



Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

CÁNULA DE SUCCIÓN PLOCARE

Rediseño instrumental quirúrgico de neurocirugía



Memoria para optar al Título de Diseñadora Industrial

FRANCISCA PAZ HERRERA ALLENDES

Prof. Guía Lorna Lares

Santiago, Chile
2020

A mis padres por su amor incondicional, a mi profesora guía Lorna Lares por empujar mis límites y entregar su tiempo.

A mis amiguitos, porque sin su apoyo este proyecto y mi salud mental no hubiera sido posible; Felipe, Daryl, Alexandra, Daniela y Camila, los quiero un montón.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Abstract	7
Introducción	8
1.1 Problemática	10
1.1.1 Objetivos	11
1.2 Metodología	12
1.3 Tetraedro de la investigación	13
Marco Teórico	
2. Neurocirugía	15
2.1. Quirófano	17
2.1.1 Proceso de cirugía	19
2.2 Cánula de aspiración	21
2.2.1 Componentes del sistema de aspiración	22
2.2.2 Historia	23
2.2.3 Fabricación	24
2.2.4 Obtención de la cánula de aspiración	25
2.2.5 Esterilización	26
2.3 Actividad	28
2.3.1 Uso de la cánula de succión	29
2.3.1.1 Análisis de contacto de mano con cánula de aspiración	31
2.3.1.2 Análisis relación cuerpo y cánula	33
2.3.2 Experiencia de uso	36

2.3.2.1	Uso de la cánula de aspiración en cirugía de tumores	37
3.	Estado del arte	38
3.1	Modelos	39
4.	Oportunidad de diseño	40
4.1	Requerimientos de diseño	41
Proceso de Diseño		
5.1	Árbol de objetivos	44
5.2	Referentes preliminares	46
5.3	Conceptualización	48
5.4	Génesis formal	52
5.4.1	Desarrollo propuesta retráctil	55
5.5	Desarrollo de prototipos	56
5.5.1	Cánula con elemento retráctil	59
5.5.1.1	Análisis ergonómico	60
5.5.2	Desarrollo válvula.	62
5.5.2.1	Oclusión	64
5.5.2.2	Parametrización de la propuesta	65
5.5.3	Impresión 3D	67
5.6	Evaluación	70
5.6.1	Evaluación asir	71
5.6.2	Evaluación usuario	73
5.7	Modificaciones	74

Diseño Final

6. Cánula Plicare	76
6.1 Despiece	80
6.1.1 Válvula	81
6.1.2 Pieza retráctil	82
6.1.3 Cuerpo tubular	83
6.2 Producción	84
6.2.1 Manufactura	85
6.2.2 Costos manufactura	86
6.2.3 Planimetría	87
6.3 Comparación Morfológica	92
6.4 Fotomontaje	94

Proyecciones y Conclusiones

Proyecciones de la cánula de succión Plicare	96
Glosario	100
Bibliografía	102
Anexos	105

El presente proyecto versa sobre el rediseño de una cánula de succión utilizada en neurocirugías para procedimientos de cráneo y encéfalo, con el propósito de mejorar la higiene postural del usuario al utilizar el instrumental, específicamente respecto del pulgar y la muñeca. El re-diseño consta de la modificación de la válvula y de la adición de un tercer elemento que entrega movimiento articulado a la cánula.

La metodología constó de un levantamiento teórico donde se identificaron las problemáticas del uso de la cánula de succión. Se realizó una observación en primera persona de neurocirugías, entrevistas a los profesionales pertinentes y revisión bibliográfica sobre el tema. El proceso de diseño se llevó a cabo a través de la metodología de búsqueda de referentes, conceptualización, elaboración de propuesta y prototipos.

El resultado del proyecto fue una cánula adaptable que disminuye la incidencia de trastornos musculoesqueléticos con su uso. La validación se realizó con pruebas de asir y por el usuario principal de la cánula.

PALABRAS CLAVE: *cánula de succión, neurocirugía, higiene postural, adaptabilidad.*

Abstract



Introducción

La presente investigación nace con el propósito de integrar el diseño industrial con la medicina. Específicamente para facilitar el trabajo del segundo cirujano mediante la optimización de la cánula de aspiración, herramienta más utilizada en una cirugía abierta, en el contexto de un pabellón de neurocirugía de cráneo.

La cánula de succión o aspiración es un instrumental utilizado en neurocirugía y tiene el objetivo principal de “limpiar el campo quirúrgico y mejorar la visualización de estructuras anatómicas” (Dujovny, 2018) además cumple con otras funciones como realizar “retracción y disección del cerebro, nervios craneales, aneurismas y tumores cerebrales” (Rahmanian, 2017).

El uso del instrumental se realiza comúnmente con “la mano izquierda de un usuario diestro” (Rahmanian, 2017) y su usuario principal es el segundo cirujano o cirujano ayudante, “es quien ayuda al primero a realizar la cirugía por lo que las actividades que más realiza es irrigar, secar y aspirar para mantener el campo visual limpio. El segundo cirujano se debe adaptar al primero para no interferir con la actividad principal del procedimiento” (Bocic, 2019).

El cirujano ayudante, habitualmente un becado de neurocirugía, “es un médico general que está realizando su especialización, está aprendiendo sobre la neurocirugía trabajando en un hospital y participando en cirugías activamente” (Bocic, 2019), esto significa que el becado es un profe-

sional que se está familiarizando en realizar cirugías mientras interviene en una lesión expuesta.

Otros usuarios que utilizan la cánula de aspiración son; el cirujano principal, que “cumple toda la función ejecutiva de la cirugía” (Bocic, 2019). Y dentro de los usuarios secundarios se encuentran; la arsenalera, que es “la que se desempeña como instrumentalista quirúrgico de pabellón, (...) participa activamente como asistente directo del cirujano (Instituto AIEP, s.f.)” y los técnicos de esterilización, “quienes se aseguran de que los dispositivos médicos reutilizables (incluyendo los instrumentos quirúrgicos) sean estériles” (Instituto AIEP, s.f.).

1.1 Problemática



En el análisis de uso principal se observó que el cirujano ocupa la cánula en distintas posiciones para poder aspirar de una forma correcta. Algunas de estas posiciones resultan contraproducentes para la salud del cerebro y del usuario debido a que el médico cirujano se ve impedido de descansar la mano correctamente al utilizar el instrumental y a la vez de hacer movimientos delicados ya que estos movimientos involucran el hombro, codo y muñeca. Para solucionar este problema, hoy en día médicos doblan la cánula para su comodidad dañando el instrumental.

Por otro lado, debido a que la cánula es un instrumento muy fino, la punta de esta puede romperse al utilizarla por falta de cuidado por parte de algunos de los usuarios. Esto provoca que el instrumental completo quede deshabilitado y sea enviado a reparación, por ende, se considera que existe cierta complejidad en la sustitución de piezas en la cánula de aspiración, ya que su forma no permite un uso correcto para sus usuarios.



1.1.1 Objetivo general

Desarrollar un nuevo modelo de cánula de succión para la neurocirugía cerebral abierta con relación a su asir y control del instrumental por parte del neurocirujano.

Objetivos específicos

1. Desarrollar un vínculo que permita 3 posiciones de uso para mejorar la higiene postural del médico en neurocirugía al momento de ocupar la cánula de succión.
2. Elaborar una zona de agarre que disminuya la hiperflexión del pulgar para disminuir la posibilidad de trastornos musculoesqueléticos locales.
3. Definir un sistema modular que permita el intercambio de piezas y la reparabilidad.

1.2 Metodología

	Propósito	Actividades
Fase 1 Marco teórico	Investigación sobre la cánula de succión a través de revisión bibliográfica y observación del campo por visitas a cirugías y entrevistas a profesionales especializados	Levantamiento de información de antecedentes, contexto, análisis de uso y morfológico junto con el desarrollo del estado del arte
Fase 2 Proceso de diseño	Desarrollo conceptual y elección de referentes. Se realiza una primera propuesta morfológica junto con su validación	Exploración morfológica, desarrollo de prototipos analíticos y físicos, análisis de uso de la propuesta, pruebas de asir y validación con el usuario
Fase 3 Propuesta final	Desarrollo de propuesta final junto con sus detalles técnicos, proceso de producción a seguir y costos asociados.	Se determina forma final a través de resultados de las pruebas realizadas, se realiza planimetría, renders, costos de producción y proyección de prototipo alfa
Conclusiones y proyecciones finales		

FIGURA 1. Metodología de la investigación. Elaboración propia.

1.3 Tetraedro de la investigación

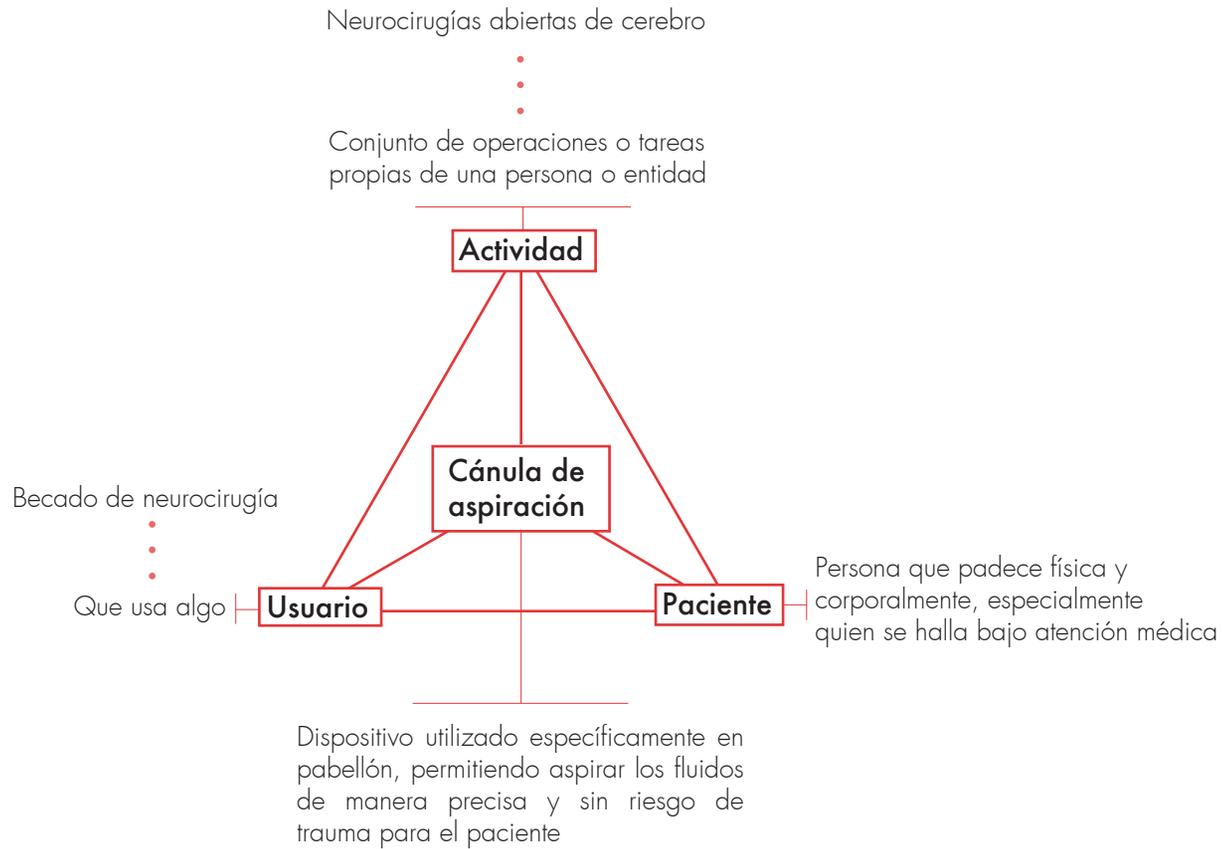


FIGURA 2. Tetraedro de la investigación con palabras clave. Elaboración propia.



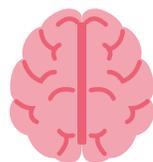
Marco Teórico

2. Neurocirugía

La neurocirugía es una especialidad primaria que imparten las universidades para que médicos generales realicen su especialización, tiene una duración de 4 años y se enfoca en “el tratamiento de malformaciones vasculares, tumores, malformaciones congénitas del cerebro y la medula. Además, incluye la patología degenerativa de la columna vertebral y los traumatismos craneales y vertebrales”.
(Hospital clínico Universidad de Chile, s.f.)

Tiene importancia en el sistema de salud nacional “ya que las enfermedades del sistema nervioso central presentan muchas veces patologías de riesgo vital o que amenazan con producir secuelas si el tratamiento no es oportuno” (Pontificia Universidad Católica de Chile, s.f.)

Las enfermedades que trata están enfocadas en el cerebro, columna y en el sistema nervioso periférico. A continuación, se muestra un listado de enfermedades según parte del cuerpo:



Cerebro

Tumores

Gliomas, meningiomas, schwannomas, tumores de fosa posterior, tumores de hipófisis y craneofaringiomas

Hemorragia e infarto

Aneurismas, malformación arteriovenosa, angioma cavernoso, revascularización cerebral, hemorragia ventricular.

Neurocirugía funcional

Cirugía de epilepsia, estimulación cerebral profunda en enfermedad de Parkinson y distonia, manejo de dolor, estimulación medular, cirugía de movimientos anormales.

Enfermedades del niño recién nacido

Hidrocefalia, craneosinostosis, tumores cerebrales.

Traumatismo

Raquimedular y politraumatizado



Columna Vertebral

Enfermedades del niño

Disrafia espinal abierta y cerrada.

Enfermedades de la columna vertebral

Dolor lumbar, cervicobraquialgia, hernia de núcleo pulposo, estenorraquis, estenosis foraminial, espondilolistesis, tumores vertebrales y medulares, siringomielia y malformaciones de Chiari.



Sistema Nervioso Periférico

Cirugía de nervios periféricos y plexos

Compresiones, lesiones por traumatismo, tumores de nervios, injertos de nervios.

FIGURA 3. Listado de enfermedades según parte del cuerpo. Información recuperada de: <https://www.clinicalascondes.cl/CENTROS-YESPECIALIDADES/Especialidades/Neurocirugia/principales-cirugias>. Elaboración propia.

En Chile “el 85% de las neurocirugías son cirugías abiertas” (Carrasco, 2018), lo que significa que la mayoría de los procedimientos quirúrgicos son “cirugías tradicionales, donde a través de un corte realizado en la piel y los tejidos, se accede a las estructuras sobre las que se quiere trabajar. El cirujano trabaja sobre la lesión expuesta, pudiendo realizar las manipulaciones necesarias para solucionarla con una visión directa de la misma” (Columna y Traumatología, s.f.).

La mayoría de las cirugías de cerebro son de tumores de grado I ya que estos pueden ser resecaados y son de baja proliferación. “La incidencia total de tumores cerebrales primarios en Chile corresponde a 21.42 por 100000 habitantes, siendo de 5.42 por 100000 habitantes en pacientes entre 0 y 19 años y de 27.85 por 100000 en pacientes de 20 años y más.” (Contreras, 2017).

Por lo que el neurocirujano debe trabajar con el cerebro expuesto, órgano vital delicado que requiere la utilización de instrumental quirúrgico muy fino para poder realizar una operación lo menos invasiva posible.

“El instrumental más ocupado para este tipo de procedimiento es la cánula de aspiración o succión” (Vera, 2019) debido que al realizar la cirugía “continuamente se debe estar limpiando para poder mantener el campo visual despejado (Bocic, 2019)”.

2.1. Quirófano

Todas las neurocirugías son realizadas en un quirófano, “sala acondicionadas para poder realizar intervenciones quirúrgicas” (Quirófano, s.f.).

