



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

DISEÑO | UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

CON
NUESTRAS
PROPIAS
HERRAMIENTAS
sistema de fabricación personal

CATALINA PÍA LAGOS ROSAS

TESIS PRESENTADA A LA ESCUELA DE DISEÑO DE LA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE PARA
OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE DISEÑADOR

PROFESOR GUÍA: ZINNIA SILVA
ESCUELA DE DISEÑO, FACULTAD DE ARQUITECTURA,
DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS

DICIEMBRE 2018 · SANTIAGO, CHILE

EL PASO POR LA CARRERA DE DISEÑO ME ENTREGÓ HERRAMIENTAS PARA PLANTEARME PREGUNTAS RELEVANTES, AUNQUE LA INQUIETUD Y EL CONSTANTE CUESTIONAMIENTO YA ERAN PARTE DE MI VIDA. PARECIERA SER QUE HOY EN DÍA EL FOCO SIEMPRE ESTÁ EN ENCONTRAR SOLUCIONES, PERO CREO QUE PLANTEARSE LAS PREGUNTAS CORRECTAS TIENE AÚN MÁS IMPORTANCIA. DESPUÉS DE TODO, LAS SOLUCIONES PONEN FIN A UN PROBLEMA, PERO LOS VERDADEROS MOTORES DE CAMBIO SON LAS PREGUNTAS.

EN MAYOR O MENOR MEDIDA, MIS TRABAJOS HAN SIDO INFLUENCIADOS POR ESTE ENFOQUE; EL SIGUIENTE PROYECTO NACIÓ A PARTIR DE REFLEXIONES E INQUIETUDES ENTORNO A NUESTRA VINCULACIÓN CON LOS OBJETOS, LAS TECNOLOGÍAS Y LA PRODUCCIÓN. NO OBSTANTE, MI INTENCIÓN NO ES SOLO PLANTEAR UNA PREGUNTA, SINO QUE ESTE PROYECTO TAMBIÉN PUEDA CONTAGIAR LA INQUIETUD DEL CUESTIONAMIENTO. ESPERO QUE ESTE PROYECTO ABRA NUEVAS INTERROGANTES EN OTRAS PERSONAS, QUE SE TRANSFORMEN EN IDEAS, O INCLUSO EN OTROS PROYECTOS INESPERADOS, REBUSCADOS, PERO LLENOS DE SENTIDO, QUE PERMITAN MANTENER EL MOTOR FUNCIONANDO.

CONTENIDOS

1		5	
APERTURA		DESARROLLO	
introducción _____	7	preliminar _____	39
problema _____	8	exploración técnica y material _____	45
proyecto _____	9	primera aproximación _____	50
		segunda versión _____	54
2		tercera versión _____	62
MARCO TEÓRICO		propuesta final _____	66
creatividad y pensamiento creativo ____	11	6	
el individuo creativo _____	14	IMPLEMENTACIÓN	
comunidades creativas _____	16	divulgación _____	79
crear «cosas» _____	19	exposición _____	80
herramientas y tecnología _____	21	cotidiano _____	83
		impacto en el medio _____	87
3		7	
SITUACIÓN		CIERRE	
contexto global _____	25	conclusiones _____	90
contexto local _____	26	reflexiones _____	92
contexto disciplinar _____	27	proyecciones _____	94
		8	
4		REFERENCIAS _____	97
PROYECTO		9	
formulación _____	29	ANEXOS _____	99
objetivo general _____	30		
objetivos específicos _____	31		
usuarios y contexto _____	32		
metodología _____	33		
antecedentes _____	34		
referentes _____	36		

1

APERTURA

- introducción
- problema
- proyecto

INTRODUCCIÓN

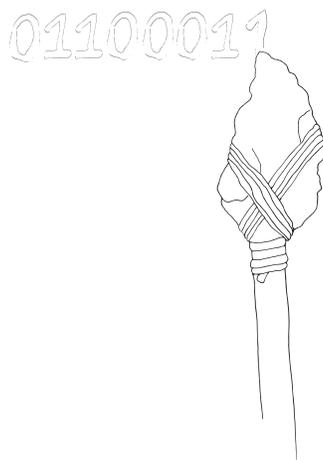
Hoy en día es bastante frecuente escuchar hablar de tecnología. Se le asocia a *gadgets*, pantallas *touch* y luces LED, al *high-tech*, al futuro. Tecnología es lo que prolonga nuestras vidas, pero también nos amenaza. Tecnología son los robots, autos voladores, inteligencia artificial, el *big data* y los filtros para las fotos.

Sin embargo, a medida que transcurren los años más parece alejarse de nosotros. Tan grande, tan ajena, maravillosa y peligrosa. Nosotros, el común de las personas, consumimos y nos maravillamos, quizás de vez en cuando nos cuestionamos. Pero probablemente nadie diría que la tecnología le pertenece.

Con la vorágine de cambios que hemos estado viviendo, olvidamos que la tecnología estuvo desde los inicios a nuestra disposición, como un camino, una forma de alcanzar nuestros objetivos. La tecnología son nuestras herramientas, que nosotros mismos diseñamos y fabricamos, y que nos permiten modelar el mundo a nuestro antojo. La tecnología siempre ha sido nuestra.

Cuando lo digital se incorpora a las tecnologías, se extienden considerablemente los alcances; nos permite realizar hazañas que jamás hubiéramos imaginado, pero también a medida que se complejiza empieza a alejarse de nosotros gradualmente. Cuando no entendemos cómo funciona no podemos intervenir. Cuando no podemos intervenir no podemos crear, solo consumir.

Si queremos seguir modelando nuestro entorno, y seguir plasmando nuestras visiones y valores, consumir no es suficiente. Tenemos que poner la tecnología a nuestro servicio, usarla para extender nuestras capacidades de pensamiento y acción, hacerla propia. Crear con nuestras propias herramientas.



PROBLEMA

En Chile la mayor parte de la población no cuenta con los medios para acceder a las herramientas de fabricación digital (las principales herramientas para la fabricación personal), como las impresoras 3D, cortadoras láser y máquinas CNC *router*. Principalmente por no contar con instrucción en el manejo de éstas, entendimiento de su funcionamiento, procesos y alcances, y no contar con acceso físico a las herramientas.

Hoy se pueden encontrar estas herramientas en FabLabs, *makerspaces* y también en algunas universidades. Sin embargo, ninguno de estos espacios es realmente abierto, para que personas «comunes y corrientes» puedan acceder a fabricar. Algunos cuentan con sistemas de membresías que permiten acceso a las máquinas, pero si alguien es ajeno al funcionamiento, difícilmente la pagará.

En cuanto a los medios para facilitar el aprendizaje, la mayor parte de la población chilena no cuenta con la «alfabetización

tecnológica» necesaria para adoptar estas herramientas. Si bien en los años 90 se realizó una inversión en el sector de la educación pública para impulsar el uso del computador y algunos softwares, estos se limitan principalmente a programas de *Office*, y navegadores web. De modo que enfrentarse a los programas de modelado digital, el software de las máquinas, o incluso páginas y videos tutoriales es mucho más difícil de lo que parece a primera vista.

La suma de todas estas barreras está dando como resultado que en Chile, únicamente personas que han tenido algún tipo de instrucción previa puedan acceder a la fabricación personal (mediante las herramientas de fabricación digital), y beneficiarse del desarrollo creativo asociado. De esta manera, lo que surge bajo una premisa global «democrática», termina siendo elitizado en el contexto nacional.

PROYECTO

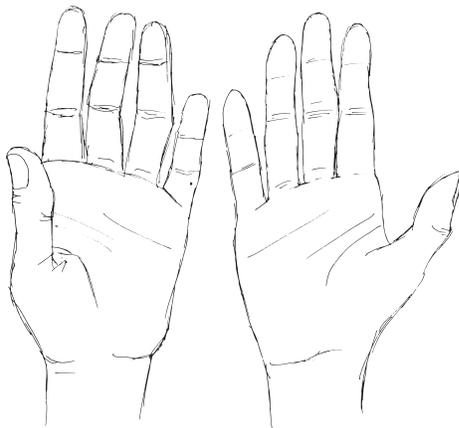
Con nuestras propias herramientas surge desde esta problemática, como una manera de generar herramientas que se adecúen al contexto local para personas con un interés por la fabricación personal.

Éste tipo de fabricación corresponde a un proceso más que a un fin, ya que convergen múltiples factores: la imaginación, planificación, la habilidad, el conocimiento y la técnica, que no sólo modifican el entorno sino también producen cambios en quien fabrica. Crear cosas nos vincula no sólo con nuestras ideas, sino también con el mundo y con lo cotidiano.

El proyecto consiste en el diseño de herramientas versátiles, que permitan producir objetos variados con un mismo sistema, de manera sencilla y analógica, además de ser de muy bajo costo.

El diseño de las herramientas que se proponen, está basado en el estudio de las tecnologías de fabricación digital y el modelado paramétrico, principalmente desde la perspectiva del usuario (para entender motivaciones y frustraciones), pero también se basa en algunos componentes de la programación. Todo esto con el objetivo de recrear el proceso de manera analógica sin perder la complejidad de éste.

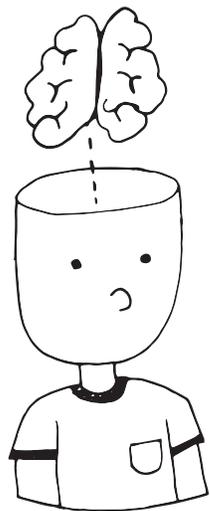
La decisión de no usar medios digitales ni electrónicos en las herramientas responde a extremar la capacidad de adecuarse al contexto local, mas no a distanciarse de la lógica algorítmica. El desafío consiste en llevar éstas herramientas más allá de la pantalla y de los softwares.



2

MARCO TEÓRICO

- Creatividad y pensamiento creativo
- el individuo creativo
- Comunidades creativas
- crear «cosas»
- herramientas y tecnología



CREATIVIDAD Y PENSAMIENTO CREATIVO

Si hay algo en lo que están de acuerdo aquellos que estudian la creatividad, es que no existe consenso en su significado. Esto se debe a que es un proceso bastante complejo, pero a pesar de esto es ampliamente utilizado en el día a día.

CONCEPTO

Existen algunas nociones relevantes que, si bien no definen el concepto, ayudan a entenderlo. Mihaly Csikszentmihalyi (1996), se refiere a la creatividad como las acciones, ideas o productos que permiten transformar un campo existente en uno nuevo. También plantea que «la creatividad no se produce dentro de la cabeza de las personas, sino en la interacción entre los pensamientos de una persona y un contexto sociocultural».

Diversos autores añaden otros puntos de vista a lo planteado, que complementan el significado. Por ejemplo, que «el producto creativo no debe ser ni obvio ni fácil, sino que debe tener algún rasgo singular o raro» (De Bono, 1994), o que «la creatividad no corresponde a momentos de brillantez fugaces e inesperados, sino a una forma sistemática de enfrentarse a problemas para encontrar soluciones» (Gardner, 1987). Goleman (2000), por otra parte, añade que la creatividad corresponde a la capacidad humana de resolver problemas, y por ende es una forma de adaptación a las circunstancias, que se genera mediante la habilidad de organizar e interpretar la información de manera relevante.

El mismo autor señala que para poder transformar un campo existente, es necesario buscar soluciones diversas, que se contrapongan a nuestra manera habitual de pensar soluciones, o fijación funcional. Pero la creatividad no es el resultado sino el proceso, dado que «la creatividad en sí no tiene una salida formal, sino que es más bien un proceso continuo» (Leski, 2015).

En su libro *Lifelong Kindergarten*, Resnik (2017) plantea que «las raíces de la creatividad se encuentran en nuestros poderes imaginativos, la habilidad de traer a la mente cosas que no están presentes en nuestros sentidos», pero no concibe la creatividad como sinónimo de imaginación, dado que la primera es ir un paso más allá, y poner la imaginación en práctica. También añade un foco sociocultural importante: entenderla como un proceso colaborativo, donde las personas construyen sobre el trabajo de otras.

Como ya se ha mencionado, la creatividad es un proceso complejo, que involucra distintos procesos, tanto cognitivos, como afectivos, neurológicos y sociales, lo que explica por qué ha sido estudiada desde tan diversos campos. A pesar de esto, existen varias concepciones erradas en cuanto al concepto, que dificultan el consenso.

IDEAS EQUIVOCADAS

Quizás de las concepciones más comunes que se escuchan en torno a la creatividad, es la idea de que es una habilidad que solo algunos poseen y que no es posible enseñarla. Este punto de vista está basado en la imagen de la creatividad asociada a grandes invenciones por genios, como menciona Goleman (2000), esto es lo que se conoce como creatividad con «C mayúscula», pero también existe la creatividad «con c minúscula» que está asociada a buscar alternativas diferentes, innovar en cosas cotidianas, y explorar nuevos métodos para solucionar problemas propios. Este tipo de creatividad está presente en prácticamente todas las personas, y como cualquier otra habilidad, puede refinarse.

Otra de las ideas equivocadas es la asociación de la creatividad con la expresión artística. Muchas personas piensan que ser creativo está relacionado directamente al desempeño en artes plásticas, musicales o literatura. Resnik (2017), señala que todas estas actividades que en el contexto actual se han dejado de lado por ser vistas como «secundarias» en comparación a las ciencias y matemáticas. De esta manera, las personas conciben la creatividad como una característica deseable pero no esencial. Pero la creatividad es aplicable a cada aspecto de la vida, y en la actualidad las ciencias están refiriéndose al pensamiento creativo como una destreza necesaria en los currículos de egreso en muchas de sus carreras, como por ejemplo ingeniería: Goleman (2000), afirma que no basta con que los estudiantes sean capaces de entender y aplicar los conocimientos enseñados, sino que se espera que sean capaces de hacer vínculos pertinentes para la organización e interpretación de éstos.

Finalmente, existe la idea errónea de que la creatividad corresponde a breves momentos de iluminación en los cuales «llega» una idea. Sin embargo, «la creatividad es un proceso de largo plazo» (Resnik, 2017), más aún, «creatividad no quiere decir improvisación sin método» (Munari, 1987).

RELEVANCIA

A pesar de no existir una única definición, parece haber consenso en la relevancia del pensamiento creativo en los individuos. Por un lado tenemos una fuerte motivación por parte del mercado: cada vez más trabajos operativos (de ejecución de tareas repetitivas) son reemplazados por máquinas, de manera que los trabajadores tienen que hacer lo que las máquinas no pueden: aplicar el pensamiento creativo para resolver los retos diarios a los que se enfrentan.

Pero no solo importa por los cambios recientes: «creatividad es la sustancia misma de la cultura y del progreso» (Rodríguez, 1989). La creatividad importa porque es parte de lo que nos hace humanos, «es desarrollar ideas originales que tengan valor, y ha dirigido los logros humanos desde sus inicios» (Resnik, 2017). Más aún, la creatividad no sólo nos permite incidir en nuestro entorno, sino también en nosotros mismos: «La creatividad puede ser sinónimo de plenitud y felicidad, producir cosas valiosas es fuente de gozo supremo. Al crear el hombre se realiza» (Rodríguez, 1989). El desarrollarse como un individuo creativo trae también beneficios en el desarrollo personal, De Bono (1994) afirma que «la creatividad es un poderoso factor de motivación porque logra que la gente se interese por lo que está haciendo». La práctica exitosa de generar soluciones desarrolla la autoconfianza: mientras más veces una persona resuelva de manera creativa los problemas que enfrenta, se encontrará más confiado de sus capacidades, por ende aumentará su autoeficacia: la fe en sí mismo y en sus propios recursos para dominar los desafíos.



EL INDIVIDUO CREATIVO

Para poder entender cómo la creatividad puede afectar al desarrollo personal, es necesario establecer primero que individuo creativo corresponde a alguien que es regularmente capaz de resolver problemas de manera diferente y efectiva.

DESARROLLO PERSONAL

Anderson (2012), plantea que el acto creativo entrega un gran sentido de autoconfianza, y la idea de que, mediante exploración y aprendizaje, uno puede entender problemas bastante complejos en el entorno. Esto se alinea directamente con los planteamientos ya descritos de Resnik (2017), quien además añade que el aplicar el pensamiento creativo, genera que las personas empiecen a verse a sí mismos como alguien que puede crear y desarrollar, pero también ver de manera distinta el rol propio en la sociedad.

El mismo autor escribe también acerca de una «confianza creativa», en la que los individuos que la alcanzan son personas lo suficientemente confiadas para intentar cosas nuevas, expresarse mediante la creación, tomar riesgos sin temor a cometer errores, y están altamente empoderados. Esto se condice con la visión de Goleman (2000), quien plantea que la práctica exitosa del proceso creativo desarrolla la confianza y fe en uno mismo (autoeficacia), junto con la sensación de que uno puede dominar los desafíos con los que se encuentre.

Según Ratto (2014), los individuos y grupos sociales que desarrollan sus capacidades creativas, en el acto de volverse tanto productores como consumidores, están también creándose y modificándose a sí mismos en la práctica.



COMUNIDADES CREATIVAS

En la última década se han producido importantes cambios en la cultura global. Ya se ha mencionado un cambio en el mercado y en las industrias que está modificando los puestos de trabajo así como las habilidades requeridas para desempeñarse en éstos. Pero se están generando muchos otros cambios culturales, quizás el más importante es la búsqueda y acceso libre al conocimiento.

CULTURA LIBRE Y PROCOMÚN CONTEMPORÁNEO

El «compartir» adquiere importancia gracias a las nuevas redes, pero también se producen cambios en torno a este: se empieza a desprender de la noción negativa (como la piratería, que se entendía como un daño al mercado), el hackear ahora responde a una generación de contenido más que a vandalismo, y se comienza a ver como una herramienta para alcanzar un «procomún contemporáneo», el cual consiste en la «interacción de un grupo colaborativo de personas a gran escala, para alcanzar un desarrollo que beneficie a la comunidad» (Dutrénit, 2017). El procomún no es algo nuevo, dado que «existe evidencia histórica de su capacidad para optimizar el bienestar» (Rifkin, 2011), lo que es nuevo es la forma como se comparte el contenido: la web permite que prácticamente cualquier persona pueda acceder a la información.

El procomún es parte de un «fenómeno cultural que favorece una cultura transparente, no jerárquica y colaborativa» (Dutrénit, 2017). Las comunidades creativas ven en esta herramienta la posibilidad de empoderamiento ciudadano, así como también un motor abierto para la innovación. A medida que ha aumentado el número de adeptos a estas ideas, han emergido roces con algunas limitantes ya existentes, como normativas restrictivas, que si bien pretenden proteger al autor, impiden un acceso libre al conocimiento. Este es el caso del *copyright*.

En contraposición a estas limitantes, y en una búsqueda por normativas más adecuadas al contexto actual, surgen movimientos como el software libre y el *copyleft*. Richard Stallman (2004), se refiere a éstos como una cuestión de libertad, dado que las personas tienen derechos que no están siendo respetados por compañías, normativas y patentes que restringen esta libertad digital.

La cultura libre, como la define Lawrence Lessig (2005), implica el derecho humano a participar en la vida cultural, y la creación de *creative commons* (organización que desarrolla instrumentos jurídicos para facilitar el conocimiento compartido) en respuesta al *copyright* se alinea perfectamente a los

objetivos de ésta. Las nuevas comunidades creativas tienen la noción de que si se comparte libremente todos ganan (Creative commons, n.d.).

MOVIMIENTO MAKER

Los cambios de intereses mencionados pueden explicar en parte la aparición de comunidades creativas alrededor del mundo, entre ellas los *makers*. Cabe destacar que dichas comunidades no están necesariamente conformadas por artistas o diseñadores, sino mayoritariamente por ciudadanos «no especializados».

Los *makers* pueden ser entendidos como «personas que construyen cosas para ellos mismos, a veces como parte de una declaración anti-consumismo, pero a menudo para un resultado práctico» (Toombs, Bardzell, & Bardzell, 2014). Como plantea Anderson (2012) en *Makers: the new industrial revolution*, el movimiento *maker* se sustenta en 3 características transformativas:

- 1 Personas que usan herramientas de escritorio de fabricación digital para crear diseños para nuevos productos y prototiparlos
- 2 Una norma cultural para compartir esos diseños y colaborar con otros en las comunidades en línea
- 3 Estándares comunes de archivos de diseños para poder fabricar o mandar a hacer.

Si bien el movimiento *maker* tiene su origen en la corriente americana del *Do-It-Yourself* hace ya bastantes años (Dutrénit, 2017), la aparición de las nuevas tecnologías y plataformas diferencian al movimiento *maker* de otras generaciones, y ha permitido que se masifique en prácticamente todo el mundo. Las herramientas digitales acompañadas de plataformas explicativas han acortado la brecha de habilidades requeridas y facilitado la curva de aprendizaje, gracias a redes sociales, foros, videos, y otros.

Los *makers* siguen las ideas de la cultura libre, y enaltecen los valores del compartir abiertamente el conocimiento y las herramientas. Es también un movimiento de aprendizaje, ya que «proveen nuevas formas

para que las personas participen en experiencias de aprendizaje creativo» (Resnik, 2017). Ven valor en formas no tradicionales de aprendizaje, como el *experiential learning* y el *project-based learning* (ambos modelos de aprendizaje que están siendo aplicados en escuelas de varios países, que basan el currículo educativo en experiencias de aprendizaje y proyectos más que en clases lectivas).

Según el *Maker Market Study* (2012), un estudio realizado por Make e Intel a una sección transversal de *makers*, la vinculación que tienen estos con la fabricación va más allá de solamente obtener productos, sino que está relacionado con conceptos mucho más sustanciales como la autorrealización, el sentirse útil, y el descubrir las propias capacidades. Demográficamente, en el mundo el 81% de los *makers* corresponden a hombres, con una edad media de 44 años, y un ingreso medio-alto.

MAKERSPACES, FABLABS Y OTROS ESPACIOS

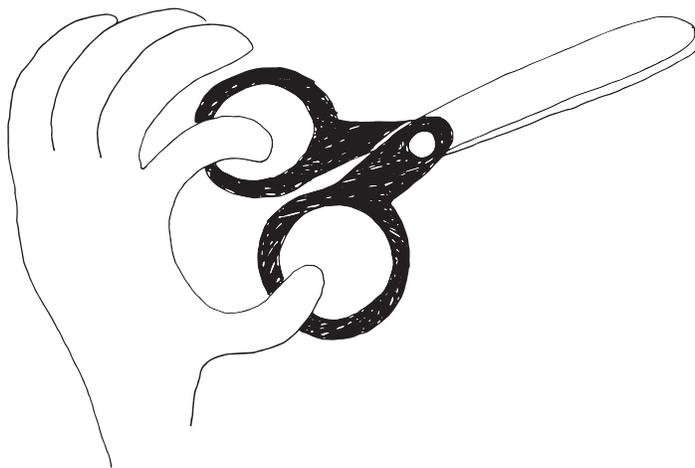
La masificación del movimiento *maker* ha dado origen a múltiples espacios de trabajo colaborativo, como los *makerspaces*, donde sus participantes puedan «crear y compartir en comunidad, en dichos espacios las personas tienen acceso a equipamiento como impresoras 3D y cortadoras láser para crear sus propios artefactos» (Kohtala, 2017).

Los FabLabs son un tipo de *makerspace*, que ofrece «acceso democrático y generalizado a los medios de innovación» (Gershenfeld, 2005). Tienen una identidad más institucionalizada que el resto de los *makerspaces* o *hackerspaces*, ya que están alineados bajo los mismos principios desarrollados hace una década por Neil Gershenfeld. Generalmente los usuarios principales son estudiantes, además de los propios miembros del FabLab (Torxler & Wolf, 2010).

En Chile también están surgiendo espacios para que las comunidades creativas puedan compartir el conocimiento, desde talleres gratuitos hasta espacios de trabajo abiertos, aunque son bastante recientes. En cuanto a FabLabs, según la red chilena de plataformas

de fabricación digital (n.d.), en Chile existen 10 FabLabs, la mayoría ubicados en la región Metropolitana.

La aparición de estas iniciativas está dando pie para que los *makers* chilenos adquieran relevancia en el panorama cultural. Sin embargo, se encuentran todavía bastante alejados de la realidad cultural en otros países del mundo, como Estados Unidos, Japón o incluso México, donde el movimiento *maker* tiene mucha mayor presencia.



CREAR «COSAS»

Hasta ahora se ha planteado el impacto y crecimiento del movimiento *maker*, pero vale la pena profundizar en su práctica base: hacer. Es importante delimitar qué se entiende por «hacer»; en inglés hay una diferencia semántica entre las palabras *do* y *make*, siendo la primera más cercana a la ejecución, mientras que la segunda es mucho más compleja, pues se hace cargo de diversos factores. Para este caso, se utiliza «hacer» en su definición más parecida a *make*, relacionado al acto de diseñar, crear, y fabricar, pues se entiende como un proceso y no un fin. El proceso tiene distintos niveles de acción, entre ellos el individuo, la comunidad y los procesos productivos.

CREAR PARA INDIVIDUOS Y COMUNIDADES

Para Resnik (2017), el proceso de crear es una instancia para desarrollar el pensamiento creativo. Para materializar cosas en el «mundo real», primero deben ser ideadas y diseñadas, es decir, «construir» en la mente. Una vez materializadas se reflexiona sobre el resultado, lo cual funciona como motor para generar nuevas ideas, conceptos y diseños, que a su vez generan nuevas construcciones materiales, en una especie de espiral. Se produce aprendizaje mediante el hacer, esto es la base del *project-based learning*.

Por otra parte, en la medida que el individuo se somete reiteradas veces a este proceso, empieza a tener otro tipo de impactos, como en la percepción de sus habilidades y su capacidad de resolver problemas (Toombs, Bardzell, & Bardzell, 2014), dado que «la destreza se adquiere mediante la repetición» (Goleman, 2000). En este caso, la destreza sería el poder desarrollar proyectos haciendo uso del pensamiento creativo.

Pero también el «hacer» requiere descomponer un problema en partes para tener un mayor entendimiento y poder desarrollar una estrategia, de modo que el «analizar y comprender el entorno puede ayudar a desarrollar autonomía y las capacidades necesarias para desenvolverse en un futuro constantemente cambiante» (Ratto, 2014). De esta manera, el enfoque del aprendizaje mediante el proceso de crear, es una forma de autogestión del conocimiento, y «presenta una visión más clara y menos impaciente del desarrollo y el aprendizaje» (Goleman, 2000).

