 y 2016, y retomada y concluída entre 2023 y 2024, bajo la dirección de Jorge Pepi-Alós del Departamento de Música, y codirección de Dr. Javier Jaimovich del Departamento de Sonido. El primer período fue financiado por el Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio, a través del programa de formación del Fondo de la Música (2015), folio 77482.

Agradecimientos

Durante este ciclo, tuve la suerte de compartir con personas con perfiles y horizontes sorprendentes. Cada una de ellas aportó, directa o indirectamente, a mi reflexión personal y artística a través de colaboraciones estrechas o esporádicas, o simplemente, de intercambios informales. La lista es exhaustiva, por lo que, de antemano, agradezco a cada una por haber tomado el tiempo de abrirse y transmitirme sus experiencias y conocimientos.

No obstante, me gustaría realizar algunas menciones más que necesarias.

A mis directores de tesis, Jorge Pepi-Alós y Javier Jaimovich, quienes confiaron en mí para retomar este proyecto, casi 10 años después de su inicio. Les agradezco mucho el apoyo incondicional en los momentos más difíciles; el diálogo constante y la crítica pertinente. Y, sobre todo, la apertura de espíritu y la guía sin juicio, lo que me permite, hoy en día, crecer, mutar. A cada integrante del equipo Emove, quienes, desde la danza, el sonido y otras disciplinas, sembraron en mí la tríada que se convierte, actualmente, en una pasión: *cuerpo, sonido, y movimiento*. ¡Gracias!

A Vivian Fritz, por cada una de nuestras colaboraciones, exploraciones e ideas, por cada diálogo e intercambio. Te agradezco el haber abierto una nueva puerta, y permitirme experimentar una forma diferente de crear...con mi propio cuerpo. A mis amigas y amigos en Francia, quienes con sus palabras, risas y cariño, han sido el sustento necesario para concluir

este ciclo. Mil gracias por ser mi *familia de corazón*, aquella que se constituye cuando se está lejos de casa.

A mi familia en Chile, en particular, mi madre y mi padre, quienes me transmitieron la necesidad de aprender, de explorar, de ir donde habitualmente no se podía. De insistir y persistir, de obstinarse y perseverar (y de todos los sinónimos posibles). Muchas gracias por vibrar, aún, con cada uno de mis proyectos.

Por último, a Tifène, por acompañarme firmemente en este proceso, a ratos bastante vertiginoso; por escucharme, comprenderme, y abrir el campo de posibles cuando este se ensombrecía. Te agradezco, infinitamente, por ponerme en movimiento cuando más lo necesité.

Tabla de contenidos

Resumen	2
Abstract	4
Résumé	6
Prefacio	8
Agradecimientos.....	8
Tabla de contenidos	10
Capítulo 1	15
El movimiento y el sonido en experiencias previas	15
Introducción.....	15
Experiencias previas.....	15
Intérprete en guitarra clásica: tomar consciencia de mis movimientos para producir sonidos determinados.....	15
Compositor: uso de la voz y de desplazamientos en escena para reforzar la transmisión de expresividad de sonidos abstractos.....	16
Co-creador y performer de propuestas para música y danza: crear correspondencias entre movimiento y sonido a través de mi movimiento.....	17
Primero período de investigación artística.....	18
Estructura de la tesis de magíster.....	20
Objetivos principales y secundarios.....	20
Resúmen de los capítulos.....	21
Capítulo 2	23
Sobre gesto y dispositivos interactivos para la creación musical	23
Introducción.....	23
El movimiento en algunas áreas de investigación y de investigación artística.....	24
¿Qué se considera gesto?.....	25
Definiciones generales.....	25
¿Qué se considera gesto en el ámbito musical?.....	25
¿Por qué y cómo capturar el gesto?.....	28
Tipos de sensores.....	29
¿Cómo asociar el gesto a un resultado sonoro?.....	31
Consideraciones para el diseño de un DMI.....	33
Discusión.....	37
La experiencia estética en propuestas interactivas.....	37
Resumen.....	42
Capítulo 3	43
Ciar para reenfocar: análisis cualitativo de un ejercicio para piano y electrónica	43
Introducción.....	43
Análisis.....	44
Video nº1.....	44

Observaciones.....	46
Video n°2.....	47
Observaciones.....	49
Video n°3.....	49
Observaciones.....	51
Resultados.....	51
Discusión y proyecciones.....	53
Resumen.....	55
Capítulo 4.....	56
Entre instrumento de composición y performance: desarrollo de una aplicación para detección automática de partes del cuerpo.....	56
Introducción.....	56
Trabajo realizado en 2014-2016.....	57
Necesidades y objetivos.....	57
Problemas encontrados en la actualidad.....	57
Actualización del sistema de captura.....	59
Detección automática de partes de cuerpo.....	59
El framework MediaPipe.....	60
Nueva configuración.....	61
Desarrollo de la nueva aplicación para computador.....	63
Los modos de interacción.....	65
Herramientas adicionales para la composición.....	69
Discusión.....	72
Resumen.....	73
Capítulo 5.....	74
Del movimiento a la escritura: proceso de composición de las Miniaturas Coreográficas... 74	
Introducción.....	74
Metáforas.....	75
...de lo táctil.....	76
...del dual self.....	77
Materializando lo invisible.....	79
Resumen de los modos de interacción.....	80
Sobre la composición de las Miniaturas Coreográficas.....	81
Miniatura n°1.....	87
Miniatura n°2.....	89
Miniatura n°3.....	90
Miniatura n°4.....	92
Miniatura n°5.....	92
Discusión.....	94
Resumen.....	96

Capítulo 6.....	98
Conclusiones y trabajo a futuro.....	98
Conclusiones.....	98
Declaración personal.....	100
Trabajo a futuro.....	101
Bibliografía.....	103
Anexo 1.....	109
Miniaturas Coreográficas.....	110
Requerimientos técnicos.....	112
Anexo 2.....	126
Aplicación para captura de movimiento 2014-2016.....	127
Introducción.....	127
Configuración y aplicaciones plug & play accesibles.....	128
Aplicación personalizada.....	129

A mi madre y a mi padre, quienes me enseñaron a ser *grande y tenaz*.

*Fais attention à ce que tu dances,
Car ce que tu dances, tu le deviens¹.*

Susan Buirge.

¹ *Ten cuidado con lo que bailas, porque en lo que bailas te conviertes.*
Traducción del autor.

Capítulo 1

El movimiento y el sonido en experiencias previas

Introducción

El proyecto de investigación artística presentado en esta tesis de magíster, se focaliza en la creación de una serie de piezas breves, en formato estudio exploratorio, para piano y electrónica en tiempo real. El gesto del intérprete es situado al centro de esta propuesta a través de dispositivos para captura de movimiento, para así poder experimentar el sonido del instrumento de forma lúdica, a la vez que éste es transformado por sus propios gestos. Para esto, es indispensable contar con tecnología que permita la interacción entre acciones gestuales y respuestas sonoras, y que sirvan, a su vez, de herramienta tanto para apoyar el proceso de composición, como de performance en tiempo real.

La realización de lo anterior implica distintos desafíos, articulados en torno a los objetivos de esta tesis de magister. No obstante, antes de entrar en los detalles de esta investigación artística, es necesario entregar ciertos elementos ligados a mi propia experiencia como intérprete, compositor y performer, para así colocarlos en relación con el tema de investigación.

Experiencias previas

Intérprete en guitarra clásica: tomar consciencia de mis movimientos para producir sonidos determinados

Durante mis primeros años de formación musical, la pedagoga e intérprete en guitarra clásica Eugenia Rodríguez Moretti, me transmitió una idea que me acompañaría durante todos mis años de estudio y ejercicio de mi profesión. Para ella, una cualidad de sonido determinada en la guitarra se obtiene al implicar, conscientemente, la totalidad del cuerpo, utilizando solamente las partes del cuerpo necesarias para la producción de sonido. Para esto, es necesario considerar la partitura no solamente como una guía de sonidos concatenados y superpuestos en el tiempo, sino también, como una pauta coreográfica de los movimientos que los intérpretes deben realizar al momento de la ejecución.

Tomemos como ejemplo el siguiente pasaje de la última de las *Tres piezas españolas* de Joaquín Rodrigo, *Zapateado*, presentado en la figura 1. Para lograr encadenar el final del compás 187 con el inicio del compás 188, habría que girar el hombro izquierdo hacia atrás levemente, sin afectar la posición de la mano izquierda, y luego bajarlo implicando el tronco, permitiendo así que la mano izquierda alcance el registro sobreagudo del instrumento con mayor facilidad. En este sentido, algunas de las pausas, dependiendo de la complejidad instrumental de la frase (ver figura 1.1), no solo son sonoras sino también corporales. Para preparar el cuerpo a continuar una frase, hay que sentir la pausa, encarnarla e integrarla al tempo de la pieza, y en algunos casos, hasta *moverla* con alguna parte del cuerpo.



Figura 1.1, compases 184 a 189 del tercer movimiento, *Zapateado*, de las *Tres piezas españolas* para guitarra de Joaquín Rodrigo (© IMSLP).

Compositor: uso de la voz y de desplazamientos en escena para reforzar la transmisión de expresividad de sonidos abstractos

Durante la Licenciatura en Composición en la Universidad de Chile, traté de integrar estas ideas en algunos de los ejercicios de composición que realicé, en particular uno, *scalenealphabeat*, una micropieza para voz, flauta y danza².

Esta me permitió experimentar la puesta en relación de sonidos, gracias a las reflexiones en conjunto con los intérpretes (Pilar Garrido, Stephano Labarca y Karina Navarrete) y sus experiencias, desde un ángulo diferente, tratando de vincular sus morfologías no solamente entre dichos sonidos, sino también, a los movimientos y desplazamientos de los intérpretes, y observar cómo esta relación influía en su ejecución.

Esta experiencia me impulsó a explorar este nuevo enfoque con mi propio cuerpo. Es así como me orienté a la música mixta (instrumento(s) acústico(s) tratado(s) digitalmente por

² Página 2 del programa de conciertos del Festival Prismas del año 2011: http://www.germinaciones.org/prismas/PDF/2011_chile.pdf (consultado el 04/03/2024)

computador). Sin embargo, me di cuenta que la expresividad corporal, a través del uso de controladores estándar, era difícilmente puesta en valor tanto para la audiencia como para el intérprete, por lo que los reemplacé por dispositivos electrónicos como pedales multiefectos e interfaces táctiles, entre otros, así como también distintos tipos de micrófonos para amplificar objetos cotidianos.

Co-creador y performer de propuestas para música y danza: crear correspondencias entre movimiento y sonido a través de mi movimiento

Así, me acerqué a expresiones artísticas más ligadas a la danza, al arte sonoro, y en general, a la performance, con el fin de entender el funcionamiento de los procesos creativos en prácticas que sitúan al cuerpo en la intersección creación/interpretación.

Esto me llevó a colaborar con las bailarinas Karina Navarrete y Nelly Todorova, y co-crear las performances *Interacciones interespecíficas* y *Circuito integrado*, ambas en formato composición en tiempo real.

Así pude experimentar, de forma más consciente, las correspondencias que existen entre movimientos y sonidos con *instrumentos* que no necesitan de un entrenamiento exhaustivo (por ejemplo, la mesa presente en la figura 1.2), y, curiosamente, comenzar a componer sonido visualizando un movimiento físico de antemano, e inversamente, componiendo movimiento al escuchar el resultado sonoro previo.



Figura 1.2, presentación de la performance *Interacciones Interespecíficas*
(© Sergio Núñez Meneses).

Se observa la utilización del dispositivo multiefectos Kaoss Pad 3, para transformar el sonido de una mesa.

Todo lo anterior hace de la presente investigación artística una continuación natural y necesaria, tanto para profundizar en la reflexión como tratar de confirmar conceptos, ideas y afirmaciones (resultados de una mezcla de intuiciones y descubrimientos *in situ*) que carecían en la época de todo soporte teórico y bibliográfico.

Primero período de investigación artística

Antes de presentar los objetivos y el resumen de cada capítulo de esta tesis de magíster, es pertinente aclarar la particularidad temporal de este proceso. Ya que este comienza entre 2014 y 2016 con dos proyectos de investigación artística.

En primer lugar, *Emovere: Cuerpo, Sonido y Movimiento*³ (ver figura 1.3), es un proyecto interdisciplinar dirigido por los académicos de la Facultad de Artes Dr. Javier Jaimovich y Francisca Morand. Como parte de una práctica profesional, fui parte del equipo de diseño sonoro, encargado de diseñar tanto los modos de interacción a través de sensores fisiológicos, como el material sonoro a manipular por los bailarines. El punto de partida de este proyecto es la reflexión sobre la biología de la emoción, la que se trabajó desde distintas disciplinas (teatro, psicología, fisiología, informática, entre otras) dentro de un laboratorio de creación interdisciplinar, del cual emanaron diversos materiales y procedimientos corporales, subjetivos, dancísticos, sonoros, visuales y tecnológicos.



Figura 1.3, presentación de la performance interdisciplinar *Emovere: Cuerpo, Sonido y Movimiento* (© Fabián Cambero).

De izquierda a derecha: Francisca Morand, Eduardo Osorio, Pablo Zamorano, y Poly Rodríguez.

Esta experiencia me entregó nuevas herramientas teóricas y estéticas; de cuerpo, movimiento y espacio; además una base técnica (de informática musical) y musical, para aplicarlas en el proyecto de tesis de magíster de ese período.

³ <https://www.emovere.cl/emovere-cuerpo-sonido-y-movimiento/> (consultado el 04/03/2024)

Así, el trabajo de tesis de magíster para piano y electrónica, se centró en la correlación entre los gestos instrumentales y auxiliares del intérprete, y los parámetros de un dispositivo para tratamientos de sonido digital, a través de un sistema de captura de movimiento. Este principio se tradujo en la escritura de un borrador de partitura, que reúne una serie de secciones que exploran, progresivamente, distintas cualidades gestuales y de movimiento desde la notación musical.

No obstante, por razones personales, este proceso fue puesto en pausa, y por lo tanto, el trabajo quedó inconcluso.

Hoy en día, casi 10 años después de haberlo iniciado, este trabajo de investigación artística incompleto se retoma, asumiendo que el paso del tiempo puede haber modificado la estética personal, y dejado obsoletas las tecnologías utilizadas en la época. Por esta razón, se establece una estrategia para rescatar la esencia del trabajo realizado en 2014 y 2016, y, por sobre todo, lo que me motivó a continuar por esta vía, un tanto híbrida, desde el comienzo de mi recorrido musical.

Estructura de la tesis de magíster

La estructura de esta tesis de magíster, entonces, es un ir y venir entre el primer período de investigación y el actual, el que se describe en el resumen de cada capítulo a continuación de los objetivos.

Objetivos principales y secundarios

El objetivo principal de esta tesis de magíster es:

- Crear una serie de micro piezas para piano y electrónica en tiempo real, en formato estudio exploratorio, donde el gesto del intérprete sea puesto en primer plano a través de un dispositivo para captura de movimiento.

Los objetivos secundarios son:

- Desarrollar tecnología que permita la interacción entre acciones gestuales y respuestas sonoras, y que sirvan, a su vez, de herramienta tanto para apoyar el proceso de composición, como de performance en tiempo real.
- Cuidar que la tecnología desarrollada sea de fácil uso e integración en diversos contextos artísticos.

Resumen de los capítulos

- Capítulo 2: Sobre gesto y dispositivos interactivos para la creación musical

En este capítulo, se presentan las áreas de investigación y referencias artísticas más relevantes para este proyecto, intentando definir lo que el gesto es en cada una de ellas, en particular, lo que éste significa en la música.

Posteriormente, se elabora una lista con distintos tipos de sensores para la integración del gesto en propuestas artísticas interactivas, y se presentan estrategias para diseñar correlaciones sonoro-gestuales que hagan sentido para la audiencia. Finalmente, se discute sobre la complejidad estética de estas propuestas artísticas, y sobre cómo éstas proponen distintos puntos de entrada, o *metáforas*, los que crean espacios entre el intérprete y la audiencia.

- Capítulo 3: Ciar para reenfocar: análisis cualitativo de un ejercicio para piano y electrónica

En este capítulo se retrocede, o se *cía*, 10 años en el tiempo, para realizar un análisis cualitativo del trabajo inconcluso del período entre 2014 y 2016.

Los parámetros definidos para el análisis, interrogan desde el grado de correlación sonora-gestual y su complejidad, hasta su influencia en la notación musical, además de la naturalidad de la ejecución instrumental. Los resultados se discuten y confrontan con la literatura, aportando elementos relevantes para renovar y rearticular la propuesta musical y tecnológica.

- Capítulo 4: Entre instrumento de composición y performance: desarrollo de una aplicación para detección automática de partes del cuerpo

En este capítulo se presenta el proceso de actualización de la tecnología para detección automática de partes del cuerpo, usando el lenguaje de programación Python y la API MediaPipe. Al mismo tiempo, se presenta el flujo de trabajo establecido a través de un kit de herramientas en Open Music y en Max, para trabajar la creación de las Miniaturas Coreográficas.

Finalmente, se discuten las ventajas y desventajas de esta nueva versión, así como sobre el uso de estas herramientas no solo en performance, sino también, en composición asistida por computador, además de otros contextos artísticos.

- Capítulo 5: Del movimiento a la escritura: proceso de composición de las Miniaturas Coreográficas

En este capítulo, las metáforas de *lo táctil* y *el dual self* definidas en el capítulo 2, se materializan a través de los gestos contingentes y auxiliares utilizados por los modos de

interacción (detallados en el capítulo 4) para encarnar el instrumento musical digital. Con esto, se describe el proceso de composición de las Miniaturas Coreográficas a través de diferentes ejemplos en partitura, y un breve análisis sobre cómo se integraron las metáforas y se plasmó el carácter exploratorio en la partitura.

Finalmente, se discute lo indispensable que es el gesto en esta propuesta de composición interactiva, y sobre cómo esta práctica influencia (hasta cambiar completamente) el proceso de composición, ofreciendo un nuevo ángulo para la apreciación y comprensión por parte de quién crea (compositor e intérprete) y quién observa.

- Capítulo 6: Conclusiones y trabajo a futuro

En este capítulo, se elabora una lista con los principales resultados obtenidos en la presente investigación artística, los que influyen en el trabajo a futuro.

Finalmente, se comparten reflexiones, a modo de *declaración personal*, que dan cuenta de la importancia del proceso artístico vivido, y de cómo esta experiencia influye en el trabajo a futuro.

- Anexos

Para concluir, se adjunta la partitura completa de las Miniaturas Coreográficas, y un documento que describe la aplicación de captura de movimiento realizada entre 2014 y 2016.

Capítulo 2

Sobre gesto y dispositivos interactivos para la creación musical

Introducción

Durante los últimos 30 años, el auge de instrumentos musicales digitales (*DMI* por sus siglas en inglés), ha permitido la creación de propuestas artísticas interactivas que imbrican el gesto de intérpretes, aplicaciones de captura de movimiento, y dispositivos para la generación y tratamiento digital de sonido o de imagen. Estas disciplinas sitúan al gesto al centro de sus prácticas, considerándolo como un elemento relevante para la génesis y el desarrollo de la propuesta.

Por otro lado, las aplicaciones desarrolladas a partir de sensores o cámaras, además de algoritmos para el tratamiento de imagen, permiten crear correlaciones entre el gesto y otro(s) elemento(s), posibilitando al intérprete y a la audiencia experimentar, estéticamente, una propuesta artística con múltiples puntos de observación.

Estas propuestas han permitido la hibridación de distintas áreas de investigación, las que, en consecuencia, han cuestionado y redefinido lo que el gesto es para cada una de estas. Las prácticas artísticas, por su lado, no han quedado exentas de estos cuestionamientos y han debido impregnarse de estas definiciones, transformando así sus respectivos lenguajes.

Sin embargo, dado que tanto las disciplinas como las tecnologías son numerosas, es necesario aclarar lo que el gesto, en un contexto interactivo, significa para este proyecto de investigación artística.

Es así como en el siguiente capítulo, se presentan las áreas de investigación, y las disciplinas y propuestas artísticas más relevantes para este proyecto. Este es el punto de partida para definir lo que el gesto es en cada una de estas, con especial énfasis en la significación que el gesto adquiere en la música, diferenciándolo así del resto de las acciones corporales.

Posteriormente, se presentan distintos tipos de sensores para la detección e integración del gesto en propuestas interactivas, además de algunas estrategias para diseñar correlaciones entre gesto y sonido que hagan sentido en la audiencia.

Finalmente, se discute sobre la complejidad estética en este tipo de propuestas artísticas interactivas, pero también, sobre cómo estas proponen, a través de distintos elementos, diversos puntos de entrada o *metáforas*, las que crean espacios comunes entre el intérprete y la audiencia.

El movimiento en algunas áreas de investigación y de investigación artística

Cuando se realiza una búsqueda bibliográfica de los términos *vínculo entre movimiento y sonido*, *movimiento e interacción musical*, o *captura de movimiento* (por mencionar solo algunos), los resultados arrojan distintas definiciones y palabras claves como: gesto instrumental y/o musical, control gestual de tratamientos de sonido en tiempo real, diseño de interfaces para la interacción gestual, e incluso, diseño de instrumentos musicales digitales.

Diversas áreas de estudio como la *interacción persona-computador* (HCI por sus siglas en inglés), las *ciencias de la informática*, la *musicología computacional*, y la *cognición corporeizada*, entre otras, están generalmente asociadas a dichos conceptos claves.

La palabra que aparece con mayor frecuencia es *gesto*, y cada una de las áreas mencionadas lo define desde perspectivas y enfoques interdisciplinarios.

Hasta este punto, solo se ha utilizado la palabra *movimiento*, la que, según distintas definiciones y desde un punto de vista kinésico (Mauleón, 2010), se referiría al cambio de estado y/o de un punto en el espacio de un cuerpo, para realizar una acción con un propósito. Por otro lado, el gesto implicaría la transmisión de una actitud corporal interna o externa, la comunicación de un significado, sentimiento o intención.

Esta comparación permite dar cuenta de que el gesto estaría asociado más bien a revelar un estado interno respecto a estímulos externos (Merleau-Ponty, 1942), o en otras palabras, a la manera en la cual experimentamos y comprendemos nuestra realidad a través del cuerpo (Jensenius et al., 2010), y completamente imbricado a la cognición humana, la cual es indivisible de la práctica musical (Leman, 2012). Por lo tanto, para poder integrar y usar este término correctamente, dado que el gesto es habitualmente usado como un sinónimo de

movimiento, es necesario definirlo y así también definir el rol que este cumplirá en la investigación artística.

¿Qué se considera gesto?

Definiciones generales

En el párrafo anterior, la idea preliminar de gesto sugiere que este permite interactuar (con), analizar y transmitir estados tanto internos como externos. Esto es corroborado por la definición y las sub-definiciones encontradas en el diccionario MacMillan (Jensenius, 2014), en donde los verbos mencionados aparecen explícita e implícitamente: *un movimiento que comunica una sensación o una instrucción; (a) movimiento de la mano que se utiliza para controlar algo como un teléfono inteligente o una tablet (...); (b) uso del movimiento para comunicar, especialmente en danza*⁴.

Estos significados nos acercan a tres categorías de definiciones académicas (Jensenius, 2014) en el ámbito de la comunicación, del control y de la metáfora, en donde los gestos son utilizados para *transmitir significado en interacciones sociales (lingüística, psicología); interactuar con sistemas informáticos (HCI, música por computador); proyectar movimiento y sonido (y otros fenómenos) a temas culturales (ciencias cognitivas, psicología, musicología)*⁵. Es decir que el gesto posibilitaría el intercambio y la comunicación entre entidades, además de la manipulación de objetos.

En suma, un gesto sería la acción de transmitir una información (siendo esta de tipo objetiva o subjetiva⁶) en interacciones de tipo persona-persona y/o persona-computador. No obstante, ¿qué ocurre cuando la interacción es de tipo persona-instrumento musical acústico o digital?

¿Qué se considera gesto en el ámbito musical?⁷

Las categorías mencionadas anteriormente, además de la última definición (la que toma prestado conceptos del área de la HCI), permiten crear una analogía para determinar lo que el

⁴ Traducción del autor.

⁵ Ibid.

⁶ Se considerará como *información objetiva*, por ejemplo, la interacción entre una persona y un computador, en donde este último necesita una información precisa para entregar una determinada respuesta. Por otro lado, una *información subjetiva* será el significado que los gestos transmiten, tanto para uno mismo como para el interlocutor (Wachsmuth, 1999; Hummels et al., 1998).

⁷ Las siguientes definiciones corresponden a una síntesis realizada al comparar el significado de gesto para distintos autores. El objetivo es rescatar las definiciones que serán útiles para la presente investigación, aunque una lista más exhaustiva puede encontrarse en la tipología de Cadoz (Cadoz, 1988), páginas 6 a 8; los apéndices A y B de Cadoz y Wanderley (Cadoz y Wanderley, 2000); y en la definición de gestos de Glenn Gould (Delalande, 1995c), páginas 2 y 3.

gesto podría significar en un contexto musical. En primer lugar, si se consideran el control, la interacción y la transmisión como los elementos esenciales para la definición de gesto, es completamente posible apreciarlos al momento de ejecutar un instrumento. De hecho, la ejecución ya implica la acción de *controlar* y/o de *manipular* un instrumento musical acústico o digital; asimismo, al *interactuar* con un instrumento, un gesto puede efectuar distintos tipos de manipulaciones para producir sonido, apoyado o *acompañado* por otras partes del cuerpo dependiendo del instrumento (Leman, 2012; Cadoz y Wanderley, 2000). Por otro lado, un gesto, sea éste utilizado o no para la producción sonora, puede *transmitir* el contenido expresivo más allá de sonoro, al ser observado por una persona externa.

Así el gesto, al cumplir distintas funciones, adquiere diversas denominaciones en un contexto musical. Por ejemplo, se consideran como *gestos instrumentales* o *musicales*, o incluso *efectivos*, aquellos que son indispensables para la producción del sonido (Leman, 2012; Cadoz y Wanderley, 2000; Delalande, 1988). En el caso de un instrumento acústico, un gesto instrumental es lo que coloca en excitación o vibración el objeto y sus parámetros para que este produzca sonido (Paine, 2004; Cadoz, 1988). Retomando el ejemplo⁸ sobre la pieza *Zapateado* de Joaquín Rodrigo (ver figura 1 del capítulo 1), el intérprete intentará pulsar las cuerdas con rapidez y energía para obtener el *fortissimo* escrito en el compás 188, manteniendo la mano muy cerca de las cuerdas para continuar la frase.

Sin embargo, este paradigma se pierde completamente cuando este tipo de gestos interactúan con instrumentos musicales digitales (Paine, 2004), ya que la gestualidad dependerá del tipo de asociación (de ahora en adelante *mapping*) entre gesto y sonido que se haya diseñado.

Por otro lado, los *gestos auxiliares*⁹ (Cadoz y Wanderley, 2000) o *acompañantes* (Delalande, 1988), o también *modificadores*, como su nombre lo indica, son gestos que se realizan para apoyar a los gestos instrumentales en la producción del sonido. Considerados también como gestos *no evidentes*¹⁰ (Wanderley, 2001, 1999), estos pueden ser exagerados por el intérprete deliberadamente, para acentuar ciertos aspectos de la pieza en ejecución, y así transmitir y reforzar la expresividad musical desde adentro hacia afuera. Esto coincide con la idea de que estos gestos son relevantes para la decodificación de la estructura musical en la interpretación instrumental (Penalba, 2010; Delalande, 1988).

Para complementar el ejemplo anterior, al momento de tocar el *fortissimo* del compás 188, es

⁸ Se pueden encontrar más ejemplos en Cadoz y Wanderley 2000, sección *Case Studies*.

⁹ En inglés *ancillary*, Penalba traduce esta palabra como *ancilar* en sus notas (Penalba, 2010).

¹⁰ En inglés *non-obvious*.

posible que el intérprete agregue un movimiento rígido y vertical con el tronco, y/o una suerte de *acentuación* con la cabeza. Esto, primero, para conducir la energía del cuerpo hacia la mano que pulsa las cuerdas, y segundo, para comunicar la intención del pasaje. Yendo un poco más lejos, es posible que algunos guitarristas agreguen un golpe con uno de sus pies, sincronizándolo con el *fortissimo* para agregar una capa de expresividad adicional. En tal caso, estos gestos se denominan *estéticos* o *expresivos* (Penalba, 2010), o *figurativos* (Delalande 1988).

Por último, *los gestos contingentes* (Penalba, 2010), son aquellos que nacen de la interacción con el resultado sonoro de un instrumento musical digital. Es decir, aunque el intérprete realice gestos instrumentales para producir sonido, estos serán modelados por el propio sonido para que la correlación *entre gesto y sonido* sea más *natural*¹¹. Por ejemplo, en *Interacciones interespecíficas*, utilizaba los dedos de mi mano derecha, deslizándolos sobre la mesa, para generar sonidos y que estos fueran transformados por un módulo de síntesis granular muy simple. El resultado, al ser una descomposición/reorganización de la lectura de los sonidos originales, influyó en varias ocasiones la forma en que deslizaba mis dedos. Ya no era como un *glissando*, sino que agregaba más peso a los dedos para obtener movimientos más o menos entrecortados.

Es así como el intérprete crea un universo (el que podría definirse como *coreográfico*) con el repertorio gestual que este establece en función de la morfología del instrumento, y que define tanto las cualidades y funciones de cada gesto, como la identidad propia del intérprete (Penalba, 2010; Delalande, 1988). Esta identidad corporal, que coloca en relación la experiencia subjetiva del músico con su entorno (Leman, 2012, 2007; Merleau-Ponty, 1945), ayuda a entender e integrar el funcionamiento del instrumento para controlar la producción de sonido, y comunicar la intención, sensación e incluso objetivos, de la experiencia vivida.

Para la presente investigación artística, se dará especial énfasis a los gestos auxiliares y contingentes, dado no solamente por el contenido dramático que estos transmiten, sino

¹¹ El autor describe la influencia de un dispositivo de captura y de tratamiento de imagen en los movimientos de una bailarina como una *cadena de retroalimentación*, en el capítulo *Danse en réseau, quels défis chorégraphiques ? Une invitation à réfléchir à travers l'installation Cyberautoscopie. Danse-recherche-interactivité*, del libro *Définir l'identité de la Recherche-Création. État des lieux et au-delà* (p. 258-261. 2020).

también, por el tipo de respuesta más espontánea e íntima que se genera al interactuar con el sonido.

¿Por qué y cómo capturar el gesto?

Las características de los gestos definidos anteriormente, fueron extraídas en contextos de observación muy distintos. Por ejemplo, Delalande realizó un análisis comparativo de distintas piezas para piano registradas en video por Glenn Gould (Delalande, 1995c), para así definir y crear categorías respecto a las funciones y cualidades gestuales observadas. Pero con la introducción de nuevas tecnologías para la captura de movimiento, ha sido posible realizar análisis más precisos sobre, por ejemplo, cuáles son las partes del cuerpo implicadas en la producción de sonido, cuáles de estas lo dificultan (Wanderley, 2001, 1999), e incluso, la precisión gestual del o de la intérprete, así como qué partes del cerebro se activan para realizar todas estas acciones.

Estos análisis han permitido recoger una cantidad importante de datos tanto cuantitativos como cualitativos, para entender de dónde viene la relación entre gesto y sonido (Zentner y Eerola, 2010), y así tratar de confirmar las diferentes hipótesis sobre los innumerables beneficios que existen cuando se implica el cuerpo a conciencia en el estudio del sonido, o más bien, cuando se le *encarna*¹² (Godøy y Leman, 2009). Ya sea tanto en la práctica de un instrumento musical para mejorar la técnica de la interpretación, utilizando diferentes tipos de enfoques y sensores; para el análisis de la interpretación, desde un punto de vista musicológico, combinando partitura, captura de movimiento y sonido (Antoniadis, 2018); e incluso, para mejorar nuestra salud (Clemente et al., 2018; Chanda y Levitin, 2013).

También ha sido posible analizar la expresividad percibida tanto por parte del intérprete como la de la audiencia durante la ejecución musical, lo que ha conducido al diseño de nuevos instrumentos musicales digitales, los que integran una amplia variedad de gestos para la generación de sonido, colocándolo mucho más énfasis en el aspecto que antecede lo sonoro (Paine, 2004).

¹² Del inglés *embodiment*. Cuando esta palabra se asocia a cognición musical (en inglés *embodied music cognition*), se refiere al área interdisciplinar que estudia la función y el impacto del cuerpo en el aprendizaje musical, desde perspectivas biológicas, fenomenológicas, y musicales.

Tipos de sensores¹³

Como se mencionó previamente, los instrumentos musicales digitales sobrepasan el paradigma de la excitación o puesta en vibración de un instrumento acústico para la producción del sonido. Sean estos computadores, controladores MIDI, o instrumento aumentados o sin contacto, por mencionar solo algunos, estas interfaces invisten al gesto mismo como el excitador. Es decir, no es ni el instrumento ni su materia, ni tampoco sus parámetros acústicos los que modelan el cuerpo (Paine, 2004), es la correlación misma entre gesto y sonido.

Un aspecto imprescindible para comenzar a imaginar correlaciones entre gestos y sonidos, es la captura del gesto para extraer informaciones sobre sus cualidades. Para ello, existen sensores que necesitan una manipulación directa o indirecta por parte del cuerpo o de sus extremidades. O bien, ser atados a estas, aunque otros no requieren ningún tipo de contacto para su funcionamiento. Dentro del primer grupo se encuentran los sensores de presión y de flexión, los que han sido utilizados en instrumentos musicales digitales como *The Hands* (Waisvisz, 1985), *SoundGrasp* o *MiMU Gloves* (Mitchell y Heap, 2011) (ver figura 2.1), así como también acelerómetros y giroscopios, los que se pueden encontrar en algunos controles para consolas de videojuegos como el Wii Remote¹⁴, y en smartphones¹⁵ y tablets¹⁶.

