




SENSIBLE: Investigación y experimentación en la creación de nuevas interfaces táctiles para dialogar con dispositivos electrónicos

SENSIBLE: Investigation and experimentation on the creation of new tactile interfaces to communicate with electronic devices


Carolina Espinoza Oñate

Departamento de Sonido, Facultad de Artes, Universidad de Chile / Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile (Chile)

ORCID: 0000-0003-4046-0944 
carolinaespinozao@uchile.cl

Ignacio Serrano Letelier

Investigador Independiente

ORCID: 0000-0001-8886-2833 
ignacioserranocuarta@gmail.com

Recibido: 26 de mayo de 2020
Aceptado: 4 de agosto de 2020

RESUMEN: SENSIBLE es un proyecto de investigación y exploración interdisciplinaria en torno a la creación de interfaces electrónicas de cualidades biosímiles, inspiradas en la piel humana. Esta exploración se emplaza en la experimentación a través de la impresión de biomateriales con tintas conductoras, dando paso a materialidades irrigadas con electricidad y, por lo tanto, eléctricamente estimulables. En este trabajo se muestran avances en la fabricación y caracterización de tintas conductoras y producción de biomateriales serigrafiables, dando a conocer protocolos de fabricación y caracterización, además de abordar hipótesis de aplicabilidad en la praxis artística y académica de la Dra. en física y música Carolina Espinoza Oñate y el artista visual Ignacio Serrano Letelier.

PALABRAS CLAVE: Biomateriales, tintas conductoras, diseño, instrumentos musicales, instrumentalidad, interfaces táctiles, materiales biodegradables, biofabricación, instalación sonora.

ABSTRACT: SENSIBLE is an investigative, experimental and interdisciplinary project advocated to the creation of electronic interfaces with biosimile qualities inspired in the human skin. Experimentation that addresses printing with conductive inks on biomaterials, that give place to electrically irrigable, and therefore, electrically stimuable materiabilities. The following article shows advances in the fabrication and characterization of conductive inks and production of screenprintable biomaterials, divulging fabrication and characterization protocols, and approaching applicability hipotesis related to the art and academic work of Dr. in physics and musician Carolina Espinoza Oñate and media artist Ignacio Serrano Letelier.

KEYWORDS: Biomaterials, conductive inks, design, music instruments, instrumentality, tactile interfaces, biodegradable materials, sonic installations.

1. Introducción

El proyecto SENSIBLE se sitúa en la investigación y experimentación en torno a la creación de interfaces electrónicas aplicables al desarrollo de disciplinas artísticas, emplazadas sensorialmente en la frontera cuerpo-máquina. Para lograr este objetivo, se explora la aplicación de tintas conductivas serigrafiadas sobre materiales orgánicos, con características táctiles y morfológicas inspiradas en tejidos humanos, sujetos a la variación de sus propiedades en el tiempo y su degradabilidad.

En investigaciones previas, se experimentó con el desarrollo de sensores táctiles fabricados en base a tintas conductivas serigrafiadas en papel. Tales experiencias abrieron paso a la impresión de una amplia variedad de superficies con material conductivo, que al ser irrigadas con electricidad posibilitaron la interacción con placas de programación (Bare Conductive, 2009-2020). Los resultados de estas experimentaciones nos permitieron identificar diversos tipos de excitabilidad, como golpes rítmicos, caricias, presiones constantes o variables, posibilitando la asignación de respuestas específicas a cada una de ellas (accionar pistas de audio tras una caricia, aumentar o disminuir la intensidad lumínicas a partir de cambios en la presión, entre otras). De tales resultados surgieron las siguientes preguntas: ¿Podemos pensar estas superficies, consideradas como sensibles y entendidas como excitables, como una piel de la electrónica? ¿Qué sucede si extremamos la metáfora de lo biosímil, considerando materialidades orgánicas? Estos son los cuestionamientos que, a grandes rasgos, dan fundamento al presente trabajo.

2. Posicionamiento de la investigación

Las relaciones de creciente intimidad que desarrollamos con los dispositivos electrónicos traen consigo, desde la creación artística, interrogantes sobre cómo nos hacemos cargo de ellas. En esta investigación, proponemos la creación de interfaces con propiedades morfológicas y sensoriales más cercanas a las de los cuerpos humanos, que denominamos piel electrónica. Esto supone, desde nuestra perspectiva, pensar en dispositivos que se desprenden de botones, perillas y pantallas táctiles, de superficies lisas y brillantes, y considerar como médium entre la electrónica y los cuerpos, interfaces pensadas en relación a cualidades propias de estos últimos.

La teoría crítica en torno a la posible dilución entre cuerpo-máquina, entendida como transhumanismo, define como *cyborg* a un cuerpo biológico intervenido por componentes electrónicos para expandir sus capacidades. Por otro lado, se entiende como androide a una máquina a la que se han integrado capacidades propias de los seres humanos y/o animales, como son las de reconocer imágenes, entender el lenguaje hablado, reaccionar a estímulos, entre otras. Las entidades androides suponen la adecuación taxonómica de las máquinas a las cualidades de los cuerpos, desdibujando los límites entre ellos (Santiago Koval, 2008). De lo anterior, podemos definir un dispositivo electrónico dotado de la capacidad de sentir su entorno, con cualidades próximas a los cuerpos o modeladas a su semejanza, como un androide. Es en este imaginario en que se sitúa la idea de la piel electrónica.

El presente trabajo se divide en dos grandes secciones. La primera, trata sobre la fabricación de biomateriales con características inspiradas en la piel humana, el desarrollo de tintas conductivas con composiciones que permiten su impresión en ellos, y una breve descripción de las técnicas para su aplicación. En la segunda, se exponen proyecciones a partir de los resultados obtenidos, para su utilización en instalaciones sonoras e instrumentalidades basadas en interfaces dotadas de cualidades formales que se acerquen a lo que entendemos como biológico.