Sus características generales según www.quirofano.net, son:

- Está controlado geográfica, ambiental y bacteriológicamente y está restringido el flujo entrante y saliente de aire.
- Esta adyacente a la unidad de cuidados post anestesia y la unidad de cuidados intensivos quirúrgicos.
- La temperatura está controlada entre 20 y 24 grados Celsius.
- La humedad entre el 30 y 60%.

Los componentes del quirófano y su distribución junto con el sistema de aspiración de la cánula se muestran en la Figura 4.

Cabe destacar que en el layout hay dos tubos de aspiración debido a que se utilizan 2 cánulas de succión en neurocirugía, ya que si existe alguna problemática tal como una obstrucción o daño al instrumental este es más fácil y rápido de cambiar.

La relación entre estos insumos con los profesionales de salud es que “estos elementos o más bien sus cables suspendidos, obstaculizan o limitan la movilidad dentro del quirófano y pueden causar tropiezos o caídas en el personal sin mencionar que a menudo se ven obligados a flexionar sus miembros inferiores para elevarse sobre los mismos”. (Rey, 2013)

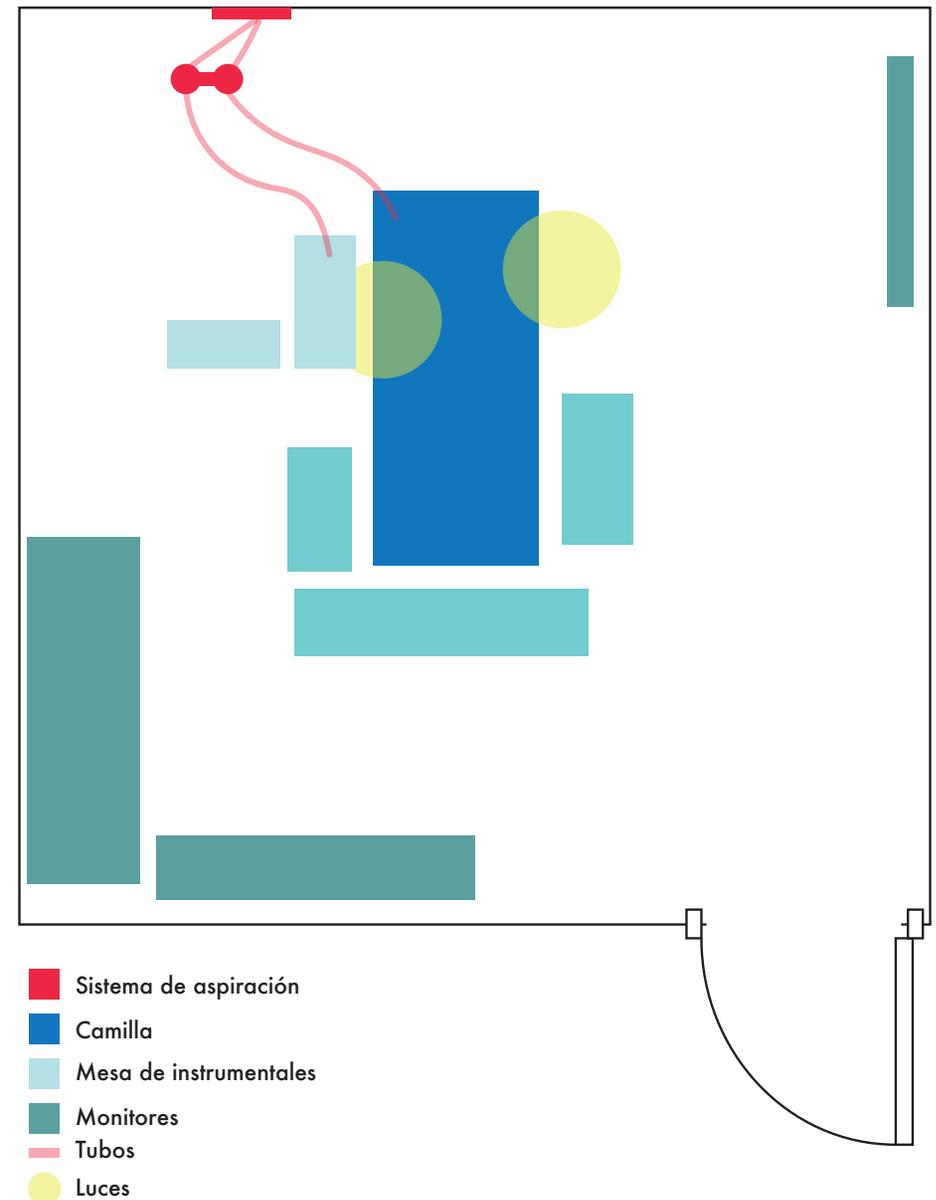


FIGURA 4. Layout quirófano. Elaboración propia.

EQUIPO PROFESIONAL: constituido por miembros del personal sanitario que asiste al cirujano durante el procedimiento. La cantidad de miembros del equipo varía según el tiempo quirúrgico y la complejidad de la cirugía que se realice. La mayoría de los equipos está constituido por el personal que se muestra a continuación, junto con su relación con la cánula de aspiración.

Equipo profesional de una cirugía y su uso con la cánula de aspiración

Cirujano

Lleva a cargo la intervención. Sus responsabilidades son:

- Dirigir la valoración médica preoperatorio
- Realizar técnica operatoria
- Establecer el tratamiento postoperatorio del paciente

Uso directo: utiliza la cánula si es que el cirujano asistente esta realizando otra acción.

Cirujano ayudante

Uso directo: usuario principal de este instrumental por ser el cirujano asistente. Utiliza la cánula para mantener limpio el campo.

Colabora con el cirujano, "usualmente es un becado de neurocirugía pero dependiendo de la dificultad de la operación puede ser otro neurólogo. Una de sus funciones principales es limpiar la zona operada; irriga, seca y aspira." (Bocic, 2019) "para tener mayor visualización ya que sale sangre constantemente" (Carrasco, 2018).

Anestesiólogo

Médico con especialización que administra la anestesia

Enfermera instrumentista

Uso indirecto: "proporciona el instrumental al cirujano" (Educalingo, s.f.) por ende entrega, recibe y cambia la cánula a otra cuando es necesario.

Mantiene la asepsia y esterilidad de materiales e instrumentos, así como la conservación de la integridad y seguridad del campo quirúrgico. Colabora directamente con la cirugía proporcionando los instrumentos a los médicos.

Enfermera de cirujano

Prepara y coordina todo el acto quirúrgico es responsable de las funciones de enfermería no estériles dentro del quirófano

Miembros de apoyo

Auxiliares de enfermería, celadores, técnicos, radiólogo, anatomopatológico. Proporciona cuidados necesarios para establecer/sustituir la circulación de la sangre del paciente por otra artificial o extracorpórea (cuando la cirugía requiere la sustitución de la función cardíaca y/o pulmonar).

FIGURA 5. Equipo profesional del quirófano. Elaboración propia.

2.1.1 Proceso de cirugía

Una neurocirugía de cerebro abierta es un procedimiento que se divide en diferentes etapas y subetapas:

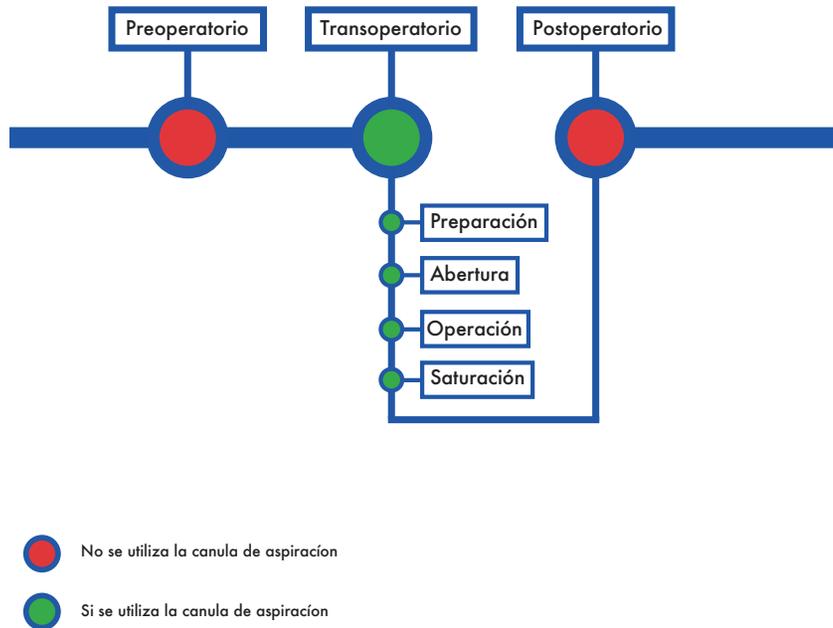


FIGURA 6. Etapas de neurocirugía. Elaboración Propia.

1. PREOPERATORIO: "Período que comprende el estudio y preparación del enfermo para la intervención quirúrgica. Empieza con la entrevista inicial del cirujano con su paciente y termina al iniciarse la anestesia en la sala de operaciones, momento en el que se inicia el transoperatorio (González & Dubois, 2009)."

2. TRANSOPERATORIO: "Período durante el cual transcurre el acto quirúrgico y en el que se efectúa una serie de cuidados y controles que tienen como finalidad mantener al paciente en un estado lo más cercano posible a la homeostasis (equilibrio o estabilidad orgánica en las constantes fisiológicas). Termina cuando el cirujano aplica el último punto de sutura o, en su caso, da por concluida la intervención" (González & Dubois, 2009). Debido a que el transoperatorio es la etapa con mayor duración, ésta es dividida en 3 subetapas.

A. PREPARACIÓN: se "emplea la técnica estéril en la preparación de la piel. El área preparada debe ser lo bastante amplia como para incluir la zona quirúrgica y un margen que permita manipular la piel" (Servicio madrileño de salud, 2012).



IMAGEN 1 Y 2. Equipo profesional realizando la preparación. Elaboración propia.

B. ABERTURA: “se realiza una incisión en la piel del cráneo hasta llegar a la zona de intervención en el cerebro. La subetapa puede ser realizada por dos becados o por un cirujano con un becado, dependiendo de la dificultad de la cirugía y experiencia de los profesionales (Bocic, 2019)”. Durante esta etapa se realizan las primeras incisiones mientras se van limpiando los fluidos para mantener la zona visible.



IMAGEN 3. Imagen 3. Neurocirujano (izquierda) junto con un becado (derecha) realizando la primera incisión. Elaboración propia.

C. OPERACIÓN: “Representa el procedimiento principal de la cirugía, para tratar la patología. Es realizada por un cirujano junto con el becado. (Bocic, 2019)”

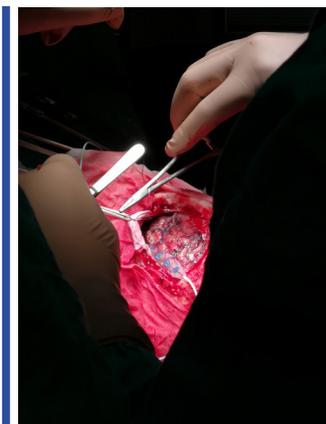


IMAGEN 4. Cirujano insertando electrodos para un paciente con epilepsia. Elaboración propia. Elaboración propia.

D. SUTURA: “se cierra la incisión hasta realizar los puntos en la piel. La subetapa puede ser realizada por dos becados o por un cirujano junto con un becado dependiendo de la dificultad de la cirugía y experiencia de los profesionales” (Bocic, 2019).

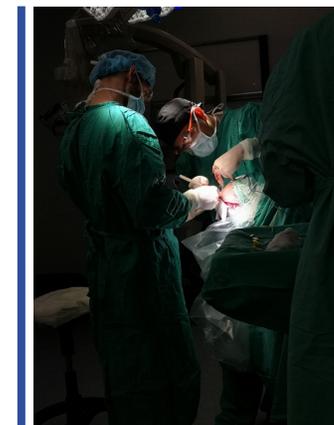


IMAGEN 5. Cirujano suturando. Elaboración propia.

3. POSTOPERATORIO: “período de tiempo que transcurre a partir del momento de concluir una cirugía hasta que el paciente se recupera por completo” (Andrade, 2017)

2.2 Cánula de aspiración

“La cánula de aspiración es un tubo delgado hecho de acero inoxidable que es utilizado para remover escombros y fluidos del área de cirugía” (Moya, 2019). La cánula se conecta a través de una entrada universal a una manguera que está conectada a un compresor y es usada por el cirujano de forma manual.

Su forma varía según los requerimientos de cada cirugía, lo que determina ciertas características de la cánula, pero en neurocirugía es donde más tiene importancia su grosor, largo y angulación. Por lo que hay una gran variedad de cánulas con diferencias milimétricas.” (Moya, 2019).

El diámetro de las cánulas en neurocirugía de cerebro es el más delgado del mercado, “varían entre 3 a 5 french”* (Carrasco, 2018), debido a la delicadeza del cerebro y también son más cortas en relación con los otros tipos de cánulas debido a la cercanía que tiene el cirujano con el cerebro del paciente. A continuación, se muestra una cánula con una descripción de cada uno de sus elementos.

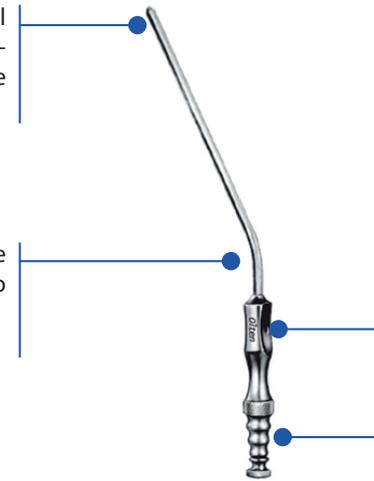
*3 french = 1 mm

Segmento distal: zona más cercana al campo quirúrgico, se compone de la punta y el cuerpo tubular

Punta: zona de contacto con el paciente, se diseña para evitar traumas y obtener distintas formas de contacto para absorber

Cuerpo tubular: zona hueca donde pasan los fluidos. Tiene un ángulo para mejorar la vista del cirujano

Segmento proximal: zona cercana al contacto de la mano por parte del cirujano, se compone de la manguera y el conector



Válvula: zona de contacto con el usuario. Puede contener un agujero para regular la presión a través de la oclusión. Se diseña para que sea zona de control y no se deslice.

Conector: zona de unión con el compresor a través de una manguera o un pistón. Existen distintos diseños de conectores pero todos entran a las mismas mangueras por lo que se considera que tiene una entrada universal.

FIGURA 7. Partes de una cánula. Elaboración propia.

2.2.1 Componentes del sistema de aspiración

La cánula de succión para su funcionamiento viene acompañada de los siguientes componentes nombrados a continuación, la información fue rescatada del trabajo de Manuel Dujivny, "Sistema de aspiración neuroquirúrgicos" realizado en septiembre 2014.

SISTEMA DE VACÍO CON MANÓMETRO: Sistema de aspiración generado por una bomba o por un sistema central conectado al quirófano. Este se regula a través de un manómetro, pero durante la cirugía no se observó que realizaran cambios de presión.

RESERVORIO: Recipiente donde se depositan los fluidos succionados por la cánula.

RESERVORIO DE SEGURIDAD: Segundo recipiente por si el primer reservorio se llena completamente.

TUBO O MANGUERA: Elemento conector entre todos los componentes nombrados, une la cánula al reservorio y del reservorio al sistema de vacío, es de 8 mm de diámetro interno.