¹³ El objetivo de esta sección no es hacer una lista de todos los tipos de sensores existentes en el mercado, y que han sido utilizados para fines artísticos y musicales. Para ello, se recomienda consultar los capítulos 3 y 4 de la tesis de doctorado de Sergi Jordà Puig, *Digital Lutherie, Crafting musical computers for new musics' performance and improvisation* del año 2005: <https://www.tdx.cat/handle/10803/575372?show=full> (consultado el 04/03/2024).

¹⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Wii_Remote (consultado el 04/03/2024).

El compositor Andrés Ferrari utilizó dos Wii Remotes para su composición *Inertia-Lexico-Chromatica*, para dos bailarinas, sensores, imágenes y electrónica en tiempo real (2012): <https://youtu.be/1P0LgYYiXbM> (consultado el 04/03/2024).

¹⁵ <https://apps.ismm.ircam.fr/comote> (consultado el 04/03/2024).

¹⁶ Para la improvisación guiada *HAL*, para cuarteto de instrumentos gestuales y electrónica en tiempo real (2017), el autor utilizó como instrumento principal un iPad, el que permitía tanto la generación de sonidos como el control de parámetros de tratamientos de sonido en MaxMSP: <https://www.youtube.com/watch?v=jcqlLF5lSeE> (consultado el 04/03/2024).

Más usos de tablets como interfaces musicales digitales pueden encontrarse en Fyfe et al., 2010, y Jordà et al., 2007.



Figura 2.1, Imogen Heap presentando los MiMu Gloves en la conferencia Thinking Digital¹⁷
(© Thinking Digital Arts).

Estas interfaces le permiten modificar el sonido de su voz en tiempo real, además de controlar distintos elementos del software Ableton Live.

En el segundo, se encuentran los llamados sensores fisiológicos, que capturan la frecuencia, tensión y el sudor de ciertas partes del cuerpo. En este grupo, se encuentran el electromiograma, electrocardiograma (Nymoente et al., 2015), electroencefalograma, entre otros. Este tipo de sensores han permitido diseñar, por un lado, controladores musicales bioeléctricos¹⁸ (Jaimovich, 2015; Ortiz y Knapp, 2008; Tanaka y Knapp, 2002) y crear instalaciones interactivas como *Ground Me!* (Jaimovich, 2010). Y por otro lado, profundizar en el estrecho vínculo que existe entre los cambios fisiológicos de nuestro cuerpo y la emoción (Borz et al., 2015; Jaimovich, 2013; Jaimovich et al., 2013) que sentimos como respuesta a estímulos musicales.

El último grupo, el cual será relevante para la investigación artística, incluye sensores de proximidad o de luz, así como cámaras de profundidad e infrarrojas, o sencillamente, RGB. Estas últimas sirven para capturar el cuerpo total o parcialmente, y con ello, obtener

¹⁷ https://www.youtube.com/watch?v=6HvRvRhB6g&ab_channel=ThinkingDigitalConference (consultado el 04/03/2024).

¹⁸ Presentación de Benjamin Knapp sobre *Emotion*, un instrumento musical bioeléctrico: <https://www.youtube.com/watch?v=RDMEuvY0m6s> (consultado el 04/03/2024).

información sobre su posición y sus movimientos hasta con mucha precisión, dependiendo de la calidad de la imagen y la complejidad de la configuración. En general, las cámaras de profundidad requieren de cintas o marcadores retroreflectantes posicionados en las partes del cuerpo que se quieren capturar para la obtención de datos relevantes; a mayor número de marcadores, mayor precisión. Por otro lado, las cámaras RGB necesitan de un proceso de tratamiento de imagen posterior a la captura, usualmente con tecnologías y algoritmos de visión computacional.

Con estos tipos de cámaras se han realizado instalaciones como *Acusmeaucorps*¹⁹ del compositor Tom Mays²⁰, *MAP2* y *Gestation* del compositor Garth Paine, o también *Cyberautoscopie* (Fritz et al., 2018) de la coreógrafa Vivian Fritz, dónde se utilizan cámaras Kinect para capturar las partes frontal y posterior de una bailarina para que ésta controle diversos parámetros de tratamientos de imagen. En otras áreas como la del análisis de la ejecución instrumental (Campo et al., 2023; Antoniadis, 2018) e incluso en la medicina musical, estas tecnologías permiten la obtención de una cantidad importante de datos sobre los gestos realizados (y que otros sensores no permiten) y, posteriormente, analizar cómo éstos se relacionan entre sí y con el sonido, para poder mejorar las posturas de los intérpretes.

Para capturar la gestualidad *natural* del intérprete – es decir, que éste no deba adaptar su estilo de ejecución en función de elementos externos que puedan colocarse en el cuerpo, sino más bien, bajo influencia del sonido mismo – el uso de cámaras parece la solución más apropiada. Sin embargo, existen varios parámetros a considerar cuando se quiere utilizar este tipo de tecnologías, no solamente desde el punto de vista del mapping gesto-sonido (del cual se hablará en la siguiente sección), pero también, desde la tecnología en sí y de las técnicas que se requieren para obtener información relevante y fiable.

¿Cómo asociar el gesto a un resultado sonoro?

Al comienzo de la sección anterior, se mencionó que los instrumentos musicales digitales van más allá del paradigma del gesto excitador (Paine, 2004; Cadoz, 1988). De hecho, la relación entre la anatomía y los parámetros acústicos del instrumento musical, además de los materiales utilizados en la construcción, influyen este tipo de gestos en los intérpretes. Pero en el caso de los instrumentos musicales digitales, esta relación no existe, ya que la fuente

¹⁹ <http://tmays.free.fr/proj/05/acousmeaucorps/en/pages/amc-presentation.html> (consultado el 04/03/2024).

²⁰ Más proyectos audiovisuales con seguimiento de cámara pueden encontrarse en el siguiente link: <http://tmays.free.fr/proj/av/camtrkpieces.html> (consultado el 04/03/2024).

sonora y la anatomía de la *interfaz de control* están separados, y por lo tanto, tiene que ser diseñada y creada (Hunt et al., 2002).

Por un lado, esto conferiría al gesto el rol de gesto instrumental *per se* (Paine, 2004), siendo la forma de ejecutar el instrumento parte de una base de datos gestuales creada a partir de experiencias previas del intérprete (van Dorp, 2013; Godøy y Leman, 2009; Merleau-Ponty, 1945). Por ejemplo, si un instrumento musical digital es de tipo *instrument-like*²¹, por definición, éste puede parecerse a un instrumento musical acústico. La forma de ejecutarlo estará guiada, por un lado, por el diseño de la interfaz (es decir, si ésta tiene teclas, botones, o cualquier otro elemento que sugiera una manipulación), y segundo, por la experiencia gestual previa que se tenga sobre la interfaz.

No obstante, si el mecanismo para ejecutar la interfaz y el resultado sonoro producido son lejanos a los de un instrumento musical acústico, o la relación entre fuente sonora e interfaz de control no es evidente (y por lo tanto, complicada de entender), la gestualidad inicial cambiará para tratar de adaptarse a estas limitantes. Pero por sobretodo, la gestualidad buscará acoplarse al resultado sonoro, lo que Ståle van Dorp denomina como *conocimiento ecológico*²². De hecho, la influencia que estas interfaces tienen sobre las cualidades gestuales es principalmente a través de la respuesta sonora resultante, tal y como lo demuestran los llamados *gestos contingentes* y lo experimentado durante el proceso creativo y las presentaciones de *Interacciones interespecíficas*. Para obtener respuestas sonoras estimulantes, estas necesitan que lo que crea el vínculo entre la fuente sonora y la interfaz de control, esté en total correspondencia con la forma de manipular la interfaz. Así, los gestos contingentes, habiendo ya sido influenciados por el sonido una vez, producirán un nuevo resultado sonoro que los modelará sucesivamente, creando así una cadena de retroalimentación que facilitará poco a poco la interacción y el aprendizaje de la interfaz, así como el dominio de las cualidades sonoras resultantes.

Este vínculo es definido como mapping, un concepto prestado de la HCI²³, el campo de estudio considerado como el punto de convergencia entre áreas como las ciencias de la informática, la cognición corporeizada y el diseño (van Dorp, 2013), entre otras, para, precisamente, diseñar

²¹ Definir en la sección anterior.

²² Más referencias pueden encontrarse en la sección 2.2 de la tesis de doctorado de Ståle van Dorp, *Methods and Technologies for Using Body Motion for Real-Time Interaction* del año 2013: <https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/38311/dravhandling-skogstad.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consultado el 04/03/2024).

²³ En inglés *Human-Computer Interaction*.

interacciones entre personas y computadores.

A diferencia de la HCI, el diseño de instrumentos musicales digitales (de ahora en adelante, DMI²⁴) no solo busca que la interacción con una interfaz digital sea ergonómica y, por lo tanto, elocuente, así como también rápida y con poca latencia de respuesta sonora. De hecho, la concepción de estrechas imbricaciones entre las acciones físicas del ejecutante y el resultado sonoro de la interfaz está dentro de los objetivos más importantes del diseño de DMI, todo esto para suscitar respuestas psicoemocionales y corporales/físicas estimulantes al momento de la interacción (Hunt et al., 2002), y, como se mencionó anteriormente, alterar la ejecución. En efecto, si el mapping diseñado cambia, tanto el carácter del instrumento como el de la forma de ejecutarlo cambiarán, alterando así el resultado sonoro (al menos de forma perceptiva).

Consideraciones para el diseño de un DMI

Existen distintas estrategias para crear mappings consistentes dependiendo del tipo de interfaz que se quiera utilizar. Si se considera que la interfaz (o el sensor) incluye pads, knobs o sliders, la estrategia deberá tomar en cuenta de qué forma los gestos interactuarán con estos para la generación de sonido, y a su vez, cómo dichos elementos de control serán asignados a las cualidades (o parámetros) del sonido.

Por otro lado, si lo que se utiliza para capturar la gestualidad es una cámara infrarroja o RGB (es decir, no existe contacto directo entre el cuerpo y la interfaz de control), la estrategia será completamente diferente. El mapping deberá, por lo tanto, considerar el espacio delimitado por el rango de alcance de la cámara (Trail et al, 2012; Schacher, 2010).

En cualquier caso, la estrategia²⁵ podrá considerar asociar uno de los elementos de control (o inputs) mencionados a un parámetro de sonido (o output), creando una relación *one-to-one*, o bien, a varios parámetros simultáneamente (*one-to-many*). También, se podrán asociar varios elementos de control entre sí para establecer relaciones entre ellos (por ejemplo la distancia entre dos de estos) y asignarla a un parámetro de sonido (*many-to-one*)²⁶.

Este tipo de estrategias, las que aportan un componente perceptivo importantísimo a la reflexión (Hunt et al., 2002), han demostrado ser bastante eficaces a la hora de crear mappings

²⁴ En inglés *Digital Musical Instrument*.

²⁵ Estas y otras estrategias, además de diferentes consideraciones relacionadas con el cómo es percibido el mapping, fueron formalizadas por Andrew Hunt en su tesis de doctorado *Radical User Interfaces for Real-time Musical Control* del año 1999: https://www-users.york.ac.uk/~adh2/Andy_Hunt_Thesis.html (consultado el 04/03/24). Un resumen de sus experimentos y resultados pueden encontrarse en las publicaciones Hunt y Kirk, 1999, 2000.

²⁶ Para profundizar en estos y otros tipos de relaciones, se recomienda consultar la sección 6.3 de la tesis de doctorado de Sergi Jordà Puig.

complejos con controladores convencionales o no. Sin embargo, el paradigma es un poco diferente cuando se utilizan cámaras para la detección gestual.

De hecho, los elementos de control (o *input*) serán las partes del cuerpo que se quieren detectar; la interfaz de control, el espacio de captura; y el *output*, los parámetros de sonido del DMI. Para esto, Stale van Dorp propone considerar una serie de conceptos para conectar lo que él denomina como *espacio de control* al *espacio de salida*²⁷, los que también aplican a instrumentos musicales acústicos: *esfuerzo y energía; encendido y apagado; tolerancia a errores; retroalimentación háptica; entrada bimanual; dimensiones integrales vs separables; número de dimensiones y grados de libertad; y movimiento y posición absolutos vs relativos*²⁸ (van Dorp, 2013). Es evidente cómo algunos de estos conceptos pueden relacionarse con las estrategias mencionadas anteriormente, considerándolos como una capa previa al mapping, la que permite comenzar el diseño desde una base más empírica que abstracta (Hunt et al., 2002).

Para Stale van Dorp, estos conceptos son esenciales y deben ser considerados e incorporados al diseño de DMIs, no solo porque permiten apoyarse en el conocimiento ecológico que se tiene del sonido, e implicarse así física y psicoemocionalmente con la interfaz. A esto, se suma la calidad de libertad explorativa proporcionada por un diseño sencillo, el que, combinado con una correlación entre gesto y sonido, o entre acción y sonido (Leman, 2012; Godøy y Leman, 2009; Jensenius, 2007) acorde, resultará en una interpretación con una importante calidad comunicativa hacia la audiencia.

Estas consideraciones también se aplican cuando los instrumentos musicales acústicos son *aumentados o extendidos* con tecnologías de captura gestual.

En efecto, las estrategias y conceptos propuestos por los autores citados pueden ser utilizados como elementos para analizar las características de un DMI, tanto desde una perspectiva de la HCI (respecto a la ergonomía, eficacia, y la rapidez de la respuesta), como también desde la cognición corporeizada, en cuanto a la estimulación psicoemocional que se produce durante la ejecución, y cuánto ésta se ve afectada por el diseño. En las conclusiones de la tesis de doctorado²⁹ de la pianista y compositora Sarah Nicolls³⁰, quien realizó una investigación en

²⁷ En inglés *control space*, se define como la manera en la que el o la ejecutante interactúa con la interfaz de control (o DMI), a través de distintas acciones, percibiendo elementos físicos como vibraciones, retroalimentación táctil, entre otros. El *output space*, es el sonido resultante de la interacción.

²⁸ Para conocer la definición de cada concepto y como estos se observan en un instrumento musical acústico, se recomienda consultar la sección 2.5 de la tesis de doctorado de Ståle van Dorp.

²⁹ <https://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/5511/1/FulltextThesis.pdf> (consultado el 04/03/2024).

³⁰ <https://sarahnicolls.com/> (consultado el 04/03/2024).

torno la integración del piano en contextos de música mixta interactiva, se pueden encontrar distintas reflexiones sobre el uso de diferentes tipos de captura gestual, y cómo estos modifican la interpretación musical.

Por ejemplo, para el proyecto *Suspensions*³¹ del compositor y performer Atau Tanaka³², la intérprete coloca un sensor fisiológico en cada brazo además de un acelerómetro en el brazo derecho (ver figura 2.2). Al tensar los músculos de los brazos y al desplazar el brazo derecho, se esperaba extraer datos relevantes asociados a distintos parámetros de un sampler, y así poder controlarlos en tiempo real.



Figura 2.2, Sarah Nicolls ejecutando *Suspensions* de Atau Tanaka
(© Meta Gesture Music).

Los gestos realizados por la pianista son alterados para poder estimular la detección mediante el sensor fisiológico.

No obstante, tal y como lo señala Nicolls, la dificultad estuvo no solamente en el hecho de aprender a tensar los músculos de una determinada manera para poder gatillar una respuesta del computador, sino también, en cómo hacer coexistir esta forma de ejecución interna con la del piano, más externa y visible (Nicolls, 2010). Esto llevó a la intérprete a recurrir a

³¹ <https://www.youtube.com/watch?v=HumBMPJUroQ> (consultado el 04/03/2024).

³² <https://www.gold.ac.uk/computing/people/tanaka-atau/> (consultado el 04/03/2024).

gestualidades más *teatrales*, exagerando gestos instrumentales y creando gestos contingentes, para controlar cuándo estimular los sensores y cuándo no, e incluir esta nueva gestualidad en la performance, tomando consciencia sobre el dúo que estos espacios externos e internos crean en ella.

Estos espacios, los que pueden tomar distintas formas (desde sensores colocados en el cuerpo de los intérpretes o en el de sus respectivos instrumentos, o una cámara colocada en un ángulo cenital para seguir continuamente la posición de un performer, hasta, sencillamente, un instrumento musical acústico en dúo con un computador), permiten interrogarse sobre cuánta información se revela a la audiencia de la correlación entre gesto y sonido a nivel tecnológico (es decir, respecto el mapping). O en palabras de Nicolls, *¿queremos explicar a través del cuerpo del intérprete lo que hace la electrónica cuando utilizamos el control interactivo del intérprete?*³³.

En general, desde el momento en el que el cuerpo se implica de forma más evidente en propuestas interactivas, los gestos realizados en escena adquieren el rol de comunicadores, de transmisores de intención y expresividad (Leman, 2012). Como se mencionó anteriormente, gracias a un diseño sencillo y eficaz (en la medida de lo posible), y a la correlación entre gesto y sonido o acción-sonido, el intérprete es capaz de comunicar a la audiencia lo que siente al manipular un DMI, al lograr producir (intencionalmente o no) un determinado sonido. Y la audiencia, al recibir toda esta información, puede asociar lo que ve a lo que escucha y reforzar la comprensión de lo que ocurre en escena, empatizando con la emoción del intérprete.

En este sentido, al trabajar un diseño de interacción, es necesario considerar (o tratar de anticipar) lo que la audiencia podría percibir de lo que ocurre durante la ejecución de un DMI (o simplemente, en un escenario, si se consideran otras disciplinas artísticas como la danza), para así intensificar la emoción que experimenta la audiencia, considerando que ésta también se mueve y vibra por simpatía con el gesto y el sonido del intérprete (Jaimovich, 2013; Leman, 2012).

Para el desarrollo de un sistema de captura gestual basado en los dispositivos mencionados anteriormente (sensores fisiológicos, accesorios para videojuegos, cámaras RGB o infrarrojas, entre otros), ya sea para crear un nuevo DMI o para aumentar un instrumento musical acústico existente, es esencial imaginar correlaciones acordes entre el gesto realizado y el sonido resultante. Esto no sólo será benéfico para el intérprete, sino también para la audiencia.

³³ Sarah Nicolls, *Interacting with the piano*, página 54 (traducción del autor).

En primer lugar, el ejecutante podrá comprender el funcionamiento de la interfaz con mayor facilidad, lo que le permitirá integrar y manejar los gestos instrumentales propios del DMI, para así interactuar en completa retroalimentación con el resultado sonoro a voluntad, lo que hará aparecer otro tipo de gestos (como los gestos contingentes).

Por otro lado, la audiencia, en presencia de una interpretación fluida y que de cuenta, en cierta medida, de lo que sucede “tras bambalinas” a nivel del mapping, podrá conectarse emocionalmente con lo que siente el intérprete en escena, siendo la ejecución musical aún más portadora de expresividad.

Este paradigma es un poco revuelto cuando un DMI es diseñado para la creación, como bien lo ejemplifican los testimonios de co-creación de Nicolls. Desde el punto de vista de la HCI, un diseño debe resolver un problema entre un usuario y un dispositivo, vinculando de forma creativa, una acción a una respuesta a través de una interfaz simple, eficaz, y elocuente. En un contexto de creación, los objetivos son un poco distintos. Lo que se busca no es resolver un problema, sino más bien, potenciar la expresividad de un instrumento, aún cuando esto requiera la desviación de su funcionamiento principal. Incluso la realización de un diseño incoherente puede ser beneficioso para aumentar la expresividad de la ejecución (Nicolls, 2010), ya que permite encontrar nuevas y variadas formas de interactuar con el DMI, lo que resulta en una nueva interfaz para la expresión musical.

Discusión

La experiencia estética en propuestas interactivas

Sarah Nicolls describe perfectamente la transformación de este paradigma, señalando que *...este tipo de gestos pueden crear asociaciones en la audiencia: puede que yo esté haciendo un movimiento concreto para crear un sonido, pero el observador puede pensar - ‘parece que está tomando una fruta de un árbol’³⁴.*

De hecho, cuando un cuerpo entra en escena en el marco de una representación artística (como teatro, danza, performance e incluso música), este crea, inmediata e inevitablemente, un momento de tensión, de espera y ansiedad. Si a este, además, se le añade un objeto externo³⁵

³⁴ Sarah Nicolls, *Interacting with the piano*, página 53 (traducción del autor).

³⁵ El dispositivo en sí transmite una intención, crea un ambiente, hace presagiar que está ahí, habitando el espacio, por algún motivo (en conversación con Christophe Cerdan, profesor del departamento de

como un sensor de los anteriormente mencionados, o un DMI, este atrae, de igual manera, la atención de la audiencia creando otra expectativa. Más aún, se da cuenta que ya no es posible entrar en este espacio escénico de una sola forma. Este es un aspecto relevante, un sello, en este tipo de propuestas. Muchas de estas explotan increíblemente esta característica, convirtiéndola en parte integrante del discurso, como es el caso del compositor y videasta Thierry De Mey³⁶, quien ha logrado crear vínculos estrechos e invertir los roles entre música y danza, entre gesto y sonido. El cuerpo, en sí mismo, es suficiente para comunicar una intención; sin embargo, hay que estar predispuesto a considerar al cuerpo como un territorio de múltiples significaciones, un espacio donde se deviene ejecutante e instrumento, mediado y mediador (Davidson, 2019). Hay que tomar conciencia de que *al utilizar la interactividad para controlar el sonido, nos hemos adentrado en una dimensión en la que, de repente, todo puede tener un significado teatral adicional*³⁷.

La percepción en este tipo de propuestas, creaciones artísticas interactivas que, dicho sea de paso, toman prestado cualidades de otras disciplinas artísticas, no pasa solamente a través de un solo sentido. Al contrario, la escena está llena de señales que pueden servir como puntos de entrada para la comprensión de lo que se percibe. En ciertos casos, estas podrán ser dispositivos de detección de movimiento a base de luz como en *Light Music*³⁸ de Thierry De Mey, o también una lámpara como en *Piece for piano and lamp* de Jonathan Green (interpretada por Sarah Nicolls donde, incluso, se usa una cámara web para activar sonidos pre-grabados), o simplemente, una plancha de madera sobre una mesa como en *Musique de tables* de Thierry De Mey (ver figura 2.3).

artes audiovisuales de la Universidad Aix-Marseille, sobre el dispositivo y su presencia escénica - L'image filmée : un outil fiable à maîtriser dans la collecte de données / Cinéma direct en « dispositif contrôlé » : capter en images et sons les comportements et les actions, en y associant l'idée d'improvisation en situation réelle).

³⁶ Tuve la oportunidad de estar bajo la tutela de Thierry De Mey durante el *Cursus de composition et d'informatique musicale* del Ircam entre los años 2018 y 2019. Algunas de las ideas plasmadas en esta sección hacen alusión a seminarios y/o tutorías individuales de composición, las que serán debidamente precisadas.

³⁷ Traducción del autor.

³⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=MJ9HgzQCAIY> (consultado el 04/03/2024).

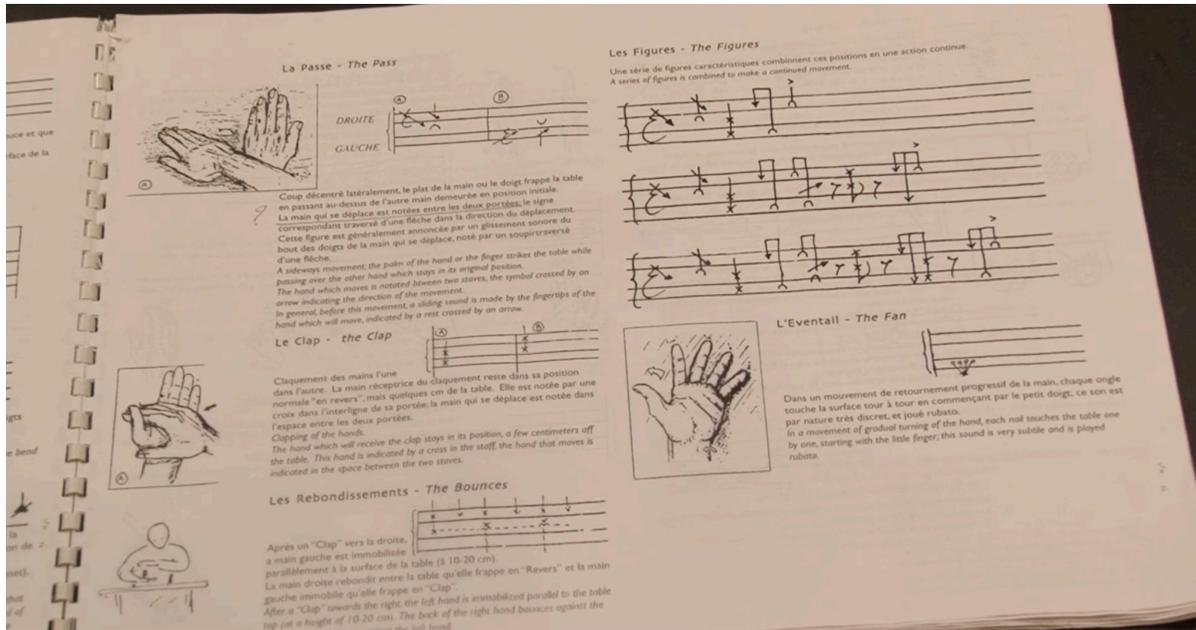


Figura 2.3, fragmento del glosario de *Musique de tables* de Thierry de Mey
(© Ensemble Intercontemporain).

Estos elementos, los que, por un lado, son funcionales ya que sirven para recuperar información gestual y así implementar la interacción, se convierten en parte integral de la propuesta desde el momento en que el compositor y el intérprete, encarnan el instrumento musical (digital o no) tanto desde la escritura como desde la interpretación. En el caso de *Musique de tables* (pieza que evoca ciertos elementos gestuales de la coreografía *Rosas danst Rosas*³⁹ de Anne Teresa De Keersmaecker), donde los gestos están completamente escritos, se tiende a preguntar si lo que se ve es una coreografía de las manos de los músicos, o bien, una composición musical. Incluso los músicos del Ensemble Intercontemporain⁴⁰ se interrogan de la misma manera: *¿Somos músicos o bailarines de manos? ¿Lo que oímos es el resultado del proceso visual, de la coreografía de las manos, o viceversa?*⁴¹. Lo mismo ocurre en *Light Music*, donde el dispositivo, luego de presentar el material sonoro-gestual, nos demuestra el estrecho vínculo que existe entre el movimiento de las manos y la luz, y entre lo que se ve y se escucha. El gesto se convierte en trazos de luz proyectados en una pantalla (ver figura 2.4); a veces incluso en sombra, permitiendo apreciar esta propuesta tanto desde un punto de vista musical, como escenográfico y dancístico.

³⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=vILZExpGBOY> (consultado el 04/03/2024).

⁴⁰ Testimonio extraído del documental *Du geste à la musique* (desde el minuto 03:58 hasta el 07:35): https://www.youtube.com/watch?v=dGfU1RkRNfA&ab_channel=EnsembleIntercontemporain (consultado el 04/03/2024).

⁴¹ Testimonio traducido por el autor.



Figura 2.4, el percusionista Jean Geoffroy interpretando *Light Music* de Thierry de Mey
(© A. Pequin).

Este fenómeno es interesante, ya que estos espacios comunes permiten a la audiencia de apreciar y entender lo que observa desde diferentes aristas, desde sus propios lugares⁴².

⁴² Cabe destacar que, un buen referente de estos puntos de entrada múltiples es *Kiss & Cry* de Michèle Anne De Mey y Jaco Van Dormael. Esta propuesta de nano danza, explora la danza de las manos de los bailarines a través de escenografías en miniatura distribuidas en el escenario, las que son proyectadas en una pantalla gigante. Este espacio, el que se convierte en un set cinematográfico gigante, es recorrido por los bailarines además de los camarógrafos, por lo que la audiencia es confrontada a distintos puntos de vista de la misma propuesta. La audiencia es libre de observar y detenerse en uno de estos elementos, lo que amplía la percepción individual, y refuerza la expresividad de la propuesta.

Sin esta toma de conciencia, el gesto mantiene su lugar de residencia “al interior” del cuerpo del intérprete, y es dejado en evidencia dependiendo del porcentaje de “teatralidad” en la interpretación. Por esta razón, los espacios evocados por Nicolls cobran importancia si lo que se busca es utilizar estas herramientas (corporales y tecnológicas) para aumentar la capacidad expresiva del intérprete y del sonido, y al mismo tiempo, transmitirlo de forma concreta a la audiencia (Nicolls, 2010). En este sentido, *la interactividad física debe tener muy en cuenta esta perceptibilidad desde la perspectiva del público*⁴³.

La intención de estos espacios (o *metáforas*, como se denominará para este proyecto ya que solo existen en el imaginario), es de crear un ambiente propicio para que todos estos elementos se articulen de forma apropiada, casi simbiótica, y así apoyar la identidad sonora que se quiere crear. De hecho, la idea central en estas propuestas no es utilizar el cuerpo sólo como un elemento visual que, coincidentemente crea sonido a partir del movimiento. Al contrario, la importancia reside en que este tome un lugar central en la intersección de estos elementos para que la experiencia sonora, a pesar de que esta pueda complejizarse, recupere lo que a veces olvida y se deja en segundo plano, se invisibiliza.

El cuerpo, al ser un instrumento más de la cadena, se convierte en una herramienta que facilita a intérpretes y a la audiencia el acceso a estas propuestas, tanto para observar(se), apreciar(las|se), comprender(las|se), desde diferentes ángulos, en una suerte de *visible-visto* (Merleau-Ponty, 1964) colectivo creando espacios comunes. Según Nicolls, si el gesto de un intérprete *se utiliza para controlar algo, entonces debe tener sentido de alguna manera, debe tener una relación que pueda ser comprendida por la audiencia*⁴⁴ (Nicolls, 2010).

La integración del gesto en propuestas musicales interactivas es, ante todo, un medio para amplificar la experiencia sonora y no un fin en sí mismo. Entendiendo la producción del sonido como un proceso complejo que implica tanto mente como cuerpo y la mecánica instrumental, el cuerpo puede ser el vértice unificador de todas estas aristas, y proporcionar una escucha y observación estética distinta, abierta, más libre, donde la audiencia encuentra siempre un punto de entrada.

Vínculo del trailer: https://www.youtube.com/watch?v=orNp3eX-wPk&ab_channel=LeProjetScala (consultado el 04/03/2024).

⁴³ Sarah Nicolls, *Interacting with the piano*, página 11 (traducción del autor).

⁴⁴ Sarah Nicolls, *Interacting with the piano*, página 54 (traducción del autor).

Resumen

En este capítulo, se definen las funciones que el gesto cumple en la interpretación musical, dando especial énfasis a los gestos contingentes, los que aparecen durante el aprendizaje de un instrumento musical digital (Penalba, 2010), y a los gestos auxiliares, los que acompañan la producción del sonido (Cadoz y Wanderley, 2000).

Posteriormente, se detallan, primero, los distintos tipos de sensores que se pueden encontrar en propuestas artísticas interactivas, siendo la cámara web la solución más apropiada para capturar la gestualidad *natural* en el piano; y segundo, con estrategias para diseñar correlaciones sonoro-gestuales que hagan sentido para la audiencia.

Finalmente, a través de ejemplos en música instrumental y mixta, e incluso danza, se establece que la complejidad estética en este tipo de propuestas, ofrece diversos puntos de entrada, o metáforas, mediante distintos elementos que crean espacios comunes entre el intérprete y la audiencia.

En el siguiente capítulo, el estado del arte definido, junto a reflexiones que emanan del primer período de investigación artística, se usarán para recuperar la esencia de lo realizado en 2014-2016 y articularlo con el proceso actual.

Capítulo 3

Ciar para reenfocar: análisis cualitativo de un ejercicio para piano y electrónica

Introducción

El proceso de investigación artística de esta tesis de magíster, comienza entre 2014 y 2016 con un ejercicio para piano y electrónica, compuesto asociando los gestos instrumentales y auxiliares del intérprete a parámetros de distintos tratamientos de sonido digital, mediante un sistema de captura de movimiento. Este ejercicio se transcribió en un borrador de partitura que reúne una serie de secciones que exploran, progresivamente, cualidades gestuales y de movimiento desde la notación musical. Estas correlaciones entre gesto y sonido, hacen de esta pieza una cápsula interactiva, en donde el cuerpo del intérprete se transforma en un instrumento que controla a otro. A su vez, el intérprete es guiado desde la notación musical y el sonido, para moverse de una determinada manera.

No obstante, por razones personales, el proceso fue puesto en pausa y el trabajo, por lo tanto, quedó incompleto. Hoy en día, casi 10 años después de haber iniciado este ciclo, y con la temática gesto-sonido siempre vigente, se decide retomar el trabajo de investigación artística inconcluso, y se asume que el paso del tiempo puede haber modificado la estética personal, y dejado obsoletas las tecnologías utilizadas en la época.

Por lo tanto, el siguiente capítulo describe la estrategia definida para realizar un análisis cualitativo del trabajo realizado entre 2014 y 2016. Los parámetros establecidos interrogan el grado de correlación sonora-gestual; la complejidad del mapping entre gesto, tratamientos de sonido, y resultado sonoro obtenido; la influencia de la correlación en la notación musical, y la naturalidad de la ejecución instrumental.

Finalmente, los resultados obtenidos son discutidos y confrontados con la literatura, con el fin de renovar y rearticular la propuesta musical y tecnológica (es decir, cíando⁴⁵ para reenfocar), orientándola hacia las Miniaturas Coreográficas.

⁴⁵ Verbo en castellano que significa retroceder: <https://dle.rae.es/ciar> (consultado el 04/03/2024).

Análisis

El objetivo principal del siguiente análisis es la relectura y reinterpretación del material producido durante el primer período de investigación artística: un borrador de partitura del ejercicio para piano, las aplicaciones para tratamiento de imagen y de sonido desarrolladas, y fragmentos en video del inicio, la cadencia, y el final del ejercicio. La intención es de recuperar y reapropiarse la esencia del trabajo, para buscar alternativas para proponerlo nuevamente, no desde una perspectiva de arqueología de medios⁴⁶.