2. Biomateriales y tintas conductivas

A continuación, se detallan los componentes y procesos para la producción de los biomateriales y tintas conductivas exploradas hasta ahora.

2.1 Fabricación de biomateriales

En la búsqueda de materialidades biodegradables, con cualidades estéticas y táctiles biosímiles a la piel humana, comenzamos nuestra experimentación formulando bioplásticos a base de agar. El agar corresponde a un extracto de algas rojas que, al ser cocinado con glicerina, genera una sustancia gelatinosa. Tras un par de semanas de secado, esta gelatina adquiere una textura muy similar a la piel humana: semitranslúcida, dúctil, de grosores inhomogéneos, y que además permite lograr coloraciones con pigmentos comestibles y de bajo costo.

Para la elaboración de un material que nos permita alcanzar las propiedades deseadas, nos basamos en una mezcla promedio de los ingredientes y cantidades utilizadas en las preparaciones de dos laboratorios de biofabricación: las indicaciones provistas en el *Cookbook* de Ribeaux (Ribeaux, sf) y aquellas del Laboratorio de Biofabricación de Valdivia (LABVA, sf). En la tabla 1 se muestran las proporciones de agar y glicerina utilizadas en las referencias anteriormente nombradas y la receta promedio. Se agrega además la nomenclatura que se usará para nombrar a los materiales fabricados con cada receta. En la tabla 2, se ejemplifican los valores para distintas cantidades de agua.

Componentes	Biomaterial LABVA (Receta LABVA)	Biomaterial CBK (Receta Cookbook Ribeaux)	Biomaterial PROM (Receta promedio)
	Concentración en agua (g/ml)		
Agar	0,027	0,040	0,0335
Glicerina	0,0063	0,13	0,068

Tabla 1. Proporciones de mezcla para biomateriales según la receta del Laboratorio de Biofabricación de Valdivia y Bioplastics Cookbook de Tiare Ribeaux, junto a la propuesta de mezcla promediada.

Componentes	Biomaterial LABVA	Biomaterial CBK	Biomaterial PROM
Agua (ml)	300	500	1.000
Agar (g)	10	16,7	33,5
Glicerina (g)	20	34	68

Tabla 2. Ejemplificación de proporciones de mezcla para distintas cantidades de agua.

Utilizando cualquiera de las proporciones indicadas en las tablas 1 y 2, los pasos a seguir son:

1. Mezclar agua y glicerina hasta lograr una mezcla homogénea.
2. Incorporar agar y revolver hasta lograr una mezcla homogénea.
3. Incorporar pigmentos (opcional).
4. Calentar a fuego lento, revolviendo constantemente hasta alcanzar un hervor suave.
5. Una vez hirviendo, mantener hervor suave durante mínimo un minuto, máximo dos minutos.
6. Una vez fuera del fuego, esparcir sobre una superficie antiadherente y dejar enfriar.
7. Una vez fría y cuajada, dejar secar durante días.
8. Monitorear a diario y sólo retirar una vez que se sienta completamente seca al tacto.
9. Para separar de la superficie, cortar al menos uno o dos centímetros de borde y retirar desde el corte hacia adentro para evitar rasgaduras.

Es importante destacar que las mezclas y el resultado final, están íntimamente ligados a las condiciones medioambientales en que se desarrollan. Una de las principales problemáticas al momento de decidir la mezcla óptima están asociadas a las proporciones de glicerina, las que podrían tener un efecto acelerador en la descomposición del material según las condiciones climáticas asociadas a la humedad ambiental. Realizando comparaciones con los resultados de LABVA (ubicado en Valdivia, sur de Chile, con un clima húmedo), observamos que, en climas más secos, como el de Santiago de Chile, menores concentraciones de glicerina tienden a generar mezclas quebradizas luego de un par de semanas desprendidas de la superficie de secado. Mientras que la ductilidad del mismo material se mantiene de forma estable en el clima de Valdivia. A su vez, las proporciones modificadas de glicerina para una ductilidad óptima alcanzadas en Santiago, en Valdivia generan sudoración y descomposición acelerada del material por la humedad al cabo de pocas semanas. Si los materiales están impresos, las impresiones tienden a desprenderse. Otras consideraciones se presentan en el anexo A.

2.2 Composición de tintas conductivas

Las tintas conductivas utilizadas son optimizadas bajo el alero del proyecto Fondart Nacional folio. 540508 “Impresión con tintas conductivas: Expansión disciplinar del diseño gráfico”, otorgado por el Ministerio de las Culturas y las Artes de Chile, las que fueron formuladas para su impresión en serigrafía, mayoritariamente sobre papeles y cartones. En este trabajo presentamos los resultados al aplicarlas sobre los biomateriales descritos anteriormente.

La formulación de las tintas consiste en la adición de grafito en polvo con una graduación de 5 micrones a médiums de tintas serigráficas sin pigmentación, solventes al agua y solventadas.

El médium al agua utilizado es conocido en el mercado como Copaje o Emulsión superior, de la línea Printop para serigrafía, de terminación translúcida, opaca y de uso mayoritario en textiles. El Copaje fue utilizado sin adicionar espesantes o aditivos adicionales. El médium solventado utilizado es denominado Permastar PV-396 Base, de la línea Sericol, y comparte las características de terminación del médium anterior, con la diferencia de que es una base pensada para papeles y cartones de secado rápido al contacto con la celulosa, que mantiene una consistencia gel en la malla serigráfica, haciéndola ideal para imprimir en serigrafía, permitiendo una buena adherencia del grafito al papel. Se utilizó como aditivo solvente mineral para la incorporación del grafito.

Tinta conductiva	Médium (g)	Grafito (g)	Aditivos
T1 (base Copaje o Emulsión superior)	500	100	No.
T2 (base Permastar PV-396)	500	100	Aguarrás o Solvente mineral hasta 10 ml.

Tabla 3. Proporciones de preparación de tintas conductivas por 500ml. base al agua y solventada.