Los componentes nombrados anteriormente están resumidos en la siguiente figura:

Componentes del sistema de aspiración

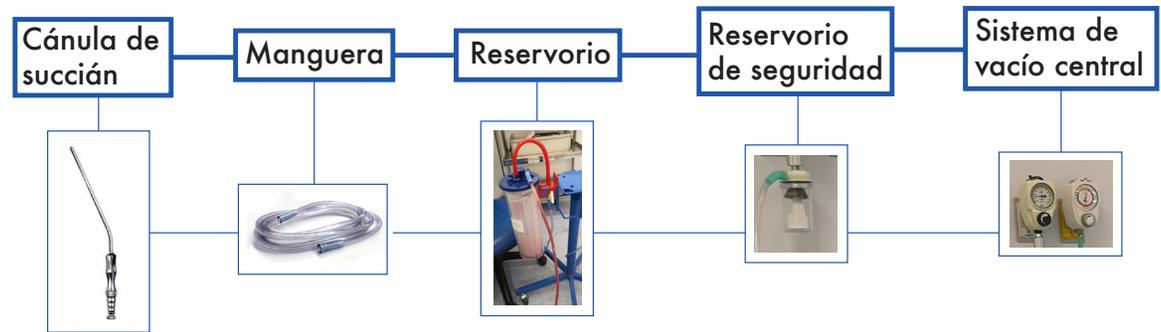


FIGURA 8. Componentes de sistema de aspiración. Elaboración propia.

2.2.2 Historia

“Desde el comienzo de la especialidad de neurocirugía ha sido un desafío para el médico cirujano controlar el sangrado y la homeostasis de un paciente” (Dujovny, 2018). Originalmente se ocupaba una “jeringa de bulbo de goma tanto para la succión e irrigación (como se observa en la Figura 9), pero esta se volvió obsoleta cuando Charles Frazier transformó este proceso cuando introdujo la capacidad de aspirar escombros, fragmentos de tejido y fluidos del campo quirúrgico, donde la succión cero nunca es alcanzada” (Dujovny, 2018), a través de la cánula de aspiración.

“Esta herramienta innovadora disminuyó las tasas de morbilidad y mortalidad. Desde su introducción, la succión ha encontrado muchos usos durante los procedimientos microquirúrgicos” (Dujovny, 2018). Como la técnica quirúrgica de resección de un tumor cerebral con presión al vacío, en un principio se utilizaban las “tijeras de Cushing para la extracción y reducción de tumores. Hoy en día “La cánula de succión ha sido modificada en forma y tamaño para aumentar la versatilidad” (Dujovny, 2018), tal como en largo, grosor, tamaño y posición del ángulo, estilo de punta y la adición de una válvula para regular la presión.



FIGURA 9. Evolución y diferentes modelos de pera de goma. Fuente de “Sistemas de Aspiración Neuroquirúrgicos” por Manuel Dujovny (2014).

2.2.3 Fabricación

“Su fabricación es a través de manufactura realizada por artesanos que mantienen una larga tradición y máquinas Robot CNC de alta tecnología ya que deben cumplir con las normativas de cada país” (Moya, 2019).

Su duración está limitada a la forma de manejo del instrumento, ya que doblarlo o sobrecargarlo genera daños en la cánula. Pero con un reproceso y control cuidadoso se asegura una duración para más de 1000 operaciones. Con cualquier tipo de daño que sufra la cánula, tales como poros, tensiones, agujeros o cavidades se debe detener inmediatamente su uso.

Cuando la cánula de succión sufre algún daño, este es comúnmente causado por los cirujanos ya que doctores “las parten y las desgastan de distintos puntos para acomodarlas a su uso” (Moya, 2019) o “las pasan a llevar y carcomen la punta” y por técnicos de esterilización que “fallan por la manipulación y trato que les dan” (Carrasco, 2018).

Las cánulas de succión junto con otros instrumentales “son diseñados por doctores ya que ellos entregan los requerimientos y piden que se manden a fabricar y quedan las licencias a su nombre, pero las variaciones que realizan a la cánula siempre son respecto a su largo, ángulo, grosor de la punta, no hay ninguna que considere el uso con la mano.” (Moya, 2019)

Al ser diseñadas por médicos, las cánulas de aspiración son un instrumental pensado para su correcto funcionamiento a través del análisis paciente – objeto, además se diseña según lo conocido, por lo que las cánulas son muy similares entre ellas y principalmente solo tienen diferencias de tamaño y pocas son las que tienen una variación de forma.

2.2.4 Obtención de la cánula de aspiración

Las cánulas de succión “son fabricadas en el extranjero por China o Alemania” (Moya, 2019). Pero existen talleres en hospitales que también realizan y reparan cánulas y “son similares a las de marca” (Carrasco, 2018)

Luego el cirujano escoge a través un catálogo qué modelo de cánula necesita, proceso tras el cual la institución sanitaria realiza un pedido del instrumental requerido.

Al ser recepcionadas en el hospital, deben ser sometidas a esterilización ya que, al igual que todo instrumental médico nuevo, vienen con una capa de protección que debe ser retirada. Al ser esterilizadas ya puede ser ocupada en cirugía. Posterior a cada uso, ésta debe ser esterilizada nuevamente.

Si la cánula en algún proceso de uso se daña, esta puede ser reparada en un taller de precisión o puede ser regresada a la empresa manufacturera para una reparación si es que existe un convenio.

2.2.5 Esterilización

La esterilización es un proceso que se realiza a todo instrumental o insumo quirúrgico, esta trata sobre la "eliminación o muerte de todos los microorganismos que contiene un objeto o sustancia, y que se encuentran acondicionados de tal forma que no pueden contaminarse nuevamente." (Domínguez, 2015)

Este proceso se hace cuando el instrumental esta nuevo y después de cada uso. A continuación una tabla donde se especifica cada etapa de la esterilización con su objetivo.

Proceso de Esterilización

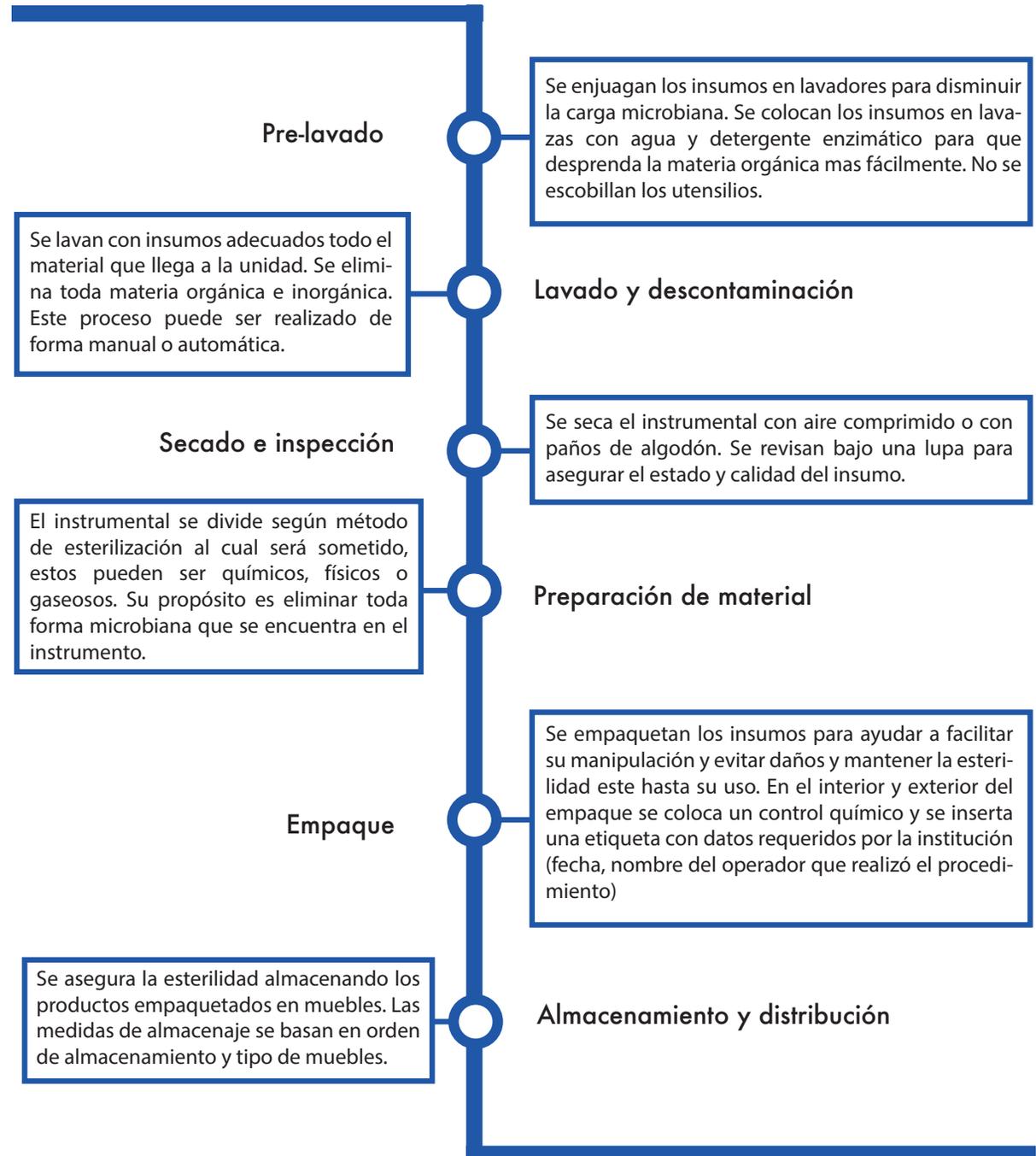


FIGURA 10. Proceso de Esterilización. Información rescatada por "Cuidados de enfermería en procesos de esterilización" por Gemma Mella.s.f Elaboración propia.

Ruta de la Cánula

Todo lo que es el proceso de esterilización junto con su transporte y cada especificación de elementos con lo que interactúa la cánula de succión fuera de neurocirugía es explicado es la siguiente tabla

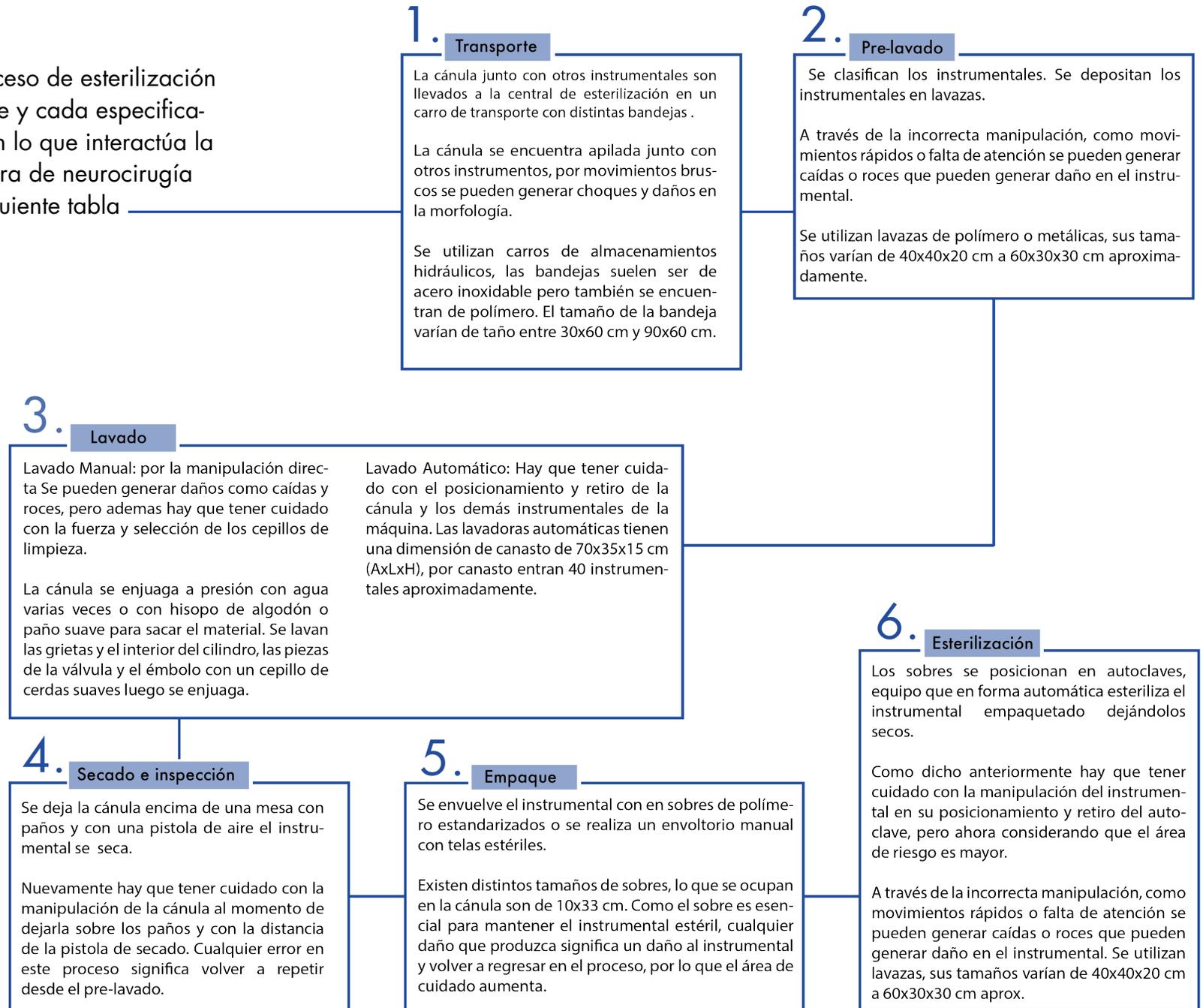


FIGURA 11.

Ruta de la cánula.

Elaboración propia propia.

2.3 Actividad

“El 81,9% del personal sanitario refiere molestias de origen musculoesquelético” (Pérez, Moretón, Garrandés, & Hernández, s.f.). En los profesionales de salud que participan en cirugía, como los médicos, se genera debido “a la incorrecta higiene postural, a la larga duración de las intervenciones y al hecho de permanecer durante periodos prolongados en posición ortostática. Se dan posiciones, posturas y cargas laborales que fácilmente sobrecargan el aparato locomotor produciendo diferentes patologías.” (Pérez, Moretón, Garrandés, & Hernández, s.f.)

Junto con factores contextuales y psicológicos, como la carga laboral, la duración de cirugías, realización de consultas y estrés psicológico, se genera una prevalencia en los trastornos musco-esqueléticos que dan como consecuencia que “los cirujanos disminuyan su carga de trabajo quirúrgico por problemas físicos, restrinjan su aproximación a la cirugía u opten por la prejubilación”. (Pérez, Moretón, Garrandés, & Hernández, s.f.)

“Las regiones anatómicas que más afectan a los cirujanos son: la región cervical en un 53%, la región lumbar en un 51%, los hombros en un 51% y las manos en el 33%”. (Pérez, Moretón, Garrandés, & Hernández, s.f.)

Para la prevención de estos trastornos se recomienda “programas de entrenamiento-soporte físico o la realización de ejercicios de estiramiento, junto con fomentar una correcta higiene postural tal como mantener la espalda recta, pies separados y estar a una distancia lo suficientemente cercana para evitar el uso y levantamiento de musculaturas como hombro y codo”. (Sánchez, Bouzas, & Hernández, s.f.)

Con el uso de la cánula, “los neurocirujanos ayudantes pueden sufrir el síndrome del túnel carpiano por tener que sujetar los retractores en una posición concreta durante largos periodos de tiempo, en consecuencia, el dedo pulgar, índice y anular experimentan un hormigueo y aumentan de tamaño” (Sánchez, Bouzas, & Hernández, s.f.).

“Es importante mantener una disposición cómoda de la muñeca de manera que sufra la menor tensión posible en una posición neutra de flexo-extensión y pronosupinación cuando se requiere mantener posturas estáticas durante períodos prolongados.” (Sánchez, Bouzas, & Hernández, s.f.)

