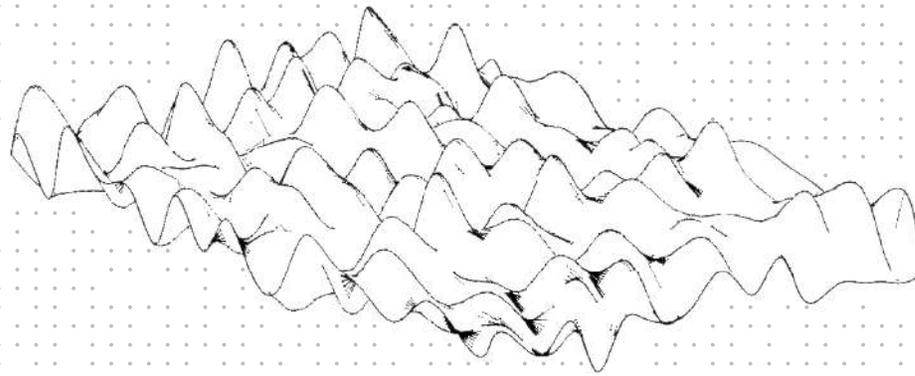


HÁPTO: INTERFAZ MECÁNICO-DIGITAL PARA LA TRADUCCIÓN SENSORIAL DEL SISTEMA HÁPTICO

Recuperación de la función de captar texturas de las extremidades superiores



Autor: Bernardita Contreras Infante
Profesor guía: Alejandro Durán Vargas
Diciembre 2018
Santiago, Chile

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al título profesional de Diseñador



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

Alumna: Bernardita Contreras Infante
Profesor guía: Alejandro Durán
Diciembre, 2018
Santiago, Chile

PROYECTO

I + D: Interfaz mecánico-digital de captura, traducción y traslación del sistema háptico de las extremidades superiores mediante el uso de patrones vibratoriales en una zona vinculante en el cerebro de estas.
Recuperación de la función de captar texturas de las extremidades superiores.

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al título profesional de Diseñador.



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

**«Si quieres encontrar los secretos del universo,
piensa en términos de Energía, Frecuencia y
Vibración»**

- Nikola Tesla

CONTENIDOS

02	01 Contexto: Investigación y desarrollo
03	02 Introducción al proyecto
04	03 Traducción sensorial táctil como solución de diseño
10	04 Caracterización del Sistema Háptico
14	05 Sensibilidad y sus zonas como fenómeno explotable en el diseño
18	06 Plasticidad neuronal como fenómeno que respalda el proyecto
20	07 Hápto: Interfaz mecánico-digital para la traducción sensorial del Sistema háptico
24	08 Interacciones críticas como fundamento del proyecto
26	09 Beneficios agregados de la traducción y traslación táctil
28	10 Sustitución sensorial
30	11 Antecedentes del proyecto
32	12 Referentes del proyecto
36	13 Experimentos sensoriales
38	14 Testeo: Medición del tacto en base a texturas
46	15 Propuesta formal
48	16 Caracterización de las texturas
70	17 Prototipado: materialización de la propuesta
128	18 Producto final: visualización y funcionamiento
132	19 Implementación de la propuesta: fondos concursables
134	20 Aspectos a considerar
136	21 Análisis de resultados y conclusiones finales
139	22 Anexos



[Elaboración propia, 2018]

01

Contexto: Investigación y desarrollo

El proyecto trata temáticas interdisciplinarias que se solapan para crear una interfaz nueva, mediante la conexión e intersección de las posibilidades y características del cuerpo humano y el diseño. Se contabilizan las áreas de sensibilidad de la piel, su porción representativa en la corteza cerebral, los movimientos motores que se realizan con las extremidades en la vida diaria y las repercusiones físicas y emocionales de las personas al explorar y conocer el mundo exterior mediante el sentido del tacto.

El desarrollo de esta interfaz se centra en la invención de un nuevo sistema de traducción sensorial en tiempo real, que tenga escalabilidad a otras zonas del cuerpo y futuros problemas que se puedan encontrar en cuanto a la captación de texturas y falta de sensibilidad de todas las personas. Es por esto, que el proyecto se inserta en el contexto de I+D (Investigación y desarrollo), con una visión a largo plazo que permita la escalabilidad del proyecto y los posibles productos utilizables por todo tipo de usuarios.

El proyecto se centra en el diseño de la tecnología de una interfaz lo suficientemente versátil y adaptable para diferentes usuarios. Esto significa que el diseño no se limita a un género o edad determinada, teniendo proyecciones en diferentes partes del cuerpo, sin importar tamaño o constitución física.



[Elaboración propia, 2018]

02

Introducción al proyecto

El Sistema Háptico del ser humano permite el sentido del tacto, el cual genera reacciones inmediatas en las personas. La piel permite la percepción del entorno, de los pares, y la comprensión de texturas, materialidades y temperatura de los objetos. De este modo, mediante el tacto en las manos, estas se han convertido en una fuente que permite generar experiencias únicas, proporcionando información crítica para nuestra supervivencia.

La sensibilidad varía entre personas y entre las zonas del cuerpo, dependiendo de los mecanorreceptores presentes y las funciones a desarrollar. Además, el cuerpo humano consta de sectores que se vinculan en la corteza cerebral, de manera sensorial, y las manos se encuentran adyacentes a zonas como el rostro y el cuello. Sin embargo, existen una serie de condiciones y enfermedades, tales como neuropatías, enfermedades, quemaduras, accidentes traumáticos y síntomas derivados de padecimientos médicos que inhiben la sensibilidad de las manos, resultando en la dificultad de aprendizaje, la pérdida de funcionalidad de ellas

para algunas acciones y la pérdida de las emociones derivadas, manifestado en la total privación de sensibilidad o en interacciones alternativas más engorrosas.

De esta manera, se propone la traslación y traducción del sentido del tacto de las extremidades superiores hacia zonas de asociación del cuerpo como el cuello y con alta presencia de mecanorreceptores. Se plantea una interfaz mecánico digital que se use en la vida diaria, para poder captar las texturas y luego traducirlas mediante patrones de vibración en otra parte del cuerpo, con el fin de recuperar la funcionalidad de las manos y recobrar las experiencias que muchos de los objetos diarios nos originan.

03

Traducción sensorial táctil como solución de diseño

La percepción del mundo que rodea al ser humano es una operación multifacética, en donde el hombre recolecta información a partir de todos los sentidos (Kristjánsson et al., 2016). A lo largo de la historia, el ser humano ha investigado sobre el cuerpo humano y sus acciones en muchos ámbitos de estudio, tanto en la medicina como en la industria del entretenimiento, del arte y la educación (Hickman, 2009). La visión, la audición, el olfato, el gusto y el tacto han sido objeto de estudio de manera extensa, sin embargo, el sentido del tacto ha sido olvidado, dada la supremacía del sentido de la visión y audición en la cultura por sobre este. A pesar de ello, existen culturas que asocian el tacto con adjetivos positivos, como la verificación, la solidez, y el desengaño (Paterson 2013).

Recientes investigaciones sobre la percepción háptica demuestran la importancia del sentido del tacto para el hombre, tanto física como emocionalmente. Está presente en muchas de nuestras interacciones con los objetos y entre las personas, siendo el tacto no solo una combinación de información recolectada por receptores y terminaciones nerviosas que afectan la presión, temperatura, dolor y movimiento, sino que el tacto se convierte en un medio de comunicación con capacidades receptoras y expresivas, que genera vínculos con los objetos y las personas (Paterson 2013).

Físicamente, el sentido del tacto es crucial para reconocer la naturaleza unitaria de los objetos, acción que contribuye a la apreciación de la realidad y nuestro sentido de presencia (Paterson, 2013). Cuando la piel entra en contacto con un objeto, el cerebro asimila simultáneamente la conciencia de la materialidad de un objeto y los límites espaciales de nuestro cuerpo. Gracias a los genes, células y circuitos neuronales que lo conforman, podemos detectar la forma, textura y tamaño de los objetos, convirtiendo a nuestro sentido háptico en un aspecto esencial para crear una experiencia humana única (Linden, 2015).

Además de la relación con el medioambiente, una de las cosas importantes del tacto tienen que ver con

la protección y seguridad del sujeto. A diferencia de la visión y la audición, los cuales notifican sobre los peligros en la lejanía, el sentido del tacto tiene que ver con la atención cercana e inmediata, así como pincharse con objetos punzantes o quemarse con objetos calientes. Adicionalmente, la información sensorial ayuda a coordinar los movimientos que se van a realizar, como lo son las actividades finas tales como escribir o cocinar. Precisamente, utilizar guantes dificulta la ejecución de ciertas labores, pues no llega toda la información para hacer un control motor adecuado (Comunicación oral, 2018).

Por otro lado, los sentimientos y sensaciones provocados gracias al tacto no pueden ser reemplazados por otros sentidos. No es casualidad que en muchos lenguajes los sentimientos y emociones profundas se definan como «touching» (Bicchi, 2008). La inmediatez de estas sensaciones es afirmativa y reconfortante, en donde la percepción de las rugosidades de los objetos se convierte en un elemento importante para la vida, ya que está directamente relacionada con las sensaciones de confort de las personas (Li, Zhan, Yu, Zhang y Zhou, 2015). Si bien el sistema háptico está conformado por un grupo de estructuras anatómicas, el amplio rango de discriminación sensorial es manejado por el largo órgano de la piel. La piel gracias a sus receptores, es capaz de discriminar texturas milimétricas, e incluso de comprender lenguajes de comunicación (Gunther y O'Modhrain, 2003). La mayor zona de sensibilidad de la piel, definida por el Homúnculo de Penfield, se centra en las extremidades superiores del humano. La mano tiene más de 600 fibras de nervio por mm cuadrado, y a menudo son los dedos los que mantienen mayor contacto con el mundo externo y nuestro medio ambiente (Li et al., 2015).

Lamentablemente, existen una serie de condiciones genéticas y accidentales que imposibilitan que ciertas personas puedan conocer su medio externo mediante el tacto. Hay dos formas de que esto se pierda; cuando existen daños en la transmisión de información y cuando esta no puede ser procesada. La primera, conocida como enfermedades nerviosas periféricas,



[1]

que afectan los nervios que funcionan como el conducto por el que se transporta la información táctil. Mientras más largo es el nervio, como los de las extremidades, mayor posibilidad hay de que se dañen. El otro caso, es cuando existen afecciones en el sistema nervioso, causando que la información no se pueda procesar, como lo son las lesiones centrales. En estas ocasiones, el receptor funciona, pero si el cerebro no puede transformar esa información, la persona no será consciente de su entorno (Comunicación personal, 2018). Algunas de estas condiciones se pueden mejorar con cirugías, pero en la mayor parte de los casos el daño es irreversible.

En primer lugar se encuentran las personas que han debido someterse a amputaciones de las extremidades superiores o con agenesia. Se estima que tres millones de personas en el mundo han sufrido la amputación de uno de sus brazos, y solo en Estados Unidos, se realizan más de 500.000 amputaciones de las extremidades superiores (Ghazaei, Alameer, Degenaar, Morgan, y Nazarpour, 2017), lo que implica

que las señales táctiles no pueden ser enviadas a su cerebro, siendo esto necesario para la destreza en la realización de sus actividades diarias (Grayden, 2015). Asimismo, se encuentran los casos específicos de pérdida de sensibilidad en las extremidades, como lo son las lesiones por trabajos repetitivos, quemaduras graves y síntomas de enfermedades como la Esclerosis Múltiple o el Síndrome del túnel cubital que aprieta el nervio. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2004 cerca de 11 millones de personas presentaron quemaduras serias que requirieron atención médica y un 2,7% de la población mundial sufre de Túnel de Carpo, que es cuando el nervio a nivel de la muñeca se comprime.

En segundo lugar, muchos casos corresponden a diferentes neuropatías, las cuales se refieren a cualquier condición que dañe la actividad normal de los nervios o el sistema nervioso, la cual afecta a todas las edades y puede ser adquirida o heredada (Osum, M., Sumitani, M., Abe, H., Otake, Y., Kumagaya, S., y Morioka, S., 2017). Entre el 25 y 30% de los ciudadanos de Estados

Imagen [1] página 5:
«Kids dirty hands»,
<https://www.pinterest.com/>

		Chile	Mundo
Accidentes	Lesiones por trabajos repetitivos	26%	2,3 millones
	Quemaduras graves	200 por año	11 millones
Condiciones	Amputaciones	-	3 millones
	Tetraplejía	53,4/1.000.000 personas	50-80/1.000.000 por año
	Agnesia	-	1/2000 nacimientos
Enfermedades	Esclerosis múltiple	2.400 casos	2,5 millones
	Diabetes	60-70%	2,7%
	Túnel del carpo	276/100.000 por año	2,7%
	Parkinson	40.000 casos	10 millones
	Neuropatías	10%	422 millones
	Piel de cristal	167 casos	-
	Derrames cerebrales	24.964 por año	15 millones
	Alzheimer	150-160 mil	35,6 millones
HSAN II	-	1/25.000 casos	

Unidos se ven afectados por alguna de estas, en todos los rangos de edades. Las neuropatías en manos y pies se pueden manifestar por varias causas. Por nombrar un ejemplo, en casos de Diabetes 1 y 2, cuando el azúcar está muy alta, los nervios se comienzan a quemar por fuera, haciendo que los dedos se sientan adormecidos. Si bien esta circunstancia puede ser detenida, el daño causado no puede ser revertido. Las cifras datan que entre un 60 y 70% de las personas en el mundo la padecen, números que van en aumento (World Health Organization, 2014).

La Neuropatía Periférica Inducida por la Quimioterapia es una de las complicaciones más comunes en pacientes, con una incidencia entre el 30 y 70% de los pacientes que la reciben, ya que esta interfiere con la función sensorial y motora de las manos y pies (Osumi, Sumitani, Abe, Otake, Kumagaya y Morioka, 2017). Neuropatías sensoriales singulares, como el HSAN II, que afecta a 1 de cada 25.000 personas, provoca pérdida de sensación en la mayor parte del cuerpo, a excepción del cuello en algunos casos (U.S National Library of Medicine, 2017).

Por otro lado, podemos encontrar enfermedades como la Epidermis Bulosa (E.B, mejor conocida como Piel de Cristal), en donde la formación de heridas y ampollas en la piel por el roce y fricción, no permiten que la persona pueda entrar en contacto con los objetos del entorno. En Chile existen 167 casos, de los cuales 87 tienen E.B simple, en donde la enfermedad se manifiesta principalmente en manos y pies (Fundación Debra, 2018). Inclusive, los proyectos relacionados con la sensibilidad de las extremidades es importante también en entornos de trabajo con sustancias tóxicas o cancerígenas, e incluso para trabajos a largas distancias, como existe en la telepresencia.

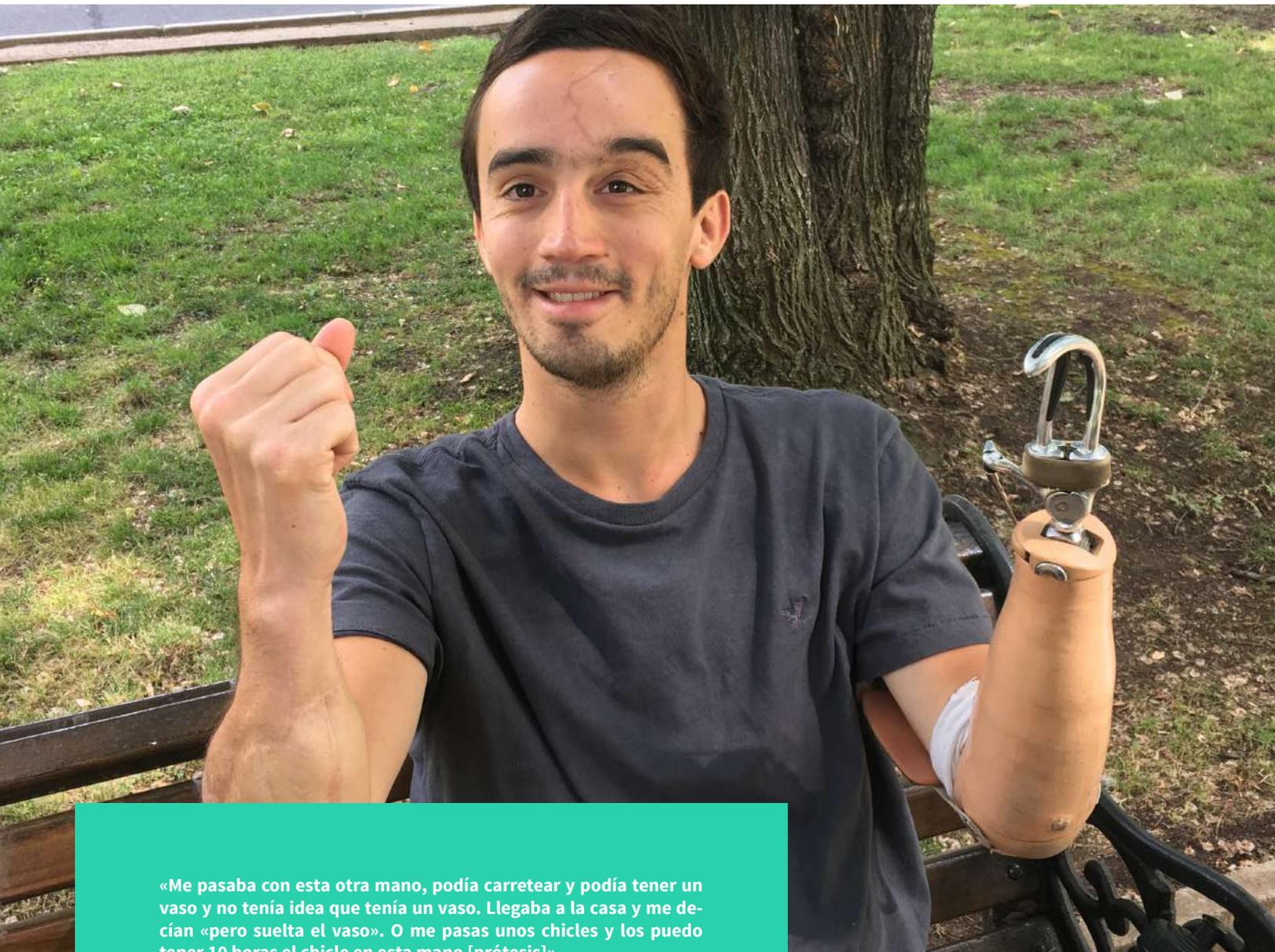
Los individuos con pérdida de sensibilidad en las manos, experimentan estrés emocional y psicológico, siendo que a mayor pérdida de realización de actividades diarias, mayor es el nivel de depresión y menores lo estándares de calidad de vida. Los estudios demuestran que las repercusiones emocionales y psi-

cológicas de las personas que experimentan lesiones en las extremidades superiores son mayores, debido al dolor, problemas para realizar sus actividades diarias y dependencia de los demás (Curtin, 2010).

En varias partes del mundo se han desarrollado dispositivos de sustitución sensorial, para ayudar a las personas con pérdida de sus sentidos. Los esfuerzos por aumentar un feedback háptico se pueden ver en diferentes áreas, sobretodo en el ámbito del sonido.

No obstante, estos dispositivos permanecen en los laboratorios de investigación (Elli, Benetti y Colligon, 2014), sin llegar a la vida diaria de las personas, que es en donde más se necesitan. Los esfuerzos por aumentar un feedback háptico se pueden ver en diferentes áreas, sobretodo en el ámbito del sonido, con la intención de que las personas puedan «sentir» los instrumentos musicales tradicionales. También se pueden ver en la medicina con micro y macro robots para cirugías, en el Arte con salas de concierto «sensibles» y en el mundo del Entretenimiento, como lo es la Realidad Virtual y los videojuegos (Hickman, 2009).

Pese a esto, los dispositivos existentes no se relacionan con la vida diaria de las personas, los cuales se están perdiendo un vasto espectro de emociones que pueden ser provocados por las vibraciones en la superficie de la piel (Gunther y O'Modhrain, 2003). Estudios demuestran que los individuos con pérdida de sensibilidad en las extremidades superiores, experimentan también estrés emocional y psicológico, siendo que a mayor pérdida de realización de actividades diarias, mayor es el nivel de depresión y menores lo estándares de calidad de vida (Curtin, 2010).

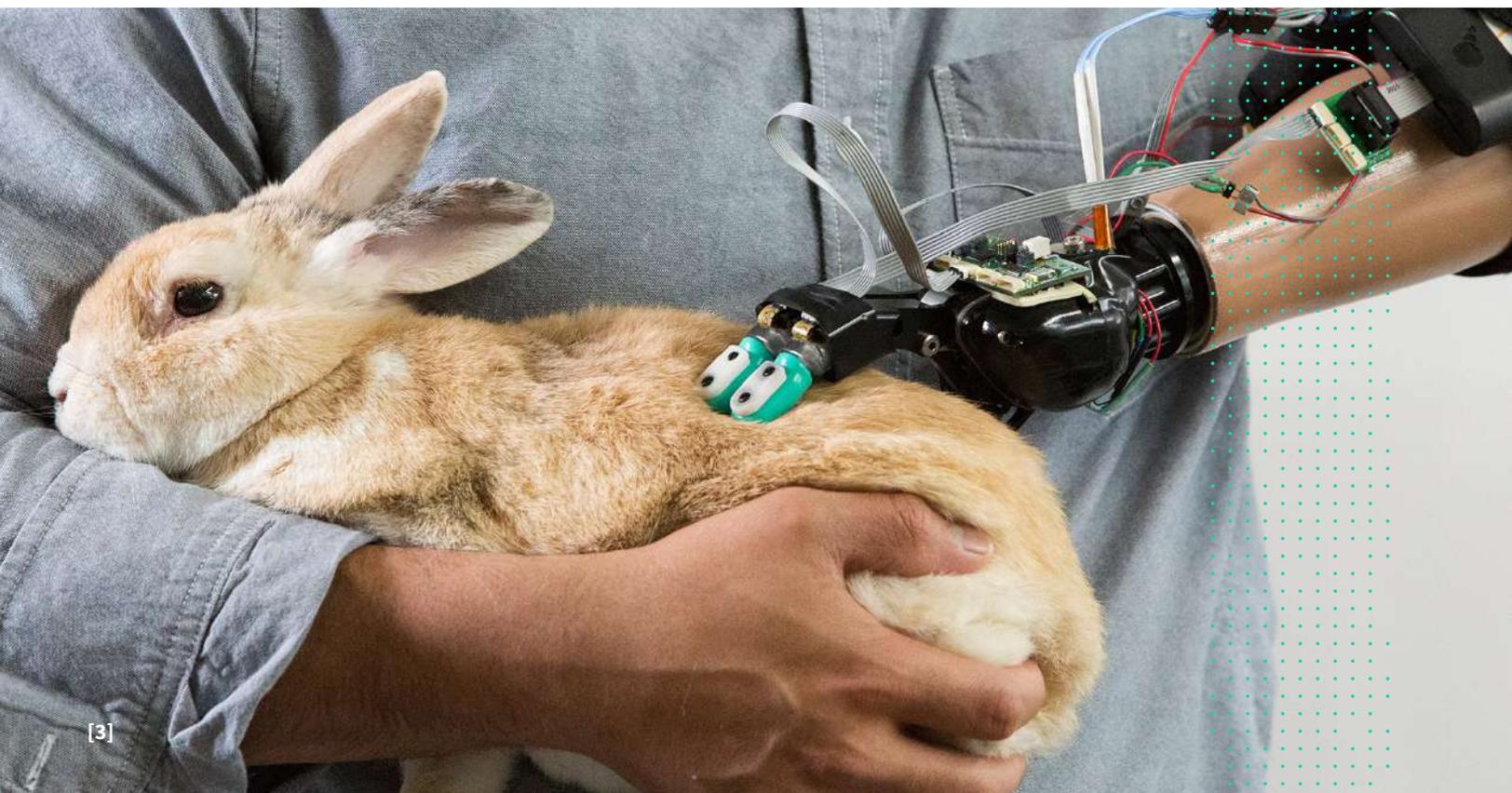


«Me pasaba con esta otra mano, podía carretear y podía tener un vaso y no tenía idea que tenía un vaso. Llegaba a la casa y me decían «pero suelta el vaso». O me pasas unos chicles y los puedo tener 10 horas el chicle en esta mano [prótesis]».

- Juan Ignacio Morandé, 28 años, falta de sensibilidad en una mano y uso de prótesis en la otra (Comunicación personal, 2018).

La oportunidad del proyecto se encuentra tanto en la importancia del sentido del tacto para la perduración de la vida como en las vivencias de las personas en su ámbito personal. El número de personas con falta de sensibilidad en las manos y otras zonas del cuerpo abarca diferentes situaciones, ya sea accidentales, condicionales o enfermedades hereditarias. Esto supone un grupo extenso para implementar el proyecto, al cual se le puede mejorar la calidad de vida. Estos aspectos de enriquecimiento contabilizan por un lado: la retroalimentación de acciones diarias; seguridad y protección en la cercanía; exploración y relación con el medio ambiente; discriminación de materialidades; y formas de comunicación no verbales. Por otro lado comprende procesos de aprendizaje; generación de vínculos con objetos y personas; sensaciones de confort; y consolidación de experiencias significativas.

En esta etapa del proyecto, se trabajará con adultos que hayan perdido la sensibilidad por diferentes causas o hayan nacido con esta característica. Por el momento, no se trabajará con niños, ya que la percepción del mundo varía de gran manera con tan solo un año de diferencia, y por otro lado, no hay datos de las medidas antropométricas del ancho del cuello de los niños: *«Es difícil regularlo, y cuando tienen discapacidades hay veces en que tampoco se desarrollan de forma normal, entonces son más flaquitos por ejemplo, pueden haber un montón de variaciones en realidad»* (Begoña Juliá, comunicación personal, 2018).



[3]

Imagen [3] página 8:
«This Robotic Hand Can
Touch and Feel, Just
Like a Human Hand»
<https://video.wired.com/watch/cyborg-nation-this-robotic-hand-can-touch-and-feel-just-like-a-human-hand>

«Con el caballo me ha pasado, cuando andas a caballo y lo felicitas y le haces cariño; y ahí es como neutro, es como todo neutro, y hice eso muchas veces de chico y por eso me acuerdo cómo es».

- Juan Ignacio Morandé, 28 años, falta de sensibilidad en una mano y uso de prótesis en la otra (Comunicación personal, 2018).

04

Caracterización del Sistema Háptico

El cuerpo humano está compuesto por diferentes sistemas que permiten su buen funcionamiento. El Sistema Háptico se refiere al conjunto de estructuras anatómicas que contribuyen a la sensación producida por un estímulo táctil (Tiest, 2015). El sentido del tacto, permite que el ser humano pueda conocer el mundo que lo rodea, y percibir diferentes sensaciones, ya sean (1) cutáneas, como la presión, vibración y temperatura de los objetos o individuos; (2) el movimiento de las extremidades, mejor conocido como sensaciones cinestésicas; y (3) la propiocepción, el cual es el sentido que permite a las personas ser conscientes de su posición en el espacio, los movimientos que realiza y con cuánta fuerza y velocidad (Hickman, 2009).

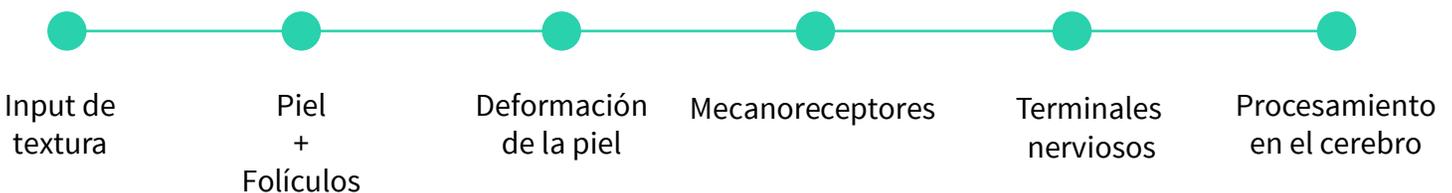
En cuanto al control que puede tener el ser humano sobre el tacto, podemos encontrar dos tipos de acciones que dan paso a las sensaciones del tacto; la primera abarca el tacto pasivo, que es cuando la persona recibe contacto por parte de otra, y el segundo es el tacto activo, cuando un movimiento resulta en el encuentro con un obstáculo inadvertido (Bicchi, 2008). Biológicamente, la idea básica del funcionamiento de todos los sentidos es la misma, en la cual un estímulo impulsa una neurona para generar un impulso eléctrico (Hickman, 2009). En la percepción del tacto, existen múltiples pasos para que el ser humano pueda ser capaz de percibir su entorno. Esto comienza en la periferia de los terminales nerviosos de las neuronas sensoriales, las cuales abren los canales gracias a impulsos mecánicos, convirtiendo las fuerzas mecánicas en receptores potenciales. Luego estos impulsos

nerviosos viajan mediante la médula espinal hacia el cerebro, para poder ser procesadas en las cortezas sensoriales y regiones altas del cerebro, resultando en lo que conocemos como la percepción del tacto (Hertenstein, 2011).

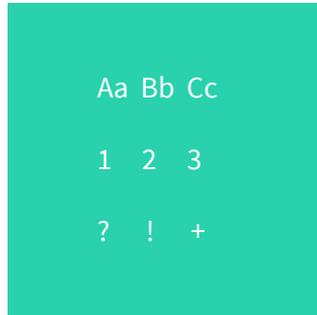
«El tacto humano es una combinación de sentidos mecánicos; incluye la estimulación de patrones en la piel y la respuesta inducida por la estimulación mecánica en los receptores». Si bien las sensaciones se pueden emitir desde órganos más profundos que la propia piel, es este último órgano, el más grande del sistema humano, el cual traduce la información táctil mediante múltiples componentes, anexos y receptores (Hertenstein y Weiss, 2001).

Para captar los diferentes estímulos del exterior, este sistema se compone de cuatro tipos de neuronas, las cuales tienen diferentes funciones específicas y se localizan en diferentes partes y profundidades de la piel. Faith Hickman (2009) explica en su libro, sobre estas. Las primeras, llamadas «Meissner's corpuscles» son más sensibles al tacto ligero y son muy importantes para la percepción de texturas, debido a que se ubican muy cerca de la superficie de la piel. Las «Merkel's corpuscles», son buenas en cuanto a la detección tanto de presiones prolongadas como de vibraciones de baja frecuencia. Al estar ubicadas cerca de la superficie de la piel, pueden detectar pequeñas variaciones de texturas, para acciones muy precisas, como la lectura del Braille. Las neuronas que se ubican más al interior de la piel se encargan de detectar las presiones prolongadas, profundas

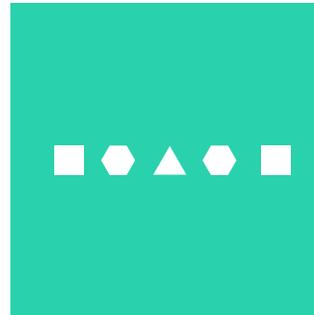
Cómo somos capaces de sentir



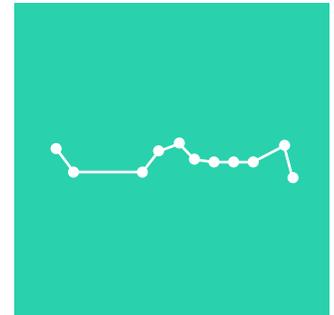
Características de la piel



Comprensión de lenguajes y complejos sistemas de símbolos



Aprendizaje y memorización de secuencias



Comprensión de patrones vibraciones con variaciones en el tiempo y espacio

y vibraciones de alta frecuencia, entre 100 y 300 Hz. Estas se llaman «Ruffini's corpuscles» y «Pacinian corpuscles» respectivamente.

Estos cuatro tipos de mecanorreceptores pueden ser categorizados de acuerdo a 2 propiedades: el tamaño del campo receptivo, es decir, la superficie de la piel del que se obtiene información, y su rango de adaptación, que indica cuán rápido un receptor se vuelve insensible ante un estímulo que no varía (Beek, 2017). Estos receptores pueden estar alejados 10 centímetros uno de otro, o estar muy cerca, a un milímetro. En efecto, estas propiedades concretan la discriminación; dados por el tacto fino y por el tacto grueso o profundo. El tacto fino es lo que roza la piel, de manera superficial, en el que tiene mucho que ver los pelos de la piel. Los folículos pilosos tienen la capacidad de sentir cuando algo está rozando. Cuando hablamos de tacto profundo, hablamos desde presión sobre la piel. Todos los receptores están asociados con la piel y esos van a darnos información inmediatamente de la piel respecto al medioambien-

te. (Comunicación personal, 2018)

Luego de que estas neuronas captan los estímulos táctiles, los nervios entran en acción y llevan la información recolectada hacia el cerebro. Podemos encontrar tres tipos de nervios: los nervios sensoriales (sensory nerves) son los encargados de llevar el mensaje desde la piel hasta el cerebro, pasando por la médula espinal, y estos le dicen al cerebro por ejemplo que estás tocando algo caliente. Los nervios motores (motor nerves) viajan en la dirección opuesta, llevando los mensajes desde el cerebro hacia los músculos, por ejemplo para indicar que se alejen del objeto caliente. Finalmente, hallamos los nervios autonómicos (Autonomic nerves) son los encargados de las funciones del cuerpo que están fuera de nuestro control, tales como la respiración y la digestión (Cleveland Clinic, 2014). Para propósitos de este proyecto, las funciones de los primeros son las más relevantes.

La tabla que se expone en el inferior de esta página, muestra las diferentes variables que caracterizan el sentido del tacto. Cada variable nombrada, puede

ser medida en base a diferentes sensores, y estas ejercen una sensación diferente en cada persona. Todas estas variables en combinación (ver tabla 1), entregan información al cerebro, permitiendo que las personas puedan desarrollarse en sociedad, de manera intelectual y emocional. El tacto discriminatorio, conformado por neuronas sensoriales de mielina que viajan por la médula espinal, abarca diferentes modalidades, así como el tacto ligero (light touch) el cual es una combinación perceptual de las vibraciones, la presión y el movimiento de las fibras de cabello de la piel (Hertenstein, 2011).

Todas estas variables en combinación (ver tabla 1), entregan información al cerebro, permitiendo que las personas puedan desarrollarse en sociedad, de manera intelectual y emocional. El tacto discriminatorio, conformado por neuronas sensoriales de mielina que viajan por la médula espinal, abarca diferentes modalidades, así como el tacto ligero (light touch) la cual es una combinación perceptual de las vibraciones, la presión y el movimiento de las fibras de cabello de la piel. La discriminación táctil refleja la textura, la forma, el movimiento y el tacto nocivo (Hertenstein, 2011).

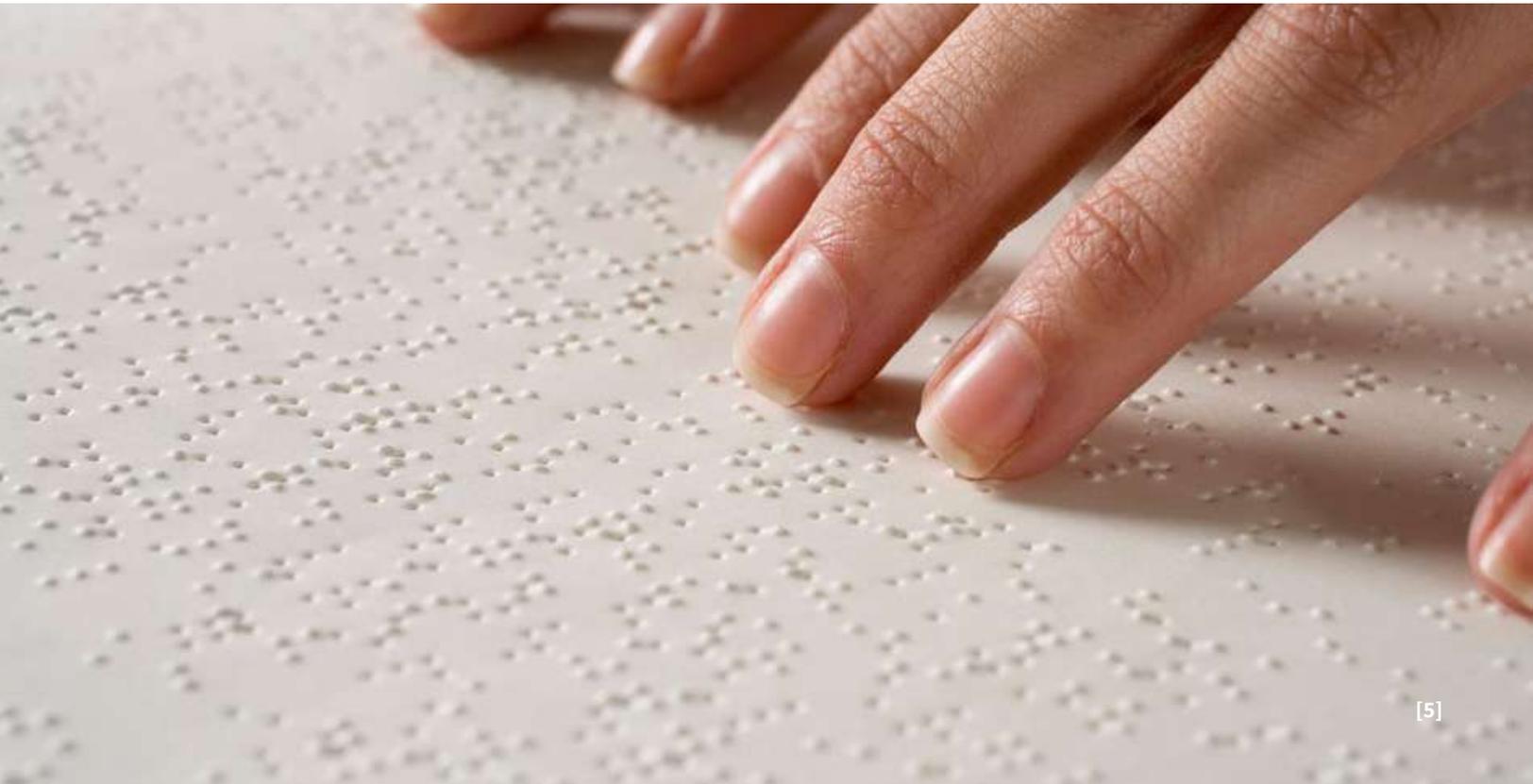
Imagen [4] página 13:
https://science4superheroes.files.wordpress.com/2014/09/img_2007.jpg,

Implicancias para la percepción del tacto	Determinantes variaciones de la piel	Dimensiones de la percepción del tacto	Aspectos del tacto
<ul style="list-style-type: none"> La piel se encarga de: · Temperatura · Dolor · Picazón · Humedad (mezclas sensoriales) · Presión (mezclas sensoriales). · Vibración (mezclas sensoriales) · Cosquillas (mezclas sensoriales) · Estremecimiento (mezclas sensoriales) <p style="text-align: right; font-size: small;">(Hertenstein, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Presencia/ausencia de cabello · Glándulas del sudor · Glándulas sebáceas (se encuentran en toda la piel, excepto las palmas de las manos y los pies) · Fibras elásticas de la dermis (una de las capas de la piel) <p style="text-align: right; font-size: small;">(Hertenstein, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Primera dimensión: Áspero - Liso (Rough/Smoothness) · Segunda dimensión: Duro - Blando (Hard/Soft) · Tercera dimensión: Pegajoso - Deslizamiento (Sticky/Slipperiness). · Cuarta dimensión: Caliente - Frío (Cold/Warm) *No todos los autores la contabilizan. <p style="text-align: right; font-size: x-small;">*Según la Escala Multidimensional (MDS, Multi Dimensional Scaling)</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Sensoriales: Sensación pura resultante del tacto. · Emocionales: Sentimientos que ocurren durante el tacto. · Evaluativos: Se refiere al significado e importancia de la experiencia del tacto. <p style="text-align: right; font-size: small;">(Guest, 2010)</p>

Neuronas receptoras en piel, articulaciones y membranas	Función
Meissner's corpuscles	Tacto ligero. Importantes en percepción de texturas.
Merkel's corpuscles	Detección de presiones prolongadas y vibraciones de baja frecuencia. Variaciones en texturas.
Ruffini's corpuscles/Ruffini's end organ	Detección de presiones prolongadas.
Pacinian corpuscles	Detección de presiones profundas y vibraciones de alta frecuencia.



[4]



[5]

05

Sensibilidad y sus zonas como fenómeno explotable en el diseño

La piel, al ser el órgano más grande del cuerpo, tiene diferentes propiedades dependiendo de su ubicación. Estas dependen tanto de características del individuo mismo, como la edad y región del cuerpo, y condiciones físicas de su estado, tales como el grado de hidratación, la cual puede ser medida con un corneómetro, y condiciones nutricionales de la persona (Zhang, Zeng, Matthews, Igartu, Rodríguez, Vidal, Contreras y Van Der Heide, 2017).

Las fracciones del cuerpo varían en sus capacidades receptoras táctiles. Como se menciona anteriormente, el tipo, la presencia y distancia de los receptores influyen en el grado de sensibilidad que poseen, además de depender de variables como el campo de sensibilidad, la velocidad de adaptación, la ubicación en las capas de la piel y el tipo de estímulos. Del mismo modo, la corteza cerebral juega un rol casi o más importante que esto.

El cerebro, en su volumen físico es similar a una coliflor. «Las diferentes regiones cerebrales están gené-

ticamente determinadas para dedicarse a funciones específicas» (Hernández, S., Muela, F., Mulas, Mattos, L., (2004) de las cuales se puede determinar una zona particular llamada «Geropo Central», asociada exclusivamente a lo que es la recepción de información sensorial. Esta tiene diferentes divisiones, y cada una de estas se encarga de procesar las acciones sensoriales de diferentes partes del cuerpo. Tanto así, que si mato una parte de ese cerebro, se deja de sentir inmediatamente en la zona que representa (Comunicación oral, 2018).

Para determinar qué zonas de la piel poseen una mayor sensibilidad ante el tacto, se puede utilizar el descubrimiento de Wilder Penfield, neurocirujano estadounidense, que desarrolla en 1937 un mapa sensorial del cuerpo, el cual se sigue enseñando hasta hoy en día en las Escuelas de Medicina. El llamado «Homúnculo de Penfield» consiste en una ilustración que muestra el orden y la extensión comparativa que ocupan las diferentes partes del cuerpo en la franja sensoriomotora del cerebro, el cual posteriormente

Imagen [5] página 14: http://www.miguelturra.es/sites/default/files/noticias_img/19112012135349.jpg



Imagen [6] página 15:
[https://www.cromarti.cl/media/extendware/ewimageopt/media/inline/85/a/wacom-intuos-draw-pen-tablet-small-white-21e/Wacom-Intuos-Draw-Pen-Tablet-Small-\(White\)-33.jpg](https://www.cromarti.cl/media/extendware/ewimageopt/media/inline/85/a/wacom-intuos-draw-pen-tablet-small-white-21e/Wacom-Intuos-Draw-Pen-Tablet-Small-(White)-33.jpg)

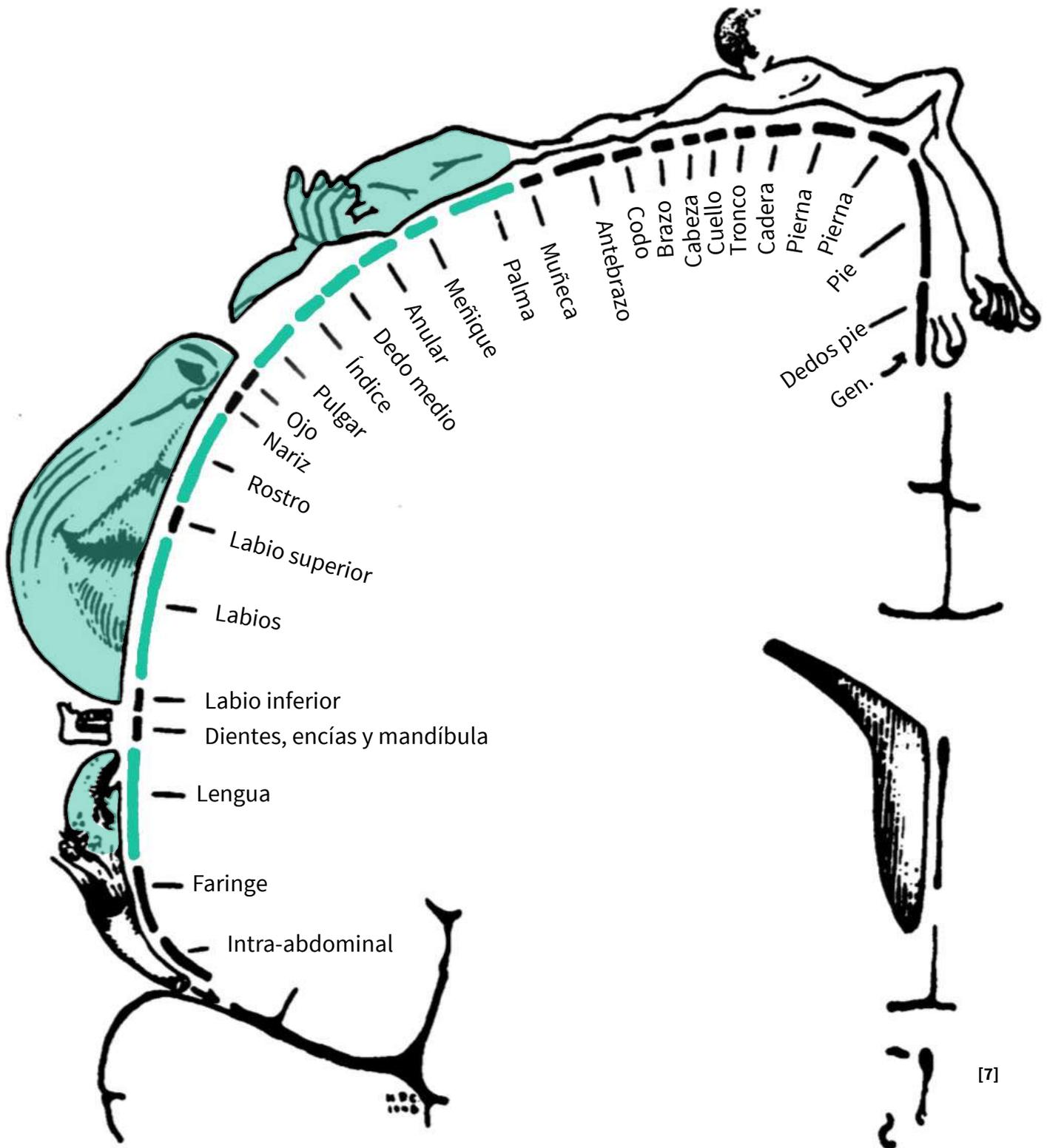
fue dividido en dos mapas para el sector motor y otro para el sensorial. A través de la estimulación con electrodos de la corteza cerebral en el hombre, el estudio confirma la topografía precisa de la localización cortical, lo cual permitió relacionar los inputs motores y sensoriales en partes específicas del cuerpo con sus efectos en el cerebro. Por ejemplo, el mapa sensorial identifica zonas como las manos, los pies, la lengua y la cara como las partes con mayor sensibilidad, para luego identificar las segundas zonas con alta sensibilidad, como por ejemplo los antebrazos y el abdomen (Schott, 1993). Hay que pensarlo de esta forma; con la lengua por ejemplo, es posible determinar cuando hay elementos extraños en la boca, como una pestaña (Comunicación personal, 2018), en cambio, esto es menos perceptible cuando está en el abdomen. Además, gracias a estos gráficos, uno puede identificar las partes del cuerpo que se procesan cercana o contiguamente en la corteza del cerebro.

Para hacerse una idea, en cuanto a la comparación de la biología humana y la tecnología, en la mano exis-

ten 600 fibras de nervio por mm cuadrado, en cambio una Tableta Wacom, tiene 0,1 mm como máxima resolución posible.

¿Por qué es importante saber qué zonas tienen mayor sensibilidad y cómo funcionan? Hay partes del cuerpo que son esenciales para el funcionamiento diario y la sensibilidad aporta feedback muy importante para ciertas acciones. Por ejemplo, las personas con falta de sensibilidad en las manos no pueden sentir calor o frío, presiones, vibraciones o dolor. Esta falta de feedback en las extremidades superiores, tiene como consecuencia que las manos sangren constantemente y se formen callos, ya que se ejerce mucha presión con ciertos objetos o no sienten el peligro de las altas temperaturas. No obstante, muchas de estas personas sí poseen sensibilidad en otras partes del cuerpo, como los que padecen Neuropatías sensoriales autónomas tipo II, que pueden sentir en su tronco y cabeza (Hickman, 2009), dándoles una oportunidad para percibir su medio ambiente. Por ejemplo, para una persona sin sensibilidad en las manos, sería muy

Mayor tamaño zona → Mayor sensibilidad



[7]

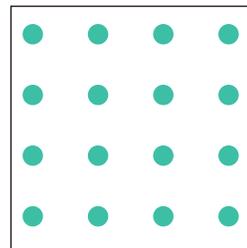
*Imagen [7] página 16:
Homúnculo sensitivo
por Wilder Penfield.
<https://sites.google.com/site/elhomunculo-de-penfield/importancia-del-homunculo-de-penfield>*

engorroso acariciar un perro de la calle con su cuello, por lo que al no hacerlo, se pierden de experiencias importantes.

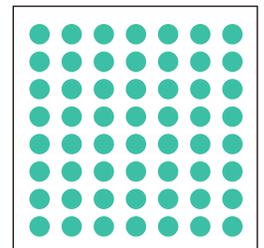
Es relevante destacar que la sensibilidad está sujeta a las características individuales de las personas. Si bien, no se ha comprobado hasta la fecha una diferencia de la percepción entre hombres y mujeres, sí se describe una distinción en la cual las mujeres tienen una mayor tolerancia a estímulos dolorosos más altos. Desde otra perspectiva, la edad también puede influir en las sensaciones, puesto que la piel se tiende a adelgazar con el tiempo, lo que puede alterar la captación de estímulos (Comunicación oral, 2018).

Determinantes de la sensibilidad

Receptores

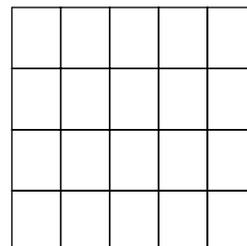


Separación



Concentración

Zonas en el cerebro



El cerebro está dividido en sectores, y cada uno procesa información de las partes del cuerpo.

Plasticidad neuronal como fenómeno que respalda el proyecto

El sistema nervioso tiene la habilidad de cambiar su estructura y su funcionamiento a lo largo de su vida y asumir las funciones de otro sistema como reacción a las diversidades del entorno (Paul Bach y Rita, 1967). Sin embargo, este término que se utiliza en psicología y neurociencia, es difícil de definir. «Habitualmente se refiere a los cambios en diferentes niveles en el sistema nervioso, desde eventos moleculares, como los cambios en la expresión génica, al comportamiento» (Kolb, B., Mohamed, A., y Gibb, R., 2010). Una neurona receptora es capaz de conectarse con múltiples zonas a la vez, por lo que cuando perdemos alguna parte del cuerpo, estamos perdiendo un área del cuerpo que llevaba información al cerebro. Las neuronas que se encargaban de procesar esa información, tienen dos opciones: una es morir y la otra es realizar otra función, y así es como las redes del cerebro comienzan a modificarse (Comunicación personal, 2018).