En cuanto a las comunidades, el valor de crear tiene relación con el empoderamiento ciudadano. Para Ratto (2014), el crear es un acto político (transformador), habla de una «creación crítica» la cual señala las formas en que las producciones se entienden como actividades políticamente transformadoras por los individuos y grupos. De esta manera, el proceso creativo de hacer no solo genera cambios en los individuos, sino que otorga a las comunidades la posibilidad de incidir directamente en el futuro.

No obstante, para que la construcción colectiva de escenarios futuros sea óptima, es

necesario contar con diversidad al interior de las comunidades creativas. El desarrollo entonces deberá apuntar a las necesidades de dichas comunidades, y alejarse de «la obsesión por los gadgets bonitos y las tecnologías, y enfocarse en crear para su propio beneficio» (Dias & Smith, 2018).

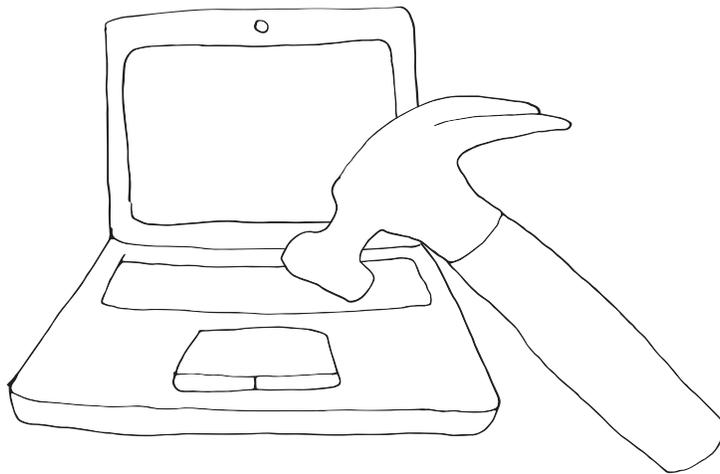
PROCESOS PRODUCTIVOS

En un plano más evidente, el hacer «cosas» tiene efectos materiales concretos: los consumidores se transforman en productores, es decir, las personas tienen un involucramiento más activo en la producción, convirtiéndose en prosumidores (Toffler, 1980). De esta manera, conceptos como autoproducción adquieren relevancia. Éste se refiere a una forma de fabricación en la cual alguien puede producir productos por sí mismo en lugar de obtenerlos de otras personas o partes (Radboud University, 2015).

Esta tendencia puede ser explicada por otros cambios en las preferencias de las personas, como por ejemplo que «los consumidores valoran más productos en los que sienten que han sido parte de su creación» (Anderson, 2012). Y tiene bastante sentido si se mira esta nueva «revolución» como una contraposición a la fabricación en masa.

La gran importancia de las nuevas tecnologías de producción personal es la «capacidad de crear cosas que no pueden ser compradas en las tiendas existentes» (Anderson, 2012). Pero la fabricación digital no es ni industrial ni artesanal, sino más bien una «relación entre el diseño digital y su realización material (digital craft)» (Kohtala, 2017). Y aquí reside la ventaja principal de las nuevas tecnologías: la capacidad de variabilidad, propia de la artesanía, pero controlada como si se tratase de un proceso industrial.

En cuanto a la tecnología, los *makers* están poniendo en evidencia nuevas formas de interactuar con la tecnología, de manera que «no es únicamente una conexión utilitaria y pasiva de producción-consumo, sino que hacen preguntas sobre el establecimiento de vínculos más profundos y más activos con los artefactos que ayudan a construir nuestros mundos» (Gauntlett, 2011).



HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍA

La aparición de tecnologías «de escritorio» de fabricación digital, ha puesto en las manos de ciudadanos la posibilidad de producir prácticamente cualquier cosa. Pero «incluso las herramientas más accesibles son inútiles sin las ideas y el dominio de sus usuarios» (Resnik, 2017). Es precisamente por esto que es necesario generar un aprendizaje en torno a estas herramientas para facilitar su adopción y empoderar a los usuarios a alcanzar un dominio suficiente.

Para Resnik (2017), crear es un proceso tanto práctico como conceptual; cómo creamos tiene mucho que ver con las herramientas y materiales disponibles, y qué hacemos con ellos. De esta manera, la creatividad se mueve mano a mano con la tecnología. Las herramientas facilitan la creatividad de dos maneras: como una extensión de nuestro cuerpo, al permitirnos extender nuestras capacidades, y también como una extensión de nuestra mente, ya que facilita generar ideas que de otra manera sería imposible.

En otras palabras, las herramientas conectan el entendimiento humano con el mundo material a través de la posibilidad de cambio; extienden y aumentan nuestras capacidades, pero también requieren un cambio en nuestro comportamiento, en nuestras capacidades de imaginación, y en nuestra capacidad de juicio. «Nos empoderan a envisionar y perseguir nuevos futuros» (Toombs, Bardzell, & Bardzell, 2014).

Dado que «la tecnología y las herramientas pueden facilitar el pensamiento creativo» (Resnik, 2017), es fundamental enfocar el desarrollo de herramientas hacia este objetivo. No es lo mismo desarrollar herramientas mediante el pensamiento creativo, que desarrollar herramientas para fomentar el pensamiento creativo. Las herramientas, para convertirse en motores de cambio, deben requerir la creatividad del usuario para usar las tecnologías; el foco realmente está en la interacción y no en el producto.

PROGRAMACIÓN COMO HERRAMIENTA

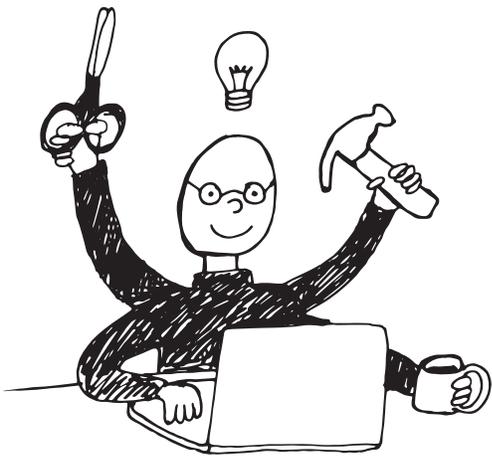
Tanto el desarrollo como el uso de las nuevas herramientas está bastante ligado a la programación y el *computational thinking* (descomponer, abstraer y sistematizar problemas). El uso de algoritmos puede ayudar a los usuarios a identificar problemas complejos y descomponerlos en partes más simples, para luego refinar y mejorar las soluciones de manera iterativa.

El sistema de algoritmos responde a generar una base de pensamiento, en el que la persona reflexiona, organiza y refina sus ideas, como estrategia para desarrollar el pensamiento creativo. «Una vez aprendidas estas estrategias, pueden ser útiles en todo tipo de resolución de problemas: el objetivo es desarrollar un entendimiento del proceso general para crear cualquier cosa» (Resnik, 2017), y las herramientas –bien diseñadas– pueden ayudar a generar este sistema de pensamiento.

DISEÑO ADECUADO DE HERRAMIENTAS

El desarrollo de herramientas adecuadas para los usuarios es importante además porque «sólo cuando éstos alcancen una fluidez en el lenguaje de dichas tecnologías serán capaces de empezar a realmente expresarse a través de ellas» (Resnik, 2017). El problema es que muchas veces este momento no llega, debido a que hay una curva muy lenta de aprendizaje; los usuarios se frustran y abandonan el proceso. Como menciona Maeda (2006), el problema de tomarse su tiempo para aprender acerca de una tarea es que parece que se está perdiendo el tiempo.

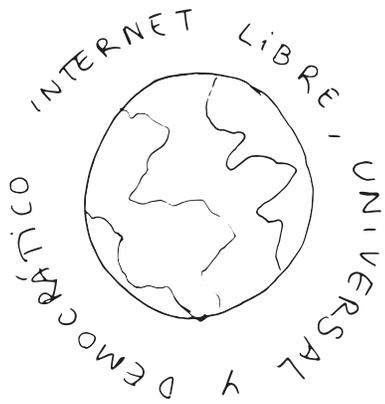
Todas las nuevas herramientas de fabricación digital son aparentemente conscientes de la necesidad de ser accesibles (en su aprendizaje). Sin embargo, el contexto en el cual son desarrolladas puede significar diferencias con otros contextos. Rodríguez (1989), señala que en el tercer mundo sufrimos de un «colonialismo cultural», nuestra tecnología es descaradamente extranjera, y nuestra ciencia es eco de los Estados Unidos, Francia, Alemania y Japón. De modo que el funcionamiento en los países donde son diseñadas, no necesariamente implica un funcionamiento similar en otros contextos.



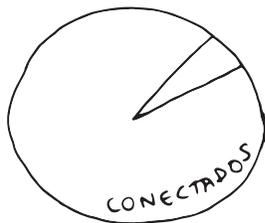
3

SITUACIÓN

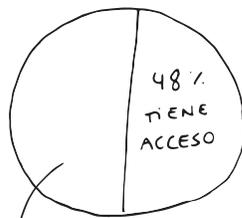
- contexto global
- contexto local
- contexto disciplinar



PARECIERA



MÁS BIEN



Y EL 52% NO TIENE

CONTEXTO GLOBAL

Ya se han expuesto algunas temáticas relacionadas con el contexto global en el marco teórico. Principalmente la nueva cultura del compartir, impulsada por el *OpenSource*, licencias más flexibles que el *copyright*, y la idea de que el garantizar un acceso y uso libre de la información beneficia a todos. También está la creación de espacios físicos para estas nuevas formas de compartir, que se transforman en nuevos centros de generación de conocimiento distintos a la academia, como *hackerspaces*, *makerspaces* y FabLabs. Además se han mencionado los cambios en las formas de producción, viéndose un aumento en la producción personalizada, a menor escala y menor costo, también desplazada a nuevos espacios físicos.

25

Sin embargo, es importante considerar otros aspectos del contexto global para entender el panorama completo. Si bien los cambios mencionados se plantean como democráticos, y pretenden alcanzar el procomún de todos los ciudadanos, están contruidos sobre una base que de por sí ya se encuentra sesgada: el acceso «universal» a internet.

Los contenidos «libres» se declaran como tales principalmente porque todos tienen acceso a ellos, bajo la idea de que todos pueden acceder mediante la web. Sin embargo, a nivel mundial, a fines del 2017 se proyectaban 3.580 millones de personas conectadas, lo cual corresponde apenas al 48% de la población mundial (SUBTEL, 2017). De esta manera, a pesar de que los contenidos teóricamente sean de acceso libre, menos de la mitad de la población mundial puede acceder a ellos.

CONTEXTO LOCAL

En cierto sentido el contexto local no dista tanto del contexto global, pero sí presenta algunas diferencias (de escala principalmente) que lo hacen particular, y de suma importancia para este proyecto; después de todo son las diferencias entre el contexto global y local las que definen el problema, y por ende la oportunidad de diseño.

La gran mayoría de las tendencias son similares, pero los cambios están ocurriendo a un ritmo más lento. La población chilena en general cuenta con un menor dominio de las tecnologías, ya que no existen muchas instancias de aprendizaje. La vinculación con este tipo de tecnologías es más bien voluntaria: aquel que presenta interés busca aprender por sus propios medios.

Si bien existen repertorios digitales de documentos, tutoriales y clases, no existen muchos espacios físicos donde poner en práctica el conocimiento (y sin experiencia no se genera habilidad), tampoco muchas instancias donde interactuar con otras personas que se encuentren en la misma situación, para poder compartir sus experiencias de aprendizaje.

Ya se ha mencionado que la brecha digital es importante en este contexto, pero para clarificar es bueno mirar algunos datos. La Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile (SUBTEL, 2018), indica que alrededor

del 20,3% de la población mayor a 16 años nunca ha utilizado un computador, y las mayores brechas provienen de factores geográficos y económicos (las zonas rurales y los quintiles más bajos presentan menor acceso).

Además, estima que un 84,7% de los hogares tiene acceso a internet (SUBTEL 2017), pero principalmente se trata de acceso móvil en smartphones, no computadores, y casi la mitad de las conexiones a internet fijas se encuentran en la región Metropolitana. Entre las barreras principales para el acceso de internet se destacan principalmente el desinterés, el desconocimiento (respecto de cómo utilizar celulares o computadores) y la percepción de un alto costo económico.

Dentro de las tareas que realizan en el computador, un 72,3% dice ser capaz de utilizar un procesador de texto, un 53,8% de usar software de presentación, un 48,9% de postear o publicar mensajes en plataformas especializadas. Dentro de los usos del internet tanto móvil como fijo, las principales actividades son: uso de Whatsapp, uso de redes sociales, y enviar y recibir mails. Mientras que un 41% ha accedido a internet para adquirir algún tipo información, apenas un 8% ha accedido para obtener software, parches o actualizaciones de programas (cifra menor al año anterior).

CONTEXTO DISCIPLINAR

Existen algunos aspectos que son parte de la disciplina del diseño (algunos más «académicos» que otros) que influenciaron directamente la forma de abordar el proyecto. Dos de ellos serán brevemente explicados para poder entender de mejor manera cómo el contexto disciplinar influye en el proyecto.

CRITICAL MAKING

El *experiential learning* y el *project-based learning* son solo algunas de las nuevas formas de aprendizaje que ven valor en el acto de crear como proceso desarrollador de habilidades (como la creatividad). Este proceso corresponde al *critical making*, o fabricación crítica (el término en español es todavía poco utilizado).

Por una parte, significa la transformación de algo ordinario en algo significativo, asociado directamente al hacer, pero también corresponde a una transformación interna: crear no sólo transforma la materia sino también a nosotros mismos.

La escuela de diseño de *Rhode Island*, pone en valor la fabricación crítica en el libro *The art of critical making* (2013), donde explican que «el *critical making* requiere el pensamiento crítico y la conciencia social junto con el conocimiento incorporado para que se distinga de la creación en general. La fabricación crítica también debe entenderse como diferente a la producción, donde el pensamiento está completo antes de que comience la fabricación. En la fabricación crítica, el proceso mismo abre nuevas posibilidades para un pensamiento profundo y expansivo y la investigación sería que estimula el descubrimiento».

DISEÑO NO ESPECIALIZADO

Al igual que lo que sucede con la creatividad, mucha gente cree que diseñar es una actividad que solo pueden realizar algunos pocos (lamentablemente algunos diseñadores también son partidarios de esta idea), pero en realidad diseñar es una capacidad humana. Norman Potter (1999) declara que «todo ser humano es un diseñador. Algunos incluso se ganan la vida con el diseño». De manera un poco irónica hace referencia a que el diseñador profesional, es decir, aquel que se ha especializado en diseño, en realidad ha «pulido» una habilidad que todos tenemos.

Para algunos esta concepción puede ser un poco áspera, después de todo estudiamos diseño varios años para convertirnos en diseñadores, pero esta visión no intenta desmerecer el trabajo de los diseñadores. Ezio Manzini en su libro *Design, When Everybody Designs* (2015) explica esto mismo de manera sintética pero clara: todo talento humano puede desarrollarse hasta convertirse en una habilidad, y algunas veces en una disciplina (es decir, cultura, herramientas y práctica profesional). De esta manera, compara como todos podemos correr pero sólo unos pocos son atletas profesionales, con que todos tenemos la capacidad de diseñar, pero no todos son diseñadores competentes, y unos pocos se convierten en diseñadores profesionales. Manzini define dos «polos» de diseño: *diffuse design* y *expert design*, siendo el primero desarrollado por personas «no especializadas» y el segundo desarrollado por profesionales.

La existencia de este *diffuse design*, y su puesta en valor es el punto de partida de este proyecto: entender a usuarios «comunes y corrientes» como diseñadores no especializados, y buscar la forma de «facilitar» sus prácticas de diseño.

4

PROYECTO

- formulación
- objetivo general
- objetivos específicos
- usuarios y contexto de implementación
- metodología
- antecedentes
- referentes

QUÉ

SISTEMA ANALÓGICO PARA EL DISEÑO Y FABRICACIÓN PERSONAL DE PRODUCTOS, QUE UTILIZA EL DISEÑO PARAMÉTRICO PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS.

POR QUÉ

LAS PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE FABRICACIÓN PERSONAL UTILIZAN SOFTWARE ESPECIALIZADO, LO QUE EN EL CONTEXTO LOCAL ACTÚA COMO LIMITANTE PARA PERSONAS «NO ESPECIALIZADAS»

PARA QUÉ

PERSONAS Y COMUNIDADES CREATIVAS PUEDAN BENEFICIARSE DE LA FABRICACIÓN PERSONAL COMO PROCESO CREATIVO

OBJETIVO GENERAL

ACERCAR LA FABRICACIÓN PERSONAL
A USUARIOS QUE ACTUALMENTE
NO PUEDEN ACCEDER A HERRAMIENTAS
DE FABRICACIÓN DIGITAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. GENERAR UN SISTEMA DE FABRICACIÓN VERSÁTIL

☺ Se cumple si se pueden obtener objetos variados (distintos tamaños y estructuras) a partir del mismo sistema

2. DISEÑAR UN SISTEMA DE FÁCIL ENTENDIMIENTO PARA NUEVOS USUARIOS

☺ Se cumple si los usuarios logran generar un objeto la primera vez que utilizan la herramienta guiándose solo por las instrucciones

3. FACILITAR EL APRENDIZAJE DE LA FORMA DE UTILIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA

☺ Se verifica midiendo el tiempo que demora a los usuarios fabricar una figura. Se cumple si el tiempo disminuye tras los primeros usos.

4. GENERAR SATISFACCIÓN EN LOS USUARIOS AL FABRICAR

☺ se verifica mediante la aplicación de una encuesta cualitativa a los usuarios después de utilizar la herramienta.

USUARIOS Y CONTEXTO DE IMPLEMENTACIÓN

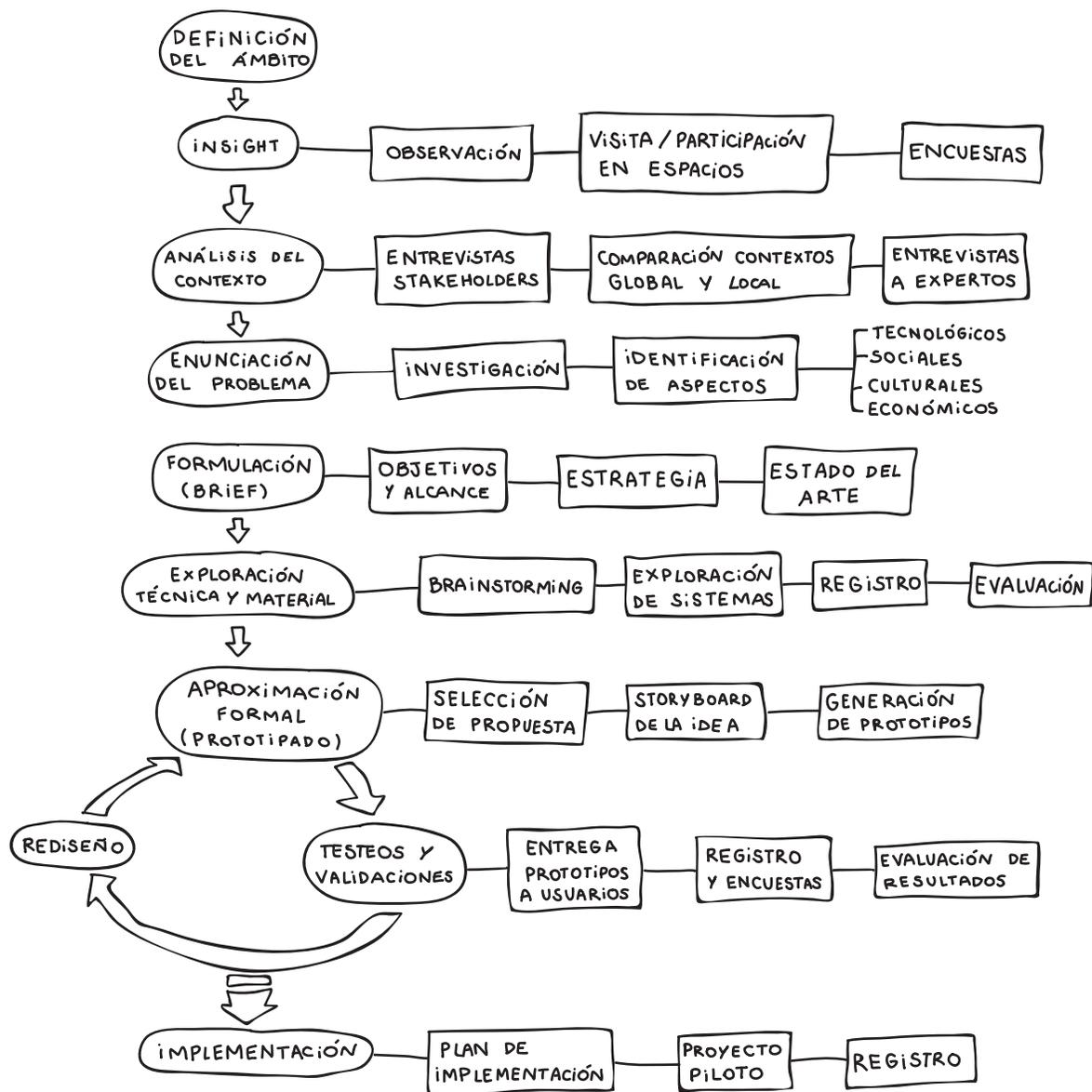
Ya se ha establecido que los potenciales usuarios son personas creativas pero que no pueden acceder a la fabricación personal porque se ven limitados por el uso de software. Ahora, es necesario destacar que hablar de personas creativas es bastante amplio, ya que no pueden ser segmentadas por edad o sexo, pues no se obtendrían grupos homogéneos. Después de todo, las personas creativas tienen rasgos y cualidades personales difíciles de categorizar o estandarizar, por ejemplo, pueden ser más analíticos o espontáneos, más desordenados o precisos. Se trata de un grupo muy variado.

Quizás la manera más evidente de delimitar una especie de perfil de los usuarios es hacer un cruce con sus prácticas y espacios, de modo que la definición del usuario se encuentra ligada al contexto de implementación del proyecto.

Por una parte, quienes actualmente se interesan por aprender oficios y habilidades principalmente manuales como medio para trabajar la creatividad, mas no a una búsqueda de desarrollo profesional, pueden beneficiarse de la incorporación de este sistema a alguna de sus prácticas. Hoy se pueden encontrar estos grupos de personas en municipalidades y corporaciones culturales, dado que la oferta de cursos y talleres abiertos (o de un costo moderado) es cada vez mayor. Las municipalidades se están preocupando –y están invirtiendo– en crear comunidad. Generalmente estos espacios apuntan hacia talleres creativos donde los vecinos se reúnen a crear y aprender.

Por otra parte, evidentemente está todo el tema de la educación institucional. Se discutió entre las ideas equivocadas en cuanto al concepto de creatividad que la mayoría cree que es algo deseable mas no imprescindible, a pesar de que los requerimientos del mercado apuntan lo contrario. Bajo esta problemática, los establecimientos educativos se pueden beneficiar directamente de incluir prácticas que faciliten el desarrollo creativo de los participantes. Después de todo, se está poniendo en valor el «hacer» como parte del currículo educativo en varios países. Probablemente la educación chilena comience a adoptar este enfoque en un futuro no tan lejano.

Finalmente, están los usuarios más avanzados, que quizás no se encuentran tan cerca del polo de diffuse design, pues pueden tener nociones más avanzadas del diseño o la tecnología, pero no por eso quedan fuera de las posibilidades. Por ejemplo, en la escuela de diseño, son muchos los estudiantes que a pesar de contar con acceso a las herramientas de fabricación digital, no las usan. Dentro de sus argumentos más frecuentes se encuentran que no entienden cómo usarlas, que parecen muy complejas, o que simplemente no le ven valor. Dado que el sistema trabaja con una lógica similar a estas herramientas, puede servir de «puente» entre los estudiantes y las herramientas de fabricación digital, por ejemplo, para entender cómo se puede descomponer un objeto en sólidos, o aprender de una manera más háptica lo que representan las operaciones booleanas.



METODOLOGÍA

La metodología que se estableció para este proyecto es una adaptación de otros procesos de diseño, como el doble diamante, o la metodología propuesta por Bruno Munari en *Cómo nacen los objetos* (1987).

Si bien conserva la idea de estudiar, analizar y descomponer el problema para abordarlo de manera más pertinente, se añade la exploración como parte fundamental del proceso. Se pone en valor la serendipia, y

el explorar distintas cosas en instancias tempranas (antes de un prototipo formal), como una forma de descubrir hallazgos, que puedan transformarse en directrices tras ser sometidos a un análisis.

Además de que una experimentación temprana de técnicas y materiales aporta a comprender mejor los alcances prácticos. Es distinto entender en teoría cómo se comportan, a tener un aprendizaje experiencial a la hora de proponer soluciones.

Tanto el doble diamante como la metodología de Munari se encuentran brevemente expuestas en la sección de anexos.

ANTECEDENTES



Impresión 3D por extrusión

El principal antecedente de este proyecto son las tecnologías de fabricación digital, por haber impulsado tan potentemente la fabricación personal en los últimos años.

Si bien las herramientas son variadas, se escogió la impresión 3D por extrusión como la tecnología más relevante para analizar, debido a que las impresoras 3D corresponden a las herramientas más económicas y que se han masificado en mayor medida, tanto en Chile como en el mundo.

Entre las impresoras 3D, las tecnologías de impresión también son variadas. La más utilizada en la fabricación «de escritorio» corresponde a la por extrusión de filamentos de plástico (ABS o PLA), debido a que la impresora y los insumos tienen menor costo, y son más accesibles (es posible encontrar impresoras en tiendas de retail en Chile).

Como antecedente es relevante en cuanto a la interacción que estas herramientas tienen con los usuarios, la manera en la que este configura su pensamiento para utilizar la máquina, y cómo el programa traduce sus diseños al lenguaje de la herramienta, sin requerir que ambos «hablen» un lenguaje común.

En el desarrollo del proyecto se explica en detalle cómo el análisis de la impresión 3D por filamento influyó sobre el diseño de algunas propuestas.