2.3.1 Uso de la cánula de succión

El uso de la cánula se puede considerar una actividad secundaria en la actividad de la cirugía, esto es porque sirve para mantener el campo limpio mientras se realiza otra acción. Por esto su uso es recurrentemente con la mano izquierda si es que el médico es diestro. Solo si la acción principal es succionar, será ocupada con la mano derecha.

La forma de sujetar la cánula de aspiración se puede dividir en dos grupos; uno donde la mano puede descansar al lado de la herida, y otra donde la mano debe estar en elevación. A continuación, se mostrará un análisis de ambos grupos.

1. POSICIÓN DE LA MANO EN DESCANSO

Imágenes de un cirujano utilizando la cánula en neurocirugía

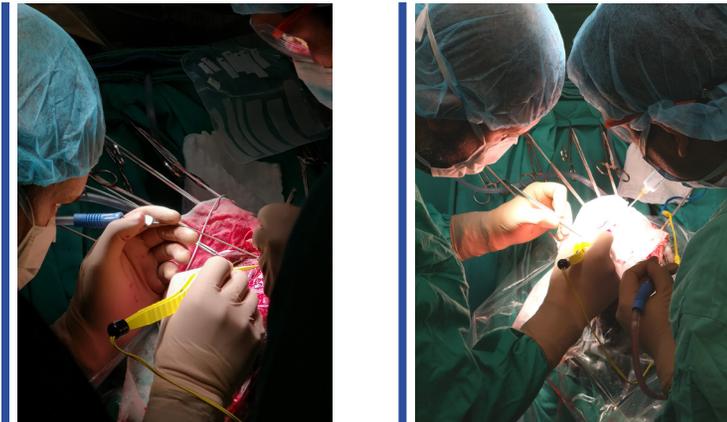


IMAGEN 6 Y 7. Cirujano utilizando la cánula en neurocirugía.

Elaboración propia.

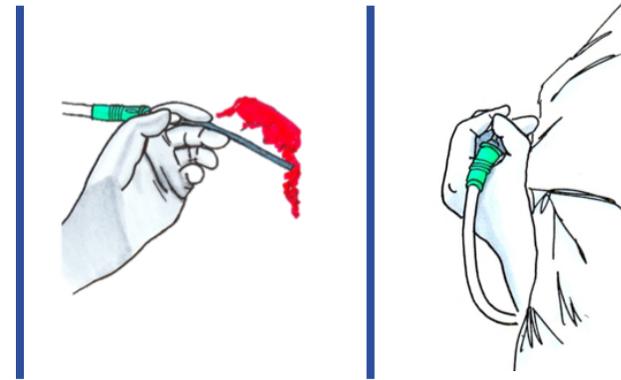


FIGURA 12. Ilustración utilización cánula en neurocirugía.

En esta posición la cánula es sujeta como un lápiz, la mano se ubica a un costado de la herida, el peso del instrumental descansa encima de la mano mientras los dedos controlan el movimiento. La posición permite que la muñeca esté en una angulación correcta y que permita el descanso en el codo y el hombro. Se logran realizar procedimientos finos a través de pocos movimientos de los dedos y rotación de muñeca.

Se considera que es una posición segura de uso, aunque debido a la larga duración de las cirugías, el largo período de concentración y los movimientos repetitivos realizados por los usuarios con otros instrumentales, de igual manera hay un nivel de riesgo.

2. POSICIÓN DE LA MANO SIN DESCANSAR



IMAGEN 8 Y 9. Cirujano utilizando la cánula en neurocirugía.
Elaboración propia.

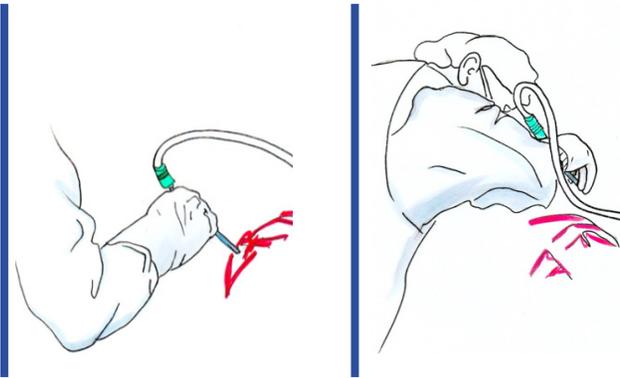


FIGURA 13. Ilustración utilización cánula en neurocirugía.

En este tipo de posición la cánula tiene una mayor inclinación sobre la herida ya que la mano se tiene que ubicar sobre la herida para poder realizar la succión. El peso del instrumental es sujetado por los dedos, esto genera una mayor tensión para controlar la cánula ya que para realizar movimientos finos hay más partes del cuerpo involucradas, tales como el hombro y codo que están en suspensión.

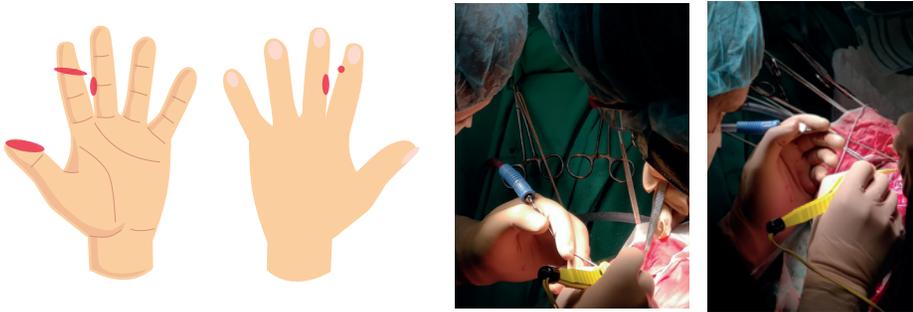
Esta posición es de un mayor riesgo ya que al haber más músculos involucrados existe también mayor cansancio, aumentando la posibilidad de pérdida de control de cánula y que esta se pueda deslizar en la superficie de la zona operada y producir una lesión.

De ambas formas de tomar la cánula de aspiración, se considera que la posición optima es cuando la mano logra descansar a un lado de la herida ya que hay menor cantidad de músculos activados para realizar movimientos delicados, por lo que disminuye un factor de cansancio hacia el usuario. Lamentablemente, de igual forma, va a existir un riesgo para el paciente debido a otros factores tales como nivel de estrés del usuario o dificultad de cirugía.

2.3.1.1 Análisis de contacto de mano con cánula de aspiración

Dentro de las formas en que se sujeta el instrumental se pueden categorizar en dos tipos, donde la diferencia principal radica en el apoyo de la manguera de aspiración. A continuación, se esquematizan las zonas de contacto en ambas posiciones con su respectivo análisis.

1era posición



2da posición



FIGURA 14. Zonas de contacto cánula de succión y mano. Elaboración propia

Se puede observar que el apoyo de la cánula sobre la mano ocurre sobre el dedo índice o entre el índice y el pulgar, mientras que en ambas la sujeción ocurre gracias a la acción conjunta del pulgar, índice y la falange media del dedo medio. La diferencia entre ambas posiciones es debida a que al existir mayor apoyo de la manguera hay mayor contacto con la mano. Esto quiere decir que entre más inclinada esta la cánula, menor contacto tiene y se debe realizar mayor presión para sujetarla, lo que representa un factor de riesgo.

Aunque una posición sea más segura que otra, de igual forma el instrumental "tiene poca superficie de contacto con la mano, esto significa que existe un factor de riesgo debido a que a menor superficie de contacto la precisión debe ser mayor" (Latte, 2019).

Mientras mayor sea el contacto de la mano con el instrumental y que este se pueda apoyar en ella, la cánula de aspiración será más segura para el usuario y mayor eficacia tendrá en su uso.

La forma de utilizar la cánula va a depender de distintos factores externos:

1. PROFUNDIDAD DE LA HERIDA: si la cirugía es superficial, como una cirugía de meningioma, "tumor en las membranas que rodean el cerebro" (Mayo Clinic, 2020), se recomienda utilizar una cánula de corta distancia. Pero si la cirugía es un glioblastoma, "tumor agresivo multiforme" (Mayo Clinic, 2020), que se puede ubicar a 5 cm de la superficie del cráneo, es mejor utilizar una cánula de mayor distancia debido a la profundidad de la herida.

Hay que considerar que, para realizar una cirugía de mayor profundidad, al inicio de la cirugía se realiza una abertura superficial para luego generar una herida profunda.

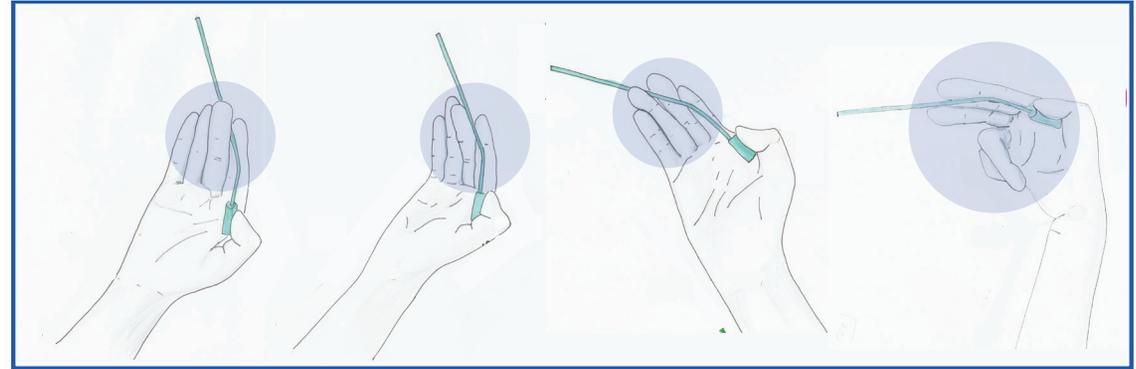
2. TAMAÑO DE LA HERIDA: Si la cirugía es de mayor superficie la mano del médico deberá estar más alejada para poder estar en una posición de descanso, lo que significa una cánula más alargada. Pero si la herida es de tamaño pequeño o debe aspirar cerca de los bordes de una cirugía de mayor superficie, la distancia para poder tener la mano en descanso es menor, por lo que resulta más cómodo una cánula más pequeña.

Como existe una gran variedad de tamaños y profundidades de cirugías, ya que dependen de la extensión y localización del tumor, las empresas vendedoras de cánulas ofrecen sets con distintas variaciones para cubrir esta necesidad. Pero la realidad es que en la práctica los hospitales no compran estos sets y escogen cánulas de tamaño medio (no muy largas y no muy cortas) para las cirugías.

No hay conciencia de la forma adecuada de utilizar el instrumental para un mejor rendimiento ya que el médico se adapta para poder utilizar la cánula de succión sin darse cuenta de que las posiciones que hace son perjudiciales y de mayor riesgo para que ocurra un accidente.

2.3.1.2 Análisis relación cuerpo y cánula

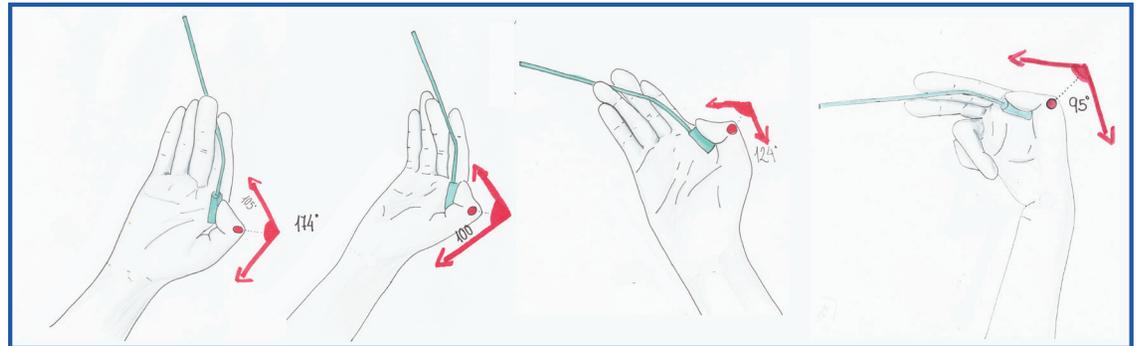
A continuación, se muestra el estudio realizado donde se analiza la anatomía al interactuar con la cánula, esto se realiza analizando las partes específicas del cuerpo que interactúan directamente con el instrumental, como los dedos, junto con articulaciones que se utilizan activamente para su maniobrabilidad tal como muñeca, codo y hombro y un análisis corporal en donde se muestra cómo todas las articulaciones nombradas anteriormente afectan de manera macro al cuerpo del usuario.



Realizan la función de controlar los movimientos finos de la cánula. El instrumental no tiene una zona delimitada para los dedos y tiene baja superficie de contacto, por esto se observa que se encuentran distintas formas de apoyo a través de las falanges distales de los dedos índice, anular y medio. No resulta un problema ya que los dedos no están realizando una fuerza para sujetar, por ende no hay tensión.

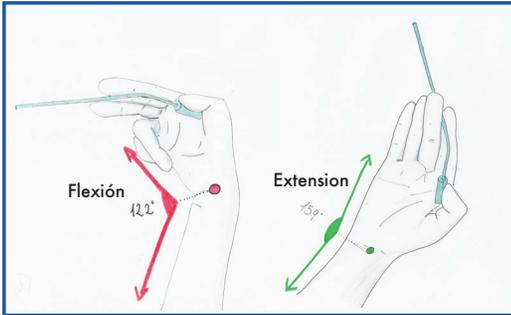
Los dedos que están en contacto con la cánula pueden estar en extensión o flexión y su uso va de acuerdo con su función anatómica.

Dedo pulgar



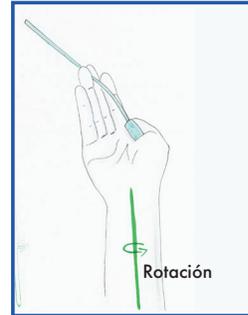
La cánula tiene una sola zona de contacto delimitada y esta es la del pulgar, ya que desde este dedo se realiza la acción de flexión para tapan la válvula y aumentar la presión de succión. "La flexión realizada es lesiva y mantenerla una hora ya es factor para generar tendinitis porque genera presión en la articulación, hay personas que no pueden realizar ese movimiento". (Herrera, 2020)

Muñeca



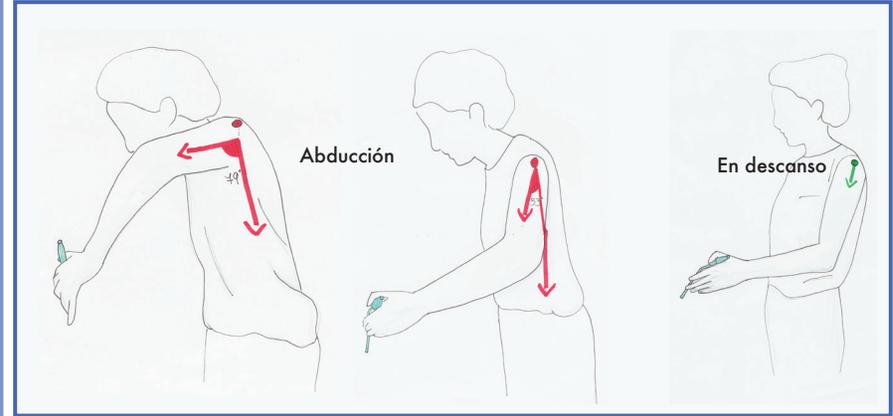
La muñeca debería estar siempre estirada con ángulos no mas de 20° de extensión o flexión. El ángulo que se encuentra en la cánula es para evitar la flexión, pero debido a factores externos, el médico se adapta a las condiciones generando una flexión y movimientos en la muñeca. La repetición de movimientos en la muñeca es un factor de riesgo ya que puede generar una lesión debido a la fuerza que realiza. Para esto es importante disminuir la fuerza y mantener la muñeca lo mas estirada posible.