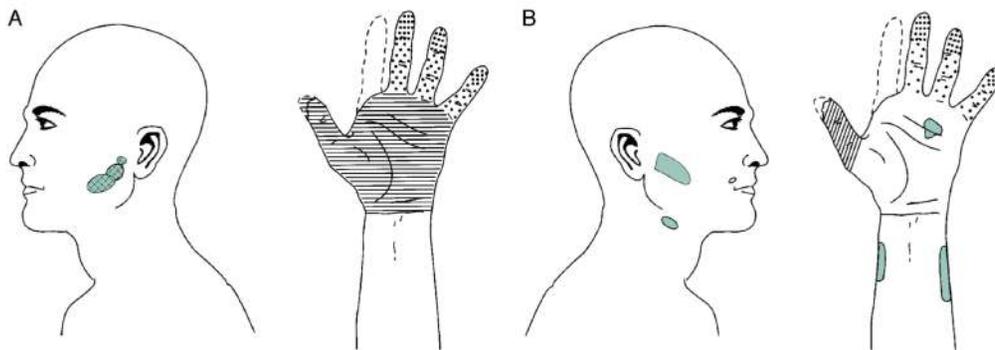
El «**Fenómeno del miembro fantasma**» permite demostrar cuán relacionadas están las partes del cuerpo y sus respectivas sensaciones. Este fenómeno es causado principalmente porque la actividad de los componentes de la neuromatriz han sido privados de sus inputs normales debido a la pérdida de alguna parte del cuerpo, pero el cerebro las sigue interpretando (Aglioti, 1997).

Normalmente, cuando uno pierde algún miembro, esas neuronas empiezan a tomar asociación respecto a lo que estaba haciendo el vecino. Es decir, si yo pierdo un dedo, las neuronas que estaban encargadas de usar esa información van a procesar la

información de los otros dedos. Pero cuando el área es muy grande, como la mano o el brazo completo, el área está asociada a una representación tan grande en el cerebro como lo es el miembro, que contienen muchas cantidades de información. Por esta razón, las neuronas que quedaron desunidas tienden a mantener ciertas información que es la que trabajaban antes (Comunicación oral, 2018).

Como se menciona al comienzo, el cerebro es flexible, por lo tanto, existen soluciones con respecto al miembro fantasma que demuestran cómo es posible reentrenar las funciones de este. En el caso del miembro fantasma, la plasticidad neuronal puede ser reentrenada, ya que son conexiones que están mal hechas, y por eso pueden llegar a liberar una sensación en otra zona del cuerpo. Aquello puede ser rastreado, lo que otorga la oportunidad a diferentes terapias que buscan «liberar» ese miembro fantasma y hacerlo desaparecer (Comunicación personal, 2018).

Recientes estudios demuestran que es posible generar sensaciones en las partes perdidas del cuerpo, cuando se estimulan zonas lejanas a estas. Estas sensaciones incluyen información sobre cantidad, forma, movimiento y temperatura. Por ejemplo, en amputaciones de manos, las sensaciones en el miembro fantasma pueden ser provocadas cuando se estimula de manera táctil en el lado del rostro correspondiente a la amputación. Esto demuestra que sí es posible construir un mapa de una mano o dedo amputado en el rostro de la persona. Esto ocurre por la apropiación por parte de los inputs



(A) Cinco meses post amputación, la estimulación de los dedos restantes y el rostro ipsilateral originaban sensaciones fantasma.

(B) Tres años post amputación, las áreas del antebrazo y mano solo causaron sensaciones fantasma vagas y difusas.

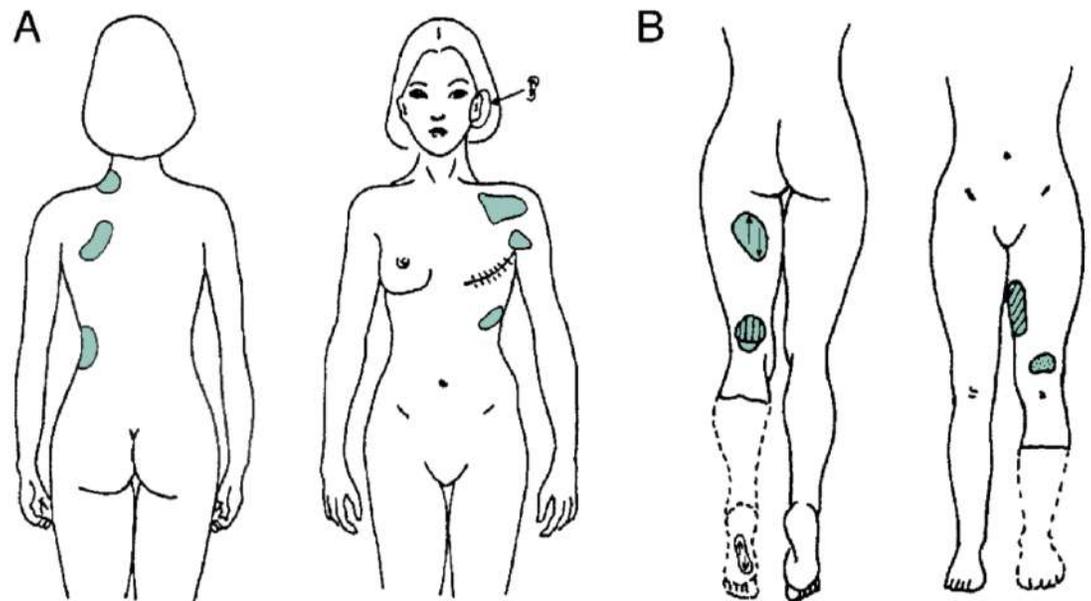
[8] Imagen [8] página 18: G. Berlucchi y S. Aglioti, Brain-body relationships. Cambios topográficos en el tiempo de las áreas que provocan sensación fantasma en paciente con amputación del índice izquierdo.

sensoriales de una zona sobre la otra (Berluchi y Aglioti, 1997), las que se encuentran adyacentes en la corteza cerebral, tal como se puede observar en el esquema de Penfield. Existe el caso de una persona con amputación de uno de sus miembros superiores que sentía picazón en la mejilla, y gracias a las zonas asociativas en la corteza cerebral, esta podía ser aliviada al rascarse la mejilla (Ramachandran, V. S., & Rogers-Ramachandran, D., 1996)

Otros casos en los que pacientes han presentado sensaciones en los miembros amputados, se presenta cuando a los pacientes amputados les presentan un movimiento reflejado por un espejo (en donde el reflejo aparece en el lugar en el que estaría el miembro amputado. En estos casos, las sensaciones no son cutáneas sino que kinestésicas y propioceptivas en el miembro fantasma. (Bicchi, 2008).

Es importante destacar, que cada individuo responde de forma diferente ante las mismas situaciones. Existen casos en donde se mezcla información

sensorial con la motora, o el lenguaje con la audición. En base a esto, frente a la pérdida de una parte del cuerpo, el fenómeno del miembro fantasma se puede manifestar no solo en las partes conectadas en la corteza cerebral. En el caso de la pérdida de las manos, la reordenación de neuronas es muy variable, de persona a persona. En general la corteza está dispuesta desde los pies, que está en lo más lateral, y va hacia hacia dentro en la cabeza, y efectivamente la mano tiende a quedar cerca del cuello o la cabeza (Comunicación oral, 2018).



(A) El estímulo en las áreas circulares provocaban sensaciones en el pezón fantasma en adición a otras sensaciones locales.

(B) El estímulo en las zonas tanto ralladas como punteadas ocasionaban sensaciones en el reverso del pie amputado y hallux respectivamente.

[9]

Imagen [9] página 19: G.Berluchi y S. Aglioti, Brain-body relationships. Esquema de las áreas de la piel que provocan sensaciones fantasma en amputados bajo la rodilla y pecho.

«Ojo que toda la información se va al pulgar, yo me toco acá [palma de la mano] y se va al pulgar, en estos no pasa nada, son como más tiesos [haciendo referencia al resto de los dedos]».

- Juan Ignacio Morandé, 28 años, falta de sensibilidad en una mano y uso de prótesis en la otra (Comunicación personal, 2018)

Hápto: Interfaz mecánico-digital para la traducción sensorial del Sistema háptico

En base al conocimiento que se tiene de las zonas de sensibilidad en el cuerpo y las asociaciones que existen sobre estas en el cerebro, se presenta la oportunidad de intervenir desde el diseño en un proyecto de desarrollo e investigación.

Esta oportunidad permite la realización de un proyecto de traducción y traslación sensorial, el cual aprovecha las diferentes zonas con mayor capacidad de sentir las texturas y las regiones del cerebro que se conectan.

Se propone, con el objetivo de recobrar las emociones derivadas del tacto de las manos en personas que han perdido sensibilidad, el desarrollo de un sistema mecánico-digital de captura, traducción y traslación del sistema háptico de las extremidades superiores mediante el uso de patrones vibracionales en una zona vinculante en el cerebro de estas. Para esto, se considerará el proceso completo que existe en la interacción, desde el momento en que las manos exploran mediante el movimiento las superficies que los rodean, cómo el cerebro procesa la información y cómo estas sensaciones provocan emociones diferentes en las personas.

La palabra Háptō viene del griego, que significa «tocar». Este proyecto, es una sistema de resolución háptica en el que se va a desarrollar el efector que traduce las texturas. El proyecto contempla 3 principales etapas: en primer lugar el desarrollo de un dispositivo de sensado de las texturas, que capte la diferencia de altura de los materiales rugosos. Este dispositivo se colocaría en las manos del usuario, el cual con el movimiento de la mano en el aire, podría escoger los objetos que desea sentir.

En segundo lugar, la información captada debe ser recibida y analizada: etapa de procesamiento de la información. Las texturas tienen diferentes características y es posible captarlas de manera mecánica o digital. Una fotografía puede ser intervenida para seleccionar la información de los píxeles y ser usados a nuestro favor. Esta información puede ser leída y traducida en diferentes puntos de presión en la piel, resultando en una réplica digital o mecánica de las superficies.

Por último, el foco del proyecto está en esta réplica de texturas la cual debe ser efectuada en el cuerpo. Gracias al conocimiento sobre el cerebro humano, sabemos que las manos tienen una conexión en la corteza con el rostro y el cuello. El rostro es una zona muy complicada de trabajar, ya que gracias a esta cumplimos funciones básicas como respirar, alimentarnos y

ver, además de demostrar nuestras emociones con los gestos faciales. Es por esto que se selecciona el cuello como zona para colocar la interfaz. Se establece que las diferentes alturas de una textura pueden ser traducidas en patrones de presión que la piel sea capaz de captar. Esta grilla incorpora diferentes regiones que puedan ser controladas independientemente para lograr una variación suficiente, que abarque diferentes rugosidades.

Objetivos específicos

Capturar las superficies de los objetos estáticos en tres de sus dimensiones: áspero-liso, duro-blando, calor-frío, mediante tecnologías existentes.

IOV: Comparación de la variación de altura de cada textura, sus ángulos, la temperatura y dureza con sensores.

Generar feedback háptico perceptual en tiempo real sobre texturas del entorno a partir de patrones de vibración.

IOV: Medición de los estímulos a partir de señales eléctricas del cerebro con un Electroencefalograma.

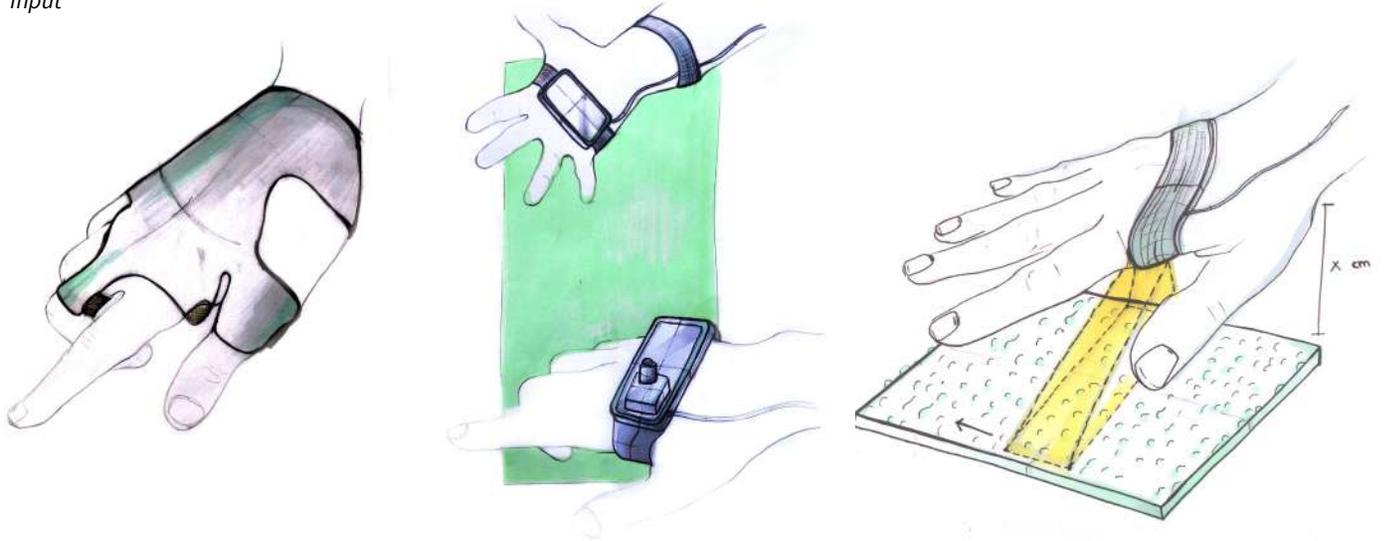
Caracterizar las dimensiones de las texturas en un output asociado a cada una de ellas.

IOV: Texturas más lisas, ausencia de vibraciones, para texturas más rugosas, vibraciones según densidad de la variación de alturas.

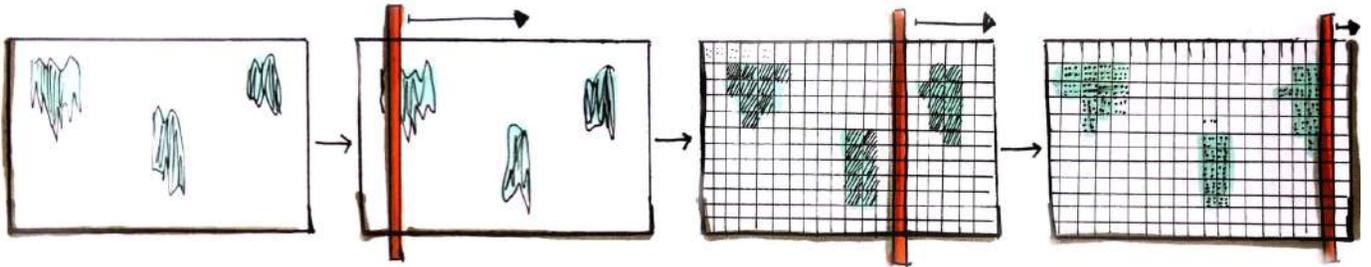
Permitir un uso no invasivo y ergonómico del dispositivo en la actividades cotidianas.

IOV: Análisis de abrasiones, peso del dispositivo, sujeción al cuerpo.

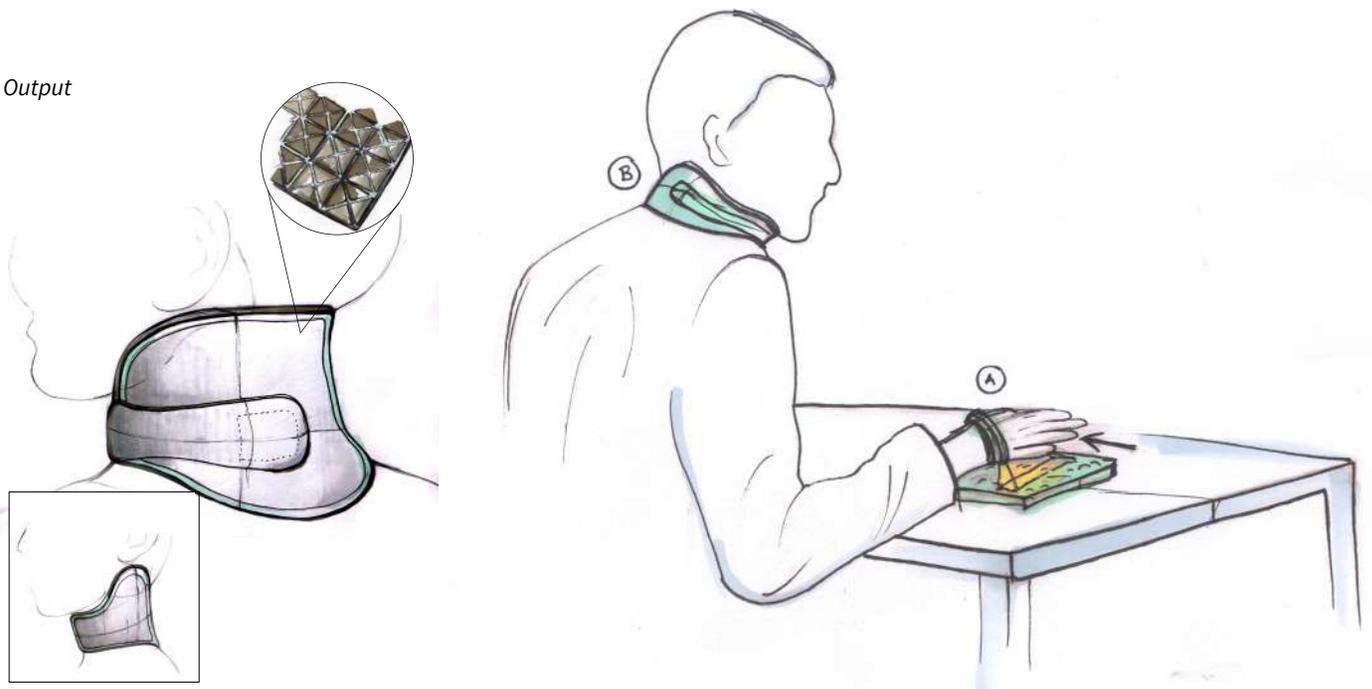
Input



Lectura de una textura



Output



[Dibujos preliminares]

Fase investigación

Procesos paralelos

Detección de la oportunidad

- Estudio de las enfermedades y situaciones que afectan la sensibilidad.
- Repercusiones emocionales y físicas del proyecto.

Investigación del ámbito

- Caracterización del Sistema Háptico.
- Medición de la percepción del tacto.
- Sensibilidad y sus zonas.
- Plasticidad neuronal.
- Combinación modal de sentidos.
- Detección de texturas y vibraciones como un medio.
- Funciones cutáneas y vibraciones: Temporalidad, espacialidad e intensidad.
- Ilusiones sensoriales y concepto de externalización.
- Carácter subjetivo de la experiencia háptica.
- Sustitución sensorial.
- Telepresencia.

Caracterización de tipología de texturas

- Variables.
- Dimensiones.
- Características.
- Fotografías macro.
- Exploración en diferentes softwares (Rhino, Illustrator, Photoshop).

Estado del arte

- Antecedentes: traducción sensorial, tecnologías y proyectos sobre el usuario identificado.
- Referentes: estéticos, funcionales, tecnológicos (input y output) y *wearables*.

Experimentos sensoriales

- Figuras de Chladni: Traducción sonido-visión.
- Experimento Max MSP: Traducción video-color.

Fase validación

Procesos paralelos

Entrevistas: Validación oportunidad del proyecto

- Juan Ignacio Morandé, Uso de una prótesis y mano con baja sensibilidad.

Entrevistas: Validación de la importancia de las emociones del proyecto.

- Patricia Flores, Doctorado en Psicología, Neurociencia y Neuropsicología U. de Chile.

Entrevistas: Validación de temáticas de neurociencia y zonas de asociación en la corteza cerebral.

- Doctor René Letelier Farias. Magíster en Ciencias Médicas, Morfología U. De Chile.

Entrevistas: Validación de la ergonomía del producto.

- Begoña Juliá, Master en Ergonomía.

Fase prototipado

Procesos paralelos

Tecnología

- Métodos de captura: Análisis de captura digital y mecánica para cada una de las variables elegidas.
- Investigación de tecnologías accesibles en términos de precio y país de fabricación para el alumno.
- Pruebas de sensores y análisis.

Soporte efector

- Dibujos de exploración de tecnologías y módulos de soporte.
- Exploración de materiales para el soporte: goma, telas, madera y acrílico.
- Exploración de materiales conductores y no conductores de vibración: acrílico, mdf y tela.
- Tecnologías de fabricación digital: corte láser e impresión 3D y el comportamiento de los materiales en estas.
- Pruebas de materiales para zona de contacto con la piel.
- Prueba de tipos de telas y su posible uso en contacto con la piel.

Ergonomía y forma

- Indagación de medidas ergonómicas de la zona a intervenir.
- Exploración de materiales adecuados para uso diario.
- Estética del producto: exploración de la forma y visualización final.

Circuito y programación

- Exploración de materiales de transmisión de electricidad: láminas de cobre e hilo de coser conductor.
- Pruebas de circuitos que puedan activar los motores independientemente.
- Circuitos en protoboards y placas perforadas de cobre.
- Diseño de patrones de vibración.
- Prueba de códigos en Arduino.

Prototipos funcionales

- Prototipo funcional activado con pulsadores, separación de 1 cm entre puntos de presión.
- Prototipo funcional activado con pulsadores, separación de 3 mm entre puntos de presión.
- Prototipo funcional en tela y soporte de mdf: prueba con 2 columnas y 2 filas y el circuito de multiplexación por tiempo.
- Prueba de un nuevo código y nuevos elementos para el circuito en tela quickdry.

Fase tests

Procesos paralelos

Sensibilidad

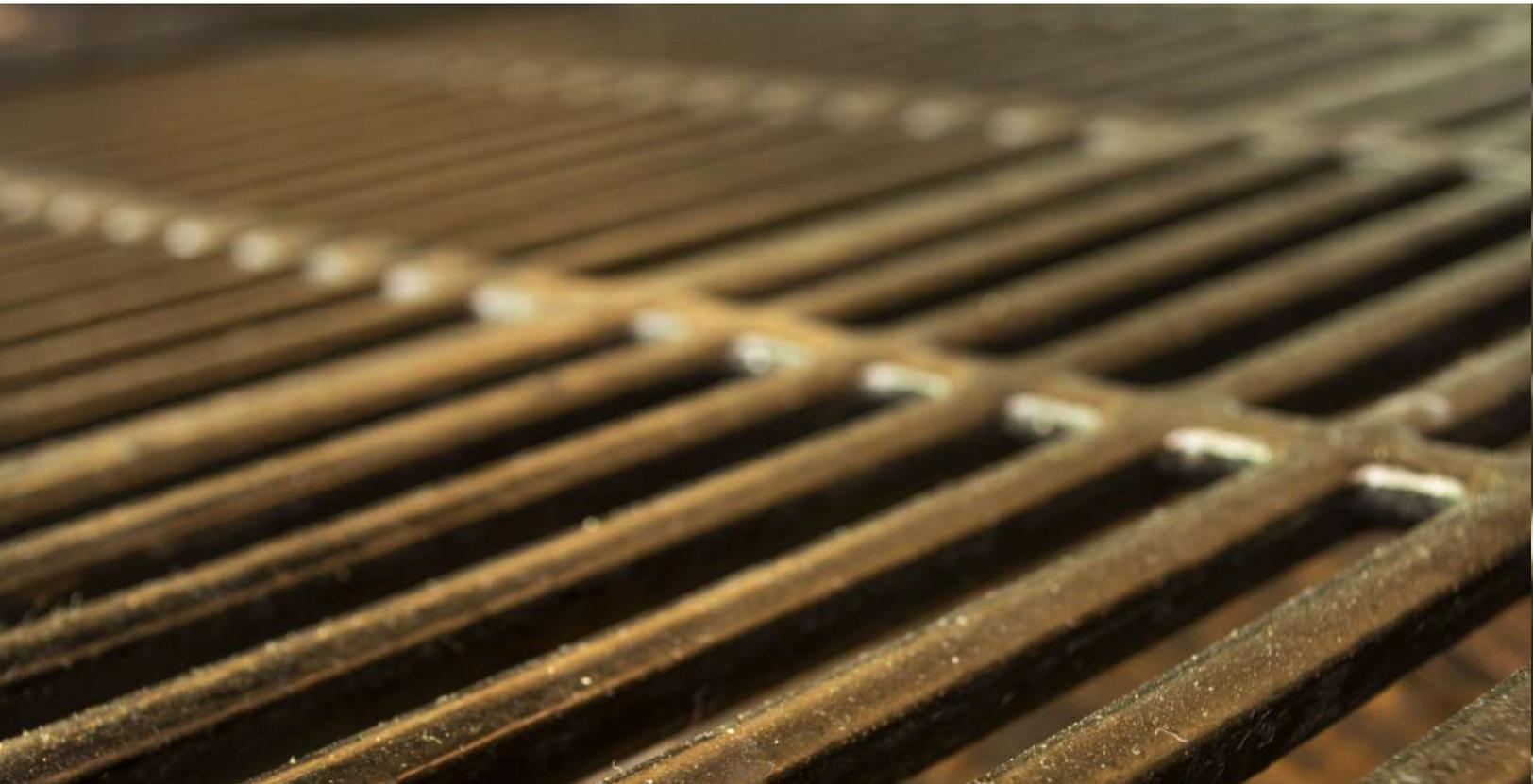
- Pruebas de sensibilidad en el antebrazo de los usuarios.
- Pruebas para indagar sobre la cantidad de puntos de presión identificados por participantes.
- Pruebas sobre la asociación de zonas del cuerpo en cuanto a estímulos táctiles.

Percepción de texturas

- Pruebas sobre la capacidad de los participantes de identificar correctamente las texturas.
- Pruebas de identificación de rugosidad y comparación entre texturas.

Percepción de rugosidad: vibraciones

- Pruebas sobre asociación de secuencias de vibración y texturas.
- Percepción de rugosidad en cuanto a cantidad de estímulos.
- Percepción de rugosidad en base a separación espacial de los estímulos.



[Elaboración propia, 2018]

08

Interacciones críticas como fundamento del proyecto

El tacto, en especial en las manos, es crucial para el reconocimiento y apreciación de la realidad y de presencia.

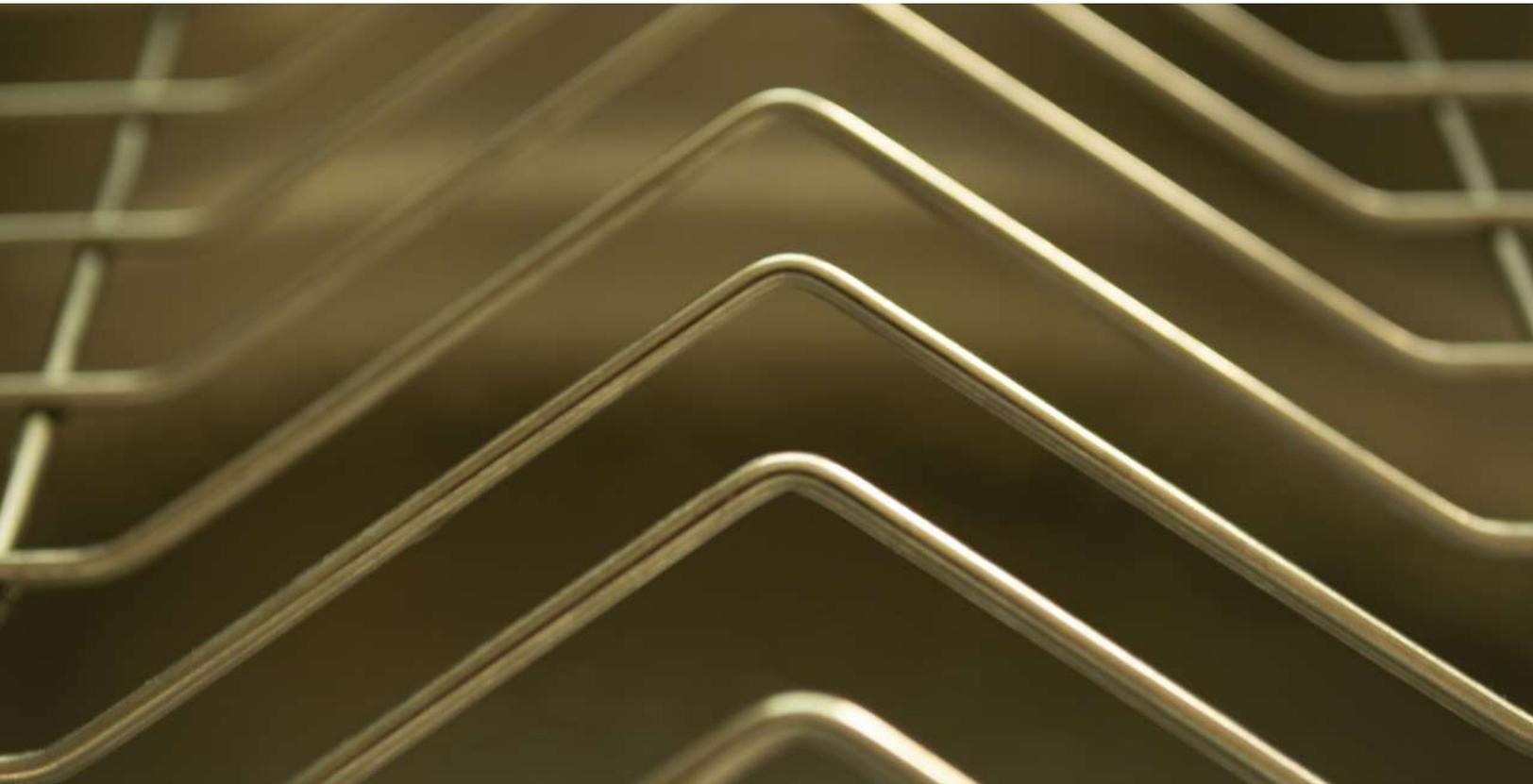
Las extremidades, tal como dice su nombre, son los extremos del cuerpo que permiten extender nuestra corporalidad más allá de los órganos y sistemas que analizan la información recibida del ambiente. Sin estas, se pierde gran parte de la información, ya que son el principal medio de exploración en la vida diaria, reduciendo las experiencias únicas que solo las superficies causan mediante el tacto. Las percepciones de aspereza u otros, están directamente relacionadas con las sensaciones de confort de las personas, por lo que para adquirirlas, las personas sin sensibilidad en las manos, tendrían que cambiar muchos de sus flujos de interacciones, como lo es acariciar un perro en la calle con la cara.

Existen una serie de condiciones genéticas y accidentales que implican la pérdida de sensibilidad en las extremidades superiores.

Existen una serie de neuropatías que como síntomas producen la falta de sensibilidad específica en las manos, como la Neuropatía Sensorial Hereditaria Autonómica Tipo II. Existen otras enfermedades y condiciones que también generan insensibilidad en las manos y pies, como por ejemplo la Diabetes, la enfermedad Lyme, problemas como el alcoholismo, Parkinson y Alzheimer. Estas son unas de las pocas afecciones que las producen, sin embargo, al ser localizadas, no significa que estas personas no puedan sentir con otras partes del cuerpo. Por lo tanto, esto se convierte en una oportunidad para el traslado de la percepción háptica, pero sin desaprovechar el movimiento y función de las manos.

Las percepciones hápticas en las manos juegan un papel muy importante para el cuidado de las manos y su seguridad.

El sentido de variables del tacto como la dureza y la temperatura, son sustanciales para el accionar diario del humano, ya que sin estos, las personas no saben



[Elaboración propia, 2018]

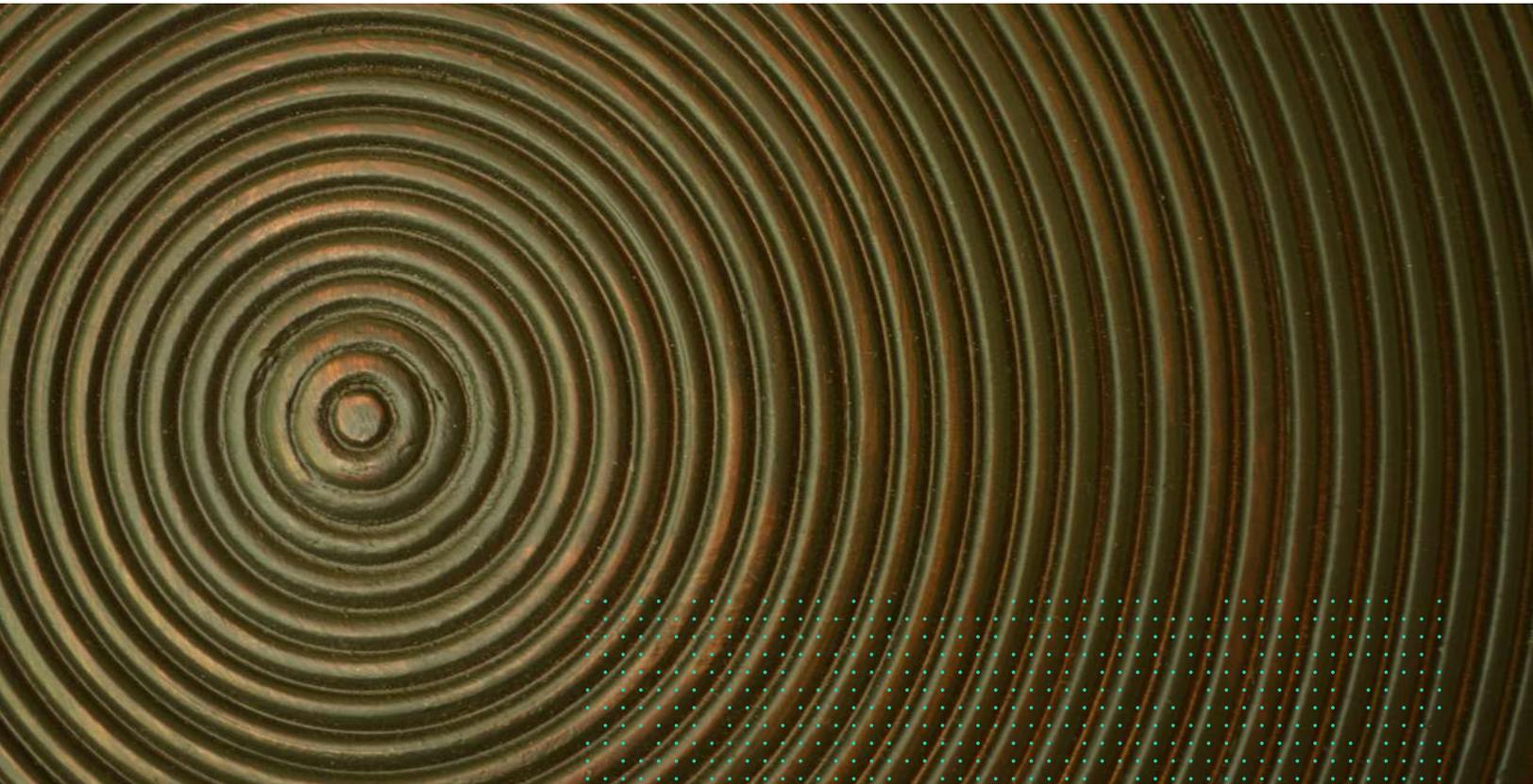
cuánta fuerza ejercer en los objetos y no pueden recibir el feedback de peligro al sentir temperaturas muy extremas. Esto resulta en callos y heridas en las manos, atentando contra la seguridad del individuo.

Es posible generar sensaciones en la partes perdidas del cuerpo, cuando se estimulan zonas lejanas a estas.

Un ejemplo es el fenómeno del «miembro fantasma». A raíz de esto, estudios comprueban la conexión que existe entre ciertas partes del cuerpo, como el rostro y las manos. Esto se debe a la cercanía que tienen estas zonas en el cerebro. Esto permite en el proyecto generar conexiones entre sectores, para así aprovechar la distribución de la sensibilidad, y el procesamiento de la información nerviosa, con el fin de obtener mejores respuestas ante un estímulo táctil.

Existen zonas del cuerpo con mayor sensibilidad para la percepción háptica.

El Dr. Wilder Penfield desarrolló el «Homúnculo de Penfield», que gracias a su ilustración, es muy fácil observar de manera infográfica que existen zonas del cuerpo que poseen una mayor zona de atención en la corteza cerebral. Estas partes del cuerpo, dependiendo del tamaño de procesamiento que tengan en el cerebro, tienen mayores capacidades para sentir el entorno, ya sea superficies, texturas, vibraciones y objetos, lo que provoca una mayor discriminación del tacto en algunas partes del cuerpo. Los dedos y las manos son las que poseen mayor número de receptores para captar estos fenómenos, seguido por los pies y otras partes del rostro. Esto recalca la envergadura que tienen las manos en el funcionamiento del cuerpo humano, pero también demuestra que la sensibilidad puede ser captada mediante otros sectores del cuerpo.



[Elaboración propia, 2018]

09

Beneficios agregados de la traducción y traslación táctil

Existe una gran variedad de posibles usuarios del proyecto, dada la existencia de múltiples condiciones médicas, síntomas y repercusiones de tratamientos que generan la pérdida de sensibilidad en las extremidades superiores. El proyecto tiene potencial para ser utilizado en rehabilitación de pacientes y extrapolado a otras áreas como método de prevención, como lo es en trabajos en que la persona se ponga en peligro al entrar en contacto con diferentes superficies, como productos que pueden provocar cáncer a largo plazo, que liberen toxinas y trabajos en los que la fricción de los materiales produzcan desgastes en la piel. Por otro lado, en base a los primeros avances del proyecto, se puede deducir un costo menor a los productos de traducción sensorial existentes, lo que lo haría más viable para venderse en el mercado y poder ser utilizado en la vida cotidiana.

Patrón de valor. A medida que pasa el tiempo, la consolidación de experiencias se va perdiendo, y el proceso se hace aún más frágil sin el sentido del tacto (Comunicación personal, 2018). El proyecto se

diferencia de lo que ya existe, ya que se aprovechan zonas del cuerpo al darles una nueva funcionalidad, con la cual los usuarios pueden aprender de su entorno y reestablecer poder sobre sus miembros, al reotorgarles la sensibilidad perdida. Estas zonas se encuentran respaldadas por estudios médicos y científicos sobre el cuerpo humano y sus repercusiones en el sistema nervioso de las personas. En complemento, el número de usuarios que salen beneficiados del proyecto es muy alto, ya que abarca una serie de enfermedades, trabajos y condiciones que resultan en la pérdida de sensibilidad, la cual genera la pérdida de experiencias valiosas y significativas para las personas en su vida diaria.

Además de los beneficios físicos y emocionales que generan la recuperación de la capacidad de volver a sentir texturas, el proyecto contabiliza otros aspectos que son una gran contribución para el usuario:

Limpieza de la percepción del tacto

Cuando se sienten las texturas mediante el movimiento de la piel con estas, se produce fricción, y las vibraciones causadas por la fricción afectan la sensación táctil (Li et al., 2015).

Por lo tanto, al eliminar esa fricción mediante el sensado con tecnologías, la nueva percepción de superficies es más pura.

Concientización del tacto

El tacto es uno de los sentidos más directos y menos intelectuales. Al momento de percibir las distintas texturas del medio ambiente, estamos sintiendo mediante un intermediario, ya sea por el principal que es la piel, o por otros como la ropa u objetos en las manos (Paterson, 2013). Es por esto, que uno de los impactos del proyecto es hacer consciente el sentido del tacto, en donde el usuario elige los momentos y superficies de sensado.

Extrapolación del proyecto

Las investigaciones avalan la posibilidad de generar variaciones en el diseño como método de inclusión para diferentes usuarios, que tienen diferentes carencias en cuanto a las zonas de sensibilidad. Gracias a las redes asociativas del cuerpo, es posible conectar las percepciones táctiles en diferentes regiones del cuerpo. Es por esto que dependiendo de los usuarios, la localización del output final puede variar, para lograr un dispositivo personalizado y adecuado a las características biológicas y emocionales diferentes que existen entre las personas.

Telepresencia

Oportunidad de interacción física a distancia.

10

Sustitución sensorial

El estudio de la sustitución sensorial ocupa un gran espacio dentro de los estudios científicos. Estos sistemas son tecnologías que recogen energías del medio ambiente que normalmente son procesados por el sistema sensorial y los transforman en información procesable para otros sistemas (Gunther y O'Modhrain, 2003). No obstante, más de cuarenta años después de la primera aparición del concepto en la literatura científica, los dispositivos de sustitución sensorial permanecen en los laboratorios de investigación y no en la vida de las personas (Elli, Benetti y Collignon, 2014). En el ámbito del diseño, se ha intentado ayudar a las personas que han perdido o han nacido sin alguno de sus sentidos. Existen dispositivos que permiten eliminar los bastones de ayuda para los ciegos, indumentaria para transformar los sonidos en vibraciones de alerta y proyectos para transformar los estímulos sonoros en formas visuales. Los pasos necesarios para una sustitución efectiva son: determinar qué información es más crítica para funciones particulares; y determinar cómo transmitir esta información al sistema. Es importante que la información transmitida no signifique una sobrecarga,

ya que el cerebro es capaz de procesar un número de información limitada (Kristjánsson et al., 2016).

Hoy en día, las interfaces hápticas se utilizan para la recreación de sensaciones o entornos en contextos de telerobótica y computarización de brazos robóticos. El problema que existe en estos avances, está en que las técnicas de renderizado que utilizan feedback de posición y fuerza no logran captar la interacción con objetos duros, por lo que recaen en sensaciones lisas y suaves (Kuchenbecker, 2006). Por otro lado, en base al conocimiento sobre el procesamiento de información, sabemos que es el cerebro el que recrea las imágenes a partir de los patrones de pulsaciones que capta la retina del ojo; el humano no ve con los ojos (Bach-Y-Rita, 2004). Y para que este pueda interpretar correctamente la información, no es necesario que sea presentada de la misma forma como en los sistemas sensoriales naturales: «solamente se necesita presentar la información desde el dispositivo en forma de energía que pueda ser por los receptores de la interfaz y por el cerebro, para saber el origen de la información» (Bach-Y-Rita, 2004).

Imagen [10] página 29: «Ver sin ojos», Fundación ZCC, Taller de sustitución sensorial, <https://twitter.com/FundacionZCC/>



[10]

11

Antecedentes del proyecto

Antecedentes sustitución sensorial

The Tongue Display Unit (TDU). Dispositivo electrónico programable, que genera estimulación electro táctil en la lengua que evoca sensaciones táctiles en la piel. La percepciones producidas (vibración, estrechamiento y presión) sirven para los estudios sobre la comunicación temporal y espacial que normalmente son recibidas por otros canales sensoriales como la visión, audición, propiocepción y sentido vestibular. Este estudio fue llevado a cabo por el Departamento de Ortopedia y Rehabilitación de la Universidad de Wisconsin-Madison, en 1999.



VEST (Versatile Extra-Sensory Transducer). chaleco que comunica al cerebro los sonidos del medio ambiente, utilizando vibraciones en toda la espalda y pecho de la persona. Se compone de un sistema de aprendizaje para que las personas con falta de audición puedan interpretar los patrones vibratorios como sonidos específicos. Creado por David Eagleman, neurocientífico de Baylor College of Medicine en Houston, y su estudiante graduado Scott Novich, en 2014.



Neil Harbisson. Es un artista vanguardista y activista cyborg británico e irlandés. Nació con una ceguera de colores (visualiza en blanco y negro) por lo que el año 2004 diseña una antena con una cámara la cual implanta en su cráneo, que puede convertir colores en vibraciones audibles, cuyas frecuencias están determinadas por el matiz de la escena visual. Él mismo dice experimentar una sinestesia en la que puede escuchar las pinturas.

The Buzz. Dispositivo que permite escuchar con la piel, mediante vibraciones. El aparato detecta sonidos del medio ambiente, tales como alarmas, sirenas, animales, carcajadas y muchos otros sonidos. Proyecto creado por Neo Sensory, fundado por el Centro Médico de Texas, EEUU, y desarrollado por el neurocientífico David Eagleman.



Antecedentes de proyectos para ayudar a los usuarios identificados

Oliber. Órtesis que ayuda en la realización de acciones o actividades de personas con manos atrofiadas por factores como piel de cristal, artritis, artrosis o amputaciones, y que por daños u otros problemas, no pueden utilizar prótesis.



IKO. Sistema de prótesis creativa para que los niños exploren y desarrollen su creatividad y empoderamiento mediante el juego y la sociabilización. Diseñado por Carlos Arturo de Colombia, en asociación con Lego Future Lab (Dinamarca) en 2016.



12

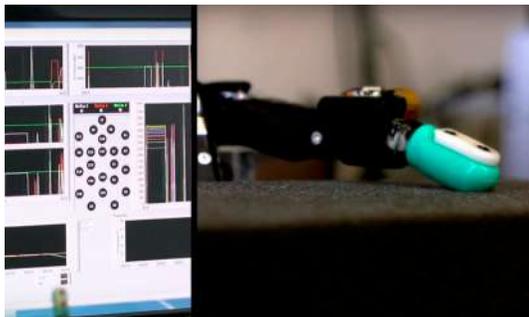
Referentes del proyecto



Referentes tecnológicos: input

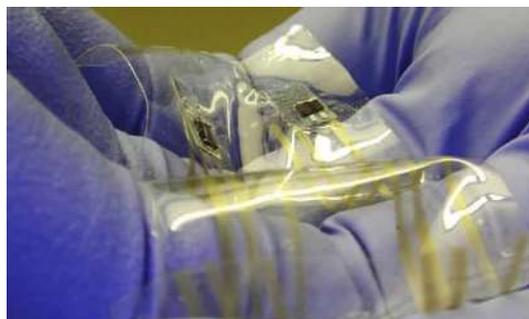
BioTech. Sensor con forma de dedo que permite que robots puedan tocar y sentir los objetos al igual que los seres humanos. Funciona en base a sensores que traducen la presión en datos analizables. Desarrollado por Gerald Loeb y su compañía SynTouch. California, 2012. Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=OOjmKjKZyr0>

Relación con el objetivo N°1, del cual se puede tomar en consideración los aspectos de la imitación de la piel, la deformación de esta al tocar objetos, los sensores utilizados para captar texturas y el análisis que hace el proyecto sobre las amplitudes de vibración al entrar en contacto con las superficies.



Digital Tactile System (DiTact). Desarrollo de piel artificial flexible con sentido del tacto que envía señales a una célula nerviosa. Estudio de Benjamin Tee en conjunto con Ingenieros Biológicos de la Universidad de Stanford.

Relación con el objetivo N°3, debido a las señales enviadas. Estas señales, en el proyecto de título serán mecánicas, sin embargo, el cerebro debe procesarlas de la misma manera que cuando la mano envía las señales.



Referentes de dispositivos wearables

Proyecto Emma. Dispositivo que se coloca en la muñeca, que permite ayudar con los temblores de la mano generados por la enfermedad de Parkinson, mediante la distracción de los nervios con motores vibratorios. Creado por Haiyan Zhang, Directora de Innovación en Microsoft Research Cambridge.

Relación con los objetivos N°2 y N°4 del proyecto, con respecto a la emisión de patrones vibratorios en un dispositivo no invasivo que puede ser usado al escribir.



Quells. Es un dispositivo que reemplaza la medicación para los dolores crónicos, que distrae a los nervios de las aflicciones musculares. Está aprobado para utilizarse las 24 horas del día. Creado por IDEO. *Relación con el objetivo N°4, debido a que sirve como referente estético, funcional y ergonómico al ser un «wearable» para utilizar en la vida cotidiana.*



Referentes tecnológicos: output

Tecnología de incorporación del sentido del tacto en objetos virtuales. En 2012, Katherine Kuchenbecker, profesora de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Pensilvania, desarrolla un dispositivo electrónico que mediante diferentes sensores permite identificar patrones vibracionales, de presión y movimiento en los objetos, para luego imitarlos digitalmente.

Relación con el objetivo N°1 y N°2, dada la capacidad del proyecto de identificar texturas mediante el conjunto de sensores, y la posibilidad de reproducirlos mediante tecnologías efectoras y vibraciones en un lápiz.



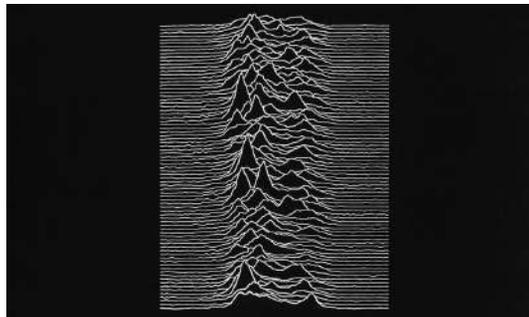
Exoskin [Beta]. Chaqueta háptica que permite a los usuarios tener una experiencia de tacto real dentro de la Realidad Virtual (RV), tales como el abrazo de otro avatar, la lluvia, un disparo, entre otros. Proyecto creado por Neo Sensory, fundado por el Centro Médico de Texas, EEUU, y desarrollado por el neurocientífico David Eagleman.

Fuente: <https://neosensory.com/product/exoskin/>
Relación con el objetivo N°2, ya que la distribución de las vibraciones en el cuerpo humano de la chaqueta, puede ser un buen referente para la distribución de los patrones generados a partir de texturas, tomando en cuenta la elección de los creadores de Exoskin sobre la localización de los efectores, la frecuencia de las vibraciones y los métodos utilizados para generar continuidad háptica.



Portada album «Joy Divisions». Imagen sobre la visualización de datos de un Pulsar (estrella de neutrones que emite radiación periódica).

Relación con objetivo N°2 y la respectiva visualización de las frecuencias de texturas captadas en el proyecto.



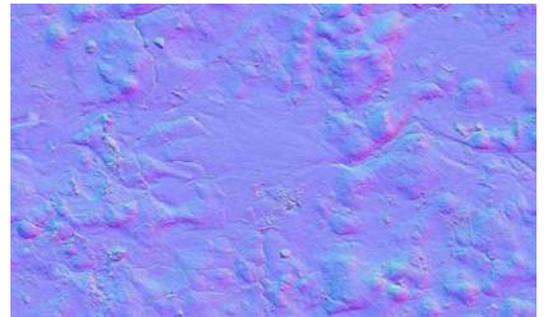
PHANTOM force-feedback devices. Los dispositivos hápticos Phantom Premium proporcionan grandes espacios de trabajo y altas fuerzas, además de una amplia gama de retroalimentación de fuerza, distintos rangos de movimiento y rigidez variable. Desarrollado por 3D Systems.

Relación con objetivo N°2, con el fin de comprender la recepción de las personas ante dispositivos táctiles y formas de imitar texturas.



Bump Maps. Mapeado topológico que permite dar un aspecto rugoso a la superficies de los objetos en gráficos 3D.

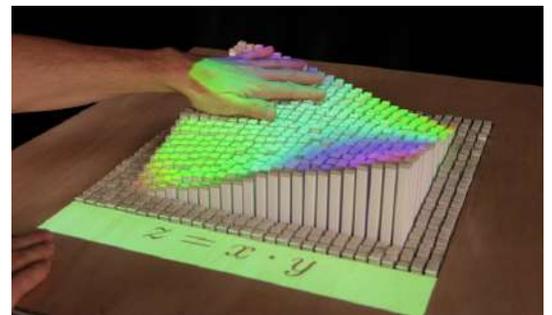
Relación con los objetivos N°1, N°2 y N°3, dado que los Bump maps pueden transformar las imágenes de las superficies en la realidad, a mapas de altura en pantalla. Esto puede ser una buena tecnología para utilizar en el procesamiento de la información de las texturas. Esto, ya que se pueden transformar los ascensos y descensos de las zonas en las superficies en la presencia y ausencia de vibraciones.



inFORM Tangible Media Interface. Producido por el MIT Media Lab y Tangible Media Group. Es una superficie que cambia su forma en tres dimensiones, que permite que los usuarios interactúen con contenido digital y que estos interactúen con otros mediante la simulación física del tacto. Compuesto por pequeñas barras que se activan mediante una pequeña corriente gracias a sensores infrarrojos.