Instrumentos para el aprendizaje de fabricación digital del FabLab Santiago

Dentro de los ejes en los que trabaja el FabLab Santiago se encuentra la educación, tanto a personas como empresas e incluso algunos colegios. Dentro de lo que buscan enseñar a sus estudiantes se encuentra el funcionamiento de algunas de las herramientas de fabricación digital. Para esto han diseñado una herramienta analógica que emula el funcionamiento de una impresora 3D de manera simplificada.

Está compuesto por una estructura de MDF que es armada por los estudiantes siguiendo unas instrucciones impresas. La estructura permite movimiento en los 3 ejes (x, y, z), y el extrusor es simulado con una jeringa que contiene mezcla de arena y pegamento.

Para comprender mejor, se asistió a Pilar Bolumburu (miembro del FabLab a cargo del eje de educación) en un taller de dos semanas dirigido a niños de la fundación *Mustakis*, con edades entre los 9 y 18 años, donde se pudo estudiar directamente el funcionamiento de la herramienta además de los resultados de la interacción con los niños.

Si bien no se trata de un producto comercial, es interesante como antecedente porque busca acercar los procesos a usuarios que no han tenido instrucción sobre el uso de estas herramientas, abstrayendo procesos complejos en soluciones analógicas.



Imágenes de
Great Things to
People en
gt2p.com

Catenary pottery printer

El estudio chileno Great Things to People (GT2P) diseñó este proyecto en base a la pregunta de si sería posible el diseño paramétrico sin computadores.

Corresponde a un sistema de fabricación de objetos paramétricos en cerámica. Consta de una gran estructura de madera con reglas que se ajustan para dar parámetros a una tela que cuelga en el centro. La tela es llenada de manera manual de cerámica licuada, la cual se endurece tomando la forma de la tela.

Si bien logran generar un sistema paramétrico analógico, el resultado es más o menos azaroso, debido a que el proceso tiene muchas más variables de las que son controladas con los ajustes a la estructura.

La forma final obtenida depende no solo de estos ajustes, sino también de aspectos menos controlables como la tensión de la tela, la proporción de la mezcla, la velocidad y técnica de llenado, temperatura de ambiente, entre otros. De modo que el resultado responde a parámetros pero es imposible prever con exactitud el resultado; el producto es siempre un misterio.

Catenary Pottery Printer tiene mucha relevancia pues es el primer proyecto en plantear el diseño paramétrico más allá de lo digital, en una época donde la impresión 3D pareciera ser el único camino hacia «el futuro».

REFERENTES

Imágenes de
Thomas Vailly en
<http://vailly.com/>



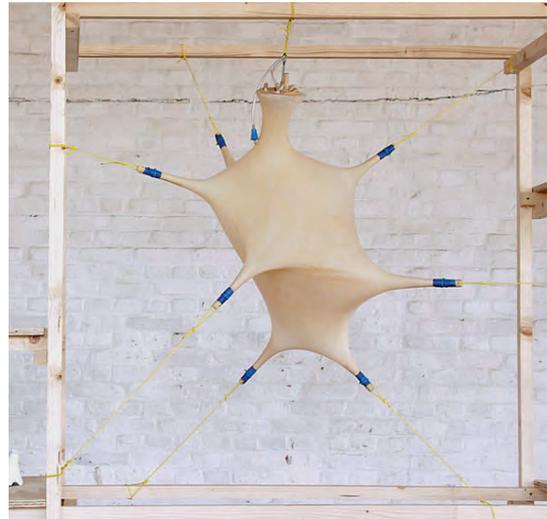
Line 02

Es un proyecto diseñado por Thomas Vailly en el año 2012, bajo la idea de replicar una línea de producción industrial de manera personal. Su sistema permite generar distintos objetos mediante una misma secuencia.

Lo que otorga variabilidad es la cantidad y tensión de los puntos de anclaje en una estructura de látex, que luego es llenada con resina (material líquido que se endurece en poco tiempo). La estructura es sometida a un rotomoldeo artesanal, para dar origen a la figura (hueca por dentro).

El proyecto es interesante por diversos motivos: primero está la versatilidad del sistema, los objetos resultantes son completamente distintos entre sí, a pesar de que los pasos que se siguieron para su fabricación son los mismos. Por otra parte, se encuentra el acierto de analogar procesos industriales de manera casi exacta, el rotomoldeo tiene los mismos principios, mas las herramientas que diseña son totalmente analógicas.

Finalmente, es interesante como Vailly descompone un proceso bastante complejo en pasos más sencillos que a su vez transforma en estaciones (lugares físicos para la realización de alguna de las operaciones).





Imágenes de
Annika Frye en
annikafrye.de

Improvisation machine

El trabajo de la diseñadora e investigadora alemana Annika Frye se centra en cualidades estéticas de la producción en serie, los procesos experimentales, y el diseño como medio para la innovación (mediante la improvisación).

Improvisation machine es uno de sus proyectos, que nace bajo la idea de crear una máquina que pudiese improvisar, a través de la creación de objetos distintos con el mismo sistema. También utiliza el proceso de rotomoldeo, pero como materia prima utiliza un yeso polimérico.

Es un sistema interesante, porque todas las formas que fabrica nacen a partir de una grilla octogonal (por lo que todos los objetos tienen ocho lados), que es hecha con un material laminar que luego arma con cinta adhesiva para llenar con el material licuado.

A pesar de que la importancia en este proyecto está en el rotomoldeo artesanal, el sistema de armado de los moldes se rescata para el desarrollo del proyecto, como una manera sencilla pero eficaz de generar distintos moldes.

Annika reflexiona sobre los resultados de la máquina, declarando que si bien sus intenciones eran hacer una máquina que pudiera improvisar, concluye que la improvisación no puede ser realizada por una máquina, sino que esta se produce cuando se diseñó la máquina. Estas reflexiones también abren preguntas que definieron el proyecto.

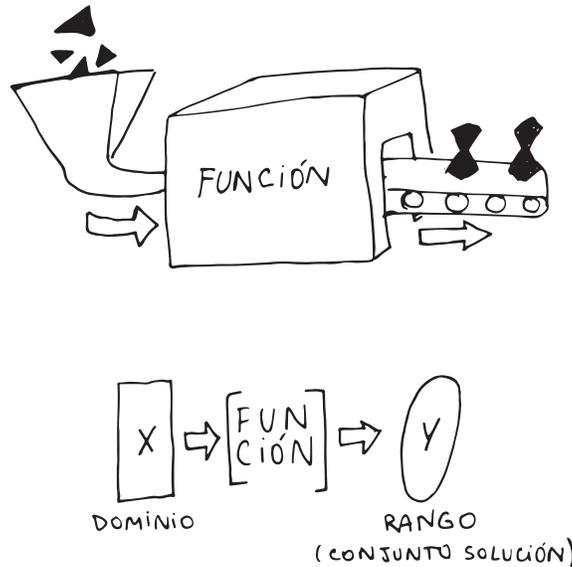


5

DESARROLLO

- preliminar
- exploración técnica y material
- primera aproximación
- segunda versión
- tercera versión
- propuesta final

PRELIMINAR



39

Para poder generar un sistema de fabricación personal bajo los objetivos definidos, se determinó que la base sería el diseño de una herramienta analógica que creara objetos sólidos tridimensionales.

Diseñar una herramienta que permita hacer «varias cosas» pero que se base únicamente en mecanismos es demasiado amplio y ambiguo como para encontrar un punto de partida. Es por esto que desde los inicios del proyecto se pensó la herramienta como si fuese una función matemática: las funciones son definidas y acotadas, toman valores de un conjunto x , y aplican una transformación que entrega un conjunto y (o conjunto solución). Si bien los elementos que conforman el conjunto solución pueden ser muy variados, todos tienen en común que han sido sometidos a una misma transformación (función).

Traduciendo esto al diseño de la herramienta, el punto clave entonces sería definir en qué consiste la transformación o función.

HERRAMIENTA

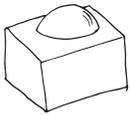


IMPRESORA 3D

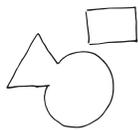


CORTADORA LÁSER

INPUT



MODELO 3D

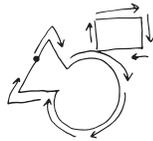


DIBUJO 2D

TRADUCCIÓN

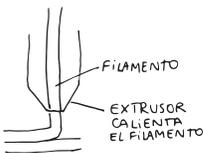


RECORRIDO
(DIBUJO XY,
ALTURA Z)

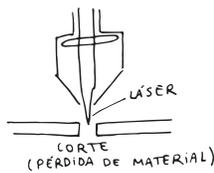


RECORRIDO

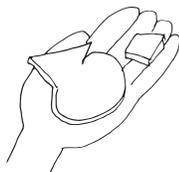
OUTPUT



FILOMENTO
EXTRUSOR
CALIENTA
EL FILOMENTO
AÑADE CAPAS
(MANUFACTURA ADITIVA)



LÁSER
CORTE
(PÉRDIDA DE MATERIAL)

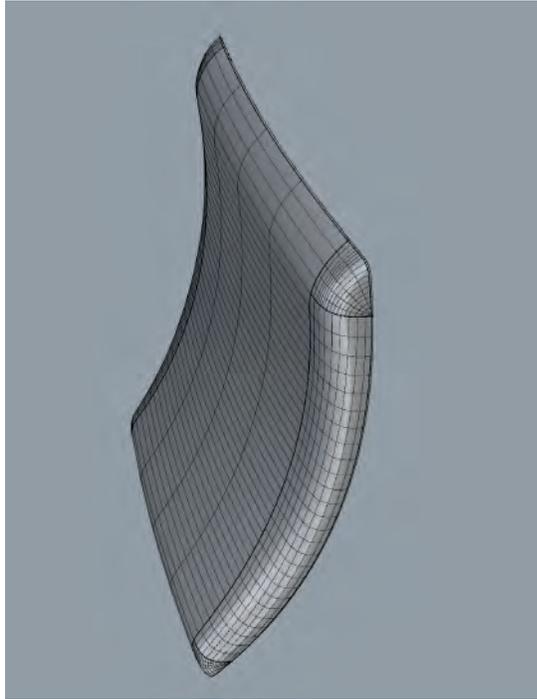


Para esto se estudiaron los procesos de diseño y fabricación digital, en especial el funcionamiento de las impresoras 3D y cortadoras láser, así como también sus respectivas interfaces.

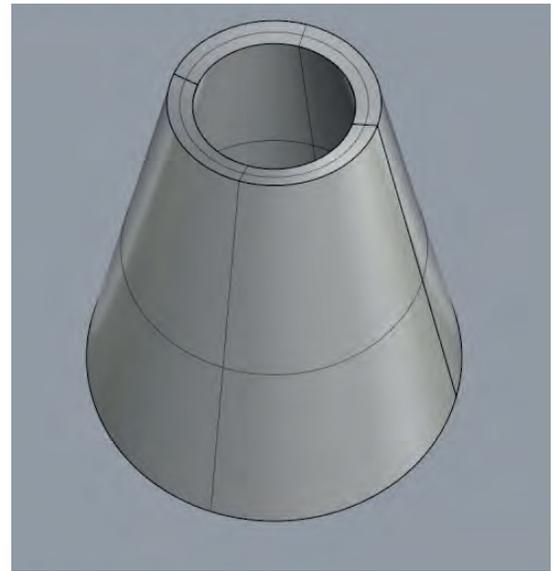
A pesar de que ambas herramientas funcionan de manera distinta, tienen en común el control numérico, es decir, el usuario entrega comandos que son «traducidos» a números que indican a la máquina el recorrido que debe realizar.

En el caso de la impresión 3D, la información que entrega el usuario antes de ser traducida es un modelo 3D, lo cual es una representación matemática de objetos tridimensionales que se realiza mediante un programa especializado, y que permite visualizar el objeto en pantalla. En otras palabras, el usuario ve imágenes que representan un objeto en sus dimensiones, y la máquina lee esa imagen como números que transforma en comandos.

Es importante mencionar que estas traducciones son la principal ventaja de las herramientas de fabricación digital. De cierta forma se separan las «formas de pensar» del usuario y la máquina sin tener que «hablar» un lenguaje común. Y si bien esta es la lógica de muchas de las interfaces, en éstas herramientas tiene un lenguaje protagónico en cuanto a usabilidad. Sin embargo, la usabilidad de los softwares de modelado es otro tema.



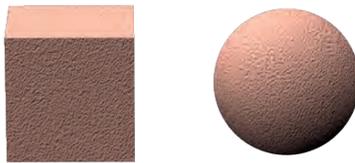
Arriba: modelado por superficies.
Derecha: modelado mediante sólidos.



41

Generalmente los softwares de modelado tridimensional trabajan de dos formas: modelado por superficie o mediante sólidos. El primero es mucho más versátil pues permite hacer casi cualquier forma sin necesitar descomponerla en geometrías básicas. Sin embargo, el uso es bastante más difícil para el usuario, ya que requiere un manejo más avanzado del programa, además de apoyarse mucho más en la capacidad de pensamiento espacial.

Por otra parte, el modelado mediante sólidos utiliza figuras geométricas llamadas primitivas, las cuales pueden ser complejizadas realizando operaciones de suma y diferencia entre ellas (operaciones *booleanas*).

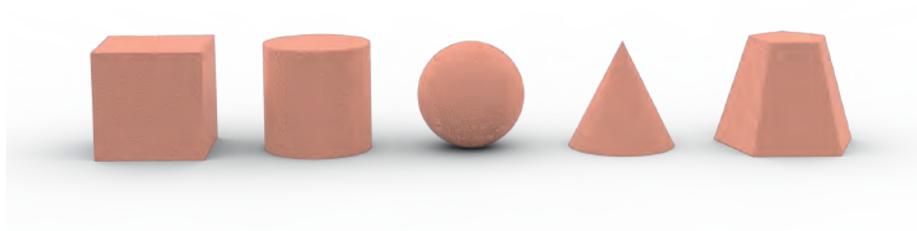


42



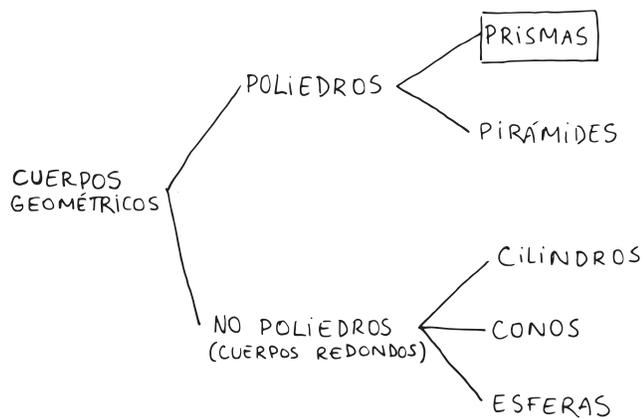
Representación de algunas operaciones booleanas. En la parte superior se encuentran las geometrías primitivas utilizadas, y abajo los resultados. De izquierda a derecha: suma, diferencia, intersección.

Las geometrías primitivas son bastante variadas, poseen propiedades y características muy distintas entre sí, y no todas pueden ser trabajadas de la misma manera. Más aún, las variables requeridas para conformar la figura (*input*) no representan lo mismo entre una y otra geometría salvo en algunos casos.

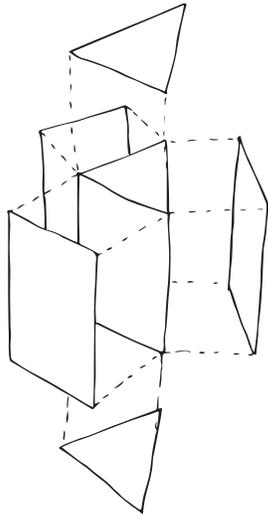


Algunas geometrías primitivas del programa de modelado 3D Rhinoceros 5

Para poder diseñar los algoritmos que configuran el sistema, se estudió los distintos cuerpos geométricos, su desarrollo y fórmulas de área y volumen, para poder generar funciones a partir de éstas. Las geometrías básicas fueron sintetizadas en el cuadro a continuación, que permitió la decisión de enfocarse en primera instancia únicamente en los prismas, debido a que permiten generar objetos más variados, y fácilmente ser adaptados a pirámides.



Un prisma está compuesto por dos caras poligonales paralelas, y todas las demás caras son cuadriláteros. Su volumen está determinado por el área de su base y su altura.



44

De esta manera, la fórmula de volumen puede ser expresada como

$$V = A_b \times h$$

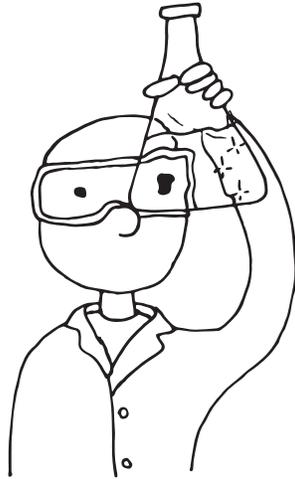
$$V = \frac{n}{4} h s^2 \cot\left(\frac{\pi}{n}\right)$$

$$V = \frac{n s^2 h}{4 \tan\left(\frac{\pi}{n}\right)}$$

En los Anexos se puede revisar una visualización de las 3 variables y cómo los cambios en sus valores afectan la geometría resultante.

Al expandir (o detallar) la fórmula, se encuentran 3 valores variables: n , s , h . Donde n corresponde al número de lados del prisma, s al largo de la arista, y h a la altura.

El convertir las variables en parámetros puede ayudar a controlar la geometría resultante. De esta manera, la función que se le otorga a la herramienta debe ser completada con estas 3 variables (n , s , h) por parte del usuario. Si bien existen prismas muy variados, para acotar se trabajó con prismas regulares.



EXPLORACIÓN TÉCNICA Y MATERIAL

45

En base a la metodología propuesta, las primeras aproximaciones corresponden a exploraciones, tanto de posibles técnicas que puedan ser traducidas a sistemas, como también de materiales y sus formas particulares de trabajo.

De cierta manera, este paso busca incorporar la serendipia a una metodología más estructurada. El valor de una exploración menos rígida se encuentra en la posibilidad de descubrir hallazgos inesperados, pero también es importante entender que no necesariamente dichos hallazgos son soluciones, sino más bien se tratan de «luces» o directrices que permiten dilucidar una solución. La serendipia se descompone, fragmenta y analiza para rescatar sus aspectos positivos y repensar los negativos.

Por otra parte, como se mencionó en la metodología, la experimentación temprana permite generar un aprendizaje más experiencial de los métodos de trabajo, posibilidades y limitantes. De modo que a la hora de diseñar soluciones ya se cuenta con un entendimiento más profundo.



Imagen de los moldes de yeso (superior) es de <http://fabkeramik.blogspot.com/2015/01/giuta-keramik.html>

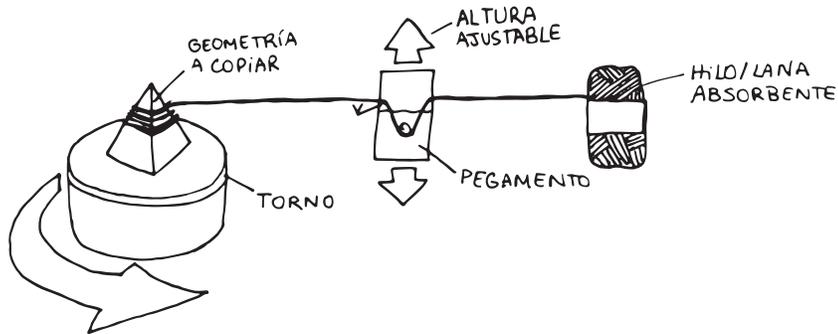
VACIADO

Mediante la experimentación con materiales licuados y de solidificación relativamente rápida (yeso, arcilla, cemento, etc), se encontró particularmente llamativo el proceso de vaciado: el material no posee una forma definida hasta que el molde se la otorga, y generalmente el molde puede generar la misma forma varias veces. De cierta manera, el molde confina al material y determina sus futuras características. El molde es la función que permitirá obtener una misma figura.

El problema es que en general los moldes entregan un único resultado (*output*), a diferencia de las funciones matemáticas, que entregan un «conjunto solución» que puede estar compuesto por varios valores.

Con la exploración material y el entendimiento de los modos de trabajo, se procedió a idear un sistema que permitiese suplir la rigidez del proceso tradicional de vaciado, mediante el diseño de «moldes variables».





OTROS HALLAZGOS

Si bien las exploraciones fueron variadas, no serán profundizadas, debido a que no son tan relevantes como el vaciado y todo el análisis previo aquí expuesto que ayudó a llegar a una solución. Sin embargo, se destaca un caso en particular donde se diseñó un sistema pretende replicar una figura.

Se basa en parte en la lógica del funcionamiento de las impresoras 3D, donde un filamento genera un dibujo en dos dimensiones, y al ir añadiendo capas una sobre otra se genera el volumen. En esta propuesta, el filamento es homologado por un hilo que pasa a través de pegamento para luego endurecerse, mientras la figura a ser copiada rota sobre un torno manual.

En esta propuesta, si bien los resultados son interesantes a nivel de estética, presenta bastantes problemas. Principalmente, la resolución de copiado es bastante baja, dado que se pierden muchos detalles al aumentar las capas de «filamento».



Por otra parte, el sistema requiere un objeto existente para copiarlo, limitando considerablemente el alcance de figuras posibles de fabricar (no se hace cargo de lo que sería el modelado).

Finalmente, al tratar de homologar la lógica de una herramienta sin ahondar en los procesos previos, se encuentra en una gran desventaja en comparación a lo que permite una impresora 3D, por ejemplo, no permite generar estructuras sólidas ni muy complejas debido a que el filamento sólo se enrolla alrededor, pero no es programado para seguir una ruta específica.

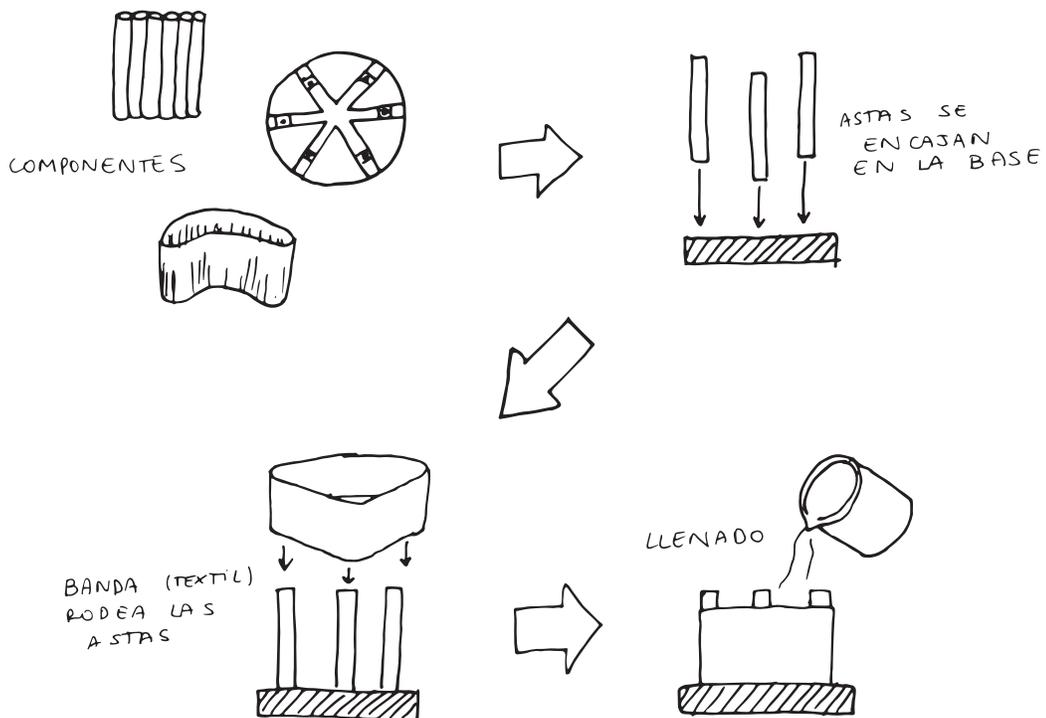


PRIMERA APROXIMACIÓN FORMAL

La primera solución prototipada fue pensada con la idea de hacer un molde variable, y que permitiera generar geometrías sólidas mediante el vaciado. La secuencia de uso está representada en los esquemas que se muestran abajo, mientras que algunas visualizaciones de los componentes se muestran en la página derecha.

La base del sistema se hace cargo de las variables n y s , de manera que la cantidad de astas que se insertan en las perforaciones corresponde al número de aristas, y la separación entre estas corresponde entonces al largo de la arista. La altura está dada por el llenado con un material licuado que al endurecerse conformará la geometría. Para contener el material, las astas están rodeadas por una banda textil que evita fugas de material.

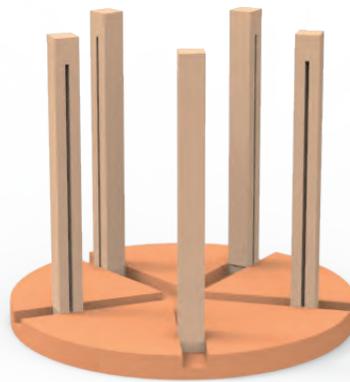
50



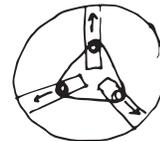


BASES → CANTIDAD DE RIELES
SEGÚN n

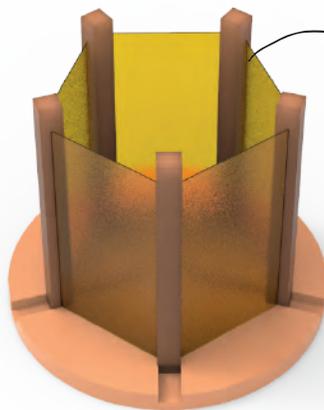
↳ TODAS PUEDEN
JUNTARSE EN
UNA SOLA BASE
(porque algunos rieles
coinciden como 3 y 6)



EL DESPLAZAMIENTO
DE LAS ASTAS EN
EL RIEL CORRESPONDE
A S (LARGO DE LA ARISTA)



51



↳ LLENADO POR ARRIBA
DETERMINA LA ALTURA

SI LA BANDA PASA
ENTRE LAS ASTAS
NO SE PIERDE TANTA
RESOLUCIÓN EN LAS
ESQUINAS (AUNQUE SIGUE
SIENDO UN PROBLEMA)



RESULTADOS



52



Se realizaron distintas modificaciones al sistema, por ejemplo, se reemplazó la tela por distintos materiales, desde polímeros con distintas elasticidades, hasta papeles y cartones. Sin embargo los resultados aún no cumplían con los objetivos planteados.