Antebrazo



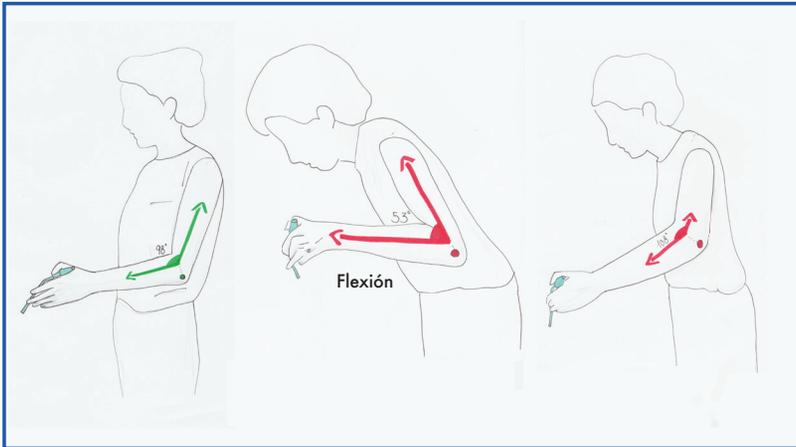
Se generan movimientos rotatorios desde el codo que varían entre los 90°, este movimiento no genera riesgo de lesión.

Hombro



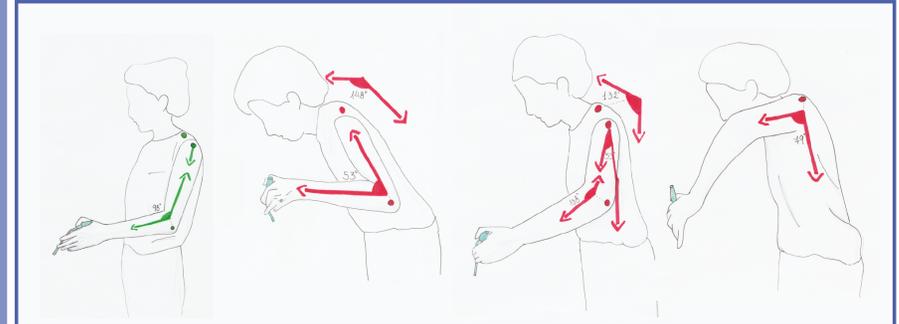
El hombro debería estar siempre lo mas junto al tronco posible cualquier tipo de elevación no es recomendada ya que involucra agregar mayor cantidad de articulaciones y movimientos para realizar un movimiento fino. Tener activo el hombro afecta en el cansancio y en el aumento de la posibilidad de lesión.

Codo



La posición del codo siempre debe estar a 90° en relación a la camilla (con 20° de excedente), este ángulo se rompe cuando el tronco se aleja o se acerca. En cirugía se rompe el ángulo a menos de 90° cuando el cirujano se acerca para tener una mejor visión del campo

Ánalisis uso cuerpo



Uso correcto
 Tronco erguido
 Hombro en descanso
 Codo en 90°
 Muñeca paralela al codo

Uso incorrecto
 Tronco inclinado
 Hombro en abducción
 Codo <70°, >110°
 Muñeca en flexión de >110°

Variantes que afectan el uso

Usuario



Experiencia
Calidad de su visión
Estado físico
Altura

Contexto



Tamaño campo quirúrgico
Profundidad de la cirugía
Acción principal que se este realizando
Tamaño y forma de otros instrumentales que se estén utilizando

Del análisis realizado por parte del cuerpo se concluye que existen factores directos e indirectos para realizar la manipulación de la cánula durante cirugía. Factores directos son los que responden a la relación objeto - usuario y no afecta el espacio, y los indirectos es donde la relación espacio-usuario afecta en el uso del objeto.

Factores directos

1. MORFOLOGÍA DE LA VÁLVULA: las válvulas solo tienen un poco de volumen en sentido horizontal, lo que genera que la flexión en el dedo pulgar sea forzada para el usuario, esto entrega la oportunidad de que la válvula tenga un sentido vertical para disminuir la flexión y generar solo movimientos laterales del pulgar y disminuir la presión en la articulación

2. ÁNGULO CÁNULA: Si bien el ángulo de la cánula es para evitar la flexión de la muñeca, como visto anteriormente durante la cirugía el tamaño y profundidad de la herida es algo que va variando, como el angulo no varia, se generan flexiones para poder llegar a la zona de succión. Esta falta de variabilidad entrega la oportunidad de diseño que la cánula se pueda adaptar a distintas profundidades para disminuir la presión de la muñeca.

Factores indirectos

1. ACCIÓN PRINCIPAL: la cánula tiene una función secundaria, por ende el usuario entrega prioridad a la acción principal y debe adaptarse a esta.

2. EXPERIENCIA USUARIO: si hay una baja experiencia del usuario puede que el médico este estresado por el contexto y no este acostumbrado a manipular el instrumental.

3. CALIDAD VISTA DEL USUARIO: si el médico tiene problemas de vista o el campo de visión se ve obstruido, va a mover su cuerpo para priorizar la visión segura del campo quirúrgico.

2.3.2 Experiencia de uso

Para los cirujanos la cánula de aspiración se considera “muy ligera, por lo que no es incómodo utilizarla” (Vera, 2019). Aunque anteriormente se comentaba que existe el factor de riesgo y un cansancio por la extensión de uso, la realidad es que debido a otros factores físicos y psicológicos “el cansancio que existe es más por la posición del médico en toda la cirugía que con el uso del instrumental” (Vera, 2019).

La cánula de aspiración “realmente no cuesta utilizarla, se va desarrollando práctica.” (Vera, 2019). La primera vez que un cirujano tiene la posibilidad de familiarizarse con el instrumental, es cuando aún está en su calidad de estudiante. “En el internado al principio es difícil, pero la formación de médico es más larga que otras carreras, por lo que hay más espacio de enseñanza a la introducción de la cirugía” (Vera, 2019).

Aunque la incomodidad y uso de la cánula no tenga una prioridad o una gran incidencia para el médico para realizar su trabajo, esto no significa que los análisis realizados sean incorrectos. Existe una normalización hacia el instrumental ya que al final el profesional puede realizar su trabajo, lo que no descarta la oportunidad de poder optimizar el instrumental.

2.3.2.1 Uso de la cánula de aspiración en cirugía de tumores

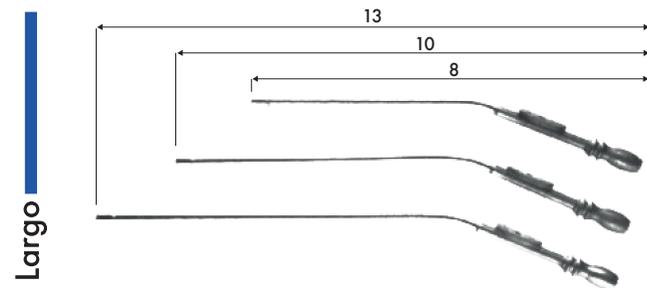
Aunque la función principal de la cánula de aspiración es succionar fluidos para mantener el campo quirúrgico limpio, en cirugías de tumores de cerebrales la cánula adquiere además un segundo rol ayudando como disector del tumor, es decir, para que un tumor sea extirpado, el médico desliza la cánula entre el tumor y el cerebro sano para que este se pueda desprender y así disminuir la probabilidad de producir una lesión.

Resulta interesante que la cánula de succión tenga una segunda funcionalidad cuando al momento de ser diseñada nunca se pensó con ese propósito, y que existan instrumentales con función principal de disectores.

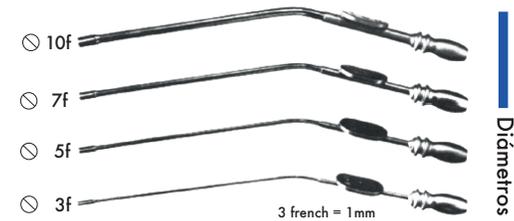
3. Estado del arte

El estudio del estado del arte se divide en dos partes, por un lado, se realiza un análisis según variaciones de componentes de la cánula de succión; largo, diámetro y punta. Por otro lado, se realiza una comparación y descripción por modelos de cánula.

A continuación, las variaciones de sus componentes.

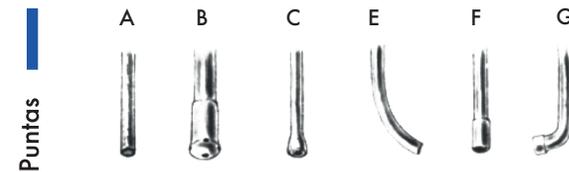


Las cánulas varían en 3 tipos de medidas: 8 cm, 10 cm, y 13 cm. La cánula más corta es utilizada para elevar colgajos, para procedimientos superficiales intracraneales, la de 10 cm es utilizada en cirugías intracraneales profundas y la cánula más larga es utilizada en cirugías transesfenoidales (cirugías realizadas desde la nariz). El largo afecta en la precisión. Mientras más lejos esta la punta de la mano, más difícil es alcanzar el punto a succionar con mayor facilidad.



La variación de diámetros en las cánulas varían si su uso es para microcirugía o cirugía convencional. Mientras más pequeño es el diámetro significa que es menor área de aspiración y más específico es la zona que se quiere aspirar. La cánula de 3 french es utilizada para zonas delicadas, como en procedimientos craneales. Las cánulas de 5f y 7f se utilizan en la mayoría de microcirugías y la de 10f son para cirugías convencionales.

El diámetro afecta en la hapticidad, mientras más grande sea el diámetro hay mayor contacto y mejor manejo del instrumental. También aumenta el peso con mayor diámetro, por lo que en posiciones donde la cánula no descansa sobre la mano y el peso esta en las puntas de los dedos.



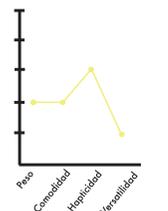
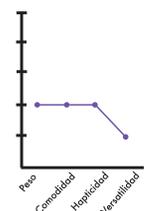
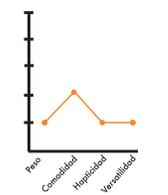
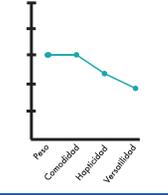
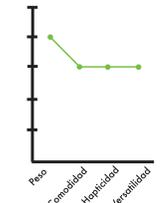
Las puntas no deben de dañar en ninguna forma la estructura donde se hace la cirugía. Su diseño responde a distintas formas de apoyarse y moverse con la cánula.

- A Punta recta de modelo Frazier y Baron.
- B Modelos Yankauer con revestimiento para protección.
- C Punta tipo Dandy, su diseño evita obstrucciones en la punta con forma curva protege la estructura con el borde del agujero.
- D Punta tipo Adson, su angulación ayuda a succionar zonas con mayor dificultad de alcance.
- E Punta recta con revestimiento de protección, esta punta también se encuentra en modelos frazier y baron.
- F Punta con angulación y revestimiento. Cánulas con este tipo de puntas se utilizan en cirugías de columna para succionar zonas con poco alcance visual.

FIGURA 15. Partes de la canula de Succión. Fuente: Rhoton, Albert L. Merz, William (1981). Suction tubes for conventional and microscopic neurosurgery. Revista Surgical Neurology, 70, 120-124. Elaboración propia.

3.1 Modelos

A continuación, se muestran distintos modelos de la cánula de aspiración con sus observaciones correspondientes.

 <p>Fergusson</p>	<p>Modelo clásico de cánulas. Permite un manejo cómodo para ser utilizada a una mayor distancia y a la vez para ser sujeta por válvula sin riesgo a que se deslice. Debido a su largo y delgadez es muy propensa a doblarse fácilmente.</p>	
 <p>Frazier</p>	<p>Cánula muy similar a la Fergusson, con diferencia de que su ángulo es más cercana a la válvula por lo que es más cómoda al ser utilizada a distancias más cortas. Por otro lado su válvula no tiene una continuidad con la zona inferior y superior, por lo que puede resultar incómoda para sujetar</p>	
 <p>Baron</p>	<p>Cánula con placa de manejo más delgada, por lo que es modelo es más liviano y se considera que es más incómoda de utilizar debido a su poca superficie y falta de elementos de apoyo. Por otro lado debido a que la válvula es mas liviana, el cansancio cuando la cánula no está en apoyo es menor.</p>	
 <p>Yankeuer</p>	<p>Cánula menos utilizada en neurocirugía debido a que tiene pequeños agujeros al rededor se su punta, por lo que la absorción no es precisa. Pero con su forma más cónica ayuda a evitar la obstrucción de fluidos y a ser manejada con mayor facilidad, además de que sus puntas pueden ser intercambiables para varias su absorción. Esta cánula es utilizada en cirugías de medicina general.</p>	
 <p>NICO</p>	<p>Cánula patentada el 2017 que contiene una punta con filo para poder aspirar y cortar al mismo tiempo para poder facilitar la disección de tumores cerebrales. Esta conectada a una consola donde se puede desprender e insertar otro instrumental de la compañía. El problema es que no se especifica si es que se puede evitar cortar sin aspirar ya que no necesario realizar un corte cada vez que se aspira.</p>	

Comparación entre todos los modelos

Se observa que hay dos tipos de tendencias: en una los modelos tienen los componentes mínimos para su funcionamiento, eso los hace livianos pero a la vez afecta en su hapticidad, comodidad y versatilidad; La segunda tendencia sería donde hay más componentes y da la posibilidad de un instrumento háptico y versátil pero con un mayor peso y eso puede afectar en la comodidad del instrumento con uno extendido. En la parte de prueba del modelo a diseñar hay que considerar hasta que peso el usuario se le hace cómodo el instrumento.

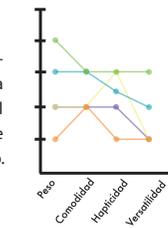


FIGURA 16. Tabla comparativa de modelos. Elaboración propia.

4. Oportunidad de diseño

Luego del análisis realizado, se concluye que la cánula de aspiración ha sido un instrumental muy intervenido, realizándose múltiples variaciones del instrumental, pero todas estas consideraciones van dirigidas para mejorar el funcionamiento según un análisis de objeto paciente y ninguna considera un análisis de uso hacia el usuario principal.

Esto constituye una oportunidad de diseño ya que se puede modificar la hapticidad de la cánula de forma dirigida para mejorar la comodidad del usuario, aumentando su rendimiento y disminuyendo los factores de riesgo inherentes a su uso actual.

Por otro lado, también se considera que existen muchos tipos de cánula para entregar versatilidad, pero en la práctica en cirugía no se utiliza una variedad de este instrumental, reduciendo la injerencia de dicha versatilidad. Se pesquisa una nueva oportunidad de diseño respecto al aumento de opciones de adaptabilidad del instrumento para volverlo más versátil.

Se considera que la punta de la cánula de aspiración es la parte de mayor tensión debido a que es la zona que más se daña al ser manipulada correctamente y que a la vez es la única parte que puede generar daño al paciente debido a su contacto directo con las estructuras anatómicas.

Existe una oportunidad de diseño para poder disminuir la tensión y el factor de riesgo que tiene esta zona. Esto ayudaría a una reducción de realización de reparaciones en el instrumental y una mayor facilidad de apoyo. Por lo que finalmente la cánula tendría la posibilidad de ser un instrumental más seguro en términos de mantención y uso.