Fuente: <https://storiesbywilliams.com/2013/11/25/the-future-is-here-inform-tangible-media-interface/>
<http://www.internetbestsecrets.com/2013/11/volumetric-3d-table-allows-physical.html>

Relación con el objetivo N°3, ya que la tecnología utilizada para activar las diferentes piezas, puede utilizarse para añadir presión a los efectores de vibración, con el fin de imitar la deformación de la piel en las interacciones hápticas con los objetos de mayor dureza.





[Acercamiento de la tabla del experimento «Figuras de Chladni».]

[Elaboración propia, 2018]

13

Experimentos sensoriales

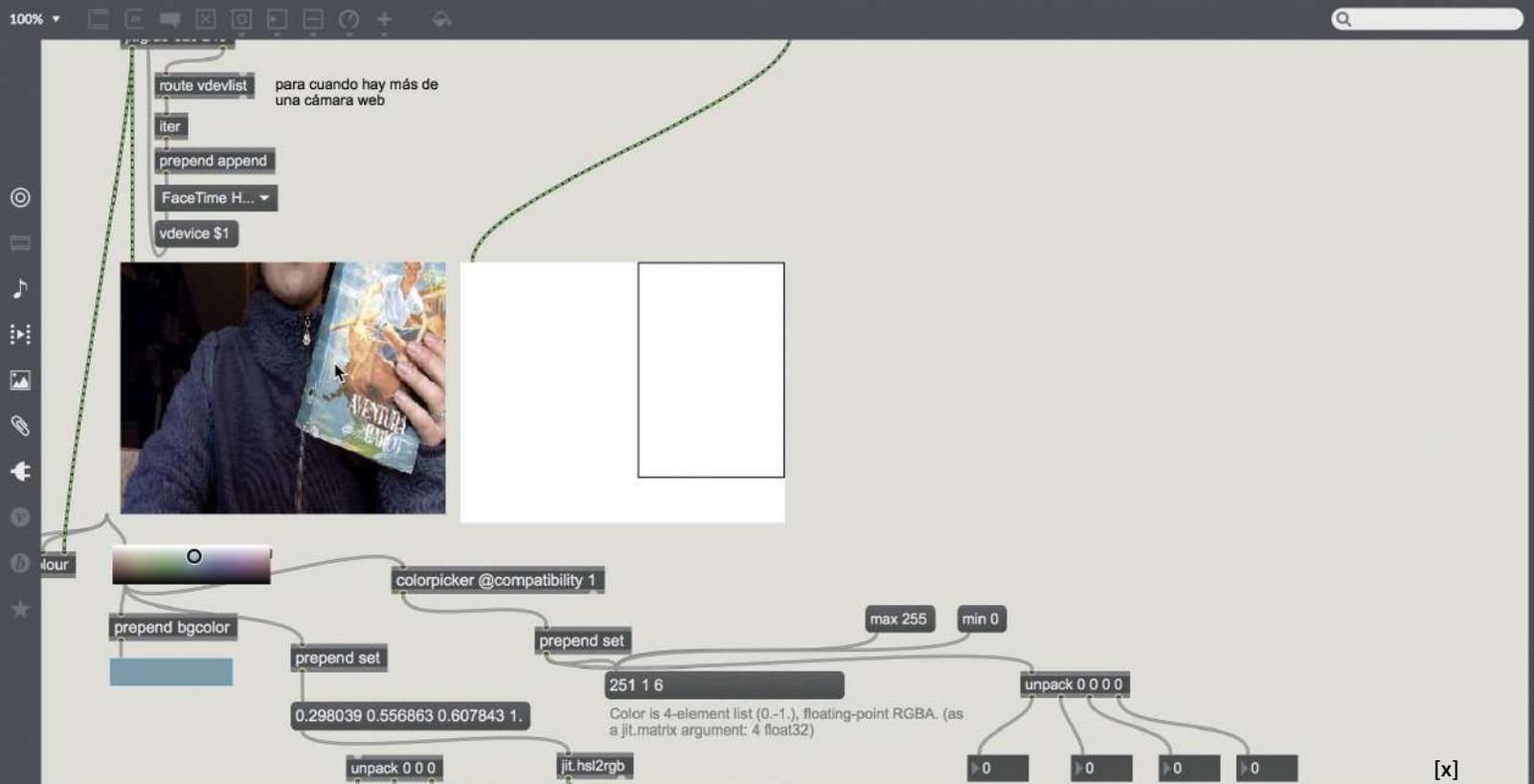
Para insertarse en el mundo de la traducción sensorial, se realizaron pequeños experimentos rápidos y económicos sobre la traducción de sentidos y tecnologías disponibles que podrían llegar a ser usadas en el proyecto.

Figuras de Chladni. El experimento de las placas de Chladni, es una experiencia que permite visualizar ondas sonoras sobre un material. Se utiliza una placa metálica fija que distribuye el sonido mediante vibraciones. En el experimento casero, se utilizan las vibraciones de diferentes sonidos (frecuencias y amplitudes) sobre una tabla de MDF con sal sobre ella, para determinar si efectivamente las vibraciones formaban las figuras establecidas por Chladni, y cómo el sonido podía ser transformado en una imagen visual. Se utilizaron diferentes tipos de sonido, tanto música como voces, y en tiempos continuos y entrecortados

Aprendizaje. En la prueba no se logra generar las figuras exactas debido al uso de materiales menos conductores, pero fue un buen acercamiento. Existen



[Elaboración propia, 2018]



[Captura de pantalla del video realizado sobre la detección de colores]

[Elaboración propia, 2018]

muchas formas de transmitir mensajes, y no solo de forma verbal. Las emociones que se sienten a partir de fenómenos sinestésicos pueden tener un impacto igual de relevante para los usuarios que otras interacciones. Este experimento le enseña al estudiante que existen muchas maneras de percibir el mundo.

Max MSP. Cycling '74 es un lenguaje de programación que trabaja con información visual, audio y otros tipos de información. Este software puede ser muy útil para el proyecto por su capacidad de conectar diferentes dispositivos y tipos de lenguaje.

Por lo tanto, se realiza un pequeño código para practicar para la posterior programación de la interfaz, elaborando un patch de detección de colores a partir de una webcam. Este consistía en un código que permitía mover el mouse del computador sobre objetos, y el color seleccionado era representado visualmente en un recuadro debajo de la imagen.

Aprendizaje. El programa es complejo para aprender en tan poco tiempo, sobre todo teniendo en cuenta los complejos objetivos del proyecto.

Es por esto que se decide utilizar los softwares que el alumno ya conoce, y establecer códigos binarios en Arduino para abstraer las texturas de los objetos.

14

Testeo: Medición del tacto en base a texturas

El experimento, que cuenta con dos etapas se inserta en el contexto de validación de las percepciones y emociones provocadas por diferentes texturas.

Los objetivos incluyen:

- (a) Determinar la capacidad de las personas de distinguir entre rugosidades (alturas de las superficies).
- (b) Determinar si los participantes son capaces de interpretar una conexión entre sucesos de la mano y el rostro.
- (c) Determinar si existe un nexo entre edad-percepción y género-percepción.
- (d) Comprender qué significan las texturas para las personas.

Primera fase: Discriminación de texturas rugosas y lisas. Los participantes se encuentran vendados, y se les pondrá una textura al frente y se pedirá que las sientan con sus manos.

Posterior al testeo, se le hacen unas preguntas al entrevistado, sobre: descripción subjetiva de la textura, calificación de rugosidad, y conexión entre partes del cuerpo.

Hipótesis: Si las lijas son muy similares, no habrá una mayor diferencia entre la numeración escogida. Esto es bueno para el proyecto, ya que otorga un margen de error para el posterior feedback generado con vibraciones. Resultado óptimo: obtener números similares de rugosidad y sensaciones similares. Para esta fase, se utilizan lijas, ya que poseen diferentes granos de material abrasivo y granuloso que pueden

ser cuantificados. A menor número de la lija, mayor es el tamaño del grano.

Por otro lado, se utilizan géneros con diferentes tejidos y texturas. Estos tienen diferentes alturas gracias a los puntos usados en la confección de las telas, por lo que generan diferentes percepciones táctiles.

Segunda fase: Sensado en el aire. Consiste en determinar la capacidad de los individuos de reconocer y asociar estímulos en diferentes partes del cuerpo y la capacidad de otras zonas de identificar texturas con precisión. Para esto, se les pedía que pasaran la mano sobre las texturas que tenían al frente, mientras se reproducía ese movimiento en la mejilla de los participantes. Luego se los interpelaba sobre la conexión y percepción de la experiencia.

Los resultados se extrajeron a partir de una muestra de 18 participantes, hombres y mujeres entre 11 y 59 años.



[Superficies utilizadas en testeo]

[Elaboración propia, 2018]

Materiales rugosos

50 (Lija gruesa)
 80 (Lija gruesa)
 120 (Lija semi gruesa)
 180 (Lija semi gruesa)
 320 (Lija fina)
 320

Materiales suaves

Arpillera
 Terciopelo
 Tejidos de lana
 Lona
 Lino
 Croché sintético

Para propósitos del tema abordado en este proyecto, es importante determinar las formas en que el tacto puede ser medido y cómo esto se realiza hoy en día en el campo de la biología y medicina.

Medición de la percepción del tacto. Michio Kaku, físico teórico, explica que gran parte de nuestra corteza cerebral está destinada al extremo de nuestros dedos, y que el tacto es muy importante para el desarrollo humano, ya que las personas que no interactúan mediante este, o con otras personas, a menudo se sienten no solo desconectadas físicamente, sino que también psicológica y socialmente (Kaku, 2013). Estudios han intentado medir el comportamiento táctil, con la intención de saber qué es lo que les produce a las personas las diferentes percepciones de las experiencias táctiles, o la falta de ellas. Existen dos áreas en las que se puede indagar sobre la caracterización del tacto. La primera abarca la medición de las respuestas por parte de los individuos ante estímulos físicos, y la segunda determina la presencia o ausencia del tacto.

Medición del comportamiento humano ante estímulos táctiles. Si bien, la respuesta al tacto es individual, debido a los rangos de tolerancia, diferencias en la piel y preconcepciones de las acciones, los estudios más comunes de esta comunicación no verbal se basa en la respuesta de las personas con respecto a su comportamiento. Las mediciones se centran específicamente hacia: (a) la recepción del tacto interpersonal, es decir, la evaluación cognitiva y emocional con el contacto por otros; (b)

la percepción táctil, lo que incorpora la ubicación e intensidad de las sensaciones táctiles, tales como el reconocimiento de formas y texturas; y (c) la defensa táctil como respuesta ante un estímulo, el cual se utiliza para ayudar a niños con déficit y autismo (Hertenstein, 2011). Inclusive, existen diferentes estudios sobre escalas emocionales y sensoriales de la percepción del tacto, para el desarrollo de un léxico sobre este, las cuales determinan tanto lugares del cuerpo en donde existen mayores respuestas emocionales por parte de los implicados, a modo de ejemplo los antebrazos por sobre las axilas. Esta se llama TPT (Tactile Perception Task), en la cual las emociones producidas por el tacto pueden ser identificadas según diferentes adjetivos, como irritantes, relajantes, escalofriantes, disfrutables, entre muchos que otros que permiten caracterizar la emocionalidad de las distintas respuestas de los hombres frente al tacto (Guest, 2010).

Experimentos neuropsicológicos que investigan el código táctil de los nervios, revela también que la recepción del tacto por parte de las neuronas, exhibe un tiempo muy preciso y repetitivo ante estímulos vibratorios, según los cuales se establece la importancia de este, a través de una variedad de continuos sensoriales, incluida la frecuencia vibratoria, la textura de la superficie, su curvatura y la dirección de las fuerzas aplicadas (Saal, Delhaye, Brandon, Rayhaun y Bensmaia, 2017).

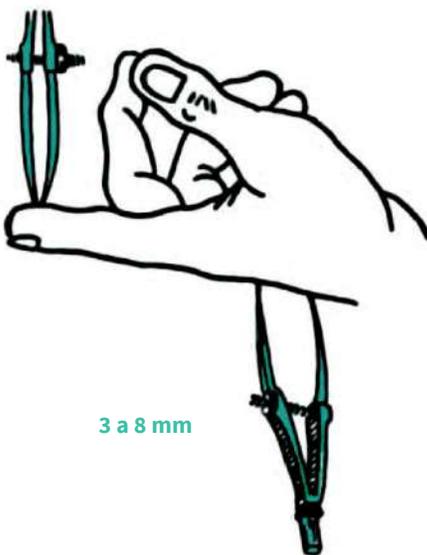
Medición fisiológica del hombre ante estímulos táctiles. El tacto en términos científicos, no se

«[Luego del accidente] Me pasaban esponjas para las sensibilidad, objetos ásperos, lisos, los legos, armar un puzzle, volver a escribir, volver a lavarme los dientes, todo de cero».

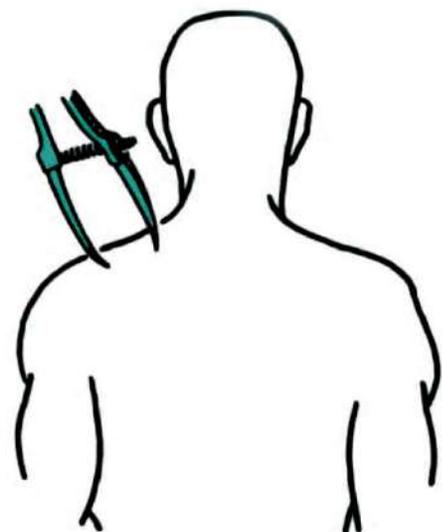
- Juan Ignacio Morandé, 28 años, falta de sensibilidad en una mano y uso de prótesis en la otra (Comunicación personal, 2018)



1,1 mm



3 a 8 mm



36 a 75 mm

[11]

mide en base a su cantidad, sino que las disciplinas estudian la presencia de este. El método utilizado por neurólogos consiste en aplicar estímulos sobre la piel con objetos simples y diferentes entre ellos, para determinar las capacidades de discriminación. Entre ellos se encuentran pequeños cepillos, algodones y objetos punzantes para evaluaciones más generales. Para valorizaciones más precisas, se efectúa un ejercicio muy sencillo y bastante usado con un compás, que consiste en «pinchar» en la espalda con ambas puntas del compás, para luego ir alejándolas, con lo que se define a cuánta distancia la persona es capaz de distinguir que son dos estímulos diferentes. Aproximadamente a los 5-7 cm tu notas que son dos pinchazos distintos. Entonces hay zonas del cuerpo donde los receptores están muy cerca y tienen una mayor sensibilidad, y otras zonas que están más separados (Comunicación oral, 2018).

Imagen [11] página 41: House, Earl Lawrence. Pansky, Ben. - A functional approach to neuroanatomy 1960

Por otra parte, en neurociencia, se utilizan las resonancias funcionales, mejor conocidas como «neuroimágenes», las cuales permiten observar las

zonas del cerebro que se activan cuando se están percibiendo sucesos (Comunicación oral, 2018).

En el testeo ideado, se busca comprender qué es lo que perciben los participantes cuando son sometidos a la exploración de diferentes texturas, por lo que en este caso se utiliza la descripción de las texturas mediante adjetivos.



[Rodolfo Véliz, 59 años, Ingeniero comercial]

[Elaboración propia, 2018]

Resultados cuantificación de rugosidad: ¿Del 1-10, con qué número calificarías esta superficie, siendo 1 menos rugoso y 10 lo más rugoso?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Promedio
Lija 50	10	10	9	10	10	10	10	10	10	7	10	9	9	10	9	10	9	5	9,27
Lija 80	11	10	9	9	10	9	10	6	9	6	10	8	9	8	9	11	8	4	8,67
Lija 120	9	7	5	8	8	6	9	4	7	3	8	4	8	5	7	8	7,5	3	6,47
Lija 180	8	8	5	8	7	4	9	4	5	2	7	3	5	5	7	9	7	3	5,88
Lija 320	7	4	3	6	6	3	8	2	3	1	5	2	3	4	6	7	6	2	4,33
Lija 320_2	6	4	2	5	5	2	8	2	3	1	4	2	2	4	5	6	4,5	2	3,75
Arpillera	8	5	5	5	7	5	6	8	3	4	7	6	4	6	4	6	6	6	5,61
Terciopelo	2	0	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	3	2	2	1,61
Tejido	9	7	4	7	8	8	8	5	8	7	9	6	6	7	7	7	7	7	7,05
Lona	4	3	3	7	5	4	3	3	7	2	5	1	1	3	3	7	3,5	4	3,80
Lino	3	2	4	6	5	3	3	7	4	2	4	3	2	3	4	6	2,5	3	3,694
Croché	10	8	8	10	10	10	9	10	9	9	10	7	8	9	8	10	6,5	6	8,75

Resultados sensación de percepción: ¿Qué sensación te provoca esta textura?

Material	Descripción de sensación
Lija 50	Desértico-Nervio-Rasposo-Poroso-Rugoso-Dolor-Daño-Raspar algo-Lija-Lijando-Poco cálido-Pista de recortán-Duro-Alegría-Lija-Lija-Lija madera-Áspero.
Lija 80	Desgaste-Desagradable-Potente-Más suave-Desagradable-Molestia-Daño-Más fino-Traba-Lija-Tosco-Lo mismo-Lija-Igual-Lija-Piso para no resbalarse-Trabajo-Menos áspero.
Lija 120	Trabajo-Rasposo(más suave)-Lima Uña-Más suave-Más fino-Áspero-Daño leve-Más fino y agradable-Elegancia-Escalofrío-Más suave que el anterior-Suave-Menos rugoso-Piso para no resbalarse-Lija gastada-Lija gastada-Lija-Lija azul de PVC.
Lija 180	Detalle-Lima-«Te frena»-Abrasivo(pero+fino)-(igual al 80)-Daño leve-Escalofríos-Nada-Menos frío-Lija usada-Pintura de casa-Silla-Lija gastada-Lima uñas-Nada-Igual.
Lija 320	Terminaciones-Más suave-Entretenida-«Te frena»-Más delgada-Más unida-Más suave-Lija suave-Mejor para tocar-Naturalidad-Tranquilidad-Suave-Lija gastada-Parecido-Goma Eva-Goma Eva-Incomodidad-Trabajar madera-Lija muy fina (300 algo).
Lija 320_2	Exageración-Más suave-Suavidad-Más delgada-Tolerable-Lija suave-Igual-Nada-Suavidad-Más cálido-lo mismo-Pintura-Funda cojín-Madera-Suave-Raro-Casi papel.
Arpillera	Dolor-Malla papa-Raro-Alfombra-Puntitos-Áspero-Relajo-Tela cortada-Pantalón-Sofá-Áspero-Tela,género-Sofá-Alfombra-Nada-Áspero, hilos-Aburrimiento-Pelotitas, de hilo, puntitos.
Terciopelo	Comodidad-Más Suave-«Fluffy»-Suave-Limpia--Suave-Más abierto-Suavidad-Suave-Suave-Tranquilidad-Terciopelo-Cálida-Terciopelo, escalofríos-Suave-Calentito-Tranquilidad-Suave, pelitos-Rico-Suave.
Tejido	Sufrimiento-Incómodo-Ondulado-Raro-Ondulado-Gruesa-Tela-Rugoso-Algo duro-Nada-Apretos-Frío-Más fría y Tosca-Tejido-Asiento, Sillón-Alegría-Nada-Chaleco tejido, trenzas-«Del campo»-Líneas, lana, hilo envuelto alrededor del tejido.
Lona	Barato-áspero-poco cálido-Jeans-No me gusta-Papel-Nada-Alfombra-Áspero-Frialdad-Desértico-Cortina-Fome-Lona-Sábana de cama-Fome, plano-Antigüedad-Áspero, duro, jeans-Cojín antiguo-Tela común.
Lino	Simpleza-Fricción-Nada-Suavidad-Porosidad-Tela-Calma-Lomismo-Flexible-Flexible-Nada-Naturalidad-Acariciable-Amorfa-Género-Género de ropa-Tristeza-Emoción-Raro-Sillón-Tela más suave, hilo más fino.
Croché	Destrucción-Poco Flexible-Expandible-«Para limpiarse los pies»-Imperfectas-Oscuridad-Rugosidad-«limpiarse pies»-Telarañas-Paja de caballo-No me gusta, fría-Tejido, croché-Cosas para decorar-Alegría-Alfombras de Zapallar-Alfombra de mimbre-Algo rompiéndose-Más hoyos.

Resultados conexión mano-rostro: ¿Sientes una conexión entre la sensación percibida y el movimiento de tu mano? ¿Cuál? ¿Sientes que la percepción de la textura fue más precisa con las manos?

- «Me perdí, no relacioné las 2 cosas. Logro captar que pasó al mismo tiempo. No logro captar lo que era».
- «Mientras yo movía [mano], eso se movía [textura]».
- No relaciona «porque están en diferentes lugares».
- «No conecto 2 cosas»

- «No encontré relación. Traté de relacionar la textura, cuál era».
- «Estar avanzando en un túnel».
- «No sentía que lo que hiciera con la mano importara en lo que sentía».
- «De aspereza. Me recordó que mi mano había tocado algo áspero».



[Enrique Ossandón, 14 años, estudiante]

[Elaboración propia, 2018]

Resultados: Precisión mano-rostro.

- *Mano*
- *Mano. «Se siente más suave en las manos».*
- *«Puse más atención en la sorpresa de la cara que sobre la textura misma».*
- *«Sentí más suave en la mano».*
- *La mano. «Lo palpo con los dedos y así puedo yo ir deslizando la mano sobre las texturas y el tiempo que quiera».*
- *Mano. No se acuerda exacto, pero sentía «montañas» [en el rostro] y recuerda que estaba por el medio [la textura sentida en el rostro v/s lo que había tocado con las manos].*
- *«Con las manos, por la barba, es muy áspera».*
- *«Manos mil veces».*
- *«Tengo mejor tacto en las manos, estas las puedo mover».*
- *Manos.*
- *«La cara. Supongo que es porque es más sensible»*
- *«La mano, lo puedo palpar mejor, tocar la textura».*
- *En la cara. No sé por qué.*
- *Con la cara.*
- *«Los dos fueron súper parecidos».*
- *«Con la mano, porque puedo tocar las esquinas, por otros lados».*
- *«Con la mano, porque lo toqué primero con eso».*

Conclusiones.

- La hipótesis se cumple.
- Importancia del elemento sorpresa. En este caso, es difícil identificar la textura en la cara, debido a que se está pendiente de que está sucediendo algo que no esperaban.
- Muchas personas no hacen la conexión entre el accionar de la mano y la percepción táctil en el rostro, debido a que están en partes diferentes.
- Se comprueba que sí es posible engañar al cerebro, ya que algunas texturas eran iguales, sin embargo se percibían distinto. Esto también sucedía, porque las lijas estaban ordenadas de mayor rugosidad a menor rugosidad, por lo que muchos asumían que la secuencia continuaba con la última.
- No se acuerda de la textura exacta, pero sentía «montañas» en el rostro. Una vez que el participante se saca el antifaz, logra identificar con la vista qué tela se pasó por el rostro. «Estaba por al medio».
- No siente una conexión porque no relaciona el accionar de la mano con el rostro. Esto significa que hay que poner atención en el posible aprendizaje del dispositivo, cosa que el cerebro sí es capaz de hacer.
- Otra razón, es que intentaron identificar la textura que era, y no se concentraron en la relación con la mano.
- Se siente una relación de movilidad: «Mientras yo la movía [mano], eso se movía [textura rostro]».
- Algunos sienten mayor suavidad en la cara y otros en las manos, siendo que son la misma tela.



[Magdalena Irarrázaval, 11 años, estudiante]

[Elaboración propia, 2018]

- Muchos encuentran que las lijas son bien parecidas. Esto es bueno para el proyecto, ya que significa que no es necesario que la replicación de la textura tenga un 100% de precisión, sino que la percepción del tipo de la textura, a pesar de sus diferencias milimétricas es muy similar.
- La mayoría de los testeados, necesita comparar con las superficies anteriores para poder dar una respuesta en cuanto a su rugosidad.
- Algunos testeados utilizan sus dedos para percibir, otros las palmas y otros ambas manos.
- Importancia de la secuencia del tacto: como dice Walter Tiest (2015), no es lo mismo sentir una textura rugosa luego de una suave. «Me quedaron los dedos como raros» [luego de tocar mucho las lijas].
- Un elemento en común entre los participantes, es que todos pasaban la mano muchas veces en cada textura hasta terminar de contestar. Las movían en círculos, usaban las uñas y palmas.
- Selección de las manos como mejor herramienta para la precisión de las texturas, debido a su movimiento y libertad para ocuparlas.
- Las respuestas de las sensaciones percibidas se pueden clasificar en 2 tipos de respuestas: las con connotación emocional y las más pragmáticas (que describen lo que creían que era el objeto).
- Existe una gran asociación de la sensación con objetos y materiales conocidos en el pasado. Se remite mucho a las experiencias personales de cada persona, como por ejemplo «me recuerda a cuando lijamos el banco de mi patio».
- Muchos de los tejidos que son similares, no causan ninguna sensación o emoción en las personas, más que el reconocimiento de que son géneros y telas.
- Algunos participantes logran identificar el tipo de tela que se está percibiendo, con nombre.
- Relación edad-respuestas: los participantes que lograron relacionar el tejido con el rostro, tenían 16 años (mujer), 11 años (mujer), 18 años (hombre) y 21 años (hombre). Sin embargo, el de 13 años, eligió lona, y el otro hombre de 21 años eligió lino.
- Relación ocupación-respuestas: existe una estrecha relación entre la ocupación de algunos de los participantes y sus respuestas. Por ejemplo, un ingeniero civil es capaz de identificar la numeración de una de las lijas.

15

Propuesta formal

QUÉ

Interfaz mecánico-digital de traducción y traslación del sistema háptico de las extremidades superiores mediante el uso de patrones vibracionales en una zona vinculante en el cerebro de estas.

POR QUÉ

Las extremidades superiores son la principal fuente de recolección de información háptica del entorno. El ser humano necesita una retroalimentación de sus interacciones con este para comprender y disfrutar el mundo en el que vive, que se pierden en casos de la Piel de cristal, artrosis, amputaciones, Neuropatías entre otros.

PARA QUÉ

Expansión y aumento del sentido de la percepción del tacto en las manos, para las personas sin sensibilidad, con el fin de generar feedback inmediato sobre las interacciones hápticas del ser humano y una mejor comprensión de su entorno.

Formulación. El proyecto, inmerso en el contexto de Investigación y Desarrollo, consiste en el desarrollo de un dispositivo que funcione como una interfaz mecánico digital entre las personas con pérdida de sensibilidad en sus extremidades superiores (o pérdida de estas) y su entorno. Este dispositivo es un wearable de uso diario, cuyo fin es que las personas puedan sentir a través de sus manos, conocer y explorar el mundo en sus actividades diarias. El objetivo es que estas puedan percibir las diferentes texturas que los rodean pero en otra parte del cuerpo de alta sensibilidad, cuando en realidad no están sintiéndolas literalmente con los receptores nerviosos de las manos.

Este producto se enfoca en la traducción y traslación de las distintas superficies, desde las manos hacia el cuello, para luego generar una retroalimentación sobre las sensaciones que se producen con la acción del tacto, mediante patrones vibracionales que simulen las sensaciones que producen las superficies.

La selección de la ubicación del output, el cuello, se debe a un análisis del Homúnculo de Penfield y estudios sobre las zonas asociadas de sensibilidad en pacientes amputados, que determinan una relación estrecha entre las manos y el rostro. Además, es importante no confundir en mayor medida al cerebro, por lo que la utilización de las zonas vinculadas en la corteza del cerebro es asimismo, una forma de aumentar la veracidad de las retroalimentaciones recibidas.

Funcionamiento. Se establece la rugosidad (áspero-liso) como la principal dimensión de las texturas para la traducción. La rugosidad se determina por la diferencia de altura en las superficies, las cuales pueden ser determinadas de diferentes maneras. En este caso, se propone la utilización de imágenes de texturas y su posterior intervención, aprovechando los colores y píxeles de las fotografías para determinar la diferencia de alturas. Se seleccionan una serie de texturas que se transformarán en las texturas predeterminadas del dispositivo, las cuales serán lo suficientemente rugosas para ser simbolizadas mediante vibraciones. Cada imagen representa la sección de una superficie u objeto, y es esta zona la que luego en base a una cuadrilla, tendrá una traducción de puntos, similar al braille, en el cuello del usuario.

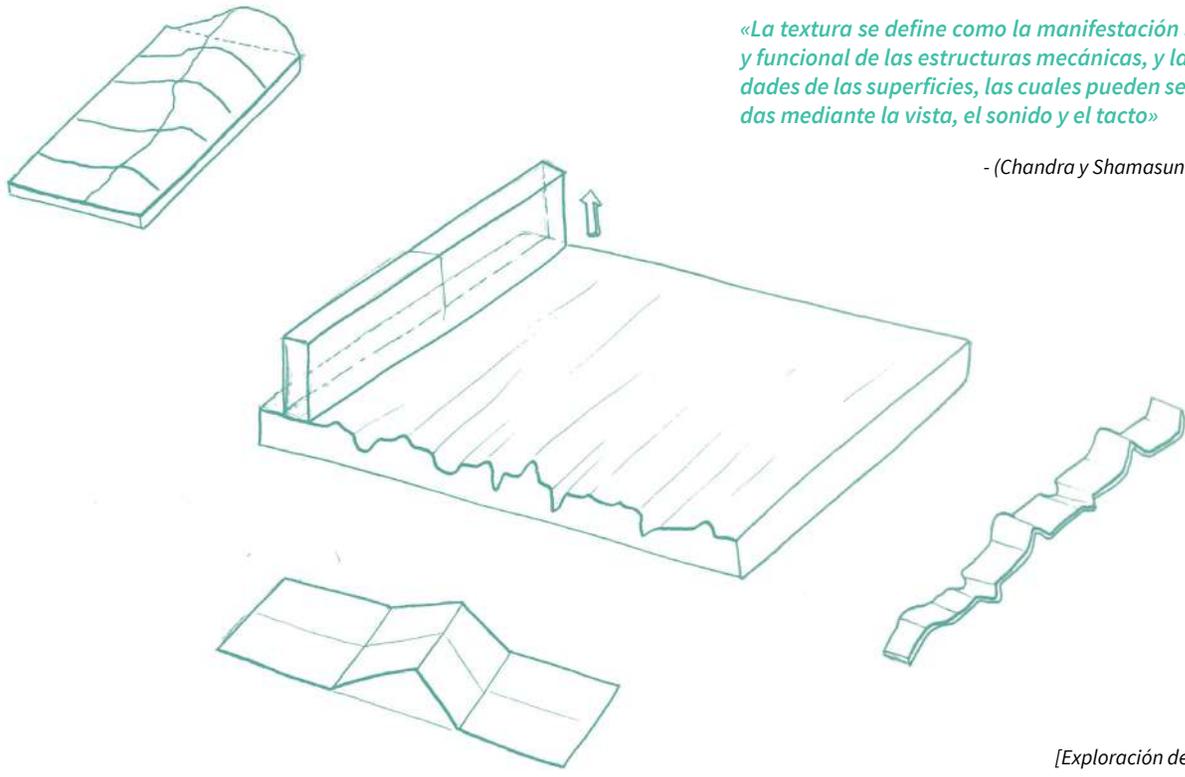
Cada altura de las superficies, se traduce en un punto de presión mediante vibraciones. Los puntos de vibración se distribuirán en filas y columnas para generar sensación de espacialidad, en vez de todos sobre el mismo punto. Si fuera una sola línea de estímulos a lo largo del cuello, la percepción sería diferente, ya que luego de varias cargas de vibración, la piel comenzaría a acostumbrarse y perdería la opción de distinguir estímulos en términos espaciales.

Se busca que la interfaz pueda ser utilizada en la vida diaria de las personas, a diferencia de los dispositivos de traducción sensorial que se mantienen en los laboratorios. Por otro lado, se busca que el resultado

sea más económico que los productos similares que se encuentran en el mercado, con el fin de que pueda llegar al público general.

Es importante destacar que el proyecto no busca generar una imitación exacta de las cualidades de las superficies encontradas en el entorno, sino que es generar sensaciones a partir de las superficies a través de un efector.

Además, como se explica en la sección de «plasticidad neuronal», el cerebro tiene la capacidad de aprender con el tiempo diferentes asociaciones. Es por esto, que el proyecto contempla este proceso, en donde se ejercitará el uso de la interfaz, lo cual permitirá las futuras asociaciones entre secuencias específicas y texturas específicas.



«La textura se define como la manifestación sensorial y funcional de las estructuras mecánicas, y las propiedades de las superficies, las cuales pueden ser percibidas mediante la vista, el sonido y el tacto»

- (Chandra y Shamasundar, 2015).

[Exploración de texturas]

[Elaboración propia, 2018]

16

Caracterización de las texturas

Se realiza un análisis de las texturas que comúnmente pueden ser encontradas en el día a día de las personas. En primer lugar, se comienza a partir del concepto de texturas, y lo que significa la rugosidad y cómo la piel reacciona ante ellas.

Se halla un número de aspectos relacionados con los materiales de los objetos que nos rodean, de los cuales los más notorios son la aspereza, la docilidad, el deslizamiento y su frialdad. Las dos primeras corresponden a características propias de la superficie misma, mientras que las dos últimas son propiedades de la masa de los elementos (Tiest, 2015). Para propósitos de este proyecto, la definición de las propiedades de las superficies es muy importante, ya que estas aportan información para luego poder ser traducidas. La aspereza (roughness) se relaciona con la diferencia de altura que existe en las superficies, y puede ser percibida estáticamente, es decir, sin tener que mover la mano por la superficie, y puede ser medida con un perfilómetro. Por otro lado, la docilidad (compliance) está relacionada con la elasticidad de las superficies,

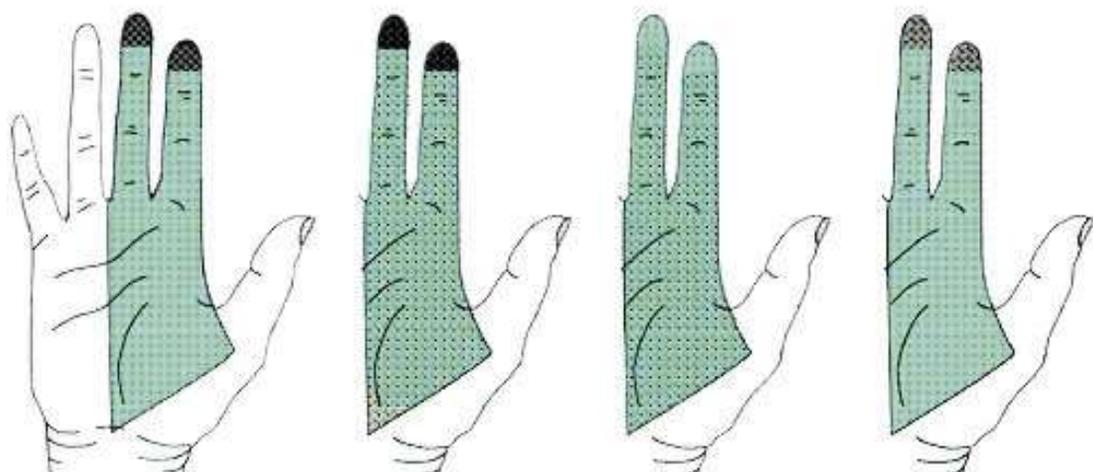
la cual puede ser percibida de forma dinámica, es decir apretando el objeto, estrujándolo, entre otros. (Tiest, 2015). Es importante reconocer que la presión en la piel tiene un rol importante en la percepción de estas propiedades (Li, et al, 2015), dado que la deformación de la piel, entrega en un segundo plano, información sobre la haptividad de los elementos.

La aspereza es la más estudiada con respecto al contexto de percepción táctil. Lo que ocurre, debido a que es una de las características más importantes en la exploración de texturas, validado en base una Escala Multidimensional (Multidimensional scaling, MDS). La definición de la percepción de aspereza, se diferencia de su definición física. Esta no está muy bien definida, ya que depende del estímulo utilizado, y obedece a la distribución de presión y vibraciones irregulares en la piel (Li, et al., 2015). La piel humana, es capaz de detectar superficies muy pequeñas, incluso microscópicas, con amplitudes que van desde los 300 μm a los 90 μm (micrometros = 0,0001 cm) (Zhang, 2016). La percepción de la aspereza se relaciona con la am-

plitud de las vibraciones ponderada con la frecuencia de respuesta, la cual describe qué tan fuerte responden los receptores Pacinianos (Li, et al., 2015). Es importante recalcar que el contexto en el que se ubica la percepción del tacto es relevante para la respuesta de los individuos, ya que no es lo mismo sentir una textura rugosa luego de tocar una lisa, por lo que la primera se sentirá aún más rugosa (Tiest, 2015). Un estudio para identificar los parámetros cuantitativos de la percepción de los dedos en superficies rugosas, determinó que cuando existía tacto estático en combinación con el tacto dinámico, la rugosidad puede ser detectada mediante solo vibraciones (Li, et al., 2015). Para medir los parámetro de dureza, se utiliza Ra, medida que se relaciona con el promedio de la línea central en la altura de las superficie identificada, en donde también el ángulo relativo a las texturas juega un papel importante (Zhang, 2016).

Pero, ¿es la piel capaz de captar, resolver y entender patrones complejos, con variaciones de temporalidad y espacialidad? Muchos estudios comprueban que la piel puede comprender complicados sistemas de símbolos, como se demuestra en un experimento

realizado por Gerald en 1966, en donde los participantes pudieron dominar un nuevo lenguaje táctil en pocas horas (Gunther y O'Modhrain, 2003). Incluso, «el esquema del cuerpo puede ser extendido para incluir objetos incorpóreos que guardan relación con el cuerpo mismo, como la ropa, los ornamentos y las herramientas» (Berluchi y Aglioti, 1997). Estos lenguajes o patrones vibracionales tienen un gran afecto en las emociones y sensaciones de las personas. La «Doctrina de las vibraciones» establecida por Hartley en «Observations on a man» establece que las sensaciones generadas por las vibraciones generan ideas, y estas ideas a la vez producen pensamientos, sentimientos, recuerdos y otros aspectos mentales de la vida diaria de cada persona (Trower, 2012). Con esto, se puede hipotetizar que las vibraciones pueden convertirse en un medio para traducir texturas, porque además pueden tomar un rol en la «imaginación material», concepto que aporta un significado entre la distinción objeto-sujeto (Trower, 2012).



Discos de
Merkel

Corpúsculos
de Meissner

Corpúsculos
de Ruffini

Corpúsculos
de Pacini

[12]

Imagen [12] página 49: Localización de neuronas receptoras del tacto. Fotos:psicoactiva.com

Los cuatro tipos de neuronas se encargan de:

- Tacto ligero.
- Tacto grueso.
- Percepción de texturas.
- Detección de presiones.
- Detección de vibraciones y estímulos más profundos.

Se realiza una compilación de fotografías de elaboración propia sobre objetos que contienen texturas rugosas. Estos objetos pueden clasificarse en base al lugar en el que pueden ser localizados. Las series se toman con acercamientos para captar las diferencias de altura, tanto de frente como en perspectiva y profundidad de campo.

Texturas urbanas. La primera serie de fotografías, contiene «texturas urbanas», las cuales incluyen texturas fácilmente encontrables en la calle, tales como materiales de construcción, tapas de alcantarillado, entre otros.

Todas las fotografías de las tres próximas series son de elaboración personal.







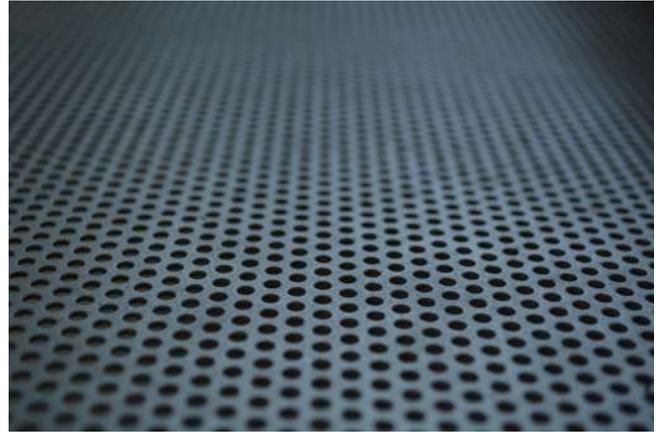
Portón oxidado de metal



Tapa de agua, Fundición Dúctil Benito: NCH 2080 clase 22



Muro de concreto de casa en construcción



Portón exterior de casa



Tapa alcantarillado, Grupo GTD: UNI EN 124 C250 Ironrust



Cerco de madera blanco envejecido



Vereda en construcción



Imitación de rocas en el piso



Carro de carga de autos



Muro de hormigón con enchape de ladrillo



Neumático viejo abandonado



Pastelón de electricidad, Chilectra: EN 124-D400

Texturas domésticas. Por otro lado, la segunda serie, «Texturas domésticas» contabiliza texturas que se encuentran dentro de la vivienda de las personas, como por ejemplo telares, alfombras, etc.







Tejido de mimbre



Telar de fieltro



Alfombra de lana sintética



Rejilla estufa eléctrica



Cortina de angora



Telar



Bandeja metálica de parrilla a gas



Piezoera de lana de oveja



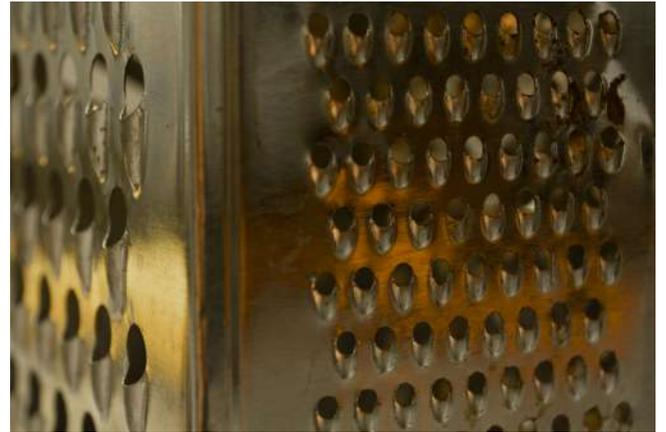
Base de madera de luminaria



Cortina de lino



Mesa de centro tejido de mimbre



Rallador

Texturas naturales. La serie «Texturas naturales» contiene imágenes sobre texturas que se pueden encontrar en la naturaleza, sin intervención del hombre.







Tronco árbol Tulipero de hoja caduca



Corteza palmera



Raíces inferiores palmera



Tierra seca



Tronco



Tronco talado



Corteza palmera



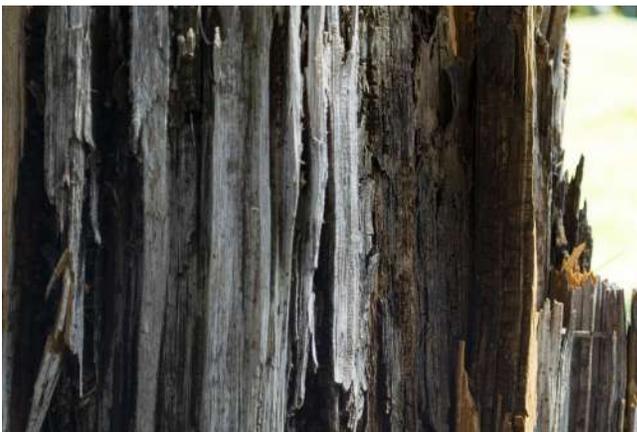
Piñón



Tronco y enredadera



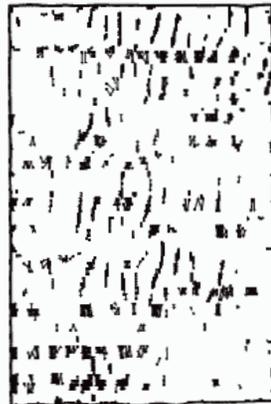
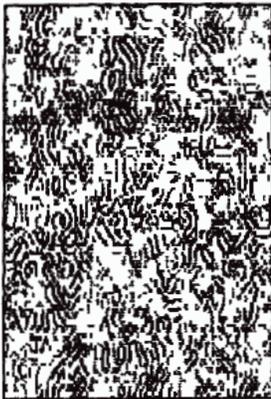
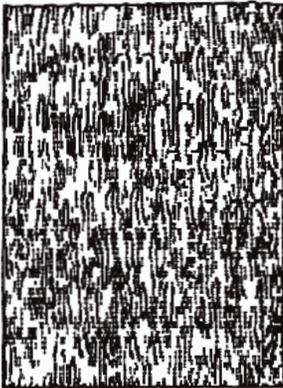
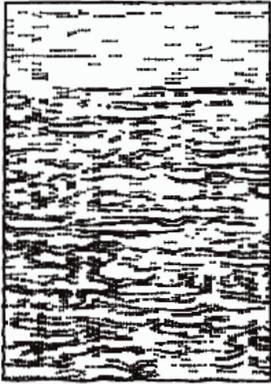
Roca



Corteza árbol talado



Maleza seca

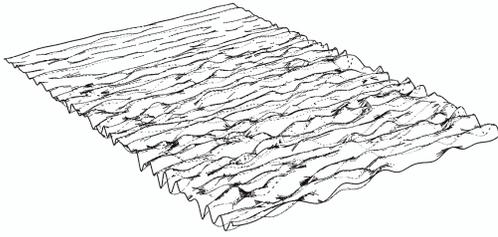


[Elaboración propia, 2018]

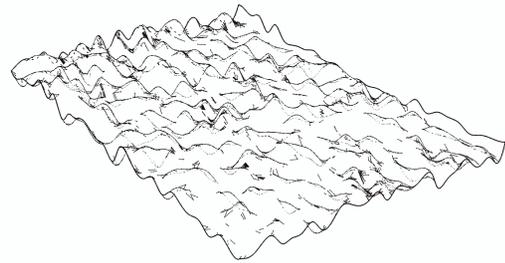
Bump maps. Se realiza un análisis de texturas en el programa Rhino, en el cual se insertaban fotografías de texturas y mediante el comando «Bump Maps» se lograba transformar la imagen en 3D.

En la página 28 se muestran las texturas desde una vista en planta, las cuales se encuentran ubicadas de la misma forma en la página 29, con una vista isométrica.

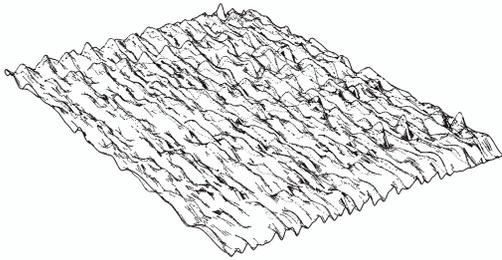
Problema. Cuando las texturas son muy irregulares, el resultado en 3D no es muy verídico con respecto a la textura original.



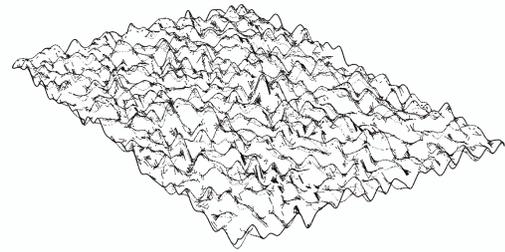
Respaldo de paja de una silla



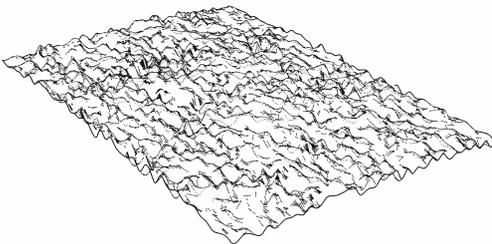
Cubrecamas tejido lana



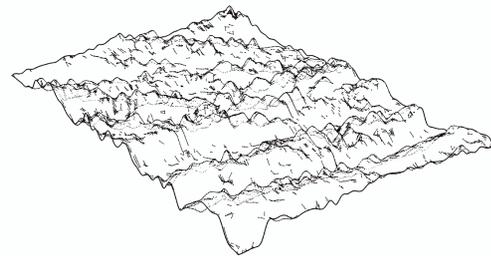
Tejido de totora



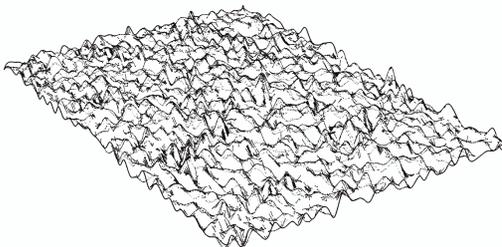
Piso de piedras



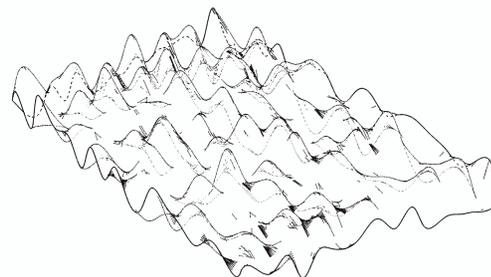
Muro de hormigón con terminación gravillada



Manta de polar



*Muro de hormigón con terminación gravillada
(con menor precisión en Rhino)*



*Manta de polar
(con menor precisión en Rhino)*

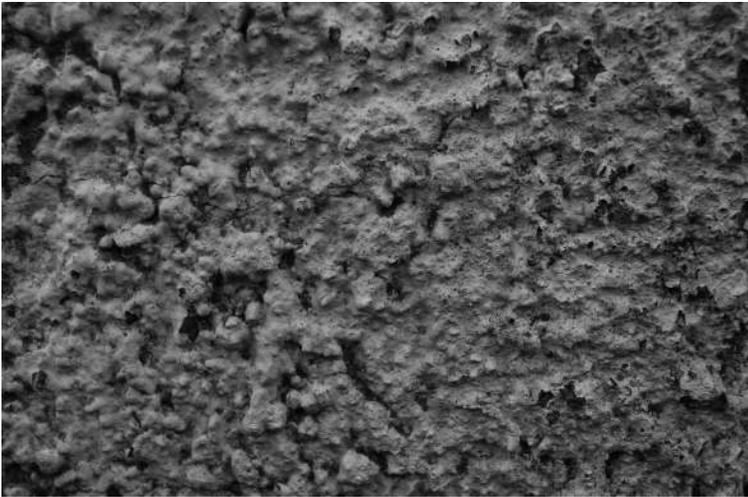
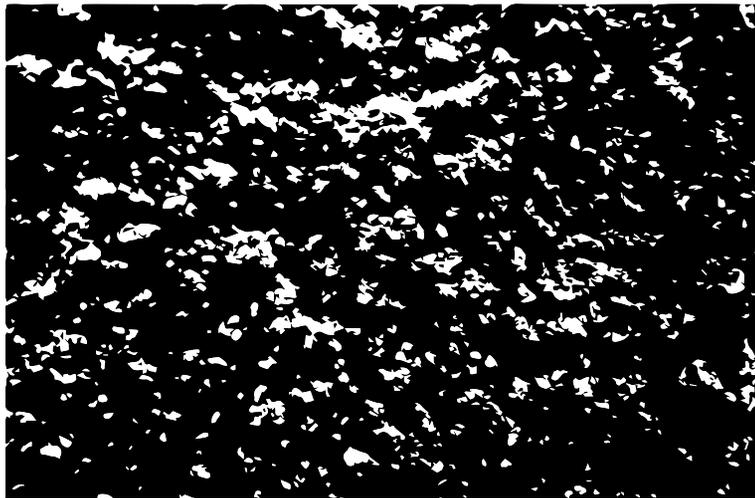
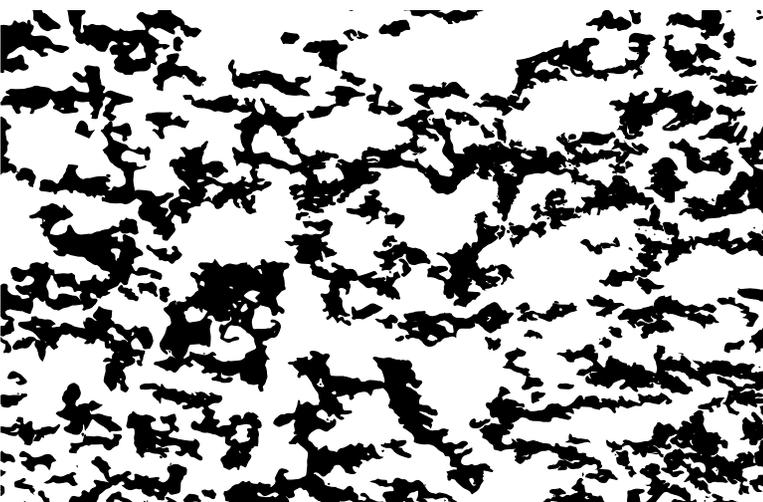


Imagen original en blanco y negro



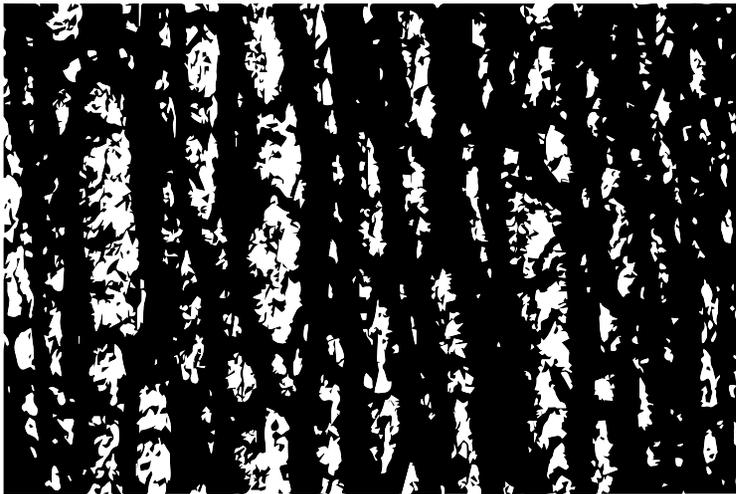
Calco de imagen en Illustrator



Limpieza de los vectores



Imagen original en blanco y negro



Calco de imagen en Illustrator



Limpieza de los vectores

Para tener una mejor comprensión de cómo se comportan las fotografías de texturas en términos digitales y su posible transformación a códigos, se trabajan 3 texturas diferentes, las cuales poseen cualidades diferentes tales como: regularidad de la textura, forma de las elevaciones y tamaño de los patrones.