→ LO BUENO 😊

- INTEGRA LAS VARIABLES
m, s, h
- GENERA OBJETOS
- PERMITE DIFERENCIA
BOOLEANA BÁSICA
(POR EJEMPLO SI SE INSERTA
LA CONTRAFORMA ANTES
DEL LLENADO)
- ESTÉTICA INTERESANTE
(TEXTURA) 👁️

→ LO MALO ☹️

- DIFÍCIL DE USAR
(Y DE ENTENDER)
- MUY BAJO CONTROL
DE LAS GEOMETRÍAS
RESULTANTES
- POLO ESTANDARIZADO
- NO SE PUEDE USAR LA
HERRAMIENTA HASTA QUE
SE TERMINE DE SECAR
EL MATERIAL

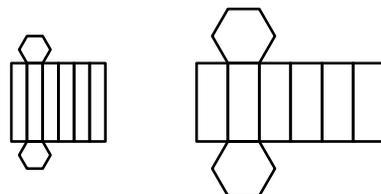
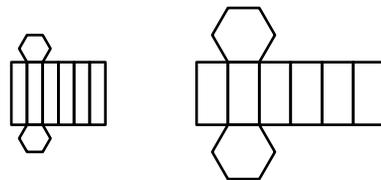
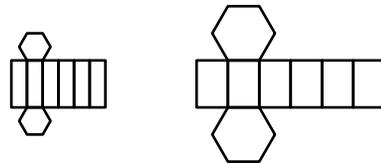
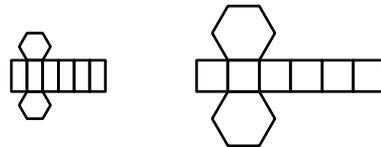
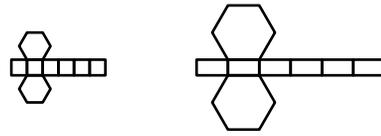
SEGUNDA VERSIÓN

Dado que las modificaciones en los componentes no mejoraron significativamente los resultados del prototipo anterior, se retrocedió entonces un paso para replantear la función: de un molde variable a un instrumento que genere distintos moldes. De esta manera, el resultado de la herramienta no serían objetos sólidos sino moldes para la construcción de estos.

La decisión de separar el proceso paramétrico del objeto final mediante un paso intermedio no solo responde a entregar más control sobre las geometrías, sino a facilitar el entendimiento y aplicación de las operaciones booleanas entre geometrías.

Con el nuevo objetivo de generar moldes, se realizó un nuevo análisis de las geometrías. Esta vez con el foco no en la formación de volumen sino en la construcción conocida como «desarrollo de prismas», en la cual se presentan de manera plana todas las caras de la figura, que luego puede ser plegado para armar la figura. Este tipo de representación se ocupa en los colegios cuando se enseña geometría, pero también tiene otros usos, como por ejemplo para diseñar el layout de un packaging.

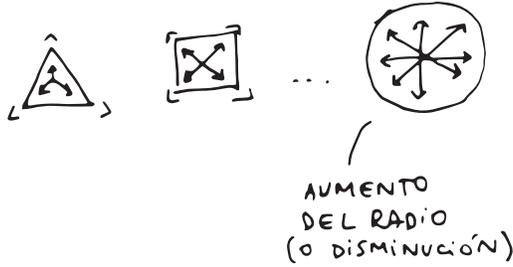
Se estudió cómo el cambio en alguna de las tres variables afecta el desarrollo de prismas, para encontrar la forma de generar un algoritmo que permita estandarizar los cambios.



Mirando el desarrollo de prismas no existe una forma sencilla de estandarizar los cambios en las variables, por lo que se decidió atomizar las partes para resolverlas por separado. Las dos bases poligonales de los prismas cambian su área de manera regular, mientras que el resto de los lados son rectángulos (o cuadrados) de lados s y h . La cantidad de caras laterales depende de la variable n .

CAMBIOS

→ BASES



→ LADOS



56

SISTEMA

DIBUJAR → RECORTAR → ARMAR

↓
SOBRE SUPERFICIE
LAMINAR, CON
HERRAMIENTAS
PARAMÉTRICAS

↓
CADA UNA DE
LAS CARAS
POR SEPARADO

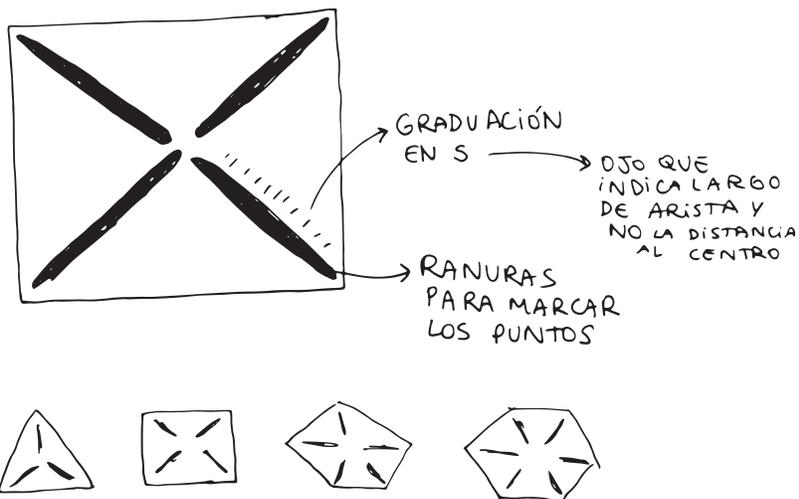
↓
PEGAR LAS
CARAS RECORTADAS
(CINTA ADHESIVA)

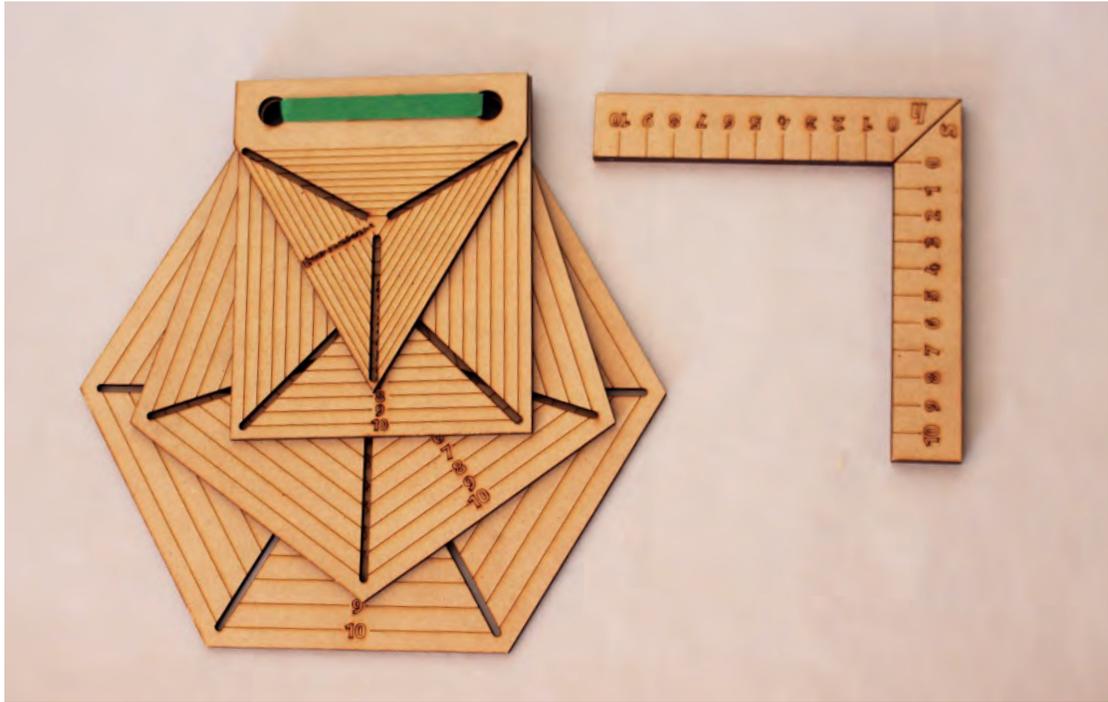
En base a este análisis se propuso la segunda versión del sistema, como plantillas para dibujar el desarrollo de prismas de manera paramétrica. Cada elemento es dibujado por separado, luego es recortado y pegado para armar el volumen.

Por un tema de tiempo, el prototipo se realizó cortando MDF en láser, sin embargo no necesariamente esta es la única forma de realizarlo, responde únicamente a obtener un prototipo preciso en poco tiempo.



DIBUJO DE LAS BASES
 ↳ PLANTILLAS (VARIABLES n y s)





58



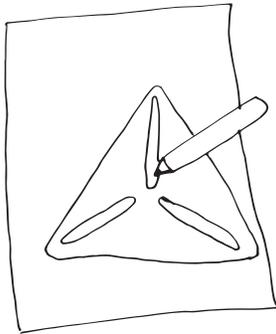
El dibujo de las bases se abordó de manera similar a la primera propuesta. Lo que antes eran bases se convirtieron en plantillas para dibujar, y los rieles en ranuras. Se añadió una escuadra para dibujar los rectángulos que conforman las caras laterales.

A la derecha se presenta un diagrama de uso de la propuesta. Primero se deben seleccionar valores para las 3 variables. Los valores de n solo pueden ser 3, 4, 5 o 6 (para generar triángulos, cuadrados, pentágonos y hexágonos respectivamente), mientras que las variables s y h pueden tomar valores del 1 al 10.

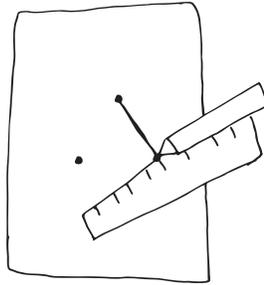
En base al valor otorgado a n se escoge la plantilla correspondiente, y se marcan los puntos según s . Luego se retira la plantilla y se unen los puntos, dando como resultado el polígono de n lados, con largo de arista s .

A continuación se dibujan los rectángulos de lado s y h con la escuadra. Se deben dibujar la misma cantidad de rectángulos que el número de lados de la base (n). Finalmente, se recorta el material, se pega con cinta adhesiva y se arman los moldes.

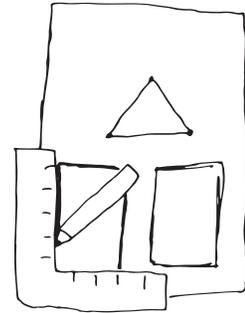
DIBUJAR



MARCAR LOS PUNTOS

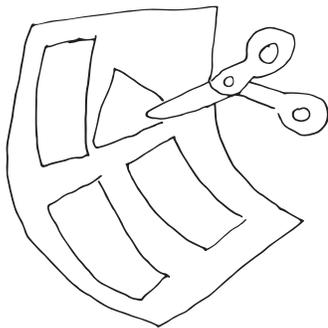


UNIR LOS PUNTOS

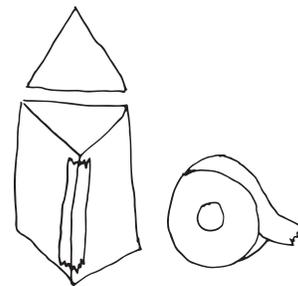


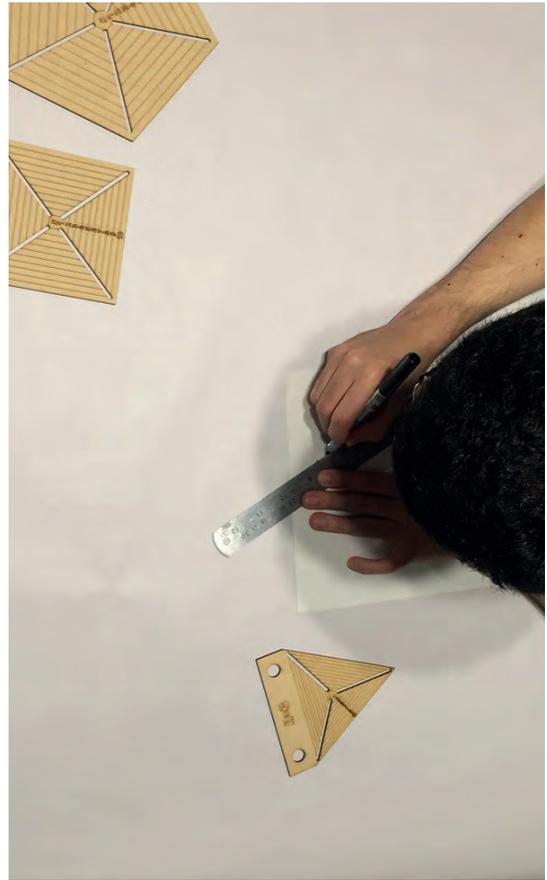
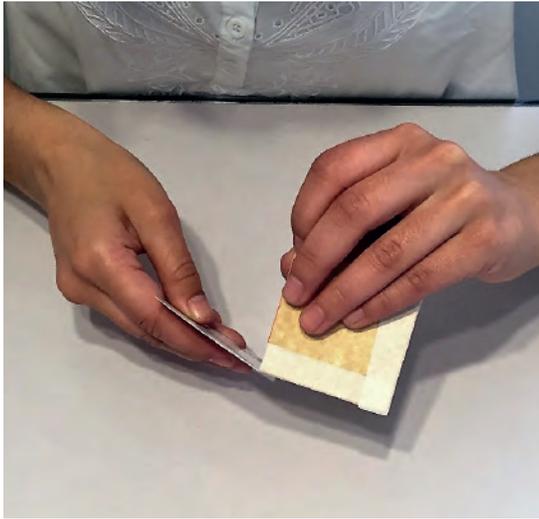
DIBUJAR LOS RECTÁNGULOS

RECORTAR

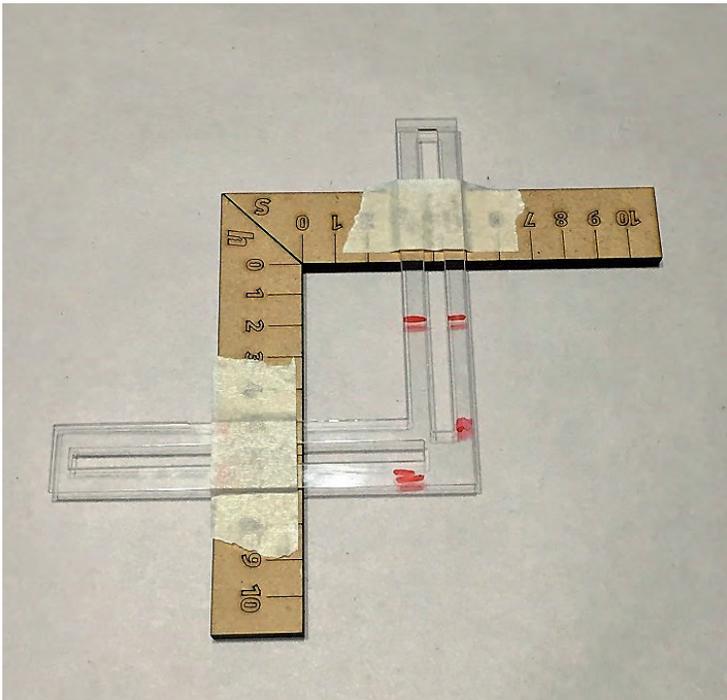


ARMAR





60



Tan pronto se obtuvieron los primeros resultados se organizaron sesiones de testeo. Sin embargo, se decidió suspenderlas después del tercer participante debido a que los resultados eran muy coincidentes, y los aspectos a rediseñar eran claros. Se optó por trabajar en el rediseño para luego volver a testear.

Para los testeos se entregaron las instrucciones impresas, y si bien los participantes lograron seguir los pasos, estas resultaron bastante confusas según ellos mismos declararon. También hubo problemas en la legibilidad de las plantillas; si bien $n=5$ y $n=6$ no tenían problemas $n=4$ y en especial $n=3$ no eran fáciles de utilizar debido a que los elementos se encontraban demasiado juntos.

Por otra parte, las ranuras dificultaban proyectar la unión de las líneas y saber con exactitud dónde marcar los puntos. Además, el uso de la escuadra no era intuitivo, por lo que los participantes se demoraban mucho tiempo en dibujar los rectángulos.

Dentro de los resultados más interesantes se encuentra un ajuste a la escuadra para acelerar el dibujo de los rectángulos, realizado por uno de los participantes cuando repetía por tercera vez el proceso. De esta manera, el área del rectángulo se fijaba y sólo había que marcarlo sobre el soporte.

61

→ LO BUENO 😊

- EL SISTEMA ES SENCILLO PERO VERSÁTIL
- GENERA DISTINTOS TIPOS DE MOLDES
- PERMITE CONTROL SOBRE LAS VARIABLES
- GEOMETRÍAS RESULTANTES BIEN DEFINIDAS

→ LO MALO 😞

- DIFÍCIL PROYECTAR DÓNDE MARCAR LOS PUNTOS EN LAS PLANTILLAS
- PLANTILLAS 3 y 4 MUY MALA LEGIBILIDAD
- REGLA PARA RECTÁNGULOS NO ESTÁ SIENDO ÚTIL
- SIGUE SIENDO DIFÍCIL DE ENTENDER

TERCERA VERSIÓN

La segunda versión proporcionó una base mucho más sólida para el diseño del sistema, de modo que a partir de esta se dejó de pensar en nuevas soluciones y se comenzó a trabajar en el rediseño de los puntos débiles. Si bien a continuación se muestra lo que se denominó como tercera versión, es el resultado de muchas iteraciones en el diseño de componentes individuales, por lo que en realidad no representa necesariamente un «tercer intento».

Dentro de los aspectos negativos se destacó bastante en los testeos la poca legibilidad de las plantillas. Los números no solo eran muy pequeños sino que también se encontraban muy juntos. Sin embargo, no correspondía a algo solucionable escalando y separándolos, dado que el área de las plantillas 3 y 4 es mucho menor.

Además, como los intervalos representan largo de arista y no la distancia entre ese punto y el centro de la plantilla, no son intervalos iguales. La separación entre los intervalos es menor para las plantillas más pequeñas.

Por otra parte, los usuarios manifestaron dificultad para proyectar la unión entre las líneas, donde deberían marcar los puntos. Principalmente en figuras menos utilizadas como el pentágono y el hexágono.

Para solucionar ambos problemas, se decidió eliminar el sistema de ranuras y reemplazarlo por agujeros. La ventaja de las

ranuras es que permitían marcar números intermedios si el usuario lo requería, es decir, admitía el uso de decimales. Sin embargo, las perforaciones solo permiten marcar los puntos en números enteros.

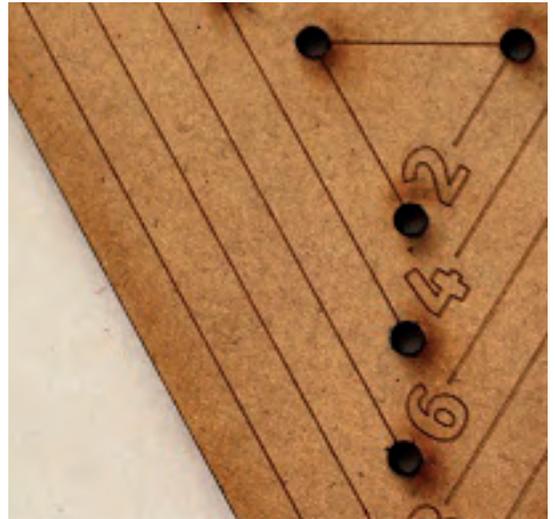
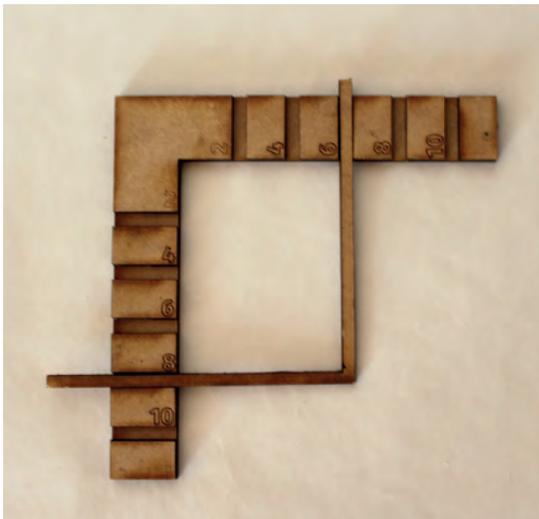
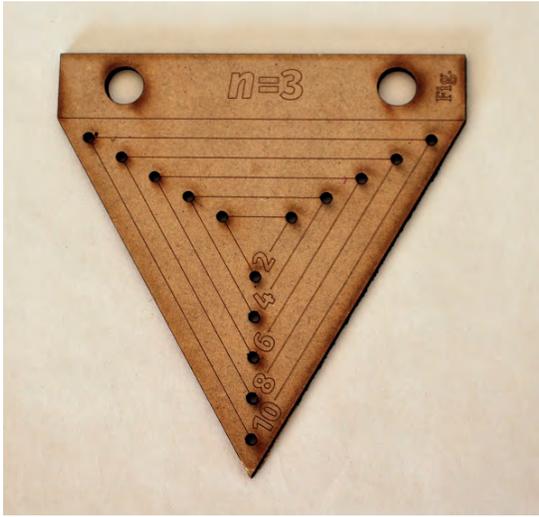
La simplificación de las ranuras implica una disminución en la cantidad de valores que puede tomar la variable s . Sin embargo, los usuarios declararon que no utilizarían números decimales porque el sistema ya es bastante complejo sin estos.

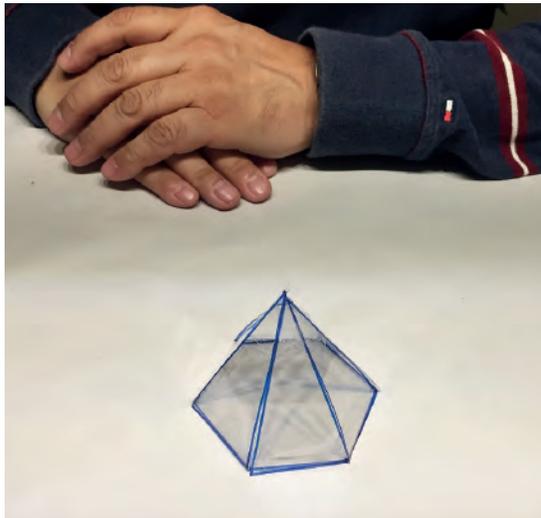
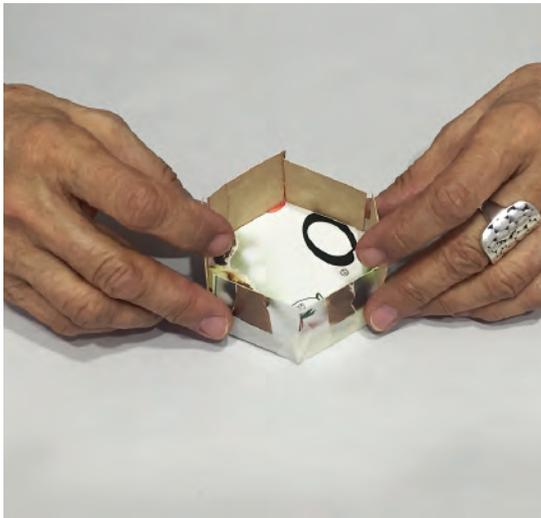
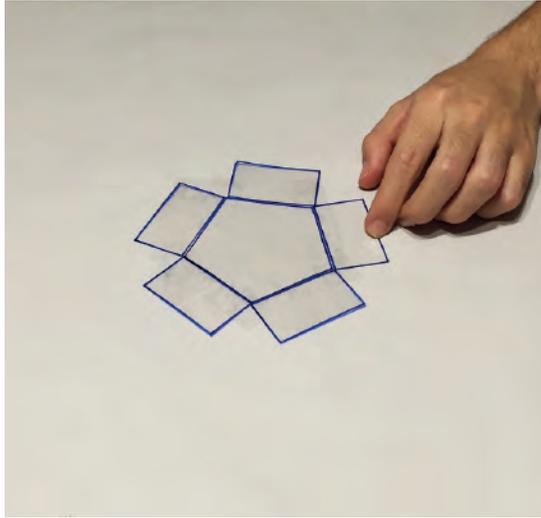
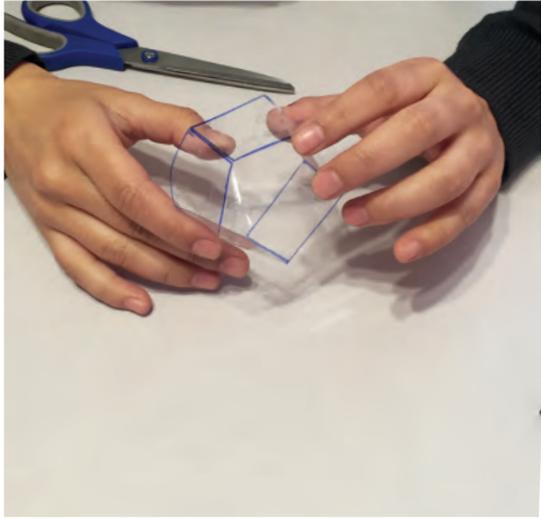
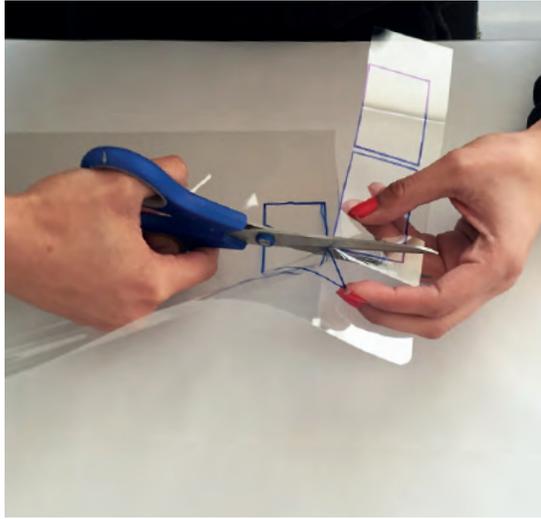
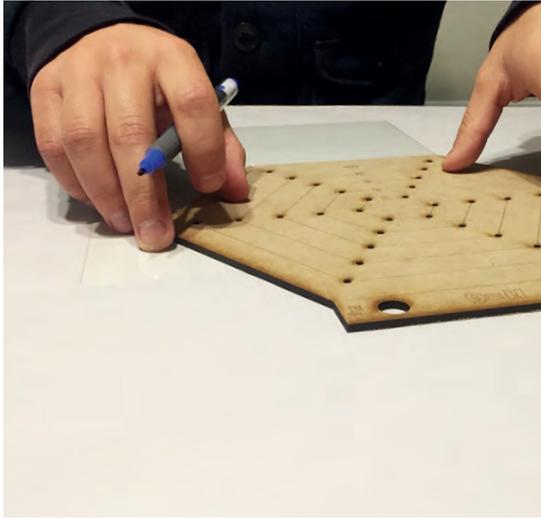
En base a estos comentarios se definió separar aún más los intervalos, dejando únicamente números pares del 2 al 10, para dar preferencia a la usabilidad del sistema. Después de todo, si en los testeos resultaran ser necesarios los números impares, podrían ser vueltos a incorporar en una nueva versión.