Al serigrafiar con tintas conductivas, éstas deben tener una consistencia manejable, que permita la sobreimpresión de varias capas para aumentar, con cada una de ellas, la conductividad eléctrica del trazo impreso. Esto permite lograr una conductividad homogénea, estandarizable en aplicaciones manuales. Otra determinante importante para este resultado es el número de la malla a usar. Al aplicar tintas tanto en papel como en los biomateriales, la malla usada ha sido del número 54, normalmente utilizada para estampar algodones. Este número permite el paso de más tinta y, por lo tanto, de más grafito sobre las superficies que queremos irrigar con electricidad. Dado que estas mallas se caracterizan por dejar pasar una gran cantidad de tinta, se aconseja poner atención a que la mezcla sea lo suficientemente espesa para no tener un paso excesivo de tinta que devenga en impresiones reventadas.

Para cada uno de los resultados estudiados se utilizó la técnica de sobreimpresión sin carga adicional: el (bio)material se sobreimprime en la misma dirección, con la misma cantidad de tinta, sin hacer el cargado tradicional en el sentido contrario antes de imprimir. Lo anterior permite una impresión limpia y un resultado que hemos comprobado como estable en términos de resistencia.

3. Caracterización de la conductividad eléctrica de tintas y biomateriales

Con el fin de establecer límites de usabilidad de los biomateriales y tintas fabricadas, se llevó a cabo la caracterización de su conductividad eléctrica. A continuación, se establece el protocolo de adquisición y análisis de datos. Posteriormente, son expuestos los resultados para diferentes biomateriales (dos muestras PROM, una muestra LABVA y otra CBK) y formulaciones de tintas (T1 Y T2).

199

3.1 Protocolo de caracterización

Al trabajar con conducción eléctrica en cuerpos cuasi 2D, en que dos de sus dimensiones son mucho mayores que la tercera (como es el caso de las láminas de biomaterial fabricadas), es posible obtener la resistividad laminar, asumiendo que la corriente fluye a lo largo del plano y no perpendicular a éste (Izdebska & Thomas, 2015). Esta resistividad está dada por

$$\rho_s = R \frac{A}{L}, \quad (1)$$

donde ρ_s es la resistividad laminar, R corresponde a la resistencia medida, A es el área del conductor y L su largo. Reordenando los términos de (1) se obtiene una expresión para la resistencia R.

$$R = \rho_s \frac{L}{A}. \quad (2)$$

Considerando la resistividad laminar como constante, se observa que la resistencia debe aumentar con el largo L de la superficie, y disminuir con el ancho A. A continuación, se ejemplifica el protocolo de obtención de la resistividad laminar tanto de los biomateriales, como de las tintas serigrafiadas en ellos, a partir de la caracterización del biomaterial PROM1, al que ha sido aplicada la formulación de tinta conductiva T1. Ver figura 1.



Figura 1. Biomaterial PROM1 serigrafiado con seis líneas de tinta conductiva, formulación T1. El largo de cada línea es $L=250$ mm, y el ancho A varía entre 5 mm y 30 mm, con un paso de 5 mm.

Obtención de la resistencia y resistividad laminar del biomaterial PROM1 serigrafiado con tinta conductiva T1

A continuación, se exponen los resultados de la caracterización de la resistencia eléctrica del biomaterial PROM1 con líneas serigrafiadas utilizando la formulación T1 de tinta conductiva (ver figura 1). Para la medición de resistencias se utilizó un multímetro Truper MUT-33 en escalas de 200 kΩ y 20 MΩ, siguiendo el protocolo propuesto por Roberson et al. (2011).

Resistencia y resistividad laminar promedio en cada línea impresa

Para cada línea de diferente ancho se realizaron medidas de resistencia a distintos largos. Cada medida se repitió 15 veces. En la figura 3 se pueden ver los resultados para cada línea y su respectivo ajuste lineal. Los errores corresponden a la desviación estándar con respecto al promedio. Se observa que se los resultados están acordes a lo propuesto en la expresión (2), considerando una resistividad laminar constante. La resistencia aumenta con el largo L de la línea, y disminuye con su ancho A.

Analizando la expresión (2), es posible observar que la pendiente m de la curva que ajusta los resultados de resistencia R con respecto al largo L corresponde a la resistividad laminar dividida por el ancho de línea. Tomando las pendientes de los ajustes lineales para cada ancho de línea expuestos en la figura 3, se tienen los resultados de la tabla 4, en que se ha obtenido una resistividad laminar promedio.