Cada imagen es sometida a diferentes procesos, tales como: contraste máximo, filtro de píxeles, mapas de relieve y mapas normales.

Conclusiones. Se puede concluir, que bajo estos procesos digitales, las texturas que mejor funcionan en todas las intervenciones, son siempre las con mayor grado de regularidad y tamaño. Este es un importante aspecto a considerar debido al poco tiempo que se tiene para realizar el proyecto y en base a la necesidad de llegar a una traducción verídica y precisa.



Original



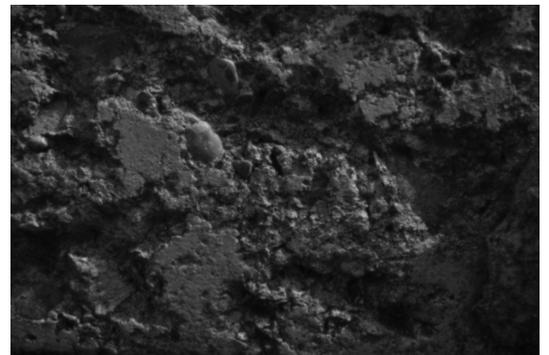
Máximo contraste posible en Photoshop



Filtro Pixeles, mosaico, tamaño 100



Mapa de relieve, escala de detalles 120



Mapa normal, escala de detalles 50



[Elaboración propia, 2018]



Original



Máximo contraste posible en Photoshop



Filtro Píxeles, mosaico, tamaño 100



Mapa de relieve, escala de detalles 120

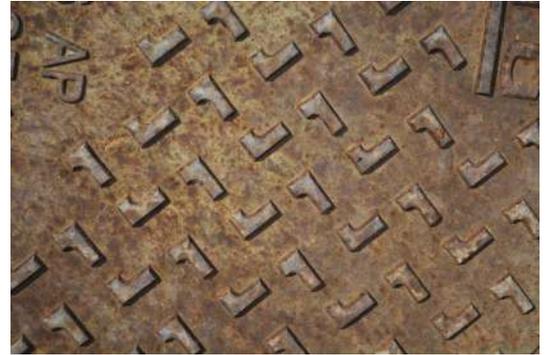


Mapa normal, escala de detalles 50

Original



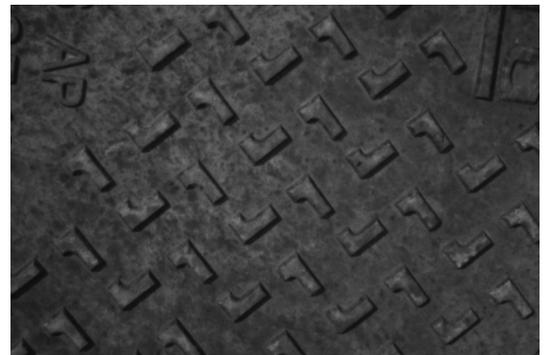
Máximo contraste posible en Photoshop



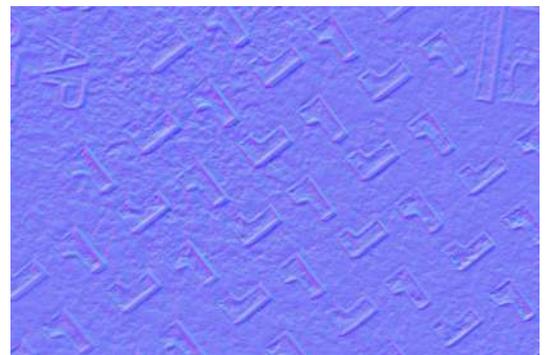
Filtro Píxeles, mosaico, tamaño 100

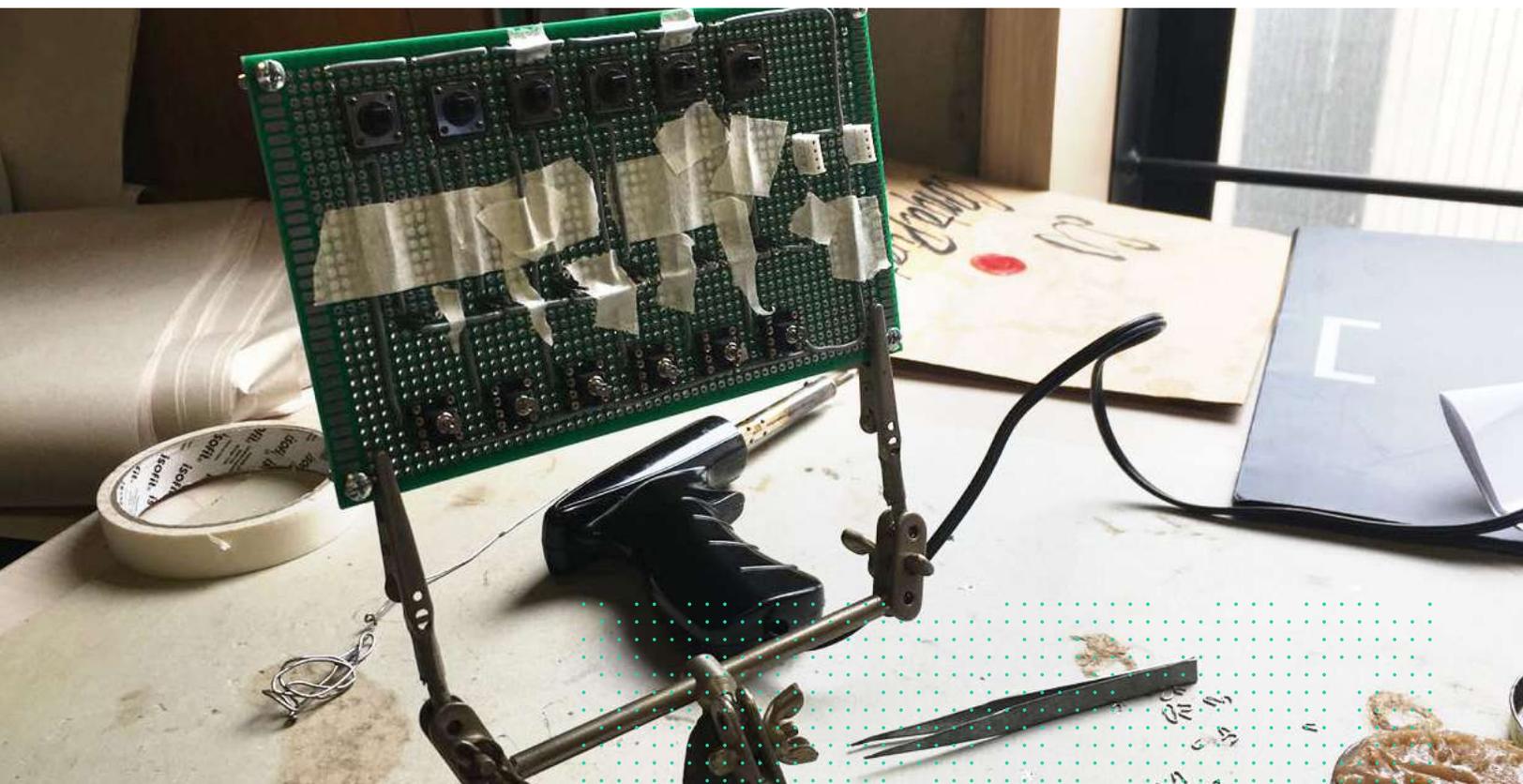


Mapa de relieve, escala de detalles 120



Mapa normal, escala de detalles 50





[Elaboración propia, 2018]

17

Prototipado: materialización de la propuesta

El elemento más importante del proyecto consiste en el efector mecánico, por lo que fue el primer componente en ser prototipado. Todo el proceso, se pensó con el objetivo de generar diferentes puntos de contacto en la piel que imitaran la sensación que producen las texturas en la piel.

Para esto, se divide el proceso de prototipado en diferentes ámbitos:

En primer lugar se indaga sobre las posibles **tecnologías** que podrían ser usadas para el punto de contacto con el cuerpo. Para este propósito, se indagan sobre tecnologías mecánicas que puedan ser controladas mediante electricidad. Los principales focos de búsqueda se centraron en sistemas mecánicos que puedan ejercer presión mediante un movimiento, y por otro lado los sistemas de vibración existentes que tengan tamaños reducidos. En esta fase se realizan prototipos manuales y dibujos de exploración para aterrizar los diferentes diseños.

En segundo lugar, se realiza una exploración tanto visual como manual del posible **soporte** de la tecnología seleccionada, en este caso, los motores micro vibradores cilíndricos. En esta sección se examinan diferentes materiales y métodos de fabricación artesanal y digital.

Por último, se desarrollan los prototipos que incluyen el **soporte más la tecnología seleccionada**, resultando en prototipos funcionales que pueden ser manejados tanto de manera manual con pulsadores y mediante la programación de los motores.

Exploración de referentes de efectores mecánicos que permitan dar un «toque» como el código morse. Esto, para lograr la traducción de la altura de una superficie en un efector mecánico.

Magnéticos

Válvulas electromagnéticas

Eléctricos

*Polímeros electroactivados
Motores vibradores*

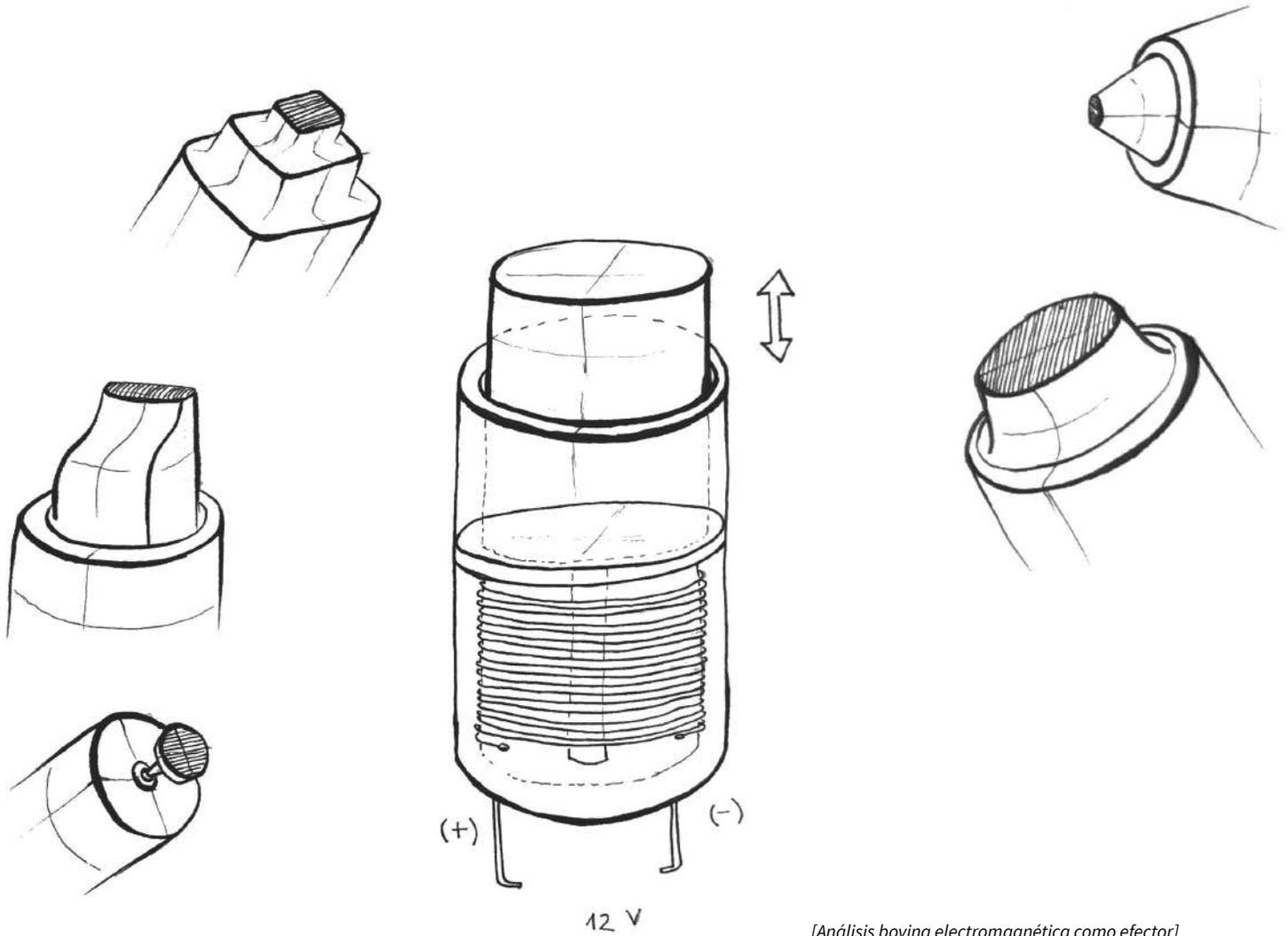
Mecánicos

*Actuadores lineales
Matrices de puntos*

Hidráulicos

Amortiguadores

Neumáticos



[Análisis bovina electromagnética como efector]

[Elaboración propia, 2018]

Actuadores magnéticos: válvula electromagnética.

Las válvulas electromagnéticas son electromagnetos que se componen de hilos de cobre envueltos en un armazón de metal y un pistón. Cuando se le aplica electricidad, el pistón es arrastrado hacia el centro de la bobina, permitiendo que este pueda tirar desde un extremo y empujar por el otro.

Existen varios tipos de solenoides, con diferencias de tamaños, distancia de arrastre y voltajes (el menor, compatible con arduino, se activa con 5V).

Desventaja. Pequeños problemas de reducción y velocidad de activación. Muchos de los solenoides económicos no tienen un sistema de sujeción, provocando la caída del pistón.

Mientras mayor número de vueltas de alambre de cobre se le da a la bobina, mayor potencia tiene de empuje, por lo tanto, mientras más potencia requerida, mayor es el tamaño.



[Prototipo casero de una válvula electromagnética en base de alambre de cobre y batería de 9V]



[13]

Imagen [13] página 73: Motor microvibrador plano. www.amazon.com

Imagen [14] página 73: Motor microvibrador cilíndrico. www.Amazon.com

Imagen [15] página 73: Actuador tornillo sin fin y corredera. <https://www.luisllamas.es/tipos-actuadores-lineales-proyectos-arduino/>

Actuadores eléctricos: Polímeros electroactivados.

Polímeros termo-elásticos: En altas temperaturas adquieren elasticidad; con la temperatura ya baja, rigidez.

Polímeros Gel: Incremento de volumen al ser hidratados con agua (reciben hasta 10 veces de agua según el volumen). Existen: Photoactive gels, magnetostrictive gels, thermo-active gels.

Desventajas. Funcionamiento muy lento (minutos), muy difíciles de controlar y de adquirir precisión, y las presiones de actuación son débiles.

Actuadores eléctricos: motores vibradores. En tamaños pequeños, existen cilíndricos y planos. Pueden ser activados con microcontroladores o baterías (cable positivo y negativo). Funcionan desde 2V a 5V. A mayor voltaje, mayor zumbido efectuado.

Ventajas. Pequeño tamaño, uso con bajo voltaje.



[14]



[15]

Desventajas. Necesidad de superficie rígida para efectuar un estímulo.

Actuadores mecánicos lineal: tornillo sin fin y corredera.

Los mecanismos de transmisión lineal son aquellos que transmiten el movimiento y la fuerza, de manera lineal, de un punto a otro.

El tornillo sin fin y corredera es un motor de corriente continua y vástago que acciona un corriente sin fin. Un elemento intermedio se desplaza entre los extremos del dispositivo. Depende de un motor externo.

Ventajas. Gran variedad de longitudes, capaz de ejercer grandes fuerzas.

Desventajas. Necesidad de una gran superficie para el movimiento del vástago.

Actuador mecánico: mecanismo musical a manivela de 18 notas con cilindro. Funciona en base a la vibración de un peine de metal que entra en contacto con púas de metal contenidas en un cilindro. Una manivela activa el mecanismo de ruedas dentadas que transmiten el movimiento al cilindro.

Desventajas. Canciones establecidas, falta de variabilidad (solo 18 notas).

Actuador mecánico: impresión matricial. La matriz de puntos contiene un cabezal que se desplaza linealmente de izquierda a derecha, para luego impactar sobre una superficie por un pequeño bastón metálico, empujado por un electroimán. Se usa en impresoras caseras, máquinas de escribir.

Desventajas. No se puede lograr el eje «y» con el mismo mecanismo; necesidad de un elemento que vaya moviendo la superficie de contacto.

Actuador hidráulico: Amortiguador. Funcionan según el principio de la transformación de energía cinética en energía térmica.

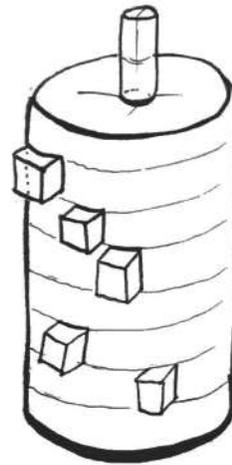
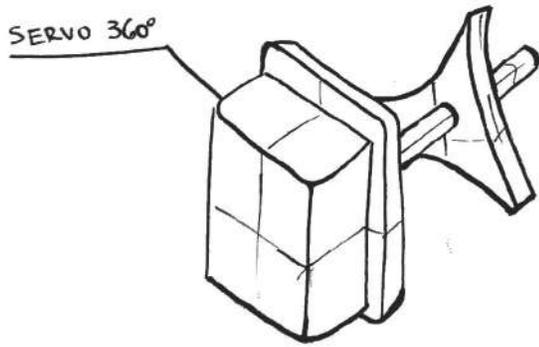
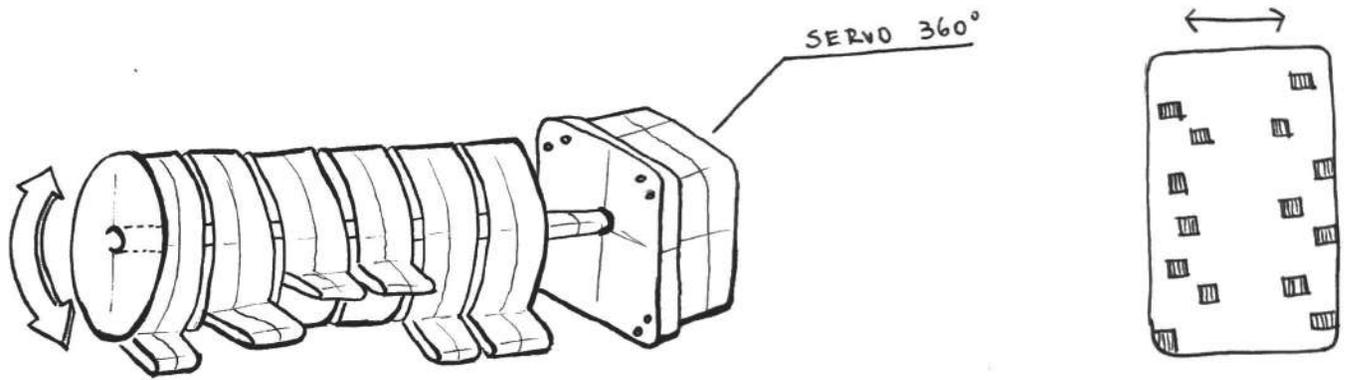
Desventajas. Problemas de reducción y precisión. Los amortiguadores de alto rendimiento tienen precios muy altos.

Actuador neumático. Trabajan con gas, y contiene un pistón dentro de otro.

Ventajas. Son más rápidos que los hidráulicos.

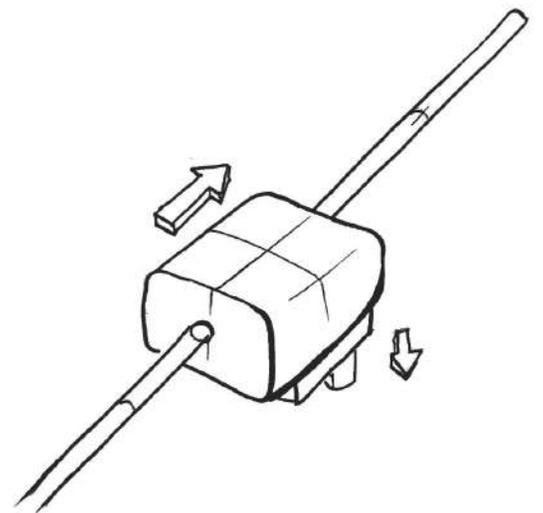
Desventajas. No pueden ejercer grandes fuerzas ni gran precisión.

Motores micro vibradores. Finalmente, se seleccionan las vibraciones como actor para la traducción sensorial, gracias a la capacidad de controlarse con bajos voltajes y su tamaño reducido en comparación a otras tecnologías existentes, además de poderse fácilmente captados por los receptores ubicados en la piel.



[Análisis mecanismos cilíndricos]

[Elaboración propia, 2018]



[Análisis mecanismo impresoras]

[Elaboración propia, 2018]

Vibraciones. Se escoge el método de la vibración como medio en la traducción sensorial.

La piel es altamente sensible a las vibraciones, ya que estas producen oscilaciones en los nervios que llevan la información del receptor hacia el cerebro. Existe un vasto espectro de emociones que pueden ser provocadas por el contacto de las vibraciones en la superficie de la piel. Incluso, todo un campo de la medicina en contextos terapéuticos, se dedica a la estimulación vibrotáctil con fines rehabilitadores (Gunter y O'Modhrain, 2003).

«El tiempo preciso y frecuencia de estas respuestas neuronales transmiten al cerebro mensajes específicos sobre texturas, similar a como las frecuencias de las vibraciones en el oído transforman la información en sonido» (Chicago Medical Center, 2012). Las texturas pueden identificarse en base a la frecuencia de las vibraciones que se producen en la piel, y por consiguiente en el nervio. «En otras palabras, si se conoce la frecuencia de la seda a medida que los dedos pasan sobre ella, se puede reproducir esa sensación mediante la estimulación de los nervios con la misma frecuencia, sin tener que tocar la tela» (Chicago Medical Center, 2012). El tiempo y frecuencia de las vibraciones que se producen en la piel al ser expuesta sobre superficies, es esencial para reunir información del medio ambiente (Chicago Medical Center, 2012).

La percepción de las texturas es distinta para cada individuo, y provocan diferentes sensaciones; al igual que en la literatura, en donde los patrones convexos y

cóncavos son preferidos por los humanos (Zhang et al., 2017), algunas texturas se consideran más cómodas, como las superficies blandas y lisas (Li, et al., 2015).

Se reduce la búsqueda a 2 motores vibradores debido a sus tamaños. El primero, contempla un microvibrador plano, con un diámetro de 1 centímetro. El segundo es un microvibrador que es utilizado en telefonía, que comprende un diámetro de 4,5 mm y un largo de 11 mm.

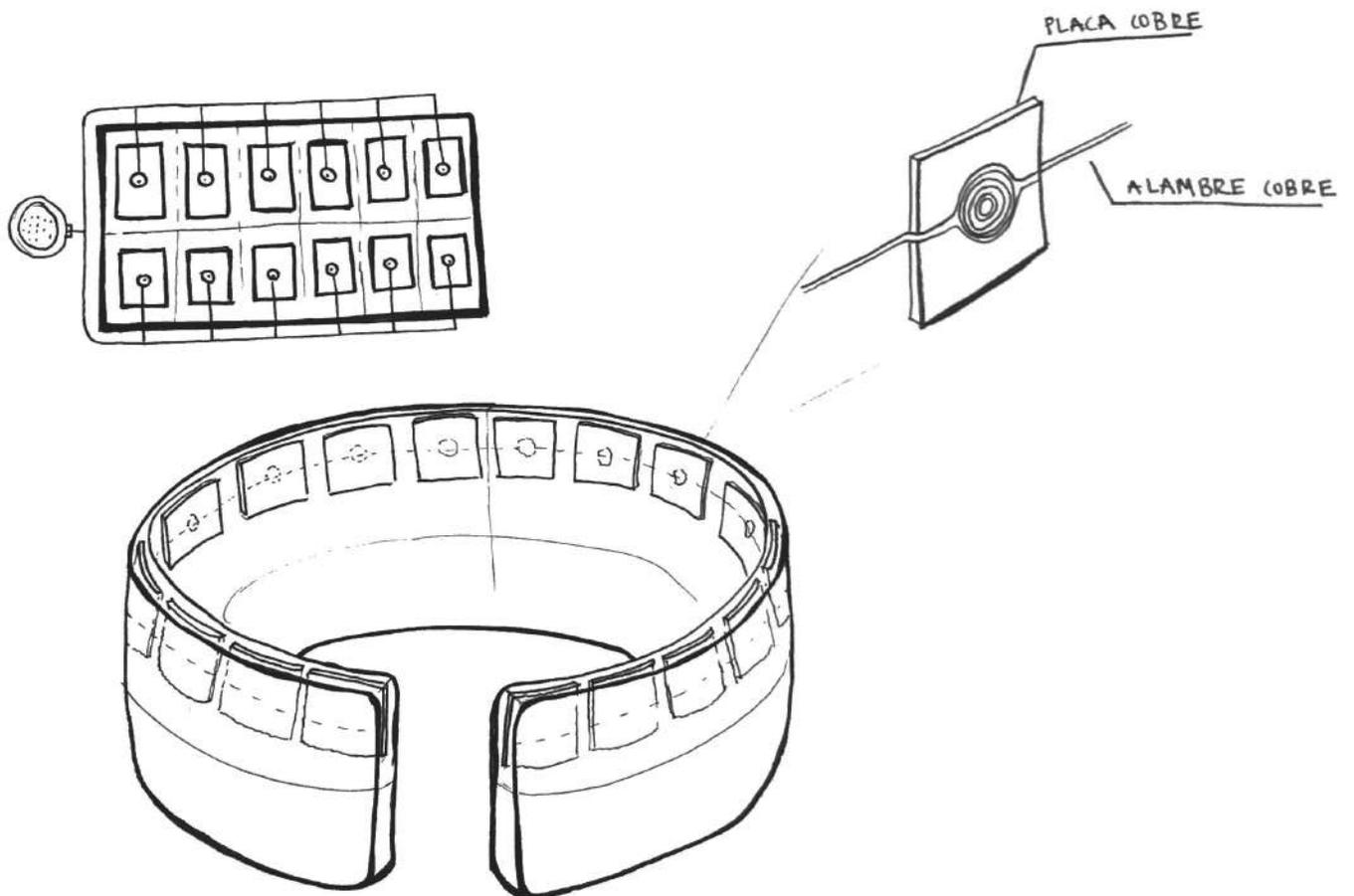
Se define en base a la cantidad de puntos que se buscan para la traducción sensorial, el número de motores que se utilizarán en el prototipo. En este caso, se espera emplear 60 motores micro vibradores, los cuales serán dispuestos en 10 columnas y 6 filas, con una separación de 5 mm entre cada uno. Esto, ya que el ancho que logran los 6 motores dispuestos en una fila, generan un ancho estándar para diferentes medidas de cuellos.

En base a estas características, se explora una gran cantidad de formas para el posible soporte que contendrá los motores, mediante un proceso de prototipado e iteración.

En una primera instancia, se explora mediante croquis, y cómo se integraría el soporte y la tecnología escogida, sin descartar otras posibles formas de transmitir las vibraciones.

PROTOTIPADO: EXPLORACIÓN DEL SOPORTE

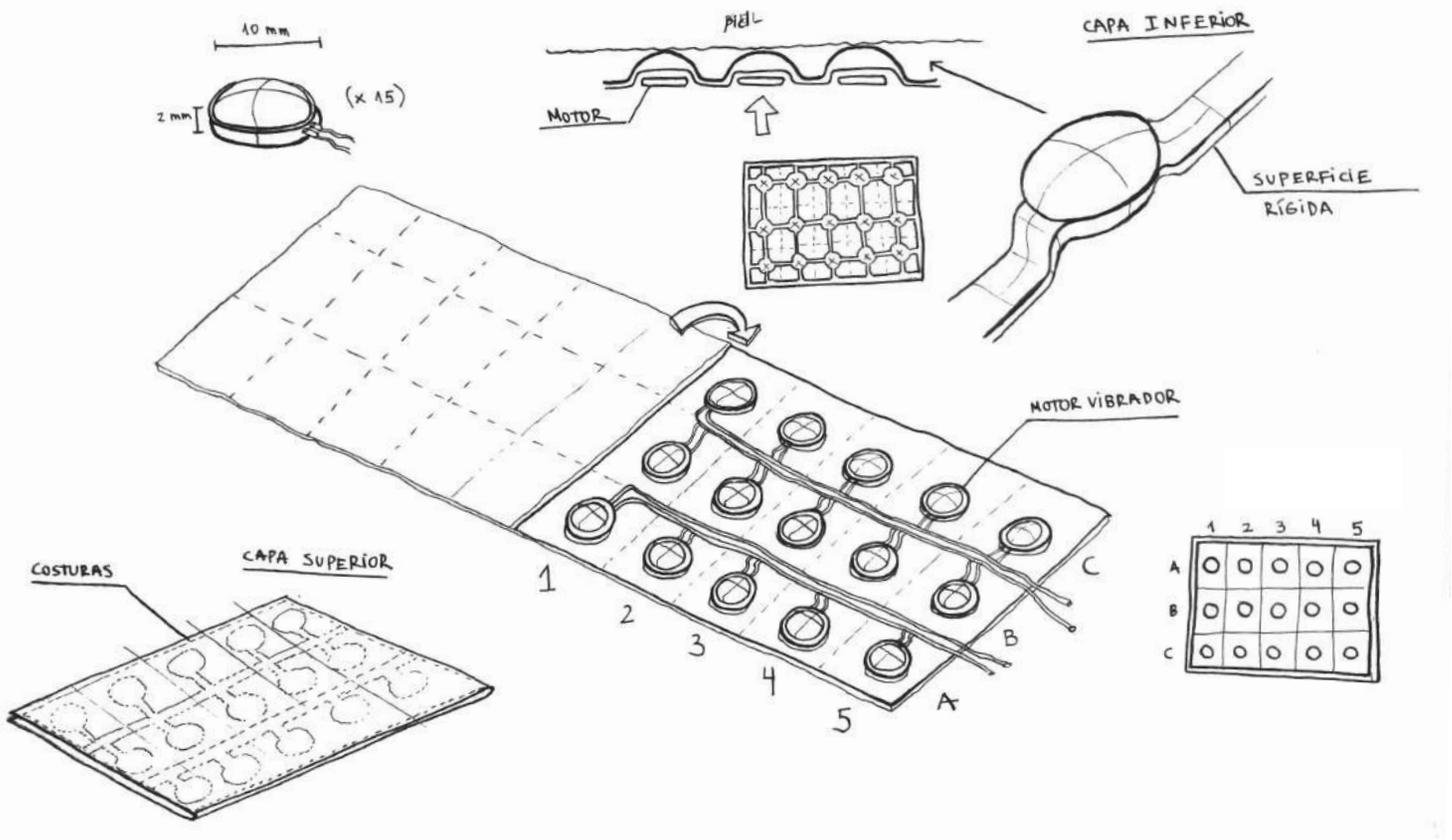
Diseño soporte efector + mecanismo output: Placas de cobre + alambre de cobre



[Elaboración propia, 2018]

La primera propuesta comprende un sistema de placas de cobre y alambre de cobre que puedan conducir las vibraciones gracias a las propiedades de los materiales. Sin embargo, el mayor problema de esta propuesta, es trabajar con puntos independientes, por lo que es crucial generar un corte de corriente entre cada una de las placas de cobre que se accionen. Se descarta la propuesta, debido a que el tamaño del prototipo aumentaría considerablemente al momento de integrar interruptores.

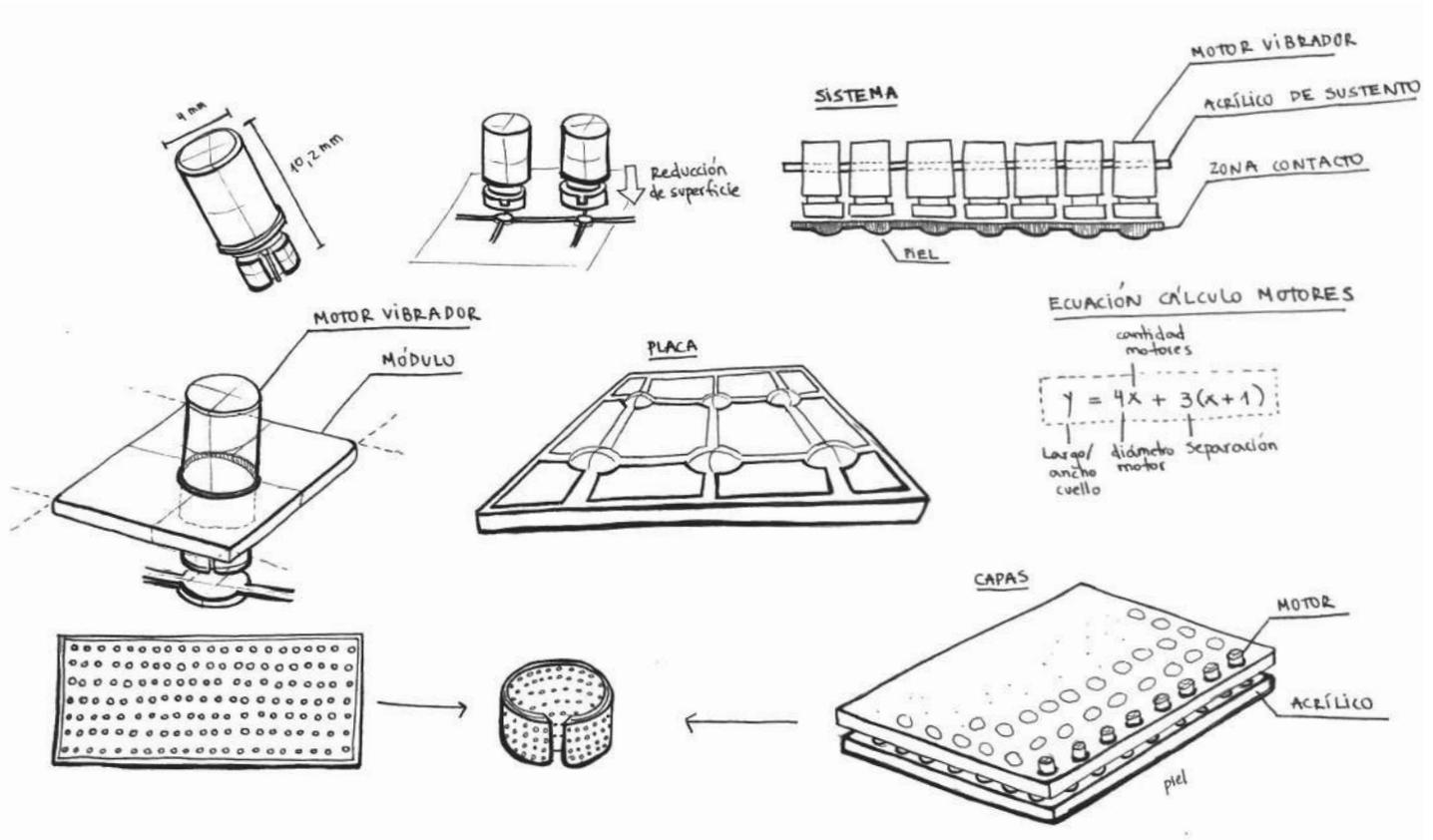
Diseño soporte efector + mecanismo output: Motor vibrador plano



[Elaboración propia, 2018]

Esta propuesta contempla la utilización del motor vibrador plano como forma de generar un toque en la piel de las personas. Las ventajas de utilizar este dispositivo, es que su forma plana significa un soporte más sencillo y delgado, lo cual conversa muy bien con telas si se quiere llegar a un prototipo que pueda ser usado en el día a día de las personas.

Un factor importante al utilizar vibraciones, es que estas necesitan de un material conductor que las transmita. Por lo tanto, se combinan las telas con elementos rígidos. Una de las fallas de este diseño, es que si el material es conductor, y si se realiza la superficie en una sola pieza, las vibraciones se sentirán en todos los puntos, lo que imposibilita la generación de toques independientes para simular las alturas de las texturas.



[Elaboración propia, 2018]

Fórmula para cálculo de motores

$$y = 4x + 3(x + 1)$$

- Y = Ancho o largo del cuello
- 4 = Representa el diámetro del motor
- X = Cantidad de motores
- 3 = Separación escogida entre motores

Este motor cilíndrico de micro vibración DC de 3 V y 3500rpm tiene una altura de 11 mm en total y 4 mm de diámetro. Su diámetro permite que los motores estén más cerca, lo que finalmente se traduce en mayores puntos de presión en una menor superficie, resultando en una mayor precisión de traducción. Además, en base a la separación requerida entre cada motor, gracias a una ecuación diseñada, se puede conocer qué cantidad de motores, tanto en cada fila como columna, se pueden abarcar en un espacio determinado.

En esta propuesta, se piensa en placas que sujeten los motores, además de superficies que estén en contacto con la piel, las cuales aprovechan la transmisión de las vibraciones en puntos más pequeños.

Un aspecto que es de suma importancia a considerar es la precisión que puede ser lograda con el proyecto. Sin embargo, uno de los objetivos más importantes en este, es recuperar las emociones que se derivan de la percepción de texturas. Por lo tanto, la precisión exacta del dispositivo, es decir, la capacidad de este de imitar exactamente los puntos de altitud de las superficies rugosas, no es estrictamente necesaria para cumplir el objetivo. Esto está comprobado según diferentes fuentes teóricas: la combinación modal de sentidos; las ilusiones sensoriales; y el carácter subjetivo de la experiencia háptica.

Combinación modal de sentidos: Percepción táctil y de texturas. Dado que la percepción del mundo es una experiencia multifacética, no es extraño pensar que los sentidos se encuentran conectados y la apreciación de las superficies con más de un sentido puede ser muy beneficioso para los sujetos.

Una de las combinaciones que puede resultar en una buena precisión, es la identificación de texturas utilizando la visión en combinación con el tacto. Esto se produce, dado que los inputs bimodales de tacto con visión, indican un mejor desempeño en cuanto a la información que se recolecta con estos sentidos por separado. Cada modalidad por separado, permiten similares discriminaciones certeras de texturas más ásperas, es decir, superficies con una frecuencia espacial menor a 1000 granos. A pesar de ello, cuando se trata de texturas más finas, o sea, en rangos entre 1200 y 6000 granos, el tacto se muestra superior en cuanto a precisión (Bicchi, 2008).

Por un lado, el sistema nervioso es capaz de aprender asociaciones visuales-táctiles dada la plasticidad neuronal. Aquellas oportunidades son proporcionadas por las actividades diarias. Como muestra, la información recopilada al momento del contacto entre nuestra mano derecha al rascar el antebrazo izquierdo, tiene mucho que ver con información visual, y esto mejora el tiempo de reacción sobre la discriminación del estímulo táctil. Es importante mencionar, que muchos de los beneficios de la combinación de señales, está influenciada en cierta parte por asociaciones previamente aprendidas (Bicchi, 2008).

Por otra parte, las texturas de las superficies es un atributo que puede ser extraído localmente de la sustancia, por lo tanto la convierte en una característica más susceptible a la parcialidad. Dicho de otro modo, es posible influir de gran manera en la dominancia de las señales táctiles o visuales. En estudios de combinaciones modales, las instrucciones entregadas a los evaluados guiaba el uso de cada sentido. En estos estudios, cuando se le pedía a los evaluados juzgar «densidad espacial» de las texturas, los sujetos se veían más propensos a evaluar con la vista, en cambio, cuando se solicitaba discriminar la rugosidad de las superficies, se evocaba una parcialidad táctil (Bicchi, 2008).

Otros beneficios que derivan de la coordinación de señales, se han demostrado en pacientes que presentan pérdida del tacto ligero. El input visual en este caso, suministrado al sistema nervioso, puede convertir la información táctil subliminal en conocimiento consciente, un fenómeno que puede observar en



[16]

situaciones en las que el estímulo táctil no es presentado directamente en la mano del individuo, sino que en objetos externos a esta, como una goma alineada a la extremidad superior (Bicchi, 2008).

Desde otra perspectiva, se considera que las señales táctiles son dominantes por sobre las señales auditivas en cuanto a la percepción de texturas, debido a que estas últimas no mejoraban la experiencia de exploración de superficies. Sin embargo estudios recientes arrojan evidencia de que el sentido de la audición sí puede alterar de manera significativa la percepción de texturas, tanto en las dimensiones de rugosidad como en la de humedad (Bicchi, 2008).

Ilusiones sensoriales y concepto de externalización. En la traducción de texturas mediante vibraciones, *¿Deben ser estas exactamente iguales a los patrones de vibración producidos con la textura de una superficie?* Existe un concepto que habla sobre las ilusiones táctiles. «Las ilusiones sensoriales surgen cuando un grupo de condiciones fuerzan al sistema nervioso a malinterpretar los inputs recibidos». En efecto, uno de las primeras ilusiones sensoriales investigadas por Weber (padre de la psicología moderna) era sobre el sentido háptico (Gunther y O'Modhrain, 2003). Faith Hickman dice en su libro que «las vibraciones son una buena herramienta para engañar al sistema nervioso» (Hickman, 2009). Por ejemplo, existe un tipo de ilusiones llamadas «Apparent Motion», del cual existe experimento llamado «Cutaneous Rabbit Sensory Saltation», el cual genera la ilusión de «saltitos» en la piel mediante la distribución espacial y temporal de vibraciones en el cuerpo

(Gunther y O'Modhrain, 2003). También, la activación de los receptores de los músculos puede generar la ilusión de movimiento. Por ejemplo experimentos con vibradores colocados en los dedos de la mano y la activación de diferentes músculos de la mano, hacían que los participantes creyeran estar dibujando figuras geométricas, cuando en realidad no estaban moviendo las manos. Esto también demuestra la capacidad del cerebro de recordar y memorizar patrones y secuencias kinestésicas (Lister y Weingartner, 1991).

Además, existe lo que se llama el **concepto de atribución distal o externalización**. Loomis lo define en su texto «Distal attribution and presence» como el siguiente fenómeno: «la mayoría de nuestras experiencias perceptuales, a pesar de que se originan con la estimulación de los órganos sensoriales, se pueden referir en espacios externos fuera de los límites de nuestros órganos sensoriales» (Loomis, 1992). Es decir, la externalización ocurre cuando se experimenta una secuencia de estímulos, y se le asigna la causa de estimulación a un objeto, incentivos o eventos localizados en espacio tridimensional externo. Este proceso es automático y emerge muy temprano en la vida, y cuando se recibe una estimulación proximal (estimulación recibida en la superficie receptora) y no se le asigna una causa externa, estamos hablando de una mera sensación, y no una percepción (Hartcher-O'Brian, J., Auvray, M., 2014). En el proyecto de titulación a desarrollar, se busca generar en los participantes en una primera instancia una sensación, y si es posible la percepción.

Imagen [16] página 81: https://www.google.cl/search?q=walking+with+a+cane&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEw-jVhImZ5-reAhWCl-ZAKHQzaCiQQ_AUI-DigB&biw=1271&bih=634#imgrc=dPR-L6Kt3vh8rdM:

El concepto de la atribución distal recalca la idea de que los sistemas de sustitución temporal puede ser externalizados. Por nombrar un ejemplo, las personas con falta de visión utilizan bastones para poder guiarse en el entorno. Esto les entrega información propioceptiva, auditiva y táctil. La presión háptica que recogen los receptores mecánicos de la mano que sostiene el bastón, se perciben como ocurridas en la punta del bastón, generando una «ilusión fuera del cuerpo» (Kristjánsson, et al., 2016). «El fin último de los sistemas de sustitución sensorial es que el usuario pueda construir una representación mental de su entorno, y que experimente mediante la estimulación externalizada del tacto o la audición» (Kristjánsson et al., 2016)

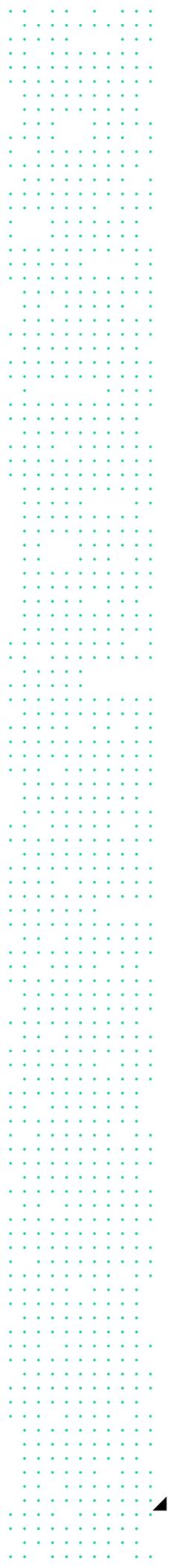
Carácter subjetivo de la experiencia táctil. En el mundo animal, existen muchos niveles del fenómenos de la «experiencia consciente». Esto quiere decir, que cuando un animal la posee, entonces «hay algo que significa ser ese organismo» (that there is something it is like to be that organism), pero lo que significa para ese organismo (Something it is like FOR the organism). A esto se le llama el «carácter subjetivo de la experiencia» (Nagel, 1974). En el artículo «What is it like to be a bat?», Thomas Nagel, demuestra con un ejemplo del reino animal, cómo el hecho de imaginar ser, percibir o sentir lo que otro organismo, se restringe a los recursos de la mente propia y cómo esto no es adecuado para la tarea.

Esto lo demuestra mediante el ejemplo de los murciélagos; este animal tiene un aparato sensitivo muy

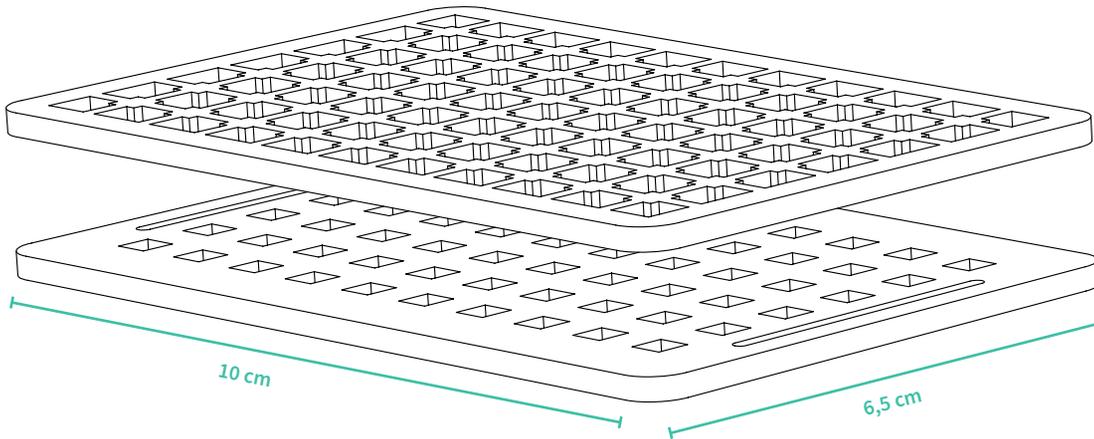
diferente al del ser humano, ya que perciben su ambiente mediante la ecolocalización. Con ella pueden discriminar elementos al igual que el ser humano con la visión, tales como texturas, distancias, movimientos, entre otros. Sin embargo, esta forma de percepción no se asemeja a ninguna de las formas de percepción del humano. La experiencia del último provee el material básico de la imaginación, por tanto sus alcances son limitados: solo podría generarse la idea de qué sería estar colgados de los pies en un ático durante el día, o tener una visión carente. A pesar de todo aquello, el humano solo puede imaginar cómo sería para él comportarse como un murciélago, dado que solo puede conformar una concepción sistemática de «*what is it like*» (Nagel, 1974).

En otro contexto, el autor estipula que el carácter subjetivo de la experiencia de una persona ciega o sorda de nacimiento no es accesible ni para él ni para otros. O si un científico marciano que no comprendiera la percepción visual del humano, podría a su manera entender el fenómeno del arcoíris, los rayos o las nubes como fenómenos físicos, aunque nunca pueda comprender cómo esos fenómenos ocupan un espacio en el mundo fenoménico humano. La comprensión de lo que se siente ser el otro es solo parcial (Nagel, 1974).