La escuadra se rediseñó para facilitar el uso y hacer que el proceso de dibujar las caras laterales sea más rápido. Dado que son n rectángulos, pero todos son iguales entre sí, tiene sentido la modificación propuesta en el testeo: ajustar primero la herramienta para obtener el área deseada, y luego simplemente dibujar los rectángulos necesarios.

Para el nuevo diseño se pensó en la forma de encajar ambas piezas sin complicar demasiado el proceso, por lo que se optó por incorporar ranuras en la «escuadra» para encajar una varilla. La suma de la escuadra y la varilla cierran la figura y completan el área.

El layout de las herramientas finales puede ser revisado en la sección de anexos para verificar las diferencias en los intervalos entre las plantillas.





TESTEOS

Tras el rediseño se organizaron nuevos testeos. Para estas sesiones se plantearon los siguientes objetivos:

- 1 Verificar si el sistema es accesible y comprensible por los usuarios
- 2 Medir los tiempos de uso en al menos dos ciclos de uso completos
- 3 Recibir insight de potenciales usuarios (encuesta cualitativa)
- 4 Detectar puntos a rediseñar

Se determinó que los testeos se realizarían a usuarios de rangos etarios y perfiles variados. Las personas que participaron se encuentran entre las edades de 18 y 68 años, algunos estudiantes y otros con distintas formaciones profesionales.

Los testeos se organizaron en un espacio cerrado, con buena iluminación y únicamente los elementos del testeo sobre la mesa. El proyecto fue explicado brevemente sin especificar la forma de uso del sistema. Se les entregaron las herramientas junto con las instrucciones impresas a los participantes, con la única instrucción previa de leer y seguir las instrucciones como se indica y completar el ciclo a lo menos dos veces.

Se realizó un registro fotográfico de los participantes, aunque algunos no accedieron a ser fotografiados. Una vez completados ambos ciclos se les realizó una breve encuesta cualitativa para conocer sus apreciaciones respecto al sistema, las posibles mejoras y también proyecciones para posibles usos.

En la sección de anexos se encuentran más detallados los resultados de los testeos.

Como resultado de los testeos, el hallazgo más valorable es que dos de los participantes «hackearon» las herramientas para diseñar otras geometrías; el sistema está pensado para hacer prismas regulares, pero usando las mismas herramientas fabricaron una pirámide y un prisma irregular. El participante del prisma irregular lo diseñó en un tercer uso de la herramienta, mientras que el de la pirámide en el segundo uso.

65

En todos los testeos fue recurrente que los usuarios leían detalladamente las instrucciones la primera vez, incluso algunos las encontraron algo confusas, pero en los ciclos siguientes sólo utilizaban parte de las instrucciones y algunos incluso no las volvían a utilizar.

En cuanto al valor de la herramienta, casi todos la encontraron interesante, entretenida o útil, y todos los participantes fueron capaces de proyectar posibles usos materiales para el sistema.

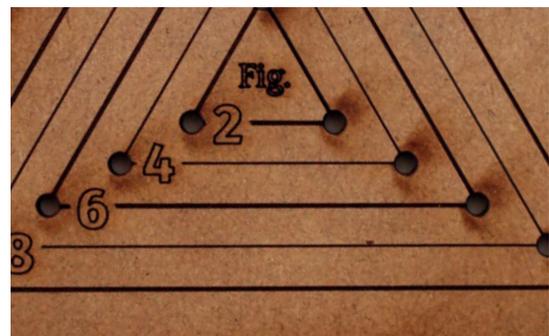
Los aspectos a rediseñar detectados corresponden principalmente a facilitar la usabilidad de las plantillas (hacer más fácil seguir las líneas para saber dónde marcar los puntos), y cambiar un poco el diseño de las reglas para rectángulos, pues se produce movimiento que distorsiona el dibujo.

PROPUESTA FINAL

En base a los puntos detectados en los testeos, se realizaron mejoras en las plantillas, engrosando las líneas correspondientes a $s=2$, $s=6$ y $s=10$, de manera que línea por medio fuese más oscura, y así facilitar el marcado de los puntos.



66





También, se ensacharon las reglas para rectángulos, de modo que la unión entre las ranuras presentase más área y así evitar movimiento entre las partes. Lo que antes era una varilla también se ensachó, se agregaron flechas para indicar que el área del rectángulo se forma en el interior y no en el exterior, y se agregó una base para evitar que esta se moviera de manera vertical cuando se dibuja.



68

Para el diseño de las instrucciones se analizó principalmente la primera interacción del usuario con las instrucciones: se entregan todas de una y el usuario trata de encontrarles sentido sin haber usado todavía la herramienta. En base a esto, se reflexionó cómo entregar la información al usuario de manera fragmentada pero concisa, para evitar confusiones, pero también entregar la idea de que el sistema no es complejo de usar.

Se tomó como referente las funciones de autocompletar que utilizan los computadores, como un punto de partida para crear un «autocompletado analógico». Si bien las instrucciones ya habían sido sistematizadas para que un mismo *set* de palabras funcionara para cualquier variable escogida, el presentar las instrucciones en base a *n*, *s* y *h* es lo que más confundía a los usuarios. Si el sistema pudiese completarse a sí mismo cuando los usuarios seleccionan los valores para cada variable, estos no tendrían que traducir las instrucciones a números.

Las instrucciones fueron divididas en cinco pasos, de los cuales cuatro están en función de *n*, *s* o *h*. Se separó la selección de variables de las instrucciones, y mediante ranuras que dejan ver las variables se creó un sistema de instrucciones que se va completando a medida que el usuario completa los pasos.



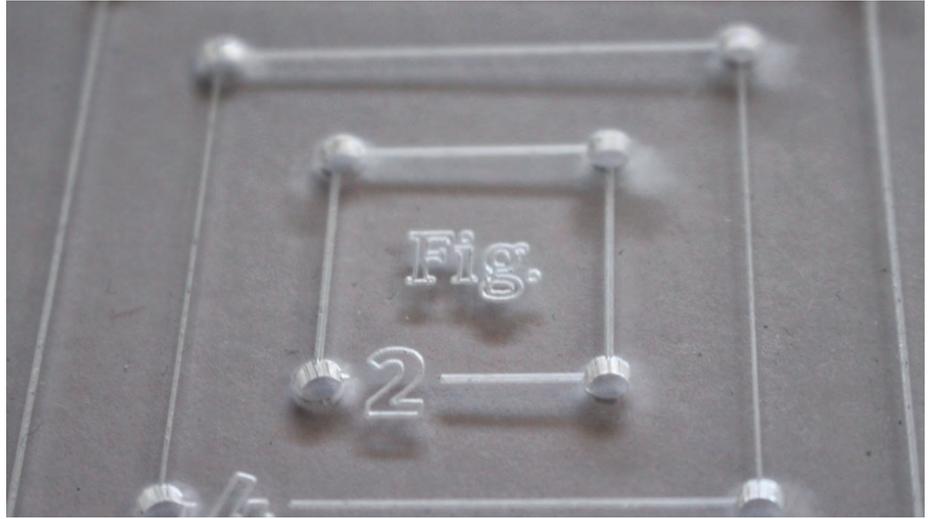


Fig.

Fig.

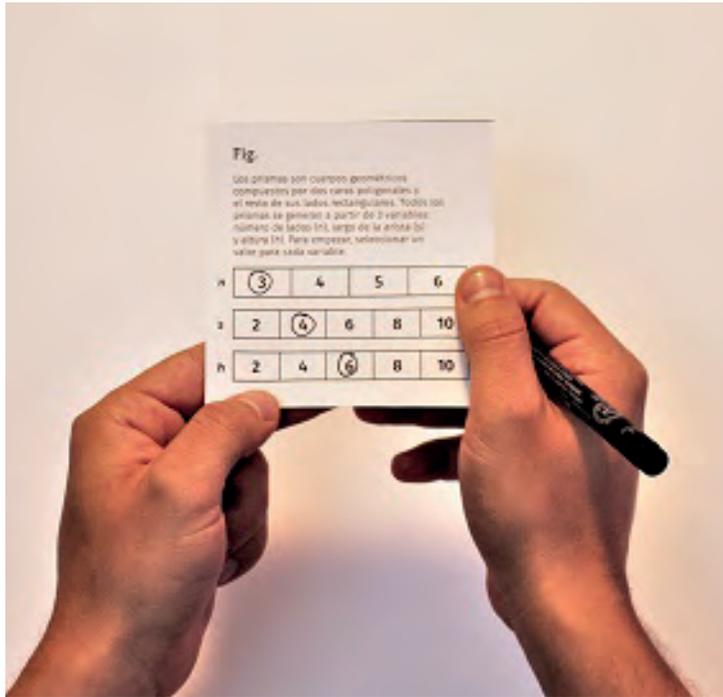
El sistema de fabricación diseñado es un proceso mecánico, donde la fabricación es asistida por instrumentos (reglas y plantillas) que han sido generados en base a una parametrización del desarrollo geométrico de prismas. Los objetos a fabricar deben ser abstraídos en geometrías que puedan ser descompuestas en prismas.

A este sistema de fabricación se le llamó «fabricación instrumental geométrica» o «Fig.». El nombre hace referencia al funcionamiento del sistema, pero también corresponde a la abreviación de la palabra «figura» en algunos textos.

Fig. se trabajó como marca, generando un identificador gráfico que se encuentra presente en las herramientas diseñadas. Si bien el objetivo no es generar una marca en el sentido de *branding*, el identificador gráfico no solo ayuda a unificar el sistema, sino también a facilitar su comunicación y difusión.

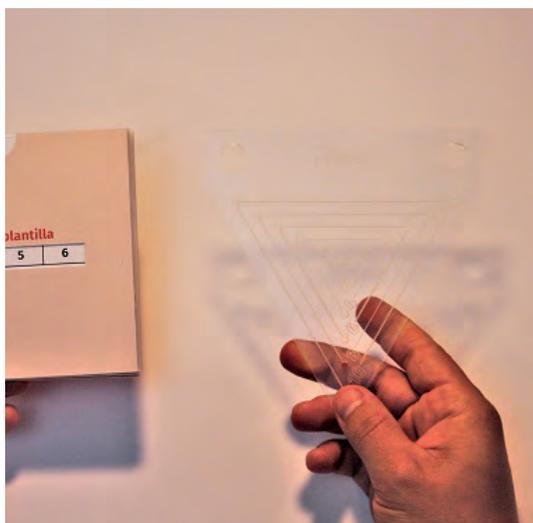
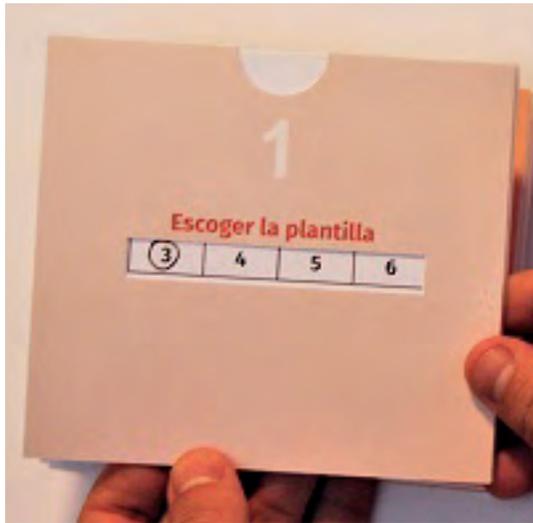
Al tratarse de un campo no tan trabajado, muchas veces se encontró con el problema de cómo comunicarlo a otras personas, para esto el nombre del proyecto (*Con nuestras propias herramientas*) resulta ser mucho más amplio que la herramienta en sí. Entonces, la decisión de nombrar el sistema de manera distinta al proyecto corresponde también a facilitar algunos aspectos discursivos.

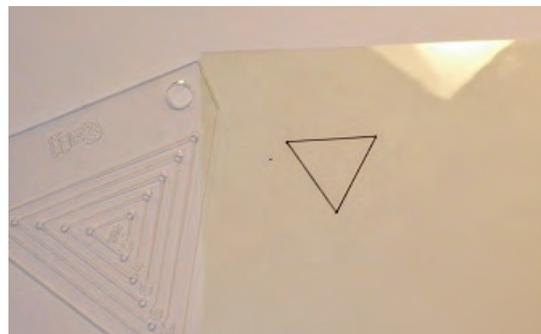
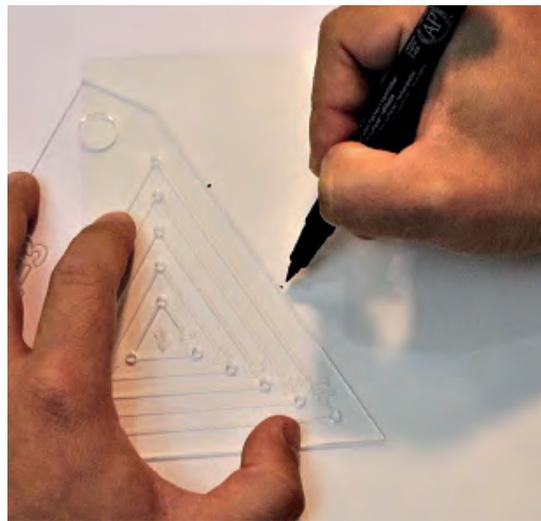
USO DEL SISTEMA

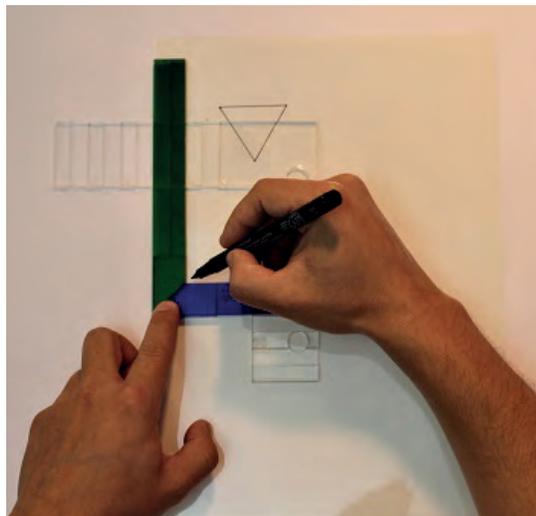
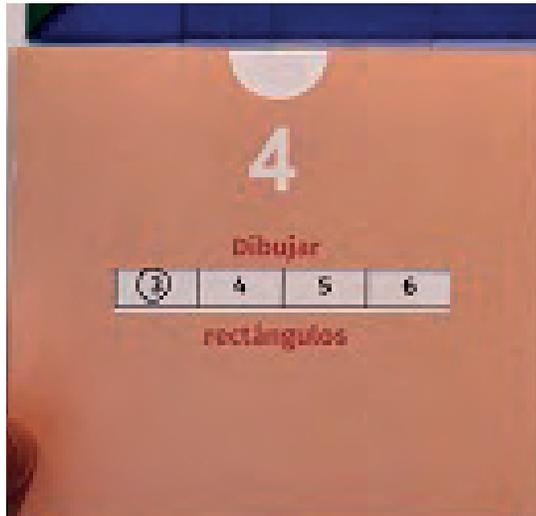
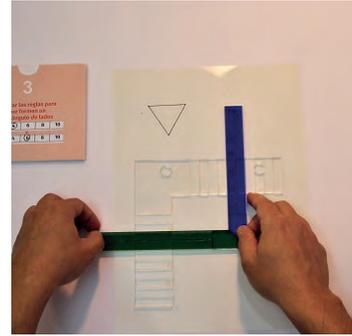
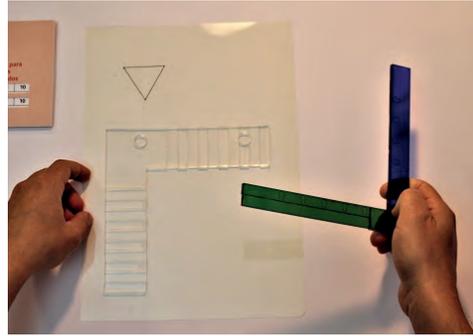


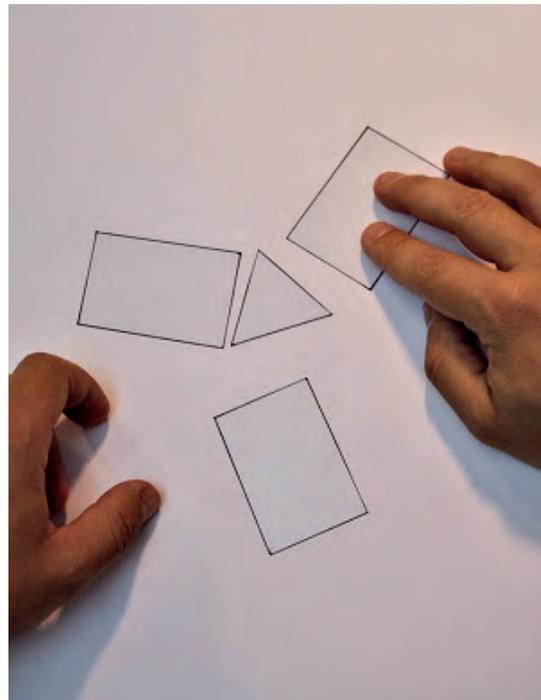
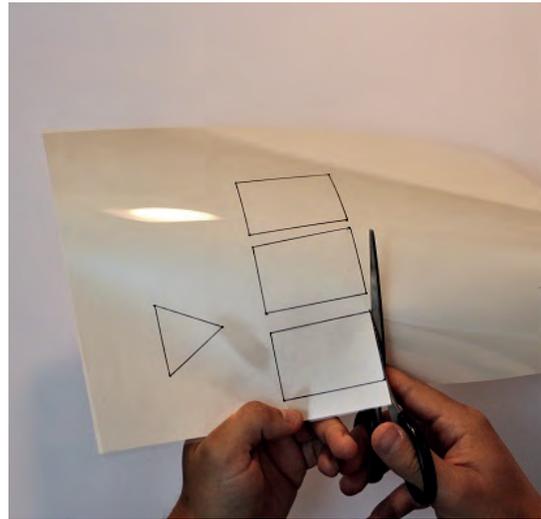
70

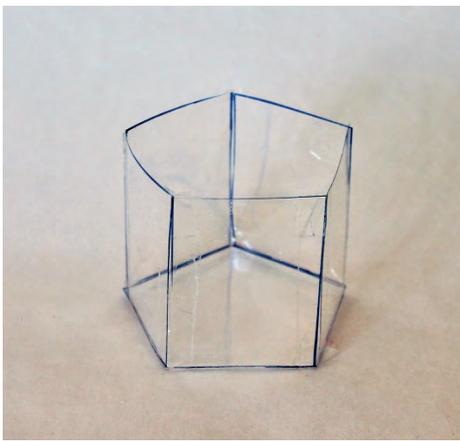
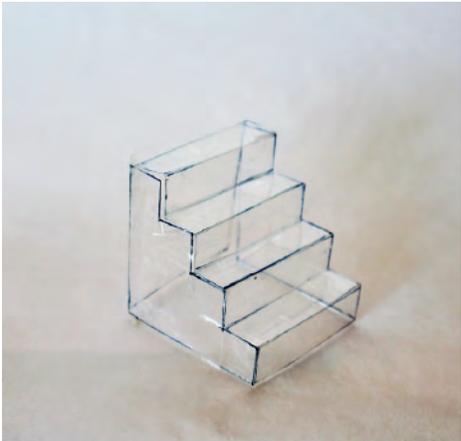
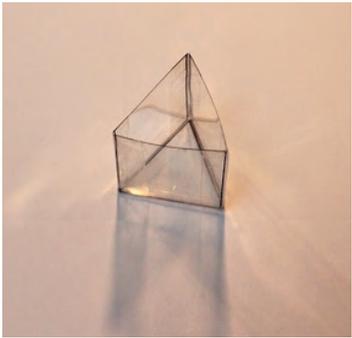
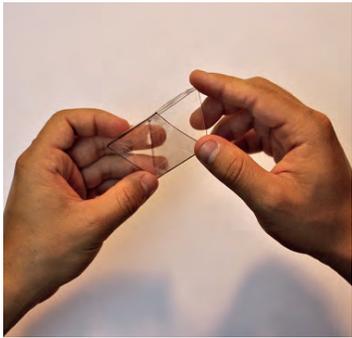
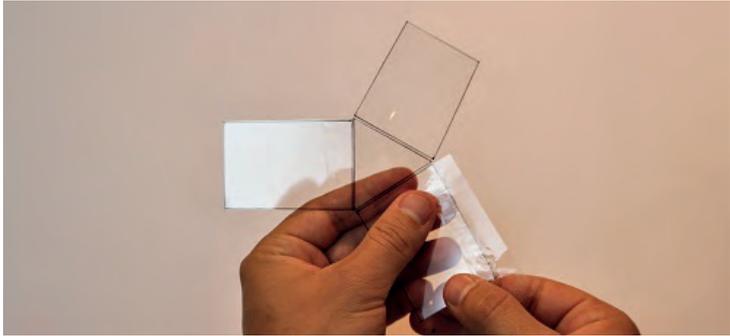










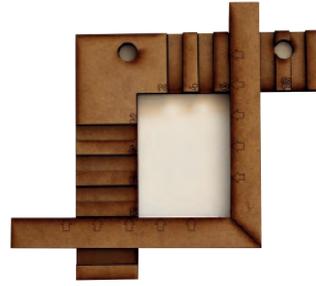


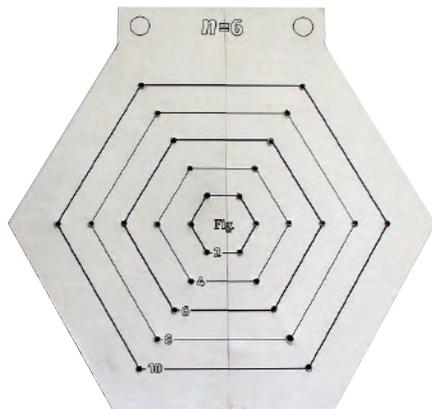
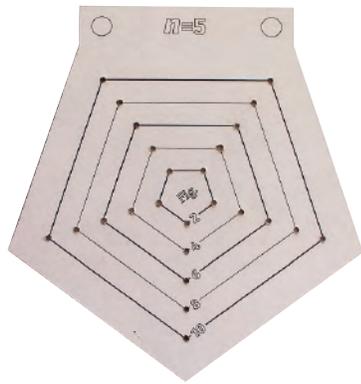
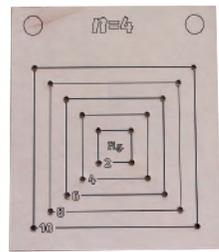
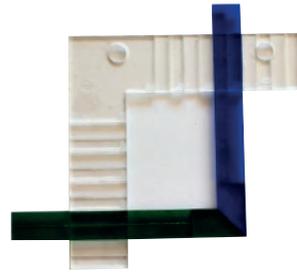
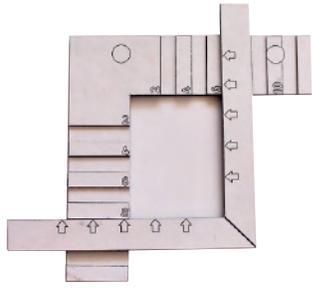
OTRAS MATERIALIDADES

Las herramientas pueden ser fabricadas en prácticamente cualquier material laminar. Para prototipar rápida y eficazmente se cortaron en láser, utilizando MDF de 3mm y acrílico de 3mm. La ventaja del uso de MDF es una mayor legibilidad de los números al tener más contraste en el grabado, mientras que el acrílico aporta la ventaja de poder ver los dibujos que están en la hoja bajo la plantilla.

Además se realizó una tercera versión en cartón pidera de 12mm donde se imprimieron las plantillas en hojas carta, se pegaron con pegamento en barra y se recortaron con cortacartón. Las perforaciones se hicieron con un taladro y una broca de 3mm.

Las materialidades de los moldes también pueden variar, otorgando características particulares a los objetos fabricados, variando también según la técnica utilizada.





6

IMPLEMENTACIÓN

- divulgación
- exposición
- cotidiano
- impacto

DIVULGACIÓN

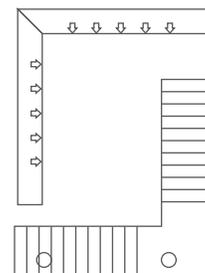
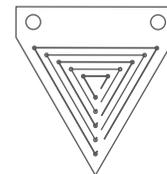
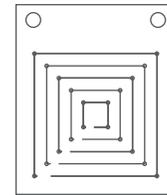
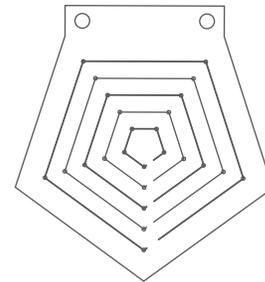
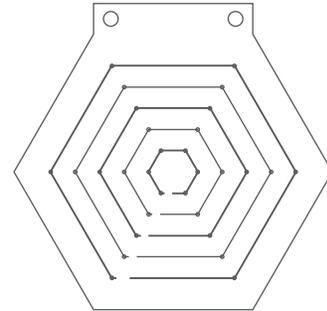
Debido al carácter open source del proyecto, la divulgación de FIG es parte fundamental para que otras personas puedan acceder, utilizar, modificar y editar las herramientas. Para esto se diseñó un instructivo en formato PDF que permite fabricar las herramientas.