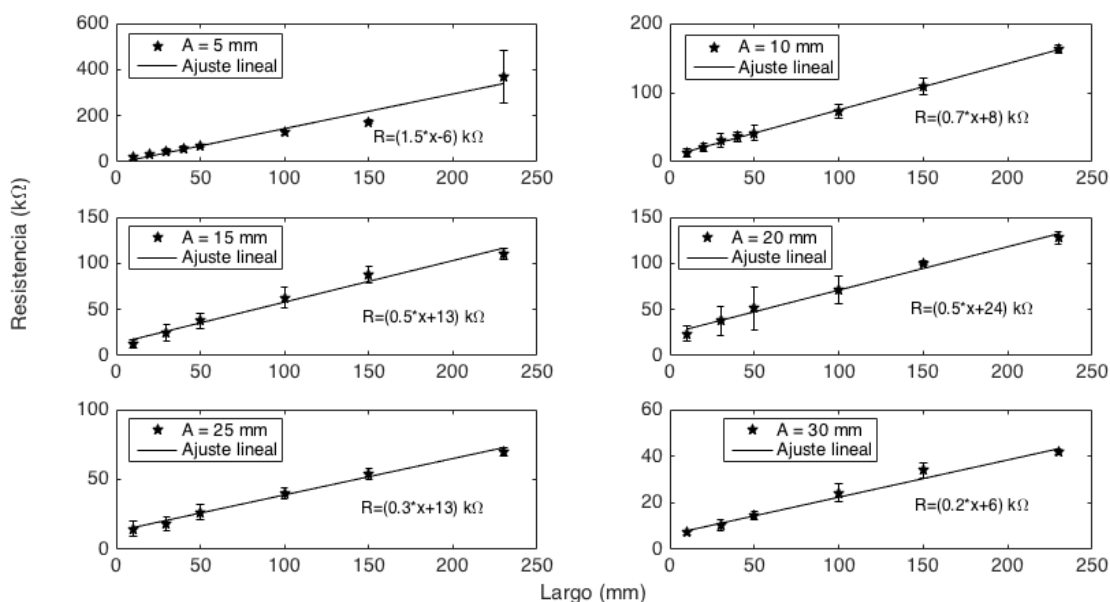


Figura 3: Resistencia media de líneas de ancho constante y largo variable. El valor de cada punto es obtenido a partir de 15 mediciones independientes y los errores corresponden a la desviación estándar. Se grafica además el ajuste lineal de cada set de $R^2 > 0.95$ datos con en cada caso.

A (mm)	m ($k\Omega/mm$)	ρ_s ($k\Omega$)
5	1.5	8
10	0.7	7
15	0.4	6
20	0.5	10
25	0.3	8
30	0.2	6
Resistividad promedio	$\langle \rho_s \rangle = (8 \pm 2) k\Omega$	

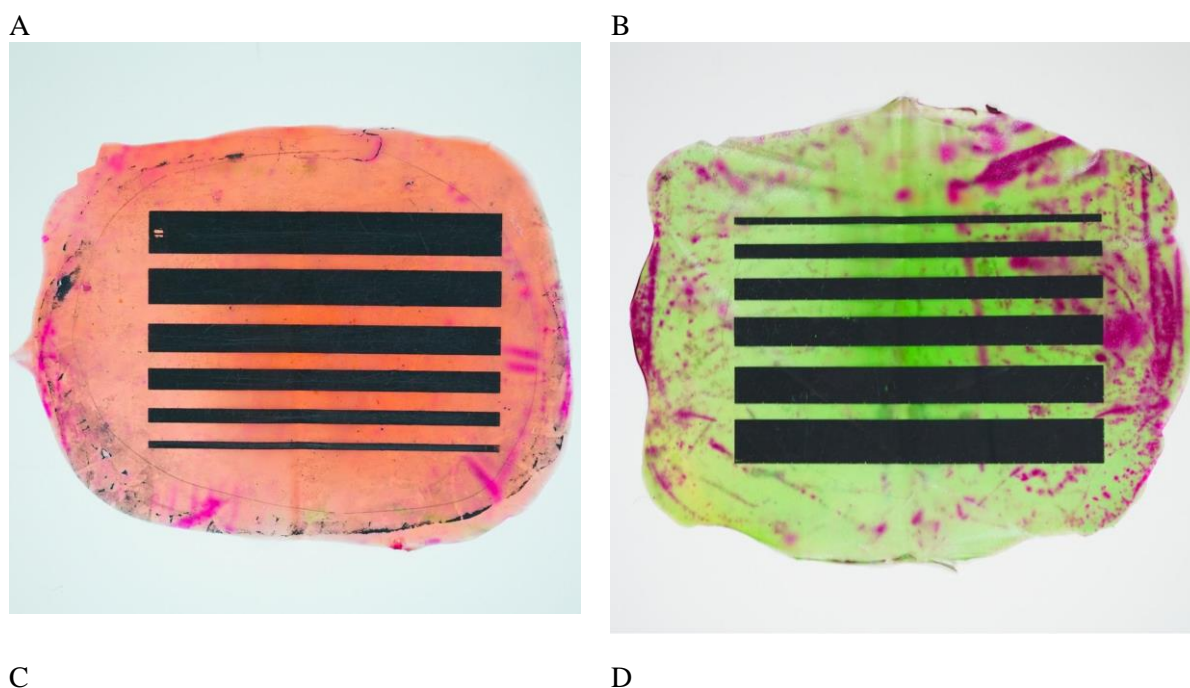
Tabla 4. Obtención de la resistividad laminar de la formulación T1 aplicada al biomaterial CBK1-1.

Resistencia del biomaterial

Finalmente, se mide la resistencia del biomaterial. Se observa que, al medir sobre la superficie impresa, pero en puntos sin impresión, a un largo fijo $L = 250$ mm, la resistencia promedio medida es $R = (9.6 \pm 0.7) M\Omega$. Al medir sobre el reverso (superficie sin impresión), a un largo fijo $L = 250$ mm, la resistencia promedio medida es $R = (11.4 \pm 0.5) M\Omega$. Los resultados anteriores permiten asegurar que, a bajos niveles de voltaje, no existe conducción de corriente significativa entre líneas impresas en el biomaterial o a través de sus caras.

3.2 Resultados de caracterización de biomateriales serigrafiados con tintas conductivas

En la tabla 3 se expone una síntesis de la caracterización de los biomateriales PROM1, PROM2, LABVA1, CBK1 con formulaciones T1 y T2 (ver figura 4).