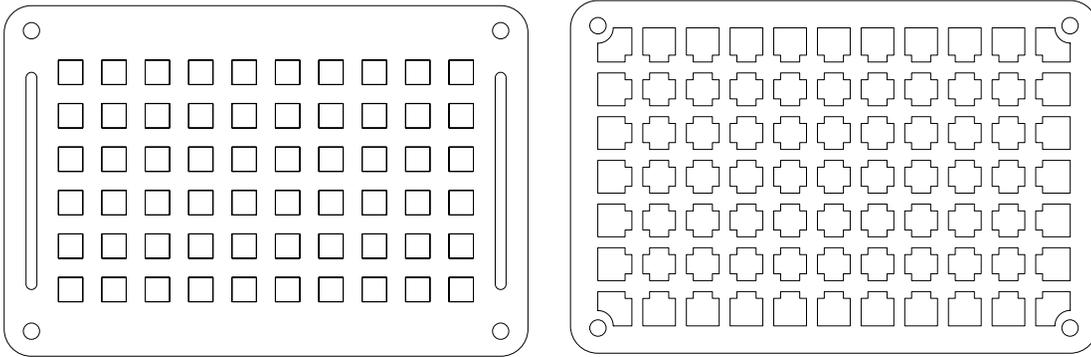
Dado lo anterior, es importante recalcar, que en este proyecto, se intenta generar una nueva forma de sentir, una forma de percepción que sea única para el usuario en específico: su propia sensación táctil.



PROTOTIPADO: SOPORTE DE ACRÍLICO



[Elaboración propia, 2018]

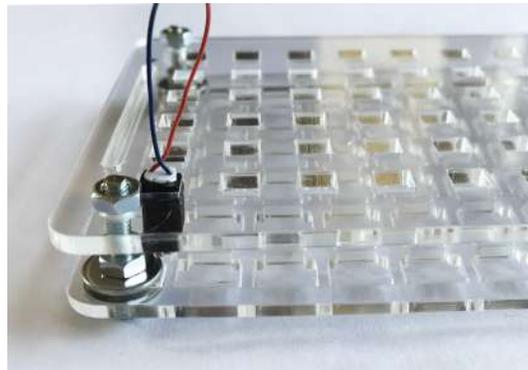


[Elaboración propia, 2018]

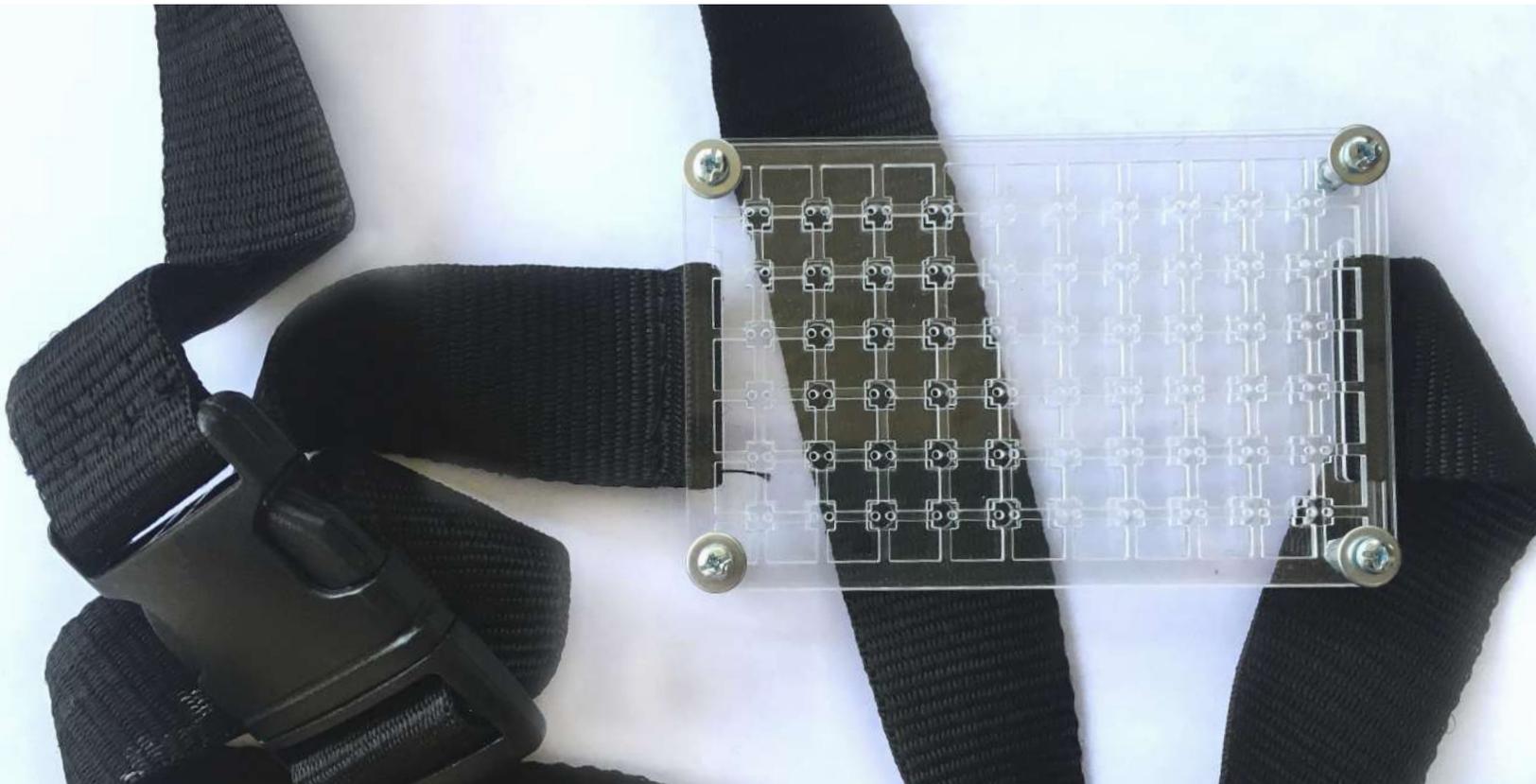
Primer prototipo. Soporte para realizar un prototipo funcional que pueda ser testeado en personas. Se conforma por dos placas de acrílico de 3 mm de espesor, cortadas en láser, con espacio para 60 motores, que permitan la sujeción de los motores vibradores.

No se contabiliza la parte estética ni la forma final pensada para el prototipo final, sino que se prioriza la funcionalidad y la capacidad de reproducir texturas mediante un efector con diferentes puntos de contacto.

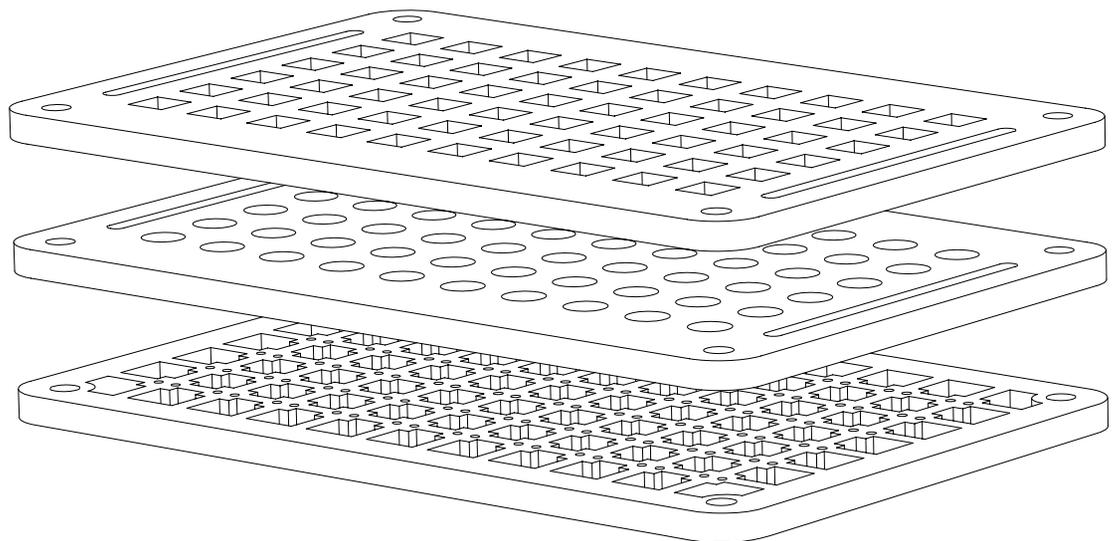
Luego de testear las placas, se hace necesario tener un espacio para ordenar los cables de los motores y dejar libre los cabezales, por lo que se realiza un segundo corte láser.



[Elaboración propia, 2018]



[Elaboración propia, 2018]

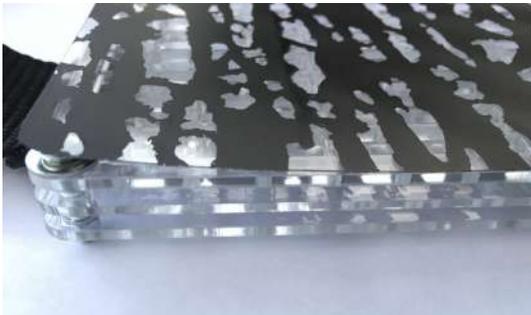


[Elaboración propia, 2018]

Iteración. Tres placas de acrílico de 3 mm, que juntas permiten la sujeción de la goma de los motores, espacio para el paso del cableado y perforaciones para dar espacio de giro.

Se deja espacio para incorporar una correa que sirva para sujetar la placa al cuerpo durante los testeos.

Problema. El acrílico es un material de alta transmisión de vibraciones, por lo que al vibrar un motor, el efecto se sentía en toda la placa, eliminando la posibilidad de sentir diferentes puntos de presión.

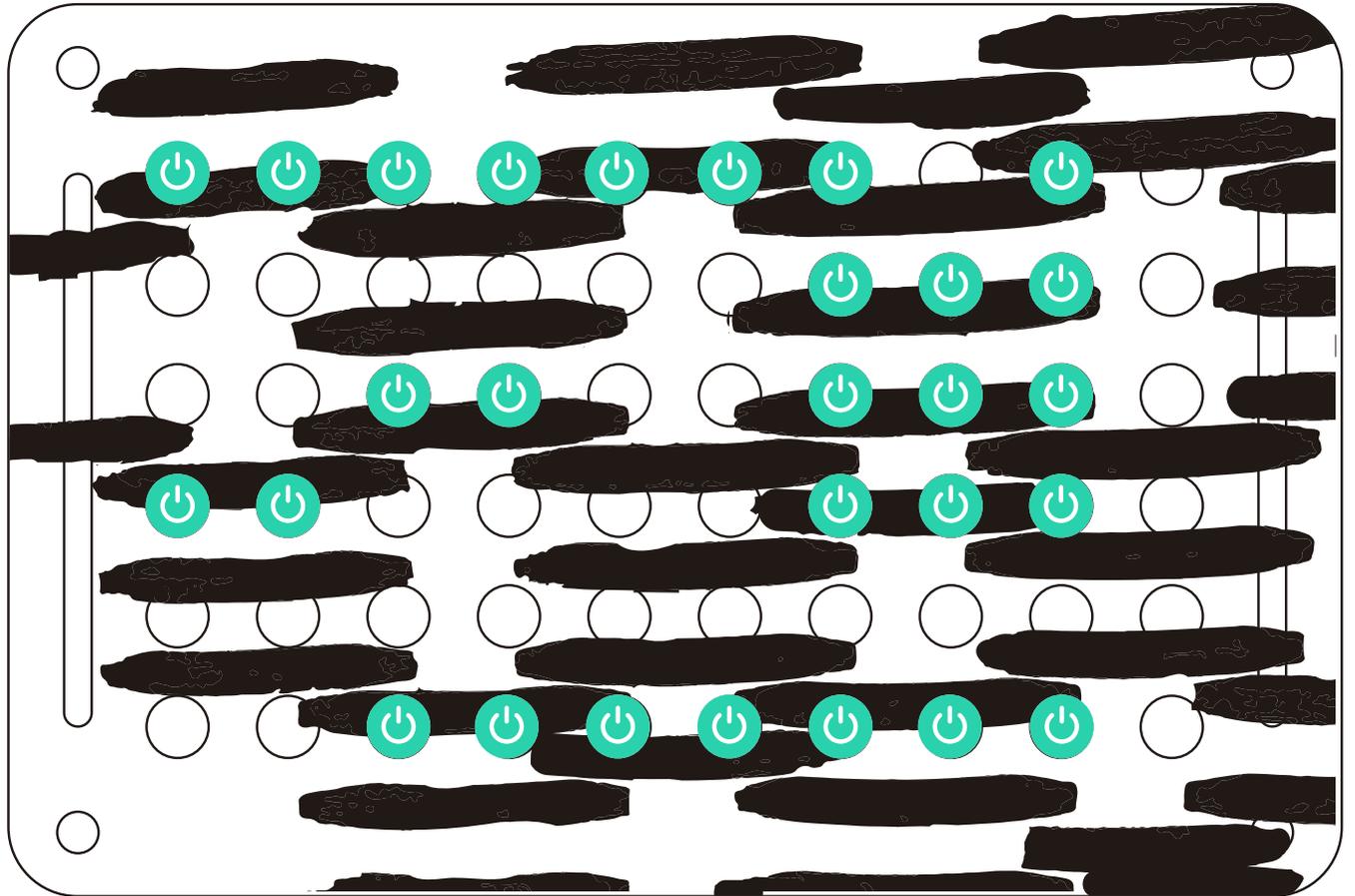
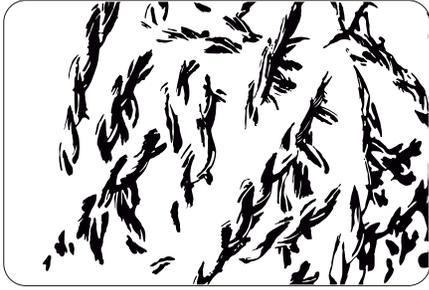


[Elaboración propia, 2018]

Pensando en una posterior traducción háptica programada, se realiza una abstracción de posibles texturas utilizables.

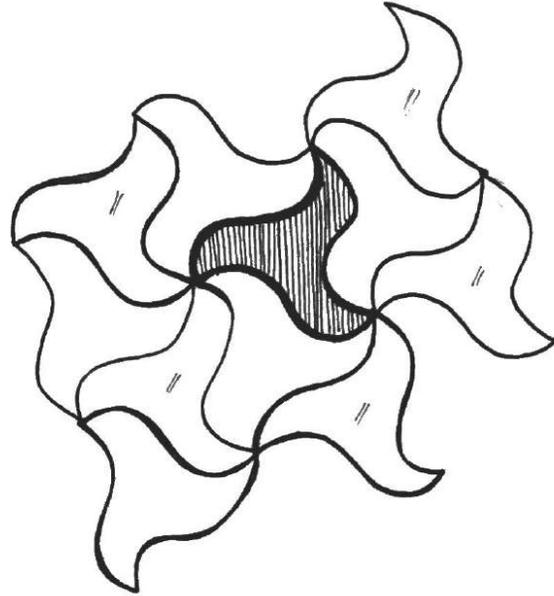
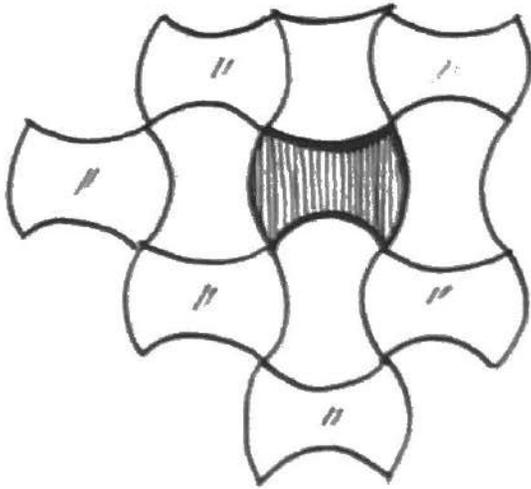
Estas se imprimieron en mica transparente, por lo tanto era posible visualizar los motores que se encontraban por detrás. La idea era que una vez que pudiera ser programado el dispositivo, todo lo que estuviera en negro sobre los motores, implicaría el encendido de esos motores respectivamente.

Debido a que la mayoría de las texturas en nuestro entorno son irregulares, es muy difícil que estas calen exactamente con cada uno de los motores. Es por esto, que se define que si entre el 40% y 50% del motor está cubierto, este debe estar encendido.



[Elaboración propia, 2018]

 = Encendido



[Exploración de figuras teselables]

[Elaboración propia, 2018]

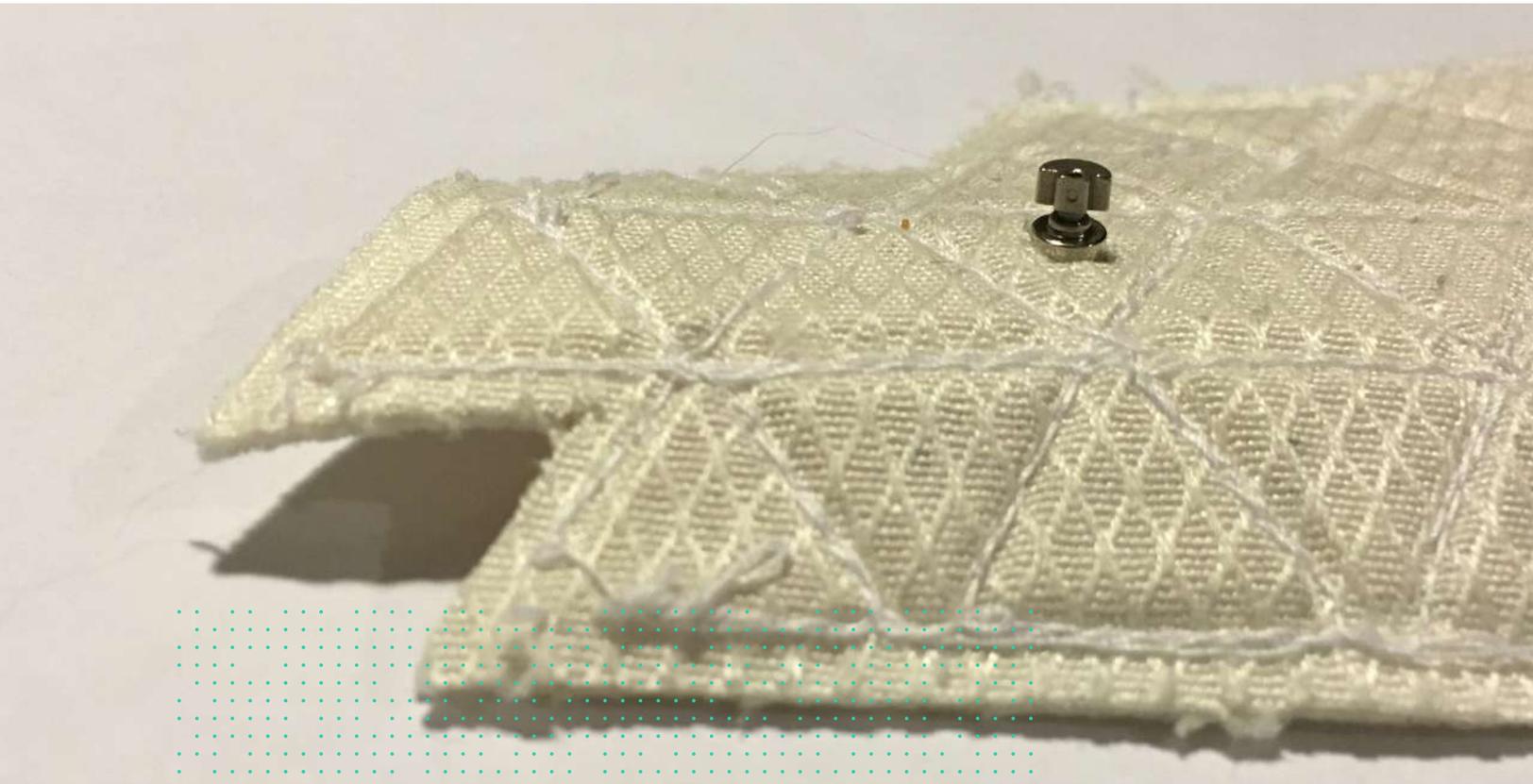
Se continúa con el acrílico por la variedad de grosores que existen, su rigidez y facilidad para cortar digitalmente.

Se prueban diferentes figuras (regulares e irregulares) que al «teselarse» generan distintas distancias para colocar los motores. Se cortan en láser y se pegan a la tela.

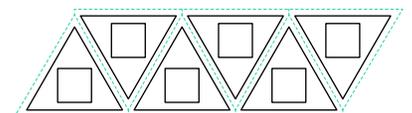
Luego se añade el componente de la tela, la cual permite aportar el factor unitario y flexible en la unión de las placas de acrílico. Para esto, se realizan costuras básicas en cada lado de los triángulos, que funcionan como bisagras entre las placas de acrílico.

Problema. Por la fabricación y figuras empleadas para lograr una teselación, la distancia entre los puntos de presión aumentaba mucho. Por lo que se descartan las siguientes figuras regulares: triángulo, rombo y pentágono.

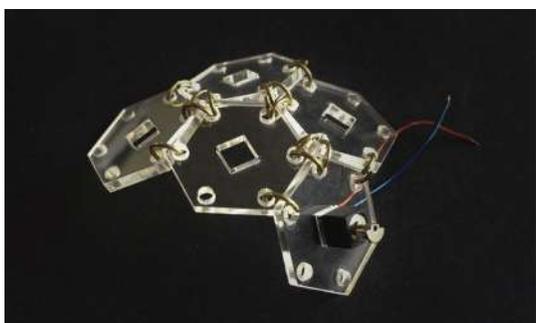
Se llega a la conclusión de que los cuadrados son los más adecuados, ya que si bien no son tan flexibles como las otras figuras, permiten un mayor acercamiento entre los motores, y por lo tanto, mayor precisión a la hora de reproducir texturas.



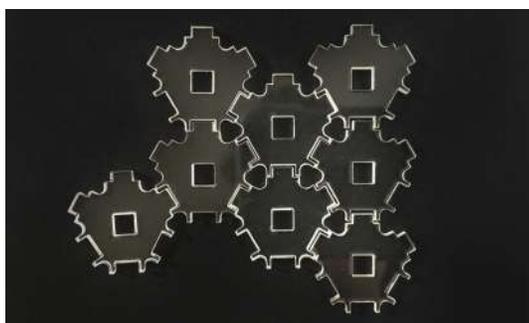
[Elaboración propia, 2018]



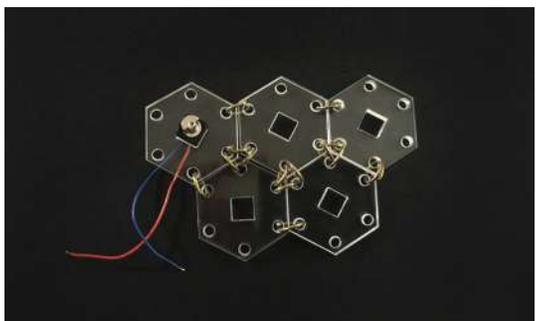
[Figuras 1 : 1 de acrílico y costuras]



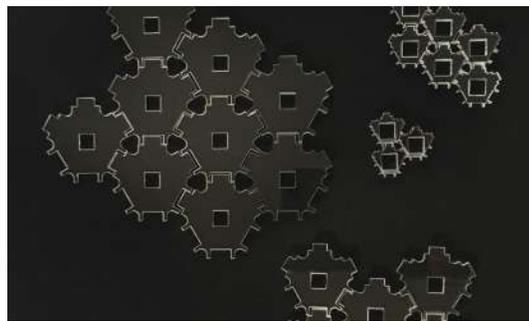
Pentágono regular: unión con argollas de metal



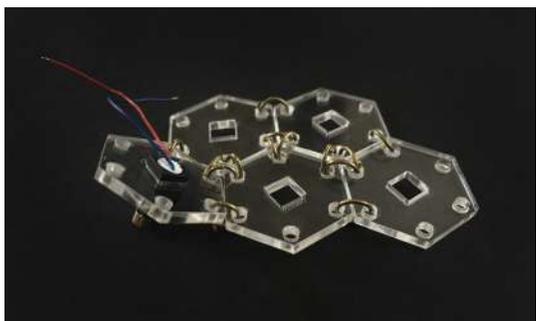
Pentágono regular: modificación para bisagras



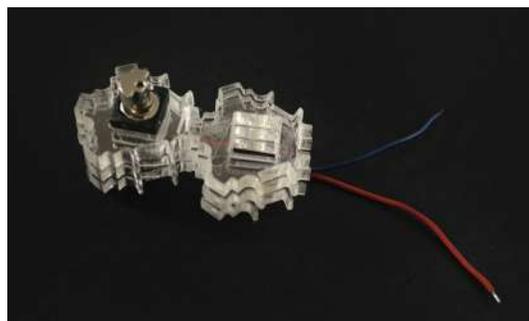
Pentágono regular: unión con argollas de metal



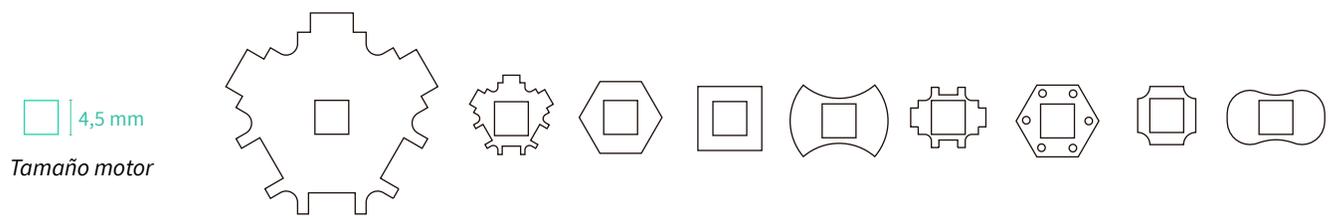
Pentágonos modificados: 3 tamaños diferentes



Pentágono regular: unión con argollas de metal



Pentágono modificado: unión de 3 placas (9 mm)

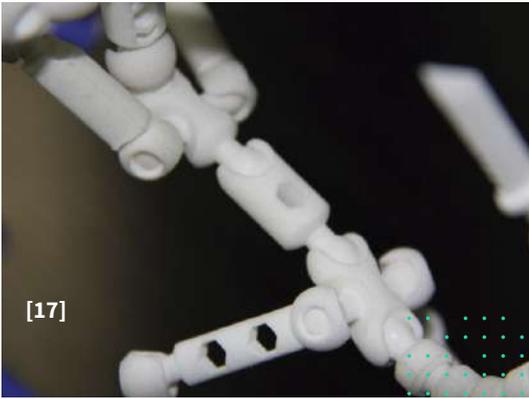


[Elaboración propia, 2018]

Módulos independientes. Se propone generar diseños personalizados para diferentes medidas y zonas del cuerpo y tener la libertad de elegir la cantidad de motores.

Para lograr este objetivo, se comienza realizando diferentes pruebas de figuras teselables en acrílico de 3 mm de espesor, con una perforación en el centro, la cual sirve para encajar posteriormente los motores vibradores con su goma.

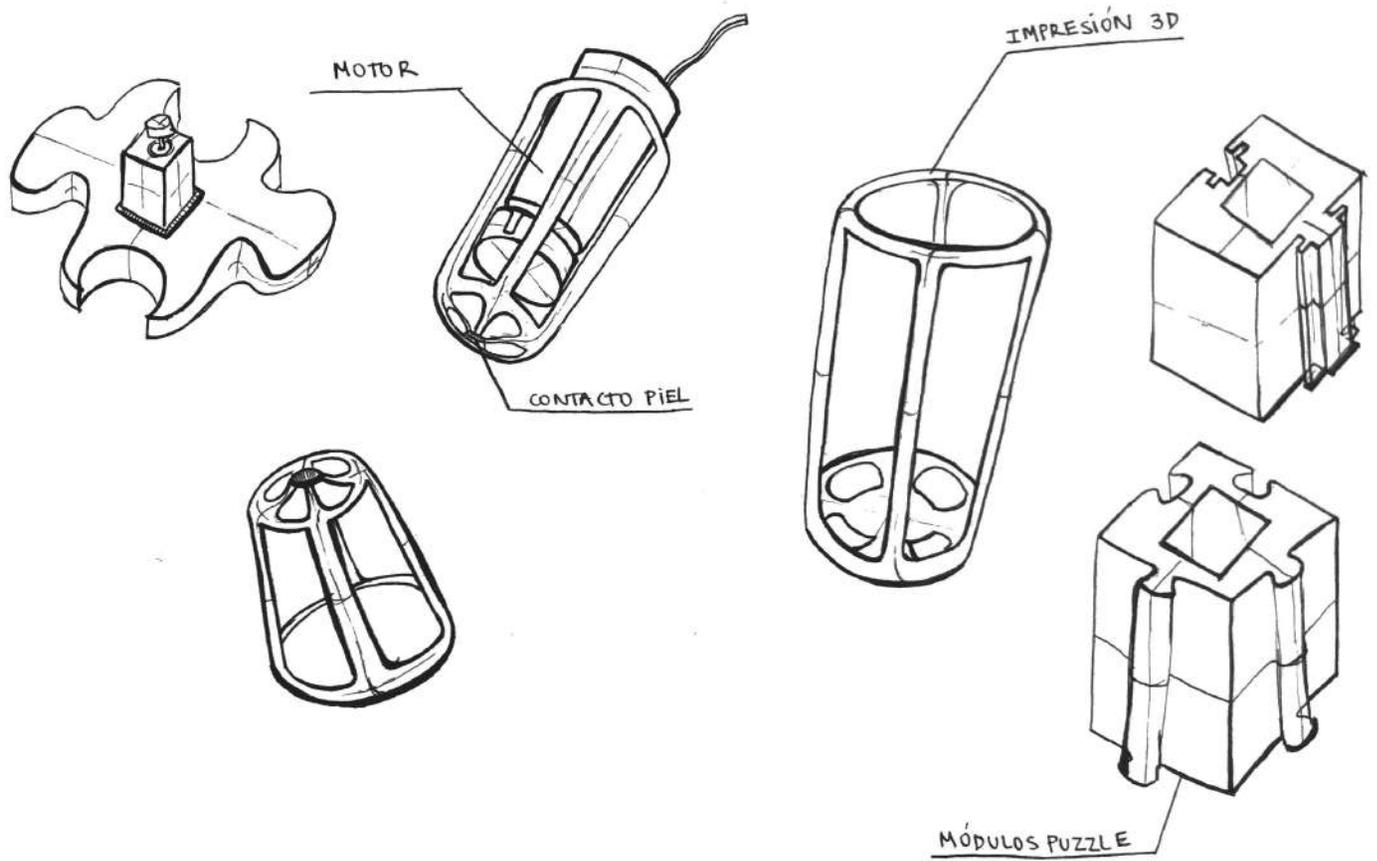
Se prueban diferentes formas de unión y tamaños, para comprobar las distancias que se generan entre los cabezales del motor. Según cada una, la unión entre ellas podía generar filas y columnas regulares, o quedar dispuestos diagonalmente.



Módulos independientes. El cabezal de los motores no es lo suficientemente fuerte para tener un contacto directo con la piel de las personas. Es por esto, que es necesario tener un material que transmita las vibraciones desde el cuerpo del motor hacia una zona de contacto con la piel, pero que a la vez deje libre la zona del cabezal.

Para obtener una buena sujeción de los motores, y la transmisión de las vibraciones, se propone generar módulos impresos en 3D que en su conjunto formen una estructura que pueda ser usada en el cuello. La impresión 3D permite diseñar detalles pequeños y que se ajusten a las dimensiones del motor. Además, este método de fabricación, permite realizar piezas que sirvan de unión entre módulos, con el fin de formar una red de módulos que puedan adaptarse a diferentes zonas del cuerpo y tamaños.

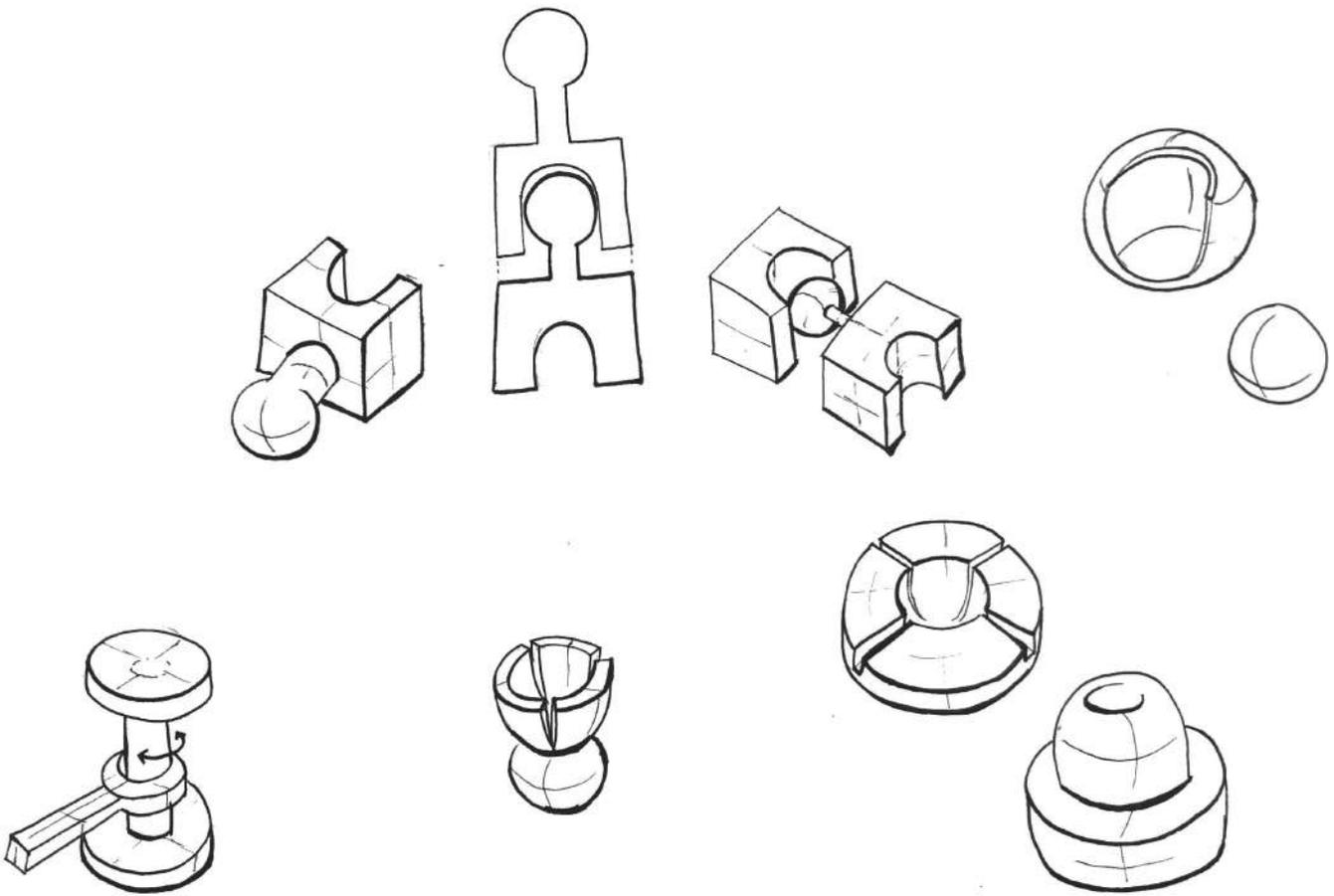
Imagen [17] página 92: Onfa Set for ModiBot. <https://www.shapeways.com/product/CKDPMFNU5/tonfa-set-for-modibot>



[Exploración forma de los módulos]

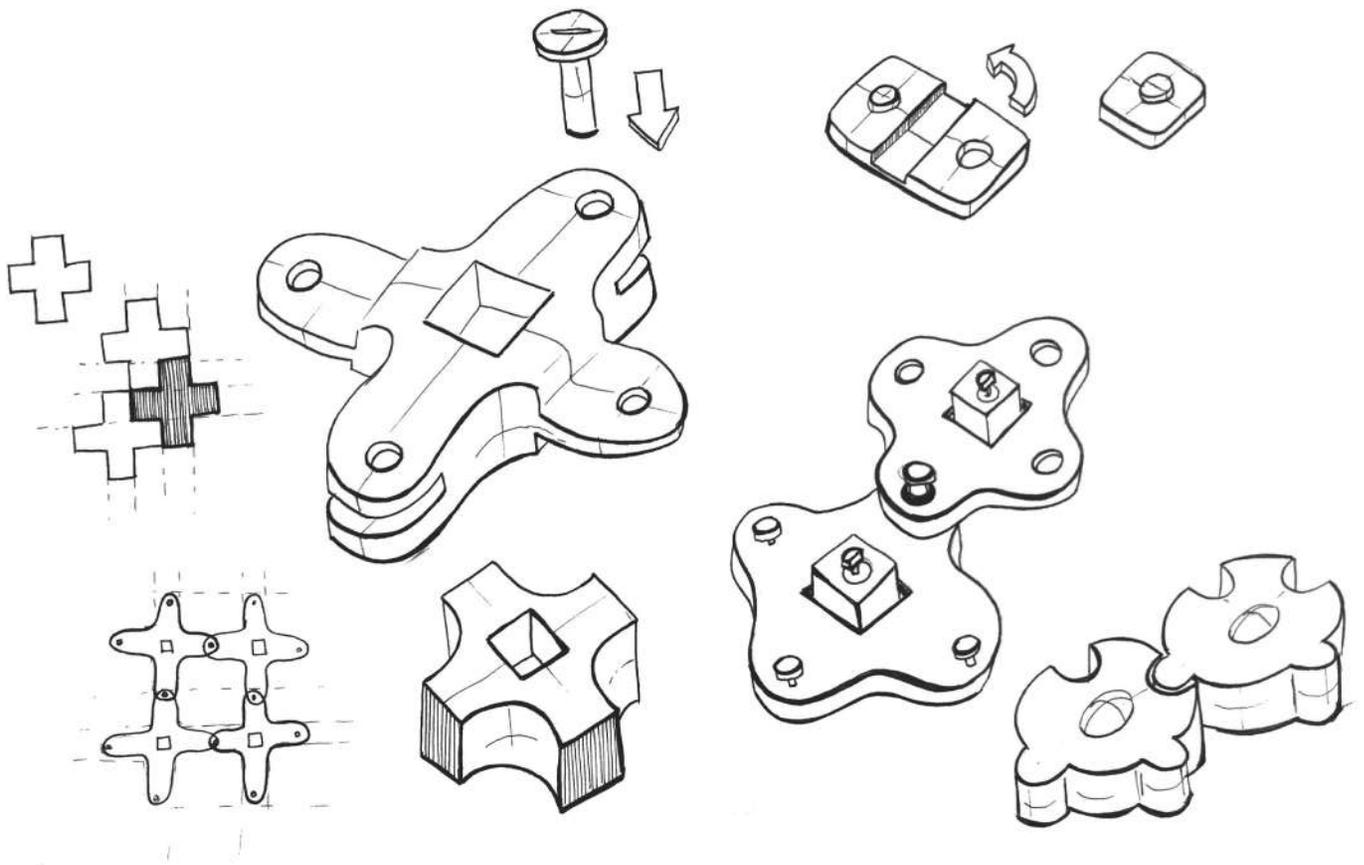
[Elaboración propia, 2018]

Se comienza explorando mediante croquis las posibles formas y mecanismos que podrían utilizarse como módulo básico. Las primeras ideas consideraban una carcasa que rodeara el motor vibrador, sin embargo, estas solo contabilizaban la transmisión de vibraciones y no dejaban espacio para la unión entre módulos. Luego se indaga el concepto del puzzle y cómo podía aprovecharse.



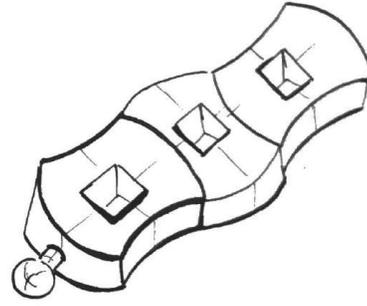
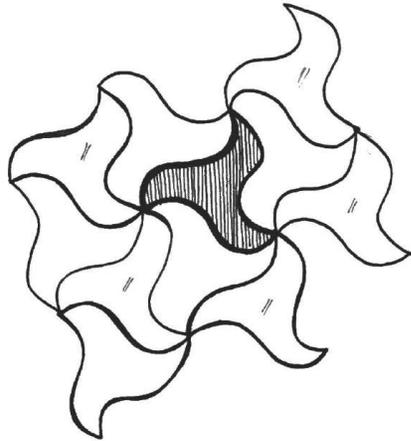
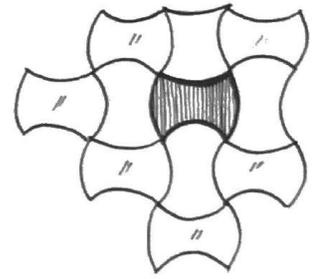
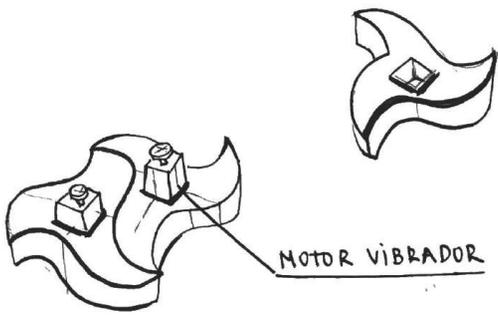
[Exploración mecanismos y forma de los módulos]

[Elaboración propia, 2018]



[Exploración mecanismos de los módulos]

[Elaboración propia, 2018]



[Exploración mecanismos y forma de los módulos]

[Elaboración propia, 2018]

Se analizan las teselaciones y se busca una forma de aplicar el método puzzle con figuras más sencillas que se unan mediante el mecanismo rótula.

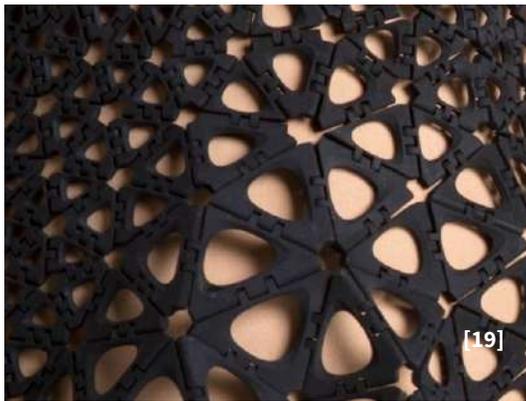
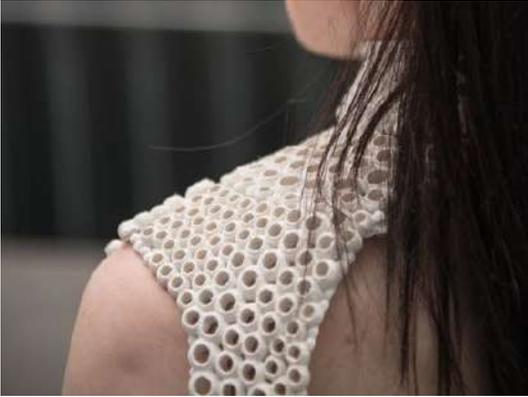
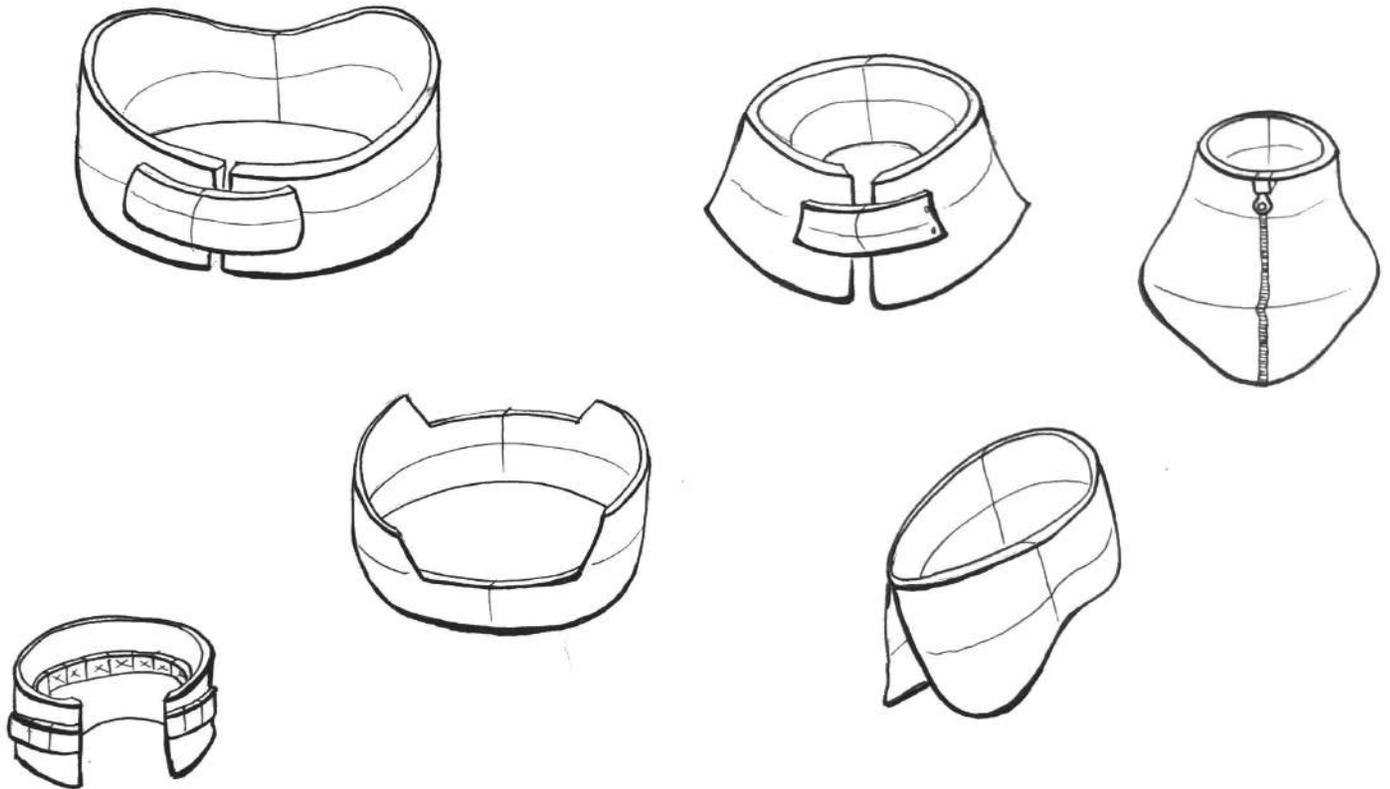


Imagen [18] página 98: Grand Prize in 3D Printed Fashion Competition, XYZ Workshop.

Imagen [19] página 98: Kinematics, dress by Nervous System.

Imagen [20] página 98: Porcelain neck: Written on the body, a tribute to the surface

En base al proceso de dibujo, se proponen diferentes formas que se le puedan dar a los módulos una vez que estén unidos en una red flexible, contabilizando los distintos anchos posibles de un cuello, y las formas más cómodas ergonómicamente. El dispositivo se diseña para que en un futuro sea un wearable del día a día, por lo que se usan referentes tanto estéticos como funcionales para desarrollar las propuestas.



[Exploración forma efector]

[Elaboración propia, 2018]

Ergonomía. Es importante recalcar que se han tomado en cuenta las medidas antropométricas de la circunferencia del cuello de los hombres y mujeres trabajadores de Chile.

Este estudio fue realizado por la Universidad de Valparaíso en 2016, con una muestra de 2.946 trabajadores (600 mujeres y 2.346 hombres) de Valparaíso y la Región Metropolitana. Publicación en [Dined.io.nl/en/database](https://dined.io.nl/en/database). *P = percentil



[21]

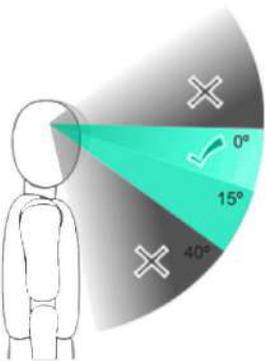
Imagen [21] página 105: Esquema para medidas antropométricas. *Dined, anthropometric database.* <https://dined.io.tudelft.nl/en/database/tool>

	Mujeres chilenas 18-99 años	Hombres chilenos 18-99 años
Circunferencia ancho de la base del cuello	P5: 28 cm / P95: 38 cm	P5: 34 cm / P95: 44
Ancho del cuello	*No existe en las tablas antropométricas	*No existe en las tablas antropométricas

Fuente: <https://dined.io.tudelft.nl/en/database/tool>

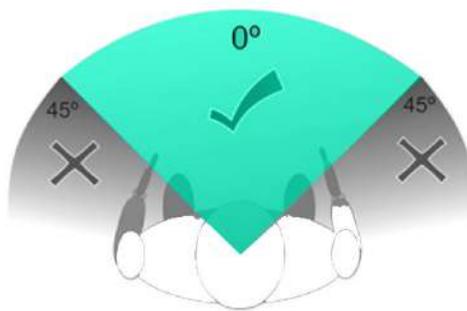
Recomendaciones ergonómicas

Flexiones y extensiones



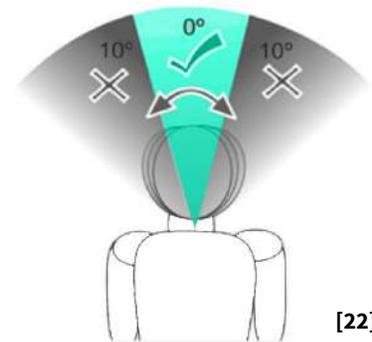
Flexión: Inclinación de la cabeza, hacia adelante.
Extensión: Inclinación de la cabeza, hacia atrás.

Giros



En lugar de efectuar giros de cuello, mueve los pies en la dirección deseada o aprovecha el movimiento del cuerpo.

Inclinaciones



Procura ayudarte con el movimiento del cuerpo.

En la imagen número 22 de esta página, se pueden apreciar los movimientos neutrales y forzados del cuello y cabeza, indicados con un ticket y una cruz respectivamente. En este diagrama se puede apreciar visualmente los ángulos que debería mantener una persona para no realizar movimientos forzados, como por ejemplo, mover los pies hacia la dirección que se desea observar en vez de forzar el cuello a un ángulo no adecuado. Esto es bueno para el proyecto, ya que justifica que no es ergonómico mover exageradamente la zona cervical, por lo que si la interfaz aporta un poco de rigidez a la zona, dentro de los ángulos delimitados, estará incluso ayudando al cuidado del cuello.

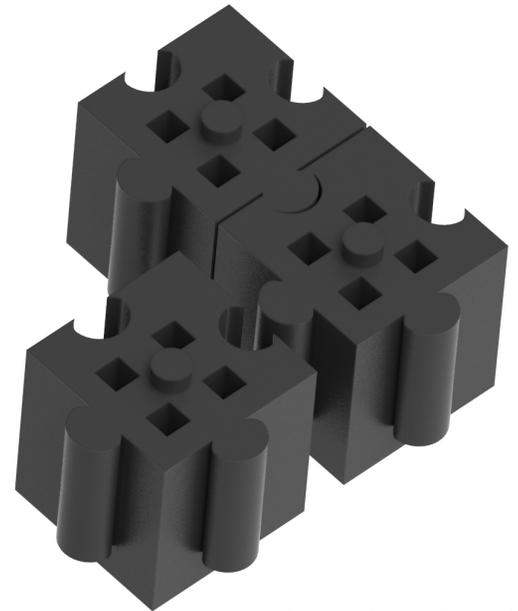
Imagen [22] página 100: Recomendaciones ergonómicas: cabeza y cuello. Clase carga física bioenergética y biomecánica, Ergonomía por docente UC Begoña Juliá.