El instructivo puede ser revisado en la sección de anexos, se presentan dos formas de fabricar las herramientas: por corte láser y de manera manual.

Si bien en primera instancia presentar una versión de corte láser puede parecer contradictorio para este proyecto, se presenta como una forma de facilitar la fabricación si se quieren obtener muchas «copias», y asegurarse de que todas presenten los mismos estándares de calidad.

Si se opta por la fabricación mediante corte láser, se encuentran disponibles los archivos vectoriales listos para mandar a cortar, con las instrucciones detalladas en el instructivo, el usuario no debe editar nada, solamente encontrar un servicio de corte donde mandar a hacer las herramientas. Luego deben ser armadas y pegadas de manera manual.

En el caso de la fabricación manual, se diseñó un archivo PDF para ser impreso en hojas carta, que luego son pegadas sobre un cartón, recortadas y pegadas. El funcionamiento de ambas herramientas es el mismo.



EXPOSICIÓN

Para la implementación en comunidades se diseñó una exposición interactiva, pensada para dar a conocer el sistema a potenciales usuarios. La exposición se basa en las proyecciones de uso de la herramienta, entregando ejemplos concretos para que los visitantes puedan proyectar soluciones propias.

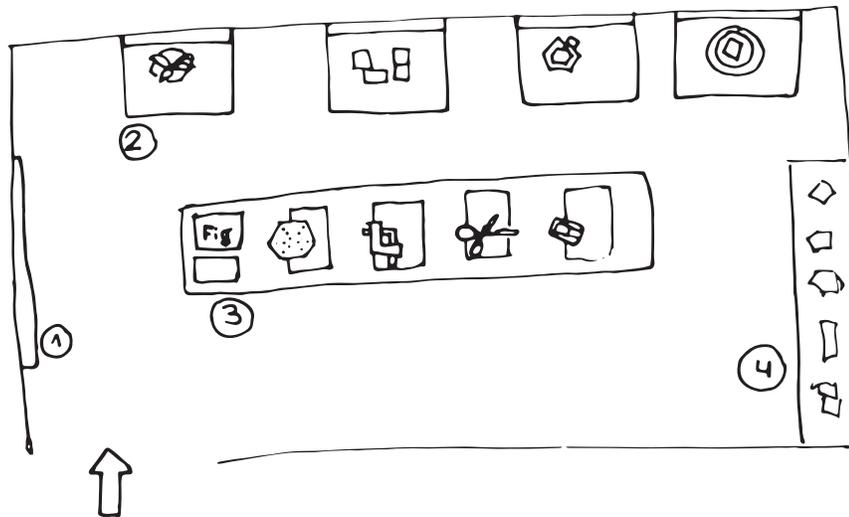
La exposición es interactiva porque las personas pueden generar sus propios moldes. Para hacer la experiencia más colectiva y menos personal, las instrucciones se convierten en módulos o estaciones de trabajo donde los visitantes realizan cada paso. De esta manera, parece ser más una línea de producción que un espacio de trabajo individual.

Para facilitar el proceso imaginar usos para la herramienta, se diseñó una línea de objetos producidos mediante la herramienta que se denominó *cotidiano*, debido a que los objetos son sencillos de producir, y presentan funcionalidades distintas para el día a día.

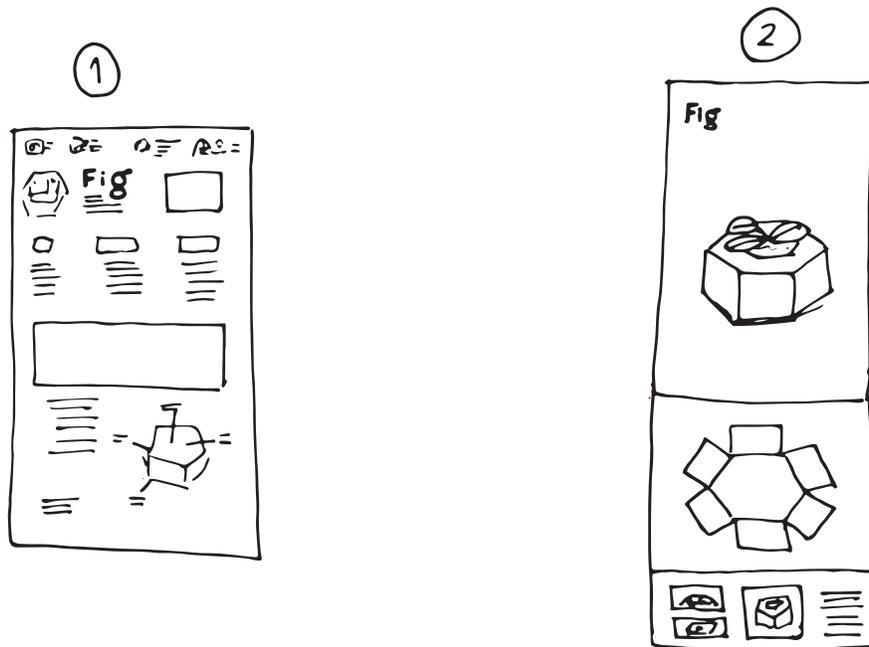
Junto con la imagen del objeto se encuentra la especificación de los moldes usados junto con una breve descripción, pues el proceso de llenado así como las materialidades de los mismos moldes pueden variar los resultados.

El proyecto piloto de la exposición será presentado en la municipalidad de Ñuñoa, específicamente en la corporación cultural, al tratarse de un espacio donde personas de edades y perfiles variados asisten regularmente a talleres y exposiciones que realiza la municipalidad.

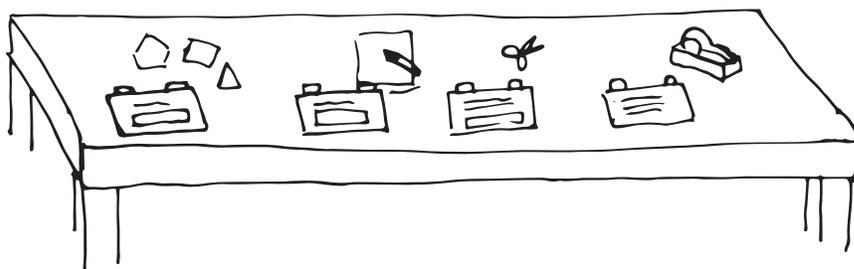
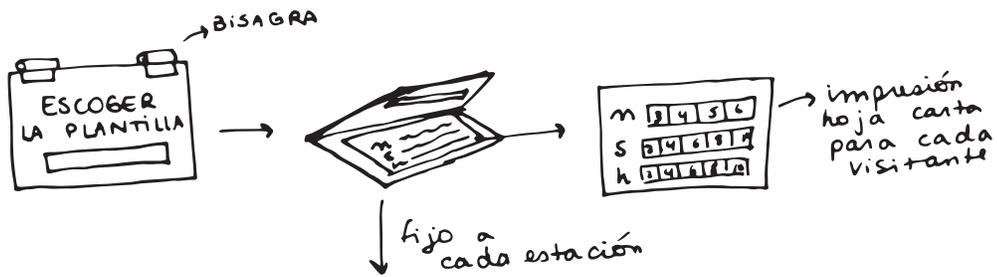
La viabilidad de realizar otras exposiciones es alta, ya que existen diversos espacios donde puede realizarse y se requieren pocos elementos, que pueden ser reutilizados para generar varias exposiciones «itinerantes».



- ① PANEL PRINCIPAL
detalles de la exposición
objetivos, contexto, contacto
- ② COTIDIANO
muestra de productos a
partir de Fig., producto
o imagen, moldes y
texto breve
- ③ ESTACIONES DE TRABAJO
las instrucciones se dividen
en estaciones donde los
visitantes fabrican sus
propias moldes
- ④ EXHIBICIÓN COLABORATIVA
los visitantes exhiben sus
creaciones, con las variables
utilizadas y algunos
comentarios o tips.



3



→ varios instrumentos e implementos disponibles para fabricar

→ materia prima para los moldes: cartón reciclado

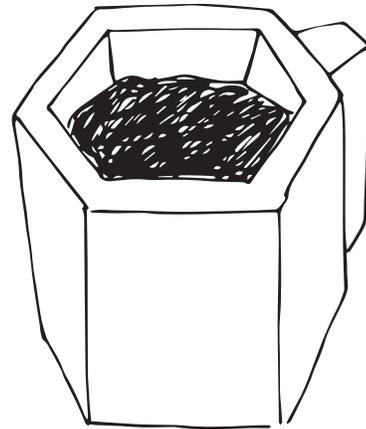
COTIDIANO

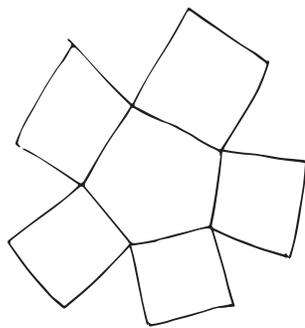
Los objetos diseñados para la muestra se crearon a partir de encuestas a posibles usuarios donde se les preguntó qué usos proyectaban para la herramienta. La mayoría de las respuestas corresponden a objetos cotidianos, siendo los más mencionados: maceteros, decoraciones, vasos y jarrones, velas, joyería, repostería, juguetes.

En base a las respuestas se diseñaron y fabricaron algunos de los productos mencionados, para acercar a los usuarios a las posibilidades de fabricación de Fig., y permitir proyectar algunos usos.

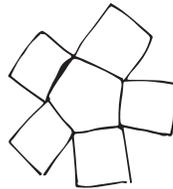
Si bien la idea de generar un sistema de fabricación es configurar la forma de pensar de los usuarios para generar soluciones, y objetos que no necesariamente existen, un primer paso es fabricar objetos que sí existen para comprender de mejor manera la abstracción que requiere el diseño.

A continuación se muestran algunas de las imágenes de *cotidiano* junto con la representación de los moldes que serían presentadas en las exhibiciones.

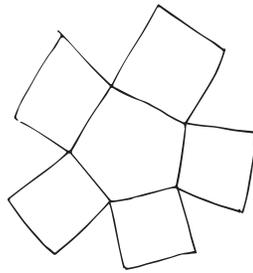
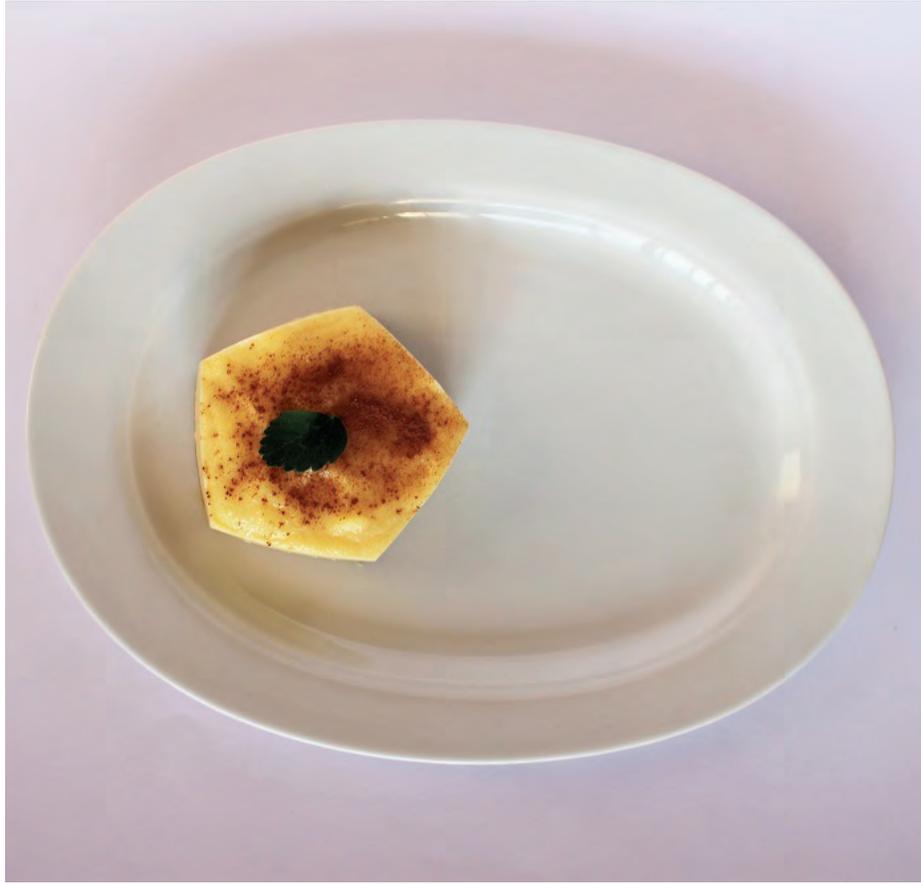




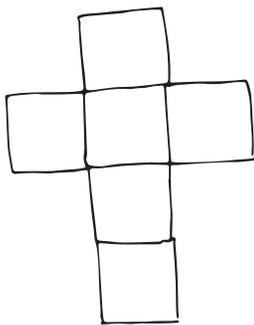
$n = 5$
 $s = 8$
 $h = 8$



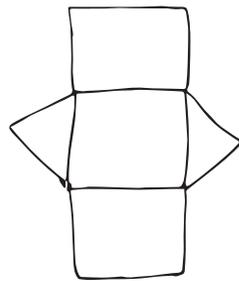
$n = 5$
 $s = 4$
 $h = 4$



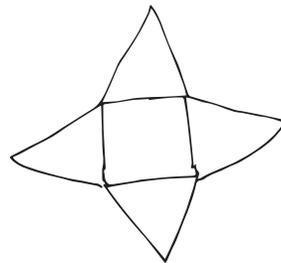
$m = 5$
 $s = 6$
 $h = 4$



$$\begin{aligned} n &= 4 \\ S &= 6 \\ h &= 6 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} n &= 3 \\ S &= 6 \\ h &= 6 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{base} \\ n &= 4 \\ S &= 6 \\ \text{Lados} \\ n &= 3 \\ S &= 6, 6, 10 \end{aligned}$$

IMPACTO EN EL MEDIO

Principalmente, el mayor impacto de este proyecto es a un nivel sociocultural, pues no solo permite generar instancias de desarrollo y aprendizaje, sino también al ser abierto permite que cualquier persona acceda, por lo que se evita la elitización de las herramientas. Al ser de tan bajo costo puede aplicarse en contextos más extremos sin necesitar modificaciones, por ejemplo, puede realizarse una muestra en una escuela rural de la misma manera que se realizaría en Santiago.

Por otra parte, tiene la ventaja de ser un proyecto abierto, por lo que puede ser modificado según los requerimientos específicos de quien lo aplique, de modo que el impacto puede ser mayor al entregar autonomía a los usuarios. Por ejemplo, si se desea incorporar a una metodología educativa ya existente se puede adaptar el proyecto sin mayores dificultades.

En cuanto al impacto ambiental, dependerá del uso de las herramientas. Para muchos de los objetos de *cotidiano* se utilizó material reciclado para la fabricación de moldes, principalmente cajas de cartón recuperadas de los supermercados. Si bien se sugiere el uso de material reciclado, algunos de los moldes son plásticos, por lo que si no son llevados a reciclar, puede causar un impacto negativo en el medioambiente.

7

CIERRE

- conclusiones
- Reflexiones
- Proyecciones



Este proyecto nació a partir de reflexiones e interrogantes, y más que buscar una solución a un problema determinado, se trata de una exploración en torno a dichas interrogantes. De modo que los resultados de este proyecto no son únicamente materiales, sino también nuevas reflexiones e interrogantes.

Debido a esto, esta última sección se divide en conclusiones, reflexiones y proyecciones que serán tratadas de manera individual. Las conclusiones reflejan los resultados del proceso de diseño, en base a los objetivos planteados. Las reflexiones corresponden a aspectos más personales que no tienen relación directa con el cumplimiento de los objetivos particularmente, pero sí con el proceso de diseño, y creo que es importante plantearlas por el tipo de proyecto. Finalmente, las proyecciones corresponden a las oportunidades de desarrollo futuro que se presentan en base al estado actual del proyecto, y que se sustentan tanto en las conclusiones como en las reflexiones.

CONCLUSIONES

En base a diversos indicadores, es posible afirmar que los objetivos específicos de este proyecto fueron cumplidos en distinta medida. A continuación se detallan cada uno de ellos

1. Generar un sistema de fabricación versátil.

En base a las figuras obtenidas utilizando el sistema se puede verificar el cumplimiento de este objetivo. Los objetos tienen tamaños y estructuras distintas, más aún cuando se les aplican operaciones de suma o diferencia entre ellos, se pueden generar estructuras que a primera vista parecen tener nada en común hasta que son descompuestas.

Considerando además que las herramientas proponen un método de fabricación de prismas pero no lo limitan, los resultados pueden ser más variados todavía, como en el caso de los usuarios que decidieron fabricar pirámides o prismas irregulares. El funcionamiento principal es solo el punto de partida, los usuarios pueden *hackear* las herramientas y explorar nuevos límites.

Si bien el sistema es versátil, podría serlo aún más si se considera que sólo se está trabajando con prismas. Se podría potenciar la versatilidad al incorporar dentro del sistema métodos de fabricación para otro tipo de geometrías.

2 Diseñar un sistema de fácil entendimiento para los usuarios

Mediante la realización de tests se verificó que los usuarios podían entender el sistema guiándose únicamente por las instrucciones en una primera interacción. Este objetivo se cumple, dado que distintos usuarios pueden acceder. Con las nuevas instrucciones se facilita bastante la primera interacción.

Dado que los usuarios generalmente realizan prismas básicos, se podría mejorar el entendimiento de las operaciones booleanas para que los usuarios puedan proyectar soluciones más complejas mucho antes.

3. Facilitar el aprendizaje de la forma de utilización de la herramienta

Para verificar este objetivo se midieron los tiempos que demoraba a los usuarios generar figuras a partir de las herramientas. Los tiempos de uso disminuyeron considerablemente entre el primer y segundo uso. Más aún, la mayoría de los usuarios no volvía a utilizar las instrucciones o las usaban sólo de manera parcial, de modo que se puede asegurar que existía un aprendizaje que diferenciaba sustancialmente el primer uso de los siguientes.

Si bien se cumple el objetivo, podría potenciarse el registro de los usos personales, para generar algo que reemplaze los archivos, que permitieran a la comunidad acceder al conocimiento compartido.

4. Generar satisfacción en los usuarios al fabricar

Tras los tests se les aplicó a los participantes encuestas cualitativas, pero también a algunos expertos y personas interesadas que no necesariamente participaron en tests. Los comentarios de dichas personas en general tienden a valorizar la simpleza del sistema a la hora de crear objetos tan variados. Además, al ser rápido y fácil de usar los usuarios no experimentan tanta frustración.

Si bien en los primeros usos en general los usuarios fabrican geometrías sencillas que no necesariamente son soluciones elaboradas, estos intentos aportan a generar confianza tanto en el uso de la herramienta como en sí mismos, de modo que gradualmente van aumentando la complejidad de lo fabricado, y esta es precisamente la importancia del diseño de herramientas, el «configurar» la forma de pensar para poder enfrentarse a distintos desafíos de manera exitosa.

Los participantes señalaron no sólo encontrar valor al sistema, sino también algunos declararon disfrutar el proceso, y casi todos fueron capaces de proyectar posibles usos. Este objetivo se cumple.

Finalmente, a modo de conclusión general, los resultados del proyecto apuntan a que sí es posible acercar la fabricación personal a usuarios que no pueden acceder a herramientas de fabricación digital. Si bien el problema no es desconocido, los esfuerzos por aumentar el alcance de la fabricación como proceso creativo generalmente están alineados a instancias educativas como capacitaciones y cursos para acceder a herramientas existentes, mas no a crear nuestras propias herramientas para reflexionar, tomar una postura más personal, y hacerse parte de la fabricación.

FORTALEZAS

- + CONTEXTO DE APLICACIÓN
 - ↳ cambios en la educación, importancia del pensamiento creativo en el contexto actual
- + SOLUCIÓN SENCILLA
 - ↳ Fácil de hacer (las herramientas)
 - ↳ Fácil de usar (hacer objetos)
 - ↳ Fácil de adoptar (empezar a ir más allá)
- + BAJO COSTO / BAJA TECNOLOGÍA
 - ↳ aplicación a más contexto
- + OPENSOURCE
 - ↳ otros alcances, más impacto

DEBILIDADES

- REQUIERE ALGO DE DESTREZA MANUAL
 - ↳ el pegado de las piezas no es tan fácil para niños pequeños
- FIGURAS LIMITADAS
 - ↳ si bien el sistema es versátil, no todo se puede hacer con prismas
- COMPARTIR / REGISTRO
 - ↳ No hay un formato de registro único que facilite el compartir
- ESTÉTICA
 - ↳ La estética de las herramientas puede parecer de mala calidad si no se arma cuidadosamente

REFLEXIONES

Ultraconservadurismo tecnológico

Cuando empecé a indagar sobre la alfabetización tecnológica (o la falta de esta), empezó a parecerme cada vez más evidente que las tecnologías digitales ocultan cosas. Al tratar de simplificar procesos, muchas tecnologías no dejan en evidencia cómo funcionan, sino más bien entregan al usuario la información «justa y necesaria» para que éste pueda entregar el input requerido.

Hoy ocurre con muchos softwares, por ejemplo, que los diseñadores deciden con qué cosas puede «jugar» el usuario y esconden todo lo demás (en parte para que no sufra modificaciones). El problema de esto es que el ocultar parte del sistema dificulta que el usuario entienda el proceso completo. No es raro encontrar gente que piensa que la tecnología es «magia moderna».

Cuando formulaba el proyecto traté de alejarme lo más posible de esto, para generar un sistema tan transparente y sencillo que pareciera obvio. Me puse como limitante que todo el sistema debía ser analógico, y que cada vez que quisiera recurrir a medios electrónicos los traduciría a mecanismos. Sin embargo, caí en lo que después llamé un «ultraconservadurismo tecnológico», donde asumí que todo lo electrónico o digital es opuesto a lo analógico, y por ende debía rechazarlo. Al poco tiempo de empezar a buscar soluciones me di cuenta de que me había puesto un techo que limitaba mis posibilidades de desarrollo. De cierta forma, era como diseñar con una mano amarrada detrás de la espalda.

Me di cuenta de que el problema no es utilizar medios digitales, sino cómo se incorporan: tratarlos como una herramienta

más sin perder de vista la forma en que el usuario percibirá el sistema. Además, lo digital no corresponde a un grupo homogéneo de tecnologías, de modo que rechazar todo es demasiado extremo.

A pesar de que estas reflexiones fueron muy tempranas en el proceso, decidí seguir adelante con el ultraconservadurismo, no porque estuviese obligada ni por terca, sino que significaría diseñar para el caso más extremo (baja tecnología y bajo costo), que después puede complementarse con otros medios. En el fondo, el poner las limitantes al inicio, responden a «arrojar la piedra más lejos», para después afinar el resultado.

Eslabones evolutivos

En base a la reflexión antes mencionada, creo que el proyecto presentado puede ser el inicio de un camino hacia la adopción de las herramientas de fabricación digital. No creo que se trate de «usarlas o no usarlas»; este proyecto no busca generar herramientas que puedan reemplazarlas y así nunca acceder a ellas. Más bien lo contrario, son un primer eslabón en una cadena que culmina con las tecnologías extranjeras.

Creo que es un punto de partida para acercarse a la fabricación, y la incorporación gradual y controlada de algunos medios digitales pueden acortar la brecha que existe para acceder a las herramientas de fabricación digital. Poder trabajar con estas herramientas como una forma de empezar a buscar soluciones puede ser mucho más potente que simplemente capacitar a todos los usuarios en el uso de tecnologías existentes.

Procomún contemporáneo

Es difícil no divagar en muchos temas, ya que una de las intenciones de este proyecto era precisamente generar reflexiones. Sin embargo, creo que la más relevante de profundizar aquí es el nuevo compartir para alcanzar el procomún. Creo que el rol de los diseñadores no debiera limitarse a buscar soluciones para usuarios, sino empoderar a los demás a solucionar y también a reflexionar.

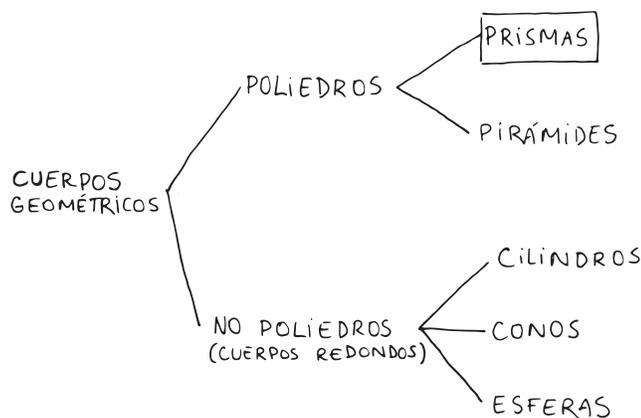
En la disciplina del diseño convergen muchos aspectos (éticos, económicos, sociales, culturales, entre otros) que consideramos para dar origen a soluciones. El diseño es transformador, y por lo tanto no es neutral, está cargado de valoraciones. Plasmar valores sobre un producto que se diseña tiene efectos concretos en el medio, pero creo que no es suficiente. Nuestro rol debiese ser germinar la capacidad reflexiva (y transformadora) del resto de las personas.

La creatividad puede ayudarnos a construir mejores escenarios futuros, pero solo podemos materializarlo desde las comunidades. Esta es la importancia del conocimiento compartido, que los avances de individuos y comunidades se vean apoyados por otros, y que se genere un ciclo de iteraciones y modificaciones que permita mejoras colectivas.

Este proyecto difícilmente cambiará radicalmente el contexto actual, pero creo que puede ser un punto de partida para otros proyectos, ojalá de otras disciplinas, que puedan ir cambiándolo. Creo que para esto es necesario que cualquier persona se sienta en la libertad de tomarlo, analizarlo y modificarlo, por lo que está planteado como un proyecto *open source*. El garantizar un acceso y uso libre a la información debiera encontrarse entre los objetivos de todos los diseñadores, pues solo así nuestras ideas más transformadoras generarán el impacto suficiente para materializarse en cambios.

PROYECCIONES

A partir de este punto el proyecto puede tomar varios caminos. En un ámbito más técnico, una posibilidad de desarrollo es ampliar las herramientas a otras geometrías. Si volvemos al cuadro de cuerpos geométricos,



94

tenemos las pirámides directamente en la categoría de poliedros, y mediante unas modificaciones es relativamente sencillo adaptar las herramientas para la fabricación de pirámides.