Para ello, en conjunto con lo establecido en el estado del arte, se definen parámetros para el análisis con el fin de extraer elementos estéticos y técnicos, pertinentes para replantear el trabajo de investigación artística. Estos cuestionan:

- El grado de evidencia de la correlación sonoro-gestual, es decir, si el gesto instrumental producido tienen un resultado sonoro en el piano y en la electrónica directo, intermedio, o indirecto.
- La cualidad y la complejidad de la correlación, a saber, lo que ocurre entre el sistema de captura de movimiento y los parámetros de los tratamientos de sonido controlados, definiéndola como baja, intermedia, o alta.
- El resultado sonoro obtenido, para así definir si los tratamientos utilizados responden correctamente a la búsqueda sonora.
- La naturalidad en la ejecución instrumental que el sistema de captura permite.
- El formato de la composición, determinando qué elementos audiovisuales son pertinentes para ser desarrollados.
- La vigencia respecto a las técnicas de tratamiento de imagen y software escogidos, y determinar si estos pueden ser ejecutados usando nuevas versiones de macOS y/o de Max.

Video n°1

El siguiente fragmento⁴⁷ corresponde al inicio de la pieza, e implementa principalmente una captura de movimiento de tipo continua. Esto, con el fin de utilizar la gestualidad *natural*

⁴⁶ Es decir, no se busca realizar una nueva versión del ejercicio mencionado usando tecnologías actuales, ni manteniendo la misma posición estética y reflexiva.

⁴⁷ <https://vimeo.com/manage/videos/173391435> (consultado el 04/03/2024).

asociada a la notación musical – en su mayoría trémolo de acordes en *accelerando* y *rallentando*, arpeggios, además de notas estáticas y flotantes –, y así modificar constantemente el tratamiento de sonido asignado.

La correlación sonoro-gestual es ante todo indirecta. El vínculo entre la gestualidad necesaria para la ejecución y el resultado sonoro producido por los tratamientos de sonido, no es explícito ni evidente. Al contrario, es prácticamente imposible de entender la forma en la cual los gestos, al realizar trémolos y arpeggios y desplazamientos sobre el teclado (en rojo, ver figura 3.1), alteran el sonido y, por sobretodo, cuáles son los parámetros de los tratamientos de sonido que estos controlan.

The image shows a musical score titled "Librement" with three staves: Gestes, Piano, and Électronique. The Piano staff has two systems of music. The first system is marked with a box containing "15''". The second system is marked with a box containing "10''". The Piano part includes dynamic markings such as *f*, *p*, and *poco f*. Two red circles highlight specific notes in the Piano part. The Électronique staff has a box containing "1" and labels "PATCH-INFT" and "CHROMAX-MODULE".

Fig. 3.1, inicio del ejercicio para piano y electrónica (© Sergio Núñez Meneses).

No se observan indicaciones gestuales, por lo que el control del tratamiento de sonido se realiza mediante la gestualidad propia del intérprete.

Lo anterior hace que la complejidad del mapping sea alta. En este caso, los movimientos sobre el teclado modifican continuamente el módulo chromax⁴⁸, y con ello, se altera la armonía generada desde el piano. Esto quiere decir que el gesto, cualquiera sea su trayectoria y su cualidad, modificará el tratamiento sonoro sin que haya una correspondencia aparente.

⁴⁸ Este módulo de síntesis forma parte de la Max Sound Box del Ircam. Más información en <https://forum.ircam.fr/projects/detail/max-sound-box/> (consultado el 04/03/2024).

Por otro lado, el hecho de que la correlación sonoro-gestual no sea visible, no significa que este sea un aspecto negativo, y por lo tanto, que no tenga potencial musical.

Ejemplo de esto es el resultado sonoro obtenido, el cual es tímbricamente explotable. Gracias a los constantes *glissandi* de los vectores Chroma, los que alteran la resonancia de las notas del piano en tiempo real, se obtiene un timbre eléctrico que se integra bien al sonido acústico del piano.

Sin embargo, desde una perspectiva de diseño de nuevas interfaces musicales, la poca claridad en la correlación dificulta la apropiación y el aprendizaje del dispositivo de interacción. Esto no sería un problema si existiera una estrecha relación entre la cualidad del gesto y la del resultado sonoro. Por ejemplo, si la dirección y velocidad de los desplazamientos sobre el teclado influenciara la dirección y velocidad de los *glissandi*.

A pesar de lo anterior, dado que la notación musical es bastante tradicional (ver figura 1), la ejecución del fragmento es natural, no siendo necesario indicar si deben realizarse otro tipo de gestos como gestos auxiliares o *sin intención pianística*.

Observaciones

El fragmento previamente analizado, presenta elementos relevantes para tener en consideración al momento de integrar el gesto en la composición musical.

En primer lugar, la captura de movimiento continua permite el seguimiento de las manos en permanencia, y con ello, una enorme capacidad de adaptación respecto a las múltiples gestualidades presentes de uno a otro intérprete. Asimismo, este tipo de captura posibilita la modificación constante de los tratamientos de sonido, lo cual presenta un importante potencial de desarrollo a la hora de componer, a condición de que exista una parte instrumental acorde tanto gestual como sonoramente.

Por último, esto conlleva a componer correlaciones sonoro-gestuales de forma más consciente, tratando de encontrar puntos en común entre las cualidades del movimiento y del sonido. Esto tendrá como resultado diseños de mapping de una complejidad más baja, lo que facilitará la comprensión de la interacción tanto por parte del auditor, como del propio intérprete.

Video nº2

Este fragmento⁴⁹ da inicio a la cadencia de la pieza. El objetivo es utilizar principalmente elementos gestuales para la generación del material sonoro, sean estos sonidos pregrabados o de síntesis, o el resultado del control de parámetros de tratamientos de sonido en tiempo real. Y al mismo tiempo, que exista un diálogo con uno que otro elemento sonoro emitido desde el piano.

Un tanto a la manera de la pieza *Point Ones*⁵⁰ de Alexander Schubert, respecto a cómo se utiliza la gestualidad del director del ensamble para interactuar con el dispositivo de generación de sonido.

La correlación sonoro-gestual es mixta, es decir, directa e indirecta. En el primer gesto, alzar y dejar caer la mano derecha (en rojo, ver figura 3.2), se aprecia una clara relación entre la cualidad del movimiento y la del sonido. De hecho, la mano derecha, al caer sobre el teclado, activa la reproducción de un archivo de sonido, lo que crea un efecto de continuación de la frase, y por lo tanto, una correspondencia directa.

Por otro lado, el segundo gesto, llevar la mano izquierda desde el centro hacia el registro grave del piano (en azul, ver figura 3.2), el que de cierta manera extiende el primero como si fuera una resonancia, produce cambios muy sutiles en el tratamiento de sonido. Estas modificaciones pasan relativamente inadvertidas, dado que tanto el gesto como el sonido no tienen grandes puntos en común en términos de cualidad.

⁴⁹ <https://vimeo.com/manage/videos/173392634> (consultado el 04/03/2024).

⁵⁰ <https://youtu.be/CN-rlluyNbY?t=418> (consultado el 04/03/2024).

12 **Cadence** ♩=52-60

Figura 3.2, fragmento de la cadencia del ejercicio para piano y electrónica
(© Sergio Núñez Meneses).

El material sonoro proviene exclusivamente de la gestualidad del intérprete y del sistema de captura de movimiento (elaboración propia).

Esto hace que la complejidad del mapping sea también mixta. Esta es baja en el caso del primer gesto, ya que existe una sincronización entre levantar y descender el la mano derecha, y activar la reproducción de un archivo de sonido, tal y como si se realizara el mismo gesto para tocar una tecla del piano. No obstante, al desplazar la mano izquierda sobre el teclado, esta modifica la velocidad de reproducción del archivo de sonido además del tiempo de un delay, lo que produce una complejidad alta al ser el tiempo de delay variable y demasiado breve. De todos modos, el resultado sonoro retoma cualidades descritas en el video nº1, esta vez con la intención de modificar rítmicamente la resonancia de un archivo de audio.

La frase final, compuesta de cualidades de movimiento y sonoras bastante opuestas que ocurren consecutivamente, nublan la comprensión de lo que ocurre al nivel de la correlación.

Asimismo, la ejecución de este fragmento no es natural, a pesar de que esta utiliza gestos *propios* del piano. De hecho, dado que la notación musical (ver figura 2) entrega información sobre el tipo de gesto y su duración, los movimientos se vuelven mecánicos, casi sin *intención pianística*, lo que sin embargo es voluntario.

Observaciones

Para ser la cadencia de la pieza, momento en el que, históricamente, el virtuosismo instrumental es puesto en primer plano, la gestualidad utilizada es discreta y carece de un desarrollo más profundo. Al mismo tiempo, hay poco contrapunto e intercambios armónicos entre el sonido pregrabado y el piano, además de las leves variaciones tímbricas y de altura del primero.

A pesar de esto, existen elementos bastante interesantes, como por ejemplo, la transformación de gestos instrumentales propios del piano en gestos auxiliares o *sin intención pianística*, o más teatrales desde un punto de vista más performativo. Esto podría aportar más opciones de cualidades gestuales y así concebir correlaciones más imbricadas, yendo un poco más allá de los gestos propios de la ejecución del instrumento.

Por otro lado, se observó también el uso de un solo tratamiento de sonido por elemento gestual, lo que, como se estableció anteriormente, facilita la apropiación de la interfaz interactiva. Asimismo, esto reduce la complejidad del mapping en el caso de que las cualidades gestuales y sonoras estén estrechamente relacionadas.

Video n°3

Este fragmento⁵¹ corresponde al final de la pieza, y combina ejecución instrumental con generación de sonidos principalmente a partir del control de parámetros de tratamientos de sonido en tiempo real. El sistema de captura de movimiento detecta continuamente los gestos y desplazamientos sobre el teclado, por lo que algunos movimientos coinciden con el resultado sonoro en cuanto a cualidad, aún cuando no haya materia instrumental desde el piano.

La correlación sonoro-gestual es indirecta la mayor parte del tiempo. El primer gesto, alcanzar los registros extremos del piano tocando series de notas o solo desplazándose (ver figura 3.3),

⁵¹ <https://vimeo.com/manage/videos/173394539> (consultado el 04/03/2024).

no produce una respuesta sonora acorde. Más aún, los cambios pasan desapercibidos dada la acumulación paulatina y constante de elementos. Una vez más, al no existir una correspondencia de cualidades entre gesto y sonido, la correlación se vuelve indirecta.

Por otro lado el segundo gesto, levantar la mano izquierda y avanzar lentamente hacia el registro agudo (en azul, ver figura 3), el que nace a partir de un impulso del primero, produce una respuesta directa en la electrónica hacia el final del fragmento, al descender la mano saliendo del foco de la cámara (en verde, ver figura 3.3).

Figura 3.3, final del ejercicio para piano y electrónica (© Sergio Núñez Meneses).

Se puede observar que los elementos gestuales e instrumentales se conjugan para modificar la propuesta del dispositivo electrónico (elaboración propia).

Esto desemboca, por un lado, en una complejidad de mapping alta en el caso del primer gesto. De hecho, los desplazamientos sobre el teclado, al controlar el tiempo de un delay y la cantidad de feedback, generan patrones rítmico-armónicos bastante estáticos y repetitivos. Esto, debido

a que los parámetros son modificados de forma muy leve, y los cambios de tiempo son casi imperceptibles.

Por otra parte, en el caso del segundo gesto, la mano izquierda controla los módulos de armonizador y filtro espectral, para luego controlar el volumen general de la electrónica. Este último elemento es perfectamente reconocible y directamente asociable al movimiento, lo que crea una complejidad de mapping baja.

Considerando lo anterior, la naturalidad en la ejecución es por lo tanto mixta, ya que se mezclan gestos propios de la ejecución pianística, como desplazamientos a lo largo del teclado sin tocarlo, con gestos auxiliares o *sin intención pianística*, como retirar las manos del teclado luego de tocar, o alzar y mantener los brazos por sobre la tapa del teclado.

Al combinar acordes en el piano con los gestos anteriormente descritos, la notación se vuelve bastante eficaz y simple para colocar en relación ambos elementos.

Observaciones

Un elemento que tiene bastante potencial de integración en la composición es el desplazamiento de los brazos sobre el teclado, siempre y cuando este adquiera una intención *dramática* más asumida. Ejemplo de esto es el siguiente pasaje⁵² de *Point Ones*, donde los gestos instrumentales del ensamble son completamente insonorizados, los que, no obstante, calzan naturalmente con las frases musicales compuestas.

Este es un recurso audiovisual muy interesante de incorporar a las posibilidades de correlación sonoro-gestuales anteriormente presentadas, ya que permite variar la paleta de elementos multimediales para la composición, además de jugar directamente con la percepción de estas correspondencias desde el punto de vista del auditor.

Resultados

El análisis cualitativo de la investigación artística realizada entre 2014 y 2016, permitió extraer aspectos relevantes para la reflexión en torno a la integración del gesto en el proceso creativo de una composición musical interactiva. Estos fueron la correlación sonoro-gestual (el nivel de correspondencia audiovisual entre el gesto instrumental y la respuesta sonora en la electrónica), la complejidad del mapping (la asociación de un gesto a parámetros de tratamiento de sonido), la eficacia de la notación musical (la simpleza con la que se puede

⁵² <https://youtu.be/CN-rlluyNbY?t=552> (consultado el 04/03/2024).

obtener una respuesta audiovisual determinada a través de la escritura) y la naturalidad en la ejecución (la facilidad para ejecutar lo anotado en la partitura).

En primer lugar, se pudo observar que la correlación sonoro-gestual pueda crear una respuesta audiovisual coherente, sea esta directa o indirecta, se necesita que exista una correspondencia en las cualidades de ambos elementos (al menos, lo más posible). Esto no significa concebir correlaciones de tipo *Mickeymousing*⁵³, es decir, subrayando y reforzando sonoramente el carácter de cada elemento de la acción visual de forma directa. Sino más bien, imaginar imbricaciones donde el gesto y el sonido refuerzan y completan sus cualidades, y se retroalimentan de manera casi simbiótica, siendo el resultado directo o indirecto.

Claros ejemplos de correlación (los que pueden ser mejorados) ocurren en el video n°2, al alzar y descender la mano derecha para reproducir un archivo de audio, donde el sonido cumple un rol de resonancia gestual, y al desplazar la mano izquierda para modificar la resonancia del archivo de audio. Y en el video n°3, al alzar, desplazar la mano izquierda manteniéndola por sobre la tapa del piano para filtrar la masa sonora, para luego descenderla y crear un *fade-out* en el volumen general de la electrónica.

Continuando con los ejemplos anteriores, se pudo dar cuenta que en ambos se utilizaron tratamientos de sonido relativamente simples, y no más de dos simultáneamente. Este es un aspecto relevante ya que facilita la comprensión de la correlación sonoro-gestual, además de la práctica y el aprendizaje de la interacción que se produce entre el gesto y la respuesta sonora en la electrónica. Por lo tanto, definir una complejidad de mapping baja permite una mejor percepción de la correlación sonoro-gestual, sea esta una vez más directa o indirecta.

Al mismo tiempo, se pudo constatar que tanto la correlación como el mapping inciden en la eficacia de la notación musical. Esto quiere decir, según el tipo de interacción que se haya diseñado, la notación deberá considerar e integrar el gesto requerido y sus parámetros – como por ejemplo duración, intensidad, entre otros – para obtener un resultado sonoro determinado. Tomando como ejemplo el video n°2, el mapping entre el gesto utilizado para reproducir un archivo de sonido, requiere que la mano derecha sea alzada al menos hasta por sobre la tapa del piano, desde un punto determinado del teclado. Para esto, a la notación tradicional se agregó un símbolo para indicar que se tiene que alzar y descender la mano en un tiempo determinado, siendo el intérprete quien decida cuánto tiempo toma por cada fase.

⁵³ https://en.wikipedia.org/wiki/Mickey_Mousing (consultado el 04/03/2024).

Sin embargo el gesto requerido, el cual proviene de uno *natural* – considerando que algunos intérpretes alzarán más o menos los brazos al momento ejecutar un determinado pasaje dependiendo de sus estilos y técnicas – , adquiere una función *sin intención pianística* lo que afecta la naturalidad de la ejecución de cierta manera. Este no es el caso en el video nº1, donde el mapping propuesto requiere de una notación simple, sin anotaciones adicionales, ya que el gesto en arpegio modifica continuamente el tratamiento de sonido, lo que permite que la interacción se produzca sin mayores inconvenientes.

Por último, se pudo determinar que las relaciones entre correlación, mapping, notación y naturalidad en la ejecución, son interdependientes. Es decir, cuando la correlación es directa, la complejidad del mapping es normalmente baja. Y, de forma inversamente proporcional, cuando la correlación es indirecta, la complejidad del mapping es probablemente alta. En cualquiera de los dos casos, la notación podrá simple y natural al momento de la ejecución, o bien, más compleja lo que impactará la práctica y aprendizaje de la interacción, y con ello, la naturalidad de la ejecución.

Discusión y proyecciones

Es así como los elementos mencionados anteriormente – correlación sonoro-gestual, complejidad del mapping, eficacia de la notación musical y naturalidad en la ejecución – apoyarán la definición de criterios para la integración del gesto en la composición y el diseño de correspondencias sonoro-gestuales, influyendo así tanto en el formato de las miniaturas como en la realización del dispositivo de interacción.

Para comenzar a considerar al gesto como un material más para la composición musical, es imprescindible encontrar una terminología que permita describirlo no desde un punto de vista de trayectoria como se ha hecho hasta ahora, sino más bien desde sus cualidades. Tal y como se trabaja en danza⁵⁴, esto incluiría, por ejemplo, el carácter, el peso, o la velocidad de un gesto, con el fin de crear correlaciones más transversales.

Esto posibilitará determinar, junto a lo observado en el análisis previo, los gestos que presentan mayor potencial dramático para ser explotados de forma individual en una serie de miniaturas para piano y electrónica. Estos guiarán la composición de correlaciones sonoro-gestuales y de

⁵⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Laban_movement_analysis (consultado el 04/03/2024).

interacciones con los tratamientos de sonido, además del rediseño del sistema de captura de movimiento y cómo este será integrado en el proceso de creación. Para ayudar a visualizar los gestos definidos, se usarán como referencia algunos de los elementos gestuales utilizados por Thierry De Mey en *Light Music*, y por Alexander Schubert en *Point Ones*⁵⁵.

Del análisis anterior se pudo identificar dos grupos gestuales: funcionales con trayectorias horizontales y verticales, y auxiliares sin intención pianística.

Por un lado, los gestos funcionales pueden realizarse con una sola mano o con ambas, ya sea en paralelo o en cruce. Estos pueden incorporar como variante un *batido*, como el que se observa en el siguiente fragmento de *Light Music*⁵⁶.

Por otra parte, los gestos sin intención pianística incluyen: desplazamientos en altura como se aprecia en el siguiente extracto de *Light Music*⁵⁷, alzar las manos muy cerca de la cámara, entrar y sacar las manos del teclado⁵⁸, o abrir y cerrar las manos con mucha tensión en los dedos⁵⁹, tratando de desarrollar esta cualidad un poco más que lo que se ve en *Light Music*⁶⁰.

Así, de los gestos descritos anteriormente, se seleccionarán un cierto número los cuales serán el eje para cada una de las miniaturas para piano y electrónica. Estas serán una invitación a experimentar, explorar y explotar las posibilidades de interacción entre el piano y los tratamientos de sonido a través del gesto, tal y como si fueran estudios para piano a la manera de György Kurtág⁶¹. Asimismo, las miniaturas permitirán analizar cómo el gesto influye en el proceso creativo, y determinar si el compositor crea a partir de una imagen insonorizada o concibe de antemano un elemento audiovisual, o bien, continúa colocando el sonido al centro del procedimiento.

⁵⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=CN-rlluyNbY> (consultado el 04/03/2024).

⁵⁶ <https://youtu.be/MJ9HgZQCAIY?t=354> (consultado el 04/03/2024).

⁵⁷ <https://youtu.be/MJ9HgZQCAIY?t=759> (consultado el 04/03/2024).

⁵⁸ En *Light Music*, dos barras de luz son ubicadas en ambos costados de la escena para que el performer accione el dispositivo sonoro al entrar en el campo de luz.

⁵⁹ Tomando como ejemplo la cualidad de las manos del bailarín de Butoh, Kazuo Ohno: <https://www.youtube.com/watch?v=ZUjhQLB0hXY> (consultado el 04/03/2024).

⁶⁰ <https://youtu.be/MJ9HgZQCAIY?t=317> (consultado el 04/03/2024).

⁶¹ Extraído de Wikipedia: « *Ainsi, cette série ne fournit pas de tuteur, et ne constitue pas non plus un simple recueil de morceaux. Elle est peut-être destinée à l'expérimentation et non à l'apprentissage du "piano". Le plaisir de jouer, la joie du mouvement...* ». <https://fr.wikipedia.org/wiki/J%C3%A1t%C3%A9kok> (consultado el 04/03/2024).

Traducción al español por el autor: “Así, esta serie no proporciona un tutor, ni tampoco constituye una simple colección de piezas. Tal vez esta esté destinada para experimentar y no aprender el piano. El placer de tocar, la alegría del movimiento...”.

Al mismo tiempo, para reforzar el carácter exploratorio de la interacción, se usarán tratamientos de sonido simples y únicamente uno o dos por miniatura, tomando como ejemplo el conjunto de piezas *Le patch bien tempéré*⁶² de Tom Mays. Esto facilitará el trabajo de las relaciones sonoras entre el piano y el tratamiento de sonido, la notación del resultado, además de la apropiación del dispositivo interactivo, y con ello, la naturalidad gestual con la que se ejecutarán las miniaturas.

Finalmente, la naturalidad en la ejecución estará también proporcionada por el sistema de captura de movimiento. De hecho, este será actualizado usando métodos de deep learning para detección automática de puntos clave del cuerpo, lo que simplificará el uso del dispositivo en cualquier contexto artístico, sin la necesidad de que se requieran condiciones ni configuraciones de luz particulares.

Para esto, se realizarán pruebas usando, por un lado, la librería OpenCV⁶³ con modelos pre-entrenados de OpenPose⁶⁴ en C++ y por el otro, dos frameworks en Python para machine learning, PyTorch y TensorFlow. Esto, con el fin de explotar la GPU Metal Performance Shader (MPS) de macOS M1 Pro con chip Apple Silicon.

Resumen

En este capítulo, se realiza un análisis cualitativo de una serie de videos y fragmentos de un borrador de partitura, producidos durante el primer período de investigación artística.

Los resultados obtenidos son puestos en perspectiva con algunas piezas del repertorio de música mixta, y proporcionan aspectos relevantes para la elección e integración de gestos contingentes y auxiliares, así como para el diseño del dispositivo de interacción de la propuesta musical interactiva.

Paralelamente, se evalúa la vigencia de la aplicación desarrollada entre 2014 y 2016, y los resultados se detallan en el siguiente capítulo.

⁶² http://electro-strasbourg.eu/blog/wp-content/uploads/2014/02/memoireM2_TomMaysfinal.pdf (consultado el 04/03/2024).

⁶³ <https://opencv.org/> (consultado el 04/03/2024).

⁶⁴ <https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose> (consultado el 04/03/2024).

Capítulo 4

Entre instrumento de composición y performance: desarrollo de una aplicación para detección automática de partes del cuerpo

Introducción

En el capítulo 3, se establece que los instrumentos musicales digitales a base de cámaras, usan distintas técnicas y algoritmos para tratamiento de imagen para detectar objetos desde un flujo de imagen estático o continuo, en tiempo real o diferido. Así, durante el primer período de investigación, se desarrolla una aplicación para captura de movimiento utilizando la cámara Kinect, y la técnica *blob detection* a través de la librería cv.jit⁶⁵ para Max, con el fin de aislar y seguir continuamente las manos de un intérprete sobre el teclado de un piano.

En la actualidad, debido a la evolución constante y considerable de sistemas operativos, algoritmos y software, algunas de las herramientas utilizadas quedaron obsoletas. Paralelamente, con el auge de la inteligencia artificial, el aprendizaje profundo⁶⁶, entre otros métodos de aprendizaje automático⁶⁷, los algoritmos de captura de movimiento, en particular los de detección automática de partes del cuerpo, han progresado y conseguido una precisión sin precedentes.

Por esta razón, en el siguiente capítulo, se exponen las necesidades y objetivos que guiaron el desarrollo tecnológico en 2014-2016, y que orientan el actual proceso de desarrollo de una nueva versión de la aplicación.

Posteriormente, se presenta un kit de herramientas realizadas en Open Music y en Max, las que son integradas en un flujo de trabajo específico para la creación de las Miniaturas Coreográficas.

⁶⁵ <https://jimpelletier.com/cvjit/> (consultado el 04/03/2024).

⁶⁶ En inglés, *Deep Learning*.

⁶⁷ En inglés, *Machine Learning*.

Finalmente, se discuten las ventajas y desventajas de la nueva versión, así como sobre el uso de estas herramientas en performance y como apoyo para la composición asistida por computador, así como en otros contextos artísticos.

Trabajo realizado en 2014-2016

Necesidades y objetivos

En la sección 4.1 del capítulo 2, se realizó una presentación general de los tipos de cámaras utilizadas para la captura de movimiento, además de algunos ejemplos de aplicaciones artísticas como instalaciones y performances, y en otras áreas de investigación. Estas últimas proponen el uso de técnicas y métodos bastante eficaces y precisos, aunque en condiciones de estudio no muy acordes con las requeridas para la ejecución musical en concierto, debido al uso de accesorios en el cuerpo como marcadores de luz, cintas retroreflectantes, cables, e incluso, conjuntos de cámaras infrarrojas de alta precisión. De hecho, es sabido que algunos y algunas intérpretes prefieren tocar sin usar ningún tipo de elemento externo en sus brazos y manos, como por ejemplo relojes, anillos o pulseras. Esto, ya que el peso y/o el movimiento de los objetos influencia la forma de tocar, lo que afecta la ejecución del instrumento. Es por esto que se decidió usar tecnologías de tipo no invasivas para facilitar a el o la intérprete, el acceso y el aprendizaje de la interfaz de captura gestual⁶⁸, e incidir en la creación de gestos contingentes.

Problemas encontrados en la actualidad

Debido a los recientes y crecientes avances tecnológicos en materia de hardware como la fabricación de computadores con mejores procesadores, integración de Unidad de Procesamiento Gráfico (GPU en sus siglas en inglés); y de software, como la optimización de códigos fuente para adaptar las aplicaciones a estos cambios, las tecnologías utilizadas para desarrollar el sistema de captura de movimiento son incompatibles con algunos de los nuevos sistemas operativos, quedando por lo tanto obsoletas. De hecho, en la figura 4.1, se puede observar que el objeto [jit.freenect.grab] utilizado en 2014, no es cargado correctamente por Max, cuando el patch es abierto usando un computador macOS M1 Pro Ventura 13.3.1 con chip Apple Silicon, con la versión 8.5.4 de Max.

⁶⁸ Más información sobre esta aplicación puede encontrarse en el documento anexo nº1, *Aplicación para captura de movimiento 2014-2016*.

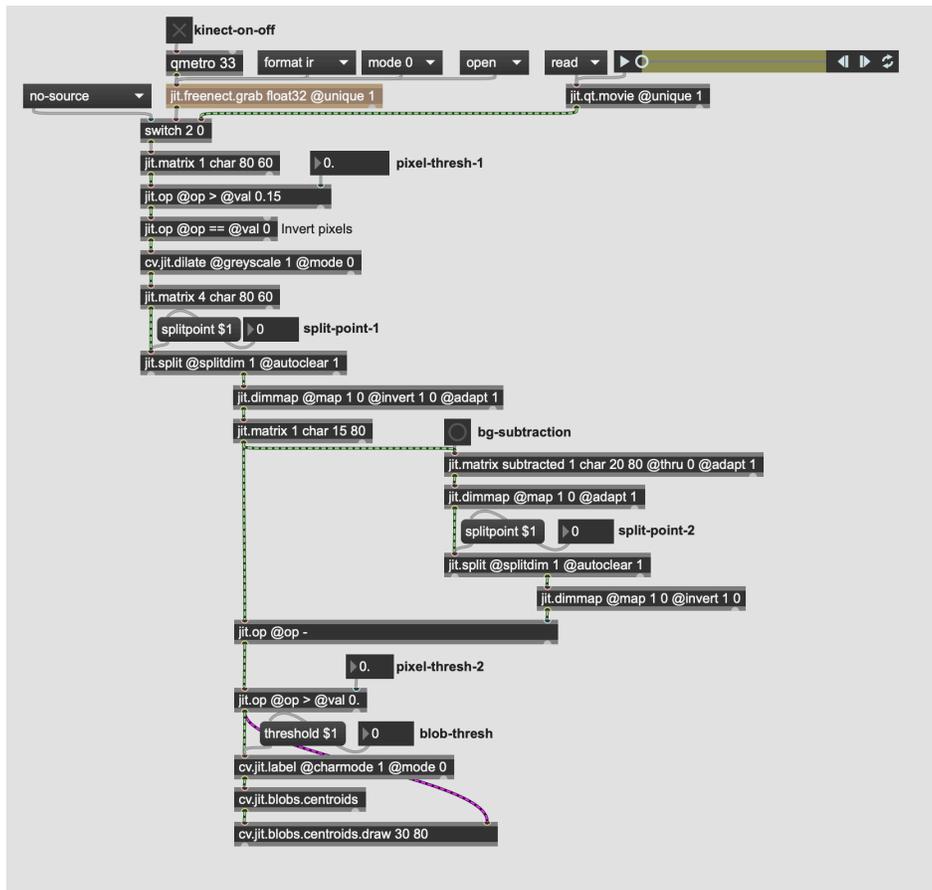


Figura 4.1, patch Max en modo edición de la antigua aplicación para detección de movimiento
(© Sergio Núñez Meneses).

Se puede observar que el objeto `jit.freenect.grab` no logra ser ejecutado debido a incompatibilidades de sistema operativo⁶⁹.

Por otro lado, la aplicación Delicode NI Mate, una de las más utilizadas en los últimos 4 años para la integración de la cámara Kinect en contextos audiovisuales, no provee una versión para los nuevos macOS, además de haber sido discontinuada. Desafortunadamente, no fue posible encontrar otras soluciones disponibles para un computador macOS M1 Pro, y que incluyera las características descritas en la sección 2.1. Por lo que fue necesario la ayuda de un experto en

⁶⁹ El error que aparece en la consola de Max es el siguiente: `jit.freenect.grab: could not load due to incorrect architecture` (en español, *no se ha podido cargar el objeto `jit.freenect.grab` debido a una arquitectura incorrecta*). Este error es muy común cuando los objetos no han sido programados para un determinado sistema operativo, o cuando este no tiene los componentes necesarios para la ejecución del objeto.

tratamiento de imagen y aplicaciones de visión computacional para obtener referencias sobre soluciones alternativas.

Actualización del sistema de captura

Detección automática de partes de cuerpo

Como se mencionó al inicio del capítulo 3, para recuperar la intención del trabajo de investigación artística realizado en 2014-2016, se efectuó un análisis cualitativo de la pieza explorativa para piano, y al mismo tiempo, sobre la vigencia de las tecnologías utilizadas durante esos años. Debido al auge de la inteligencia artificial y su utilización en distintas áreas, incluyendo la musical, se consultó al responsable del equipo de investigación *Análisis y comprensión de la imagen* del Laboratorio Hubert Curien⁷⁰ en Saint-Etienne, Christophe Ducottet⁷¹, quien aconsejó el uso de modelos de DL pre-entrenados para detección automática de partes del cuerpo o *keypoint detection*⁷². Esto, ya que esta técnica se ha convertido en una de las primeras elecciones a la hora de desarrollar aplicaciones interactivas⁷³, siendo estas compatibles con computadores, teléfonos móviles, o incluso, la serie de computadores Raspberry Pi. Pero por sobretodo, la optimización de esta técnica y de la metodología de entrenamiento de los modelos, además de los conjuntos de datos obtenidos, ha permitido su utilización en tiempo real con excelentes resultados.

Entre las tecnologías existentes, el profesor Christophe Ducottet sugirió realizar pruebas con la librería OpenCV en C++, a través de los modelos pre-entrenados de OpenPose⁷⁴, y con los frameworks PyTorch⁷⁵ y TensorFlow⁷⁶ en Python, utilizando la API MediaPipe⁷⁷. Una ventaja importante de estos últimos por sobre el primero, es que tanto PyTorch como TensorFlow

⁷⁰ <https://laboratoirehubertcurien.univ-st-etienne.fr/en/the-lab/presentation.html> (consultado el 04/03/2024).

⁷¹ <https://perso.univ-st-etienne.fr/ducottet/> (consultado el 04/03/2024).

⁷² <https://paperswithcode.com/task/keypoint-detection> (consultado el 04/03/2024).

⁷³ Por ejemplo, los filtros en aplicaciones como TikTok o Instagram (se puede encontrar una explicación general a partir del minuto 04:22 hasta el minuto 07:12 del siguiente video https://youtu.be/PPcQ_t1aL50?t=259) (consultado el 04/03/2024); en aplicaciones para entrenamiento deportivo, e incluso, detección de personas usando mascarillas durante el período de COVID-19.

⁷⁴ <https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose> (consultado el 04/03/2024).

⁷⁵ <https://pytorch.org/> (consultado el 04/03/2024).

⁷⁶ <https://www.tensorflow.org/> (consultado el 04/03/2024).

⁷⁷ <https://developers.google.com/mediapipe> (consultado el 04/03/2024).

permiten explotar la GPU Metal Performance Shader (MPS) de los nuevos computadores macOS M1 Pro con chip Apple Silicon.

El framework MediaPipe

Desarrollada por Google, esta tecnología ofrece la posibilidad de entrenar modelos propios, o bien, de utilizar los que ya han sido entrenados, para detectar los puntos relevantes del rostro, de la postura corporal y de la mano⁷⁸. Además, MediaPipe ofrece la posibilidad de implementar los modelos pre-entrenados utilizando diferentes lenguajes de programación, entre ellos JavaScript⁷⁹, el que es principalmente utilizado para la creación de aplicaciones Web. Este es un aspecto muy relevante para la investigación, ya que entre los objetivos mencionados, se encuentra la creación de un sistema que pueda ser integrado en distintos contextos artísticos. Sin embargo, y dado que para la creación de las Miniaturas Coreográficas solo se requiere la detección de las manos, la posibilidad de detectar otras partes del cuerpo será implementada en la versión para teléfono móvil.