Se concluye que la cánula de aspiración, aunque es una herramienta muy simple, tiene una gran importancia en las neurocirugías. Aun habiendo sido diseñada con un sólo propósito, los médicos han ido descubriendo que la succión puede ser utilizada para otras cosas, tales como la disección y sujeción. Si una herramienta tan simple puede ser optimizada, tal vez se pueden seguir descubriendo nuevas formas de utilizar la aspiración para mejorar la calidad de las cirugías.

4.1 Requerimientos de diseño

1. La propuesta realizada debe seguir las normas ISO de instrumentales quirúrgicos.
2. La forma final debe considerar los distintos tipos de tamaño de mano.
3. La propuesta debe ser factible de reproducir en serie.
4. El diseño debe ser adaptable ya que debe considerar las distintas formas de uso del instrumental.
5. El diseño debe disminuir los factores de riesgo que existen actualmente con el uso de la cánula de succión.



Proceso de Diseño

Esta segunda etapa tiene como objetivo el desarrollo de la propuesta de re-diseño de la cánula de succión respondiendo a las oportunidades de diseño anteriormente nombradas. Este proceso se realiza entre los meses de abril y octubre del año 2020 durante la cuarentena del Covid-19 en Santiago de Chile.

La elaboración del diseño consta de las etapas de conceptualización, desarrollo morfológico, realización de prototipos, evaluación y mejora de la propuesta según resultados.

FINALIDAD: que la cánula este basada en el usuario y no plenamente en la función. Su uso se da de manera fácil, movimientos sencillos con una baja línea de pensamientos y movimientos para realizarlo, el usuario no tiene que estar enfocado en la cánula para utilizarla ya que se da de forma natural.

5.1 Árbol de objetivos

Los requerimientos enlistados anteriormente se desarrollan en el siguiente árbol de objetivos, Este tiene 4 ejes principales; el **eje estético**, que es el desarrollo visual, **el económico**, donde se desarrolla lo factible que es la cánula para poder ser producida, **el técnico**, donde se aplican las normativas de los instrumentales quirúrgicos para que sean seguros para el paciente y sea posible realizar el proceso de esterilización, y **el ergonómico**, que es sobre como morfológicamente la cánula responde a las problemáticas analizadas en el marco teórico.



FIGURA 17. . Árbol de requerimientos. Elaboración propia.

5.2 Referentes preliminares

Se realiza un levantamiento morfológico previa conceptualización con el propósito de encontrar formas que aludan a un diseño integrativo con la mano, que comunique estabilidad y que estéticamente sea atractivo a la vista.

También se hace otro sobre instrumentales quirúrgicos para analizar el lenguaje visual, en este, hay un set de instrumentales en círculo rojo, esto es porque el set se elige de referente directo que en la conceptualización se va a desarrollar más adelante.

Se observa la yuxtaposición de curvas orgánicas amplias unidas por aristas. La separación de sus partes que lo componen es por cambio de color o material. Son formas dinámicas, esbeltas y fluidas.

1. MOODBOARD MORFOLÓGICO

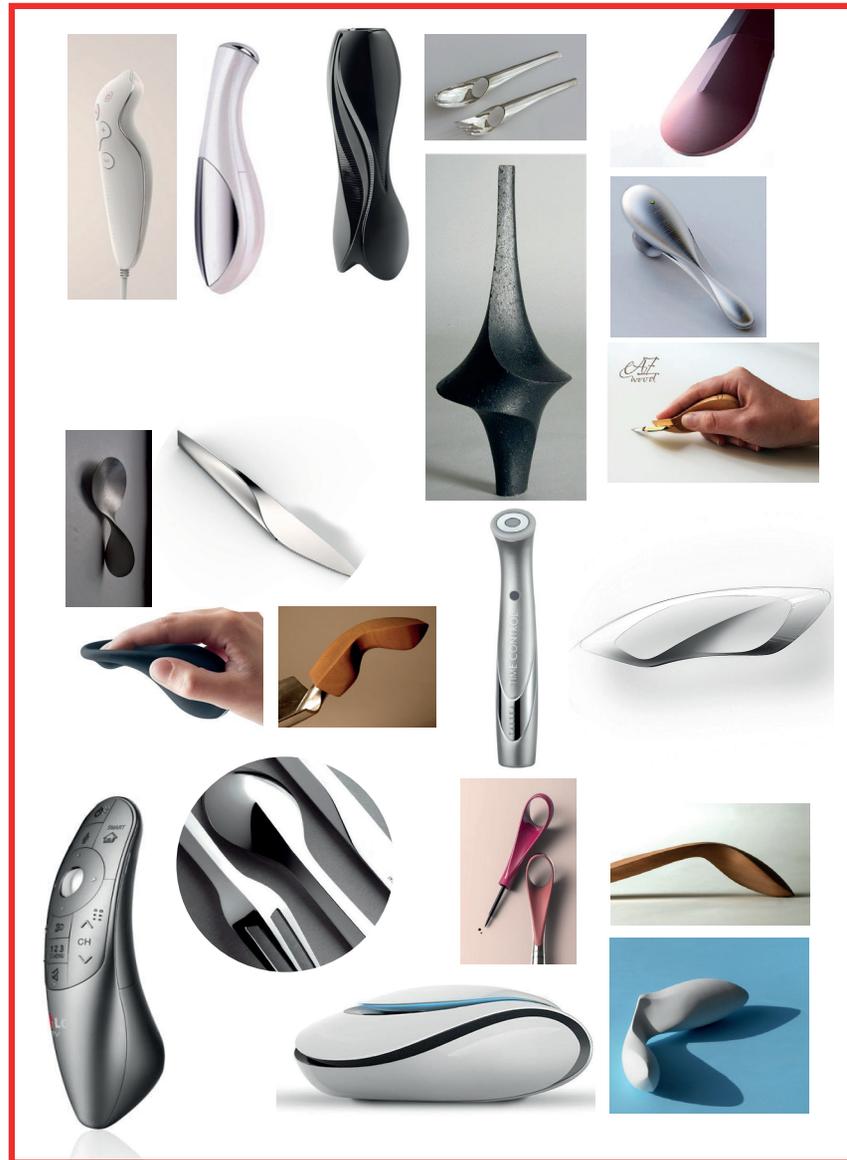


FIGURA 18. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com.
Elaboración propia

1. MOODBAORD MORFOLÓGICO



Se observan morfologías mono-materiales, las áreas de contacto son definidas a través de grips y formas antideslizantes. Se observa la diferencia en instrumentos donde se debe realizar fuerza, como el martillo o la sierra, que tienen una forma más háptica que con los instrumentales de movimientos finos, donde se necesita mayor precisión, como el bisturí o las tijeras.

FIGURA 19. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com.
Elaboración propia

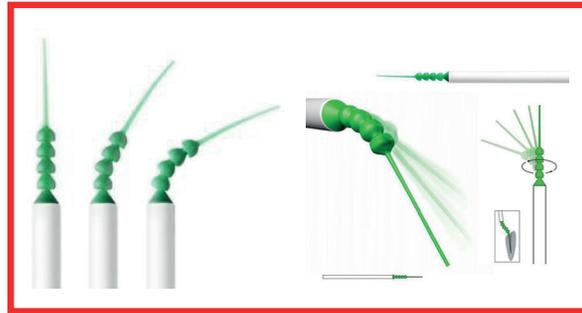
5.3 Conceptualización

Este proceso tiene como objetivo el desarrollo de guía morfológica y estudio de referentes directos que responden a los requerimientos principalmente basándose en la adaptabilidad.

De los referentes elegidos, se realiza una breve descripción donde se abstrae la idea base y conceptos correspondientes.

Desde el análisis realizado con los referentes, por un lado, se recoge la idea de la flexibilidad y de elementos modulares como sistema adaptable para la cánula, y como concepto, se elige *audacia sincera*.

Surgitip-endo - ROEKÓ



Cánula que permite la adaptabilidad angular a través de un elemento de control flexible.

Conceptos abstraídos

Lúdico - regular - biomimético - dinámico

Cánula modular, se unen distintos tubos de succión con distintos largos y diámetros de punta a través de 6 posicionamientos distintos a la válvula (por unión hexagonal). Los tubos tienen forma cónica para evitar la obstrucción y el agujero de la válvula tiene forma de gota para mayor control de succión.

Conceptos abstraídos

Patrones - regular - serio - estable

2. Cánula de neurocirugía FUKUSHIMA - Aesculap



3. Instrumentos ortopédicos - Aesculap



Set de instrumentos que potencia sus características, como la alta haptividad y límites de contacto a través de curvas elongadas y sus zonas de contacto con grips reconocibles. Transmite seguridad y se asocia fácilmente su uso correcto.

Conceptos abstraídos

Audacia - Sincero

FIGURA 20. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com.

Elaboración propia

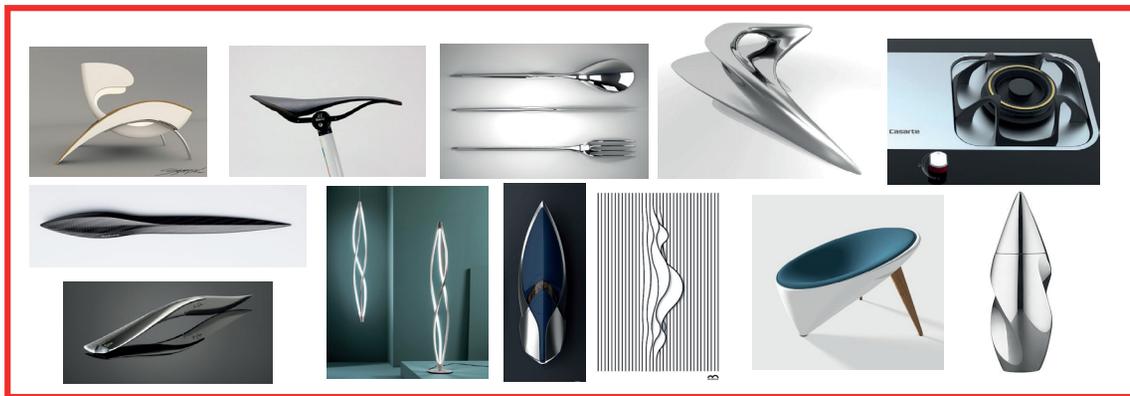
Audacia

Capacidad para emprender acciones poco comunes sin temer las dificultades o el riesgo que implican



Para poder plasmar el concepto a un lenguaje visual, se realiza un estudio semántico constituido de; el significado de cada palabra a base de la RAE, palabras que se complementan y moodboards con imágenes que representan el concepto. Además del estudio del concepto enfocado a los aspectos técnicos y abstractos.

Moodboard



Curvas que confluyen en un punto, generan un recorrido donde se unen, se separan y se vuelven a unir. Esta unión y desunión genera un contraste en la morfología, es extrovertido, hay fuerza en mostrar su intención.

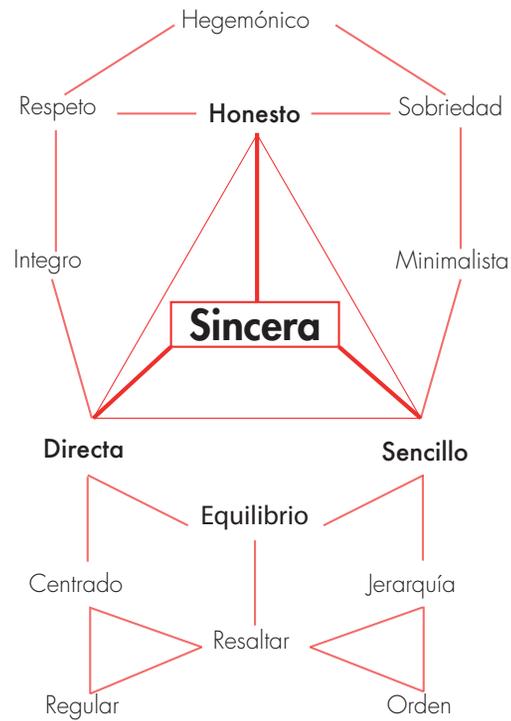
Como una firma de un trazo seguro, rápido y con fuerza que al momento de estar terminando libera la presión del lápiz.

FIGURA 21. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com. Elaboración propia

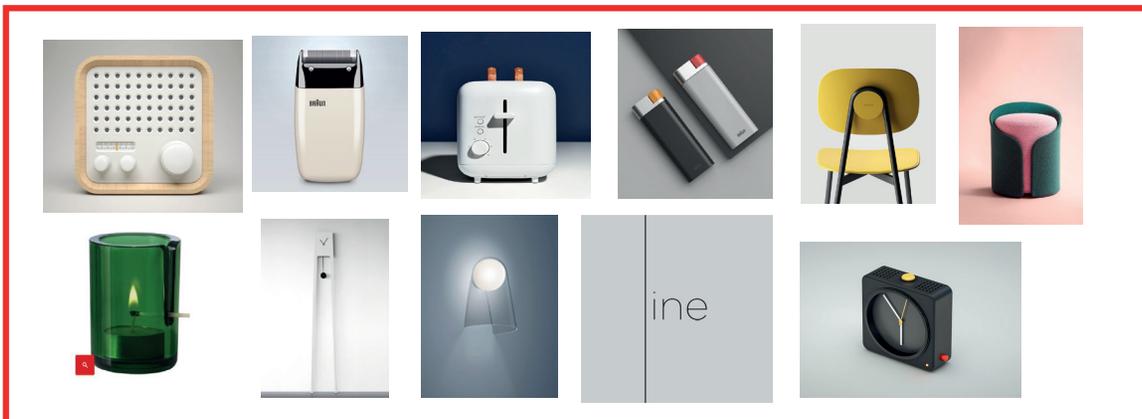
Sincera

Adjetivo

Que habla y obra según lo que piensa realmente, sin mentir ni fingir.



Moodboard

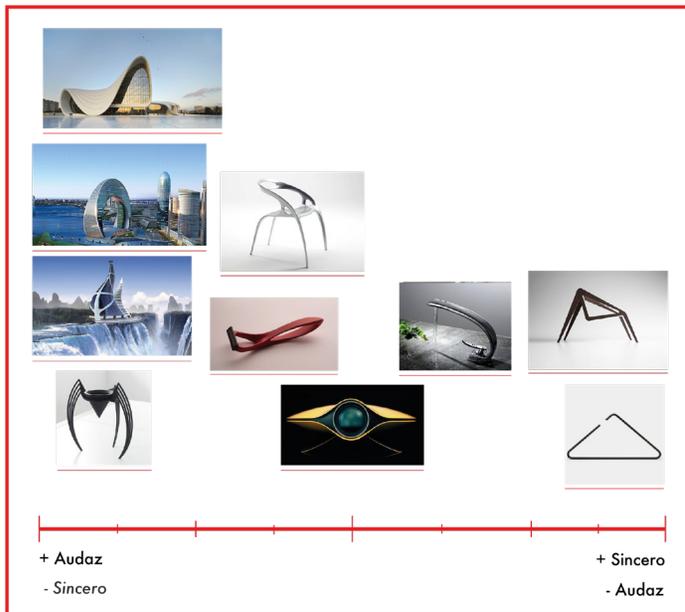
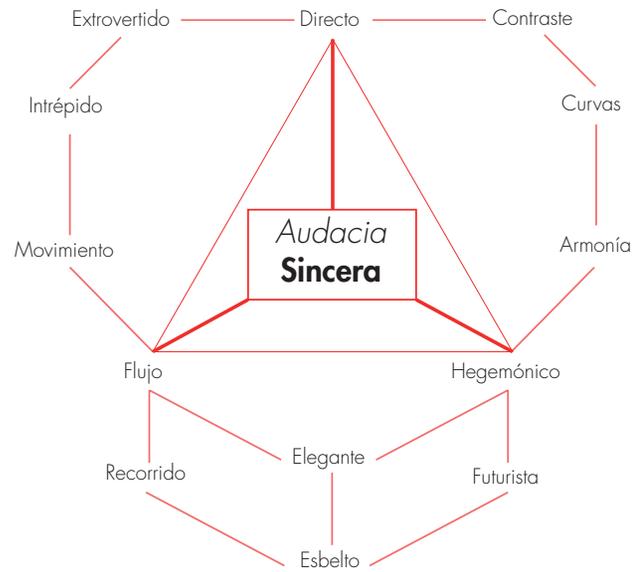


Elementos que exponen lo que son a través de los mínimos elementos esenciales, generan hegemonía a través del orden y tamaño de estos elementos, combinan colores saturados y sobrios como blanco o beige junto con amarillo o rosado.