Se modelan en 3D varios tipos de módulos, que varían en forma, tamaño, y tipo de unión (bisagras, unión de rótula, entre otros).

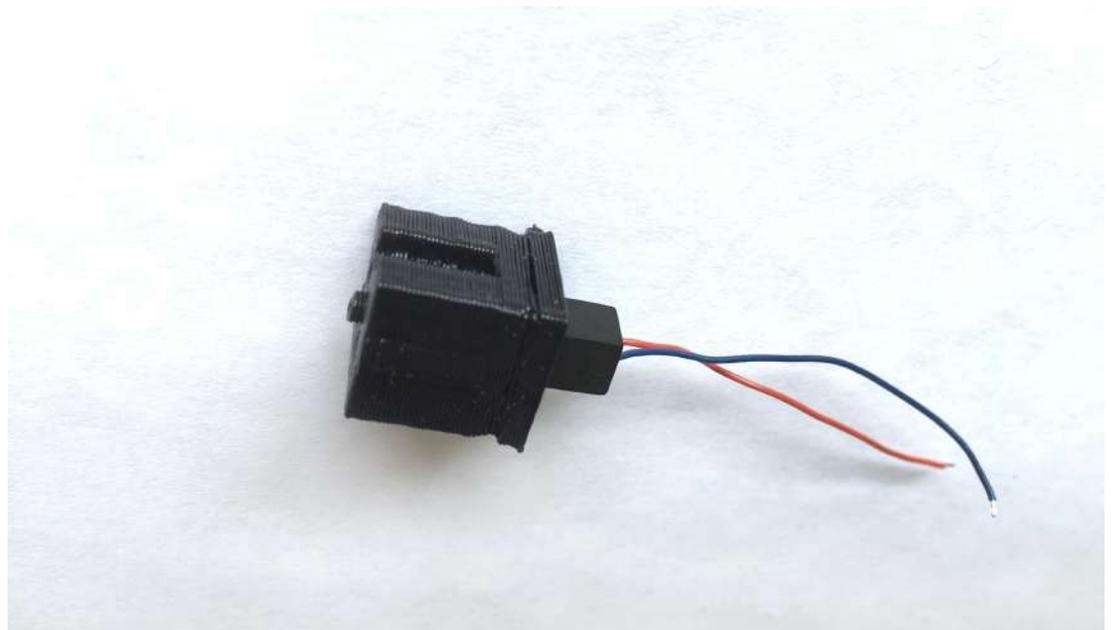
Se realiza la impresión de un primer módulo, de la imagen que se encuentra a la derecha, como soporte para los motores. Para lograr la mínima distancia entre cada módulo, estos debían ser muy pequeños (milimétricos), objetivo que la impresión 3D clásica no logra.

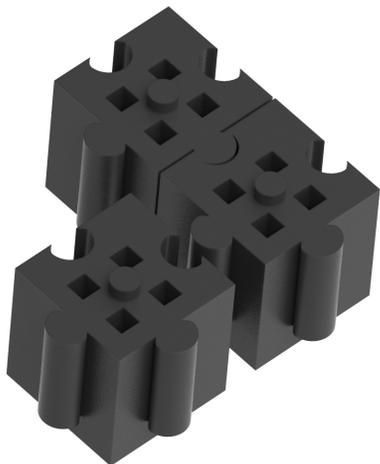
Problema. Los tipos de uniones existentes agrandan mucho la distancia entre los motores (menor precisión). Por otro lado, la impresión 3D que logra la precisión milimétrica necesitada en los módulos; solo es logable con la impresión en resina, la cual es muy costosa si se necesitan 60.

Resultado. Renders de módulos que podrían usarse en un futuro.



[Elaboración propia, 2018]





Propuesta módulo 1



Propuesta módulo 2



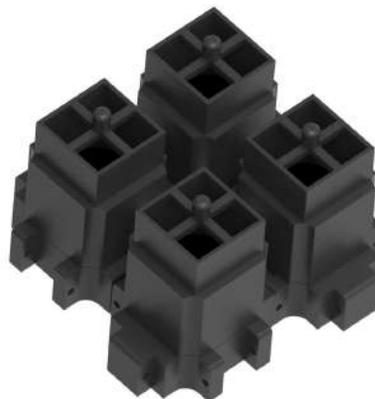
Propuesta módulo 3



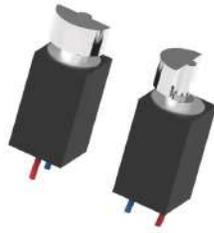
Propuesta módulo 4



Propuesta módulo 5



Propuesta módulo 6



Renders motores microvibradores



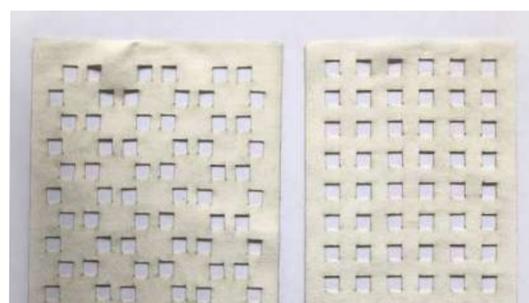
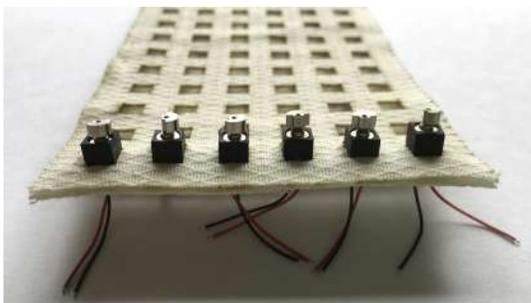
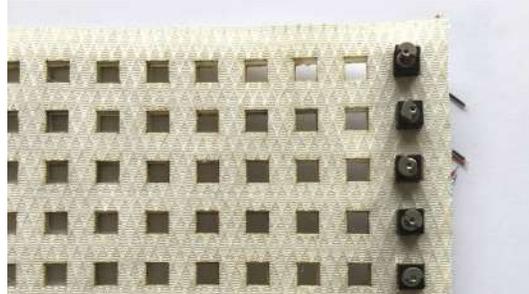
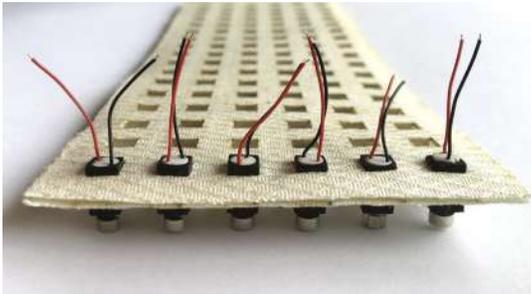
Propuesta módulo 4



Propuesta módulo 7 unidos

[Elaboración propia, 2018]

Todos los módulos son el resultado de una experimentación del soporte de los motores vibradores. Un aspecto que tienen en común, es el tamaño de la zona de contacto con la piel, la cual es pequeña, para que la traducción pueda ser más precisa. En la mayoría, la unión es manual, por lo que son fáciles de juntar, aportando rapidez para formar las redes necesarias dependiendo del usuario.



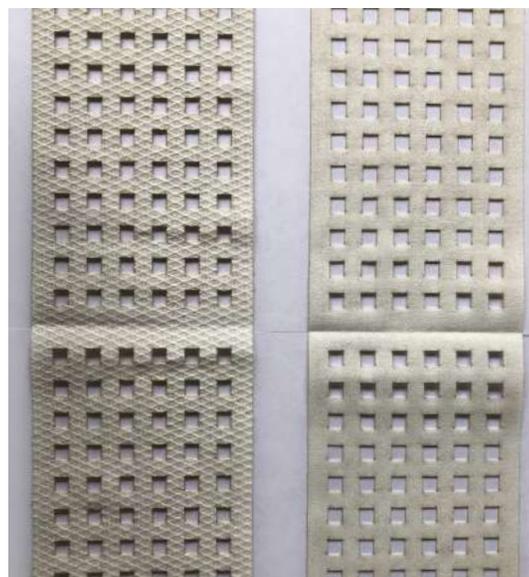
[Elaboración propia, 2018]

La tela funciona como un buen aislador de las vibraciones, convirtiéndolo en un buen material para el soporte de los motores. Por lo tanto, se realizan diferentes prototipos con diferentes componentes, y se analiza su reacción ante el corte láser. Se diseña el corte en base a la distancia requerida entre motores, y la incorporación de diferentes figuras de acrílico que soporten los dispositivos.

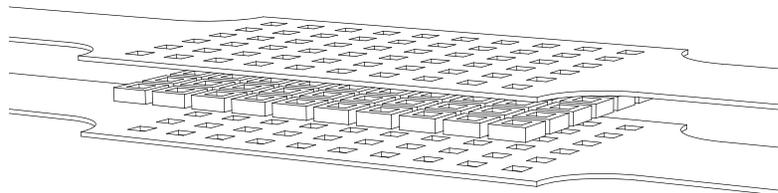
Primer corte. Corte de 2 telas en la láser, con diferentes grosores, 100% poliéster.

Se realizan las perforaciones de la zona de sujeción de los motores, dejando espacio para luego pegar los acrílicos.

La tela funciona como método de aislamiento de las vibraciones entre cada motor. Se prueba en distancia de 5 mm, y se logra.

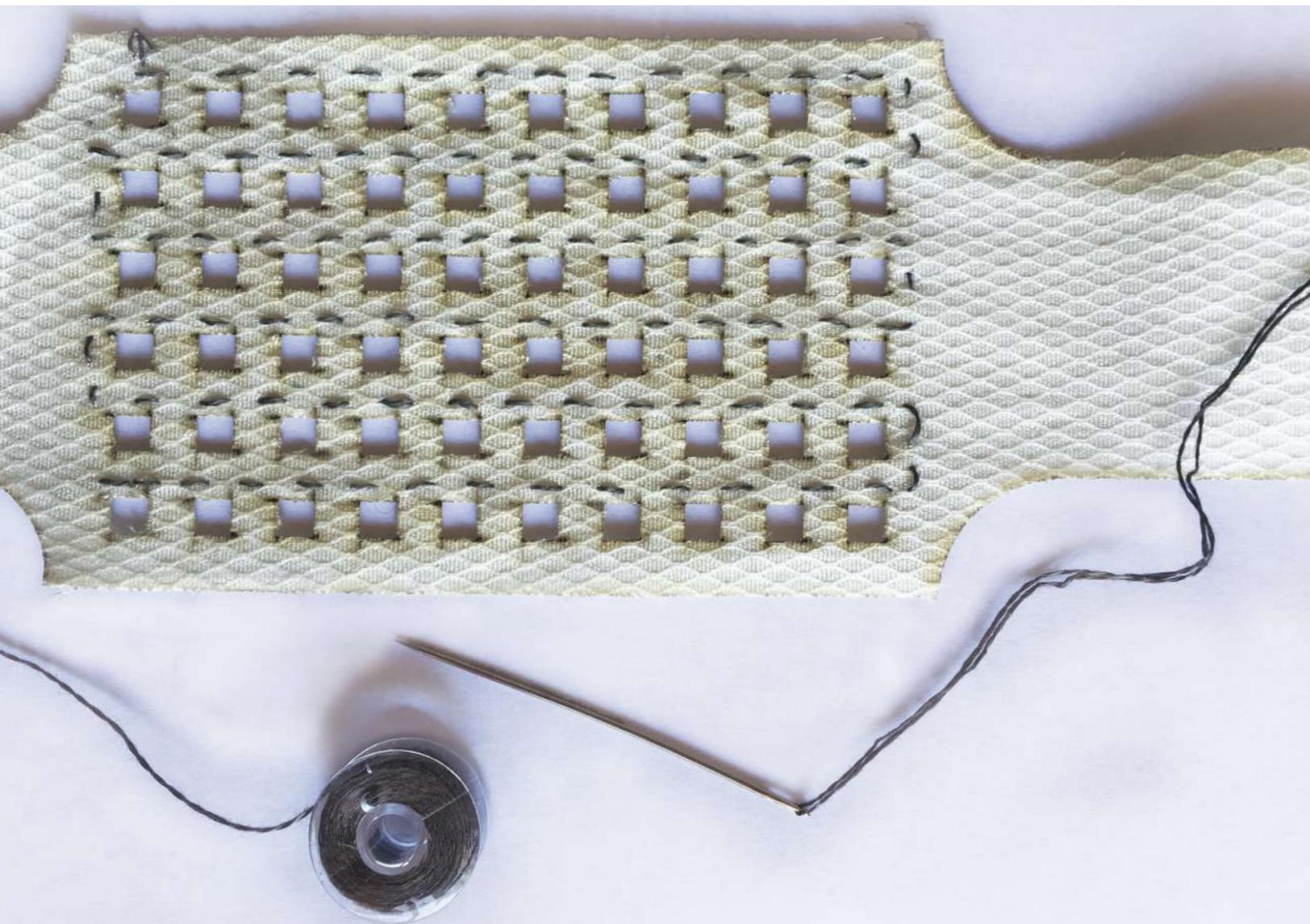


[Elaboración propia, 2018]



Segundo corte. Corte de la superficie con orificios de 4,5 mm para los motores, y además con huinchas que permitan dar vuelta al cuello de una persona y amarrar el dispositivo.

En esta tela, se prueba las cualidades de un hilo conductor. Resulta que es muy fácil coser con él en telas resistentes (ya que el hilo tiene un gran diámetro), y tiene como beneficio la eliminación de los cables. Por lo que se piensa en este hilo para poder conectar todos los negativos de los motores y reducir el circuito.





Kerf. Es el proceso de cortar o tallar una superficie o un trozo de esta. En corte láser, la repetición del corte de ciertos patrones estándares permiten que un material rígido pueda ser flexible. Existen patrones estándar que pueden ser descargados de Internet, los cuales podrían ser una herramienta útil para el soporte de los motores vibradores. Por lo tanto, se modifican patrones que sirven para curvar madera mediante el método de fabricación corte láser. Se prueban las distintas figuras y la incorporación de los cuadrados para sujetar los motores. Se modifican las líneas de corte para dar mayor flexibilidad y disminuir los espacios entre los motores, para luego comprobar la mínima distancia y tamaño de los patterns.

Se buscan nuevos materiales más resistentes, y termoestable (para que no se carbonice durante el corte láser), flexible y catalizado.

Problemas. Los materiales utilizados se carbonizan (goma de caucho), al ser cortadas se debilitan mu-

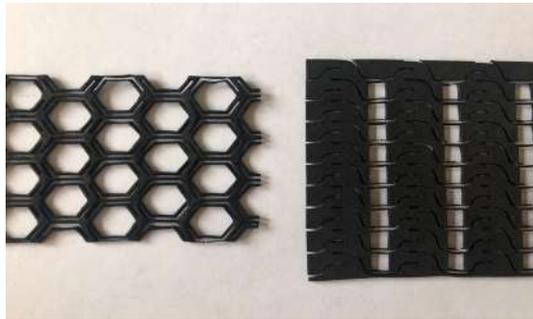
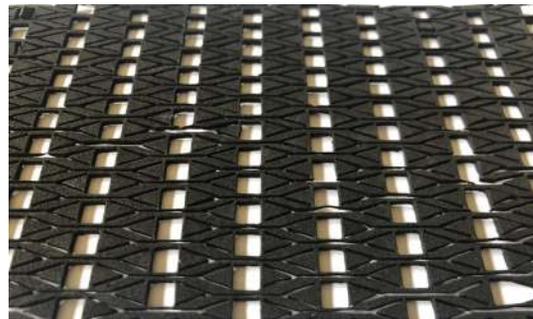
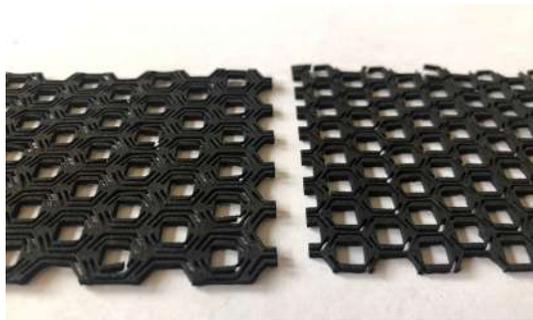
cho (goma eva) o pueden ser muy tóxicas (silicona + pvc), y algunas expelen mal olor y pueden llegar a quebrarse (fieltro).

Resultados. Se logra la flexibilidad para todos los sentidos. Funciona, pero los materiales utilizados tienen ciertas fallas.

Esta técnica, a pesar de que muestra una estética interesante y puede llegar a ser funcional, no aporta mayores beneficios, ya que los materiales ya son flexibles de por sí, y el uso de materiales más rígidos no son ergonómicamente buenos para un contacto diario con la piel, como por ejemplo la madera.

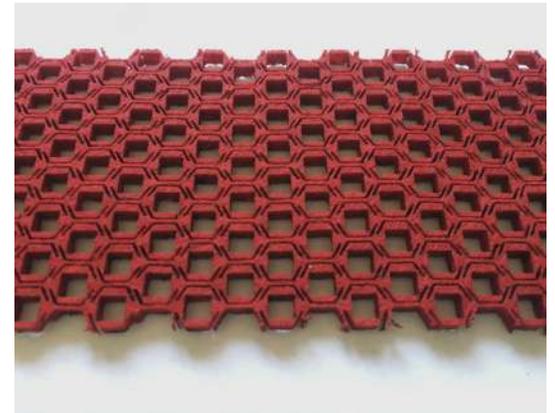
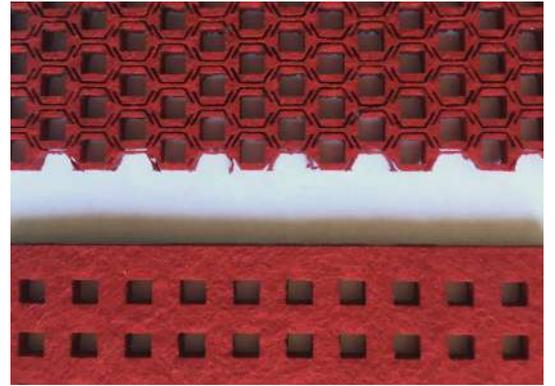
Material	Comportamiento en corte láser
Goma Eva	Débil
Goma de Caucho	Carboniza - Tóxica - Muy difícil de cortar
Fieltro	Débil - Olor

Imagen [23] página 106: Dukta folie. Madera flexible y materiales flexibles.

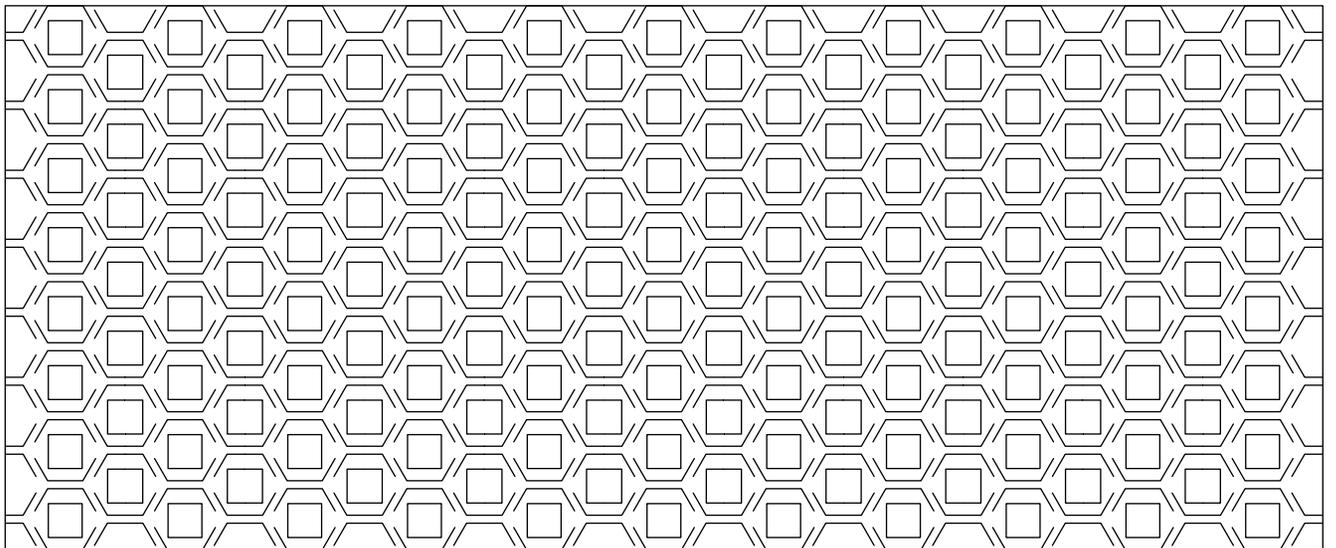


[Goma eva]

[Elaboración propia, 2018]

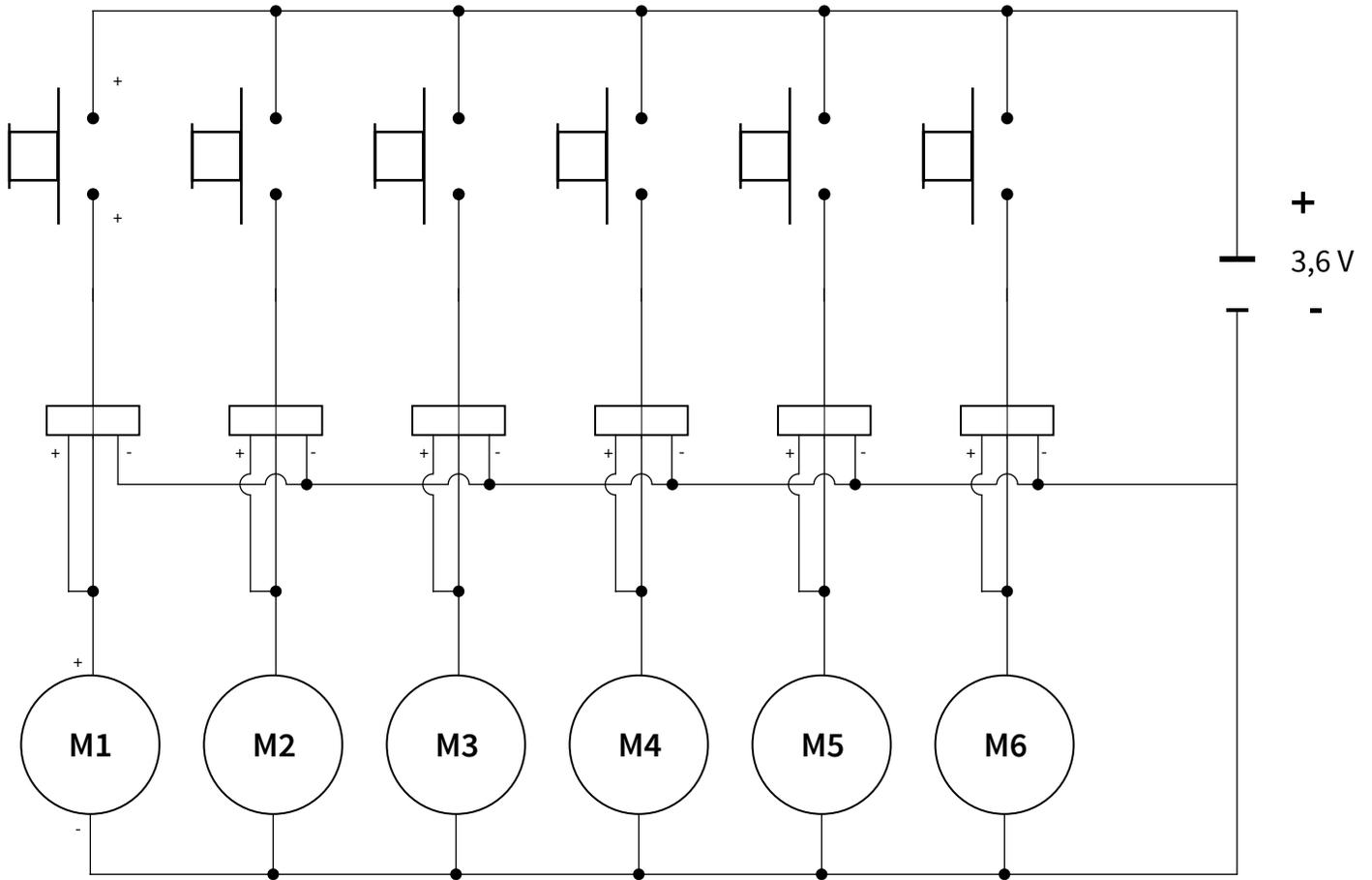


[Filtro]



[Archivo corte láser 1 : 1]

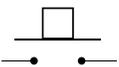
Circuito prototipo pulsadores



[Elaboración propia, 2018]



Motores micro vibradores



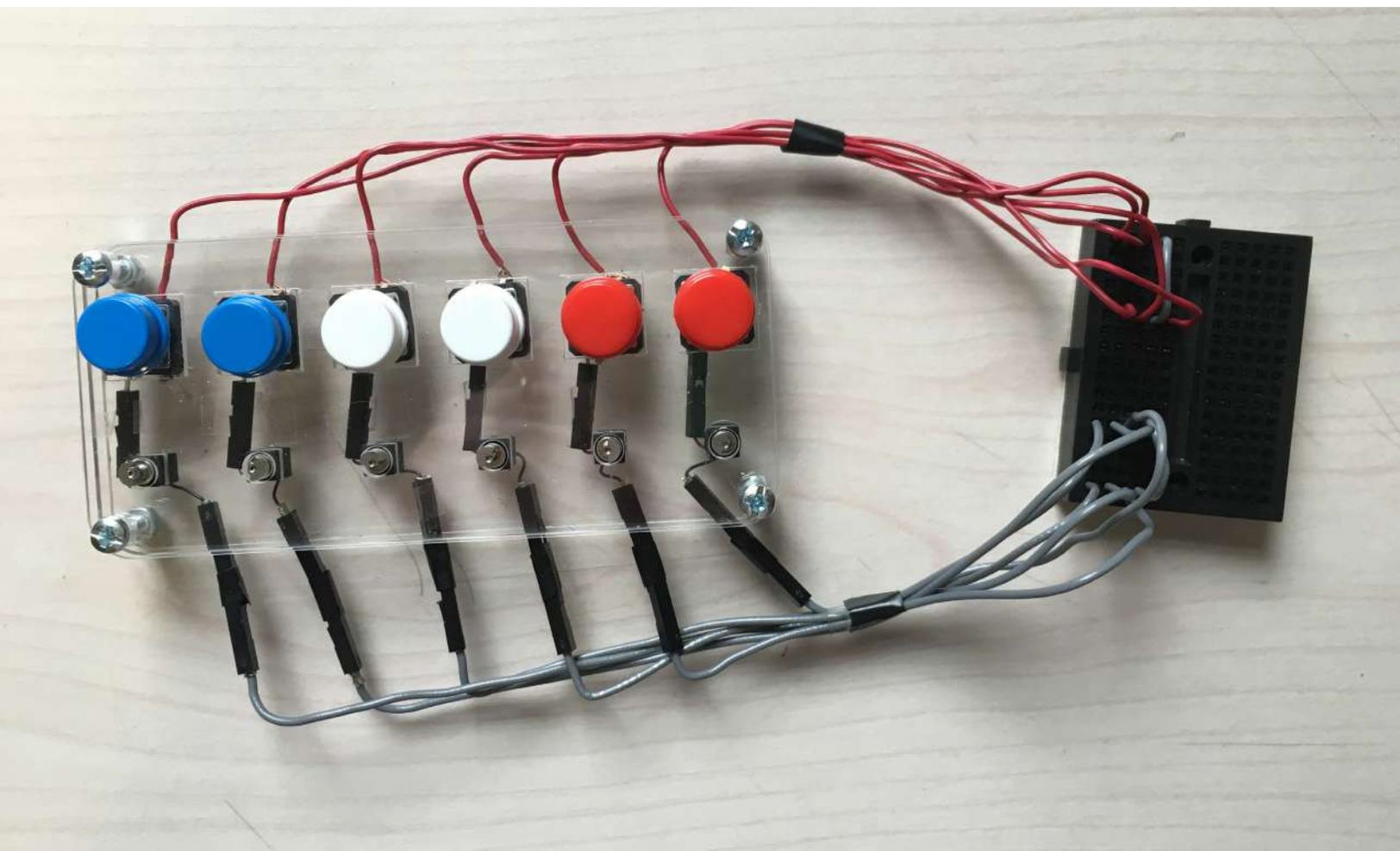
Pulsadores



Pulsadores



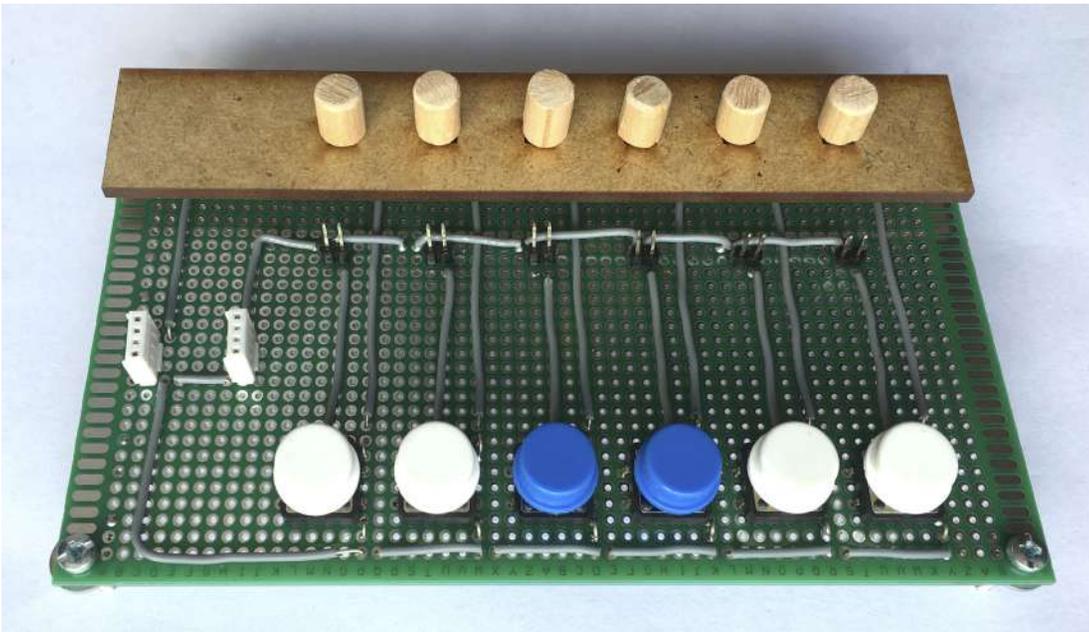
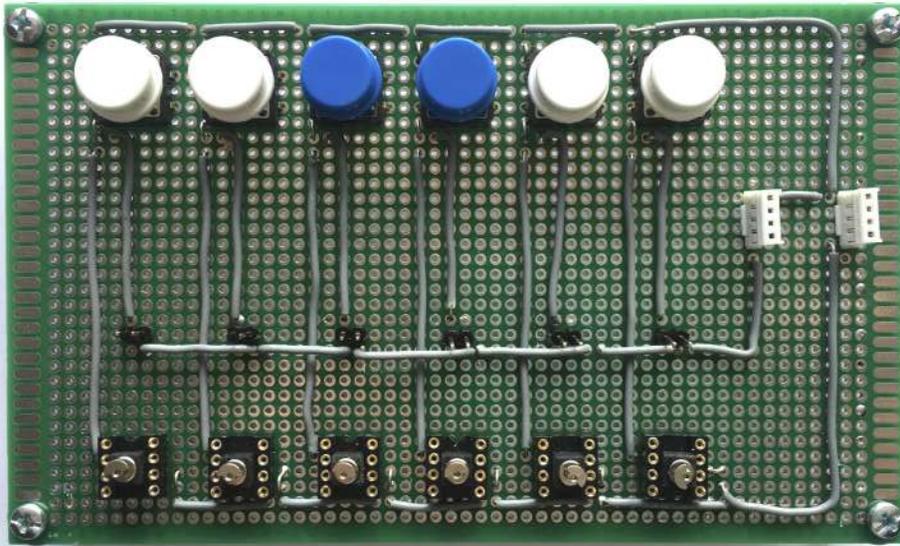
Pines macho



[Prototipo acrílico pulsadores]

[Elaboración propia, 2018]

Primer prototipo pulsadores. Se realiza un primer prototipo inicial con 6 pulsadores que accionan 6 motores vibradores, sujetos en una placa de acrílico, accionados con 2 pilas AA (3 volts en total) y una batería de 9 volts. Las diferentes potencias logran un resultados diferente en la vibración de los motores.



[Prototipo pulsadores 1 soldado: 15 x 10 cm]

[Elaboración propia, 2018]

Segundo prototipo: pulsadores. Se confecciona el circuito en una tarjeta perforada.

Se agrega una segunda forma de accionar el prototipo, conformado por 6 pines en medio de la tarjeta perforada, que envían corriente eléctrica hacia los motores al momento en que un lápiz conductor tiene contacto directo con ellos.

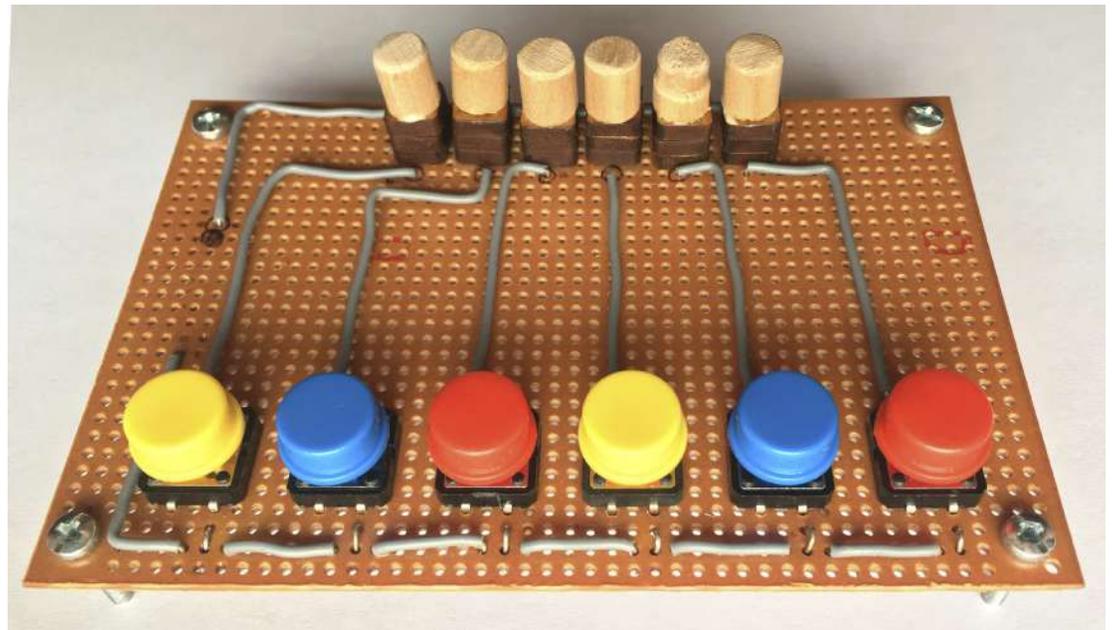
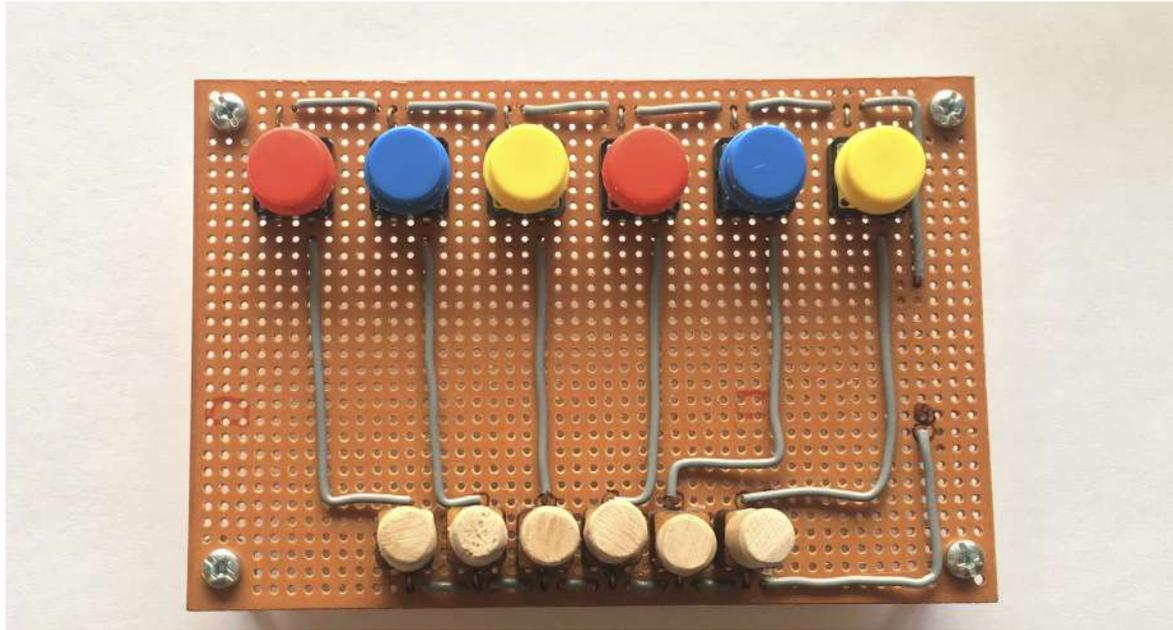
El prototipo se fabrica con el objetivo de probar la funcionalidad de los motores, la capacidad de trans-

misión de vibraciones de estos, y la potencia con la que giran.

Distancia entre puntos de vibración: 1 cm

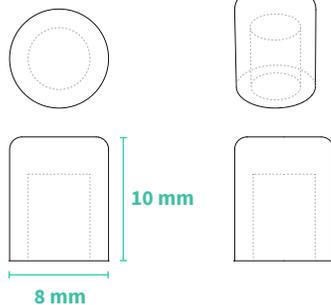
Se confecciona un segundo prototipo (página siguiente) en placa perforada, con la diferencia de que se colocan los motores vibradores a una menor distancia. Esto, con el objetivo de determinar la distancia correcta en la que la piel detecta los estímulos.

Distancia entre puntos de vibración: 3 mm



[Prototipo pulsadores 2 soldado: 12 x 8 cm]

[Elaboración propia, 2018]



Prototipos de madera. Se selecciona este material para los cabezales que van en contacto con la piel. El material es agradable al tacto y tiene un bajo nivel de conducción térmica en comparación con otros materiales.

Se realizan perforaciones en cilindros de madera con un diámetro suficiente para no obstruir el giro de la parte superior del motor (broca de 5), y para que el «cuerpo» del motor pueda transferir las vibraciones hacia la zona de contacto. Estas piezas irían en la parte interior de la interfaz, en directo contacto con la piel.

Se realiza un testeo con ambos prototipos pulsadores, con el fin de poder identificar cuál es la distancia en la que las personas pueden reconocer la cantidad de puntos de presión, y por otro lado, qué es lo que perciben según diferentes patrones de vibración. Para esto, se utilizan las mismas secuencias en ambos prototipos, y una potencia de 3 Volts en total. Se le venda los ojos a los participantes para que estos solo respondan en base a las sensaciones táctiles sometidas.

Por cada patrón sobre el número de estímulos identificados se pregunta:

• *¿Cuánto puntos de presión diferentes siente?* (en esta pregunta, los pulsadores que se encuentran coloreados son los que se activan, todos juntos)

Por cada patrón de percepción de rugosidad se pregunta:

• Del 1 al 10, *qué tan rugoso calificarías el siguiente estímulo?* (en esta pregunta, los pulsadores que se encuentran coloreados son los que se activan, todos juntos)

• *¿Con qué adjetivo asociarías la siguiente secuencia?* (en esta pregunta, los pulsadores que están coloreados se van activando manualmente de izquierda a derecha, formando una secuencia).

Se realiza el testeo en personas que sí poseen sensibilidad, ya que la zona en la que se colocará la interfaz sí posee una buena sensibilidad. Se testea a 8 personas, hombres y mujeres entre 12 y 54 años, y se selecciona la zona del antebrazo como sección para el efector, ya que es una zona con buena sensibilidad y que estudios demuestran que es un sector que proporciona emociones.

Identificación de N° de estímulos simultáneos

1

2

3

4

5

6

Percepción de rugosidad

7

8

9

10

11

12



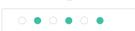
[Testeo María Luisa Infante]

[Elaboración propia, 2018]

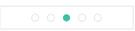
Participantes

1	Lucas Contreras, 19 años, Estudiante	5	Emiliana Irrázaval, 16 años, Estudiante
2	Gonzalo Carrasco, 54 años, Ingeniero Comercial	6	Enrique Ossandón, 15 años, Estudiante
3	Ruth Vergara, 49 años, Dueña de casa	7	Matías Ossandón, 13 años, Estudiante
4	María Luisa Infante, 52 años, Parvularia	8	Magdalena Irrázaval, 12 años, Estudiante

Resultados puntos de presión detectados: ¿Cuánto puntos de presión diferentes siente?

	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8	
	Prototipo 1	Prototipo 2														
1 	2-3	1	1	1	"muchas"	5-6	1	1	1	1	1	1	2	1	2	5
2 	4	1	2	3	4	7	2	2	2	2	2	3	2	2	0	3
3 	6	2	2	3	6-7	8	3	3	3	3	4	5	1	3	3	4
4 	5	3	3	3	8	8	4	4	4	4	5	5	3	1	2	6
5 	6	3	3	4	8-10	4-5	5	5	5	5	5	6	2	3	4	5
6 	7	4	6	5	10	6	6	6	6	6	6	7	1	3	6	5

Resultados calificación de rugosidad: Del 1 al 10, qué tan rugoso calificarías el siguiente estímulo?

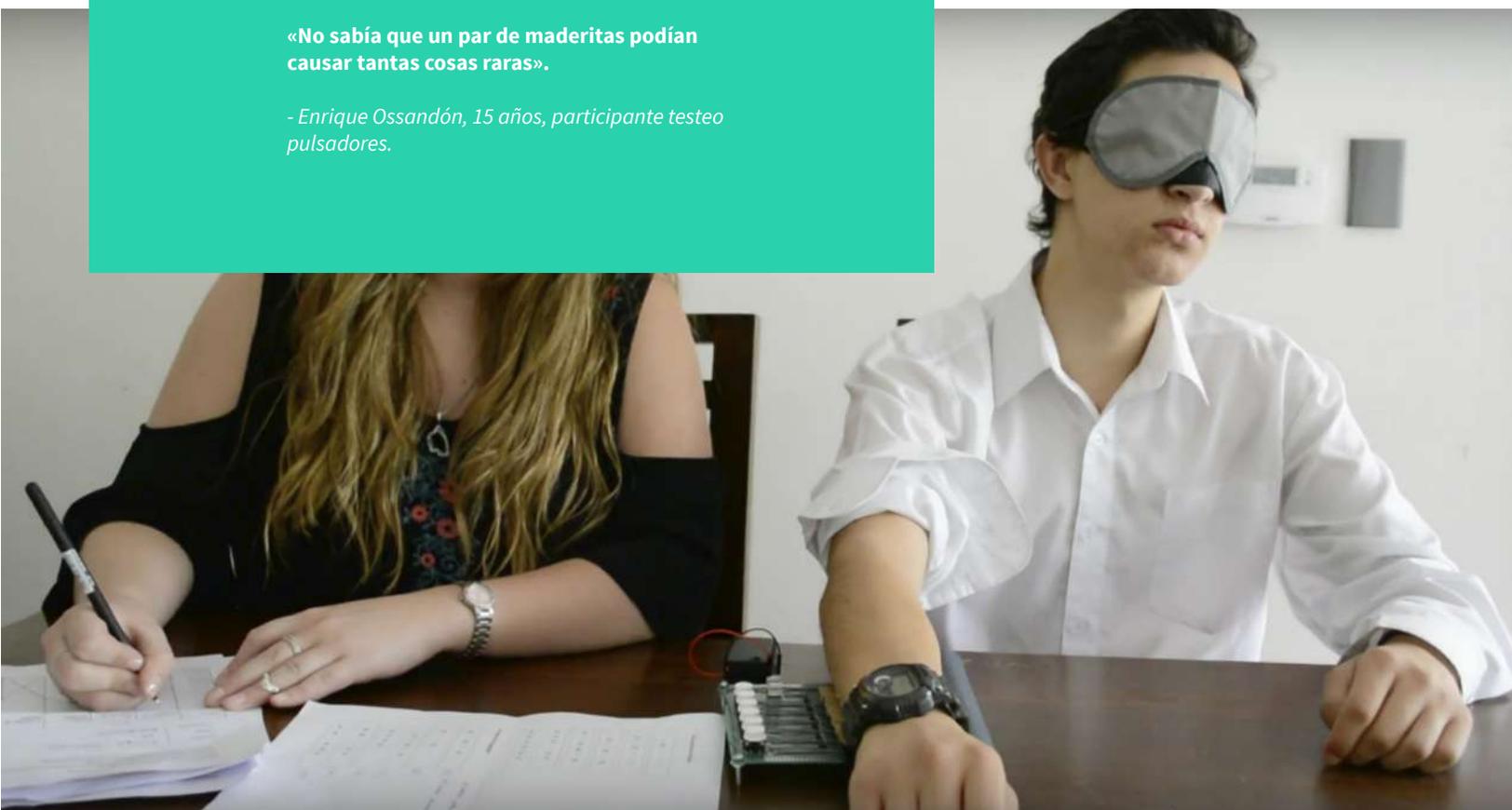
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8	
	Prototipo 1	Prototipo 2														
7  (2 estímulos)	3	5	8	10	8	2-3	3	6	3	2-3	5	6	4	5	5	5
8  (1 estímulo)	2	6	3	9	3	3	4	7	4-5	4	3	2	3	7	3	4
9  (3 estímulos)	6	8	7	8	7	4	5	8	4	2	6	7	3	8	4	4
10  (3 estímulos)	6	8	9	5	9	4-5	6	9	6-7	6	6-7	5	6	7	6	7
11  (3 estímulos)	7	9	9	7	9	5	6	10	5	5	3	7	5	7	8	8
12  (5 estímulos)	7	-	9	9	9	6	7	10	7-8	7	5	5	5	6	10	6

Resultados percepción del estímulo: ¿Con qué adjetivo asociarías la siguiente secuencia?

Patrón	Descripción de sensación: Prototipo 1	Descripción de sensación: Prototipo 2
7 ○ ● ○ ○	Piano-Mesa coja-rugoso-agudo-no profundo-suspenso-timbre-tranquilidad	Camino de tierra-aguja-2 hoyos-golpe de corriente-escalera-tenebroso-nervios-relajación
8 ○ ○ ● ○ ○	Dos notas-áspero-rugoso-cubrecama-rápido-flash dulce-nervio-paciencia	Golpe mesa del colegio-golpes-hoyos más suaves roca-apagar el celular-perro-escalofríos-tensión
9 ● ○ ○ ● ○	Batería-más rugoso-terciopelo-espera-dolor despacio-papel corrugado	Lomo de toro-3 cabezas-golpes-molestia-bajar salto-alegría-paz
10 ● ● ● ○ ○	Lomo de toro-más áspero-dolor-erróneo profundo-carga eléctrica despacio	Caerse en bicicleta-4 cabezas-no golpe cosquillas-patrón igual-relajación-tristeza opuesto a paz
11 ● ○ ○ ● ●	Caída en bicicleta-suave-insistencia-no me produce nada-interesante-tensión	Caída en bicicleta-suave-insistencia-no me produce nada-interesante-tensión
12 ● ○ ● ● ●	Peor caída en bicicleta-más que el anterior perturbado-patrón-melodía-raro-nervios-masaje	Caerse en bicicleta y rodar-4 cabezas, algunas más grande y otras más chicas-golpe-cosquillas-largo tristeza-terror-relajación

«No sabía que un par de maderitas podían causar tantas cosas raras».

- Enrique Ossandón, 15 años, participante testeo pulsadores.





[Elaboración propia, 2018]

Observaciones.

- Las vibraciones también se transmiten en la piel, por lo que es un factor que debe ser tomado en cuenta en el diseño de la interfaz.
- El peso y la presión ejercida sobre los cabezales es crucial, ya que esto afecta en la percepción de los puntos de presión. A partir de la mitad de los participantes, se agrega un apoyo para el brazo para disminuir el peso del antebrazo sobre el prototipo, lo que mejora los resultados del testeo. Esto debe ser contemplado en el desarrollo de la interfaz, en donde los puntos de contacto no pueden ser aplastados por la piel.
- En la mayoría de los casos, la cantidad de puntos de presión percibidos, variaba en 1 o 2 puntos, de los cuales dos de los participante pudieron identificar con un 100% de precisión la cantidad de puntos en cada uno de los prototipos.
- En la mayoría de los casos, la percepción de rugosidad incrementa en el prototipo 2, a medida en que los cabezales están más cerca.
- La percepción de rugosidad también aumenta a medida en que el número de puntos de presión

es mayor a 3, en donde la calificación de rugosidad sobrepasa casi siempre la calificación de 6.

Conclusiones. Plasticidad neuronal: a medida que el tiempo pasa, las capacidades de aprendizaje del cerebro van disminuyendo. Es por esto, que a menor edad la precisión sobre los puntos de presión eran más acertados, y estos participantes podían asociar los diferentes patrones a distintas situaciones y emociones, mientras que los adultos muchas veces no eran capaces de relacionarlos con nada.

«No sabía que un par de maderitas podían causar tantas cosas raras». Esta frase de uno de los participantes demuestra el éxito del testeo, ya que gracias a este podemos dimensionar el efecto que puede causar el conjunto de materiales, la tecnología y las secuencias de vibración pueden generar en conjunto. Uno de los aspectos destacables del testeo son la diversidad de sensaciones que solo 6 puntos de vibración en la piel causan, tales como recuerdos de animales, situaciones deportivas, asociaciones a instrumentos musicales y materiales rugosos.



[Elaboración propia, 2018]

Relaciones entre variables: aspectos a considerar

A mayor número de estímulos simultáneos, mayor percepción de rugosidad.

Mientras menor sea la distancia entre los puntos de presión, mayor es la percepción de rugosidad.