Dentro de las soluciones puestas a disposición por MediaPipe, se utilizó la *Holistic Landmarker task*⁸⁰, que reúne los tres modelos descritos en el párrafo anterior, rostro, postura y mano. El modelo *Hand Landmarker task*⁸¹ permite detectar los puntos de referencia de la mano, desde una imagen estática o flujo continuo de imágenes. Este es capaz de distinguir cada mano, etiquetando cada articulación con un índice (ver figura 4.2), además de recuperar las coordenadas xyz (horizontal, vertical, y profundidad) de cada punto.

⁷⁸ <https://developers.google.com/mediapipe/solutions/guide#legacy> (consultado el 04/03/2024).

⁷⁹ <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript> (consultado el 04/03/2024).

⁸⁰ https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/holistic_landmarker (consultado el 04/03/2024).

⁸¹ https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/hand_landmarker/index (consultado el 04/03/2024).

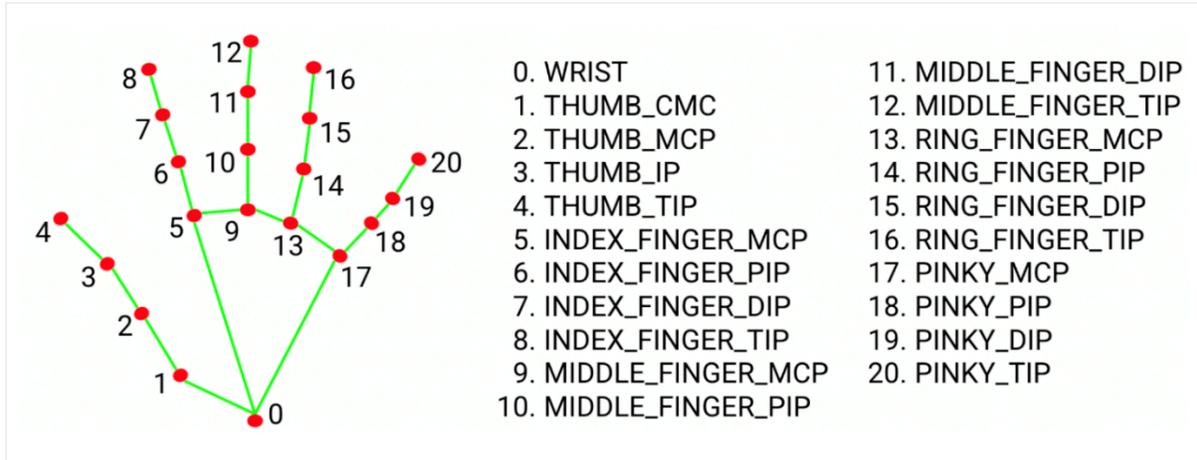


Figura 4.2, índice y puntos de referencia de las manos proporcionados por el modelo Hand Landmarker task de MediaPipe (© MediaPipe).

Nueva configuración

Dado que la implementación de la solución Holistic Landmarker task facilitada por MediaPipe no interfiere con las necesidades y objetivos de la aplicación, se decidió llevar a cabo las pruebas sugeridas. Para ello, se modificó levemente la configuración descrita en la sección *Configuración y aplicaciones plug & play accesibles* del documento anexo *Aplicación para captura de movimiento 2014-2016*. En lugar de una cámara Kinect, se utilizó la cámara web, *Logitech StreamCam*⁸², un modelo estándar y bastante accesible en el mercado, que provee un software⁸³ para cambiar la luminosidad y la exposición, entre otros parámetros⁸⁴.

Al mismo tiempo, a diferencia de la configuración de 2014-2016, la cámara se ubicó a una altura aproximada de 1.75m desde el suelo por sobre el teclado (ver figura 4.3), incluyendo así la cabeza dentro del cuadro, para que los algoritmos de detección puedan encontrar el baricentro de forma más sencilla. En pruebas realizadas posteriormente, se confirmó que esto mejora considerablemente la estabilidad de la detección, siendo la pérdida de las manos casi nula. Por otro lado, tal y como se realizó en 2014-2016, el foco de la cámara se posicionó en el registro central del teclado (ver figura 4.4), entre las octavas 3 y 5 aproximadamente.

⁸² <https://support.logi.com/hc/fr-be/articles/360042528854-StreamCam-Technical-Specifications> (consultado el 04/03/2024)

⁸³ <https://support.logi.com/hc/fr-be/articles/360042746714-Download-Logitech-StreamCam> (consultado el 04/03/2024)

⁸⁴ Es sabido que en ciertas condiciones de luz, sea esta natural o artificial, las cámaras pierden el foco lo que hace que las detecciones sean bastante inestables, por lo que es bastante práctico poder modificar la configuración de la cámara y no del espacio.

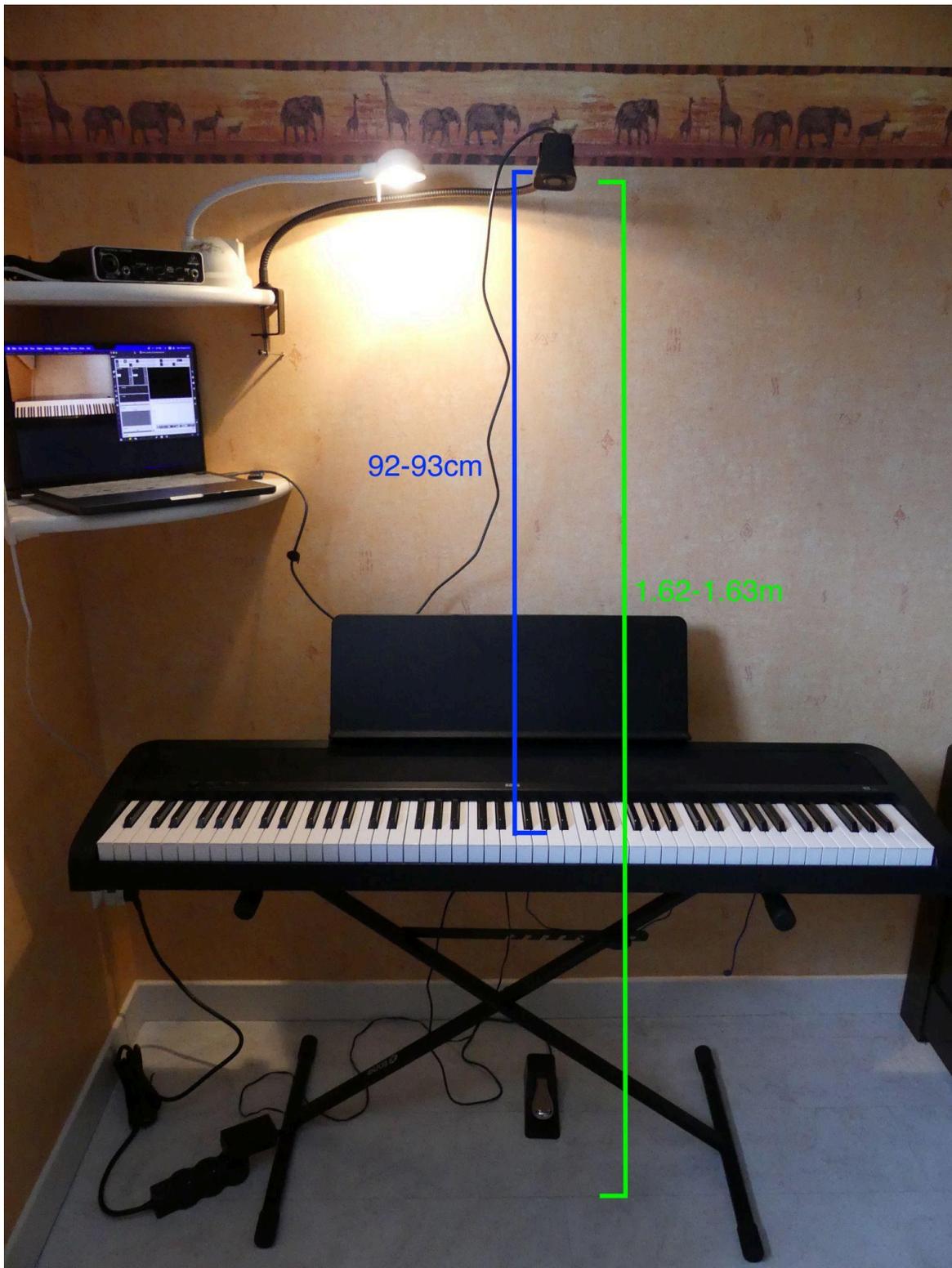


Figura 4.3, vista frontal de la nueva configuración (© Sergio Núñez Meneses).
Se pueden observar las medidas desde la cámara hasta el teclado (en azul) y hasta el suelo (en verde).

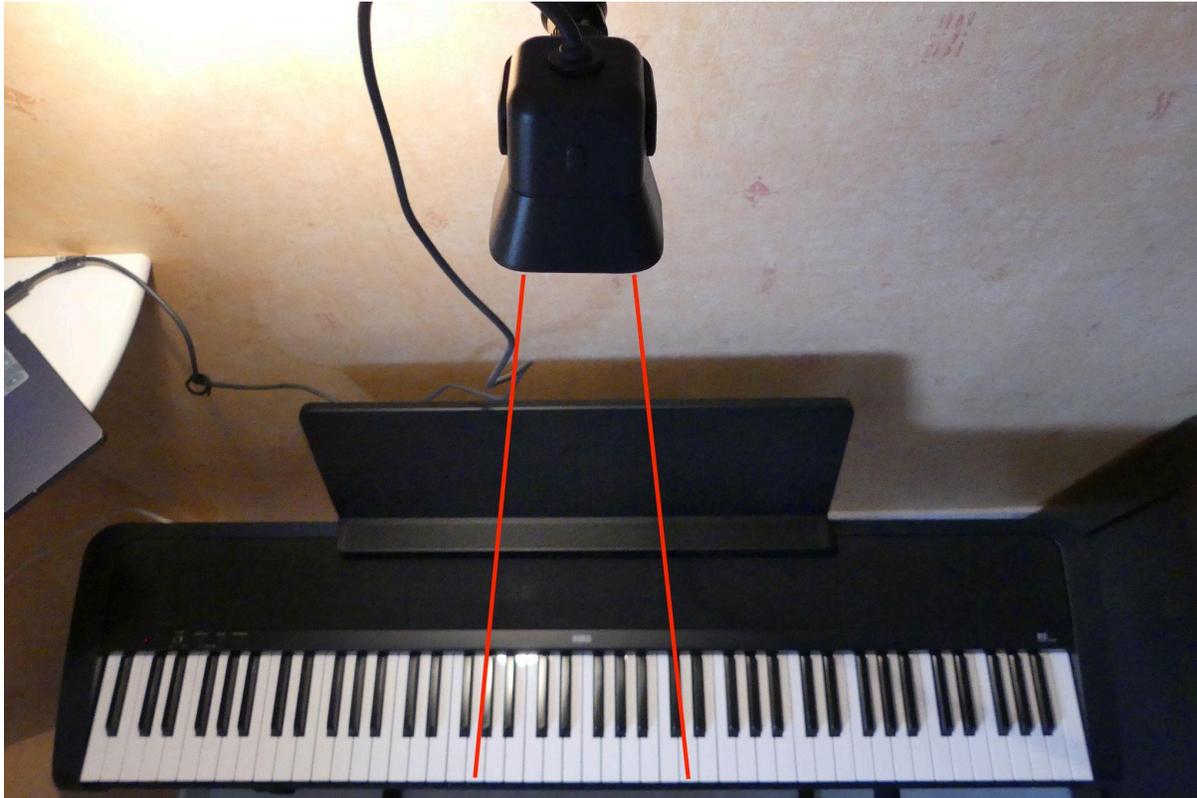


Figura 4.4, vista cenital de la nueva configuración (© Sergio Núñez Meneses).

Se puede observar la ubicación de la cámara (precisamente, del foco) en relación a las teclas, siendo la octava central (en rojo) la referencia para el posicionamiento de la cámara.

Así, se realizaron pruebas sencillas en C++⁸⁵ y en Python⁸⁶, y se decidió actualizar el sistema de captura de movimiento usando la API MediaPipe. Esta demostró ser la más simple de instalar y la con mejores resultados en cuanto a detección y seguimiento de las manos, así como también en cuanto a rendimiento.

Desarrollo de la nueva aplicación para computador

Habiendo consultado la documentación oficial de la API MediaPipe, entre otras fuentes de información (Moryossef et al., 2020; Lugaresi et al., 2019; Bin, 2019, 2018), la aplicación fue

⁸⁵ La prueba realizada en C++ no fue contundente, ya que el uso de la GPU es posiblemente únicamente en computadores Windows con tarjetas gráficas de tipo NVIDIA.

⁸⁶ Se realizaron pruebas con ambos frameworks, siendo PyTorch la opción descartada ya que uno de los componentes para el correcto funcionamiento el modelo en GPUs de tipo MPS, `torchvision::nms`, no ha sido aún implementado. Más información en el siguiente vínculo: <https://github.com/pytorch/pytorch/issues/77764> (consultado el 04/03/2024).

finalmente desarrollada en Python⁸⁷. Esta se utiliza desde la consola de un computador (la aplicación Terminal en macOS o Powershell en Windows), y permite elegir el modelo que se quiere ejecutar para realizar la detección⁸⁸, además de mostrar los puntos detectados (ver figura 4.5). También, la aplicación permite transmitir los datos de cada punto hacia cualquier software que reciba información mediante el protocolo OSC, definiendo un puerto de comunicación.

Actualmente, la aplicación funciona en computadores con sistemas operativos macOS y Windows que posean un GPU, lo que evita el aumento de la latencia que existe cuando dos software comunican en red.

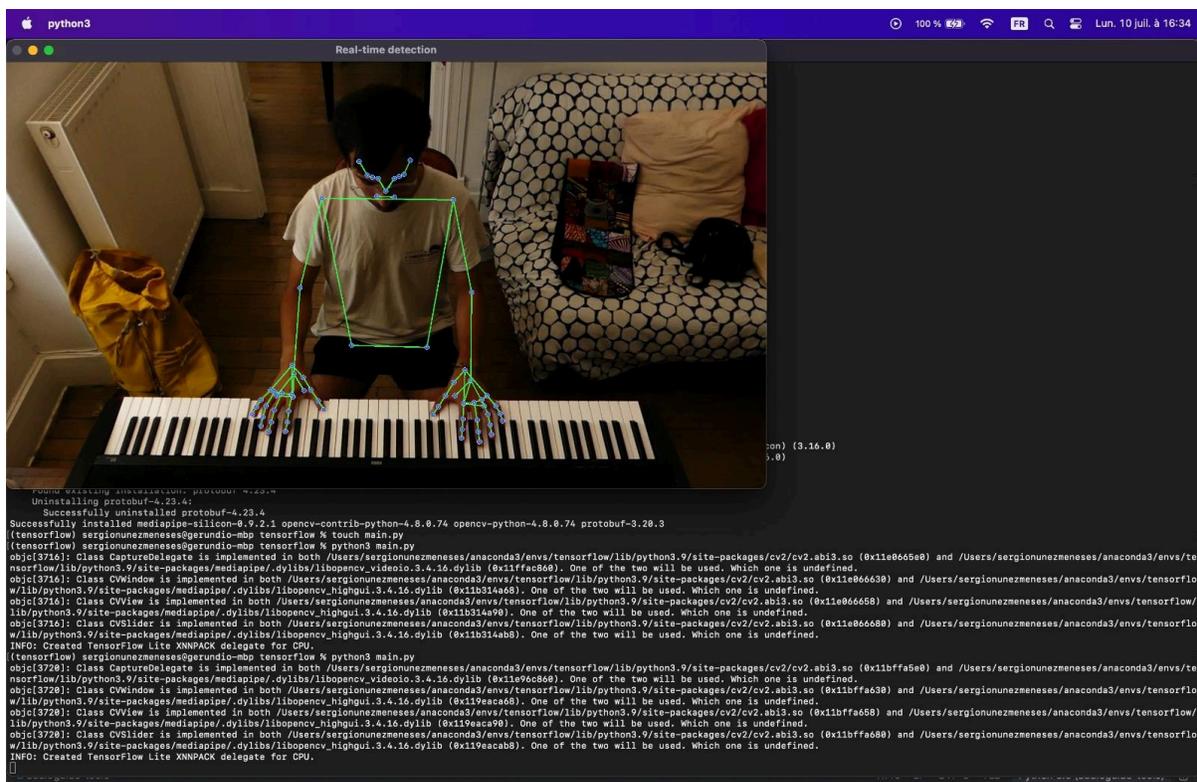


Figura 4.5, ejecución de la primera versión aplicación desde la Terminal de macOS

(© Sergio Núñez Meneses).

Se puede observar como los tres modelos mencionados son visualizados correctamente.

⁸⁷ El código fuente de la aplicación se puede descargar gratuitamente desde el siguiente vínculo: <https://github.com/sergio-nunez-meneses/realTimeKeypointDetection> (consultado el 04/03/2024).

⁸⁸ Actualmente, el único modelo en funcionamiento es el modelo Hand Landmarker task. El resto será implementado en la siguiente versión de la aplicación.

En primera instancia, se realizaron distintos patches en Max para establecer correctamente la comunicación entre ambos software y poder recuperar los datos, asociándolos a parámetros sonoros. A medida que se comenzó a utilizar el patch para improvisar, y así, probar la estabilidad de la aplicación, se fueron agregando progresivamente distintas funcionalidades para constituir los modos de interacción (o herramientas para la correlación sonoro-gestual), con la posibilidad de grabar los datos obtenidos en archivos de texto individuales⁸⁹ (ver figura 4.6).

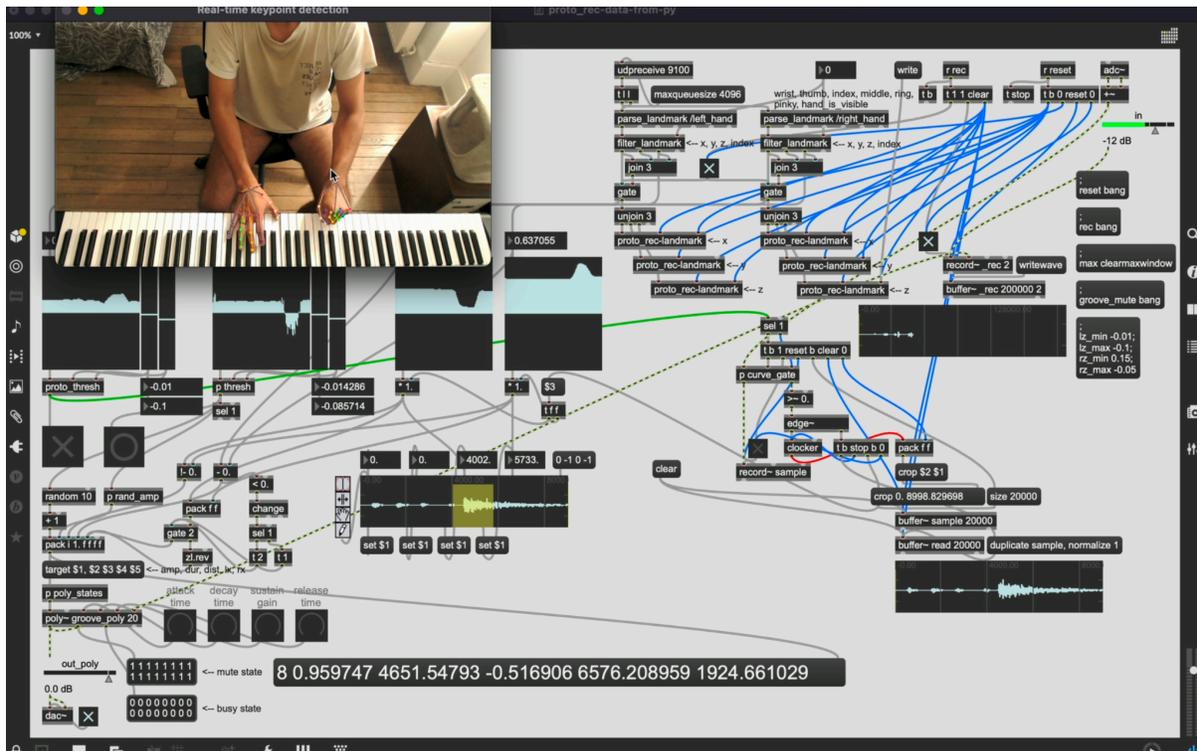


Figura 4.6, primeras improvisaciones realizadas usando la aplicación de detección en comunicación con Max, con la posibilidad de guardar los datos de ambas manos mediante la abstracción proto_rec-landmark (© Sergio Núñez Meneses).

Los modos de interacción

Los modos de interacción son herramientas para la correlación (o mapping) gesto-sonido realizadas en Max, cuyo diseño estuvo completamente guiado por las imágenes que emanan desde las metáforas de interacción (las que serán descritas en el siguiente capítulo). Los

⁸⁹ Las primeras versiones de las abstracciones y patches utilizados, se pueden descargar gratuitamente desde el siguiente vínculo: <https://github.com/sergio-nunez-meneses/realTimeKeypointDetectionPatches> (consultado el 04/03/2024).

modos incluyen abstracciones (módulos reutilizables en cualquier otro patch Max) y patches principales⁹⁰ que cumplen una doble función: ser utilizados como dispositivo para la performance (ver figura 4.7), y al mismo tiempo, como herramienta de composición en conjunto con el software Open Music.

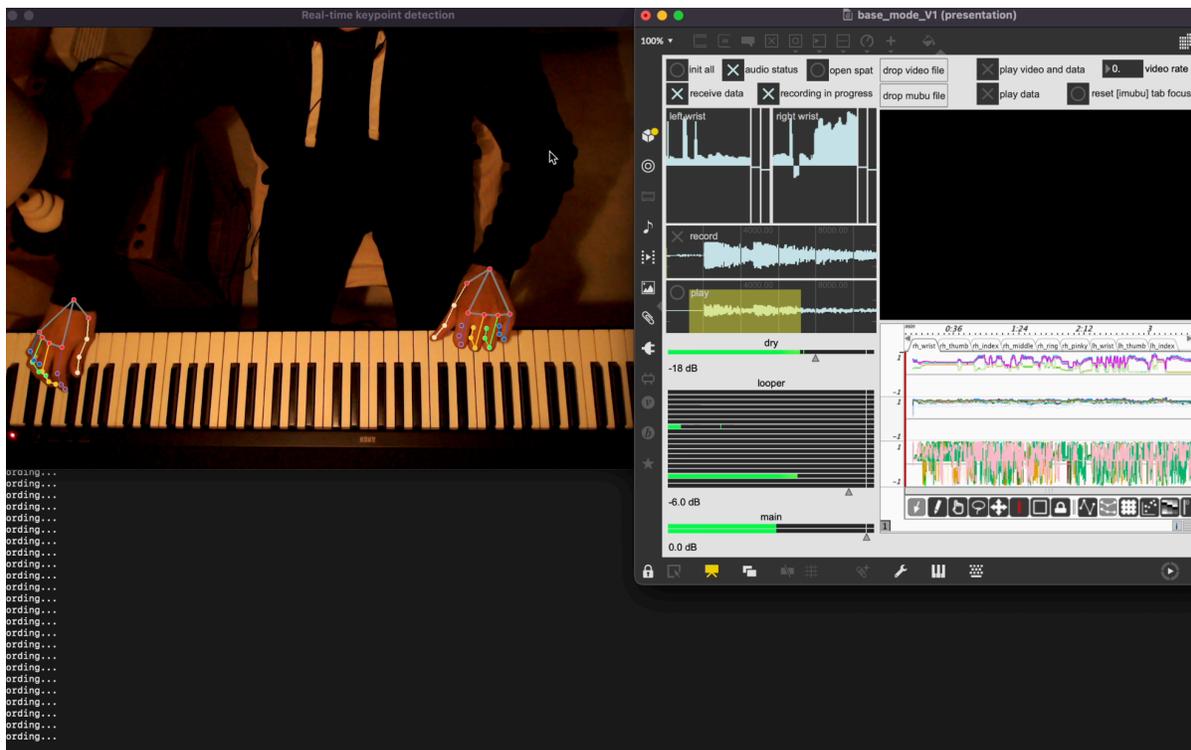


Figura 4.7, versión final de la aplicación para detección y del patch Max para la interacción sonoro-gestual (© Sergio Núñez Meneses).

Los modos de interacción comparten una base común (ver figura 4.8): recepción de los datos desde la aplicación de detección (en la figura 4.7, la imagen a la izquierda muestra el resultado de la detección, cuyos datos son enviados a Max), grabación y reproducción de los datos en bruto por medio de containers MuBu⁹¹, filtrado simple, visualización de los datos en forma de gráfico con el objeto imubu, reproducción en video (la aplicación de detección permite la grabación del resultado en archivo MP4) y grabación en audio de entrada y de salida para ser sincronizados con el video y los datos grabados.

⁹⁰ Las versiones finales de las abstracciones y patches utilizados, se pueden descargar gratuitamente desde el siguiente vínculo: https://github.com/sergio-nunez-meneses/max_tools (consultado el 04/03/2024).

⁹¹ <https://forum.ircam.fr/projects/detail/mubu/> (consultado el 04/03/2024).

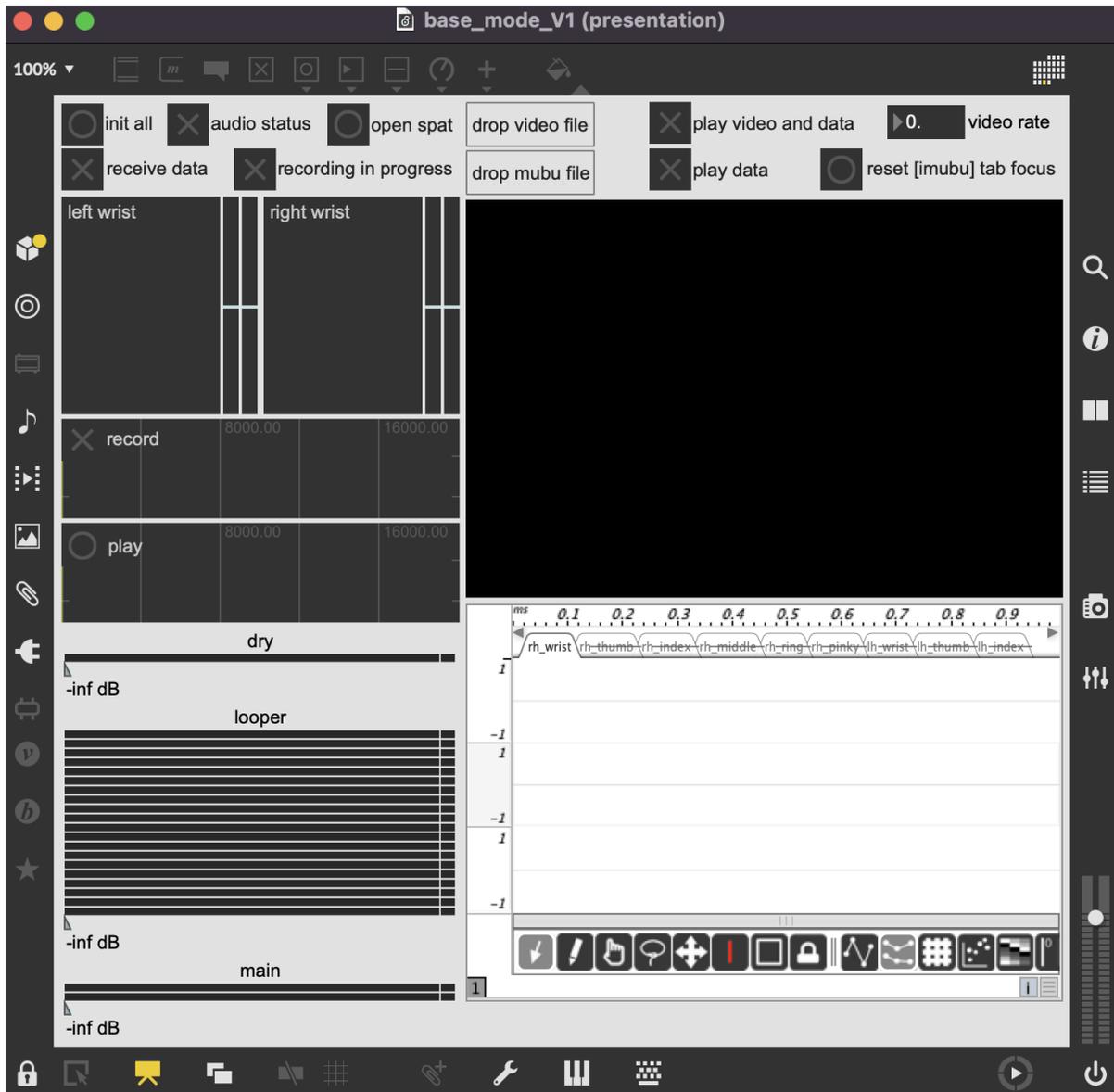


Figura 4.8, patch Max en modo presentación de los modos de interacción
(© Sergio Núñez Meneses).

En la parte superior se ubica el control; al centro, los umbrales e información de la interacción en curso, además de una pantalla para difusión de video; y en la parte inferior, el control de volumen de entrada y salida, además de un interfaz gráfica para visualizar los datos.

Desde un punto de vista puramente técnico, los patches reciben datos desde la aplicación para detección en tiempo real, gracias a la abstracción hand.maxpat. Cada punto detectado por el modelo contiene coordenadas xyz, cada una valores en un rango entre 0 y 1, o entre -1 y 1 dependiendo del punto. Previo a la etapa de filtrado, los datos en bruto son enviados a un módulo de grabación, rec_play.maxpat, para que la información de la ejecución, al momento de

utilizar el patch, pueda ser guardada automáticamente (así como los archivos de audio) en un solo archivo (en formato *hands_YYMMDDHHMMSS.mubu*), y ser analizada con el fin de evaluar y mejorar tanto la aplicación de detección, como la interacción necesaria para la composición, en un proceso de tipo *desarrollo iterativo*⁹².

Luego, los datos en bruto son procesados para ajustar la latencia entre el gesto y la acción, es decir, para que el intérprete sienta, al empuñar la mano por ejemplo, que la respuesta se produce naturalmente. Finalmente, los datos procesados son asignados a distintos parámetros del módulo *looper.maxpat*, ya sea para controlar la acción de grabar y reproducir, o algunos de los parámetros de la grabación. Si bien es posible utilizar la aplicación con otros modelos de detección (con el rostro y la postura, por ejemplo), el procedimiento descrito fue definido exclusivamente para explotar los datos provenientes de las manos. No obstante, para usuarios habituales de Max, solo se necesitaría realizar una abstracción basada en la ya realizada para poder recibir los datos de los modelos restantes.

En términos de diseño, y tomando en cuenta lo expuesto en la sección 5.1 del capítulo 2, y las proyecciones del análisis cualitativo realizado la sección 5 del capítulo 3, el mapping trató de asociar los gestos contingentes y auxiliares escogidos, de la forma más simple posible. Para los gestos contingentes en el modo de interacción nº1, se decidió usar la mano izquierda para iniciar y detener la grabación, y la mano derecha para reproducirla. Por ejemplo, al empuñar y relajar la mano una vez, el patch comienza a grabar⁹³, y al realizar este gesto por segunda vez, la grabación se detiene y queda almacenada en la memoria del patch. Sin embargo, para el 2º modo de interacción, la reproducción de un sonido debe realizarse alzando ambas manos, para luego sacudirlas de forma perpendicular hacia el teclado.

Por otro lado, ambos modos integran tratamientos de sonido bastante simples y sutiles, para modificar levemente la grabación al momento de reproducirla. Esto responde a la idea del doble que reinterpreta lo que se grabó. En este caso, se utilizan los gestos auxiliares, los que son colocados levemente en evidencia. Es así como la distancia entre las manos modifica la dirección de la lectura de la reproducción: por ejemplo, si las manos están muy separadas en el teclado, la grabación es leída al revés, e inversamente. También, al alzar las manos, la amplitud de la grabación es modificada. Y por último, la velocidad al empuñar y relajar la mano, controla la velocidad de reproducción de la grabación.

⁹² En inglés, *iterative development*.

⁹³ https://drive.google.com/file/d/1PMK7ZO6G3fvAPU1vyVdhchilf141m3tn/view?usp=drive_link (consultado el 04/03/2024).

Herramientas adicionales para la composición

Una vez definido el mapping, se comenzó a realizar distintas improvisaciones para probar, por un lado, la estabilidad de la detección y la transmisión de datos (una vez más, aunque esta vez en contexto), además de la reactividad y flexibilidad del patch. Asimismo, gracias a la posibilidad de grabar datos como las coordenadas de ambas manos, audio y video, se pudo generar material gestual y musical para trabajar la composición de las miniaturas coreográficas.

Es así como se realizaron algunos patches adicionales, de un lado, en Open Music⁹⁴ para transcripción de audio a notación musical (ver figura 4.9), con la intención de analizar los archivos de audio producidos durante las improvisaciones. Esto, con el fin de efectuar análisis de transientes y de acordes sinusoidales, generando así dos archivos (en formato *markers_YYMMDDHHMMSS.sdif* y *chordseq_YYMMDDHHMMSS.sdif*), además de la visualización de estos acordes a través del objeto `as->om`.

⁹⁴ <https://www.ircam.fr/transmission/formations-professionnelles/openmusic> (consultado el 04/03/2024).