Sin embargo todo el grupo de los no poliedros es totalmente distinto en su construcción, y la mayoría de los objetos que utilizamos a diario tiene una o más partes curvas. De modo que encontrar un sistema que permita fabricar sólidos no poliedros es un posible camino para seguir desarrollando una fabricación instrumental geométrica.

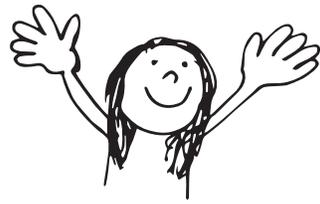
Por otra parte, si se mira el panorama completo, está el resto de los «eslabones» intermedios, desde este proyecto hasta las herramientas de fabricación digital. Otro camino entonces sería generar herramientas que gradualmente se acerquen al funcionamiento de la fabricación digital, es decir, ir incorporando lo digital a lo analógico de manera controlada.

Una proyección más próxima es la implementación en comunidades. Por una parte, la exposición propuesta en la sección de implementación será realizada durante el mes de enero en la corporación cultural de Ñuñoa, así como también se propondrá a otras municipalidades, tanto en corporaciones culturales como en espacios de trabajo colaborativos (como el HUB providencia en Constitución 85, o Infante 1415).

También existe la posibilidad de implementar el proyecto en la «escuela de verano» que realiza el FabLab UC donde enseña a niños de educación media acerca de fabricación digital.

Se buscarán otras instancias de difusión del proyecto. Por ejemplo, con la ayuda del FabLab UC se realizará una charla durante el mes de diciembre para presentar *con nuestras propias herramientas* a el público, principalmente académicos de la escuela de educación UC, y otros participantes de otras disciplinas para levantar proyectos en conjunto.

Finalmente, al ser un proyecto *open source*, espero que este proyecto deje de ser mío, que otras personas que vean valor en él puedan apropiárselo, intervenirlo y modificarlo para generar nuevas versiones o incluso nuevos proyectos, convirtiendo las proyecciones en ramificaciones más que en algo lineal. Espero que este proyecto cobre vida propia, más allá de lo que pueda yo proyectar y acabe en resultados que en este momento ni siquiera pueda imaginar.



8

REFERENCIAS

1. Anderson, C. (2012). *Makers: the new industrial revolution*. New York, NY: Crown.
2. Creative Commons. (n.d.). *Creative Commons*. Retrieved June 21, 2018, from <https://creativecommons.org/>
3. Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creatividad. El flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
4. De Bono, E (1994). *El pensamiento creativo: el poder del pensamiento lateral para la creación de nuevas ideas*. Barcelona, España: Paidós.
5. Dias, R., & Smith, A. (2018). *Making in Brazil: Can we make it work for social inclusion?*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/326849900_Making_in_Brazil_Can_we_make_it_work_for_social_inclusion
6. Dutrénit, G. (2017). *El movimiento Maker y los procesos de generación, transferencia y uso del conocimiento*, (Diciembre). <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2017.15.62588>
7. Gardner, H. (1987). *Arte, mente y cerebro: una aproximación cognitiva a la creatividad*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
8. Gauntlett, D. (2011). *Making is Connecting: the Social Meaning of Creativity, from DIY and Knitting to YouTube and Web 2.0*. Cambridge: Polity Press
9. Gershenfeld, N. (2005). *FAB: the coming revolution on your desktop: from personal computers to personal fabrication*. Cambridge, MA: Basic books.
10. Goleman, D. (2000). *El espíritu creativo: La revolución de la creatividad y cómo aplicarla a todas las actividades humanas*. Capital federal, Argentina: Ediciones B.
11. Kohtala, C. (2017). *Making “ Making ” Critical : How Sustainability is Constituted in Fab Lab Ideology*. *The Design Journal*, 20(3), 375–394. <https://doi.org/10.1080/14606925.2016.1261504>
12. Leski, K. (2015). *The storm of creativity*. Cambridge, MA: MIT Press.
13. Lessig, L., Córdoba, A., & Álvarez, D. (2005). *Cultura libre. Cómo los grandes medios usan la tecnología y las leyes para encerrar la cultura y controlar la creatividad*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
14. Maeda, J. (2006). *Las leyes de la simplicidad*. Barcelona, España: Gedisa.
15. Make. (2012). *Maker Market Study. An In-depth Profile of Makers at the Forefront of Hardware Innovation*. Recuperado de http://www.nyu.edu/social-entrepreneurship/speaker_series/pdf/Maker%20Market%20Study%20FINAL.pdf
16. Manzini, E. (2015). *Design, When Everybody Designs. An Introduction to Design for Social Innovation*. Cambridge, MA: MIT Press.
17. Munari, B. (1983). *Cómo nacen los objetos*. Barcelona, España: Gustavo Gili

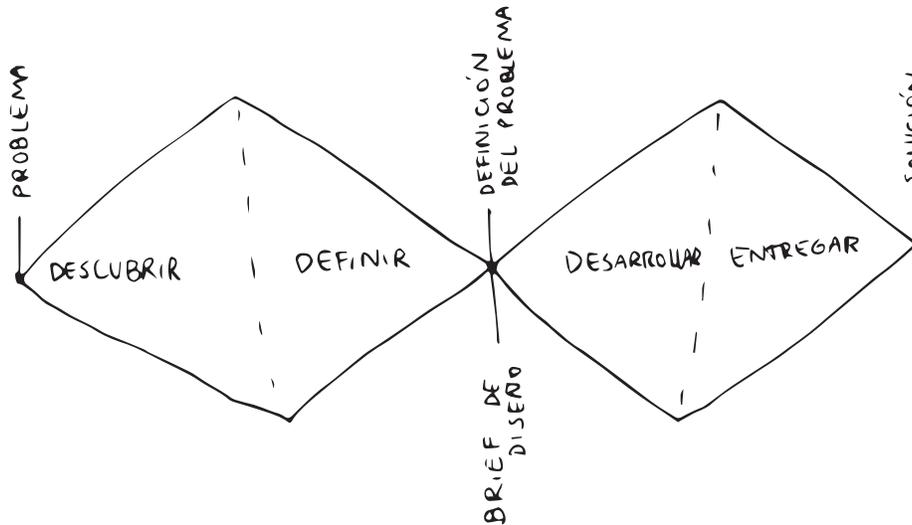
18. Potter, N. (1999). *Qué es un diseñador: objetos, lugares, mensajes*. Barcelona, España: Paidós.
19. Radboud University. (2015). *Self-production Economy* . Retrieved June 21, 2018, from <http://weconomyindex.ruhosting.nl/what-is-the-weconomy/the-self-productive-economy>
20. Ratto, M., & Boler, M. (2014). *DIY citizenship: critical making and social media*. Cambridge, MA: MIT Press.
21. Red de chilena de plataformas de fabricación digital (n.d.) *Red de chilena de plataformas de fabricación digital*. Recuperado de <http://fabricaciondigital.cl/red-de-plataformas/>
22. Resnick, M. (2017). *Lifelong Kindergarten: cultivating creativity through projects, passion, peers and play*. Cambridge, MA: MIT Press.
23. Rhode Island School of Design (2013). *The art of critical making*. New Jersey, NJ: Wiley.
24. Rifkin, J. (2011) *The third industrial revolution. How lateral power is transforming energy the economy and the world*. New York: Palgrave MacMillan
25. Rodríguez, M. (1989). *Manual de la creatividad: los procesos psíquicos y el desarrollo*. México: Trillas.
26. Stallman, R. M. (2004). *Software libre para una sociedad libre*. Recuperado de https://www.gnu.org/philosophy/fsfs/free_software.es.pdf https://radioslibres.net/media/uploads/documentos/richard_stallman_-_software_libre_para_una_sociedad_libre.pdf
27. Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile. (2017). *Encuesta de Acceso y Usos de Internet (IX)*. Recuperado de https://www.subtel.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/Informe_Final_IX_Encuesta_Acceso_y_Usos_Internet_2017.pdf
28. Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile. (2018). *Sector telecomunicaciones primer trimestre 2018*. Recuperado de https://www.subtel.gob.cl/wp-content/uploads/2018/06/PPT_Series_MARZO_2018_V2.pdf
29. Toffler, A. (1980). *La Tercera Ola*. Bantam books
30. Toombs, A., Bardzell, S., & Bardzell, J. (2014) *Becoming Makers: Hackerspace Member Habits, Values, and Identities*. *Journal of Peer Production* (5). Recuperado de <http://peerproduction.net/editsuite/issues/issue-5-shared-machine-shops/peer-reviewed-articles/becoming-makers-hackerspace-member-habits-values-and-identities/>
31. Troxler, P., & Wolf, P. (2010). *Bending the rules: The Fab Lab innovation ecology*. (September), 5-7

9

ANEXOS

METODOLOGÍA: DOBLE DIAMANTE

En base a lo planteado en design consul fuente:
<https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-process-what-double-diamond>



100

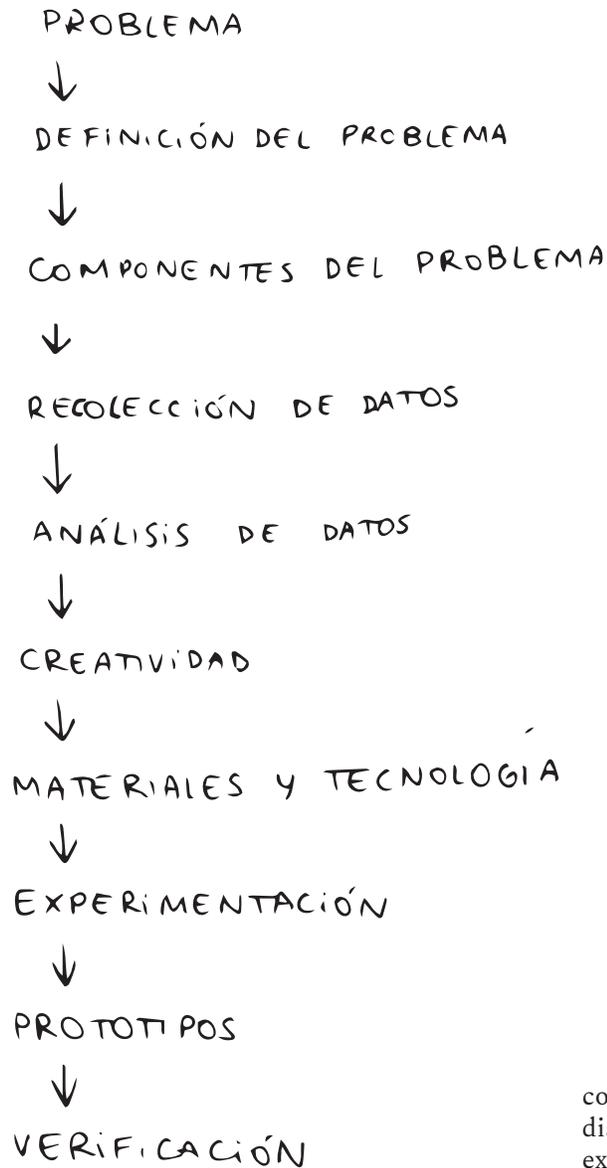
El doble diamante es una representación de un proceso creativo en el cual convergen y divergen ideas.

En este proceso, se utiliza un pensamiento divergente para explorar el problema, y luego el pensamiento convergente para definirlo. Tras el primer diamante se obtiene el brief del problema, que es parte fundamental del proceso si se quiere solucionar problemas reales. Luego en el segundo diamante se vuelve a usar el pensamiento divergente para encontrar la mayor cantidad de soluciones posibles, para luego afinar hasta llegar a la solución final.

Es un proceso iterativo, por lo que las ideas se desarrollan, prueban y refinan varias veces.

METODOLOGÍA: BRUNO MUNARI

Basado en el libro *Cómo nacen los objetos* de Bruno Munari



101

Bruno Munari define el método proyectual como una serie de operaciones necesarias, dispuestas en un orden lógico dictado por la experiencia. Sin embargo, no es algo absoluto ni rígido, sino más bien un camino propuesto.

El proceso también es iterativo, pues la verificación entrega información para rediseñar, volviendo a un paso anterior según sea necesario.

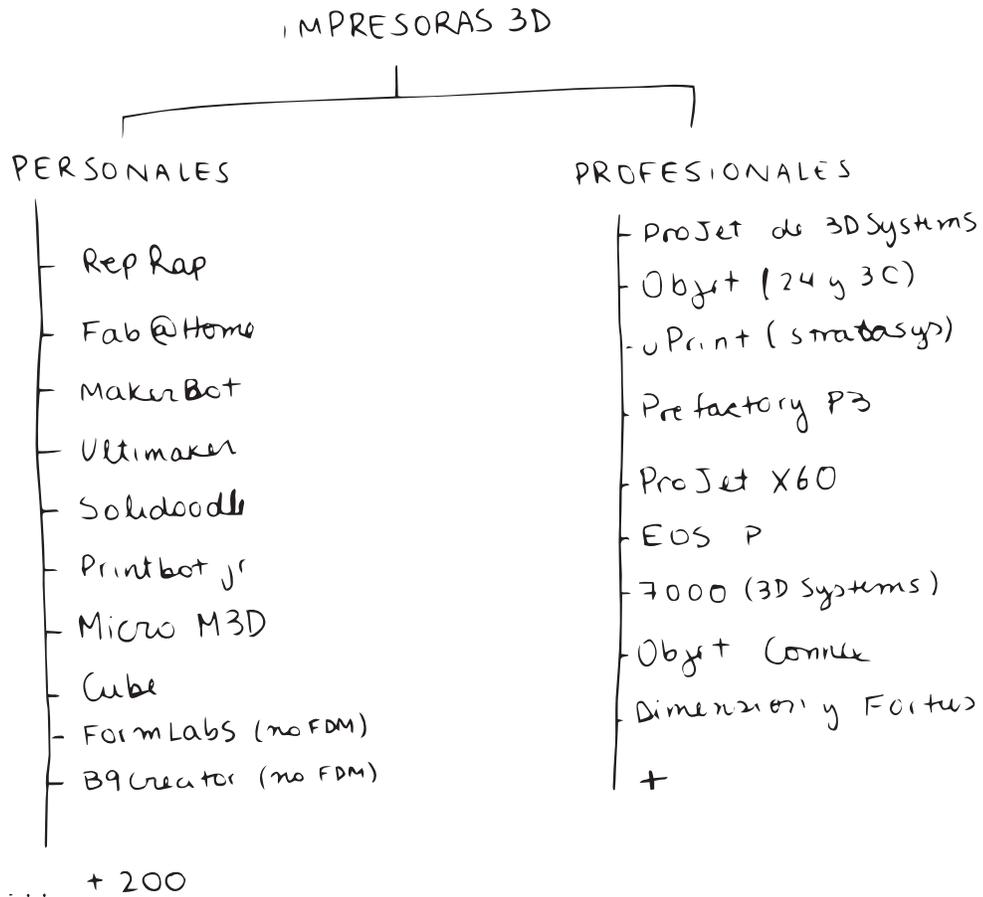
TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN 3D

Basado en el libro *La impresión 3D* de Mathilde Berchon y Bertier Luyt

- ESTEREO LITOGRAFÍA
Solidificación de un líquido mediante un rayo láser
- PROCESO DLP
del proyector al objeto sólido
- POLYJET
impresión multimaterial
- ZPP
impresión a escala nanoscópica
- FUSIÓN DE LECHOS DE POLVO
fusión de partículas mediante un láser
- E-BEAM
fusión de metal con un láser de electrones
- ZDP
impresión policroma
- EXTRUSIÓN DE MATERIAL
técnica FDM
- ENCOLADO DE PAPEL
técnica SDL

TIPOS DE IMPRESORAS 3D

Basado en el libro *La impresión 3D* de Mathilde Berchon y Bertier Luyt

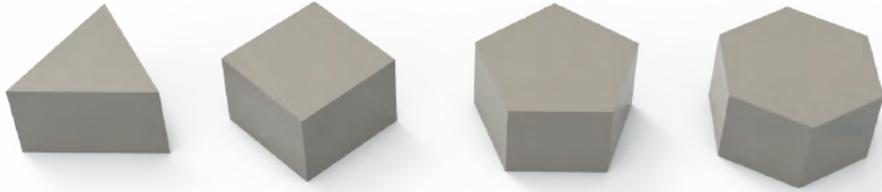


OTROS TIPOS DE IMPRESORAS

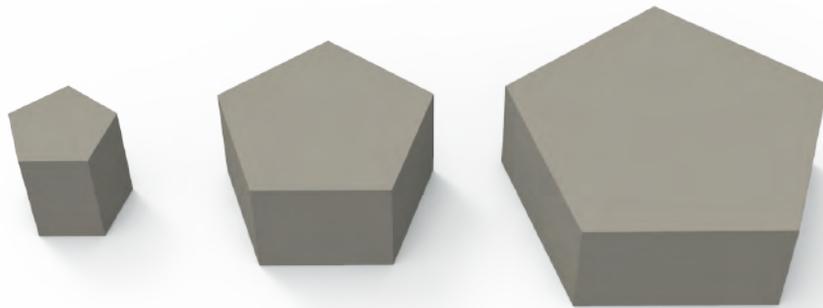
- de materia alimentaria
- para odontología
- de joyería
- de metal
- de circuito electrónico