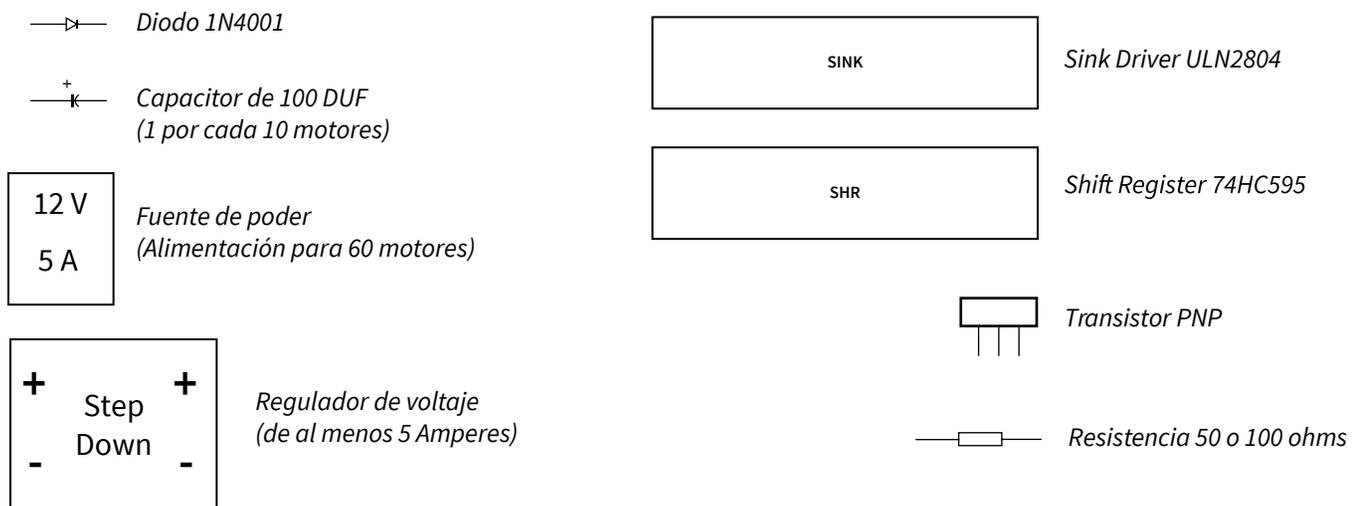
Si el número de estímulos no simultáneos es mayor a 3, la percepción de rugosidad es mayor.

Circuitos. Pensando en un producto más acabado que contenga los 60 motores vibradores, se busca ayuda de ingenieros eléctricos que puedan diseñar el circuito para una posterior programación del dispositivo. Los requerimientos del circuito, es poder accionar cada uno de los motores de manera independiente y que a la vez estén todos energizados al mismo tiempo.

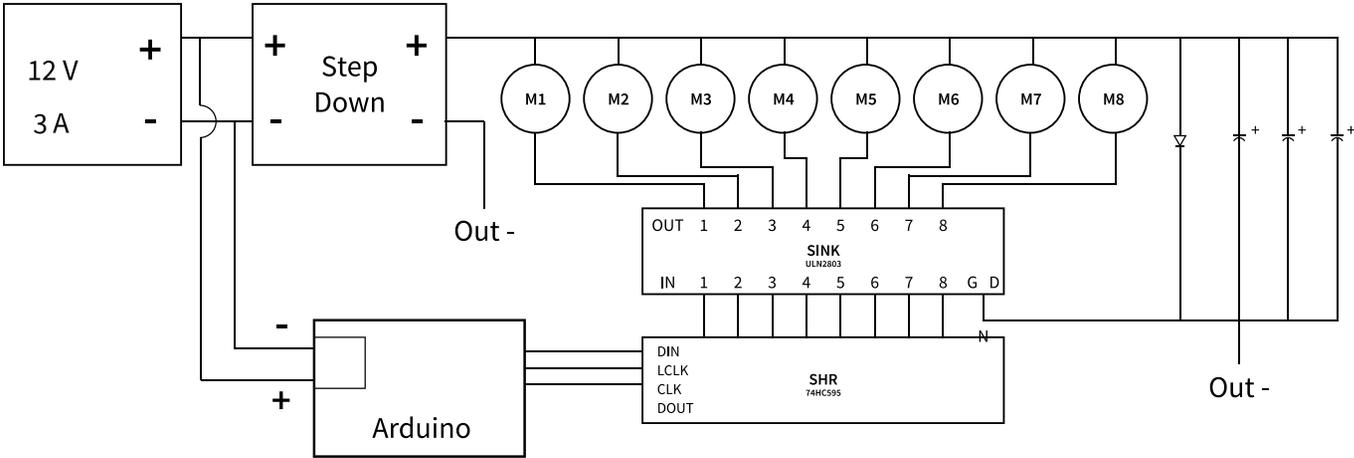
El funcionamiento en base a líneas y columnas, se realiza ya que la piel solo es capaz de medir un número de estímulos determinados. Es por esto que solo se accionará un máximo de 6 motores a la vez (columna). Cada circuito debe repetirse en base a la cantidad de motores que se requieran colocar

En base a las recomendaciones, se establecen 2 posibles circuitos: Multiplexación por tiempo y Circuito con motores independientes.

Ambos circuitos utilizan casi los mismos componentes, sin embargo, ambos deben ser probados para saber la rapidez con la que pueden ser activados los motores. Esto, dado que los motores requieren de mayor energía para encenderse que otros elementos como un led. Una vez que el motor ya está encendido, utiliza una menor cantidad de energía para continuar accionado. El mayor problema, es que el motor deberá mantenerse encendido por muy poco tiempo, por lo que el tiempo de encendido es mayor.

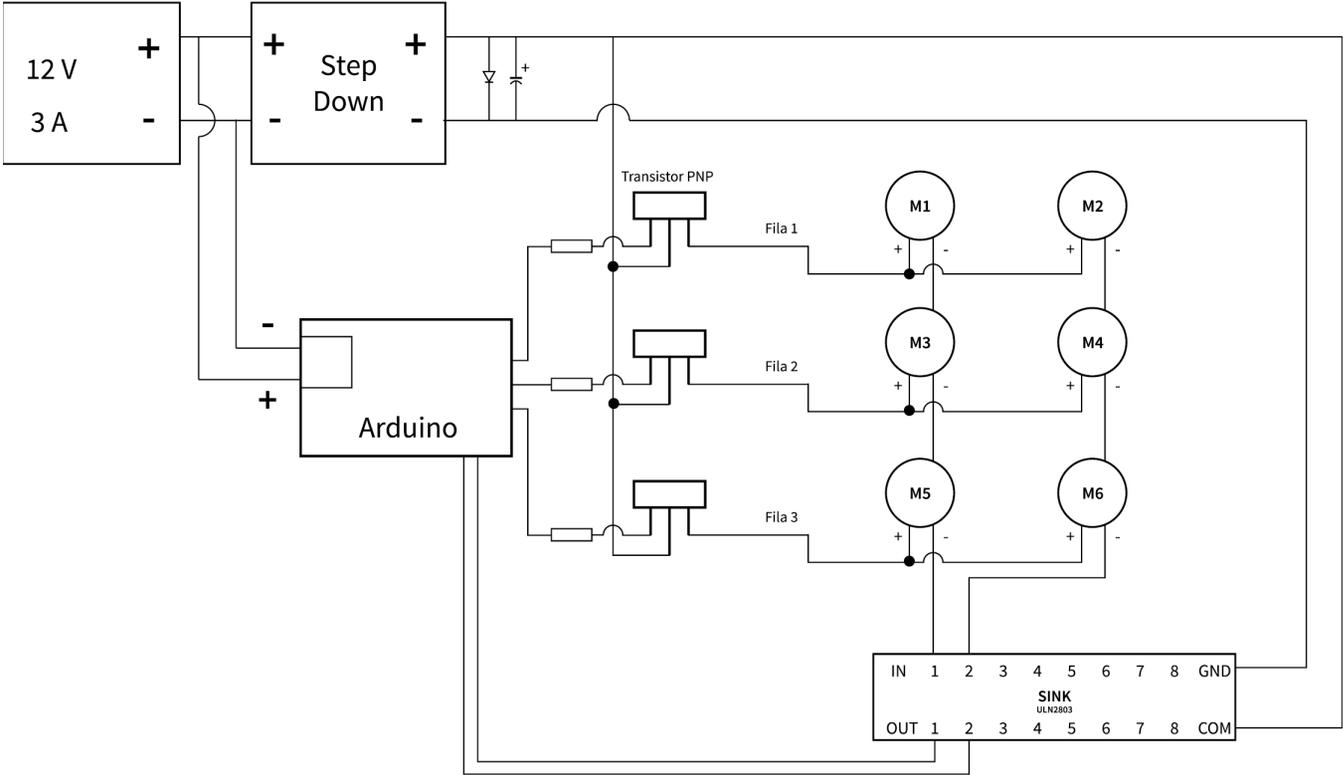


Circuito de motores independientes



[Elaboración propia, 2018]

Circuito de multiplexación por tiempo



[Elaboración propia, 2018]

Se decide que los puntos de vibración en la zona escogida, no serán presentados todo al mismo tiempo. Esto dado que si bien, tradicionalmente, el tacto se ha considerado como una modalidad espacial, con elementos muy comparables con el sistema visual, el procesamiento espacial se complementa con un modo temporal, en el cual el procesamiento de vibraciones complejas y de alta frecuencia muestran jugar un rol relevante en la percepción de texturas, y «la composición de frecuencias de vibración forma la percepción evocada» (Mackevicius, Best, Saal y Bensmaia, 2012).

Funciones cutáneas y vibraciones: Temporalidad, espacialidad e intensidad. Si bien, la piel tiene notables características en cuanto a la discriminación, también tiene limitaciones. Una de estas, es su habilidad de captar con precisión un número de estímulos determinadas al mismo tiempo. Por lo cual, el orden de presentación espacial de estímulos se convierte en un factor fundamental, que por fortuna para el proyecto, tiene una función que la puede determinar. El Dr. Frank Geldard, experto en percepción táctil que participó de los estudios de Bach-Y-Rita, en un comienzo estableció que no era posible detectar más de 13 estímulos simultáneos que estén repartidos en el cuerpo, estudios, basados en la discriminación de dos puntos (two-point tactile discrimination threshold). Sin embargo, durante la investigación, se desarrolló una matriz vibrotáctil de 400 puntos en la espalda que estaban espaciados por 1 cm, con excelentes resultados perceptuales, a pesar de que en la espalda la discriminación de puntos no es la mejor. Aunque

esta escala es importante y puede ser útil en ciertas ocasiones, lo más importante en la discriminación perceptual, es la capacidad del sujeto de percibir patrones (Bach-Y-Rita, 2004).

La detección de intervalos (gap detection) es la separación mínima de tiempo entre un par de estímulos. Hirsch y Sherrick (1961), establecen que el umbral de separación es de 20 milisegundos, sin embargo, a medida que la cantidad de impulsos simultáneos aumentaba a más de dos, el umbral aumentaba progresivamente. Cuando el número de estímulos aumenta a cinco o 6, los intervalos temporales pueden ser de casi 500 milisegundos para una identificación correcta.

En esta misma línea, la duración e intensidad del estímulo es un factor influyente. Gescheider (1967) midió la separación mínima detectable entre dos clicks táctiles, arrojando resultados en cuanto a la función del intervalo temporizador: la detección de intervalos mejora en cuanto a la función de la separación temporal de los estímulos y la intensidad de estos. Los umbrales de detección de brechas fueron de aproximadamente 10 ms, pero pueden ser tan bajos como 5 ms para pulsos mecánicos altamente amortiguados (Gunther y O'Modhrain, 2003).

Con respecto a la frecuencia de los estímulos en la piel, esta es relativamente pobre a la hora de distinguir frecuencias en comparación con los receptores auditivos. El rango de la respuesta de la piel ante frecuencias vibrotáctiles está entre 20 y 1000 Hz, y la máxima sensibilidad alrededor de los 250 Hz (Gun-

ther y O'Modhrain, 2003). No obstante, experimentos psicofísicos informan sobre diferencias de sensación cuando se varía la frecuencia del estímulo; cuando se presentan frecuencias por debajo de 100 Hz los sujetos informan sensación de periodicidad o zumbidos, mientras que a frecuencias más altas, se percibe el estímulo como más difuso y suave. Los estímulos vibrotáctiles de duración inferior a 0.1 segundos se perciben como golpes o golpes contra la piel, proporcionando el equivalente táctil del staccato musical. Por otro lado, cuando hay mayor permanencia, con desintegraciones graduales, el resultado tiene mayor fluidez (Gunther y O'Modhrain, 2003).

Un elemento positivo en cuanto a la captación de frecuencias, se encuentra gracias a las diferencias de sintonización de frecuencias entre los receptores cutáneos. Por ejemplo, en una misma zona, los Corpúsculos de Pacinian en número mayores a 600 Hz dejan de responder, sin embargo, en aquella misma locación, los corpúsculos de Meissner continuarán respondiendo a las vibraciones. Este fenómeno, se puede aprovechar en términos de composición en el proyecto, con el fin de poder utilizar diferentes frecuencias de vibración en una misma área.

En el artículo Cutaneous Grooves: Composing for the Sense of Touch (Gunther y O'Modhrain, 2003) se establecen las siguientes definiciones de patrones espacio-temporales, variables que deben ser contabilizadas en el desarrollo del proyecto. Estos 4 fenómenos perceptuales ocurren cuando se aplican múltiples estímulos en la piel:

1- Masking/Enmascaramiento: Es la capacidad reducida para detectar un estímulo en presencia de un estímulo de fondo.

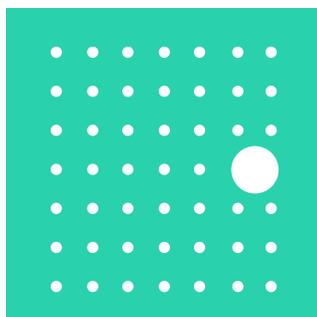
2- Enhancement/Mejora: Se produce cuando la presencia de un estímulo breve hace que un segundo estímulo parezca tener una intensidad mayor que cuando se presenta solo.

3- Summation/Sumatoria: Se refiere a la magnitud de la sensación total o combinada de dos estímulos que ocurren muy juntos en el tiempo.

4- Supression/Supresión: Ocurre cuando la presencia de un estímulo disminuye la capacidad del sujeto para detectar un segundo estímulo cuando los dos estímulos se administran en diferentes lugares de la superficie de la piel.

Es por todo esto, que se decide presentar los patrones vibracionales en base a columnas y filas, una detrás de otra, con el fin de que la piel solo deba distinguir un máximo de 6 estímulos simultáneos, y que sea la continuidad de los estímulos procesados en el cerebro los que formen una percepción total de la textura completa.

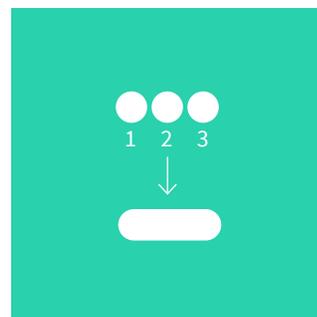
Fenómenos perceptuales ante múltiple estímulos



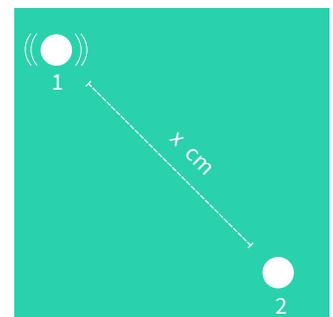
Masking/Enmascaramiento



Enhancement/Mejora



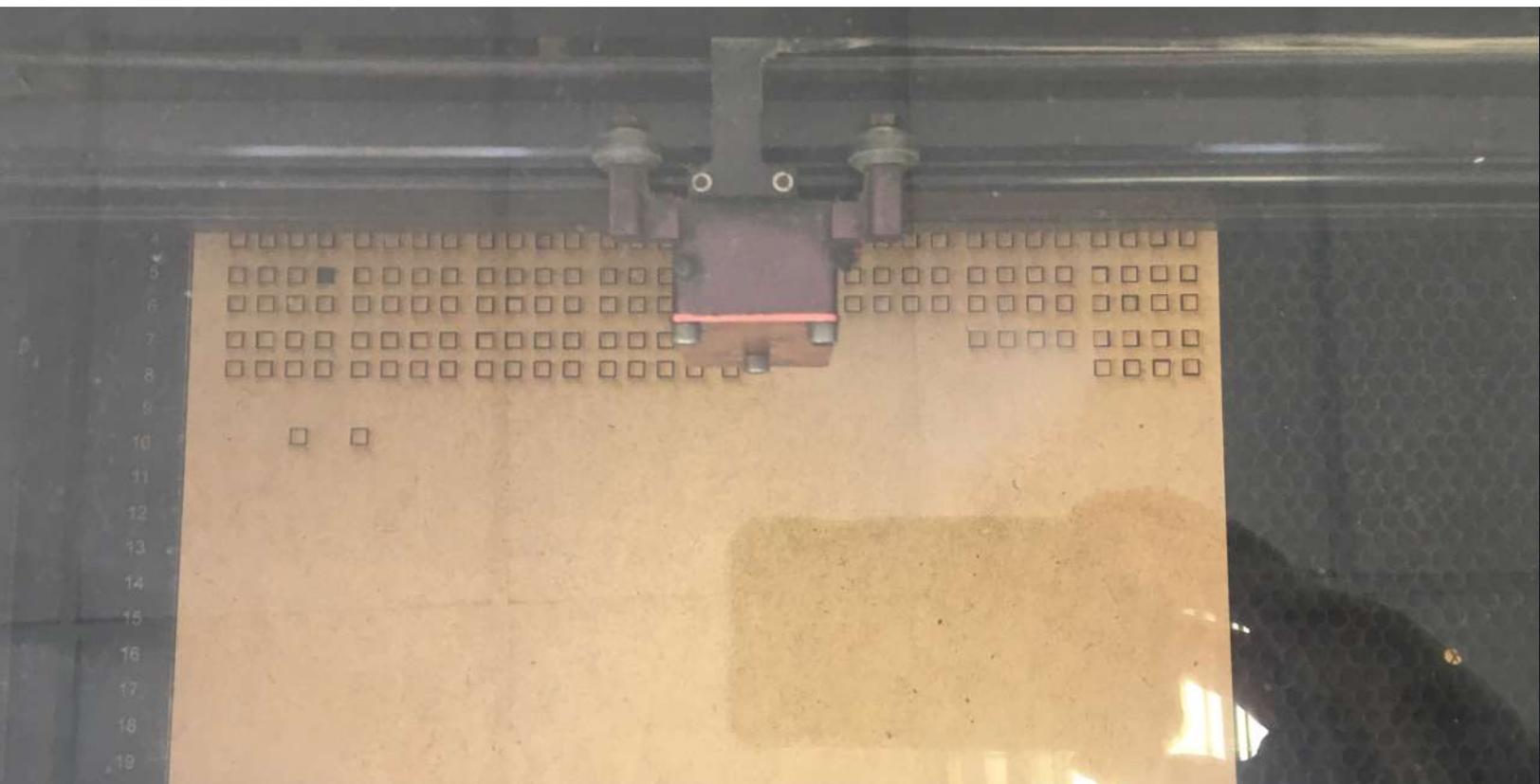
Summation/Sumatoria

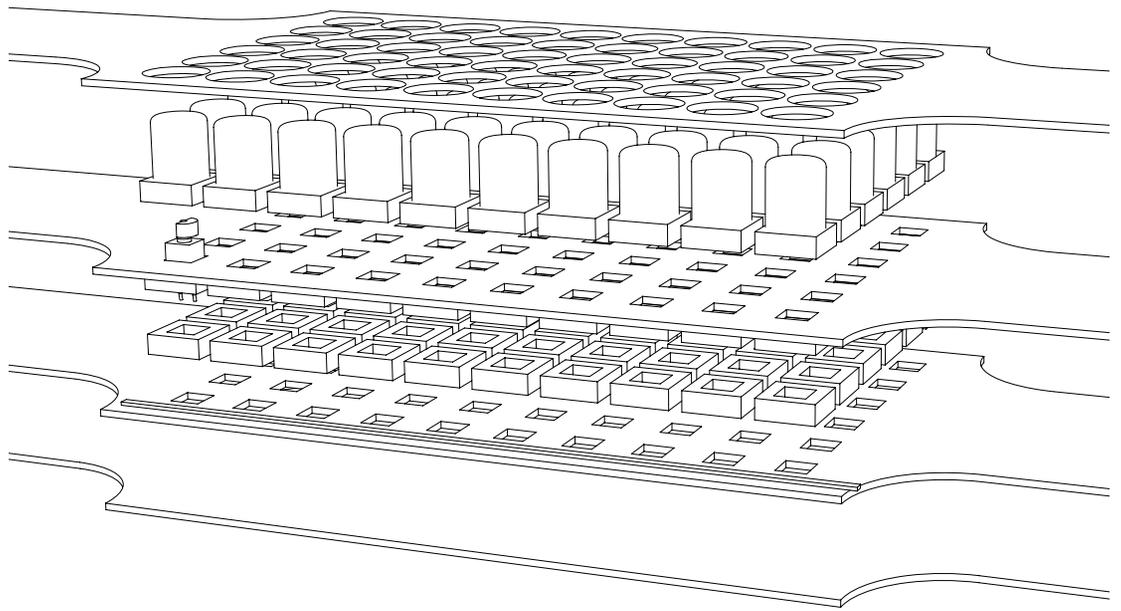


Supression/Supresión

Tercer corte. Se establecen diferentes capas que en conjunto separan los circuitos y sujetan las placas de los los motores.

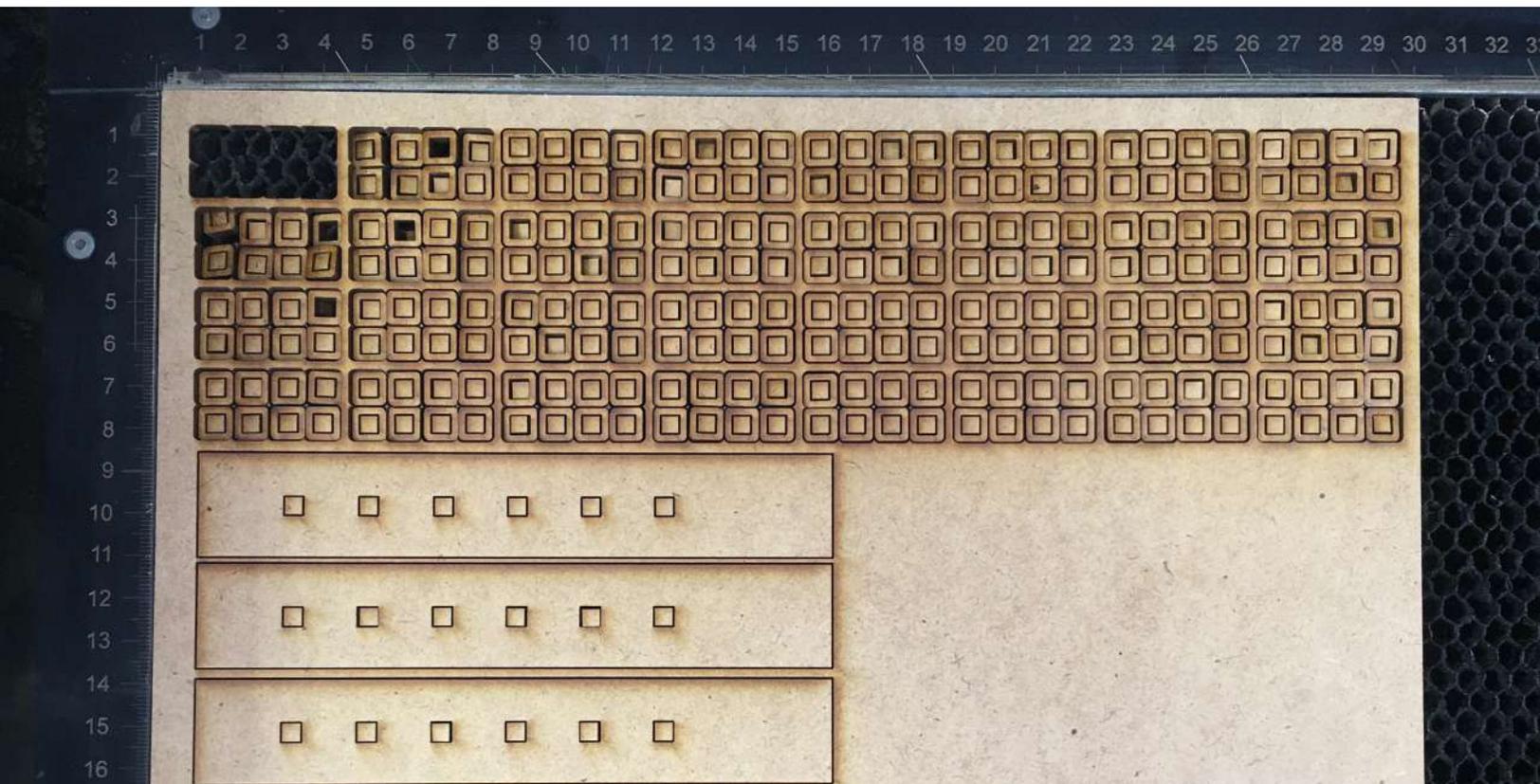
Se decide utilizar la madera para el prototipo ya que esta es más fácil de manejar y es más compatible con otros materiales. Por ejemplo, si los cabezales que tiene contacto con la piel son de madera, es más fácil unir el soporte de madera a los cabezales que un soporte de acrílico.



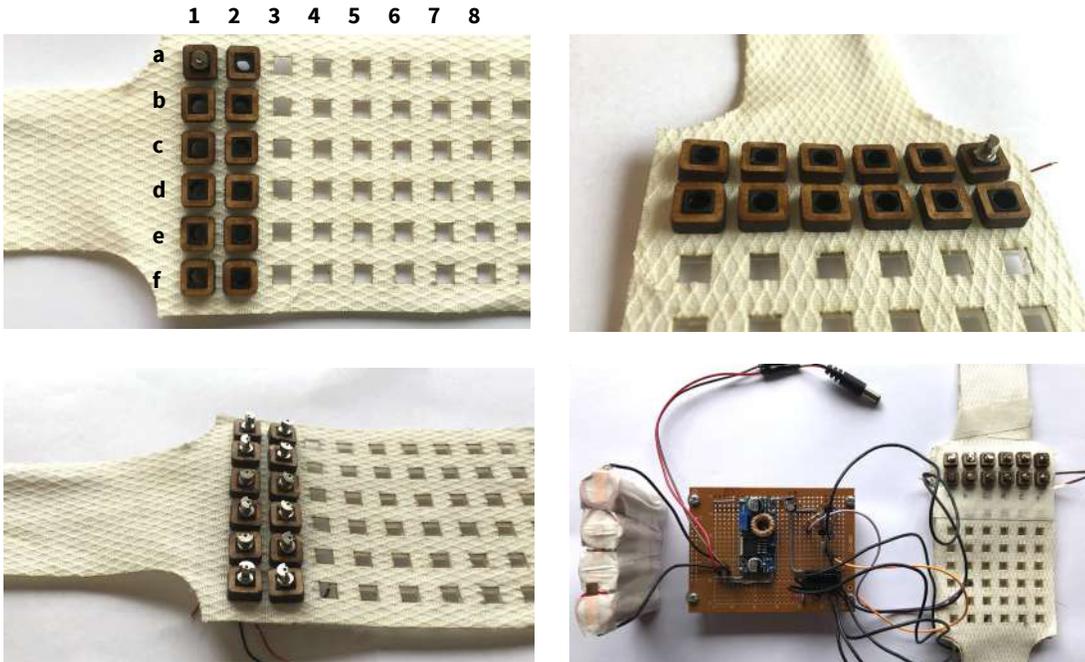


[Esquema capas próximo prototipo]

[Elaboración propia, 2018]



[Elaboración propia, 2018]



[Elaboración propia, 2018]

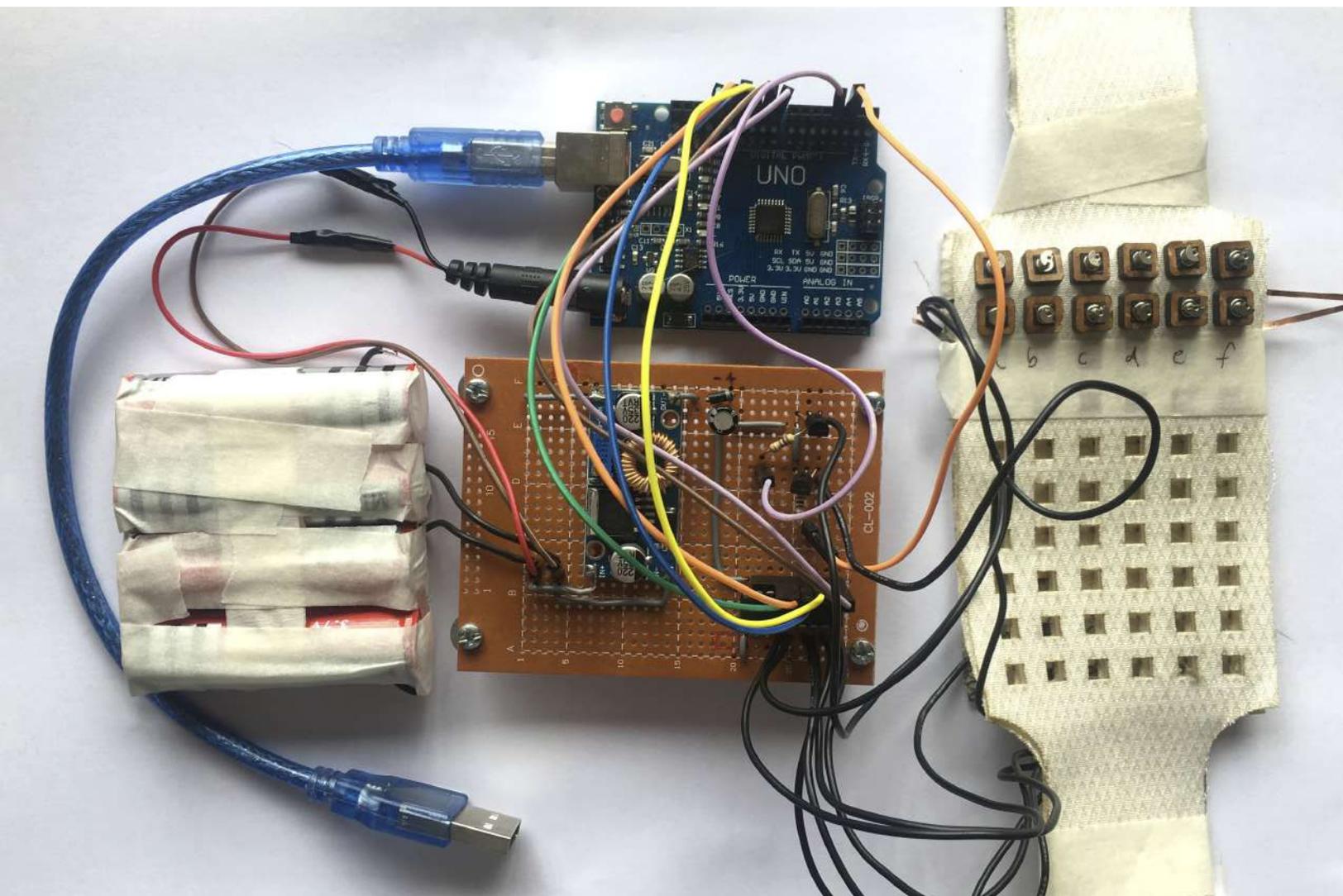
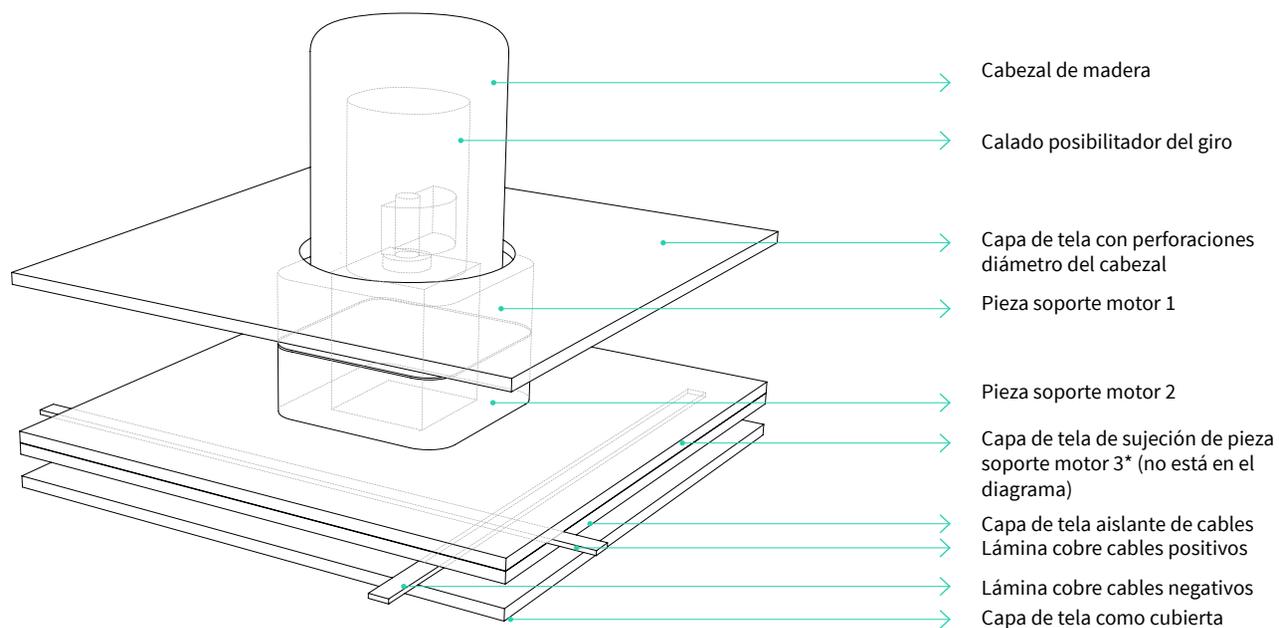
Se escoge el segundo circuito para realizar pruebas funcionales, ya que es el circuito que utiliza menos cables. Se colocan 12 motores, dispuestos en 2 columnas y 6 filas para probar el circuito. Se nombran las columnas con números y las filas desde la «a» a la «f», para luego ser controladas con Arduino.

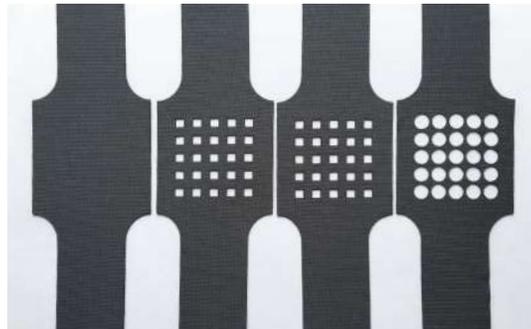
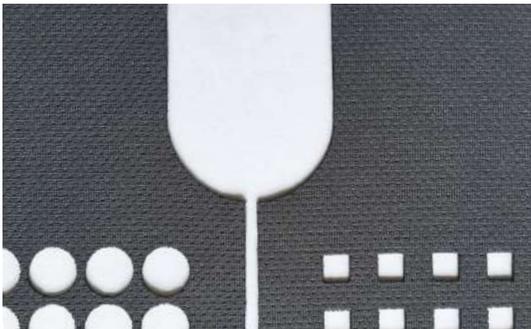
La idea es que todos los motores puedan ser controlados independientemente, con el fin de que cada motor pueda representar un segmento de las texturas, y que estos se vayan accionando por columna y así reducir la cantidad de potencia necesitada y para no generar una recarga de información en el usuario.

El soporte para cada motor incluye piezas de madera de 3 mm cortadas a medida en laser, las cuales se encajan a presión gracias a la goma que incorpora cada uno de los motores. El prototipo está construido en base a capas que permiten la aislación de los circuitos y la flexibilidad del conjunto.

Resultado. EL circuito no funciona bien, ya que todos los motores se encienden al mismo tiempo y giran en diferentes frecuencias. Solo se pudo controlar las columnas individualmente.

Diagrama de piezas para un motor





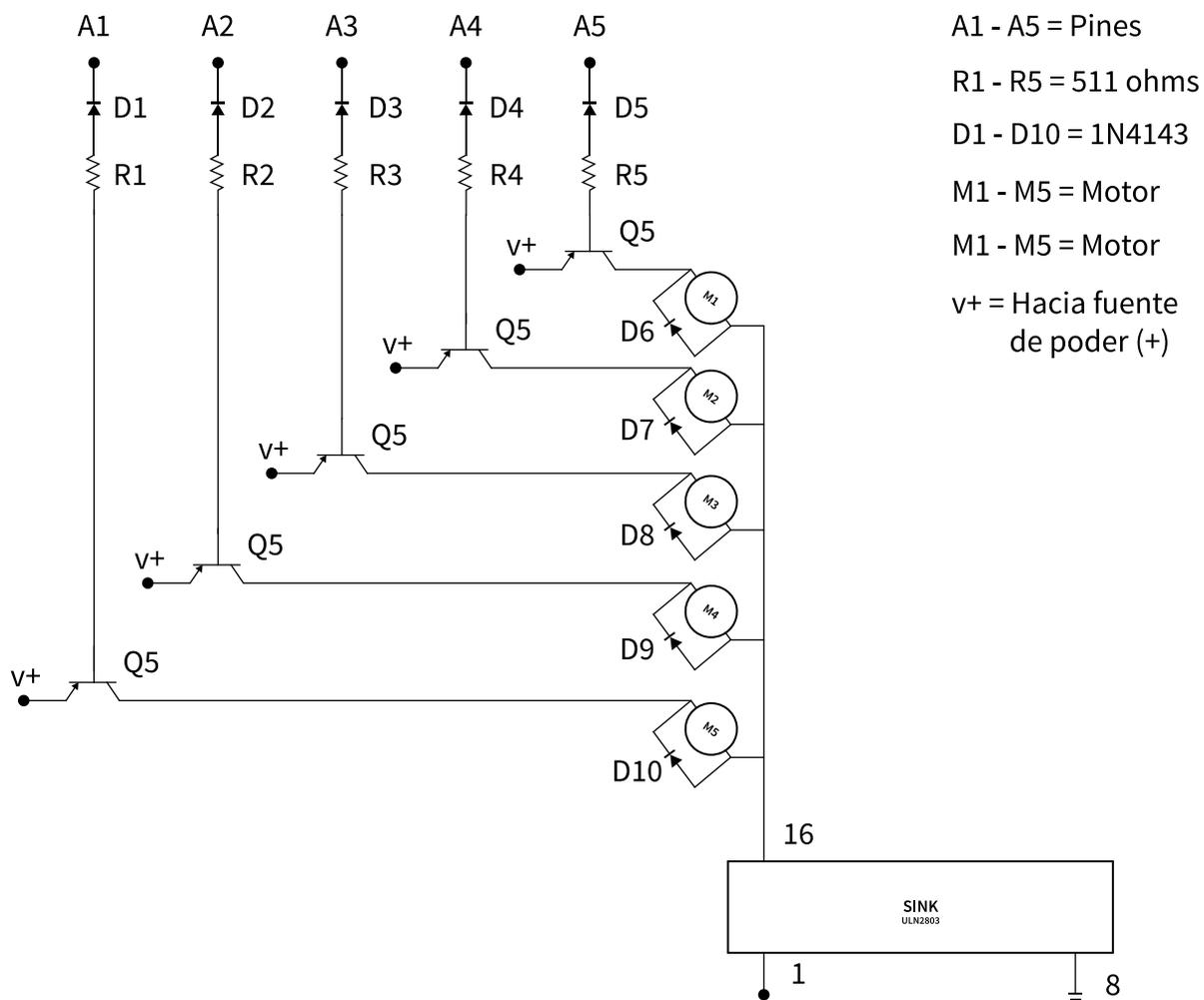
Se utiliza una tela QuickDry gris, por temas de suciedad, la cual es de poliéster y se utiliza en ropa deportiva, ya que permite la respiración de la piel y un secado rápido. La posición de los soportes de madera sobre la tela permite flexibilidad suficiente para adecuarse al cuello.

El nuevo circuito funciona a la perfección y es probado con una línea de motores, enumerados del 1 al 5 con el fin de poder ser programados en Arduino. Los motores lograron ser controlados de manera inde-

pendiente, proceso en el cual se lograba encender o apagar los motores deseados, formando combinaciones de vibraciones que producen patrones espaciales y temporales de vibración.

Una vez que se comprueba el buen funcionamiento del circuito, se piensa en la expansión de los puntos de presión para aumentar la precisión, por consiguiente, se planea incrementar el mayor número de filas y columnas posibles dentro del espacio del cuello.

Nuevo circuito de motores independientes



[Elaboración propia, 2018]



Producto final: visualización y funcionamiento

El funcionamiento principal de la interfaz se divide en tres principales etapas: la captura de las texturas, la programación del dispositivo y la ejecución de la programación. En términos generales, el dispositivo diseñado es capaz de traducir una zona seleccionada de una textura o superficie del entorno, en patrones de vibración en una cuadrilla de puntos de presión, en donde cada elevación en la superficie, significa la activación de una pulsación de vibración en el cuello de la persona.

1. Captura/Procesamiento de la imagen. En caso de poder capturar las texturas de manera inalámbrica, se propone el uso de un sensor infrarrojo que capte la profundidad de las superficies, algo necesario, dado que es la diferencia de alturas en las texturas lo que determina la programación de la interfaz. Cada vez que el sensor detecte una diferencia, por ejemplo un agujero, el sensor envía la señal de apagado del motor que corresponde a esa localización. Por el contrario, cuando se encuentre con elevaciones, la señal es de encendido, resultando en la vibración de uno de los puntos, y así con los demás.

Por otro lado, cuando no pueda ser usada la tecnología infrarroja, como en el caso del prototipado de este proyecto, se utiliza la transformación de las fotografías de texturas para programar el encendido y apagado de los motores. El concepto sigue siendo el mismo: cuando exista una elevación de la superficie, el motor dedicado a esa zona se activa, y sino, se apaga. No obstante, esta diferencia no será medida con un sensor, sino que mediante un procesamiento de las imágenes de las texturas. La imagen pasa por el siguiente proceso: se ingresan a Adobe Photoshop y se transforma a «normal map». Esta función permite igualar los colores de la foto y resaltar de mejor manera las elevaciones de las texturas. La imagen debe estar tomada de frente, alineada con la superficie y con la mejor calidad posible.

El archivo de imagen se divide en una cuadrícula de columnas y filas, y la cantidad de estas se determina por el ancho y largo del cuello del usuario. Luego, cada espacio formado con las líneas es designado a un motor, el cual está en la misma posición en la interfaz del cuello. Cuando se advierta una elevación en el sector de la imagen, el sector dedicado en la cuadrilla de motores se activará.

Por lo tanto, mientras más rugosa la superficie, es decir mientras mayor sea la diferencia de altura de la textura, habrá un mayor número de activación de los motores de vibración.

2. Codificación de las texturas. Para propósitos de la construcción de un prototipo funcional que pueda ser testeado, la codificación de texturas se realiza de antemano, de tal manera que se programan en Arduino 5 texturas, las cuales serán siempre igual. Por consiguiente, en los prototipos funcionales la captura de texturas y su programación no podrá ser en tiempo real.

El código de arduino es bastante simple, en vista de que solo es necesaria la activación de cada motor, es decir, enviar una señal que le indique al motor que se encienda o se apague.

3. Efecto de vibración. En esta etapa, la interfaz reproduce las texturas. El total de motores micro vibradores están dispuestos en filas y columnas, con la misma distancia entre ellos. El circuito de la interfaz está armado de tal manera que solo puedan estar encendidos 6 motores a la vez, dado que la piel no puede distinguir muchos estímulos a la vez, y no se quiere saturar al cerebro de información. Por lo tanto, la activación de los motores es independiente, pero forman combinaciones dentro de cada columna. Dicho de otro modo, en primer lugar las señales de activación llegan a la primera columna, que contiene 6 motores. Dentro de esta columna, se pueden armar 36 combinaciones diferentes. Después se continúa con la siguiente columna la cual también tiene el mismo número de combinaciones, y así sucesivamente.

La activación de las columnas es lineal, y de izquierda a derecha. Una vez que la textura ya fue reproducida por completo, la textura se vuelve a reproducir desde la primera columna.

El conjunto del accionamiento lineal y la disgregación de los puntos de vibración, ocasionan la sensación de texturas mediante las vibraciones que se van sintiendo en la piel. Las variables temporales y espaciales generadas en el efector, posibilitan un amplio rango de combinaciones, las cuales aumentan el número de posibles texturas a traducir y la variabilidad del prototipo. Así, el rango de emociones que se derivan de la percepción de texturas también aumenta.

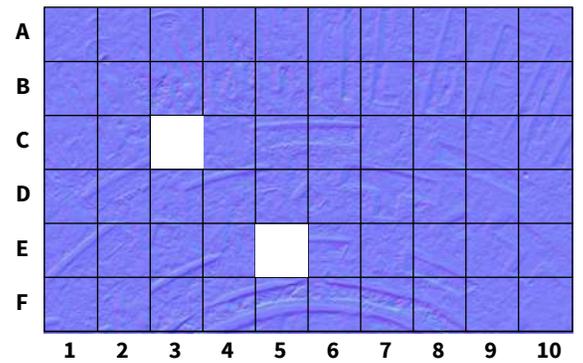
Identificación de la superficie que se desea captar



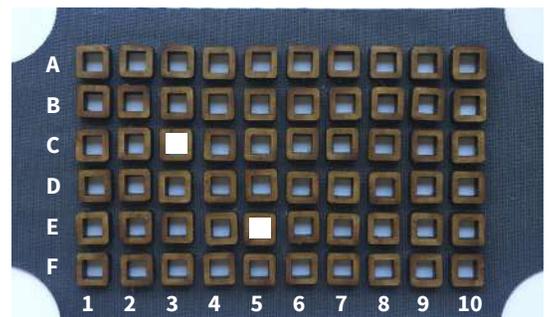
Acercamiento a la textura



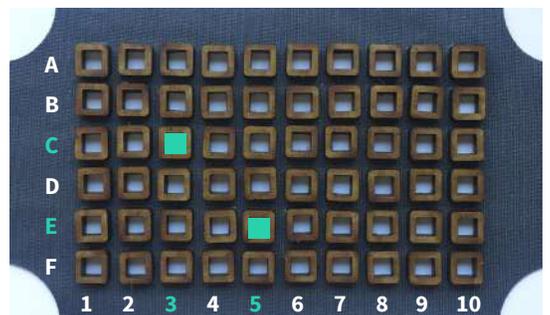
Normal map y división de la imagen en filas y columnas



Asociación de espacios en la cuadrilla de la interfaz



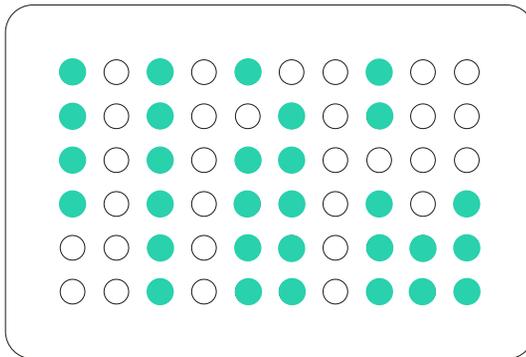
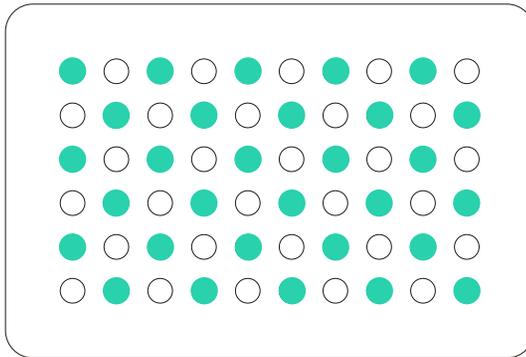
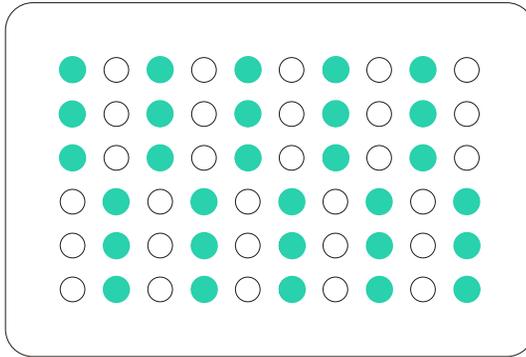
Encendido/apagado de los motores de vibración y generación de secuencias temporales y espaciales



Textura real



Puntos encendidos en la interfaz



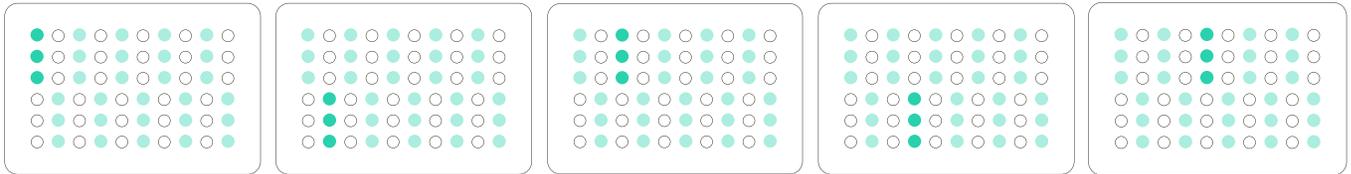
Como se puede apreciar en las imágenes de esta página (138) cada textura tiene una secuencia de vibración diferente. Como se explicó anteriormente, esto depende de la rugosidad de cada textura. En base a esto, se controlan las variables de espacialidad y temporalidad para que la traducción sea lo más semejante posible a la textura real.

por el momento se seleccionan ciertas texturas para probar su funcionamiento y las asociaciones que el futuro usuario pueda realizar a partir de estas.

La traducción es controlada mediante un código en Arduino One, la cual está predeterminada para utilizarse en un prototipo funcional. Por consiguiente,

VISUALIZACIÓN FINAL DEL PROTOTIPO

Secuencia de encendido (izquierda a derecha)



[Elaboración propia, 2018]

Los siguientes renders representan el prototipo ideal final del proyecto, el cual podría ser construido con un mayor presupuesto que el disponible por el estudiante en el momento.

El prototipo es inalámbrico (no necesita cables externos ni una fuente de energía externa) posee leds que desarrollan una forma de feedback visual durante el uso de la interfaz.

Por otro lado, los puntos de presión se encuentran a una menor distancia y son menos aparatosos que los de los prototipos desarrollados, dado el tema económico de producción por un estudiante.

También, la estructura de vibración no necesita de una sujeción que rodee todo el cuello, sino que solo la

mitad trasera, con el fin de no interferir en mayor medida la movilidad de la región interferida. La interfaz está construida con telas suaves y flexibles que proporcionen la respiración adecuada de la piel. Asimismo, el área interior posee zonas acolchadas para la comodidad de la persona y adición a la piel los cuales se van cambiando con el tiempo una vez que el pegamento se desgasta.

Los cabezales de contacto ya no estarán por fuera de la tela, sino que camuflados por dentro y con un menor ancho, reduciendo el ancho total de la interfaz.

Implementación de la propuesta: fondos concursables

El proyecto tiene características tecnológicas que poseen ventajas por sobre los productos existentes en el mercado y los laboratorios de investigación. Al aprovechar las zonas sensibles del cuerpo, utilizar las asociaciones del cerebro y las cualidades de las texturas, el proyecto es un buen candidato para la protección de invención. Además, por su carácter de investigación y desarrollo, es importante la validación con centros de neurociencia y posteriores testeos sobre su influencia y resultados en la implementación con personas fuera del laboratorio. Dado esto, se decide postular a concursos para obtener fondos y continuar con la investigación y los prototipos.

FONAPI. El objetivo del Fondo Nacional de Proyectos Inclusivos es financiar iniciativas que contribuyan a la inclusión social de personas con discapacidad. Fondo administrado por el SENADIS (Servicio Nacional de la Discapacidad).

Concurso IDeA I+D. El objetivo de IDeA, Investigación y Desarrollo en Acción, es apoyar financieramente la

ejecución de proyectos de investigación científica y tecnológica, con potencial impacto económico y/o social. Fondo administrado por FONDEF (Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico).