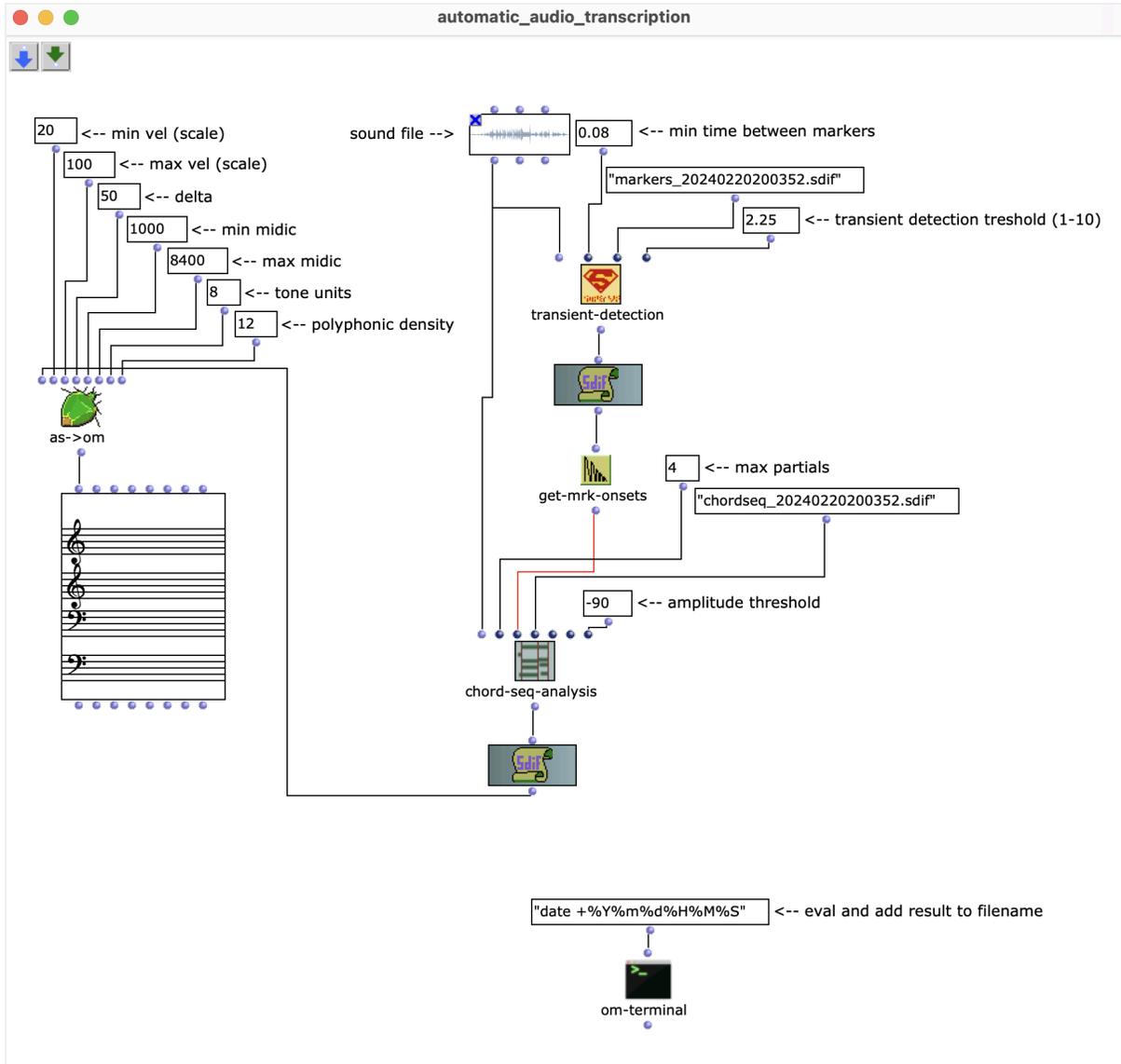


Figura 4.9, patch en Open Music para transcripción automática de audio en notación musical
(© Sergio Núñez Meneses).

Modificando los parámetros de tiempo entre los marcadores, umbral de detección, número de parciales y umbral de amplitud, se puede afinar el resultado en notación musical.

Por otro lado, en Max, se realizó un patch para convertir los archivos anteriormente mencionados en notación musical, y de esta forma sincronizar todos los elementos⁹⁵ (audio, video, partitura), analizarlos visual y sonoramente, y formalizar el material gestual y musical (ver figura 4.10). Este flujo de trabajo fue esencial para asistir el proceso de composición

⁹⁵ https://drive.google.com/file/d/1awbOlf3HGUjnXvl_ox7e14Kx3rmrrGMj/view?usp=drive_link (consultado el 04/03/2024).

emergente, considerando el fuerte componente visual, táctil, e instantáneo, de las sesiones de improvisación.

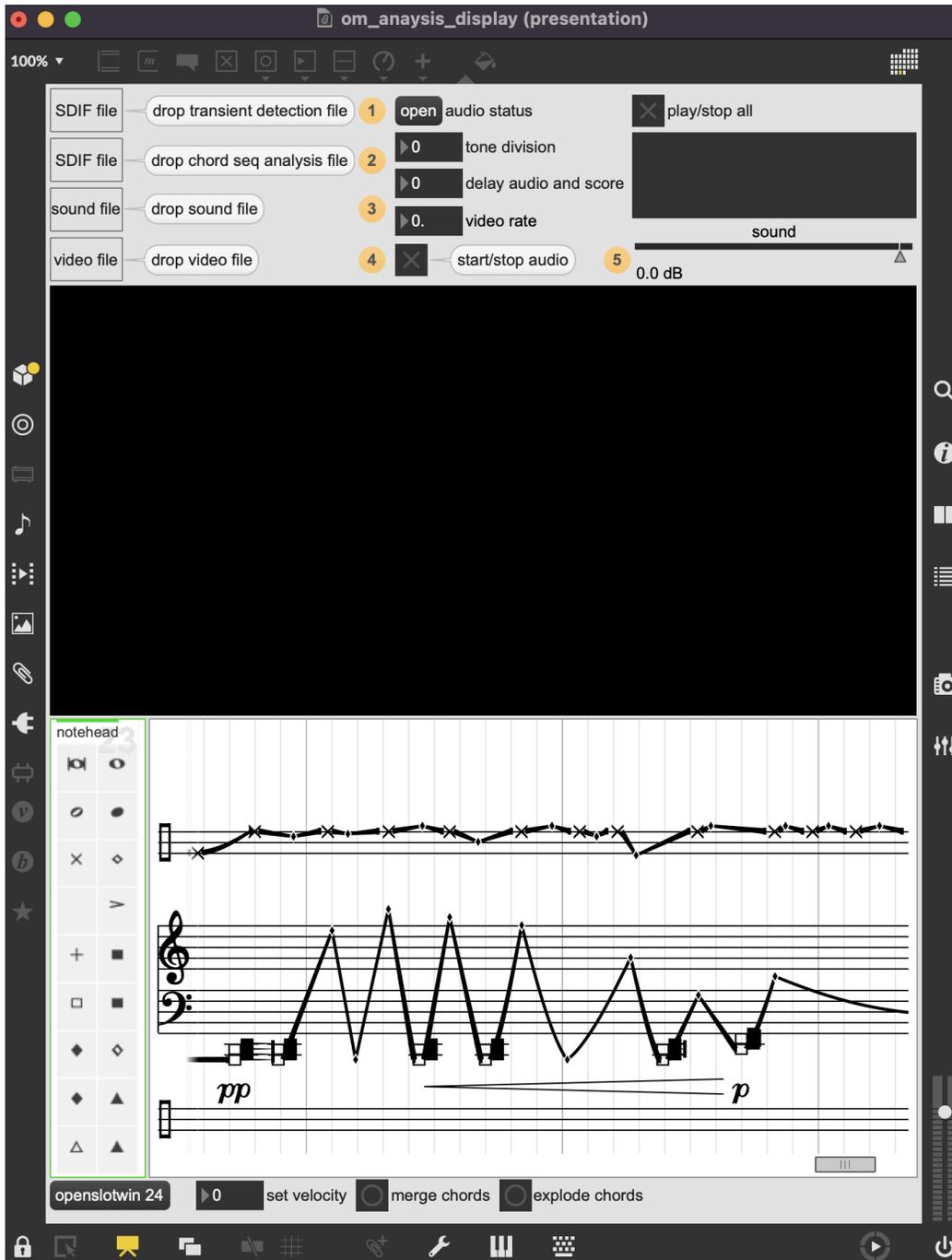


Figura 4.10, patch Max en modo presentación para apoyar el trabajo de composición de las miniaturas (© Sergio Núñez Meneses).

En la parte superior se ubican los archivos y el control; al centro, la pantalla para difusión de video; y en la parte inferior, la partitura y un objeto bach.slot para modificar la cabeza de las notas.

Así, luego de haber generado suficiente material audiovisual a partir de las improvisaciones, se dio paso a la formalización y estructuración de las ideas que surgieron, las que serán detalladas en el capítulo 5.

Discusión

La aplicación de detección desarrollada en 2014-2016, realizada de forma simple y de fácil uso para usuarios no familiarizados con Max, ofrecía distintas ventajas como agrupar todas las etapas de la detección en forma de módulos intercambiables (reutilizables en otros patches), y reunidos en un solo software. A pesar de ello, respecto a la detección en sí y en términos estrictamente técnicos, esta no era lo suficientemente precisa, dado el tipo de tratamiento utilizado y la configuración definida. Un blob, en función de la posición de la cámara y de la luz de la sala, no podía ser más pequeño que el que representaba una mano, por lo que era muy difícil detectar lo sutil de algunos gestos, por ejemplo, de los dedos. Si bien la aplicación ofrecía parámetros para adaptar los parámetros de los tratamientos a distintas condiciones, estas podían cambiar repentinamente, afectando drásticamente la detección.

Al haber actualizado la aplicación utilizando modelos pre-entrenados para detección automática de las partes del cuerpo, es posible capturar cada detalle del rostro, o de una pose o un movimiento. O bien, de un gesto, como por ejemplo, abrir y cerrar la mano, además de la velocidad con la que se realiza. La versión actual de la aplicación es, por lo tanto, más precisa y minuciosa, y al mismo tiempo, con mejor rendimiento.

La aplicación actual es también más práctica, ya que no requiere de una pose en particular para calibrarse, ni modificar parámetros de los tratamientos (eventualmente, se requeriría modificar la luz de la cámara si esta es muy tenue en la sala). Tampoco se necesita software adicional, siendo la instalación de los módulos dependientes para el funcionamiento de la aplicación completamente automatizada.

En este sentido, se cumple uno de los objetivos de este proyecto, el desarrollar una herramienta plug & play de fácil utilización para un público familiarizado y acostumbrado a estas prácticas; que pueda comunicar con otras aplicaciones (como Processing, Pure Data,

entre otras), y sobretodo, disponible para ser descargada y utilizada en cualquier contexto de creación artística⁹⁶.

Resumen

En este capítulo, se presentan distintas tecnologías para la detección automática de partes del cuerpo. En particular, la API MediaPipe de Google, es integrada en una aplicación para computador (y web móvil), una versión actual de la aplicación realizada durante el primer período de investigación artística.

Esta, en conjunto con un kit de herramientas realizadas en Max, permiten diseñar los modos de interacción, posibilitando así la generación, exploración y formalización de material gestual y musical por medio de improvisaciones. El audio resultante es transcrito en notación musical, a través de una herramienta en Open Music integrada también al flujo de trabajo.

Finalmente, se discuten las ventajas y desventajas de esta nueva versión, y sobre cómo el flujo de trabajo establecido modifica el proceso de creación, el cual será detallado en el siguiente capítulo.

⁹⁶ Actualmente, esta aplicación cuenta con una versión web (<https://github.com/sergio-nunez-meneses/realTimeKeypointDetectionMobile/tree/refactor/project>) (consultado el 04/03/2024), y será utilizada en un proyecto de instalación coreográfica en red, para todo público. Un derivado del proyecto *Cyber-autoscopie* de la coreógrafa e investigadora chilena Vivian Fritz.

Capítulo 5

Del movimiento a la escritura: proceso de composición de las Miniaturas Coreográficas

Introducción

El diseño de instrumentos digitales musicales a base de cámaras presenta algunas particularidades, ya que el instrumento con el cual se interactúa es invisible e intangible. No obstante, una de las características más importantes para estimular la interacción es, precisamente, la cualidad tangible de un instrumento (van Dorp, 2013), el que se pueda realmente tocar y que ofrezca cierta resistencia (Paine, 2004).

Por lo tanto, ¿cómo corporeizar lo invisible? ¿Cómo dar cuerpo a lo intangible y hacer de esta proyección corporal una entidad manipulable físicamente? ¿Cómo habitar y encarnar esta dualidad?

En el siguiente capítulo, se intentan responder estas preguntas a través de la definición de las metáforas evocadas en el capítulo 2. De *lo táctil* y *el dual self*, los ejes reflexivos centrales de la propuesta musical y tecnológica de este proyecto, se materializan con los gestos contingentes y auxiliares escogidos, utilizados, a su vez, por los modos de interacción detallados en el capítulo 4, para encarnar el instrumento musical digital.

Posteriormente, se describe el proceso de composición de las Miniaturas Coreográficas, una serie de cinco piezas breves y exploratorias para piano y electrónica en tiempo real, a través de diferentes ejemplos en partitura, y un breve análisis sobre cómo se integran ambas metáforas y se plasma el carácter exploratorio en la partitura.

Finalmente se discute, por un lado, lo indispensable que el gesto es para esta propuesta de composición interactiva, y por otro, sobre cómo las prácticas interactivas influyen el proceso de composición hasta cambiarlo completamente, ofreciendo un nuevo ángulo para la apreciación y comprensión por parte de quién crea (compositor e intérprete) y quién observa.

Metáforas...

En la literatura citada, se ha podido observar que el gesto se considera, en general, como parte integral de la obra cuando se toma conciencia de su importancia en la producción sonora, sea ésta a través de un instrumento acústico o digital. En pasajes de la partitura donde se requiere flexibilidad, mayor intensidad, o simplemente, realizar determinados movimientos para obtener un resultado preciso en el instrumento musical digital, el intérprete hace uso de un extenso abanico de posibilidades gestuales que integra a la ejecución (como en el testimonio compartido en la sección 2 del capítulo 1), y de forma mucho más compleja en análisis y experiencias más exhaustivas (Antoniadis, 2018; Delalande, 1988; diversas investigaciones artísticas del equipo *Interaction son musique mouvement*⁹⁷ del Ircam).

En el caso de los instrumentos musicales digitales, de acuerdo a lo establecido en la sección 4.2 del capítulo 2, este abanico de gestos dependerá de cómo el instrumento y la interacción han sido diseñadas. Tanto las estrategias de mapping (Hunt, 1999), el resultado sonoro producido (van Dorp, 2013), como la evidencia en el diseño del instrumento (Laurel 1990) y el conocimiento que el cuerpo tiene sobre cómo ejecutarlo (Leman, 2012, 2007; Merleau-Ponty, 1945), son las que modelan el cuerpo y alimentan el abanico de posibilidades gestuales de cada uno, e influyen a su vez, y cada vez, en el sonido resultante.

Stale van Dorp y otros autores establecen la existencia de ciertos parámetros que facilitan el acceso y la exploración de un instrumento musical digital, si se consideran de forma previa al diseño⁹⁸. Entre ellos se encuentra lo que van Dorp denomina el constant input of energy, o en otras palabras, la resistencia física producida por el instrumento, y que induce al ejecutante a implicarse corporalmente para manipular el instrumento musical digital y obtener un resultado sonoro determinado.

⁹⁷ <https://www.ircam.fr/recherche/equipes-recherche/ismm#publications> (consultado el 04/03/2024).

⁹⁸ Ver sección 4.2.1 del capítulo 2.

...de lo táctil

Si se toman como ejemplo algunas piezas del repertorio para Karlox⁹⁹ y electrónica en tiempo real de Tom Mays¹⁰⁰, y una serie de piezas para sensores fisiológicos¹⁰¹ de Atau Tanaka, tanto el intérprete como la audiencia tienen elementos claves para asociar lo que se escucha (generalmente sonidos personalizados por los creadores sonoros generados por computador) a lo que se ve (un ejecutante manipulando el instrumento en función del mapping). Lo táctil es visible, y la manipulación del instrumento crea un espacio-pasarela para comunicar y transmitir el sonido ya no solo desde el sonido en sí, sino desde el cuerpo y desde la interacción diseñada. La intención es articular un discurso encarnando, sintiendo¹⁰², reflejando las cualidades del sonido producido a través de la gestualidad.

El caso de los instrumentos a base de cámara es bastante particular ya que la dimensión táctil es inexistente tanto para quien ejecuta como para quien observa la ejecución. Desde un punto de vista metafórico, este tipo de espacio de control crea un doble del cuerpo capturado desmaterializado, desintegrado, que habita un espacio virtual imperceptible a los ojos de la audiencia, y difícil de encarnar por el ejecutante. Es posible deducir que existe un espacio de control en algún punto de la escena y que activa la interacción sonora al tránsito del público (Acousmeaucorps¹⁰³ de Tom Mays); o que rodea al o a la intérprete, permitiendo la interacción a través del movimiento de las manos (Waves¹⁰⁴ de Jesper Nordin); o incluso, haciendo visible la captura del cuerpo, proyectando el resultado en la escena. Sin embargo, cuando lo táctil no está presente, esto fragiliza el espacio-pasarela común que se establece entre el intérprete y la audiencia, ya que, cualquiera sean los gestos realizados, estos tendrán una consecuencia sonora, no necesariamente correlacionada con la gestualidad. Si bien esto no es un problema *per se* (ya que varias piezas del repertorio han sido creadas bajo esta lógica, y tanto los espacios de control como los de salida adquieren otras significaciones), la comprensión se ve impactada en mayor o menor grado (por ejemplo, debido a que el diseño sonoro es a menudo bastante complejo en este tipo de propuestas), y por lo tanto, la relación entre gesto y sonido se distancia.

⁹⁹ Para mayor información sobre este instrumento musical digital, se puede consultar: http://www.dafact.com/fonctionnalites.php?id_product=1 (consultado el 04/03/2024).

¹⁰⁰ En la cadena YouTube del compositor, se puede encontrar una playlist con diferentes ejemplos de piezas para este instrumento solo o en dúo: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL245E829547F99957> (consultado el 04/03/2024).

¹⁰¹ <https://www.youtube.com/watch?v=p8CKjmE7zys> (consultado el 04/03/2024).

¹⁰² Como el ser sensible de Merleau-Ponty, que asimila su entorno a través de su interior mediante el cuerpo.

¹⁰³ <http://www.tommays.net/proj/05/acousmeaucorps/index.html> (consultado el 04/03/2024).

¹⁰⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=p7b632RFzL0> (consultado el 04/03/2024).

...del dual self

Si a esto, además, se agrega un instrumento acústico, donde la dimensión táctil es evidente, se establece de igual manera una distancia, una especie de frontera entre los gestos instrumentales y aquellos necesarios para interactuar con el instrumento musical digital. En el caso del piano, el instrumento de estudio de este proyecto, por ejemplo en la pieza *Suspensions*¹⁰⁵ de Atau Tanaka, interpretada por Sarah Nicolls, la pianista declara (Nicolls, 2010) que esta nueva dimensión dificulta la coexistencia y coherencia de las cualidades gestualidades requeridas para ejecutar el piano y el instrumento virtual (en este caso, a través de sensores fisiológicos). De hecho, durante las primeras representaciones de la pieza, a modo de *work in progress*, tanto ella como la audiencia consideraron que la gestualidad que surge de la propuesta parece completamente desconectada, como si, efectivamente, dos cuerpos trataran de coexistir en un mismo espacio, cuando en realidad habitan en espacios diferentes. Esto hace necesario unir ambas cualidades gestuales (en el caso de Nicolls, a través de gestos “más teatrales”), lo que crea, por un lado, una nueva experiencia estética como es el caso en este tipo de propuesta, pero por otro, señales confusas a la audiencia, quien pierde ciertos puntos de referencia para entrar en la propuesta (Nicolls, 2010).

De lo anterior, se puede establecer que esta frontera crea una suerte de doble corporalidad, entre visible e invisible, entre tangible y digital. Asimismo, las señales gestuales proyectadas por la dimensión táctil, influyen en la experiencia estética de quien ejecuta un instrumento musical digital y de quien observa.

Son precisamente estas dimensiones las que se intentan explorar, desarrollar y unir en la propuesta artística de esta investigación. Las Miniaturas Coreográficas son, por lo tanto, una forma de experimentar ¿cómo crear un camino común entre un territorio visible, tangible, y otro incorpóreo, el que se siente como ajeno? ¿Cómo corporeizar lo invisible a través de otro cuerpo? ¿Cómo hacer de esta proyección corporal una entidad manipulable físicamente?

De esta forma, se decidió crear esta dimensión táctil *dando cuerpo* al doble que se crea en el espacio invisible, a través de la corporalidad del intérprete, como medio para tratar de establecer un espacio común que no se observa en este tipo de instrumento musical digital. Definiendo gestos completamente ajenos a la gestualidad pianística habitual, es decir, a través

¹⁰⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=HumBMPJUroQ> (consultado el 04/03/2024).

de gestos contingentes (Penalba, 2010), el conjunto de participantes de la escena tendrá distintas referencias para entrar en la propuesta.



Figura 5.1, ejemplo de gesto contingente: empuñar la mano (© Sergio Núñez Meneses).

La dimensión táctil, elemento clave para el diseño de instrumentos musicales digitales, y la multiplicidad corporal, son la metáfora de un cuerpo tangible que coexiste con su doble digital. La integración consciente de gestos contingentes en esta experimentación, además de los gestos instrumentales (y por ende los auxiliares), son una forma de “dar cuerpo” a aquello impalpable, como una extensión de un cuerpo tangible. Tratar de establecer un camino común entre ambos territorios, uno visible y otro invisible, incorpóreo, permite interrogar tanto la manera de concebirlo y construirlo, como de materializarlo y de observar los cambios que se producen en la experiencia estética.

De esta manera, en lugar de aumentar la teatralidad¹⁰⁶ de la gestualidad (estrategia utilizada en Nicolls, 2010), lo que se intenta es estrechar las fronteras entre la escritura y la proyección

¹⁰⁶ La teatralidad no pasa por exagerar la gestualidad. Al contrario, es algo inherente a las prácticas de las artes escénicas, en donde, en palabras de Roland Barthes, si se retira el componente principal, quedan gestos y elementos que definen la dramaturgia.

sonoro-gestual del resultado¹⁰⁷. Así, estas fronteras serán también reducidas o, en la experiencia vivida durante la composición de las miniaturas, completamente diluidas. En este sentido, las miniaturas son una invitación a experimentar *corporalmente* una forma interactiva de crear sonido e imagen desde la composición.

Es así como las dimensiones descritas anteriormente, la primera, táctil, guiada principalmente por la interacción con el instrumento musical digital, y la segunda invisible, con el doble virtual del cuerpo del intérprete como referencia, serán los ejes principales de esta propuesta artística.

Materializando lo invisible

Para comenzar a experimentar estas dimensiones a través de la composición, fue necesario, en primera instancia, articular un discurso en torno a las preguntas que surgieron de la observación y análisis de prácticas y de propuestas del repertorio. A estas se suman, también, preguntas de orden estético, dado que la intención principal de este proyecto es crear pequeñas piezas interactivas para piano y electrónica en formato estudio, que permitan explorar el sonido (cualquier sea este) a través del cuerpo, con ayuda, a su vez, de un segundo, una suerte de extensión del primero. Al integrar el gesto en la composición a través de la escritura, o sólo al darle un espacio dentro de la propuesta artística, ¿se puede hablar de coreografía musical? ¿El intérprete se vuelve bailarín? ¿Es conveniente seguir considerando la composición de música mixta como una forma de expresión puramente sonora, en donde ningún otro parámetro (como la tecnología en este caso) pueda cambiar este paradigma?

De esta forma, se estableció un paralelo entre las metáforas presentes en algunas de estas interrogantes, y sus posibles encarnaciones a través de la composición y la tecnología. Es así como se exploraron distintas posibilidades para corporeizar los gestos contingentes definidos a través de correlaciones sonoro-gestuales atípicas, como el poder grabar y reproducir lo escrito en la partitura al empuñar y relajar las manos. Esta idea responde a la voluntad de interactuar con su propio cuerpo a través de un doble virtual, trayendo este último a un plano “vivo” a través de la grabación de un pasaje (gesto contingente para grabar), y la lectura de lo grabado (gesto contingente para reproducir). Si bien las acciones no tienen una correspondencia sonora “directa” (por ejemplo, si se alza la mano la amplitud del sonido aumenta), lo importante es permitir al intérprete de encarnar estas acciones, y de manipular tanto el material sonoro como

¹⁰⁷ En sus palabras, al dejar en evidencia la gestualidad de un intérprete es necesario “anticipar” el movimiento hasta un cierto punto.

este cuerpo-instrumento virtual, sin que existe necesariamente una respuesta instantánea. Esto, si se continúa con la metáfora, las acciones que este cuerpo realiza para interactuar con el doble, son como una memoria sonora de lo que el cuerpo del intérprete realizó. Lo que se busca con estas miniaturas es que ambos cuerpos creen conjuntamente, que el cuerpo visible se proyecte en el espacio y en el tiempo que transcurren en la partitura, y utilice su doble para completar el tejido rítmico y las masas sonoras escritas. En este sentido, el resultado sonoro es una construcción común entre lo que se toca (o más bien, lo que se tocó, ya que el pasaje fue grabado), y cómo este doble lo reinterpreta (en la próxima sección se describirá como la realización de los modos de interacción ayuda a esta reinterpretación).

Así, esta suerte de pasado sonoro se convierte en el presente del intérprete, como si este estuviera volviendo a tocar el pasaje grabado pero desde otro espacio. Así, el grabar y reproducir lo anotado en una partitura adquiere nuevas significaciones que van más allá de un simple “comenzar y parar de grabar”.

Luego de haber definido el punto de partida para la composición de las miniaturas, es decir, las metáforas de *lo táctil* y *el dual self*, se adaptó la aplicación de detección automática de partes del cuerpo (proceso descrito y detallado en la sección 3.3 del capítulo 4), para que los gestos contingentes escogidos tengan una incidencia en el sonido del dispositivo electrónico. Al mismo tiempo, se definieron estrategias de mapping sencillas para acentuar la dimensión de estudio y de experimentación sonora de los pequeños estudios (detalladas en la sección 4 del capítulo 3).

Resumen de los modos de interacción

El capítulo 4 detalla en profundidad el desarrollo de la aplicación para detección de movimiento, además de los modos de interacción que hacen posible la manipulación del material musical a través del gesto. A modo de recordatorio, el siguiente cuadro resume las acciones sonoras previstas por cada modo de interacción y el gesto que se debe realizar para activarlas. Posteriormente, este cuadro será utilizado para realizar el glosario de las partituras de las miniaturas (ver figura 5.2).

	Grabar	Reproducir	Tratamiento de sonido grabado
Modo nº1	Mano izquierda	Empuñar mano derecha	Distancia entre las manos: cambio en la lectura de reproducción. Velocidad de cierre y apertura de la mano derecha: cambio en la velocidad de reproducción.
Modo nº2	Mano derecha	Alzar y sacudir ambas manos	

Figura 5.2, resumen de los modos de interacción diseñados.

Para esta versión de las miniaturas, se utilizó únicamente el primer modo.

Es así como, al empuñar y relajar la mano izquierda una vez, es posible comenzar a grabar el material musical escrito en archivo de audio, y al cerrar y abrir una segunda vez, detener la grabación. Por otra parte, al empuñar y relajar la mano derecha, se puede reproducir la grabación, pudiendo esta ser activada polifónicamente.

La duración del sonido grabado es asignada a la coordenada “x” (horizontal) de la detección, a lo largo del teclado. Es decir, la posición de la mano izquierda indica el punto de inicio del sonido grabado, y la posición de la mano derecha, el punto de término. Así, la distancia entre ambas manos determina la dirección de lectura del sonido: si la distancia es mayor a un cierto valor, es decir, si las manos están separadas, los puntos de inicio y de término son invertidos y el sonido es leído al revés. Por el contrario, si las manos están cerca, el sonido es leído normalmente.

La elevación de las manos representada por la coordenada “y” (vertical), determina la intensidad con la que el sonido será leído: a mayor altura, mayor amplitud.

Sobre la composición de las Miniaturas Coreográficas

Las Miniaturas Coreográficas son el punto de convergencia de una investigación que reunió reflexiones teórico-estéticas en torno a la integración del cuerpo y la tecnología en prácticas

artísticas; desarrollo de herramientas tecnológicas para la interacción musical (y para cualquier práctica artística que implique cuerpo y espacio); y formalización de ideas musicales proveniente de improvisaciones, a través de la notación musical. Estas pequeñas cápsulas interactivas, una tentativa de estudios experimentales para cuerpo y sonido, intentan explorar cómo la corporeización del sonido influye en el proceso de creación musical, apoyado por un dispositivo de escritura y de ejecución para movimiento y sonido, situado entre herramienta de composición e instrumento de performance.

Las miniaturas se componen de cinco pequeñas piezas para piano y electrónica¹⁰⁸ (ver figura 5.3) que invitan al ejecutante a explorar de forma lúdica, y con un grado de libertad corporal controlado, distintos aspectos sonoros del instrumento (acordes, clusters, resonancias, notas breves, variedad de articulaciones, dinámicas y velocidades) y su potencial expresivo al ser grabados, alterados y reproducidos con el instrumento digital, y puestos en diálogo con el material sonoro instrumental.

¹⁰⁸ Debido a las condiciones técnicas y materiales disponibles para esta investigación artística, las pruebas se realizaron utilizando un piano digital Korg B2. Sin embargo, la pieza está pensada para ser ejecutada en las condiciones descritas en la figura 3.

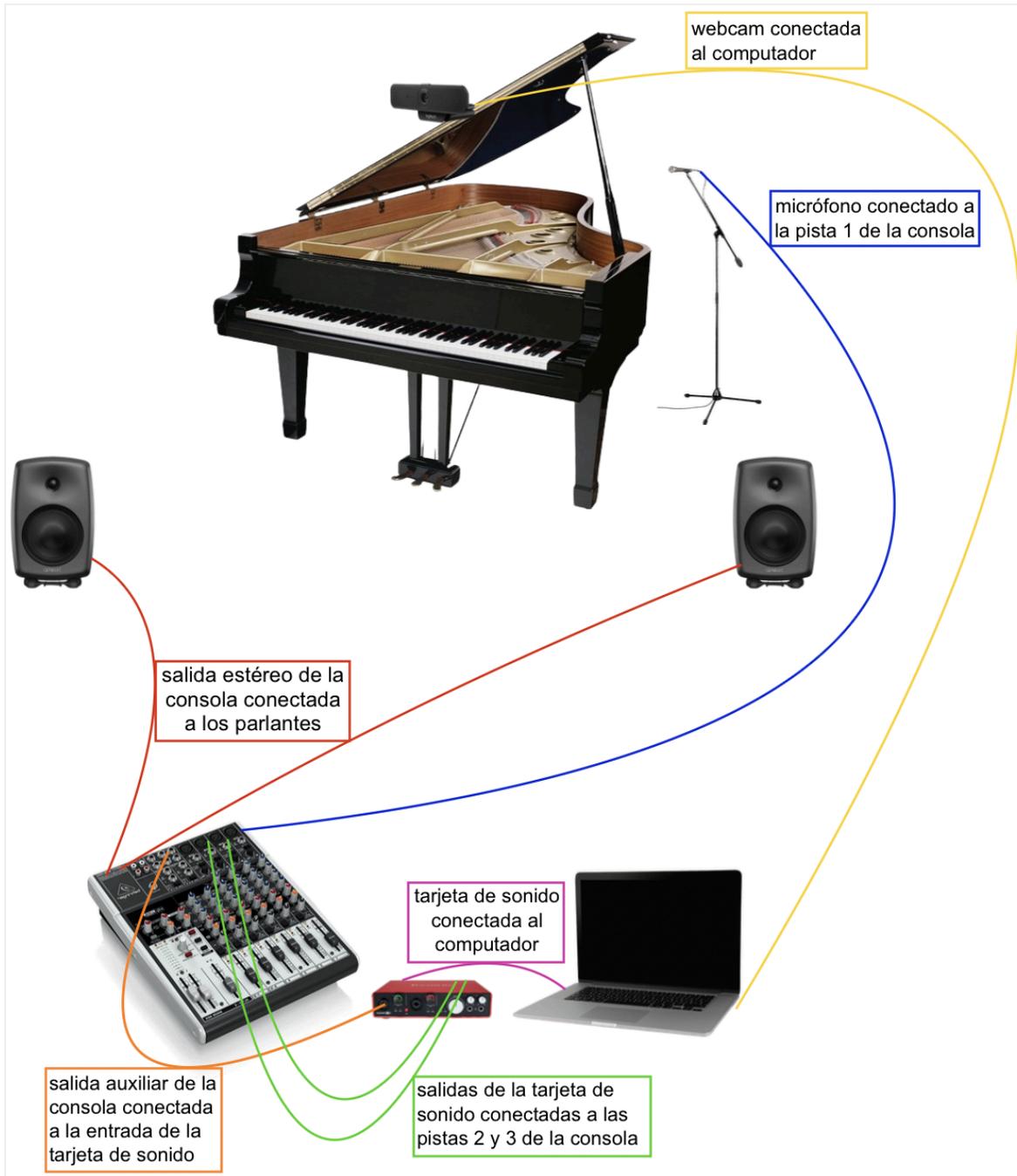


Figura 5.3, descripción gráfica de los requerimientos técnicos y sus conexiones para el montaje de las Miniaturas Coreográficas (© Sergio Núñez Meneses).

Es así como, para facilitar el carácter exploratorio deseado, se decidió utilizar una notación proporcional tanto para los registros y alturas como para las duraciones, incluyendo las indicaciones para los gestos (ver figuras 5.4 y 5.5).