CAMBIOS EN LAS VARIABLES: VISUALIZACIONES

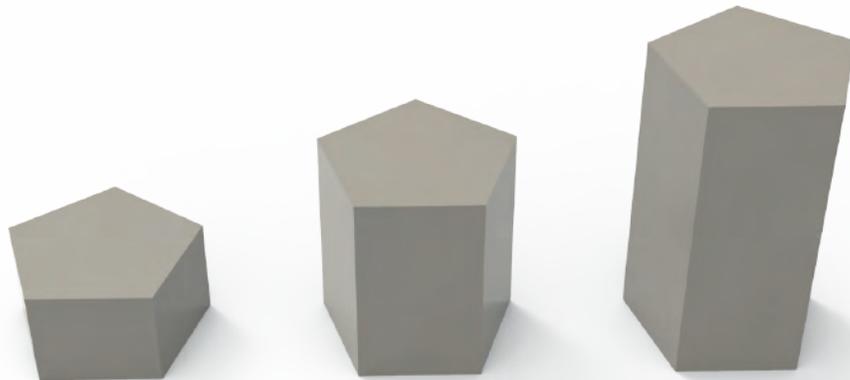
Cambios en n con s y h constantes



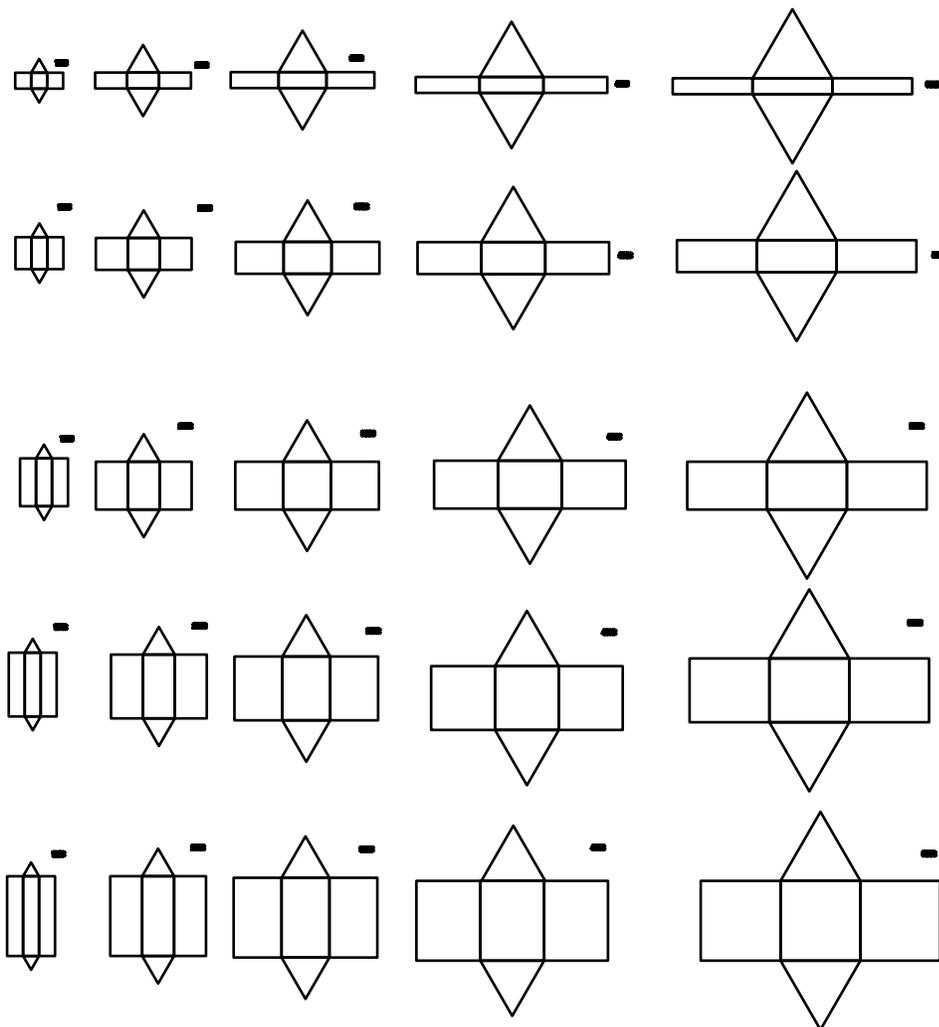
Cambios en s con n y h constantes

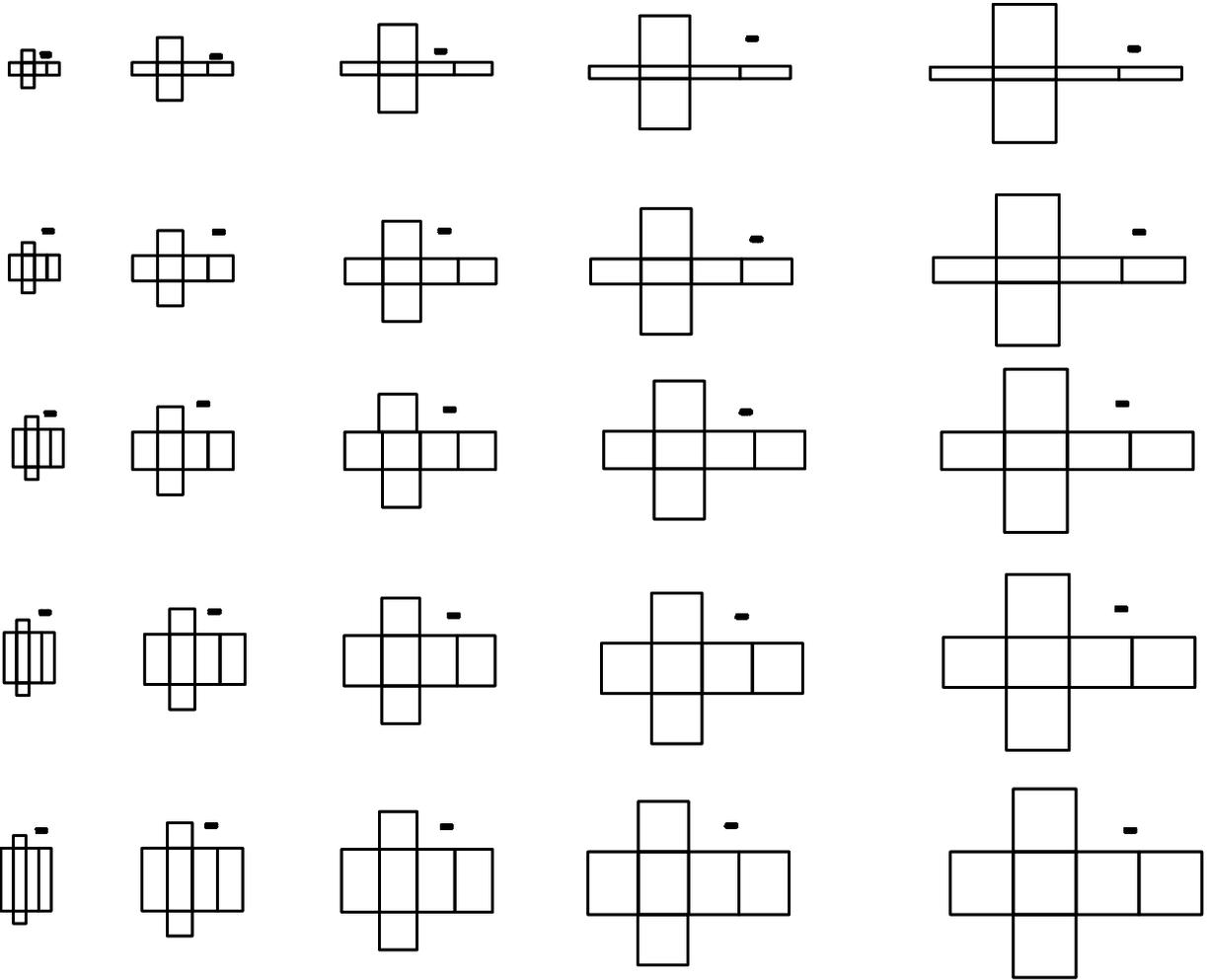


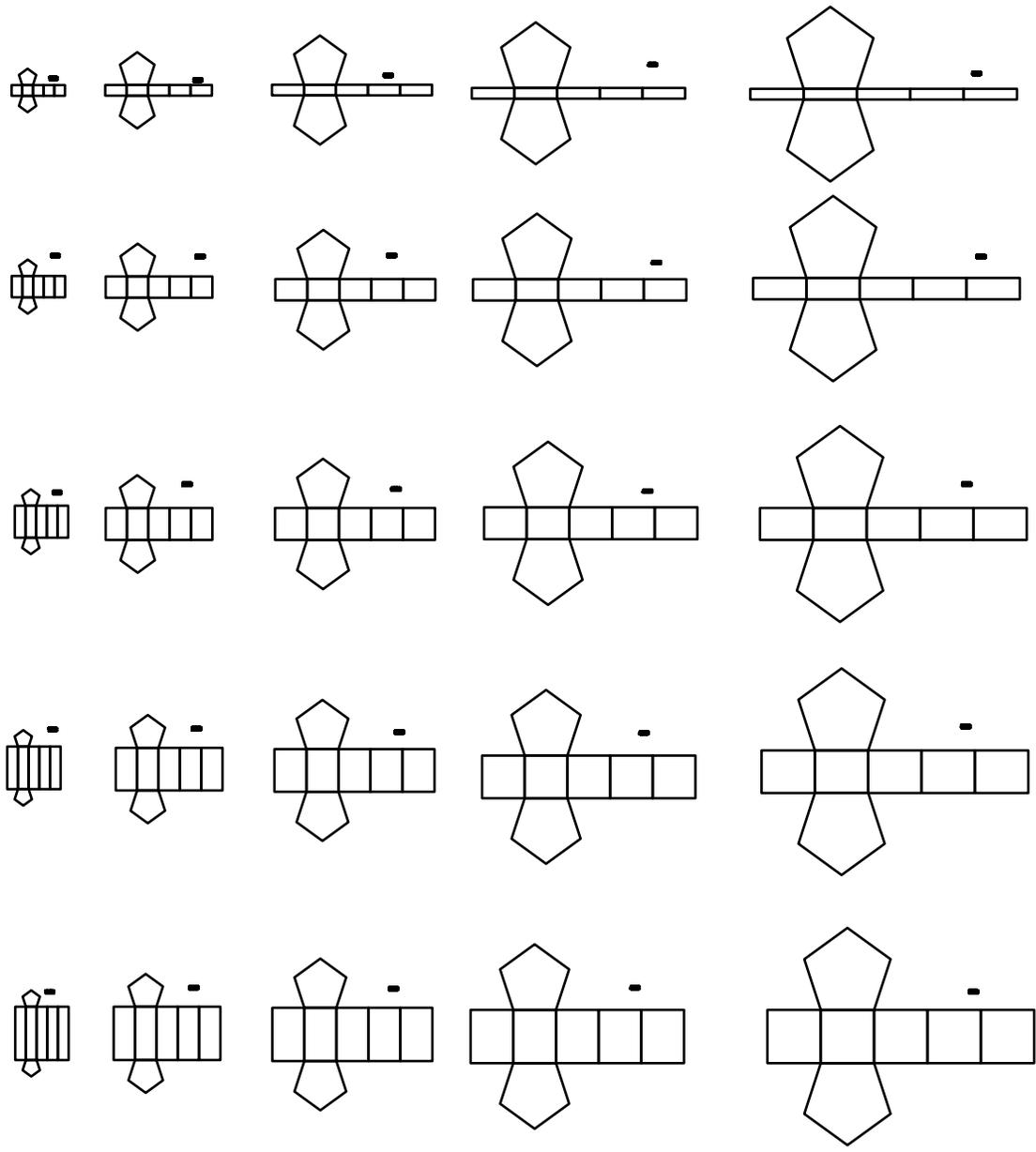
Cambios en h con n y s constantes

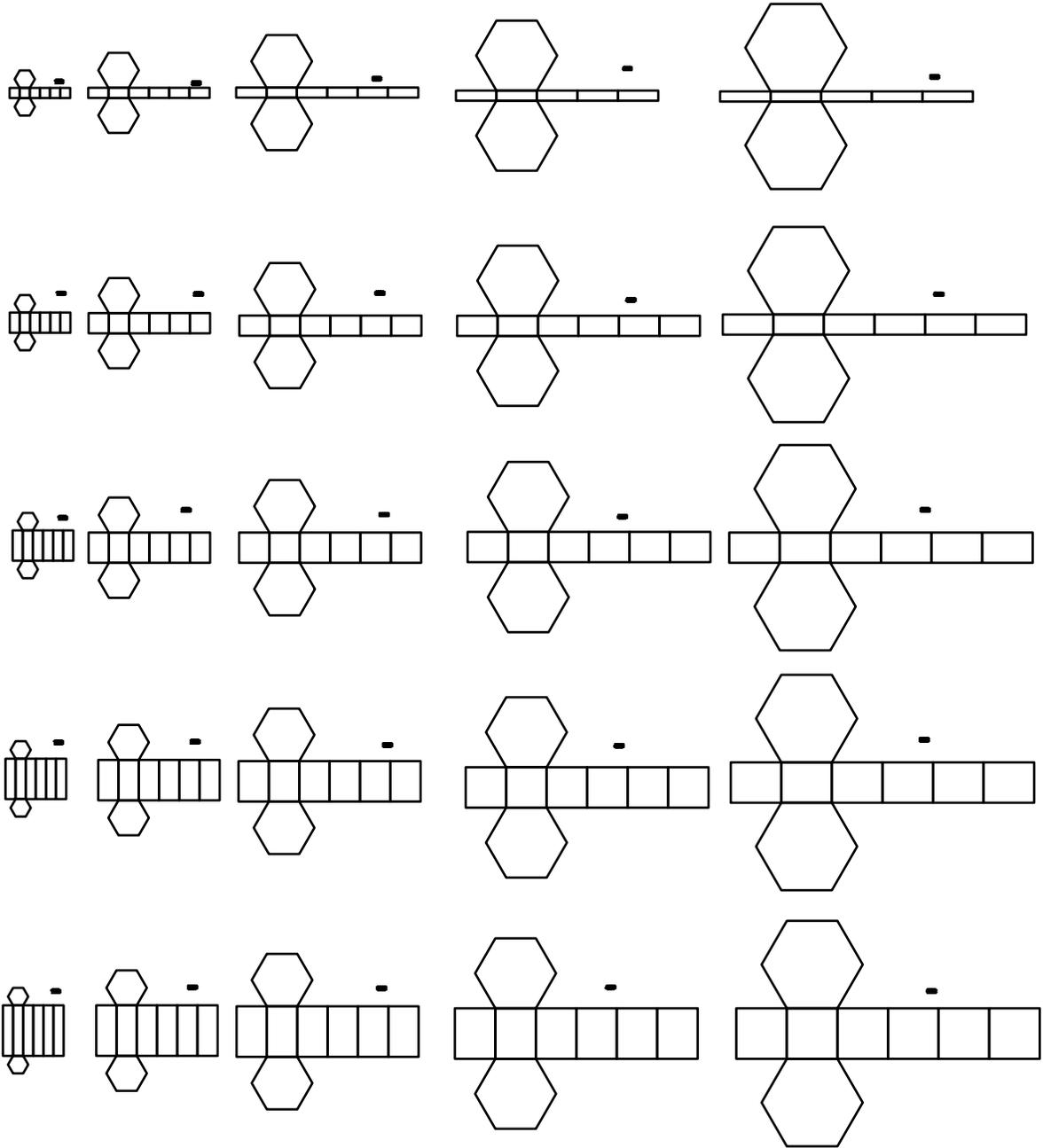


CAMBIOS EN LAS VARIABLES: DESARROLLOS GEOMÉTRICOS

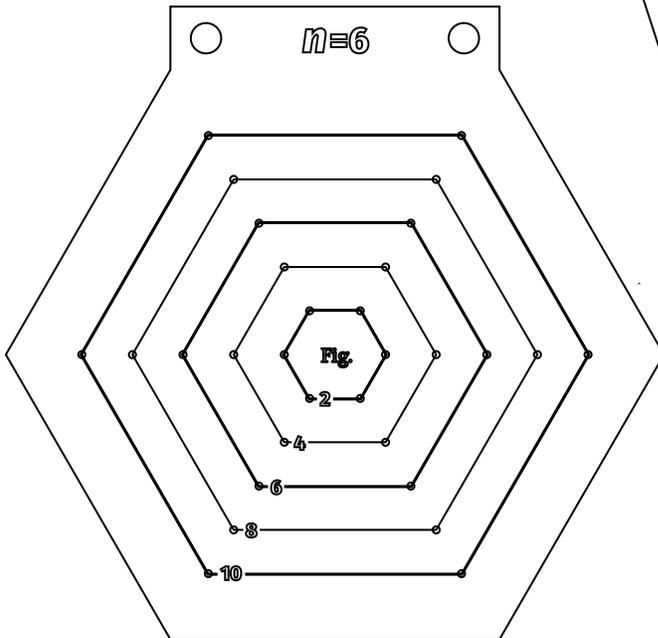
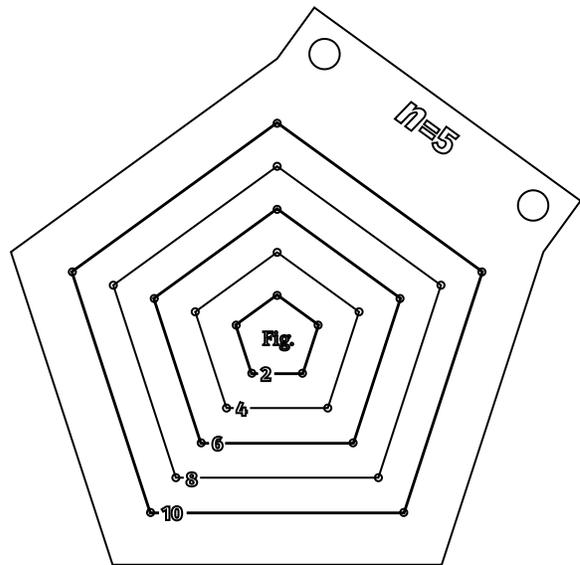
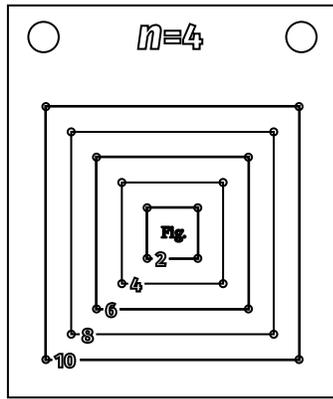
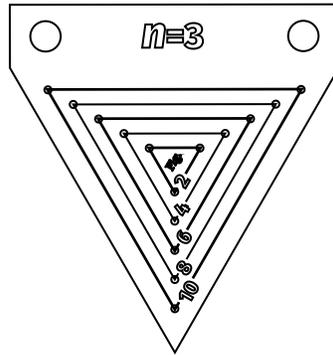








LAYOUT PLANTILLAS

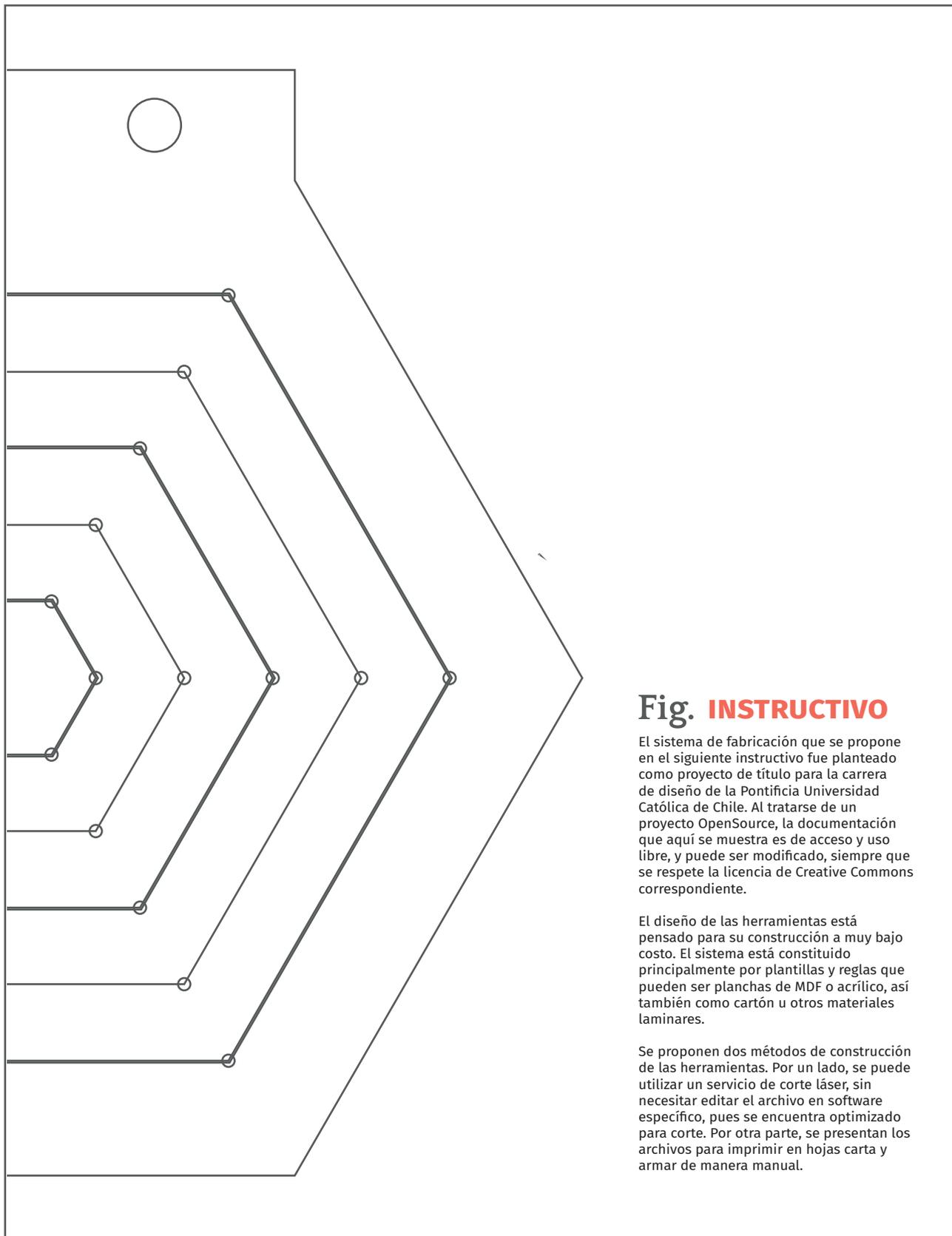


RESULTADOS DEL TESTEO

Nombre	Edad	Ocupación	Has fabricado antes por tí mismo	Conoces acerca de fabricación digital	Variables primer uso	Tiempo primer uso
Romina	26	Estudiante	Sí, siempre que veo aros y collares que me gustan me los hago, también me he hecho mitones y un pareo. Siempre me gusta hacerme cosas que no quiero comprarme.	He escuchado pero nunca la he usado	n=4 s=6 h=6	16 minutos
Mónica	68	-	Me he hecho ropa muchas veces, y a mis hijos también les hice. Me gusta coser, y cuando mis hijos eran chicos los ayudaba con las manualidades	No	n=6 s=4 h=4	14 minutos
Mauricio	25	Estudiante	No	Conozco un poco de solidworks, y una vez imprimí algo en 3D pero no lo modelé, era para un ramo que trabajamos con sensores en una mano articulada	n=3 s=4 h=4	24 minutos
Rafael	53	Ingeniero	He hecho muebles y algunas reparaciones en general, ¿Cuentan?	Nunca he usado pero he visto	n=5 s=6 h=8	13 minutos
Stefano	24	-	Ropa (intervenida), cuadros, construí un mesón de trabajo, una escultura y un par de reparaciones	Sí, he impreso en 3D en la universidad	n=6 s=4 h=6	23 minutos
Alejandra	30	Consultora	Collares, aros y cosas de ese estilo. He intervenido ropa	No	n=4 s=6 h=6	19 minutos

Variables segundo uso	Tiempo segundo uso	Delta	Qué usos le ves a la herramienta	Comentarios del sistema
n=5 s=4 h=4	14 minutos	2 minutos	Me imagino que se pueden hacer maceteros, la verdad es que hace rato quiero hacerme unos y siento que esto facilita mucho esa tarea. Se me ocurren demasiadas cosas, siento que mientras lo vas haciendo se te van ocurriendo cosas	Encuentro que el sistema es muy simple pero entretenido, es fácil de usar y se pueden hacer muchas cosas.
n=5 s=6 h=2	10 minutos	4 minutos	Me gustaría usarla para preparar una comida, los moldes hexagonales o triangulares se salen de lo común que es el redondo, quizás para un arroz o un tartar. También podría ser uno rectangular muy largo. Quizás podría servir para algunos moldes de costura, usar las mismas plantillas pero sin volúmen, por ejemplo un bolsillo con tapeta hexagonal. Si las herramientas fueran más grandes podrías incluso hacer mobiliario, quizás la cubierta de una mesa, o algo que se ensamble. También me imagino maceteros y fuentes con tapa.	Me gustó mucho esta parte, encuentro que es entretenido y se me ocurren muchas cosas que hacer con esto.
n=5 s=6 h=8	17 minutos	7 minutos	No se me ocurren en este momento	Encuentro que las instrucciones son un poco confusas, y el proceso es un poco lento, pero dentro de todo es fácil de usar.
* hace una pirámide de base cuadrada (n=6), y lados triangulares (s=4, h=10).	9 minutos	No aplica	Más que nada usos decorativos, creo que es bastante versátil en lo que permite hacer	Creo que hay mucha riqueza en la mezcla de las figuras. Las primeras veces no es evidente, pero a medida que uno las va descubriendo se van inventando cosas. Las instrucciones en verdad las leí una vez y nunca más porque basta con entender lo que se está haciendo
n=4 s=2 h=6	17 minutos	6 minutos	Bloques de construcción u otros juguetes para niños, pero también me imagino que podría usarse en colegios cuando los niños están aprendiendo de geometría, cómo se forman las formas y los objetos. También me lo imagino con comida, un timbal o un pastel. Quizás sirva con metal, marcando lo mismo y después soldarlo	Es interesante la propuesta y muy fácil de usar, quizás me gustaría que estuviese explicado qué es cada variable para que estuviera más enfocado en el aprendizaje. Las instrucciones son un poco confusas la primera vez porque uno trata de leerlas todas de una
n=5 s=6 h=6	14 minutos	5 minutos	Para hacer manualidades pero más pro, quizás unos jabones, velas, maceteros. Podrías hacer regalos y cosas decorativas	Al principio me costó un poco entenderlo pero ya desde la segunda vez se me hizo más fácil. En realidad no es difícil de usar, solo que al principio uno no sabe qué esperar.

INSTRUCTIVO



112

Fig. INSTRUCTIVO

El sistema de fabricación que se propone en el siguiente instructivo fue planteado como proyecto de título para la carrera de diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Al tratarse de un proyecto OpenSource, la documentación que aquí se muestra es de acceso y uso libre, y puede ser modificado, siempre que se respete la licencia de Creative Commons correspondiente.

El diseño de las herramientas está pensado para su construcción a muy bajo costo. El sistema está constituido principalmente por plantillas y reglas que pueden ser planchas de MDF o acrílico, así también como cartón u otros materiales laminados.

Se proponen dos métodos de construcción de las herramientas. Por un lado, se puede utilizar un servicio de corte láser, sin necesidad de editar el archivo en software específico, pues se encuentra optimizado para corte. Por otra parte, se presentan los archivos para imprimir en hojas carta y armar de manera manual.

2018

El siguiente documento fue redactado por Catalina Lagos para la escuela de Diseño, facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

cplagos2@uc.cl

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-CompartirIgual v3.0 Chile (CC BY-SA 3.0 CL)



CONTENIDOS	Fig.	04
	Componentes	04
	Materiales	05
	Documentos	07
	Procedimientos preliminares	10
	Construcción	14

Fig.

Este proyecto busca ampliar el alcance de la fabricación personal a usuarios que no necesariamente cuentan con la suficiente alfabetización tecnológica para acceder a las herramientas de fabricación digital (impresoras 3D, cortadoras láser y máquinas CNC router). Debido a que la utilización de softwares específicos tanto para el diseño de objetos, como para el funcionamiento de las máquinas mencionadas, actúa como limitante para que personas creativas pero con bajo conocimiento técnico puedan beneficiarse de la fabricación personal.

Fig. es un sistema analógico para el diseño y fabricación personal de productos, que permite la materialización de ideas. Utiliza el diseño paramétrico para la estandarización de procesos productivos.

Las herramientas de Fig. consisten principalmente en plantillas y reglas principalmente para la fabricación de prismas. Sin embargo, los algoritmos planteados para la generación de estos prismas son sólo la base, dado que las mismas herramientas pueden ser «hackeadas» para generar otras geometrías, así también como mezclar prismas para generar objetos más complejos.

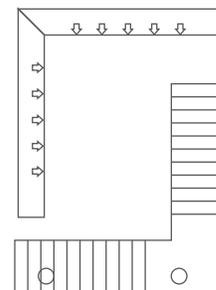
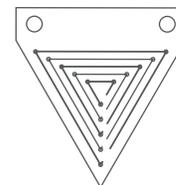
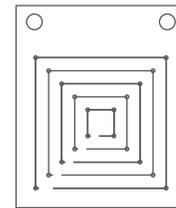
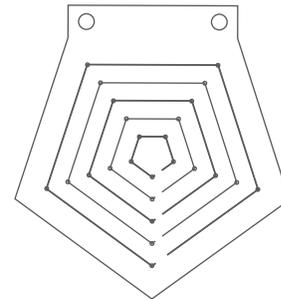
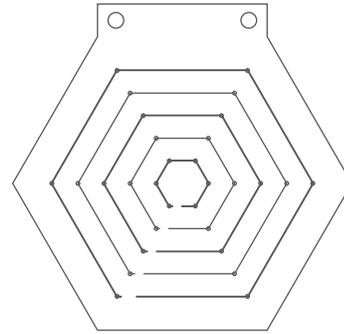
COMPONENTES

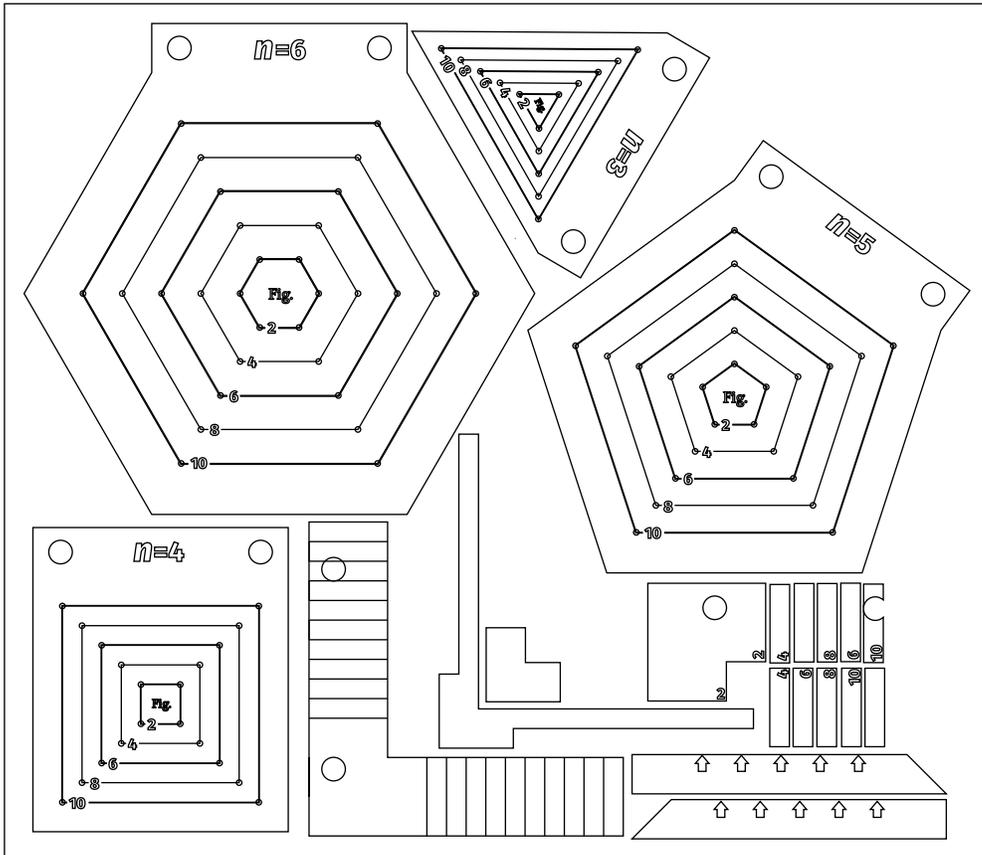
Los prismas regulares están conformados por dos bases poligonales y todos sus demás lados rectangulares. De modo que cada uno de ellos se conforma de 3 variables: número de lados (n), largo de la arista (s), y altura (h). Y son las distintas configuraciones de estas 3 variables lo que genera prismas distintos.

Fig. está compuesto por plantillas y reglas. Cada plantilla representa un valor de n (3, 4, 5 o 6), y permite dibujar polígonos de distinto largo de arista.

Por otra parte, las reglas se ajustan para dibujar las caras rectangulares o cuadradas del prisma (según las variables s y h).

El sistema entonces consiste en las 4 plantillas, 2 reglas «L», y las instrucciones.





MATERIALES

Todas las piezas a ser cortadas caben en una plancha de 450x550mm de algún material laminar.

Si se desea trabajar manualmente, es recomendable utilizar cartón piedra de 1,2mm o 1,5mm, ya que permite ser cortado más fácilmente.

Si se tiene acceso a un servicio de corte láser, se recomienda trabajar con MDF de 3mm de espesor, o acrílico de 2mm o 3mm.

DOCUMENTOS

Los links de descarga de los archivos se encuentran disponibles para cualquier usuario

FIG para corte láser (Ai)

bit.ly/2SlxL9I

FIG para corte láser (SVG)

bit.ly/2PH6VzW

FIG para impresión (PDF)

bit.ly/2SDYjIj

PROCEDIMIENTOS PRELIMINARES

Corte láser

Si se dispone de un servicio de corte láser es necesario descargar los archivos de corte. Se encuentran en dos extensiones distintas .ai y .svg, según los requerimientos del proveedor del corte.

Una vez descargados los archivos se envían al servicio de corte, indicando que las líneas rojas corresponden a corte y las verdes a grabado, además de seleccionar el material para cortar.

Impresión en hojas tamaño carta

Para generar las herramientas de forma manual se imprimen los archivos .pdf en hojas tamaño carta. Es importante no modificar la escala al momento de imprimir sino mantener el tamaño real.

Una vez impreso se recortan los contornos de las figuras y se pegan sobre el cartón, para ser recortados con cortacartón.

Se sugiere perforar los círculos con un punzón o una broca pequeña.

Si se construyen las plantillas a mano es necesario realizar perforaciones en las intersecciones de las líneas. Con una broca de 3mm y un taladro es suficiente, pero sino se puede usar un punzón. Las perforaciones de arriba no son necesarias salvo que se quieran colgar para su almacenamiento.