Por el momento, el proyecto no busca ser comercializado, sino que busca el desarrollo de este nuevo sistema tecnológico que pueda ayudar a las personas con falta de sensibilidad, y que también pueda ser usado en otras áreas, por ejemplo de realidad virtual y telepresencia, temáticas concurrentes en el mundo de los videojuegos.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN - DIRECCIÓN DE TRANSFERENCIA Y
DESARROLLO

**ANEXO 1: FORMULARIO DE REVELACIÓN DE LA INVENCION –
DISCLOSURE FORM**

Responsable de completar: El investigador

1. Título de la invención

Hápto: Interfaz mecánico para la traducción y traslación sensorial del sistema háptico de las extremidades superiores.

2. Investigador y unidad académica responsable

(Indique: nombre, e-mail, anexo y facultad/escuela/instituto)

Bernardita Contreras Infante, bcontreras4@uc.cl, Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos UC.

3. Inventores y otros participantes

Indique el nombre, Rut, profesión, cargo, email, dirección, anexo y unidad académica de los inventores, ya sea(n) investigador(es), estudiante(s), funcionario(s) o personal externo a la Universidad:

Bernardita Contreras Infante, 19.079.406-7, estudiante Diseño UC.
Alejandro Durán Vargas, Diseñador UC, profesor guía de proyecto de título.

4. Financiamiento de la invención y compromisos contraídos

Si la invención proviene del algún proyecto, por ejemplo FONDEF, INNOVA, indique:

Código de Proyecto	Fondo de Financiamiento

5. Descripción de la invención (producto o proceso) y problema que ésta resuelve

Describa las características de la invención que usted considera son "nuevas", los aspectos que la hacen única y no obvia, además de su aplicación industrial (como puede tener aplicación en la sociedad o el mercado).

El proyecto es un sistema de traducción sensorial, en específico del tacto de las extremidades superiores. Este contempla el desarrollo de una interfaz mecánico-digital de traducción de texturas mediante el uso de patrones vibracionales ejecutadas en el cuello, una zona vinculada con las manos en la corteza cerebral. Las extremidades superiores son la principal fuente de recolección de información háptica del entorno: el ser humano necesita una retroalimentación de sus interacciones para comprender y disfrutar el mundo físico en el que vive, las cuales se pierden en casos de la Piel de cristal, artrosis, amputaciones, Neuropatías

1. Incorporación sensado de texturas.

La primera fase del proyecto se centró en la investigación y desarrollo de una interfaz que sea capaz de traducir los altos y bajos de las rugosidades de las superficies. Se propone que la segunda fase se centre en el sensado mismo de estas texturas, con el fin de poder sensar estas en tiempo real y otorgar funcionalidad al movimiento de las manos. Este aporte es también importante en términos emocionales, ya que el usuario puede recobrar la habilidad sensorial de las manos y no solo el uso mecánico de estas. Para esto, se considera la captura de las principales dimensiones del tacto (áspero-liso, duro-blando, calor-frío), mediante diferentes sensores. Un sensor infrarrojo captura la profundidad de las superficies; uno de temperatura determina el calor o frío de estas; y el de presión la dureza de los materiales.

Se toma en consideración la ergonomía de la mano y la comodidad de este: el ancho de la mano (con pulgar) en mujeres trabajadoras chilenas es de 80 mm percentil 5 y 96 mm percentil 95; el ancho de la mano (sin pulgar) es de 68 y 82 mm, percentil 5 y 95 respectivamente. El ancho de la mano (con pulgar) en hombres trabajadores chilenos es de 93 mm percentil 5 y 109 mm percentil 95; el ancho de la mano (sin pulgar) es de 78 y 92 mm, percentil 5 y 95 respectivamente (DINED, 2016).

Por lo tanto se propone incorporar el dispositivo en la muñeca para no interferir en gran medida con el movimiento de los dedos, y que este sea ajustable y así poder ser utilizado por todos los usuarios que la requieran.

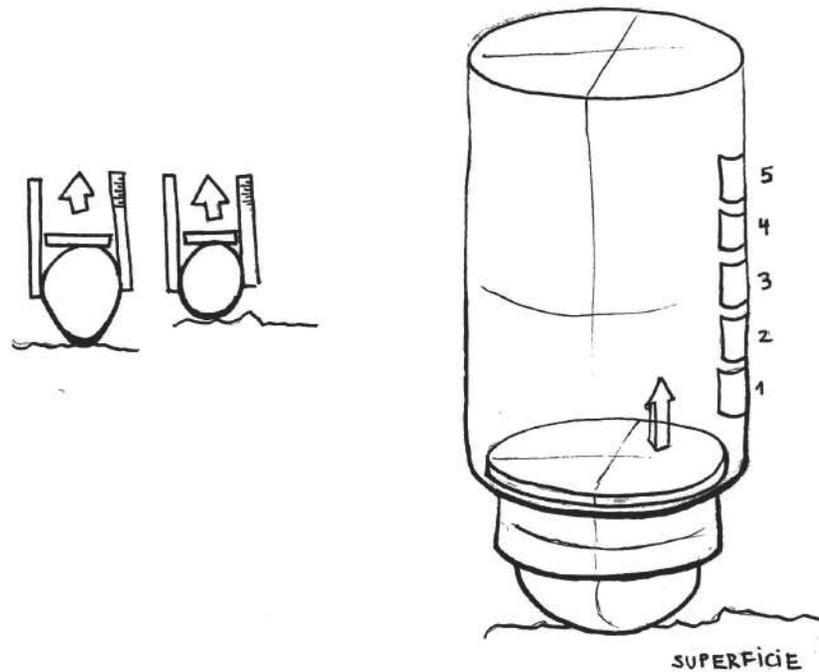
2. Enriquecimiento de la interfaz.

Temperatura. Un elemento destacable dentro de la caracterización del Sistema Háptico, es la posibilidad de sentir el calor o frío que emanan las diferentes superficies. Esta característica de la piel es un elemento importante a la hora de prevenir accidentes, ya que el feedback inmediato sobre las temperaturas le indican a las personas como proceder. Para incrementar la seguridad de las personas con falta de sensibilidad que no posean esta cualidad, se propone incorporar

en el sensado de texturas un sensor de temperatura en conjunto con un efector. El primero, consiste en un sensor de texturas utilizado en las manos de las personas, y el segundo, se materializó en la adición de una capa de tela en el cuello, la cual imitará los grados de calor que indique el termómetro, con un máximo de grados para no interferir con la seguridad del usuario.

Presión. En la exploración de objetos, una cualidad de la piel que interfiere en gran medida es la deformación de esta. A medida que la piel entra en contacto con objetos más duros, existe una mayor deformación de la piel, lo cual es también un feedback sobre las características del objeto. Es por esto que se pretende añadir un sistema de variación de presiones en la interfaz. Es decir, que cada punto de vibración de la interfaz tenga además módulos que impulsen los cabezales de los motores hacia la piel, deformándola. Esto sugiere que a mayor dureza de los materiales, mayor deformación de la piel existe, otorgando al cerebro mayor información sobre lo que la persona está percibiendo de manera táctil. Para esto, es necesario incorporar en el dispositivo de sensado de las texturas un sensor que capte la dureza de los materiales.

Posibilidad de añadir feedback sonoro. La vivencia del mundo que nos rodea se da por una operación multifacética en donde la combinación modal de sentidos permite que las experiencias sean aún más enriquecedoras para las personas. Es por esto, que la combinación del sentido del tacto con otros sentidos puede ser una buena manera de potenciar la percepción de texturas. Es por esto, que se propone incorporar sonido a la interfaz. Se plantea integrar un sonido corto en cada uno de los «toques» táctiles generados por la interfaz, lo cual recalca cada uno de estos. El sonido permite también añadir notas musicales y programar la intensidad del sonido, un rasgo que aporta diferenciación para cada «toque», lo cual implica un aumento en el rango de texturas traducidas. La combinación de notas, frecuencia e intensidad del sonido en conjunto con las secuencias y patrones de vibración, podría generar una melodía especial para cada textura.



[Input: Propuesta sensor mecánico de la altura de las superficies]

[Elaboración propia, 2018]

Posibilidad de guardar texturas para posterior reproducción. Como bien se vio en algunos de los testeos, las texturas además de permitir el reconocimiento de objetos evocan recuerdos personales. Los recuerdos significativos adquieren una posición de gran importancia en lo emocional de las personas, por lo cual, un aspecto positivo es el poder reproducir nuevamente las experiencias que evocan ciertas emociones. Se propone incorporar a la interfaz un grabador de texturas, que permita al usuario poder reproducir las texturas previamente sensadas en un futuro, con el fin de documentar el proceso y recalcar en mayor medida la concientización y limpieza del tacto.

Telepresencia. Estamos en un mundo en que las personas se llenan de mensajes de otros lugares, y pasamos tiempo aumentando la conexión con nuestro cuerpo y sentidos, mediante la incrementación de la realidad física por medio de objetos, lugares y seres virtuales. Esto, ya que tenemos la capacidad de sentirnos presentes en un espacio en el que no estamos realmente, y responder emocionalmente en distintos tipos de situaciones como videojuegos, realidad virtual y teleconferencias. El sentimiento de la presencia emerge de un proceso fisiológico, el cual está relacionado con la personificación, dado que está estrechamente relacionada con el cuerpo. Por consiguiente las neuronas motoras, además de controlar las acciones, las representan, debido a la baja presencia de niveles sensoriomotores, lo que ayuda a habilitar la sensación de presencia mediante distintas herramientas y su entorno (Lombard, Biocca, Freeman y Schaevitz 2015).

En el caso de la Realidad Virtual (RV), los participantes están inmersos en un mundo completamente sintético, en donde las leyes y propiedades del mundo real como la gravedad y el espacio, ya no existen. Este se considera como un medio. En el caso de la Realidad aumentada (RA), esta se define como “El aumento de la retroalimentación natural al operador con señales estimulantes”. Estas definiciones son importantes, para hablar sobre la Realidad Mixta (RM), la cual relaciona las dos anteriores. Milgram establece entre estas un continuo, la cual llama “Realidad Virtual Continua”, el cual ubica los objetos reales y virtuales en un solo display entre la RV y RA (Milgram, Takemura y Kishino, 1995). La importancia de la RM para este proyecto, está en su capacidad para unir el mundo virtual con los componentes del mundo real para generar una experiencia en el ser humano, ya sea real o ficticia.

En este contexto, las simulaciones hápticas se utilizan con la intención de incrementar la “realidad de la experiencia”, con el objetivo de reproducir características como texturas, superficies, forma y elasticidad de lo que se considera como el “mundo real” (Gunther y O’Modhrain, 2003).

El proyecto tiene escalabilidad en este ámbito, ya que podría permitir la conexión entre personas a distancia, la incorporación táctil en realidad virtual e incluso en la exploración de lugares lejano u otros planetas.

Es irrefutable que la oportunidad de traducir texturas es un tema importante, no solo en el área médica, sino que en la telepresencia y realidad virtual. Vivimos en un mundo en el que los dispositivos electrónicos se han convertido en parte crucial de nuestra vida, y se pueden encontrar tanto para uso externo tal como computadores o dispositivos de uso para el día a día, que controlan nuestros horarios, nuestras horas de sueño, nos conectan con personas al otro lado del mundo y tangibilizan nuestras experiencias mediante fotografías de gran resolución. Estos aparatos ya no son ajenos a nuestra rutina, no es extraño recibir un whatsapp y leerlo en nuestra muñeca, o saber nuestro pulso con solo tocar un reloj. Es un hecho que la tecnología es parte de nuestra existencia, y esta avanza exponencialmente con el pasar de los años. Es por esto, que Hápto, a pesar de ser una innovación que puede parecer extraña, se crea en un momento en el que puede pasar a ser un «wearable» tecnológico más de nuestra vestimenta diaria.

El desarrollo de esta interfaz se ha enfocado principalmente en devolver la consolidación de las experiencias a partir de las sensaciones del tacto. Si bien lo usual es utilizar los otros sentidos como la vista o audición para percibir el mundo, frecuentemente olvidamos la importancia de las evocaciones táctiles, y no solo por la seguridad cercana y feedback inmediato que nos otorga, sino también la asociación de la percepción táctil de lo que nos rodea y lo que estos pueden generar en nosotras, emocionalmente hablando.

Desde el principio del proyecto se describió que los objetivos planteados eran complejos, y que la resolución completa del proyecto con una precisión sublime era difícil. Sin embargo, con un bajo presupuesto, y tecnologías y componentes existentes en el mercado chileno se logra sacar adelante un proyecto de investigación y desarrollo que cumple con el objetivo general, que es generar sensaciones a partir de estímulos táctiles en una zona asociada en el cerebro con las manos.

Revisión de objetivos específicos.

1. Capturar las superficies de los objetos estáticos en tres de sus dimensiones: áspero-liso, duro-blando, calor-frío, mediante tecnologías existentes: el objetivo se cumple con una de las dimensiones, lo cual fue una decisión de diseño que se tomó al principio del proceso, con el fin de poder lograr una traducción de las texturas exitosa, y que el abarcar mucho no interfiriera en un resultado mediocre.

2. Generar feedback háptico perceptual en tiempo real sobre texturas del entorno a partir de patrones de vibración: el segundo objetivo se cumple, ya que se desarrolla un sistema que permite el control independiente de las vibraciones, lo cual permite la asociación de las elevaciones del entorno con los puntos de vibración de la interfaz. Esta lectura de texturas no es en tiempo real dado los límites de presupuesto, sin embargo la interfaz está diseñada con el fin de que si el presupuesto permite la adquisición de las tecnologías requeridas, la captura podría ser inmediata.

3. Caracterizar las dimensiones de las texturas en un output asociado a cada una de ellas: Como se menciona en la reflexión del objetivo número 1, desde el principio se decide utilizar la rugosidad (diferencia de altura de las texturas) como la dimensión a trabajar, dado su importancia y jerarquía por sobre las otras en términos del objetivo general planteado. Sin embargo, la caracterización de esta dimensión y su asociación (elevación = encendido de la vibración) es uno de los elementos más relevantes del proyecto, y sí fue resuelto.

4. Permitir un uso no invasivo y ergonómico del dispositivo en la actividades cotidianas. Gracias al exhaustivo análisis de las propiedades de la piel y las características ergonómicas de la zona del cuello, es posible decir que este objetivo se ha sido cumplido, ya que la interfaz no afecta en gran medida la movilidad del cuello, los materiales utilizados no son tóxicos y son cómodos para un uso del día a día.



[Elaboración propia, 2018]

Por otra parte, el proyecto contabiliza no solo el desarrollo de la interfaz física, sino cómo la mente de las personas y los comportamientos individuales afectan en la percepción de las sensaciones generadas por esta. Es por esto que no es necesario que el artefacto imite exactamente la dureza y alturas de las superficies, ya que el cerebro procesa las superficies de cierta manera: el tacto está muy asociado a la visión. Si por ejemplo, se mira el tronco de un árbol, inmediatamente la persona sabe que es más rugosa que una tabla procesada de madera. Dentro de la acción de tocar estas maderas, intervienen diferentes factores como la velocidad del movimiento, la presión ejercida y los ángulos tanto de la superficie como de la acción del tacto. Es por esto, que no es necesario que se imiten los altos y bajos de cada textura, ya que la visión ayuda en la distinción de estas dos maderas diferentes.

El tacto está directamente relacionado con las emociones. Las superficies se asocian con emociones específicas, ya sea por recuerdos o asociaciones con

objetos que previamente se conocen. Por ejemplo, una tabla procesada puede ser asociada con una pared de madera de la cabaña de veraneo, y la madera más rugosa con un bosque. Por lo tanto, el hecho de poder distinguir entre estas dos podrá generar las mismas emociones, sin necesidad de imitar exactamente las texturas. Además, dada la capacidad del cerebro de reordenar sus neuronas, un esquema de ejercicios y práctica de la interfaz podrá generar a futuro una asociación exacta entre estímulo y textura captada.

El proyecto tiene potencial para ser extrapolado a otras áreas, sobretodo de los videojuegos como se comenta anteriormente. Sin embargo, para continuar con el proyecto aún más allá, es necesaria la asociación con centros de neurociencia, ya que es de gran necesidad el uso de la maquinaria y dispositivos que ellos poseen, tal como las resonancias magnéticas para identificar las zonas de activación de la corteza cerebral, y los grados de estimulación que se pueden llegar a tener durante el uso del dispositivo.



Nombre: Juan Ignacio Morandé

Ocupación: Publicista

Edad: 28

Condición de sensibilidad: Re colocación del brazo derecho y uso de prótesis en brazo izquierdo.

Accidente:

En la discoteque de Santo Domingo, el 27 de febrero de 2010, el terremoto derribó el lugar. Ese espacio tenía orden de demolición para el terremoto pasado y nunca sucedió. Juan Ignacio quedó atrapado debajo de los escombros, y protegiéndose la cabeza, el brazo derecho quedó cortado de cuajo y el izquierdo colgando de un hilo. Además estuvo en riesgo vital debido a un gran coágulo en el cerebro. Luego de ser rescatado y una cirugía de 13 horas, lograron reimplantar el brazo derecho.

Estuvo 3 meses en la Clínica Las Condes, mucha terapia ocupacional y kinesiología, y de a poco pudo recobrar la movilidad en el brazo. Actualmente utiliza una prótesis en el brazo izquierdo, por debajo del codo.

Conversación:

(...) Hasta que ahora puedo hacer una ducha bien rica, calentita, o cacho lo que es helado. Obviamente es hiper sensible, lo que es helado lo siento mucho más helado que tú, tampoco tanto más helado, pero lo siento más helado. Después, tú me haces así con tus manos [muestra la palma de su mano] y yo siento en la uña [del dedo pulgar] rarísimo. No me gusta mucho que me hagan así. A veces puede haber una toalla o un chal o una frazada, y yo sé que es liso pero no logro detectar lo que es. Pero no cacho. Puede ser una cosa peluda, estas pieles que se tiran al suelo, me cuesta distinguir si es una «piel», yo te puedo decir que es una toalla. Esos típicos chalecos que parecen de «pavo real» me cuesta distinguir. El maicillo, puedo tocar el maicillo, pero no sé lo que es.

No sé exactamente con precisión qué estoy tocando. De hecho, me pasaba con mi polola: las mujeres tienen una cuestión que se meten hasta abajo en el invierno [pantalón] y otra polera más, y podemos estar viendo una película y yo le pongo la mano en la espalda y yo no cacho si en verdad estoy en la piel o si estoy en esa capa de pantis, y yo le digo «qué estoy tocando». A veces cierro los ojos y no cacho para dónde va.

[Luego del accidente] Me pasaban esponjas para las sensibilidad, objetos ásperos, lisos, los legos, armar un puzzle, volver a escribir, volver a lavarme los dientes, todo de cero. Iba al baño con ayuda, me daban la comida con ayuda, quería ver tele con ayuda, saludaba a una persona y tenía que darle la «pata» era todo así. Este me lo operaron dos veces luego del reimplante [muestra el brazo derecho] porque algo tuvo, pero no se infectó nunca y en el muñón también me pusieron sensibilidad. El muñón queda mucho más sensible, también me pusieron esponjas, las piedras pómez que son ásperas, eso en ciertas palabras. Fui a la teletón un tiempo, fui a 10 sesiones porque conocí a la Daniela García, ella es fisiatra. Bueno este es el gancho [muestra el brazo izquierdo] y también tengo una prótesis eléctrica, una mano robótica que funciona «la raja» pero hoy en día está con problemas mecánicos y tengo que verlo en Estados Unidos.

Con esta mano [brazo derecho] al principio no podía comer, no sentía la ducha, me costaba cambiar el canal de la tele y partir todo de cero. Para darle la mano a una mujer, para poner la argolla de matrimonio, para comer sushi que me encanta, para todo

para cortar pedazos de carne, me muero que mi suegra me corte la carne, que todo el mundo esté enfocado en mí, me gustaba ser full independiente. Esta mano es un milagro, hasta el año pasado el doctor que me operó la mano, [mi mano] es un caso de estudio, cuando va a conferencias presenta el caso. Fue un trabajo contra mucha presión, el corte de la mano venía distinto, y el doctor no pudo llamar al otro [de L'olleo] para saber cómo había recibido la mano, cómo hizo las suturas, nada, nunca se supo quién era. Me operaron la cabeza al mismo tiempo, la toma de decisiones era sí o no sin vuelta atrás.

El hecho de no poder sentir las cosas que hace, ¿le produce inconvenientes a la hora de realizar sus actividades diarias?

¿En cuáles actividades?

Me pasaba con esta otra mano, podía carretear y podía tener un vaso y no tenía idea que tenía un vaso. Llegaba a la casa, está todo bien pero me decían «suelta el vaso». O me pasay unos chicles y los puedo tener 10 horas el chicle en esta mano. Obviamente me doy cuenta viéndolo, pero esto es en el gancho, no teni sensibilidad. Yo cacho cuando alguien me toca acá, por peso, por algo así. Pero en esta [brazo derecho] era más al principio que ahora. El no poder agarrar los hielos, o exprimir un limón, la impotencia.

¿Ha tenido algún accidente que haya sido causado por la falta de sensibilidad en las manos? (ya sea por exceso de presión, por no sentir temperaturas, etc)

[En la prótesis obviamente no sientes nada, ¿pero en el brazo derecho puedes distinguir rugosidades, calor, frío?] Sí eso sí, me cuesta distinguir texturas. Por ejemplo el agua caliente, puede estar para mí es nivel 6 de caliente y para ti nivel 5 o 4. Tiene hipersensibilidad. [¿Nunca te has quemado?] No nunca, porque antes de quemarme siento que esto está muy caliente, y quizás no está tan caliente pero la retiro. Me acuerdo que una vez me quemé, antes cuando no había recuperado la sensibilidad 100% pero me estaba fumando un tabaco y me salió una ampolla, y luego caché que me había quemado. Pero más que eso no.

¿Cómo es el reconocimiento de objetos? ¿La identificación?

Por ejemplo esto no sé lo que es [tiene una botella de agua en la mano]. Sé que igual es mi botella pero en verdad me cuesta. Igual es peludo si me pasas una pelota de tenis y una pelota de béisbol, por peso voy a cachar que es de béisbol. Pero una pelota saltarina, me cuesta, no es como «ah esto es esto». Igual me pierdo. Por ejemplo esto que es una botella de bicicleta, podría pensar también que es una botella de bebida. No sé cómo explicarlo. Ahora estoy viendo, este tubo para el árbol [el que sujeta el tronco] el tubo pvc, no podría distinguirlo de mi botella. Porque para mí es lo mismo, es como de la misma familia, cilindro listo. Cumple el mismo estándar que una botella, el «desde».

[Le paso un estuche plástico y él lo inspecciona con la mano derecha con los ojos cerrados] Es como una billetera? El estuche de los anteojos?

Otra cosa, yo no puedo independizar cada dedo de mi mano, es como que tu moví el dedo del pie, moví uno y se mueven todos. Cacho que hay plástico aquí, cacho que algo con relieve, ¿puede ser algo como cuero pirata? Pero como te dije, con una polera, o una polera versus el pantalón es lo mismo.

[¿Conoces el tema del miembro fantasma?] Sí, lo tengo en este. Yo en la noche, hace dos semanas me paso, estaba quedándome dormido y me quería rascar y sentía mis dedos, mi mano y me quería rascar y no podía. A mi cada vez que me hablan del miembro fantasma esto se activa, siempre tengo un hormigueo y siento todos los dedos. Uno como que no se lo imagina, pero siento dedo gordo, anular, el meñique y a veces también me pica y hago así [mueve la prótesis de arriba abajo]. Lo de la mano es raro [derecha]. Cuando me cortaban las uñas y me apestaba, me

ponían la tijera por acá adentro [señala la uña del dedo pulgar] y yo la arrancaba, lo tengo muy sensible. Ojo que toda la información se va al pulgar, yo me toco acá y se va al pulgar, en estos no pasa nada, son como más tiesos [haciendo referencia al resto de los dedos]. Y a veces cuando me hacen con los dedos en la palma me quedo dormido.

[¿Nunca te has hecho callos o heridas por presionar mucho?] No, esta mano está reimplantada, tiene una placa por dentro. Hay cosas que llegaron a mitad de camino, por eso está el músculo así, pero yo con esta mano siempre he tenido mucho cuidado, esta mano es mucho más importante que la otra. Esta mano en un minuto no se pegaba, te ponen una placa y luego te ponen esa base para poder juntarla, y no pasaba nada y por eso me operaron de nuevo. Del pie me sacaron nervio para ponerme en la mano, y me rasparon hueso de la cadera y me rellenó con masa ósea donde faltaba y se integró muy bien.

[Se para y va a tocar el tronco de un árbol] Cacho al toque que me puede hacer daño. Para mi esto es algo robusto y cacho las grietas. [Toca la maleza del suelo] siento que son plantas.

¿Siente que se ha perdido de experiencias a causa de su condición?

Claramente si me lo imagino sí. Si voy al MIM, hay cachado esos juegos que uno mete la mano y es rica la sensación, o la cama de clavo y cosas así, yo creo que eso no lo voy a poder distinguir o «esto me recuerda a...». Yo creo que algo así me puede pasar. Pero si meto la mano en la arena en la playa no me pasa nada. Puedo sentirla pero no he perdido esas experiencias pasadas.

Con el caballo me ha pasado, cuando anday a caballo y lo felicita; y ahí es como neutro, es como todo neutro, y hice eso muchas veces de chico y me acuerdo.

[Muestra la prótesis y las correas] Acá tengo una correa, por acá tengo otra y se cruzan por detrás en un ocho acostado, invertido. Entonces yo muevo el hombro y ahí se abre el gancho. Y tengo otra prótesis que obviamente es más linda, no tiene este cable, y por dentro tiene 2 sensores, entonces cuando abro y cierro y la mano siempre se mueven músculos, entonces el sensor es muy sensible, incluso con el dedo se puede hacer que se abra y gire. Entonces pienso «quiero abrir la mano» y se abre.



Doctor René Letelier Fariás. Médico Cirujano de la U. de Chile; Diplomado en uso de TICs en Docencia Universitaria, Educación Médica, U. de Chile; Magíster en Ciencias Médicas, Morfología U. de Chile; Máster en Educación Médica, Universidad Autónoma de Barcelona. Actual Docente de Anatomía y Coordinador de Ciencias Básicas y Área pre-clínica de la Escuela de Medicina de la Universidad Finis Terrae.

Importancia del tacto

¿En su experiencia personal, cuál es la importancia del tacto para las personas, emocionalmente? y físicamente?

Físicamente es un ámbito que te permite relacionarte con el medioambiente, entonces sirve no solamente como una forma de saber qué está adelante, sino que también como una forma de protección. Y de protección, una de las cosas importantes del tacto, es la protección que tiene que ver con la cosa cercana, ejemplo, el pincharte con algo, el que algo esté caliente, que algo esté frío, no sé, la vista tiene la visión como sentido que te avisa desde lejos, lo mismo la audición, pero en el caso del tacto, es una protección muy cercana, de lo que está pasando ahora inmediatamente en tu piel.

Funciones de la piel

¿Cuáles son las principales funciones de la piel con respecto a la información que se recolecta del medioambiente?

En general, hay como 5 formas de sentir dentro de la piel. Una es el dolor, que es lo más «fácil» en este sentido. Lo otro es los cambios de temperatura, puedes sentir tanto el frío como el calor. Sabemos que son receptores distintos, por qué, porque los receptores de calor funcionan muchas veces más como los de dolor, y los del frío por lo general funcionan un poco distinto. Ejemplo, cuando tu te quemas algo, cuando uno se quema, inicialmente siente el calor, pero después siente dolor solamente, pero a veces uno tiene la percepción como que algo está caliente o algo está frío. Existen receptores específicos para calor y frío, pero la

percepción es distinta del calor del frío y del dolor. No se mezclan en los sentidos, aunque pueden venir acompañados en conjunto. Después hay dos que son más sutiles; uno es el tacto fino y el otro que es el tacto grueso. El tacto fino, un poco es lo que roza la piel. Y ahí tiene mucho que ver los pelos de la piel. Los folículos pilosos tienen la capacidad de sentir cuando algo está rozando, entonces eso es el roce. Cuando hablamos de tacto profundo, hablamos desde presión sobre la piel. Todos esos receptores están asociados con la piel y esos van a estar un poco dándonos información inmediatamente de la piel respecto al medioambiente.

¿Existen texturas que la piel es más propensa a captar? ¿Qué texturas no son captadas por otras partes del cuerpo que no sean las manos?

Lo que pasa es que los receptores, todos estos que estamos hablando, están en toda la piel dispersos, pero hay lo que se llaman «áreas de sensibilidad», entonces estos receptores pueden estar alejados como 10 cm uno de otro o muy cerquita, a menos de un mm cada uno. Entonces, ahí uno ve lo que se llama «discriminación». Hay un ejercicio muy sencillo; en la espalda, tu pinchas con un lápiz y pinchas con otro inmediatamente al lado y te puedes ir alejando. Más o menos a los 5-7 cm tu notas que son dos pinchazos distintos. Entonces hay zonas del cuerpo donde los receptores están muy juntos y tienen una mayor sensibilidad, y otras zonas que están más separados.

Zonas de sensibilidad

¿Existen zonas de la piel que poseen una mayor sensibilidad ante el tacto que otras? (vibraciones, texturas, etc)

Las zonas de mayor sensibilidad son efectivamente las manos, los dedos, los labios, y la lengua. ¿Y el cuello? El cuello en general tiende a tener menos, ya es el cuello, la espalda, el tronco tiene mucho menos respecto a las manos. La cara tiene mucha sensibilidad, la boca, los labios. ¿Eso tiene que ver con la posición de los receptores y no con la cantidad? A medida que están más cerca, hay mayor concentración [de receptores] entonces también tiene que ver con la cantidad, hay más receptores en esa zona.

Pero además de eso, no solo tiene que ver con la cantidad de receptores, sino que además el cerebro tiene un área con mayor dedicación hacia esas zonas. Entonces no es solo que tengo más receptores, sino que además el cerebro tiene mayor área para procesar esa información. ¿Eso tiene que ver con el Homúnculo de Penfield? Sí, con el Homúnculo Sensitivo. ¿Eso tiene que ver con que el cerebro le dedica mayores zonas? Sí, entonces tiene mayor representación gráfica en el cerebro. El Homúnculo es una representación gráfica de un estudio que se hizo previo respecto a cuánta parte de la corteza hay dedicada para cada zona del cuerpo.

¿Cuál es la segunda zona más sensible de la piel?

La lengua. Hay que pensarlo así, cuando uno tiene una pestaña o un pelo en la boca, se siente altiro.

Zonas vinculadas

¿Cuáles zonas tienen una mayor dedicación en el cerebro en cuanto a la sensibilidad?

¿Existen zonas del cuerpo que estén vinculadas en la corteza cerebral, y que por ende tengan similitudes en cuanto a sensibilidad? ¿Cuáles son estas zonas?

A ver, hay una cosa que se llama lo que es la «plasticidad neuronal». Esto no es como un cable. Yo tengo una neurona que es capaz de conectarse con múltiples zonas a la vez, entonces cuando perdemos alguna parte del cuerpo, estamos perdiendo un área del cuerpo que llevaba información al cerebro. Las neuronas que se encargaban de procesar esa información, tienen dos opciones: una es morir y otra es hacer otra función, y esa empieza la plasticidad neuronal a rearmar sus redes. Ahora, normalmente, cuando uno pierde algún miembro, esas neuronas empiezan a tomar asociación respecto a lo que estaba haciendo el vecino. O sea, si yo pierdo un dedo, las neuronas que estaban encargadas de usar esa información van a procesar la información de los otros dedos, no va a haber tanta dificultad. Pero cuando el área es muy grande y además el área está asociada a una representación tan grande como todo el miembro, que tienen muchas cantidades de información, ocurre que hay neuronas que quedan «volando», sueltas, y las conexiones que hacen tienden a mantener ciertas información que es la que trabajaban antes. Y ahí, es donde en este caso la plasticidad neuronal hay que re entrenarla, son solamente conexiones que están mal hechas, y por eso pueden tomar por ejemplo la sensación de que la liberación de la sensación se

da en otra zona del cuerpo, porque se unió a otra parte, entonces eso se puede buscar. Hay terapias que lo que buscan es «liberar» ese miembro fantasma y hacerlo desaparecer.

¿En qué zonas del cuerpo se re ordenarían las neuronas en caso de las manos? Ahí es muy variable, dependiendo persona a persona, en general la corteza está dispuesta desde los pies (que está en lo más lateral) y va hacia en la cabeza hacia dentro, y efectivamente la mano tiende a quedar cerca del cuello o la cabeza.

¿Qué otras similitudes tienen estas zonas vinculantes?

Hay conceptos de zonas de asociación que tienen que ver con cómo se mezclan informaciones. Por ejemplo cuando se mezcla información motora con la sensitiva, cuando estoy mezclando el lenguaje con la audición; tienen que ver con otros conceptos de asociación.

¿El tacto tiene una zona específica en el cerebro? Sí, de todo el cerebro, que es como un coliflor, hay una zona bien particular que se llama «Geropo central» que ese está asociado exclusivamente a lo que es la recepción de la información sensorial, ahí se percibe toda la información sensorial, ahí tiene que llegar. Tanto así, que si mato una parte de ese cerebro, se deja de sentir inmediatamente, ¿en todo el cuerpo? No, en la zona que representaba esa zona del cuerpo. Y ahí surgen por ejemplo los pacientes que tienen accidentes cardiovasculares, accidentes al cerebro, cuando tienen esto afectado, pueden perder la sensibilidad de la mitad del cuerpo.

Condiciones que afectan la sensibilidad

¿Cuáles son las enfermedades que más afectan la sensibilidad de la piel?

Hay dos formas de que esto se pierda [sensibilidad]. Uno es lo que se llama enfermedades nerviosas periféricas, que afectan los nervios que traen desde los receptores la información. La otra es que yo tenga algún daño dentro del sistema nervioso, que hace que la información no se procese. Los accidentes vasculares, los accidentes cerebrovasculares, al matar parte del cerebro, hace que la información no llegue a donde tiene que llegar, y por ende no se procesa la información; el receptor funciona, llega se transmite la información pero si no llega al cerebro no es consciente. Esto se llama lesión central. El otro periférico, es por ejemplo si yo corto un nervio, esa información por más que los receptores estén bien, no pueden [transmitir la información].

Qué enfermedades hay asociadas a esto, por ejemplo los pacientes con la enfermedad de túnel del carpo, se aprieta el nervio, entonces no puede transmitir la información y sienten los dedos adormecidos. Los pacientes diabéticos, como el azúcar está tan alta, en la periferia, empieza a matar los nervios que están hacia las manos y el nervio se empieza a quemar por fuera, y por eso pierden sensibilidad. Ahora, mientras más largo el nervio, más posibilidades hay de que se dañen, y los nervios más largos están en los miembros inferiores, y por eso dejan de percibir los pies.

¿Cuáles son los riesgos de perder sensibilidad en las manos? ¿cuáles son los riesgos de que la piel no capte las texturas del entorno?

Más que las texturas, es la pérdida de sensibilidad no te avisa de cosas. Los diabéticos son el principal ejemplo; como no sienten, ponen los pies a calentarse en la estufa y se los queman y no sienten nada. Se dañan más tempranamente los pies que las manos, pero por eso empiezan a amputarle los dedos. Lo mismo pasa cuando va y se entierra un clavo en el pie y tiene una herida, y como no le dolió, nunca supo eso. Entonces qué es lo que uno le enseña a los pacientes diabético, a que siempre tienen que mirarse la piel, no solo cuidarla y ponerse cremas para mantenerlas hidratadas, sino que también mirarla, porque muchas veces no sienten, no tienen la conciencia de esta pérdida.

[otros problemas] La información que es sensorial nos ayuda a coordinar los movimientos que vamos a hacer, entonces, cuando uno anda con guantes, es más torpe para escribir y hacer movimientos finos; si yo pierdo sensibilidad en las manos, pierde esa capacidad más fina de hacer ciertas labores, porque no me llega toda la información para hacer un control motor adecuado.

¿La pérdida de sensibilidad incluye temperatura, presión, y qué más?

Cuando uno pierde [sensibilidad], todos esos vienen por medios muy similares. La información sensitiva, que va hacia el cerebro, tiene varias formas de entrar. La más común es lo que se llama termoalgésica que lleva el dolor y el calor. hay ciertas lesiones y enfermedades que uno puede perder solamente el dolor, pero las otras sí se sienten, pero hay otra información que es muy impor-

tante que se llama propioceptiva, que nos habla de dónde están los músculos y las articulaciones, y esa maneja una vía también un poco distinta. Esas son las que uno podría perderlas de forma diferenciada de una forma u otra, pero en general estas tienden a viajar por el mismo tipo de nervios hacia el cerebro o hacia la médula. Un daño en el nervio normalmente afecta toda la comunicación, osea, va a depender de dónde esté el daño para saber el tipo de información que se pueda perder.

¿Y eso no tiene reparación? Depende de la causa si es posible o no la reparación. Ejemplo, si yo corto un nervio, y se maneja tempranamente, se podría volver a unir. Si yo tengo un nervio que se empieza a dañar por fuera como los pacientes diabéticos, yo puedo evitar que se siga dañando, pero lo que ya está muerto no se puede recuperar. Pero si el daño está en la médula o en el cerebro, ahí la información no se puede procesar, entonces el paciente ya no se puede recuperar.

¿Existen grados de pérdida de sensibilidad?

Uno puede tener inicialmente pérdida de discriminación, va a depender mucho de la enfermedad que estemos hablando, pero en general la que se pierde más tempranamente es la termoalgésica y más tardíamente lo que es propioceptivo, osea las articulaciones tiende a ser un poco más lento de perderse, osea uno podría diferenciar si es solamente pérdida de sensibilidad más externa, si pierde la propiocepción o si está perdida completamente.

Percepción del tacto

¿Existen diferencias en la percepción del tacto entre hombres y mujeres? ¿existen diferencias con la edad?

Entre géneros no existe diferencia en la percepción, aunque se describe una mayor tolerancia a estímulos dolorosos en la mujer. No es que perciban distinto, sino que las mujeres consideran dolor con estímulos más altos.

En el caso de la edad la piel se tiende a adelgazar, con lo cual la sensibilidad de la misma se puede alterar, pero depende de cada persona.

¿Existe alguna forma de medir el nivel del tacto o su percepción?

Sí se mide. No es «cuánto» sino que sí está presente o no. Lo que se usa más como método, a ver, hay pruebas que son tan sencillas como pasar un cepillito que usan los neurólogos para evaluar tacto, usan algodón y algún objeto punzante. Pero si uno quiere hacerlo con mayor detalle, se usan como compases. Con las dos puntas uno puede hacer discriminación; a un cm si sienten 2 o 1, y se van separando y ayuda a saber cuánta discriminación hay.

¿Existe alguna forma de medir el nivel del tacto en el cerebro?

En el cerebro hay una técnica que se llaman «neuroimágenes» que son resonancias funcionales, que yo puedo ver cuando el cerebro se activa cuando está percibiendo cosas, osea yo puedo tocarle el dedo y ver qué área del cerebro se enciende.

¿Qué tan posible es que las personas puedan entender las texturas en el cuello? ¿qué nivel de precisión se puede llegar con el cuello?

Vas a generar un conflicto ahí. De todos los sentidos, el cerebro prioriza, y hay algunos que tienen que ser más importantes que otros y la visión es muy importante en cómo se procesa la información. Entonces si yo toco algo, y lo siento en otra parte del cuerpo, esa disonancia para el cerebro es compleja, no va a ser algo positivo para el paciente.

Que sí se puede trabajar. Yo puedo perder la sensibilidad en la piel, pero los huesos y las articulaciones todavía sienten, entonces a lo mejor sería interesante no cambiar la zona del cuerpo, sino que la vía, por qué, porque yo siento esto y lo siento liso, pero si yo pudiera aumentarlo para que la vibración se transmita dentro del hueso, yo podría sentir igual la textura. Hago que la percepción de la piel que se perdió la reciba ahora la propiocepción que está más profunda, que tiene también una forma de sensibilidad. Entonces se siente donde mismo y es más fácil de procesar para el cerebro.



Docente UC, Estudiante de Doctorado en Psicología UC, Especialista en Factores Humanos/Ergonomía y UX Diseñadora, Máster en Ergonomía, estudiante de doctorado en Psicología, dedicada a la docencia e investigación. Fundadora y Directora Ejecutiva de Humanscope, consultora en User Experience (UX), interacción, usabilidad y Ergonomía.

¿Existe alguna medida ergonómica estándar del cuello de las personas?

En DIMED se pueden ver las medidas de la circunferencia del cuello en mujeres y hombres trabajadores de Chile. No hay datos del ancho del cuello en la página de datos de medidas antropométricas. En niños es difícil regularlo, y cuando tienen discapacidades hay veces en que tampoco se desarrollan de forma normal, entonces son más flaquitos por ejemplo, pueden haber un montón de variaciones en realidad. Pero eventualmente, si esto se llegara a hacer tienes dos opciones: una que sea ajustable de alguna manera y la otra es levantar un estudio solamente de diámetro de cuello para niños, que como es una sola medida puedes ir a un colegio y medir hartos rápido. Pero puedes usar como referencia el de los adultos, por lo menos tener esa referencia y ver los percentiles 5, 95, si va a hacer ajustable debiera quedar cómodo en una persona cómodo en una persona con percentil 95 y de ahí hacia los más chiquititos, el 5 y 95 en el fondo, incluso podrías tomar el 99 si quisieras, a no ser que te quedara demasiado grande y ahí es como para ver si lo dejas en el 95.

¿Cuáles son los principales movimientos que se realizan con el cuello?

Tengo la clase de biomecánica están los movimientos del cuello, que son la lateralización, y otros, y ahí salen los rangos neutrales y los rangos forzados. [Sobre la interfaz] La verdad es que esto debería ocupar el mínimo espesor, porque si la persona se mueve, y esto fuera muy alto no podría moverse. Ahí tú tendrías que

ver que tal vez no es una cosa totalmente cerrada, o que estimula ciertos puntos y que sean contactos flexibles, de forma de que si la persona se mueve, no le rigidiza el cuello.

¿Existe algún problema ergonómico al colocar dispositivos en el cuello?

Tu sistema no debería inmovilizar el cuello en ningún caso. Se moviliza cuando por ejemplo si pasa algo con las vértebras, para que se queden en una misma posición para que se cicatrice una fractura, o también se usan cuellos rígidos cuando la persona necesita estirar la zona cervical. Pero en este caso, como no es terapéutico ni tiene una función así, habría que permitir la movilidad pensando en el confort del usuario.

Piensa también en toda la secuencia de interacciones, como se pone, o si algún tercero se lo tiene que poner, pensar en ese usuario, si tienes que hacer un tipo de variación, probarlo con la persona que lo va a usar pero también con la persona que lo va a ayudar. Las instrucciones en eso tienen que ser lo más intuitivas posibles, pero hay que validarlo con la persona que lo va a instalar, porque también es relevante.

REFERENCIAS

Libros

- Beek, F., (2017). Making sense of haptics: fundamentals of perception and implications for device design. Nueva York, NY: Springer.
- Bicchi, A. (2008). The sense of touch and Its rendering: progress in haptics research. Nueva York, NY: Springer.
- Hertenstein, S. (2011) The handbook of touch: neuroscience, behavioral, and health perspectives. Nueva York, NY: Springer Pub. Co.
- Hartley, D. (1998). Observations on a man. Nueva York, NY: Woodstock Books.
- Hickman Brynie, F. (2009). Brain Sense: The Science of the Senses and How We Process the World Around Us. Nueva York, NY: Amacom.
- Kuchenbecker, K. (2006). Characterizing and controlling the high-frequency dynamics of haptic interfaces. University Microfilms International.
- Laurel, B. (2003). Design Research: Methods and perspectives. Cambridge, MA: Mit Press.
- Linden, D. (2015). Touch: The science of hand, heart and mind. Nueva York, NY: Viking.
- Lister, R. y Weingartner, H. (1991). Perspectives on cognitive neuroscience. Nueva York, NY: Oxford University Press.
- Lombard, M., Biocca, F., Freeman, J., Schaevitz, W. (2015). Immersed in media: telepresence theory, measurement & technology. Suiza: Springer.
- Paterson, M. (2013). The senses of touch: haptics, affects and technologies. Academic Oxford, NY: Berg.
- Shelley Trower, S. (2012). Senses of vibration: a history of the pleasure and pain of sound. Nueva York, NY: Continuum.

Estudios e investigaciones

- Bach y Rita (1967). Sensory plasticity: Applications to a Vision Substitution System. Acta Neurologica Scandinavica: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.1967.tb05747.x>
- Bach-Y-Rita, P. (2004). Tactile sensory substitution studies. New York Academy of Sciences, doi: 10.1196/annals.1305.006
- Curtin, C. (2010). Effect of Upper Extremity Nerve Damage on Activity Participation, Pain, Depression, and Quality of Life. Yearbook of Hand and Upper Limb Surgery, doi:10.1016/j.jhsa.2009.07.002
- Elli, V., Benetti, S y Collignon, O. (2014) Is There a Future for Sensory Substitution Outside Academic Laboratories?, Multisensory Research, Volume 27, Issue 5-6, páginas 271 – 291, DOI:10.1163/22134808-00002460
- Ghazaei, G., Alameer, A., Degenaar, P., Morgan, G., y Nazarpour, K. (2017). Deep learning-based artificial vision for grasp classification in myoelectric hands. Journal of Neural Engineering, 17(3): 036025. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aa6802>
- Guest, S., Dessirier, J., Mehrabyan, A., Mcglone, F., Essick, G., Gescheider, G., Fontana, A., Xiong, R., Ackerley, R., Blot, K. (2010). The development and validation of sensory and emotional scales of touch perception. Attention, Perception, & Psychophysics, DOI 10.3758/s13414-010-0037-y
- Giovanni Berlucchi, G., Aglioti, S. (1997). The body in the brain: neural bases of corporeal awareness. Trends in Neurosciences. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(97\)01136-3](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(97)01136-3)
- Gunther, E y O'modhrain, S. (2003). Cutaneous Grooves: Composing for the Sense of Touch. Journal of New Music Research, DOI: 10.1076/jnmr.32.4.369.18856
- Hartcher-O'Brien, J y Auvray, M (2014). The Process of Distal Attribution Illuminated Through Studies of Sensory Substitution. Multisensory Research, Volume 27, Issue 5-6, pages 421, DOI: 10.1163/22134808-00002456
- Hernández, S., Muela, F., Mulas, Mattos, L., (2004). Plasticidad neuronal funcional. Revista Neurología, PMID: 15011156
- Kaczmarek, K.A. (2010). The tongue display unit (TDU) for electrotactile spatio-temporal pattern presentation. Sharif University of Technology, Revista Scientia Iranica, doi:10.1016/j.scient.2011.08.020
- Kolb, B., Mohamed, A., & Gibb, R. (2010). La búsqueda de los factores que subyacen a la plasticidad cerebral en los cerebro normal y en el dañado, Revista de Trastornos de la Comunicación. doi: 10.1016/j.jcomdis.2011.04.007
- Kristjánsson, A., Moldoveanu, A., Jóhannesson, O., Balan, O., Spagnol, S., Valgeirsdóttir, V., Unnthorsson, R. (2016). Designing sensory-substitution devices: Principles, pitfalls and potential. Restorative Neurology

- and Neuroscience, doi: 10.3233/RNN-160647
- Li, W., Zhan, M.L., Yu, Q., Zhang, B., Zhou, Z. (2015). Quantitative assessment of friction perception for fingertip touching with different roughness surface. *Biosurface and Biotribology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bsbt.2015.11.004>
 - Loomis, J. (1992). Distal Attribution and Telepresence. *The concept of Telepresence*, doi>10.1162/pres.1992.1.1.113
 - Mackevicius, E., Best, M., Saal, H., y Bensmaia, S. (2012). Millisecond Precision Spike Timing Shapes Tactile Perception. *The Journal of Neuroscience, Behavioral/Systems/Cognitive*. DOI:10.1523/JNEUROSCI.2161-12.2012
 - Milgram, P., Takemura, H., Kishino, A. (1995). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, <https://doi.org/10.1117/12.197321>
 - Nagel, T. (1974). What Is It Like to Be a Bat?. *The Philosophical Review*, Vol. 83, No. 4 (Oct., 1974), pp. 435-450, doi: 10.2307/2183914
 - Osum, M., Sumitani, M., Abe, H., Otake, Y., Kumagaya, S., Morioka, S. (2017). Kinematic evaluation for impairment of skilled hand function in chemotherapy-induced peripheral neuropathy. *Science Direct*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jht.2017.06.003>
 - Packham, T., Macdermid, J., Michlovitz, S., Cup, E., Ven, S. (2017). Cross cultural adaptation and refinement of an English version of a Dutch patient-reported questionnaire for hand sensitivity: The Radboud Evaluation of Sensitivity. *Journal of Hand Therapy*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jht.2017.03.003>
 - Ramachandran, V. S., & Rogers-Ramachandran, D. (1996). Synaesthesia in Phantom Limbs Induced with Mirrors. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, doi:10.1098/rspb.1996.0058
 - Saal, H., Delhaye, P., Rayhaun, B., Bensmaia, S. (2017). Simulating tactile signals from the whole hand with millisecond precision. *Proceedings of the National Academy of Sciences of The United States of America*, <https://doi.org/10.1073/pnas.1704856114>
 - Schott, G. D. (1993). Penfield's homunculus: a note on cerebral cartography. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 56(4), 329-333.
 - Tiest, W. (2015). Tactual perception of liquid material properties. *Vision Research*, doi:10.1016/j.visres.2010.10.005
 - Zhang, S., Zeng, X., Matthews, Igartua, A., Rodriguez, E., Vidal, J., Contreras, F.,
 - Van Der Heide, E. (2017). Texture Design For Light Touch Perception. *Sciencedirect*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bsbt.2017.02.002>
 - Zhang, S. (2016). Texture design for skin friction and touch perception of stainless steel surfaces. *Enschede: Universiteit Twente* DOI: 10.3990/1.9789036541503

Documentos recuperados en web

- Aprendamos sobre EB, Piel de Cristal. (s.f.) Recuperado de http://www.debrachile.cl/pdf/aprendamos_de_eb.pdf
- Cleveland Clinic, Neuropathy (2014). What is neuropathy? Recuperado de <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/14737-neuropathy>
- How our sense of touch is a lot like the way we hear (2012). Recuperado de University of Chicago Medical Center: <https://www.sciencedaily.com/releases/2012/12/121211154437.htm>
- EEUU. U.S Government, Genetics home reference (2017). Hereditary sensory and autonomic neuropathy type II. Recuperado de: <https://ghr.nlm.nih.gov/condition/hereditary-sensory-and-autonomic-neuropathy-type-ii#resources>

Medios audiovisuales

- Futurescape Channel. (2013). Giving robots the sense of touch. [video] EE.UU. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=OOjmKjKZyr0>
- Science Channel's Futurescape. (2015) The science of everything. Estudio Revista Cosmos. [Archivo de video] Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=OOjmKjKZyr0>

Revistas

- (s.n.) (2015). Artificial skin returns a sense of touch. *Revista Cosmos, The science of everything*.

Entrevistas

- Patricia Flores, entrevista realizada el Martes 26 de Junio 2018, 19:00 hrs.
- Doctor René Letelier, entrevista realizada el Miércoles 4 de Julio 2018, 11:30 hrs.
- Begoña Juliá, entrevista realizada el Martes 27 de Noviembre 2018, 11:45 hrs.
- Juan Ignacio Morandé, entrevista realizada el Lunes 3 de Diciembre 2018, 16:00 hrs.