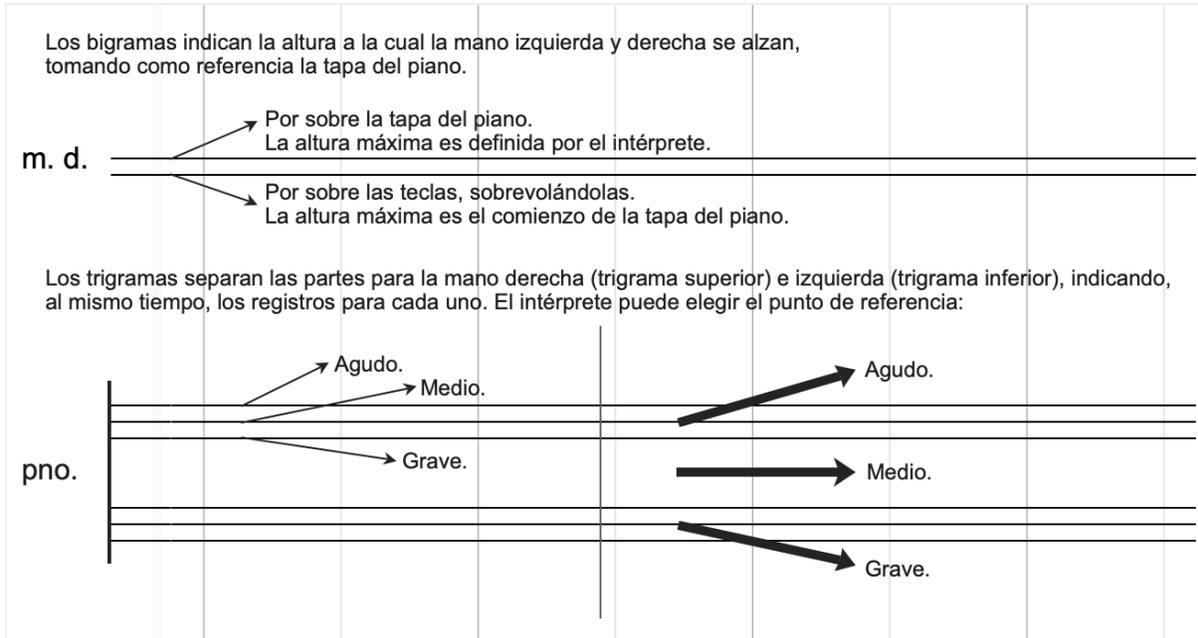


Figura 5.4, extracto del glosario de las Miniaturas Coreográficas (© Sergio Núñez Meneses).
Se precisa la notación utilizada para la mano izquierda y derecha y para el piano, en bigrama y trigrama respectivamente.

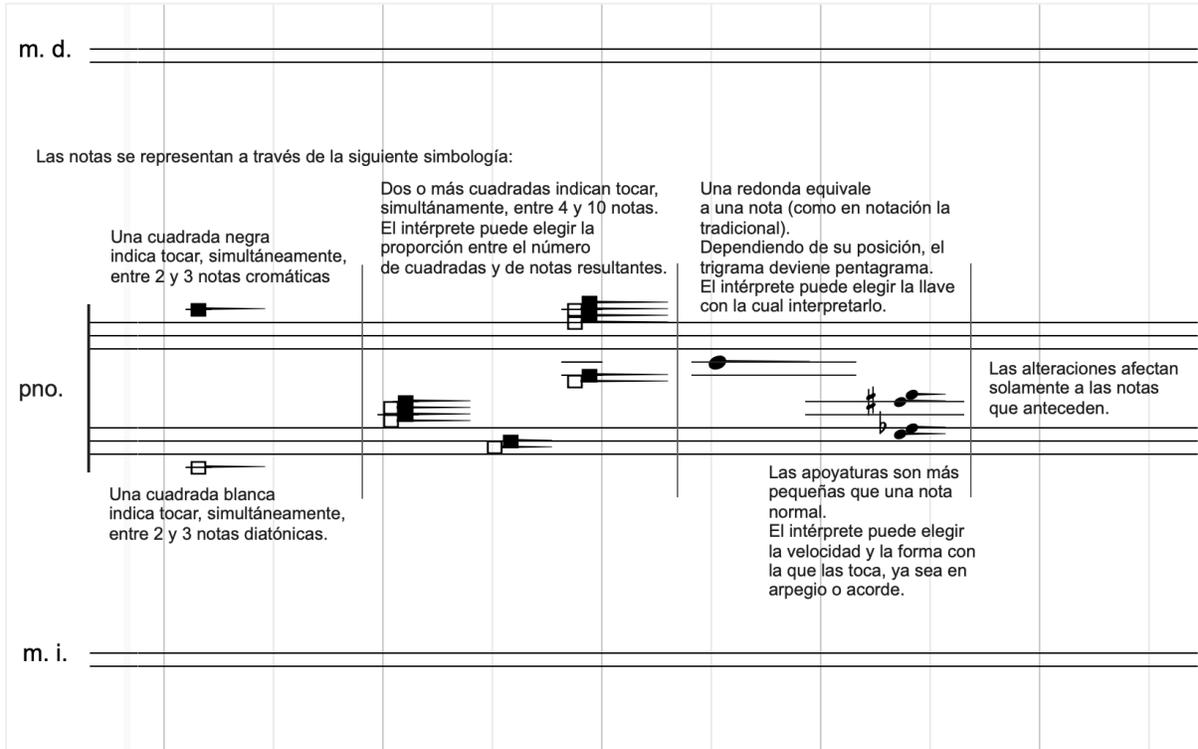


Figura 5.5, extracto del glosario de las Miniaturas Coreográficas (© Sergio Núñez Meneses).
Se precisa notación utilizada para el piano, en cuanto a notas y registros.

Las miniaturas integran principalmente gestos contingentes como empuñar las manos variando la velocidad de cierre y apertura, y elevarlas a distintas alturas teniendo como referencia la tapa del piano; y gestos instrumentales como desplazar las manos sobre el teclado, además de gestos auxiliares propios del instrumento como implicar los brazos al mover las manos (definiciones detalladas en la sección 3.2 del capítulo 2).

De acuerdo a lo extraído de las referencias mencionadas en el capítulo 2, se estableció una simbología específica para cada gesto (ver figuras 5.6 y 5.7), con el fin de considerarlos como parte del material musical y trabajarlos en conjunto con el resto de los elementos musicales, tal y como se definió en las proyecciones del capítulo 3.

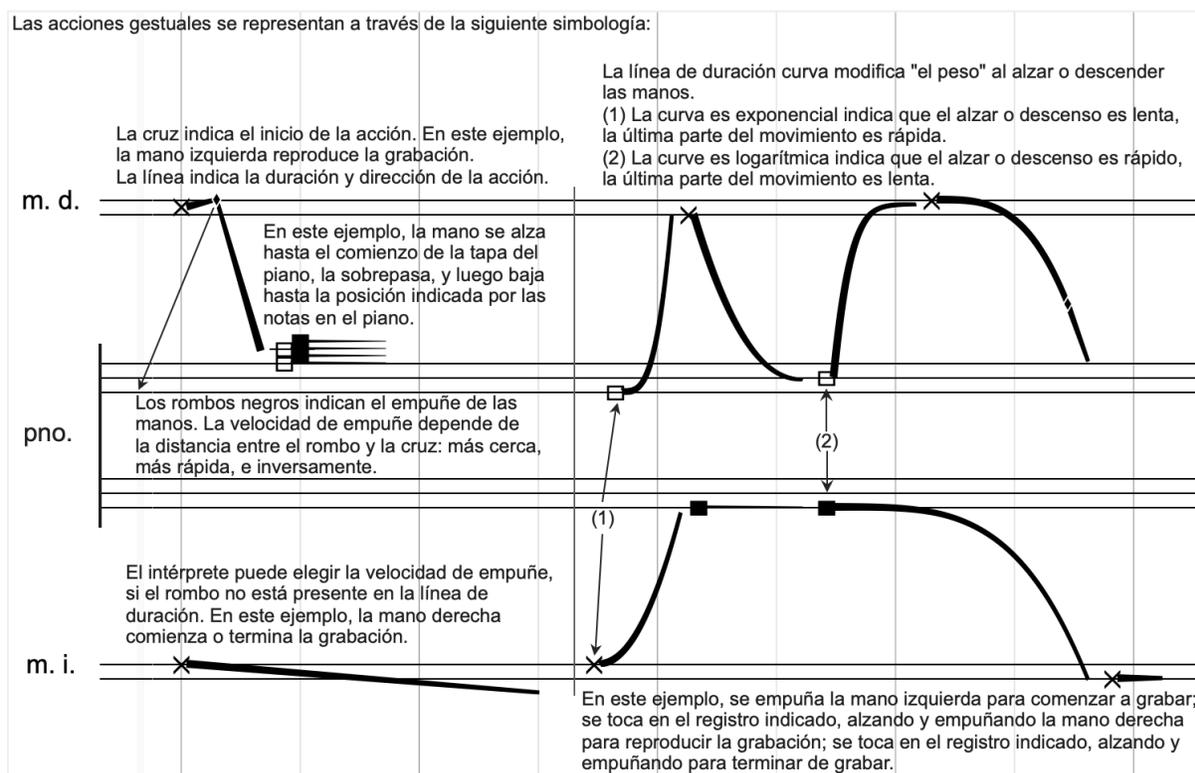


Figura 5.6, extracto del glosario de las Miniaturas Coreográficas (© Sergio Núñez Meneses). Se precisa la notación utilizada para representar algunas de las acciones de los gestos contingentes y auxiliares.

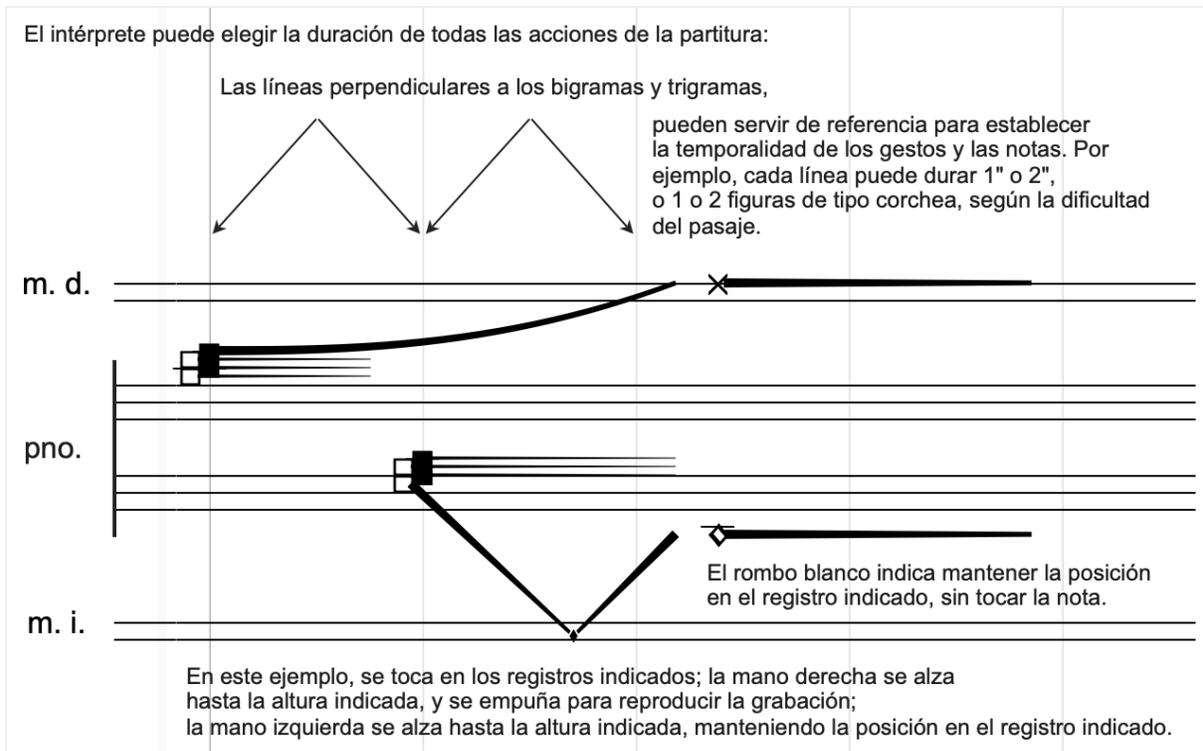


Figura 5.7, extracto del glosario de las Miniaturas Coreográficas (© Sergio Núñez Meneses).

Se precisa la forma de interpretar la duración de las acciones gestuales y sonoras.

Miniatura n°1

La primera miniatura, *Capas móviles*, inicia esta exploración a través de gestos sutiles, casi imperceptibles, y elementos sonoros lejanos como clusters y acordes en el registro central. La aparición de apoyaturas abre levemente el registro, y con ello la gestualidad, la que es inmovilizada a cada final de frase (ver figura 5.8).

The image shows a musical score titled "1. Capas Móviles". It consists of two systems of staves. The first system has three staves: a mezzo-cello (m.c.) staff at the top, a piano (pno.) staff in the middle, and a mezzo-cello (m.c.) staff at the bottom. The piano part features a series of clusters and chords with dynamic markings of *pp*, *ppp*, and *p*. The mezzo-cello part has a long, sustained note with a dynamic marking of *mp sub*. The second system has the same three staves, with the piano part continuing its cluster sequence and the mezzo-cello part having a long, sustained note with a dynamic marking of *mp sub*.

Figura 5.8, inicio de la miniatura n°1 (© Sergio Núñez Meneses).

El material sonoro de base es presentado antes de la primera secuencia a grabar.

Estos elementos son a continuación articulados en primer elemento a grabar (ver figura 5.9), manteniendo el registro y acortando sus distancias, definiendo el material que será transformado con el gesto a través de las acciones descritas anteriormente.

The image shows a musical score titled "Figura 5.9". It consists of two systems of staves. The first system has three staves: a mezzo-cello (m.c.) staff at the top, a piano (pno.) staff in the middle, and a mezzo-cello (m.c.) staff at the bottom. The piano part features a series of clusters and chords with dynamic markings of *pp*, *mf*, *mf*, and *p*. The mezzo-cello part has a long, sustained note with a dynamic marking of *mp sub*. The second system has the same three staves, with the piano part continuing its cluster sequence and the mezzo-cello part having a long, sustained note with a dynamic marking of *mp sub*. The score is marked with "Rec on" at the beginning and "Rec off" at the end.

Figura 5.9, secuencia rítmico-armónica a grabar en la miniatura n°1 (© Sergio Núñez Meneses).

En este proceder reside la esencia de las miniaturas: al mismo tiempo que se descubre y explora el piano desde una perspectiva didáctica (como en algunos de los estudios para piano de la serie *Jatekok* de György Kurtag), se da cuenta que, por un lado, los gestos contingentes y auxiliares introducen cambios en la dirección y velocidad de reproducción del material grabado. Y por otro lado, al desplazar los brazos para tocar el material musical instrumental se está, simultáneamente, recorriendo la grabación, la que está dispuesta virtualmente a lo largo del teclado. Así, para explotar la capacidad de diálogo entre el piano y el dispositivo electrónico en las distintas secciones (y, dicho sea de paso, en la mayoría de las miniaturas), es necesario probar la grabación realizada desde distintos puntos de partida (ver figura 5.10), reproduciéndola en distintas velocidades y direcciones cuando esto sea indicado (a pesar de que puede ocurrir azarosamente), tratando de conectarla con lo que se esté produciendo en el piano.

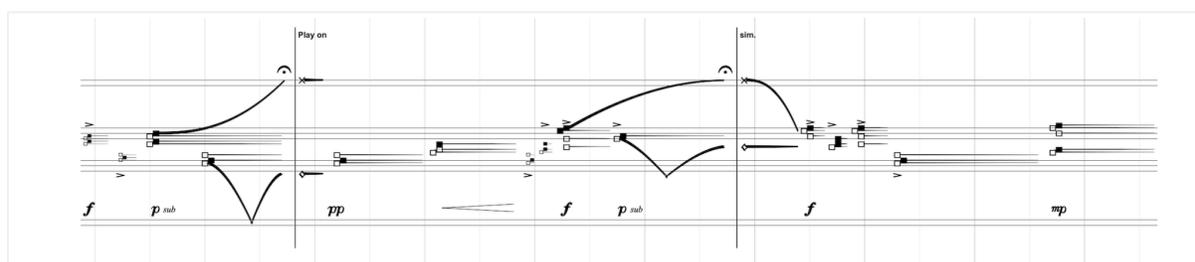


Figura 5.10, primeras intervenciones de la mano derecha en la miniatura n°1
(© Sergio Núñez Meneses).

Poco a poco, este proceso comienza a alterar la forma en que se abordan los elementos musicales, considerándolos no solamente por lo que transmiten desde la notación. Sino también, por aspectos propios del sonido (como resonancias, ataques breves, contraste de articulaciones y dinámicas, entre otros) y el potencial que estos elementos tendrán al ser reproducidos. Así, cuando se toma conciencia y se integra esta reflexión, lo que otorga una suerte de control sobre el material musical, es posible comenzar a crear un diálogo mucho más íntimo entre lo que es grabado y lo que dicha grabación aportará musicalmente (ver figura 5.11). Parte importante de este cambio de paradigma en las propuestas interactivas, pasa, precisamente, por dejarse influenciar por la gestualidad y el resultados sonoro producido gracias a esta; por tomar el tiempo de experimentar y escuchar lo que *este otro piano*, lo que este *dual self* propone, extrayendo elementos para (retro)alimentar la ejecución.

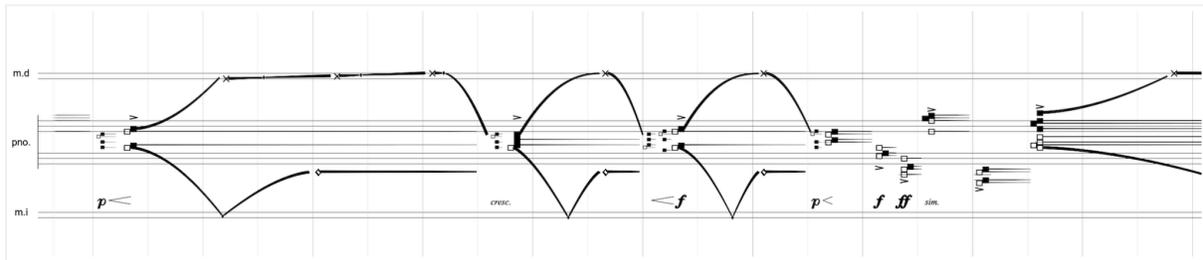


Figura 5.11, final de la miniatura nº1 (© Sergio Núñez Meneses).

La exploración está sugerida en la partitura, anticipando el resultado que puede producir. Lo que, a su vez, se articula con la parte instrumental.

Miniatura nº2

En bucle, la segunda miniatura, desarrolla el aspecto reiterativo que comienza a instalarse hacia el final de la miniatura anterior. La secuencia escrita para grabar (ver figura 5.12) mantiene el registro, ampliando la densidad armónica y el rango dinámico de los elementos, dejando espacio para articularse, posteriormente, al material instrumental.

Figura 5.12, secuencia rítmico-armónica a grabar en la miniatura nº2 (© Sergio Núñez Meneses).

Así, los bucles permutan constantemente, de forma variable, el material sonoro-gestual, buscando concatenar los elementos musicales a través del gesto y extender las frases. Para esto, la escucha debe realizarse *in situ*, a través de gestos y movimientos que permiten recorrer el material musical grabado en distintos puntos (ver figura 5.13), y así anticipar qué y cómo sonará lo grabado. De esta forma, el bucle sonoro-gestual se convierte en una espiral que renueva incesantemente el material musical previo.

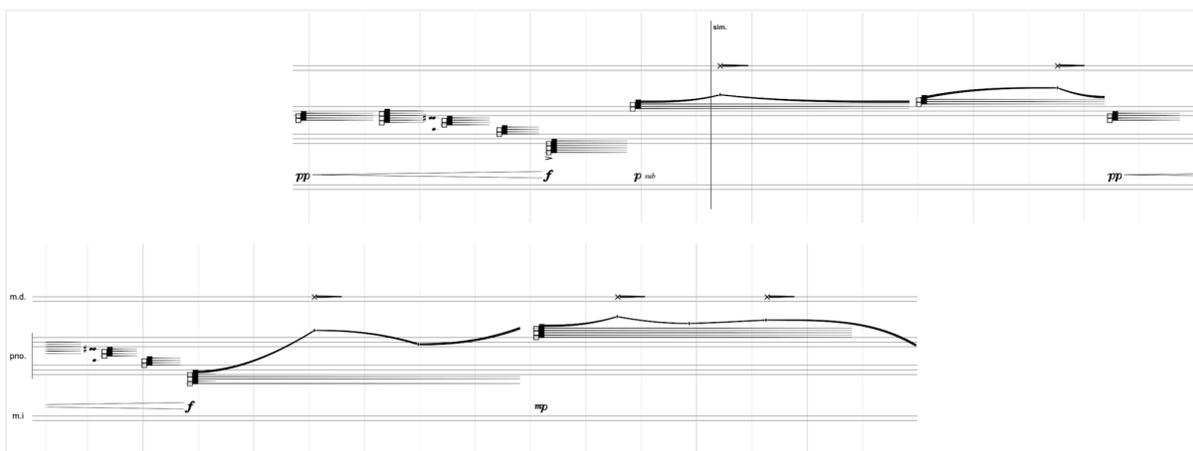


Figura 5.13, fragmentos de los bucles de la miniatura 2 (© Sergio Núñez Meneses).

Al final de cada permutación, se puede observar el gesto para reproducir la grabación, realizado con el fin de unir los elementos.

El material musical instrumental es poco a poco acortado y llevado a un segundo plano, reducido a la expresividad gestual (visual) de ambas manos. Finalmente, la bucle es retomada por el gesto como un eco sonoro incrustado en la memoria corporal (ver figura 5.14).

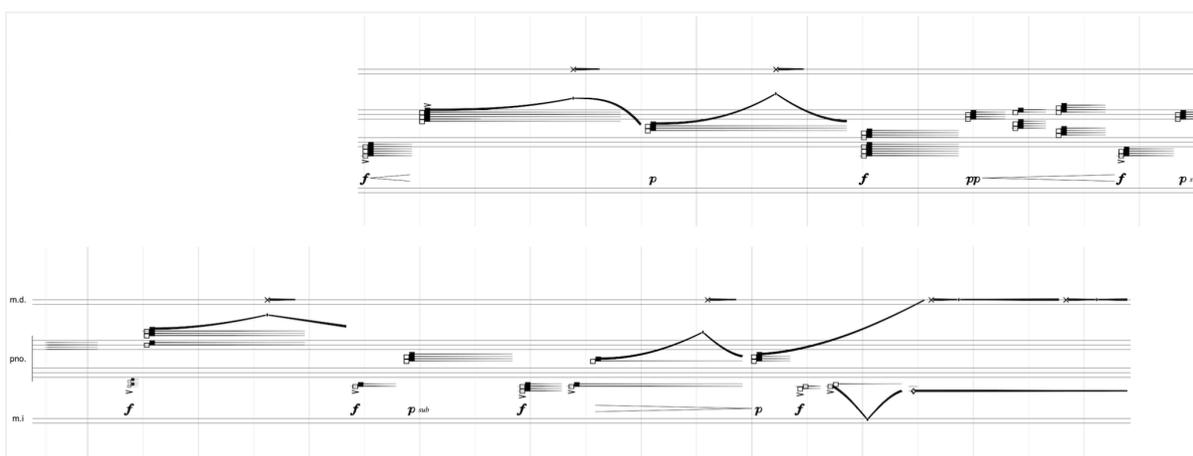


Figura 5.14, fragmento del final de la miniatura 2 (© Sergio Núñez Meneses).

Los bucles son realizados, progresivamente, solamente con ambas manos.

Miniatura nº3

El tercero de estos pequeños estudios es *Continuos*, el que rompe con la dinámica anterior. Esta breve miniatura, entra en una búsqueda sonora a través de la manipulación de los

elementos grabados, el que influye directamente en el plano sonoro del piano. Invertiendo y estirando el material grabado al alterar la velocidad de empuñe de la mano derecha, se generan secuencias rítmicas las que son retomadas en el piano para mover las capas (figura 5.15), y finalmente disueltas debido a los ataques invertidos presentes (comúnmente) hacia el inicio de la grabación.

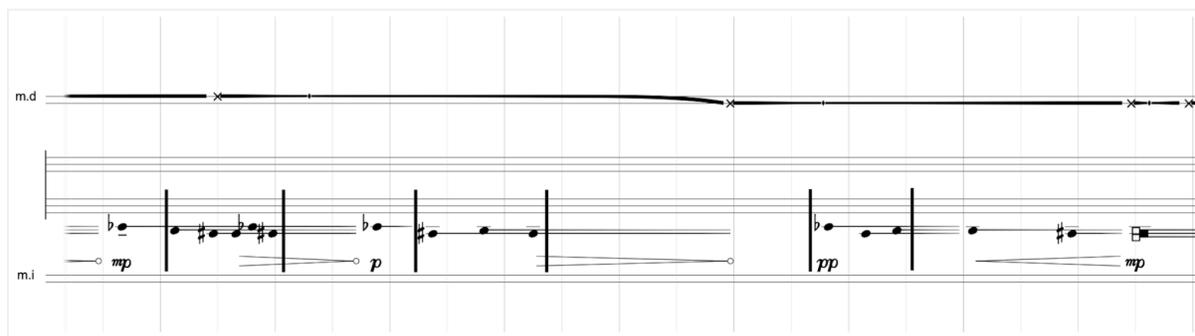


Figura 5.15, secuencias rítmico-melódicas de la miniatura nº3, en diálogo con las capas generadas por la mano derecha (© Sergio Núñez Meneses).

Miniatura n°4

Rupturas, la antepenúltima miniatura, mezcla algunos de los elementos sonoros y gestuales que aparecen en la primera y tercera miniatura. Estos elementos se encuentran desarticulados al inicio, cada uno habitando un espacio en particular. La mano izquierda, al empuñar para grabar, y la derecha, al alzarse y empuñarse (ver figura 5.16), intervienen tratando de rearticular los elementos: los clusters devienen más densos, el continuo de notas se rompe, los contrastes dinámicos son más pronunciados, y el registro se abre nuevamente.

The image displays a musical score for Miniatura n°4, featuring piano (pno.) and mezzo-soprano (m.d. and m.i.) parts. The score is divided into two sections by recording indicators: "Rec on" and "Rec off".

Top Section (Rec on):

- m.d. (Mezzo-soprano):** Shows a melodic line starting with a cluster of notes, followed by a series of notes that gradually rise in pitch.
- pno. (Piano):** Features a cluster of notes in the lower register, followed by a series of notes that rise in pitch.
- m.i. (Mezzo-soprano):** Shows a melodic line starting with a cluster of notes, followed by a series of notes that gradually rise in pitch. Dynamic markings include *mp*, *pp*, *mf*, *f*, *p*, *f*, and *p*.

Bottom Section (Rec off):

- m.d. (Mezzo-soprano):** Shows a melodic line that remains relatively flat.
- pno. (Piano):** Shows a cluster of notes in the lower register.
- m.i. (Mezzo-soprano):** Shows a melodic line that gradually descends in pitch.

Figura 5.16, secuencia rítmico-armónica a grabar en la miniatura n°4 (© Sergio Núñez Meneses).

Miniatura n°5

La última miniatura, *Bucles gestuales*, retoma la idea de permutar un grupo de elementos sonoros y gestuales, en este caso, un cluster en el registro agudo y la apertura del registro con ambas manos, alzando y empuñando la derecha para añadir otros clusters (ver figura 5.17). Sin

embargo, estas repeticiones divergen rápidamente y se reducen a una mínima expresión sonoro-gestual. Es decir, lo único que queda son reminiscencias de los bucles en ambas manos: la izquierda recorriendo el teclado para establecer los puntos de inicio en la grabación, y la derecha acelerando y desacelerando el empuñe, creando así capas polifónicas y con distinto timbre.

The image shows a musical score for a piece titled "5. Bucles gestuales". It consists of three staves: the top staff for the right hand (m.d.), the middle staff for the piano (pno.), and the bottom staff for the left hand (m.i.). The score is divided into two sections by vertical lines labeled "Play" and "sim.". The right hand part features repeated rhythmic patterns with dynamic markings like f, f_{sub}, and p. The left hand part has dynamic markings f, f_{sub}, and p. The piano part includes various musical notations such as chords and melodic lines. The title "5. Bucles gestuales" is written in the upper right corner of the score.

Figura 17, inicio de la miniatura nº5 (© Sergio Núñez Meneses).

Se pueden apreciar los elementos en bucle, y la apertura del registro a través del desplazamiento de las manos.

Al finalizar esta miniatura, tal y como ocurre en algunos de los pasajes de las anteriores, lo que se escucha es la memoria del cuerpo en movimiento hecha sonido. Es esta extensión corporal, invisible, materializada a través de diferentes acciones sonoras, la que es revelada progresivamente a lo largo de estos pequeños estudios. El cuerpo deviene sonido¹⁰⁹ incluso cuando este está ausente¹¹⁰ (ver figura 5.18).

¹⁰⁹ Como en la sección final de la canción *Recreant* del grupo de metal estadounidense Chelsea Grin, donde el ritmo del platillo es encarnado para dar continuidad durante el silencio, y acentuar considerablemente la potencia del breakdown: <https://www.youtube.com/shorts/ZwVr-iCvXaM> (consultado el 04/03/23).

¹¹⁰ *Qu'est-ce que la théâtralité ? c'est le théâtre moins le texte, c'est une épaisseur de signes et de sensations qui s'édifie sur la scène à partir de l'argument écrit, c'est cette sorte de perception œcuménique des artifices sensuels, gestes, tons, distances...* (Roland Barthes, *Écrits sur le théâtre*, pages 122-123).

En español, ¿Qué es la teatralidad? Es el teatro menos el texto, es un espesor de signos y sensaciones que se construyen en escena a partir del argumento escrito, es esta especie de percepción ecuménica del artificio sensual, de los gestos, tonos, distancias... De acuerdo a esta frase extraída del texto *Le théâtre* de Baudelaire de Roland Barthes, uno bien podría preguntarse ¿qué es la musicalidad (en la interpretación o la composición)? Es la música menos el sonido, y lo que queda es un instrumento, un cuerpo en escena.

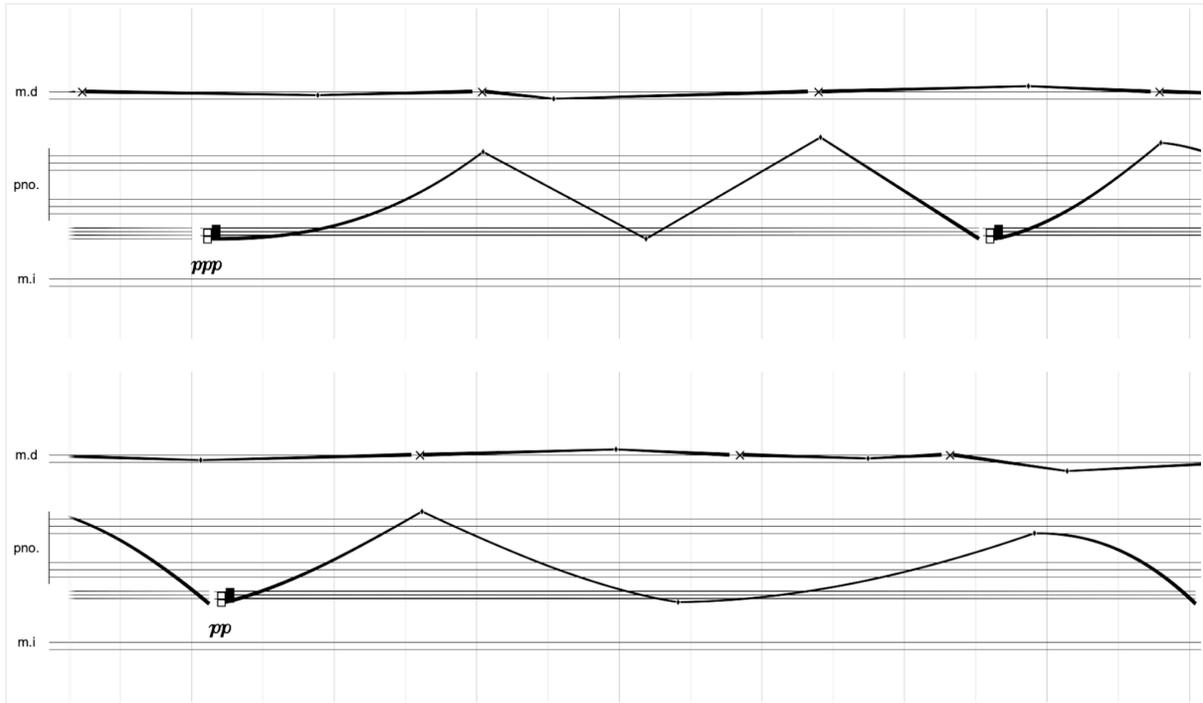


Figura 5.18, final de la miniatura nº5 (© Sergio Núñez Meneses).

Los bucles se realizan con la mano izquierda definiendo los puntos de inicio, y con la derecha creando timbres al modificar la velocidad de empuñe.

Una primera versión de las cinco Miniaturas Coreográficas fue realizada por el autor¹¹¹.

Discusión

Las Miniaturas Coreográficas fueron concebidas como pequeños estudios para la exploración sonora del piano de forma intuitiva, lúdica, casi ingenua. Al mismo tiempo, esta búsqueda está reforzada (y un tanto perturbada también) por una aplicación de detección y un módulo de tratamiento de sonido simple, los que, en conjunto, crean un instrumento musical digital que interactúa tanto con el piano como con el cuerpo del performer.