Son elementos de génesis pura, la belleza se encuentra en la funcionalidad, en la línea recta y regular.

FIGURA 22. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com. Elaboración propia

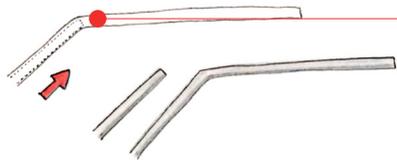
Audacia Sincera



Elementos que a través de sus curvas en salta la esencia de este mismo, esto genera dinamismo y fuerza en los componentes, el recorrido de las curvas genera contraste y armonía debido a la continuidad de estas mismas. Los elementos que se consideran sinceros son mostrados en exageración, por lo que entrega las características intrépidas de la audacia.

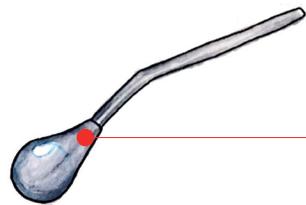
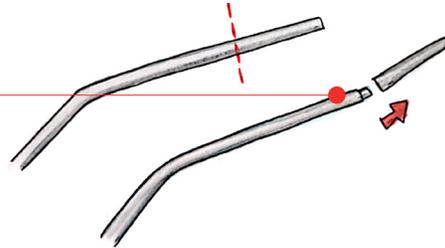
FIGURA 23. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com. Elaboración propia.

5.4 Génesis formal



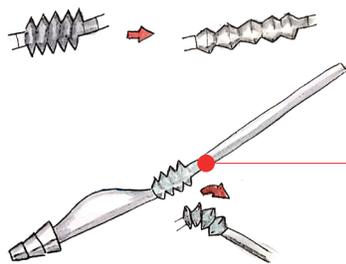
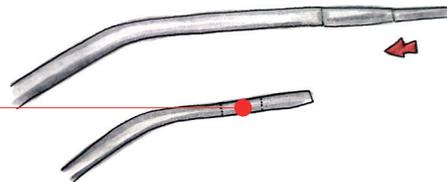
Cánula que se compone de un cuerpo tubular dentro de otro. Se desecha esta idea por la complejidad del ensamble con la válvula.

Cuerpo tubular que se divide para disminuir la altura. Se desecha la idea por complejidad entre la unión de las piezas tubulares.



Cánula con válvula esférica, la idea es que el cuerpo tubular se pueda mover a través de la válvula. Sistema de rodamiento complejo de realizar.

Cánula con cuerpo tubular retráctil, permite regular altura, pero genera complejidad con los diámetros, tolerancias y usabilidad.



Cánula con elemento retráctil. El sistema nace por la observación de las bombillas. Unión de elementos por presión.

Esta idea por la facilidad de su conexión de piezas y debido a su adaptabilidad en largo y angulación se ve factible de desarrollar.

Como primer acercamiento al desarrollo de una propuesta, se realiza una etapa de exploración. Se generan ideas para entregarle adaptabilidad a la cánula a través de morfologías que puedan cambiar durante su uso.

FIGURA 24. Bocetos de primer acercamiento de propuesta. Elaboración propia.

Para la válvula, la exploración se hizo a través de plasticina para tener mejor entendimiento con la forma de contacto.

Oclusión lateral con agujeros por ambos lados



De uso ambidiestro, aumenta la dificultad con el control de presión y el calce con la morfología y los dedos.

Oclusión lateral a un solo lado



Cómodo al pulgar, su uso ambidiestro es a través del pulgar e índice según mano que se utilice, por lo que dificulta la coordinación.

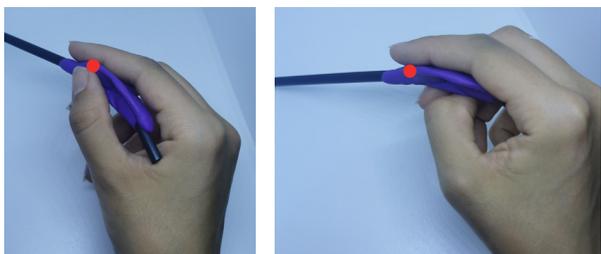
FIGURA 25. Fotografías de exploración. Elaboración propia.

Oclusión en parte inferior



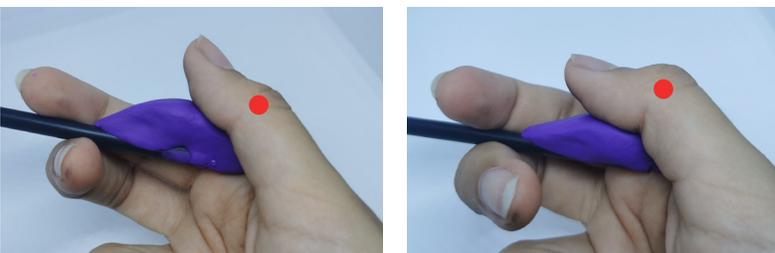
Pierde la visualidad para ver el agujero, genera tensión en el pulgar para generar la oclusión ya que no hay apoyo, el descanso es cuando no está en oclusión.

Oclusión en parte superior con índice



Disminuye el área de oclusión debido al tamaño de la falange, su uso es incompatible con la manguera y dificulta el calce entre dedo y morfología considerando la variación de tamaño de manos.

Oclusión pulgar parte inferior con altura



Válvula con pendiente, a mayor altura menor es la flexión pero aumenta la elevación del metacarpo. Uso ambidiestro y mantiene familiaridad con la forma de oclusión actual.

De esta etapa se elige seguir desarrollando una propuesta que se componga de una pieza retráctil junto con una válvula con pendiente y oclusión en la zona superior.

FIGURA 25. Fotografías de exploración. Elaboración propia.

5.4.1 Desarrollo propuesta retráctil

Desde la observación del sistema retráctil de las bombillas y de la cánula ROKTO de referente, se realizó una búsqueda de productos con el mismo sistema, en el cual se encontraron las botellas plegables de silicona.

Desde la geometría de la botella, esta adquiere un rango de movimiento además de la flexibilidad que entrega el polímero. Los movimientos son de extensión, compresión y flexión.

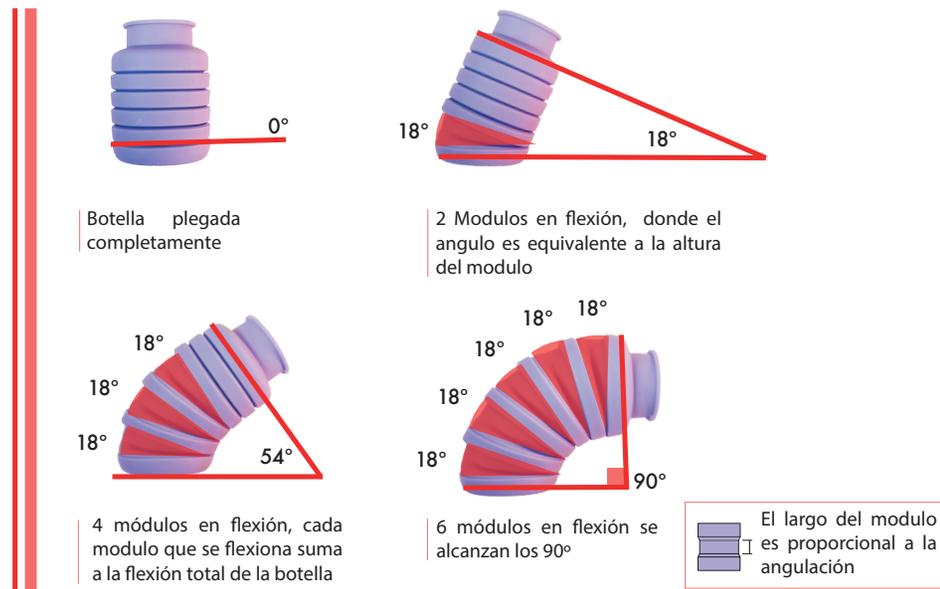


FIGURA 26. Renders de ángulo. Elaboración propia.

Desde las cánulas que existen en el mercado, que varían en un rango de 20° a 90° de angulación se realizó el cálculo de cuantas posibilidades de módulos con sus respectivos ángulos hay.

Módulos	2	3	5	6	9	10	18
Ángulos	45°	30°	18°	15°	10°	9°	5°

Se decide elegir 3 módulos con flexión de 45° debido a que con menor cantidad de módulos hay menor puntos de articulación, por lo que la morfología es más firme y las 3 posturas abarcan los ángulos mas comunes en el mercado, 0° , 45° y 90° .

Con este referente elegido como sistema adaptable se realiza una exploración morfológica de movimiento con los 3 módulos propuestos.

Exploración

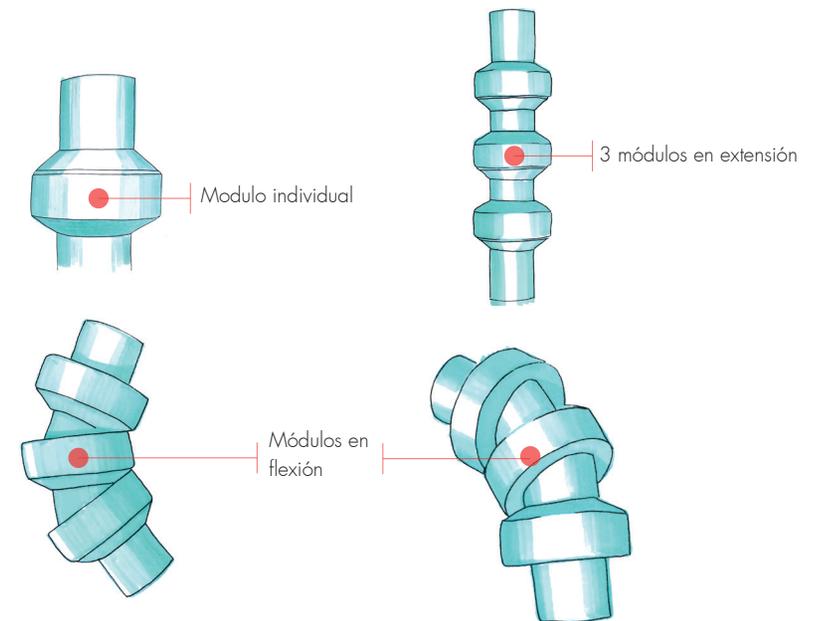


FIGURA 27. Bocetos de exploración morfológica

5.5 Desarrollo de prototipos

Con los conceptos y referentes elegidos, se inicia el proceso de una segunda génesis formal junto con el desarrollo de prototipos, de modo resumen se realiza la siguiente tabla con los prototipos realizados y sus resultados correspondientes.

Prototipos realizados

Prototipos realizados		Analíticos - Enfocados	
		Propósito	Observaciones
Sketchs propuestas	Propósito	Generar primeras propuestas	
	Acercamiento	Visualización del producto	
	Observaciones	Se visualiza una idea base de la forma correspondiente al concepto y objetivo. No hay un entendimiento completo de la forma en relación a medidas y proporciones	
	Resultado de la exploración	Propuesta cumple con el concepto, hay que desarrollar un análisis de medidas de manos para generar parámetros. Curvas con función estética van a depender de estas medidas	
Prototipos realizados		Físico - Enfocados	
		Propósito	Observaciones
Mock ups plastilina	Propósito	Seleccionar una propuesta a desarrollar	
	Acercamiento	Modelo de apariencia	
	Observaciones	Se comprueba la postura del pulgar a la que se desea llegar a través de la forma propuesta y se concluye el requerimiento de agregar una curvatura convexa al inicio de la válvula para mejor adaptación con la falange proximal del pulgar. Factores como peso e interacción con la manguera no es posible analizar	
	Resultado de la exploración	Se realiza un acercamiento paramétrico y comprobar grados de flexión en el pulgar. Hay un entendimiento morfológico para poder ser desarrollado en CAM	
Prototipos realizados		Impresión 3D	
		Propósito	Observaciones
Impresión 3D	Propósito	Verificar hapticidad	
	Acercamiento	Modelo de apariencia paramétrico	
	Observaciones	Se comprueba la correcta conexión con la manguera y la postura del pulgar a través de las medidas definidas, se agrega peso para tener un acercamiento mayor.	
	Resultado de la exploración	Hay que iniciar pruebas de contacto para comprobar posibles variaciones con distintos tamaños de manos, ubicación de agujeros de oclusión y el largo entre zona de conexión y el inicio de la pendiente	

Analíticos - Enfocados

Sketchs propuestas	Propósito	Generar primeras propuestas
	Acercamiento	Visualización del producto
	Observaciones	Se realiza una idea de funcionamiento general, sin entregar proporciones correctas
	Resultado de la exploración	Para desarrollar las medidas del sistema, con el objetivo de llegar a los 90° y las proporciones con su funcionamiento por que medidas están directamente relacionadas con la botella de referente

Físico - Enfocados

Impresión 3D	Propósito	Comprobar funcionamiento del sistema
	Acercamiento	Modelo de mecanismo
	Observaciones	La cantidad de elementos de articulación afectan en la flexibilidad del objeto, el espesor debe ser estudiado para un correcto funcionamiento. No hay un comportamiento real debido a la diferencia del material y sus propiedades
	Resultado de la exploración	Se debe generar una adaptación de la forma para poder ser factible en impresión 3D, esto provoca perdida de su funcionalidad, para poder ver el sistema en flexión se debe realizar un modelado CAD

Analíticos - Enfocados

Sketchs propuesta en funcionamiento	Propósito	Desarrollo de propuesta en mayor detalle
	Acercamiento	Visualización del producto
	Observaciones	Se definen detalles de conexión e integración, se mejora las proporciones y hay una mejor visualización gracias a los prototipos físicos realizados.
	Resultado de la exploración	Se realiza un desarrollo de integración visual como producto entero

Analíticos - Integral

Modelados 3D	Propósito	Realizar archivos para impresión 3D y renders
	Acercamiento	Visualización del producto
	Observaciones	Se obtienen detalles de peso. La visualización es estática por lo que no es posible observar el movimiento de la pieza articulada, se realiza otro modelado aparte para observar la flexión
	Resultado de la exploración	Se visualiza la propuesta en contexto y con materialidad final

Físico - Enfocados

Bombilla	Propósito	Analizar la modalidad de uso
	Acercamiento	Primera aproximación física
	Observaciones	Primer acercamiento físico a la propuesta, ayuda a analizar su forma de uso. No contiene factores como peso, tamaños o detalles de unión
	Resultado de la exploración	Entrega una idea básica de que la propuesta es factible y partes a desarrollar de forma individual

Impresión 3D	Propósito	Desarrollo y funcionamiento de propuesta elegida
	Acercamiento	Visualización del producto
	Observaciones	Se analiza interacción entre los tres elementos, se comprueba su modo de uso con las definiciones paramétricas. Debido a que el prototipo no está realizado con materiales que se acerquen a las propiedades de los originales, aun hay detalles que no es posible observar
	Resultado de la exploración	En primera instancia se muestra donde mejorar ajustes de conexión y proporcional a la idea principal, también se define donde desarrollar el aspecto estético y como llegar al prototipo final factible

5.5.1 Cánula con elemento retráctil

Se realiza una primera propuesta, integrada por tres elementos; válvula, sistema retráctil y la punta o cuerpo tubular. De esta propuesta la válvula es un elemento de re-diseño, ya que su posición, y funcionamiento no cambian.