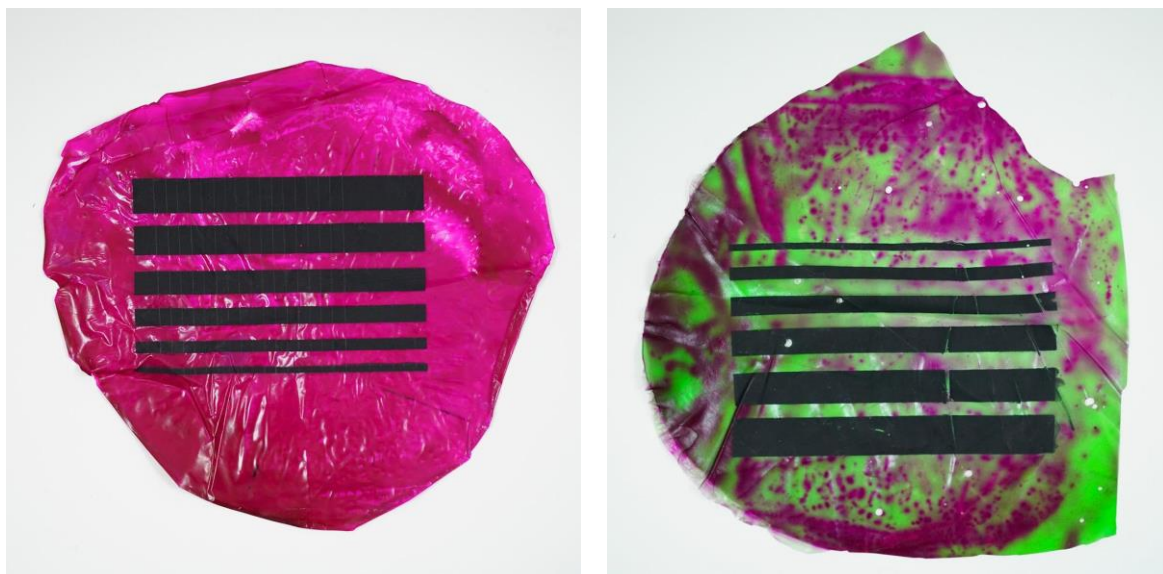


Figura 4: Biomateriales fabricados e impresos con distintas formulaciones de tinta (A) Biomaterial PROM1 impreso con tinta T1. (B) Biomaterial PROM2 impreso con tinta T1. (C) Biomaterial LABVA1 impreso con tinta T1. (D) Biomaterial CBK1 impreso con tinta T2.

Biomaterial	Formulación de la tinta	Resistencia biomaterial cara impresa (kΩ)	Resistencia biomaterial cara sin impresión (kΩ)	Resistencia tinta en función del ancho (kΩ)	Resistividad de lámina (kΩ)
PROM1	T1	9.6+/-0.7	11.4+/-0.5	$R(x)=-8.6x+290$	8+/-2
PROM2	T1	11.1+/-0.7	11.1+/-0.4	$R(x)=-2.7x+160$	2+/-1
LABVA1	T1	> 20 MΩ	> 20 MΩ	$R(x)=-4.9x+180$	5+/-1
CBK1	T2	7.5+/-0.5	8.8+/-0.4	$R(x)=-12x+560$	35+/-17

Tabla 3. Caracterización de resistencia y resistividad laminar de biomateriales serigrafiados utilizando tintas conductivas.

A partir de los resultados expuestos, hemos decidido trabajar con la receta PROM y la formulación de tinta T1. En el caso del biomaterial, el material resultante es translúcido, flexible y presenta una textura similar a la de la piel (ver figura 5). Eléctricamente, su conductividad es baja comparada con la conductividad de la tinta. En el caso de la formulación T1, presenta menor resistencia eléctrica que T2 y su adhesión al biomaterial es estable. Las próximas etapas de caracterización corresponden a la medición del cambio de las propiedades conductivas de los biomateriales impresos a través del tiempo debidos a condiciones de temperatura, humedad, descomposición química y uso.

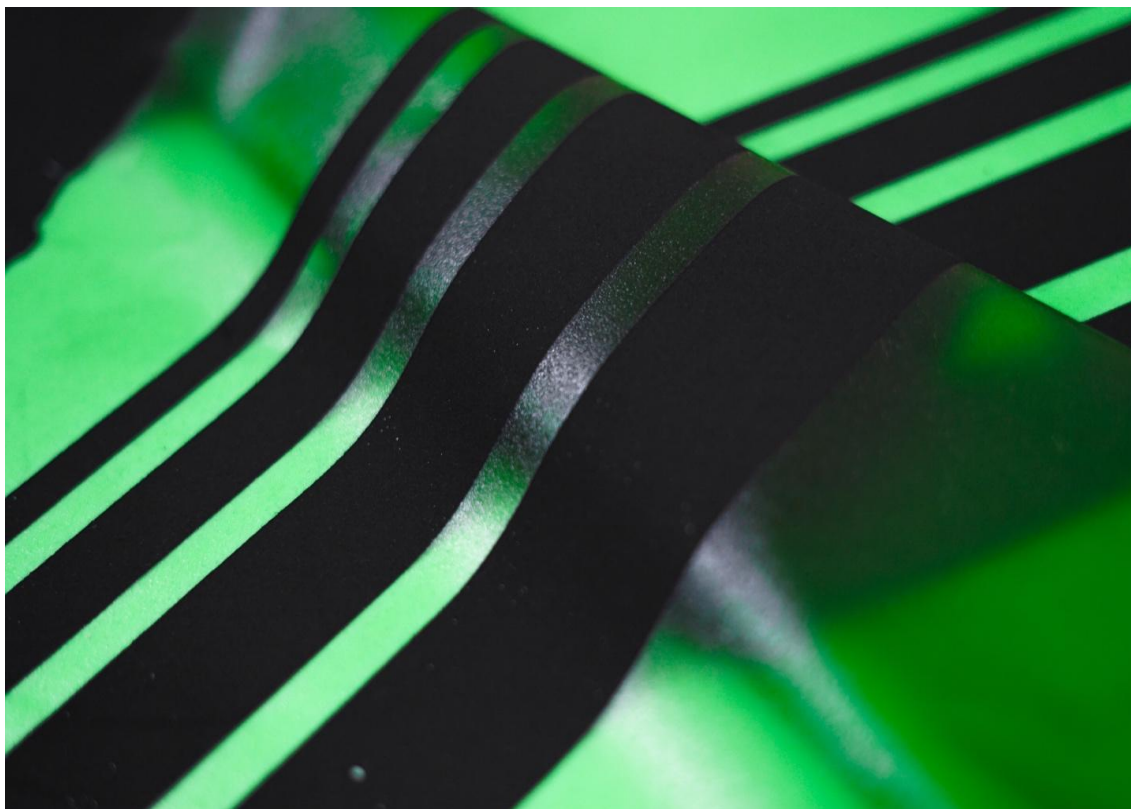


Figura 5: Biomaterial fabricados utilizando la receta PROM e impreso con tinta T1.