Los diversos elementos sonoros (acordes, clusters, resonancias, notas breves, variedad de articulaciones, dinámicas y velocidades) son plasmados en la partitura a través de una notación aproximada tanto en la duración de los eventos, como en la mayoría de las alturas y en el número de notas requeridas en ciertos pasajes. A esto, se suma una tentativa de notación del repertorio gestual requerido para tocar estos elementos (además del instrumento digital), no

¹¹¹ https://drive.google.com/file/d/11uj3Pt5mjrWA3FRq2hAFE8i0iaTMs-2D/view?usp=drive_link (consultado el 04/03/24).

con el fin de controlar cada movimiento del cuerpo, sino más bien, como guía para apoyar la exploración. Al contrario, la notación escogida permite definir, por ejemplo, la altura con la cual se alzan las manos, la velocidad con la que se pasa de un registro a otro, o bien, la aceleración al empuñar las manos. En este sentido, se coloca en valor la corporalidad individual, lo que incide directamente en la interacción y, por lo tanto, en el sonido y en lo visual, siendo las versiones de las miniaturas distintas las unas de las otras.

El gesto en esta propuesta de composición interactiva es esencial, no solamente para que la interacción entre el instrumento acústico y el digital tenga lugar. Sino, también, para dejar en evidencia de que el gesto es un elemento más de la escena (así como el instrumento en sí y la forma de ejecutarlo, u otros elementos como micrófonos, parlantes, computadores, los que producen igualmente una expectativa dramática), tal vez, uno de los más importantes desde un punto de vista visual y sonoro. Por un lado, el público puede dar cuenta de los gestos que no forman parte del vocabulario gestual pianístico habitual (o gestos contingentes), los que son recurrentes y evolucionan a lo largo de las miniaturas. Por otro lado, quien ejecuta, puede tomar conciencia de cómo el gesto influye en lo sonoro, tanto para el piano como para el instrumento musical digital, a medida que se dominan los gestos contingentes. Y por último, quien compone, puede concebir lo sonoro desde otra perspectiva, a simple vista alejada pero, en estricto rigor, indivisible, en simbiosis con el sonido. Habiendo ya experimentado (o improvisado con) el instrumento y teniendo en mente el resultado sonoro que potencialmente puede producirse, se pueden proyectar y anotar distintas cualidades gestuales, las que anteceden al sonido (Delor, 2015): “si se alzan ambas manos al momento de empuñar la mano derecha, sonaría...”, “si se empuña la mano derecha lentamente, el sonido sería...”, “si se desplazan rápidamente las manos y se empuña la mano izquierda, se grabaría...”. Lo que se concibe es, por lo tanto, un ir y venir entre coreografía gestual y sonora, habitando un espacio instrumental y escénico.

Por otro lado, y desde una óptica más pragmática, este trabajo habría sido realizado con mucha dificultad sin antes haber experimentado *en carne propia* esta propuesta interactiva y lo que ella produce en diferentes aspectos. Para ello, se desarrollaron y utilizaron distintas herramientas tecnológicas como apoyo (o asistencia) durante el proceso de composición, las que permitieron grabar las improvisaciones realizadas en video, audio, incluyendo los datos de ambas manos (desde la aplicación para detección). Para, posteriormente, sincronizar todos los elementos, analizarlos visual y sonoramente, y formalizar el material gestual y musical. Así, el ir

y venir anteriormente mencionado, es fruto a su vez de un vaivén en bucle entre improvisación, observación, modificación y formalización, el que modificó completamente el proceso de composición habitual, y dio cuerpo a las metáforas de lo táctil y del dual self desde la propia experiencia corporal.

Finalmente, en la mayoría de las propuestas artísticas interactivas contemporáneas, es necesaria una predisposición a la complejidad de ciertos elementos escénicos, y que estos formen parte de un conjunto, de un todo. En las artes escénicas, en el teatro más precisamente, todos los elementos, desde el vestuario y la decoración hasta, incluso, la tecnología, son recursos para acentuar la dramaturgia del libreto y no caprichos del director¹¹². En el caso de las Miniaturas Coreográficas, así como en las referencias mencionadas, esta amplificación de lo invisible (como se definió previamente) es un recurso para acompañar visualmente las cualidades sonoras y así reforzar su expresividad. Tal y como si se quisiera, por ejemplo, en escena, proyectar un video de un actor encarnando un rol paralelo, para acentuar el aspecto psicológico de su personaje. Extender el cuerpo a través de la tecnología es, más allá de lo bello que pueda ser la puesta en escena, un acto de presencia de lo incorpóreo que refuerza, una vez más, el argumento. Al mismo tiempo, el revelar lo inmaterial crea espacios comunes en donde la audiencia puede habitar y encontrar diferentes herramientas para entrar en este tipo de propuestas, y vivir un momento de ilusión.

Resumen

En este capítulo, se presenta la definición de las metáforas de *lo táctil* y *el dual self*, y cómo estas convergen en las Miniaturas Coreográficas a través del cuerpo, el sonido, y la tecnología. Esta tríada guía, desde lo más profundo, el proceso de composición de estas cinco micro piezas exploratorias, las que son ejemplificadas con fragmentos de partitura, videos de demostración, y una breve descripción de cada una.

Finalmente se discute sobre lo indispensable que el gesto es en esta propuesta de composición musical interactiva, tanto para el carácter de estudio exploratorio, como para el proceso de creación. El que se transforma, a través de la experiencia *en carne propia*, en un ir y venir, en

¹¹² Para mayor información, consultar el libro *Mutaciones escénicas. Mediamorfosis, transmedialidad y posproducción en el teatro chileno contemporáneo* (2009), de Marco Espinoza y Raúl Miranda: https://www.minimale.cl/new-minimale/sites/default/files/MUTACIONES_ESCENICAS.pdf (consultado el 04/03/2024).

bucle, entre improvisación, observación, modificación y formalización, ofreciendo nuevas perspectivas de lenguaje sonoro, visual, e interactivo.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajo a futuro

Conclusiones

Al inicio de este documento, se estableció que este proyecto de investigación artística es parte de una tesis de magíster híbrida en composición musical. Esto, ya que el objetivo principal es la creación de una serie de cinco micro piezas para piano y electrónica en formato estudio experimental, las que se denominaron *Miniaturas Coreográficas*. En cada una de estas piezas breves, el gesto del intérprete es colocado en primer plano a través de tecnologías de detección automática, para así poder explorar el sonido del instrumento de forma lúdica, curiosa, a la vez que este es transformado por sus propios gestos.

Como objetivo secundario, se establece el desarrollo de tecnología que permita la interacción entre acciones gestuales y consecuencias sonoras; que sirvan tanto de herramienta para apoyar el proceso de composición como de performance en tiempo real; y que puedan ser integradas en distintos contextos artísticos interactivos.

Así, cuando se busca incluir el gesto en propuestas artísticas interactivas a través de herramientas tecnológicas, es indispensable que los procesos de creación consideren lo que otras disciplinas definen como gesto, interacción, espacio, correlaciones entre acción y resultado. Y por lo tanto, que estos estén abiertos a transformarse, a devenir híbridos, habitando un espacio común con otras prácticas.

Los siguientes puntos dan cuenta de tal proceso y del trabajo realizado, concluyendo así la investigación artística:

- Dado que, comúnmente, en este tipo de proyectos convergen distintas áreas de investigación, las que sitúan y definen al gesto desde distintos ángulos, se logró establecer las bases teóricas y prácticas de la temática. Definiendo conceptos claves y presentando una lista de referentes en diversas áreas (música, informática, artes, filosofía), además de tecnologías existentes, se elaboró un marco teórico que sirvió de sustento reflexivo para el trabajo realizado.

- Este proyecto, al ser una continuación del trabajo realizado entre los años 2014-2016, logró tomar en cuenta el tiempo pasado entre que la investigación artística se deja en pausa y se retoma en el año en curso. A través de los conceptos y referencias establecidas en el estado del arte, se realiza un análisis cualitativo del trabajo realizado en dicho período, lo que entregó elementos claves tanto para el diseño de interacción y la concepción de los breves estudios experimentales, como para la actualización de la aplicación para captura de movimiento.
 - × Debido al tiempo dedicado a los puntos presentados a continuación, solamente algunos de los elementos claves fueron considerados y explorados.
- Se logró desarrollar un kit de herramientas para apoyar el proceso de composición y la performance en tiempo real con distintos software:
 - Una aplicación de detección automática de partes del cuerpo en Python, la que es capaz de transmitir datos a cualquier software que reciba datos mediante el protocolo OSC. Al mismo tiempo, es posible grabar el resultado visualizado de la detección como archivo .MP4.
 - Un patch en Max para la interacción en tiempo real entre gestos pianísticos contingentes y auxiliares, y el sonido del instrumento. Esta permite, al mismo tiempo, grabar los datos de ambas manos y el audio resultante automáticamente.
 - Un patch en Open Music para transcripción automática de audio en notación musical.
 - Un patch en Max que sincroniza audio, video, partitura y datos, como apoyo para la composición interactiva y así formalizar material gestual y musical.
 - × Por el momento, solo es posible utilizar el modelo de detección de las manos, aunque la versión web de la aplicación permite utilizar los tres modelos.
 - × La tecnología desarrollada es de difícil uso para un público no familiarizado con este tipo de software. Sin embargo, la versión web de la aplicación permite el envío de datos utilizando un dispositivo con acceso a internet y a un navegador.
- Se logró escribir una serie de cinco Miniaturas Coreográficas, las que:
 - Invitan al performer a explorar de forma intuitiva y lúdica, distintos aspectos sonoros del instrumento, y su potencial expresivo al ser grabados, modificados y

reproducidos con sus gestos, a través de distintas herramientas para la interacción sonora-gestual.

- Hacen uso de un modo de interacción diseñado específicamente para crear mappings entre una acción gestual y una respuesta sonora, permitiendo habitar y encarnar las metáforas de lo táctil y del dual self.
- Integran la tecnología desarrollada al proceso de creación, las que aportan nuevas perspectivas al imaginario sonoro-gestual, expandiendo y enriqueciendo la expresividad de la propuesta.
- Crean un vocabulario sonoro-gestual propio del proceso vivido. Es decir, una notación musical específica para facilitar el carácter exploratorio de las piezas breves.
- Dan cuenta de la necesidad de experimentar la interacción para poder proyectar las ideas musicales. Tanto para el compositor como para el performer, es necesario explorar la correlación sonoro-gestual con y desde el cuerpo.
 - × El resultado sonoro de la interacción sonora-gestual, en ciertos momentos, es aún difícil de percibir, sobre todo cuando la parte instrumental se superpone a la parte electrónica, nublando la escucha.
 - × Considerando que la implementación de los modos de interacción requiere de mucho tiempo, a pesar de haber diseñado dos modos de interacción, no fue posible profundizar en el segundo.

Declaración personal

Las Miniaturas Coreográficas son parte del resultado de una investigación artística que reunió reflexiones teóricas, estéticas, y técnicas, en torno a la integración del cuerpo a través de la tecnología en prácticas artísticas; desarrollo de herramientas tecnológicas para la interacción gestual en música o en cualquier práctica artística; y formalización de ideas musicales provenientes de improvisaciones a través de una notación musical propia al resultado. Este proyecto confirma que mi posición en este tipo de propuestas es la de una persona híbrida, situada en un punto donde convergen creación musical y tecnológica aplicada al arte interactivo, oscilando constantemente de una área a otra.

Y cuando el cuerpo mediado por la tecnología entra en escena, cuando ocupa un lugar o un espacio más allá que el de un facilitador de puesta en vibración de objetos sonoros, la estructura con la que se acostumbra a articular un discurso musical pierde sus puntos de referencia, se desarticula. En cierto sentido, se desmembra.

Precisamente, mi forma de concebir y articular elementos sonoros tuvo que adaptarse a este paradigma. Mi proceso de creación cambió radicalmente, tomando prestado elementos de otras disciplinas, y por poco, la forma de un laboratorio de investigación: la experimentación tomó un lugar importantísimo, se convirtió en un ir y venir entre “imagino, visualizo un gesto, y proyecto cómo éste podría sonar”, y, “lo toco en el piano, observo lo que me provoca; lo vuelvo a tocar integrando nuevas sensaciones, lo grabo en audio y video para analizarlo”. Sin embargo, ya no es una observación desde una perspectiva puramente instrumental y sonora, sino más bien, desde lo que la imagen evoca, a partir de lo que esta sugiere con sus cualidades, desde cómo el gesto deviene sonido.

En este sentido, el compositor se vuelve coreógrafo, de una cierta manera, al articular ya no solamente sonidos en un espacio determinado, sino también los gestos, movimientos, y desplazamientos, que los anteceden.

Trabajo a futuro

Los objetivos de esta tesis de magister fueron definidos considerando como punto de partida la práctica de la composición mixta, es decir, creación musical para instrumento acústico, cuyo sonido es transformado en tiempo real con tratamientos digitales. No obstante, tal y como se refleja a lo largo de esta investigación artística, fue necesario cuestionar el quehacer de la disciplina e integrar nuevas herramientas reflexivas y técnicas para la realización de esta propuesta. Esto hace que los objetivos hayan adquirido, sobre la marcha, una cuota de ambición importante, por lo que aún quedan muchos retos por delante.

Por un lado, al haber utilizado únicamente un modo de interacción, sería pertinente aumentar la serie de piezas breves para integrar los modos de interacción restantes, lo que permitiría experimentar tipos de mapping más físicos, más amplios. Con ello, se podrían explorar visualidades y sonoridades que no se consiguieron con el modo utilizado, lo que llevaría a expandir la notación musical definida para este proyecto.

Al mismo tiempo, sería conveniente dotar a la aplicación de detección con un módulo de reconocimiento gestual (por ejemplo, saber diferenciar cuando se muestra uno o dos dedos, o al unir pulgar e índice, entre otros), asociado a la parte de control de un patch. Esto permitiría al

performer pasar de un modo de interacción, o de un tratamiento de sonido, a otro, de forma autónoma.

Por otro lado, las Miniaturas Coreográficas han dado una idea de las muchas posibilidades exploratorias y expresivas que el formato estudio ofrece en este tipo de asociaciones. Sin embargo, sería interesante retirar la etiqueta *pedagógica* de la propuesta, y dirigirla hacia una pieza de concierto más compleja, en donde la cualidad de libertad exploratoria no se pierda, pero que el objeto resultante adquiriera otro nivel estético.

Dada la magnitud de un proyecto así, este debería ser realizado en conjunto con profesionales de otras disciplinas, como danza, performance, entre otras.

Por último, las metáforas de lo táctil y del dual self, las que fueron exploradas sólo en la superficie, merecen ser investigadas en mayor profundidad. Estos conceptos definieron y articularon la totalidad de lo realizado tanto a nivel artístico y musical, como tecnológico.

No obstante, la metodología podría ser replanteada y mejorada, considerando esta vez que las metáforas son cápsulas individuales que envuelven cualidades gestuales y sonoras, puestas en relación para hacer emerger formas de procesos creativos distintos, híbridos, y con ello, propuestas de escritura y de resultados híbridas.

Esta investigación artística podría ser continuada en un doctorado, en donde arte y tecnología encuentren un espacio propicio para el diálogo y el intercambio.

Bibliografía

P. Antoniadis. *Embodied navigation of complex piano notation : rethinking musical interaction from a performer's perspective*. PhD thesis (2018). <https://theses.hal.science/tel-01861171v1> (consultado el 04/03/24)

R. Barthes. *Écrits sur le théâtre*. Jean-Loup Rivière (éditeur), Éditions du Seuil, 2020.

X. Bin, W. Haiping, W. Yichen.. *Simple Baselines for Human Pose Estimation and Tracking*. Proceedings of the 2018 European Conference on Computer Vision (ECCV) Munich, Germany. <https://arxiv.org/pdf/1804.06208> (consultado el 04/03/24)

W. Brent. *The Gesturally Extended Piano*. Proceedings of the 2012 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME 2012), University of Michigan, Ann Arbor. https://www.nime.org/proceedings/2012/nime2012_102.pdf (consultado el 04/03/24)

C. Cadoz and M. Wanderley. *Gesture - Music*. Marcelo Wanderley et Marc Battier, Ircam-Centre Pompidou. Trends in Gestural Control of Music, 2000. https://hal.science/hal-01105543v1/file/CaW00_Rep_GESTURE.pdf (consultado el 04/03/24)

A. Campo, A. Michałko, B. Van Kerrebroeck, B. Stajic, M. Pokric and M. Leman. *The assessment of presence and performance in an AR environment for motor imitation learning: A case-study on violinists*. Computers in Human Behavior, Volume 146, 2023. https://www.researchgate.net/publication/370668749_The_assessment_of_presence_and_performance_in_an_AR_environment_for_motor_imitation_learning_A_case-study_on_violinists (consultado el 04/03/24)

M. P. Clemente, J. Mendes, A. Moreira, C. Aguiar Branco, A. Pinhão Ferreira and J. M. Amarante. *Gesture technique analysis of the craniocervical mandibular complex in string and wind instrumentalists*. Phys Med Rehabil Res 3, 2018. https://www.researchgate.net/publication/330834241_Gesture_technique_analysis_of_the_craniocervical_mandibular_complex_in_string_and_wind_instrumentalists (consultado el 04/03/24)

M. L. Chanda and D. J. Levitin. *The neurochemistry of music*. Trends in Cognitive Sciences, 17(4):179-193, 2013. <https://escholarship.mcgill.ca/downloads/x346d836g?locale=en> (consultado el 04/03/24)

Andrea Davidson. *Le corps médié/médiateur*. Dans *Par le prisme des sens : médiation et nouvelles réalités du corps dans les arts performatifs*, p. 181-244, Presses de l'Université du Québec, 2019.

F. Delalande. *La gestique de Gould. Éléments pour une sémiologie du geste musical*. En Glenn Gould pluriel, ed. G. Guertin, 83 -111. Montréal: Louise Courteau Editrice Inc., 1988.

Gilbert Delor. *Du mouvement à la musique : Trois œuvres de Tom Johnson*. Dans *SON - IMAGE - GESTE : Une interaction illusoire ?*. Collection *Ouverture Philosophique*, L'Harmattan, 2015.

Ståle Andreas van Dorp Skogstad, *Methods and Technologies for Using Body Motion for Real-Time Musical Interaction*. PhD thesis (2013). <https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/38311/dravhandling-skogstad.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consultado el 04/03/24)

V. Fritz, N. Boudet et S. Nunez Meneses. *Danse en réseau, quels défis chorégraphiques ? Une invitation à réfléchir à travers l'installation Cyberautoscopie. Danse-recherche-interactivité*. Dans *Définir l'identité de la Recherche-Création. État des lieux et au-delà* (p. 258-261. 2020)

L. Fyfe, S. Lynch, C. Hull and S. Carpendale. *SurfaceMusic: Mapping Virtual Touch-based Instruments to Physical Models*, NIME 2010. https://www.researchgate.net/publication/228939576_SurfaceMusic_Mapping_Virtual_Touch-based_Instruments_to_Physical_Models (consultado el 04/03/24)

R. I. Godøy and M. Leman. *Musical Gestures: Sound, Movement, and Meaning*. Taylor & Francis, 2009.

A. Hadjakos, T. Großhauser, W. Goebel. *Motion Analysis of Music Ensembles with the Kinect*. Proceedings of the 2013 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME 2013), Daejeon, Korea.

https://www.researchgate.net/publication/257650900_Motion_analysis_of_music_ensembles_with_the_Kinect (consultado el 04/03/24)

A. Hadjakos. *Pianist Motion Capture with the Kinect Depth Camera*. Sound and Music Computing Conference 2012. https://www.researchgate.net/publication/270818909_Pianist_Motion_Capture_with_the_Kinect_Depth_Camera (consultado el 04/03/24)

A. Hadjakos and M. Mühlhäuser. *Analysis of Piano Playing Movements Spanning Multiple Touches*. Proceedings of the 2010 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME 2010), Sydney, Australia. <https://download.hrz.tu-darmstadt.de/media/FB20/Dekanat/Publikationen/TK/Hadjakos2010Series.pdf> (consultado el 04/03/24).

B. Héon-Morissette. *Rien dans les mains... Light Music de Thierry De Mey*. Circuit, 22(1), 41–50, 2012. <https://doi.org/10.7202/1008967ar> (consultado el 04/03/24)

C. Hummels, G. Smets and K. Overbeeke. *An Intuitive Two-Handed Gestural interface for Computer Supported Product Design*. In J. Wachsmuth and M. Fröhlich (eds): *Gesture and Sign Language in Human-Computer Interaction*, 1998, p. 198. https://www.researchgate.net/publication/221260275_An_Intuitive_Two-Handed_Gestural_Interface_for_Computer_Supported_Product_Design (consultado el 04/03/24)

Andy Hunt, *Radical User Interfaces for Real-time Musical Control*. DPhil thesis, University of York, UK, 1999.

A. Hunt and R. Kirk. *Radical user interfaces for real-time control*. Conference Proceedings of the 25th EUROMICRO Conference, 1999. https://www.researchgate.net/publication/3818724_Radical_user_interfaces_for_real-time_control (consultado el 04/03/24)

A. Hunt and R. Kirk. *Mapping Strategies for Musical Performance*. Trends in Gestural Control of Music, 2000.

https://www.researchgate.net/publication/243774325_Mapping_Strategies_for_Musical_Performance (consultado el 04/03/24)

J. Jaimovich. *Ground Me! An Interactive Sound Art Installation*, NIME 2010. https://www.researchgate.net/publication/254200114_Ground_Me_An_Interactive_Sound_Art_Installation (consultado el 04/03/24)

J. Jaimovich, N. Coghlan and R. B. Knapp. *Emotion in Motion: A Study of Music and Affective Response*. Conference: International Symposium on Computer Music Modeling and Retrieval, 2013. <https://core.ac.uk/download/35316337.pdf> (consultado el 04/03/24)

Javier Jaimovich, *Emotion recognition from physiological indicators for musical applications*. PhD thesis (2013). <https://www.dropbox.com/s/0hv7hd1r6xbgzgc/PhD%20Thesis%20-%20Javier%20Jaimovich.pdf?e=1&dl=0> (consultado el 04/03/24)

Alexander R. Jensenius, *To Gesture or Not? An Analysis of Terminology in NIME Proceedings 2001–2013*, NIME 2014. https://www.nime.org/proceedings/2014/nime2014_351.pdf (consultado el 04/03/24)

A. R. Jensenius, M. M. Wanderley, R. I. Godøy and M. Leman. *Musical gestures: concepts and methods in research*. In R. I. Godøy and M. Leman, editors, *Musical Gestures: Sound, Movement, and Meaning*, pages 12–35. Routledge, New York, 2010. https://www.researchgate.net/publication/252066637_Musical_Gestures_concepts_and_methods_in_research (consultado el 04/03/24)

A. R. Jensenius. *ACTION - SOUND, Developing Methods and Tools to Study Music-Related Body Movement*. PhD thesis (2007). ACTION - SOUND, Developing Methods and Tools to Study Music-Related Body Movement https://www.researchgate.net/publication/224927614_ACTION_-_SOUND_-_Developing_Methods_and_Tools_to_Study_Music-Related_Body_Movement (consultado el 04/03/24)

Anne Teresa De Keersmaeker. *Incarner une abstraction*. Série *Le souffle de l'esprit*, Actes Sud, 2020.

Marc Leman. *Musical Gestures and Embodied Cognition*. Journées d'Informatique Musicale, 2012, Mons, Belgium. <https://hal.science/hal-03041745/document> (consultado el 04/03/24)

Marc Leman. *Embodied Music Cognition and Mediation Technology*. Cambridge, MA: MIT Press, 2007.

C. Lugaresi, J. Tang, H. Nash, C. McClanahan, E. Uboweja, M. Hays, F. Zhang, C-H. Chang, M. G. Yong, J. Lee, W-T. Chang, W. Hua, M. Georg and M. Grundmann. *MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines*. <https://arxiv.org/pdf/1906.08172.pdf> (consultado el 04/03/24)

C. Mauleón. *El gesto comunicativo del intérprete*. Laura Inés Fillottrani y Adalberto Patricio Mansilla (Editores) *Tradición y Diversidad en los aspectos psicológicos, socioculturales y musicológicos de la formación musical*. Actas de la IX Reunión de SACCoM, pp. 98-106. 2010.

Maurice Merleau-Ponty, *L'Œil et l'Esprit*. Collection *folio / essais*. Éditions Gallimard, 1964.

Maurice Merleau-Ponty, *La structure du comportement*. Presses Universitaires de France, 1942.

Maurice Merleau-Ponty, *Le visible et l'invisible*. Collection *tel*. Éditions Gallimard, 1964.

Thierry De Mey, *The Films of Thierry De Mey*, Belgium, 2015.

T. Mitchell and I. Heap. *SoundGrasp: A Gestural Interface for the Performance of Live Music*. Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, 30 May - 1 June 2011, Oslo, Norway. https://www.researchgate.net/publication/254200147_SoundGrasp_A_Gestural_Interface_for_the_Performance_of_Live_Music (consultado el 04/03/24)

A. Moryossef, Y. Elazar and Y. Goldberg. *At Your Fingertips: Automatic Piano Fingering Detection*. Proceedings of the Eighth International Conference on Learning Representations, 2020. <https://openreview.net/pdf?id=H1MOqeHYvB> (consultado el 04/03/24)

Sarah Louise Nicolls. *Interacting with the Piano: Absorbing technology into piano technique and collaborative composition*. PhD Thesis (2010). <https://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/5511/1/FulltextThesis.pdf> (consultado el 04/03/24)

Sarah Nicolls. *Seeking Out the Spaces Between-Using Improvisation in Collaborative Composition with Interactive Technology*. LEONARDO MUSIC JOURNAL, Vol. 20, pp. 47–55, 2010. <https://www.jstor.org/stable/40926373> (consultado el 04/03/24)

G. Paine. *Gesture and Musical Interaction: Interactive Engagement Through Dynamic Morphology*, NIME 2004. <https://www.activatedspace.com/Papers/NIME04%20paine.pdf> (consultado el 04/03/24)

A. Penalba. *Nuevas relaciones gestuales del intérprete*. En Trans. Revista Transcultural de Música, núm. 14, 2010, pp. 1-12. <https://www.redalyc.org/pdf/822/82220947011.pdf> (consultado el 04/03/24)

V. Potapova. *Le geste, le mouvement et des nouvelles lutheries dans la musique contemporaine à travers Light Music de Thierry De Mey*. Synthèse de mémoire de Master Développement de Projets Artistiques et Culturels Internationaux (DPACI), Université Lyon 2, 2017. <https://sites.inagrm.com/cfmi/res/lightmusic-sept2017.pdf> (consultado el 04/03/24)

J. C. Schacher. *Motion To Gesture To Sound: Mapping for Interactive Dance*. NIME 2010. https://www.jasch.ch/pub/NIME10_Motion_to_Gesture_to_Sound.pdf (consultado el 04/03/24)

S. Trail, M. Dean, T. F. Tavares, G. Odowichuk, P. Driessen, W. A. Schloss, G. Tzanetakis. *Non-invasive sensing and gesture control for pitched percussion hyper-instruments using the Kinect*. NIME'12, May 21 – 23, 2012, University of Michigan, Ann Arbor. https://www.researchgate.net/publication/310644699_Non-invasive_sensing_and_gesture_control_for_pitched_percussion_hyper-instruments_using_the_Kinect (consultado el 04/03/24)

H. Vinet and F. Delalande. *Interfaces homme-machine et création musicale*. Paris: Hermès Science Publications, 1999.

I. Wachsmuth. *Communicative Rhythm in Gesture and Speech*. Invited talk, Gesture Workshop GW'99, 1999. Communicative Rhythm in Gesture and Speech. https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-46616-9_25 (consultado el 04/03/24)

Marcelo M. Wanderley. *Motion Capture/Gesture Sensing for Performance Analysis and Interactive Applications*. Journées d'Informatique Musicale, Bourges, France, 2014.

M. M. Wanderley, B. Vines, N. Middleton, D. McKay and C. Hatch. *The Musical Significance of Clarinetists' Ancillary Gestures: An Exploration of the Field*. Journal of New Music Research, vol. 34, n1: 97-113, 2005

Marcelo M. Wanderley. *Quantitative Analysis of Non-Obvious Performer Gestures*. In I. Wachsmuth and T. Sowa (eds.): *Gesture and Sign Language in Human-Computer Interaction*. Springer Verlag, 2002, pp. 241-253. https://www.researchgate.net/publication/221260424_Quantitative_Analysis_of_Non-obvious_Performer_Gestures (consultado el 04/03/24)

Marcelo M. Wanderley. *Non-obvious Performer Gestures in Instrumental Music*. In A. Braffort et al. (eds): *Gesture-Based Communication in Human-Computer Interaction*. Springer Verlag, 1999, pp. 37-48. https://www.researchgate.net/publication/225172515_Non-obvious_Performer_Gestures_in_Instrumental_Music (consultado el 04/03/24)

Ming Guang Yong. *Empowering Live Perception with MediaPipe*. Google Research. https://files.devnetwork.cloud/AIDevWorld/presentations/2019/Ming_Guang_Yong.pdf (consultado el 04/03/24)

M. Zentner and T. Eerola. *Rhythmic engagement with music in infancy*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010. https://www.researchgate.net/publication/41969090_Rhythmic_engagement_with_music_in_infancy (consultado el 04/03/24)

Anexo 1

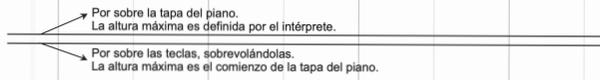
Miniaturas Coreográficas

5 pequeños estudios de interacción para piano y dispositivo electrónico

Sergio Núñez Meneses
2024

Glosario

Los bigramas indican la altura a la cual la mano izquierda y derecha se alzan, tomando como referencia la tapa del piano.

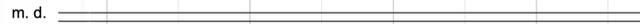
m. d. 

- Por sobre la tapa del piano. La altura máxima es definida por el intérprete.
- Por sobre las teclas, sobrevolándolas. La altura máxima es el comienzo de la tapa del piano.

Los trigramas separan las partes para la mano derecha (trigrama superior) e izquierda (trigrama inferior), indicando, al mismo tiempo, los registros para cada uno. El intérprete puede elegir el punto de referencia:

pno. 

m. i. 

m. d. 

Las notas se representan a través de la siguiente simbología:

Una cuadrada negra indica tocar, simultáneamente, entre 2 y 3 notas cromáticas

Dos o más cuadradas indican tocar, simultáneamente, entre 4 y 10 notas. El intérprete puede elegir la proporción entre el número de cuadradas y de notas resultantes.

Una redonda equivale a una nota (como en notación la tradicional). Dependiendo de su posición, el trigrama deviene pentagrama. El intérprete puede elegir la llave con la cual interpretarlo.

Una cuadrada blanca indica tocar, simultáneamente, entre 2 y 3 notas diatónicas.

Las apoyaturas son más pequeñas que una nota normal. El intérprete puede elegir la velocidad y la forma con la que las toca, ya sea en arpeggio o acorde.

Las alteraciones afectan solamente a las notas que anteceden.

pno. 

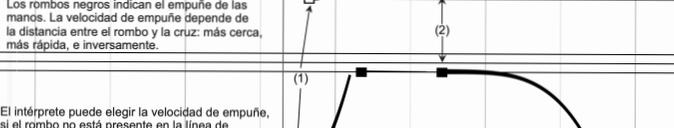
Las acciones gestuales se representan a través de la siguiente simbología:

La cruz indica el inicio de la acción. En este ejemplo, la mano izquierda reproduce la grabación. La línea indica la duración y dirección de la acción.

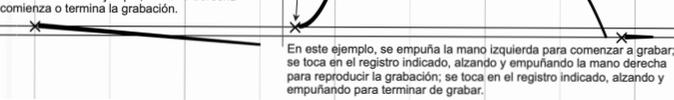
m. d. 

En este ejemplo, la mano se alza hasta el comienzo de la tapa del piano, la sobrepasa, y luego baja hasta la posición indicada por las notas en el piano.

Los rombos negros indican el empuje de las manos. La velocidad de empuje depende de la distancia entre el rombo y la cruz: más cerca, más rápida, e inversamente.

pno. 

El intérprete puede elegir la velocidad de empuje, si el rombo no está presente en la línea de duración. En este ejemplo, la mano derecha comienza o termina la grabación.

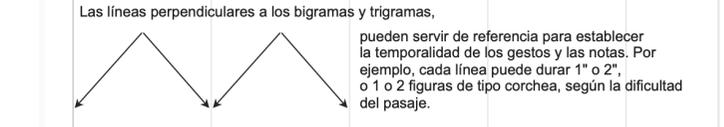
m. i. 

En este ejemplo, se empuja la mano izquierda para comenzar a grabar; se toca en el registro indicado, alzando y empujando la mano derecha para reproducir la grabación; se toca en el registro indicado, alzando y empujando para terminar de grabar.

La línea de duración curva modifica "el peso" al alzar o descender las manos.
 (1) La curva es exponencial indica que el alzar o descenso es lento, la última parte del movimiento es rápida.
 (2) La curva es logarítmica indica que el alzar o descenso es rápido, la última parte del movimiento es lento.

El intérprete puede elegir la duración de todas las acciones de la partitura:

Las líneas perpendiculares a los bigramas y trigramas, pueden servir de referencia para establecer la temporalidad de los gestos y las notas. Por ejemplo, cada línea puede durar 1" o 2", o 1 o 2 figuras de tipo corchea, según la dificultad del pasaje.

m. d. 

pno. 

m. i. 

El rombo blanco indica mantener la posición en el registro indicado, sin tocar la nota.

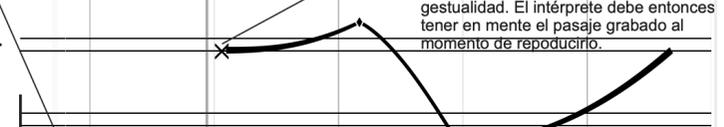
En este ejemplo, se toca en los registros indicados; la mano derecha se alza hasta la altura indicada, y se empuja para reproducir la grabación; la mano izquierda se alza hasta la altura indicada, manteniendo la posición en el registro indicado.

Las líneas perpendiculares al pentagrama indican que los elementos al interior se permutan sin crear un patrón rítmico definido. Esto se repite constantemente, a una velocidad y duración definida por el intérprete.

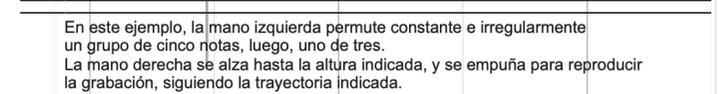
Play 

Las líneas perpendiculares a los sistemas indican, al principio de cada miniatura, la acción gestual a realizar, a modo de recordatorio.

Esta es la forma de representar la electrónica en la partitura, dada su simpleza y a las múltiples variaciones que el intérprete aporta a través de su gestualidad. El intérprete debe entonces tener en mente el pasaje grabado al momento de reproducirlo.

m. d. 

pno. 

m. i. 

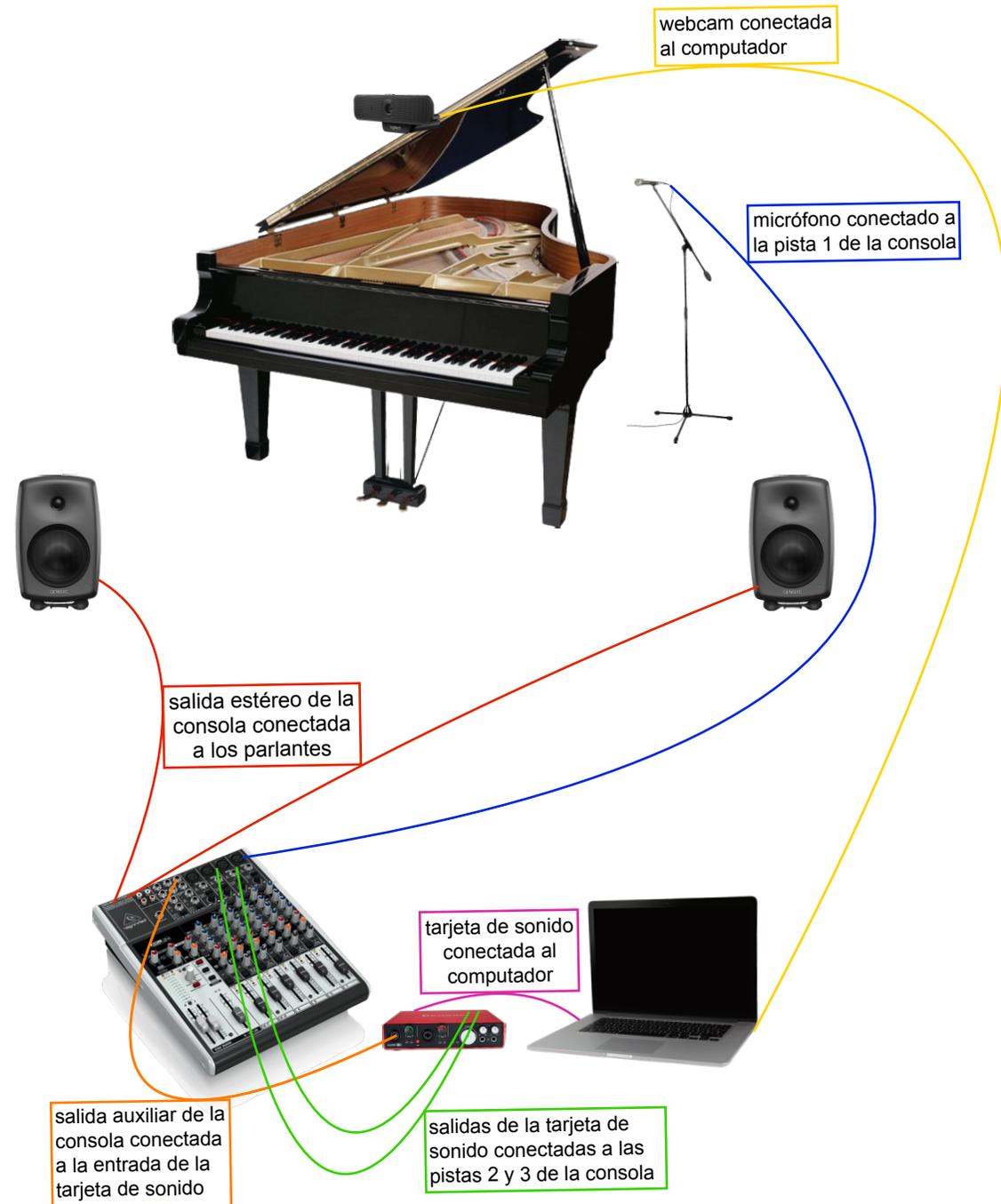
En este ejemplo, la mano izquierda permuta constante e irregularmente un grupo de cinco notas, luego, uno de tres. La mano derecha se alza hasta la altura indicada, y se empuja para reproducir la grabación, siguiendo la trayectoria indicada.

Requerimientos técnicos

La siguiente lista presenta el equipamiento mínimo e ideal para el montaje de las Miniaturas Coreográficas:

- 1 computador reciente con tarjeta gráfica (macOS con MPS, o Windows con NVIDIA RTX)
- 1 tarjeta de sonido (mínimo 2 entradas y 2 salidas)
- 1 micrófono (e.g. Neumann KM183)
- 2 parlantes (e.g. Yamaha MP5)
- 1 cámara web (e.g. Logitech StreamCam)
- Cables (USB, USB-C, audio).

El esquema de la derecha muestra cómo realizar las conexiones. Las salidas de la tarjeta de sonido pueden ser conectadas directamente a los parlantes.



1. Capas Móviles

m.d

pno.

m.i

pp

ppp

p

Detailed description: This system shows a piano (pno.) part with five measures of sustained chords. The first measure has a dynamic marking of *pp*. The second measure has a hairpin crescendo. The third measure has a hairpin decrescendo. The fourth measure has a dynamic marking of *ppp*. The fifth measure has a dynamic marking of *p*. The mobile instrument (m.i.) part consists of two horizontal lines with a hairpin crescendo in the first measure and a hairpin decrescendo in the second measure.

m.d

pno.

m.i

mp sub

mf

Detailed description: This system shows a piano (pno.) part with five measures. The first measure has a dynamic marking of *mp sub*. The second measure has a dynamic marking of *mf*. The third measure has a dynamic marking of *mp sub*. The fourth measure has a dynamic marking of *mf*. The fifth measure has a dynamic marking of *mf*. The mobile instrument (m.i.) part consists of two horizontal lines with a hairpin crescendo in the first measure and a hairpin decrescendo in the second measure.

m.d

pno.

m.i

p

Detailed description: This system shows a piano (pno.) part with five measures. The first measure has a dynamic marking of *p*. The second measure has a dynamic marking of *p*. The third measure has a dynamic marking of *p*. The fourth measure has a dynamic marking of *p*. The fifth measure has a dynamic marking of *p*. The mobile instrument (m.i.) part consists of two horizontal lines with a hairpin crescendo in the first measure and a hairpin decrescendo in the second measure.

Rec on

m.d

pno.

m.i

pp *> mf* *> mf* *p*

Rec off

m.d

pno.

m.i

f *p*

Play on

sim.

m.d

pno.

m.i

f *p sub* *pp* *f* *p sub* *f* *mp* *p*

m.d

pno.

m.i

< f p_{sub} mf

< f > p p mf

This system shows a musical score for three parts: m.d., pno., and m.i. The m.d. staff has a melodic line with an 'x' mark and a slur. The pno. staff has a complex texture with many notes and some 'V' markings. The m.i. staff has a melodic line with several dynamic markings: *< f p_{sub} mf*, *< f > p*, *p*, and *mf*. There are also performance instructions like *v₁* and *v₂* with arrows pointing to specific notes.

m.d

pno.

m.i

f ff

This system continues the musical score. The m.d. staff has a melodic line with an 'x' mark and a slur. The pno. staff has a complex texture with many notes and some 'V' markings. The m.i. staff has a melodic line with dynamic markings *f* and *ff*. There are also performance instructions like *v₁* and *v₂* with arrows pointing to specific notes.

m.d

pno.

m.i

pp < p f ff p f ff

This system continues the musical score. The m.d. staff has a melodic line with several 'x' marks and slurs. The pno. staff has a complex texture with many notes and some 'V' markings. The m.i. staff has a melodic line with dynamic markings *pp < p f ff p f ff*. There are also performance instructions like *v₁* and *v₂* with arrows pointing to specific notes.

2. En bucle

Rec on

m.d.

pno.

m.i.

f *pp sub* *p* *pp* *f*

Rec off Play

sim.

m.d.

pno.

m.i.

pp *f* *p sub* *pp*

m.d.

pno.

m.i.

f *mp* *pp* *f*

m.d.

pno.

m.i.

ff *p sub*

ff

p < ff

m.d.

pno.

m.i.

f

p

f

pp

f

p sub

m.d.

pno.

m.i.

f

p sub

f

p

f

mp

m.d.

pno.

m.i.

The image shows a musical score for three parts: m.d., pno., and m.i. The score is written on three systems of staves. The m.d. staff is the top staff, the pno. staff is the middle staff, and the m.i. staff is the bottom staff. The m.i. staff contains dynamic markings: *f* at the beginning, *f* followed by a hairpin leading to *p* in the middle, and *ff* at the end. There are also *v* (accents) above several notes in the m.i. staff. The pno. staff has several groups of notes, some with stems pointing upwards. The m.d. staff has a few notes with stems pointing upwards. The score ends with a double bar line.

3. Continuos

m.d

Play

sim.

m.i

ff

f

Detailed description: This system features a continuous line in the upper staff (m.d) that starts with a curve and has several 'x' marks. The lower staff (m.i) contains musical notation with dynamics *ff* and *f*, and some accidentals.

m.d

m.i

mp

p

pp

mp

Detailed description: This system features a continuous line in the upper staff (m.d) with a slight dip and several 'x' marks. The lower staff (m.i) contains musical notation with dynamics *mp*, *p*, and *pp*, and some accidentals.

m.d

m.i

mf

p sub

ppp

ff

pp < *f* *p sub*

Detailed description: This system features a continuous line in the upper staff (m.d) with a large curve and several 'x' marks. The lower staff (m.i) contains musical notation with dynamics *mf*, *p sub*, *ppp*, *ff*, and *pp* < *f* *p sub*, and some accidentals.

4. Rupturas

Play

Rec on

m.d

pno.

m.i

p

pp *mp*

pp *ppp*

pp

m.d

pno.

m.i

mp

pp *mf*

f *p* *f*

p

Rec off

Play

sim.

m.d

pno.

m.i

pp

p *pp* *mp*

m.d.

pno.

m.i.

f pp sub *p < f* *ff* *f* *p pp* *mf*

m.d.

pno.

m.i.

ppp *p < f*

5. Bucles gestuales

m.d.

pno.

m.i.

Play

sim.

< **f** < **f** **f**_{sub} **f** > < **f** *p* **f**_{sub} *p* **f**

Detailed description: This system contains three staves. The top staff (m.d.) has notes with stems and beams, some with 'x' marks. The middle staff (pno.) has notes with stems and beams, some with 'x' marks. The bottom staff (m.i.) has dynamic markings: < f, < f, f_{sub}, f, > < f, p, f_{sub}, p, f. There are also vertical lines labeled 'Play' and 'sim.'.

m.d.

pno.

m.i.

pp **ff** **f** **ff**

Detailed description: This system contains three staves. The top staff (m.d.) has notes with stems and beams, some with 'x' marks. The middle staff (pno.) has notes with stems and beams, some with 'x' marks. The bottom staff (m.i.) has dynamic markings: pp, ff, f, ff.

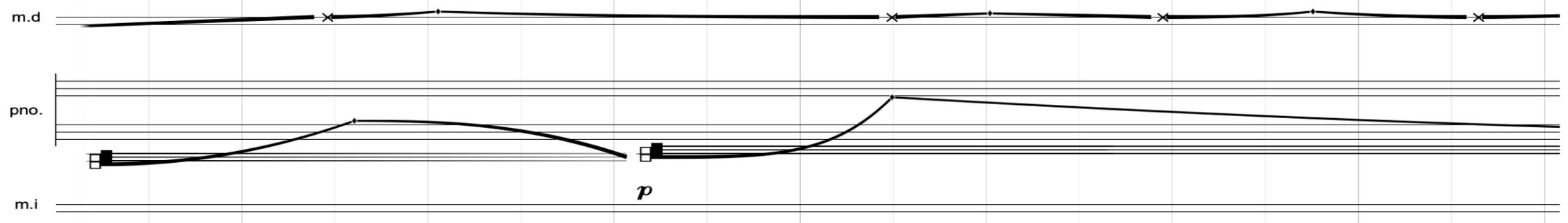
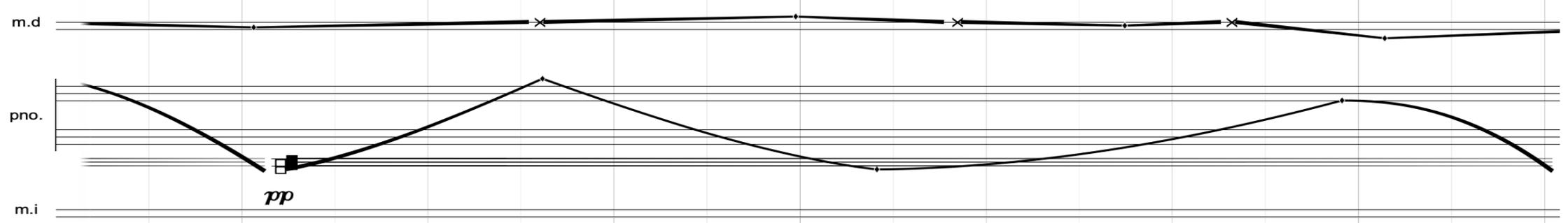
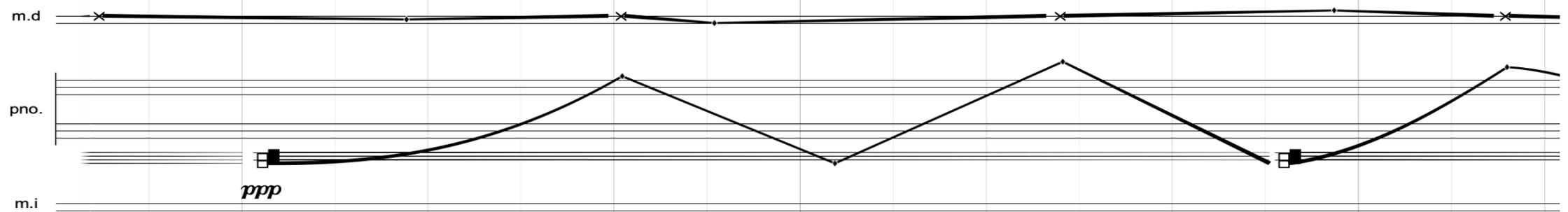
m.d.

pno.

m.i.

pp

Detailed description: This system contains three staves. The top staff (m.d.) has notes with stems and beams, some with 'x' marks. The middle staff (pno.) has notes with stems and beams, some with 'x' marks. The bottom staff (m.i.) has a dynamic marking: pp.



This musical score is divided into three systems, each with three staves labeled m.d., pno., and m.i. on the left. The notation is minimalist, using thick black lines and various symbols to represent musical elements.

- System 1:** The m.d. staff begins with a thick line that rises slightly, then falls, and then rises again. It contains several 'x' marks and dots. The pno. staff has multiple horizontal lines, some thicker than others. The m.i. staff is mostly empty.
- System 2:** The m.d. staff has a thick line that stays relatively flat with some small fluctuations, containing 'x' marks and dots. The pno. staff has a thick line that rises and then falls, ending with a series of horizontal lines. The m.i. staff has a thick line that falls and ends with a series of horizontal lines, with the dynamic marking *pppp* written below it.
- System 3:** This system is a vertical block of notation on the left side of the page. It features a thick horizontal line in the m.d. staff, a series of horizontal lines in the pno. staff, and a series of horizontal lines in the m.i. staff, all connected by a vertical line.

Anexo 2

Aplicación para captura de movimiento 2014-2016

Introducción

En la sección 4.1 del capítulo 2, se realizó una presentación general de los tipos de cámaras utilizadas para la captura de movimiento, además de algunos ejemplos de aplicaciones artísticas (como instalaciones, performances, entre otras) y en otras áreas de investigación. Estas últimas proponen el uso de técnicas y métodos bastante eficaces y precisos, aunque en condiciones de estudio no muy acordes con las requeridas para la ejecución musical en concierto, debido al uso de accesorios en el cuerpo como marcadores de luz, cintas retroreflectantes, cables, entre otros.

De hecho, es sabido que algunos y algunas intérpretes prefieren tocar sin usar ningún tipo de elemento externo en sus brazos y manos, como por ejemplo relojes, anillos, pulseras, entre otros. Esto, ya que el peso y/o el movimiento de los objetos influencia *le jeu*, lo que afecta la ejecución del instrumento.

Es por esto que se decidió usar tecnologías de tipo *no invasivas* para facilitar al intérprete, el acceso y el aprendizaje de la interfaz de captura gestual, e incidir en en la creación de gestos contingentes. Al mismo tiempo, una interfaz de estas características podría ser integrada en diferentes contextos artísticos como en danza interactiva, conciertos telemáticos, entre otros. Por lo tanto, se decidió usar hardware y software comercial existente de tipo *plug & play*, es decir, fácilmente configurable y modulable, con la posibilidad de comunicar con otras aplicaciones. Y también, por sobretodo, accesible a un público no especialista de este tipo de tecnologías.

En un gran número de las investigaciones consultadas, se pudo observar la utilización de la cámara y accesorio para la consola de videojuegos Microsoft Xbox, Kinect. Dadas las características que esta posee en comparación a otras previamente mencionadas, además de la cantidad de aplicaciones y software que se ha desarrollado para la integración del Kinect en distintas áreas de estudio, se decidió utilizarla para el desarrollo del sistema de captura de movimiento.

Es así como, habiéndolo ya definido los conceptos y elementos de base para comenzar la investigación, se consideró el trabajo de investigación de Hadjakos 2012 como referencia para el desarrollo del sistema de captura de movimiento. Esto, ya que el artículo presenta como objetivo principal el desarrollo de *“un método discreto y sin marcadores para captar los movimientos de un pianista basado en la detección de la profundidad...”* mediante la cámara Kinect¹¹³. Precisamente, los parámetros¹¹⁴ descritos para analizar las tecnologías existentes, son bastantes cercanos a los considerados para este estudio.

Configuración y aplicaciones *plug & play* accesibles

En Hadjakos 2012, la cámara Kinect es ubicada entre 2-2.5m de altura aproximadamente a partir del suelo, quedando el lente por sobre el teclado de un piano vertical. Esto permite capturar la totalidad del teclado además de la cabeza, el torso y los brazos del pianista. Sin embargo, para las pruebas realizadas, dado que lo más relevante es la captura de ambas manos, la cámara se posicionó a 1.65m de altura (ver figura A2.1).

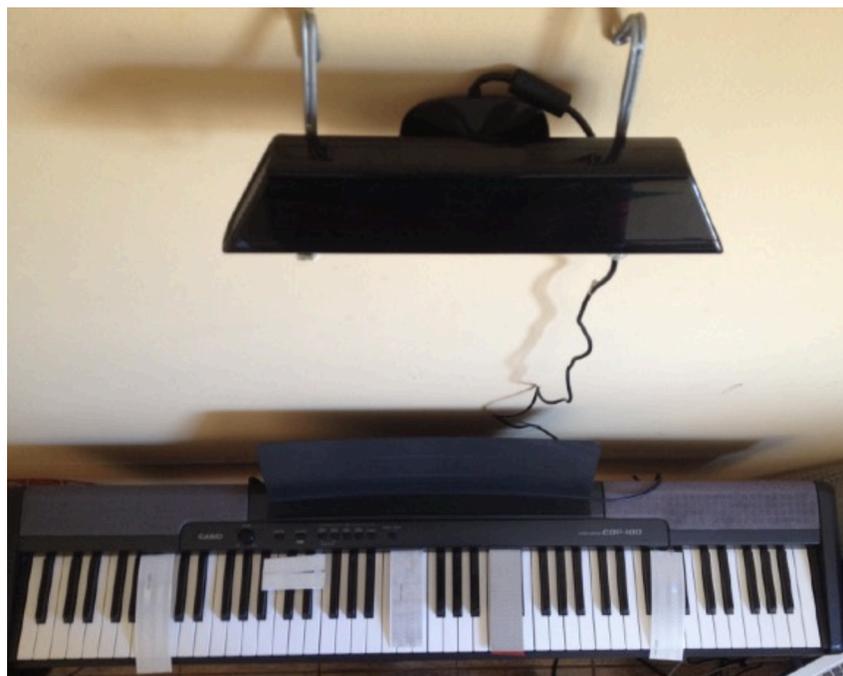


Figura A2.1, vista cenital de la configuración de la cámara Kinect en 2014-2016
(© Sergio Núñez Meneses).

¹¹³ <https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect> (consultado el 04/03/2024).

¹¹⁴ Hadjakos sugiere que "idealmente, la captura de movimiento es altamente precisa, económica, no invasiva", sin necesidad de colocar dispositivos, cables o marcadores en las manos o brazos de él o la pianista.

En 2014-2016, las aplicaciones *plug & play* disponibles son Kinect-Via- Interface Series¹¹⁵, simpleKinect¹¹⁶, KinectA y KVL Kinect Tracker¹¹⁷. Estas fueron diseñadas y desarrolladas a través de técnicas de tratamiento de imagen como *pose estimation*¹¹⁸ y *blob detection*¹¹⁹, para facilitar la extracción de datos desde la cámara Kinect y transmitirlos rápidamente hacia otras aplicaciones y/o entornos de programación por medio del protocolo OSC.

Las aplicaciones fueron comparadas con el fin de evaluar la necesidad de calibración y la precisión en el seguimiento continuo de las manos para la obtención de los datos.

Debido a que la cámara está ubicada en posición cenital y no frontal, los algoritmos utilizados por la mayoría de las aplicaciones presentan bastantes dificultades para detectar las manos, siendo estas confundidas con el resto de las extremidades.

En el caso de la aplicación KVL Kinect Tracker, la que utiliza la técnica *blob detection*, cualquier elemento que se encuentre cerca del obturador puede ser reconocido como un *blob*, si éste sobrepasa un determinado umbral de baricentro. En todos los casos, estos errores imposibilitan la fiabilidad de los datos obtenidos.

Aplicación personalizada

De las pruebas realizadas, la técnica *blob detection* pareció la más adecuada para aislar y detectar únicamente las manos sobre el teclado. Dada la dificultad para encontrar aplicaciones de estas características, se decidió diseñar y desarrollar una propia.

Para ello, se decidió utilizar el software MaxMSP, un entorno de programación visual dedicado a proyectos interactivos, que ofrece diversas soluciones para recuperar la imagen de la cámara Kinect y realizar el tratamiento de imagen requerido (*como background subtraction*¹²⁰, *binary filter*¹²¹, y la anteriormente mencionada *blob detection*).

¹¹⁵ <http://jpbellona.com/work/kinect-via-interface-series/> (consultado el 04/03/2024).

¹¹⁶ <https://www.jpbellona.com/kinect/> (consultado el 04/03/2024).

¹¹⁷ http://www.zacharyseldess.com/KVL_KinectTracker/ (consultado el 04/03/2024).

¹¹⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/3D_pose_estimation (consultado el 04/03/2024).

¹¹⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Blob_detection (consultado el 04/03/2024).

¹²⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Foreground_detection#Background_subtraction (consultado el 04/03/2024).

¹²¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Binary_image (consultado el 04/03/2024).

La figura A2.2 muestra el patch Max realizado, en donde destaca el objeto externo [jit.freenect.grab]¹²² para recuperar la imagen de la cámara Kinect, y los objetos de la librería externa para visión computacional cv.jit¹²³.

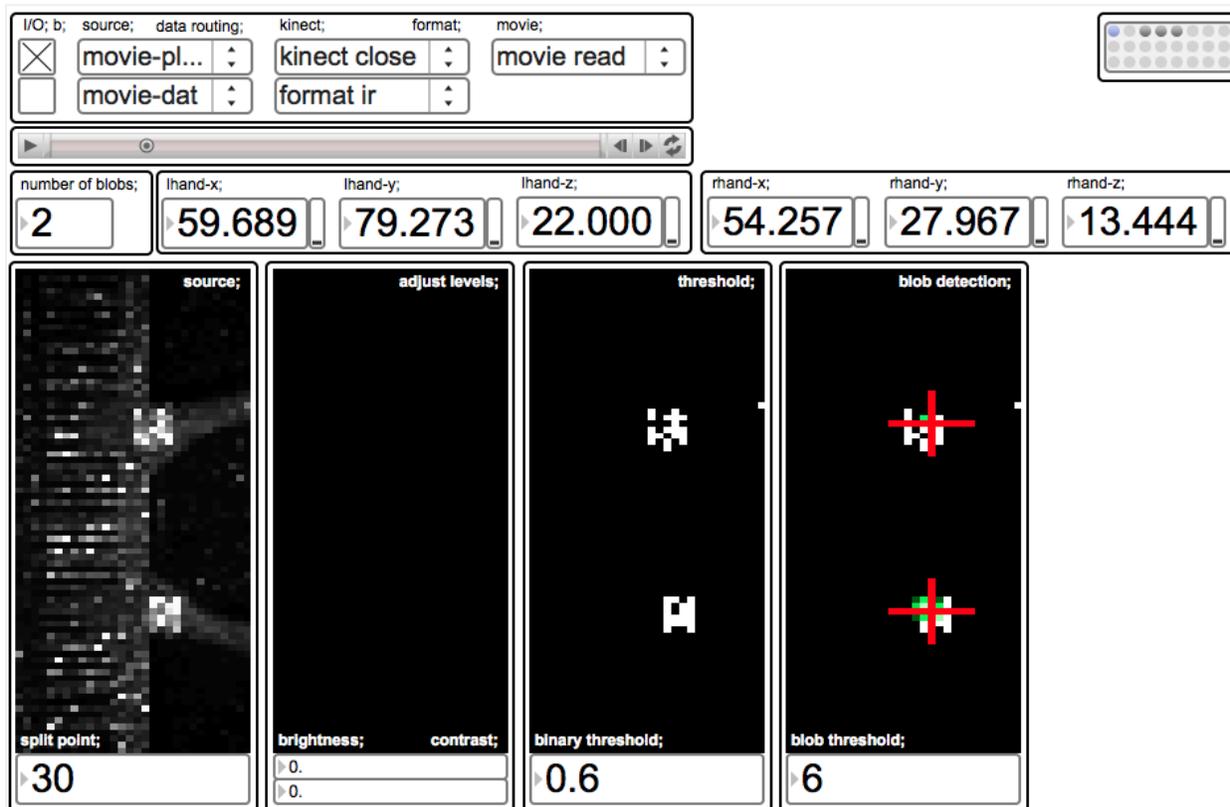


Figura A2.2, patch Max en modo presentación¹²⁴ de la aplicación para captura de movimiento realizada entre 2014 y 2016 (© Sergio Núñez Meneses).

¹²² <https://jmpelletier.com/freenect/> (consultado el 04/03/2024).

¹²³ <https://jmpelletier.com/cvjit/> (consultado el 04/03/2024).

¹²⁴ Esta imagen no corresponde a la versión final del patch, pero es un ejemplo del resultado obtenido luego de aplicar los tratamientos de imagen descritos.

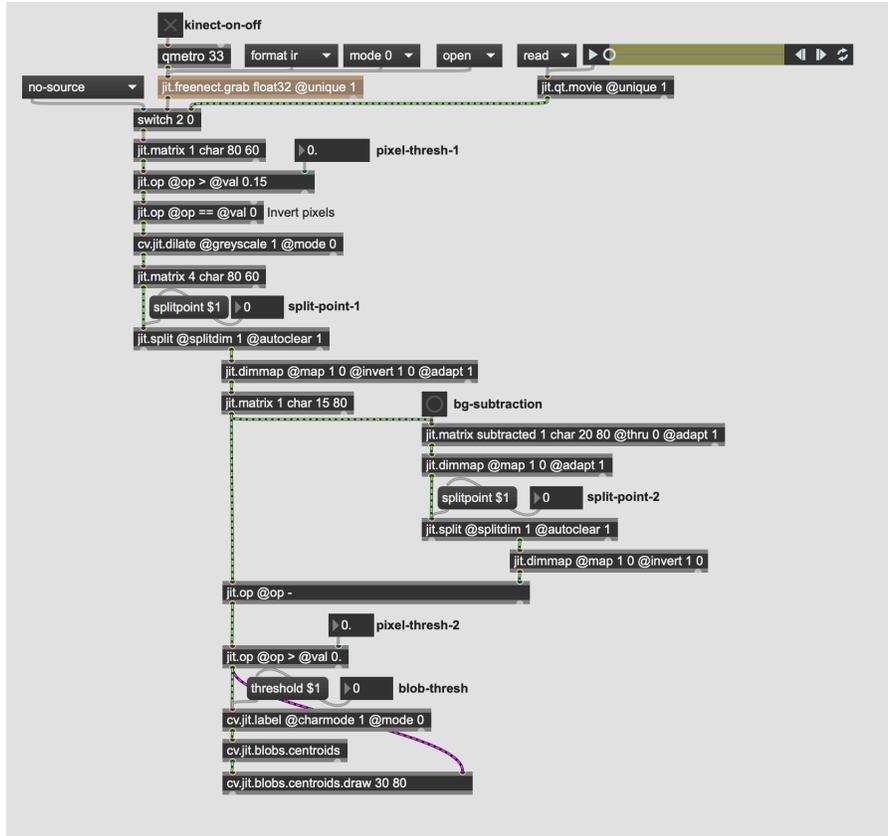


Figura A2.3, patch Max en modo edición de la aplicación para captura de movimiento realizada entre 2014 y 2016 (© Sergio Núñez Meneses).

Actualmente, el objeto `jit.freemect.grab` no logra ser ejecutado en sistemas operativos macOS con chip Apple Silicon.

La figura A2.4 muestra el resultado obtenido luego de realizar las operaciones con los objetos de la librería mencionada.

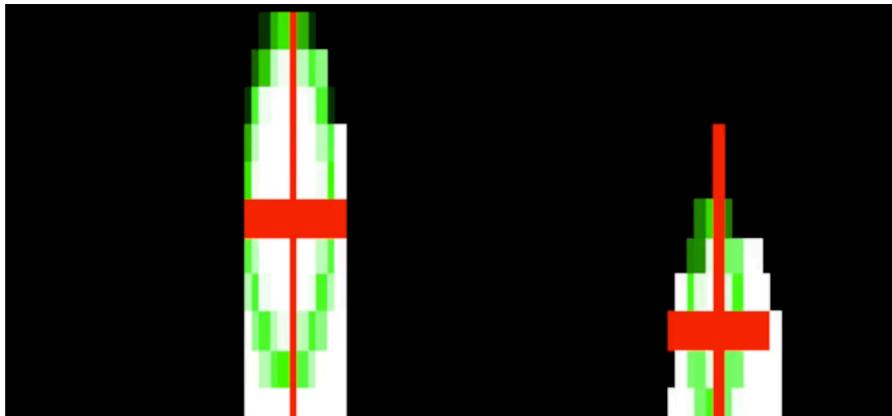


Figura A2.4, resultado del tratamiento de imagen obtenido con las técnicas de tratamiento de imagen mencionadas (© Sergio Núñez Meneses).

Finalmente, este sistema¹²⁵ permitió realizar los videos mencionados¹²⁶ en la sección 3 del capítulo 3, utilizando un computador macOS X Yosemite, además de la versión 7 de MaxMSP. Aún cuando el sistema presenta algunos problemas de captura, como por ejemplo, que solo una mano sea detectada cuando las manos están muy juntas (ver figura A2.5), o que los extremos del piano queden fuera del campo de visión de la cámara, estos fueron integrados a la escritura instrumental y electrónica de la pieza explorativa para piano previamente analizada, sobre todo, en el video nº3.

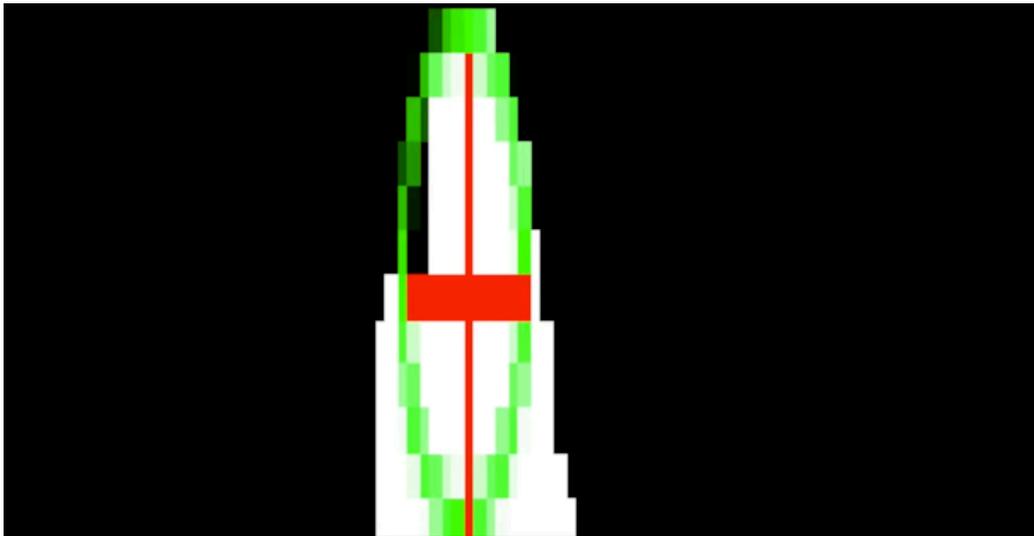


Figura A2.5, el sistema detecta sólo un blob cuando ambas manos están muy cerca
(© Sergio Núñez Meneses).

¹²⁵ El patch utilizado puede ser descargado a través del siguiente vínculo: https://drive.google.com/drive/folders/1ZAudMxwiHgONgGi3L8mieREEs99r0ldU?usp=drive_link (consultado el 04/03/2024).

¹²⁶ El siguiente video muestra el resultado obtenido del tratamiento obtenido en tiempo real <https://vimeo.com/manage/videos/173394539> (consultado el 04/03/2024).