4. Dispositivos sonoros: instalaciones e instrumentalidades orgánicas, mutables, desintegrables

Las materialidades desarrolladas en este trabajo serán utilizadas en la construcción de dispositivos sonoros, transformándose en el elemento mediador entre el cuerpo humano y la electrónica. La búsqueda, como se ha indicado anteriormente, es lograr que estas interfaces no sólo posean cualidades orgánicas táctiles, sino también entrelazadas a su esencia intrínsecamente mutable y desintegrable.

A continuación, se aborda el marco desde el que aplicaremos los resultados obtenidos en nuestras praxis académicas y/o artísticas.

4.1 Diseño de instalaciones interactivas

Desde la mirada de los materiales sustentables, el uso de bioplásticos como los desarrollados en esta investigación supone trabajar con sustratos de características dúctiles, espesores variables y dotados de su intrínseca biodegradabilidad. A continuación, se exponen tres ejemplos de aplicación directa de estas propiedades que pueden ser utilizadas en instalaciones sonoras interactivas.

Biodegradabilidad: hacia una responsabilidad materialista

El progreso tecnológico ha significado mayoritariamente en la historia una subordinación de los ecosistemas a nuestros ritmos de producción tecnológica. Lo anterior deviene en una asociación de la electrónica con materialidades eternas e inmutables, que se disocian del mundo natural y propician el extractivismo. Las cualidades biodegradables de los materiales estudiados suponen una *vida* asignada a las interfaces, alejada de las cualidades formales que se asocian a la

electrónica. Desde esta trinchera, el trabajo de laboratorios como LABVA (sf), se ha volcado a la investigación de materiales de origen orgánico, que presenten alternativas sustentables al diseño de materialidades, creando asociaciones de intercambio con biolaboratorios organizados a nivel global (Materiability, sf). A partir de este trabajo colaborativo han logrado soluciones que toman en consideración los materiales disponibles desde una perspectiva territorial, tanto en su fabricación como posterior degradación. Consideran además su impacto medio ambiental y se vinculan con ideas de sustentabilidad, poniendo sobre la mesa el cuestionamiento sobre la responsabilidad que adoptamos frente a las materialidades que utilizamos y la durabilidad que les proyectamos. De esta manera, la generación de dispositivos electrónicos a partir de biomateriales supondría extender estas consideraciones al diseño de nuevas interfaces electrónicas.

Ductilidad: máquina de tracción

Dada la ductilidad del material y la adherencia lograda de la tinta conductiva a la superficie de éste, se hace posible considerar la recolección de datos al estresar (tensar) el material en procesos de conducción eléctrica (ver figura 6). Al estirar las secciones impresas, éstas disminuirán su grosor, aumentando la resistencia. Esta información será interpretada numéricamente con el fin de generar respuestas asociadas a las variaciones.

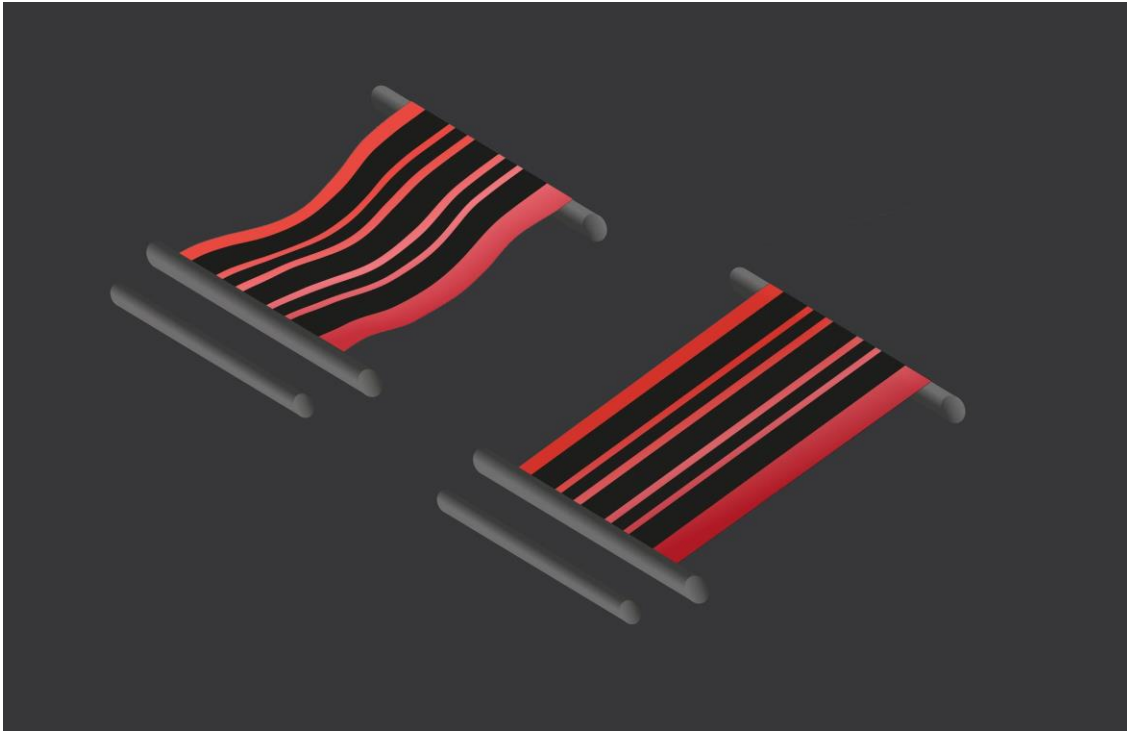


Figura 6: Boceto de la máquina de tracción. El proceso de estiramiento del material origina cambios en la resistencia eléctrica de los trazos impresos.

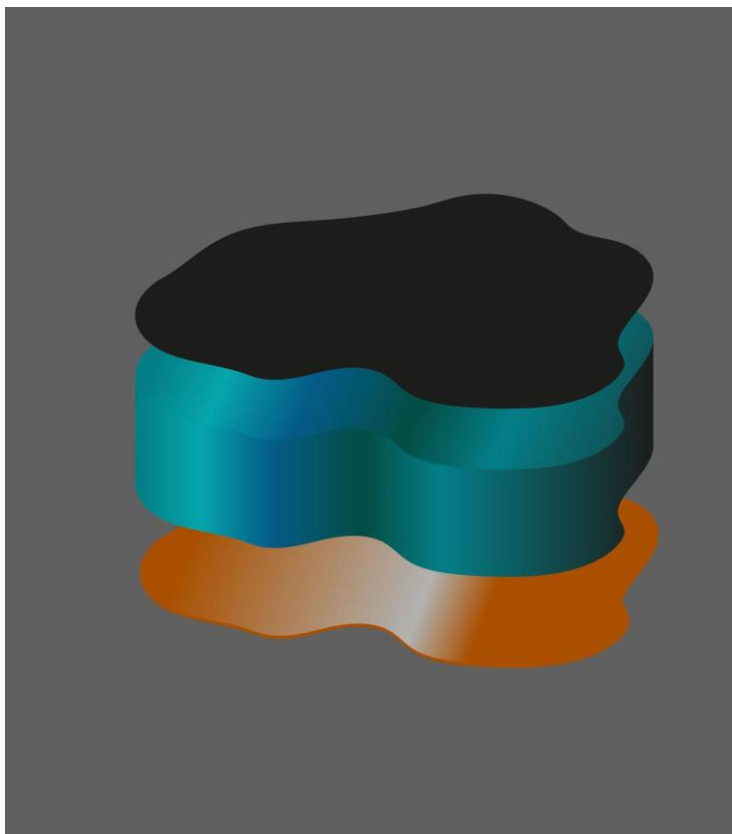


Figura 7: Boceto de biocapacitor: una superficie impresa es unida a una placa de cobre a través de un (bio)aislante.

Espesor variable: posibilidad de biocapacitor

Hemos podido comprobar que los biomateriales desarrollados funcionan como aislante (tomando en cuenta la conductividad de la tinta y voltajes aplicables, ver tabla 3). Lo anterior posibilita la fabricación de lo que denominamos biocapacitores. En la figura 7 se muestra un bosquejo de biocapacitor: una superficie impresa es unida a una placa de cobre a través de un medio aislante, correspondiente al biomaterial. Lo anterior, al igual que el montaje de la máquina de tracción (figura 6), permite la extracción de datos, esta vez a partir de una capacitancia que varía a medida que el capacitor es presionado, fluctuando el espesor del biomaterial aislante.

4.2 Dispositivos sonoros: instrumentalidades orgánicas

Los materiales estudiados y la concepción de una piel electrónica hacen surgir la idea de la construcción de herramientas para la creación musical, particularmente de instrumentos musicales. Para esto, se hace imperioso construir un marco en el que materialidades orgánicas, mutables y desintegrables, tengan cabida como tal, desde sus propiedades sonoras hasta aspectos culturales de su integración.

Los instrumentos musicales tradicionales y electrónicos son fundamentalmente diferentes en diversos aspectos, lo que no sólo afecta cómo los diseñamos, construimos y ejecutamos, sino también cómo pensamos en ellos (Hardjowirogo, 2017). La dificultad de encontrar una única definición que aúne sus distintas particularidades y nos permita distinguirlos entre otros objetos, ha hecho surgir y desarrollar el concepto de “instrumentalidad” (*instrumentality*), utilizado por diversos autores con el fin de otorgarles niveles de pertenencia con lo que se percibe como un instrumento musical, tomando en cuenta determinados requerimientos (Auslander, 2010; Burrows, 1987; Cance, 2013; Croft, 2007; Godlovitch, 1998). Este concepto se sustenta sobre

características evidentes que le exigimos a un instrumento, como por ejemplo la *producción sonora* (Hornbostel y Sachs, 1914), la existencia de una *intención* de ser diseñado y construido como tal, y de un *propósito* (Alperson, 2007). Pero existen otras particularidades menos evidentes, y olvidadas con bastante frecuencia en el caso de los instrumentos musicales contemporáneos (Kartomi, 1990): las llamadas *características inmateriales*, correspondientes a su integración cultural, que establecen que la identidad de un instrumento no puede comprenderse sin estudiar el contexto cultural/histórico en el que está situado (Dawe, 2003).

En el marco de esta investigación, en que nuevas materialidades serán utilizadas con el fin de construir dispositivos sonoros con propiedades intrínsecamente mutables, característica heredada de sus componentes orgánicos, creemos necesario establecer las bases que sustentarán la instrumentalidad de éstos, partiendo por cuál definición de este concepto será adoptada, centrándonos en los factores anteriormente citados: capacidad de producción sonora, intención/propósito y culturalización.

Instrumentalidad de lo orgánico

Para Burrows (1987), la instrumentalidad está dominada por la función que cumplen los instrumentos musicales como mediadores entre reinos aparentemente contrarios: la materialidad del cuerpo e inmaterialidad del sonido. En sus palabras "El sonido en general es una desencarnación literal, un escape de la materialidad producida por la localización concentrada de los cuerpos". Algo que parecía llamarle la atención correspondía a cómo su fundamento puramente sustancial, que fácilmente les permitía camuflarse con el mobiliario de un salón, daba pie a lo insustancial. En esta investigación, esta materialidad pretende tensarse hacia su constitución orgánica, mutable, perecedera, con la que el/la intérprete genere un lazo desde sus proximidades esenciales, táctiles, sensibles. El mediador/instrumento, al igual que el cuerpo de el/la intérprete, estará sujeto al paso del tiempo y la explotación de sus capacidades sonoras dependerá del grado de intimidad con que ambos estén vinculados. El biomaterial se degradará al atravesar diferentes condiciones ambientales, la tinta perderá componentes bajo la fricción repetida y la conducción eléctrica entre ciertas conexiones eventualmente desaparecerá. Lo que alguna vez fue flexible se volverá rígido y frágil, y el/la intérprete se verá forzado a la búsqueda de nuevas formas de ejecución, hasta que la desintegración, proceso final del ciclo, sea inminente. ¿Cómo concebimos la culturalización de estas instrumentalidades orgánicas? Esta pregunta no es simple. Cuando como intérpretes adquirimos aquel objeto que identificamos como nuestro instrumento musical, nos involucramos con su forma, acomodamos a ella nuestra postura, aprendemos y practicamos técnicas que resaltan sus propiedades sonoras/musicales/interpretativas. Todo lo anterior se basa en los atributos del instrumento que, bajo correctos cuidados, suponemos inalterables temporalmente. Desde esa perspectiva, la ejecución de un instrumento que se transforma con el tiempo requiere no sólo del conocimiento de sus funciones, sino también del reconocimiento de sus cambios y la constante adaptación a ellos: se nos exige asumir que sus propiedades sonoras no son perpetuas y que nuestro conocimiento sobre ellos jamás será absoluto. En ese sentido, la frontera de nuestra relación máquina-objeto/organismo, se diluye en algo menos utilitario y más propio de las relaciones organismo-organismo. Esta dilución no es nueva y, en efecto, ha sido ampliamente estudiada, como se ha nombrado con anterioridad, y responde al concepto de *androide*. En este trabajo proponemos que es justamente en este contexto cultural, el de la disolución de fronteras, en que las instrumentalidades orgánicas tienen cabida, y es sobre esa base que estas nuevas materialidades serán aplicadas a la construcción de instrumentos musicales.

5. Conclusión

Hasta ahora, en la búsqueda de la generación de una piel electrónica, hemos obtenido resultados relativos a la fabricación y caracterización de materiales que serán utilizados en la creación de interfaces con cualidades orgánicas. Hemos desarrollado diseños de interfaces, con el fin de que estas materialidades formen parte de instalaciones e instrumentalidades, expandiendo la noción

de éstas al considerar sus propiedades de mutabilidad y degradabilidad. Nuestros siguientes pasos corresponden a la caracterización de la evolución temporal de los objetos/interfaces creados a partir de ellas y la búsqueda de nuevas vías de excitabilidad.

Agradecimientos

Agradecimientos a Cristhoper Jaña, quien ha colaborado en el área electrónica de este proyecto y al Laboratorio de Biofabricación de Valdivia, LABVA. Esta investigación es parcialmente financiada por el proyecto FONDART #540508 del Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio del Gobierno de Chile.

Bibliografía

- Alperson, P. (2007). The instrumentality of music. *Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 66, pp. 37–51.
- Auslander, P. (2010). Lucille Meets GuitarBot: Instrumentality, Agency, and Technology in Musical Performance. *Theatre Journal*, 61, pp. 603–616.
- Bare conductive. (2009-2020). BLOG | MAK Fashion Lab #2: Scientific Skin. Londres, Inglaterra. Recuperado de <https://www.bareconductive.com/news/mak-fashion-lab-2-scientific-skin/>
- Burrows, D. (1987). Instrumentalities. *Journal of Musicology*, 5(1), pp. 117–125.
- Cance, C., Genevois, H., y Dubois, D. (2013). What is instrumentality in new digital devices? A contribution from cognitive linguistics & psychology. En M. Castellengo y H. Genevois (Eds.), *La Musique et ses instruments* (pp. 283–297). Paris: Delatour.
- Croft, J. (2007). Theses on liveness. *Organised Sound*, 12(1), pp. 59–66.
- Dawe, K. (2003). The cultural study of musical instruments. En M. Clayton, T. Herbert, y R. Middleton (Eds.), *The cultural study of music: A critical introduction* (pp. 274–283). New York, London: Routledge.
- Godlovitch, S. (1998). *Musical performance: A philosophical study*. London: Routledge.
- Hardjowirogo, S.-I. (2017). Instrumentality. On the Construction of Instrumental Identity. En T. Bovermann, A. de Campo, H. Egermann, S. Hardjowirogo y S. Weinzierl (eds.), *Musical Instruments in the 21st Century* (pp. 9-24). Singapur: Springer.
- von Hornbostel, E. M., y Sachs, C. (1914). Systematik der Musikinstrumente. *Ein Versuch. Zeitschrift für Ethnologie*, 46(4–5), pp. 553–590.
- Izdebska, J., & Thomas, S. (2015). *Printing on Polymers: Fundamentals and Applications*. William Andrew.
- Kartomi, M. J. (1990). *On concepts and classifications of musical instruments*. Chicago, London: The University of Chicago Press.
- Koval, S. (2008). Ciencia, Ciencia Ficción, Nuevas Tecnologías. *Kubernética Revista*. Recuperado de <https://www.santiagokoval.com/2009/05/22/androides-y-poshumanos-la-integracion-hombre-maquina/>
- LABVA. (sf). Somos Labva. Laboratorio de Biomateriales de Valdivia. Recuperado de <https://www.labva.org/>
- Materiability. (sf). Materiability research group. Recuperado de <http://materiability.com/>
- Riveaux, T. (sf). Bioplastic Cookbook for Ritual Healing. Recuperado de <http://bioplastic-cookbook.schloss-post.com/>
- Roberson, D. A., Wicker, R. B., Murr, L. E., Church, K., & MacDonald, E. (2011). Microstructural and Process Characterization of Conductive Traces Printed from Ag Particulate Inks. *Materials*, 4(6), 963–979.