La innovación de este elemento va en su forma de contacto ya que busca una integración con el pulgar, el sistema plegable se ubica entre la válvula y la punta ya que de este modo su funcionamiento es realizado más cerca del usuario, su propósito es movilidad y precisión, la punta es realizada con las medidas standard del mercado actual.

De este modo la cánula sigue manteniendo su esencia del instrumental, pero tiene la innovación del movimiento y la modularidad.

Prototipo físico enfocado



Prototipo realizado de bombillas y plasticina para poder realizar un primer acercamiento físico y pruebas de asir con la mano (estas pruebas están detalladas más adelante en el capítulo de ergonomía).

Con este prototipo se hace una idea básica de su funcionamiento, interacción y forma de despiece entre componentes.

Con este acercamiento físico se decide seguir desarrollando la propuesta ya que se considera que es una opción factible para realizar y que a la vez da una respuesta al objetivo propuesto.

Propuesta Sketch

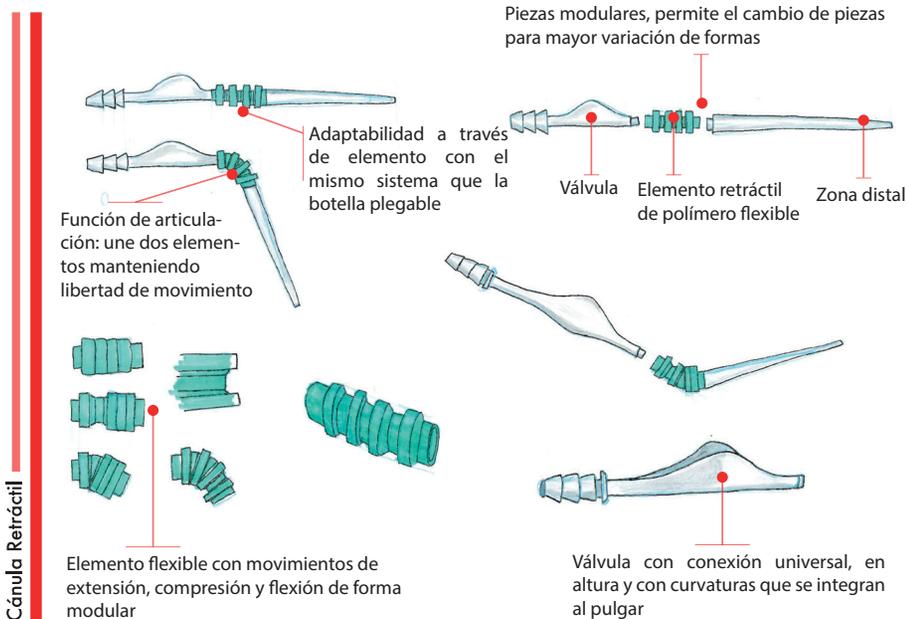


FIGURA 28. Propuestas Sketch

FIGURA 29. Prototipo físico. Elaboración propia.

5.5.1.1 Análisis ergonómico

Se desarrolla una proyección de cómo se espera que la cánula sea utilizada en contexto. De esta propuesta y su modo de uso lo más importante es la disminución de la flexión de la muñeca, donde este movimiento es sustituido por el elemento retráctil.

Los movimientos de hombro y codo también se espera su reducción y que haya un aumento de movilidad en los dedos.

De este modo el uso de la cánula está enfocado en los dedos, articulaciones que mejor realizan movimientos finos y de precisión.

Propuesta postura ergonómica

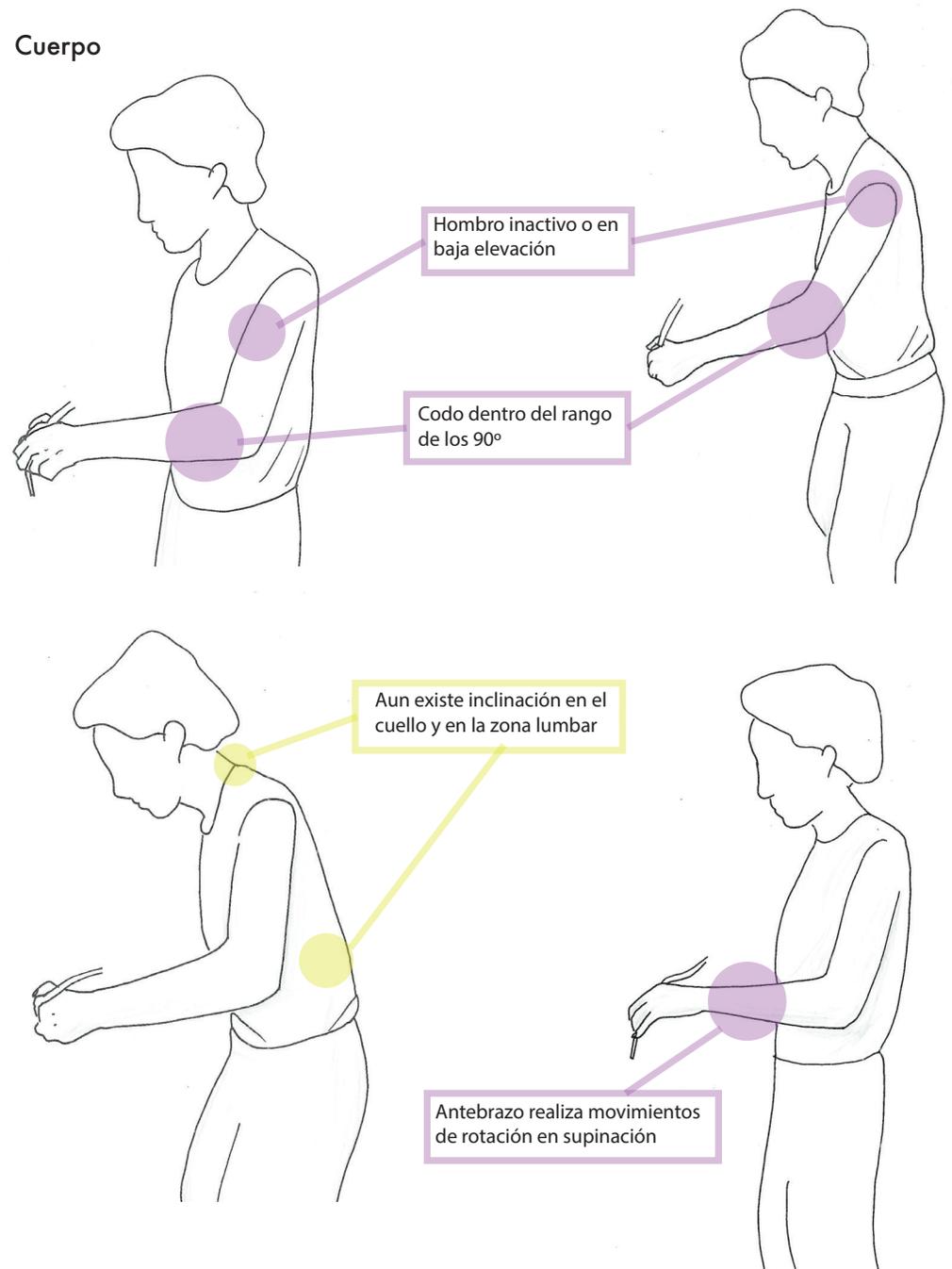


FIGURA 30. Propuesta ergonómica cuerpo.

Mano: - Asir pinza

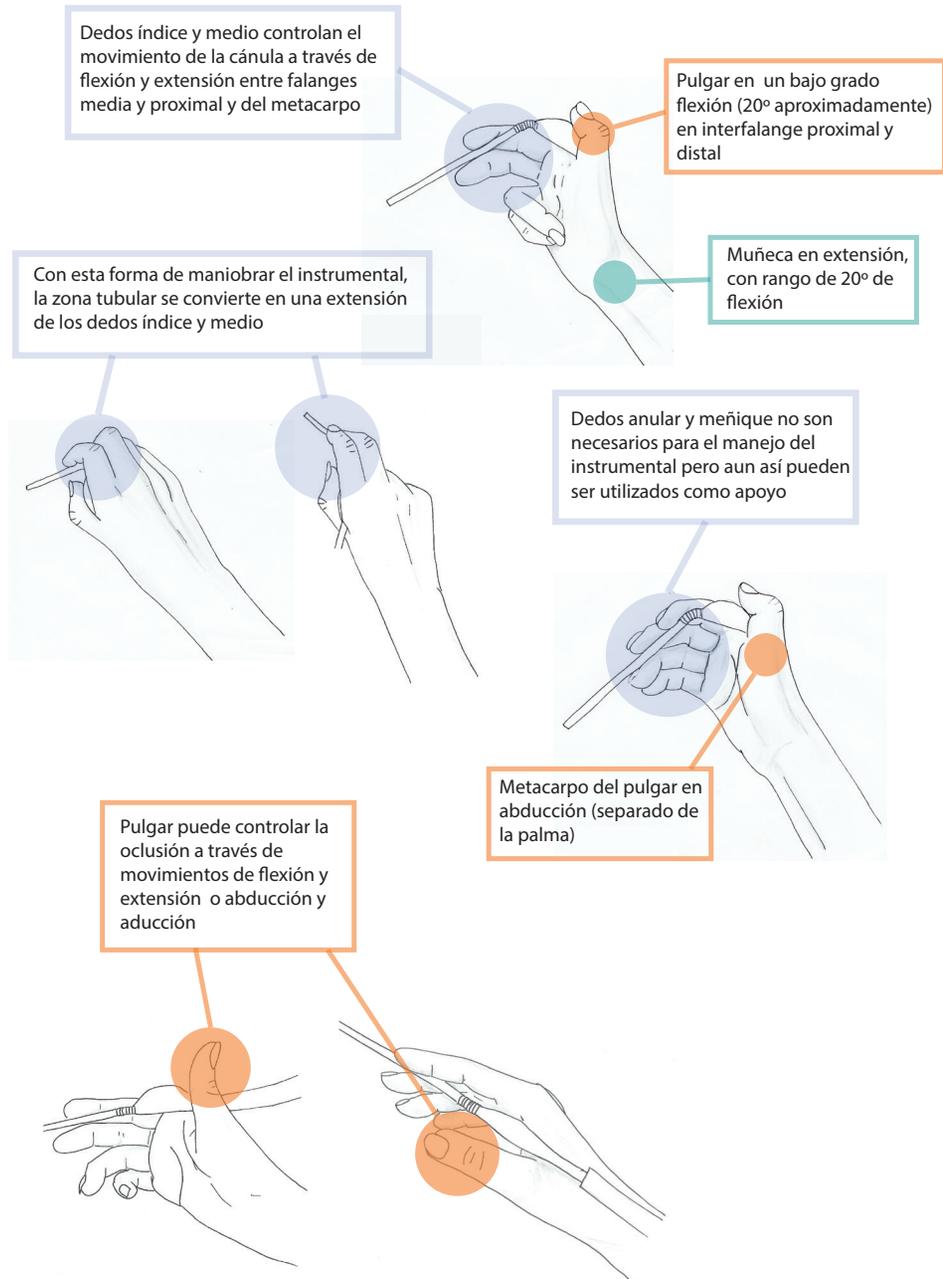


FIGURA 31. Propuesta ergonómica mano.

Proyección de uso de propuesta en contexto de neurocirugía.

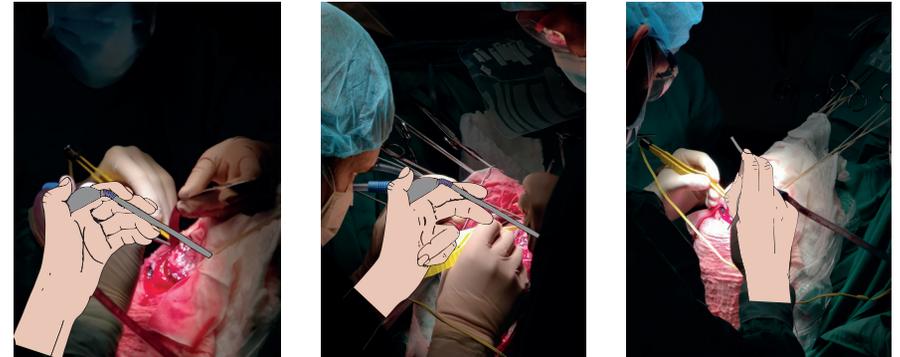


IMAGEN 10, 11 Y 12. Bocetos proyección de uso.

La propuesta va dirigido a modificar el uso de cánula de succión principalmente en mano, muñeca, hombro y codo, lamentablemente los malestares musculoesqueléticos tal como en el cuello, zona lumbar o cansancio de piernas están relacionados al entorno del campo quirúrgico y no al uso del instrumental.

5.5.2 Desarrollo válvula.

Desde el modo analítico, solo hay una idea base donde la válvula esta en altura, tiene una geometría triangular con curvas, para mejor elaboración de la forma, se realizan prototipos de plastilina con distintas variaciones, cada variación era unida a una cánula Frazier actual para hacer el estudio de comportamiento con las manos.

A continuación, se muestra una tabla comparativa donde se muestra este proceso.

Mock - ups válvula

Cóncava		<p>Pro</p> <ul style="list-style-type: none"> Entrega mayor libertad de posicionamiento y movimiento. Fácil de cepillar en esterilización. 	<p>Contra</p> <ul style="list-style-type: none"> Posibilidad de posicionamiento incorrecto. Deslizamiento. No hay limitación con zona de tacto con dedos índice y anular.
Convexo		<p>Pro</p> <ul style="list-style-type: none"> Antideslizante Limita el pulgar a una posición. Se genera zona de apoyo cómoda por la curvatura natural del pulgar. 	<p>Contra</p> <ul style="list-style-type: none"> Si la curva es pronunciada genera incomodidad en dedos grandes. Si es completamente hueca hay zonas con dificultad para cepillar en esterilización, por lo que afecta en mayor cantidad de material
Recta		<p>Pro</p> <ul style="list-style-type: none"> Entrega mayor hapticidad zona media del pulgar 	<p>Contra</p> <ul style="list-style-type: none"> Exceso de material en zona que no es parte del apoyo principal No sigue la curvatura natural de dedos índice y anular
Elíptica		<p>Pro</p> <ul style="list-style-type: none"> Zona de apoyo seguro en falange que realiza la flexión Zona delgada ayuda como guía de posicionamiento Se genera zona de guía para el dedo indice con dirección a la cánula Se genera un mayor apoyo en tejidos blandos de la falange distal 	<p>Contra</p> <ul style="list-style-type: none"> No hay integración de posicionamiento desde la falange proximal

FIGURA 32. Mock up válvula. Elaboración propia.

Desde la comparación realizada se concluye la siguiente morfología final. Cabe destacar que en este proceso se realizan fotos para medir los ángulos y comprobar que la altura ayuda a disminuir la flexión, el proceso para llegar a medidas definidas esta explicado más adelante.



FIGURA 33. Mock up final válvula. Elaboración propia.

5.5.2.1 Oclusión

La morfología de oclusión para la cánula se elige una desde el mercado actual, debido a que diseñar esta forma corresponde a realizar pruebas presión para su validación, cosa que para el contexto en el que se realiza este proyecto se ve imposibilitado. Por eso se realiza la siguiente tabla comparativa para elegir el diseño.

De todas las opciones se elige la tercera debido a que cumple con el requerimiento de regular la presión y a la vez entrega las dimensiones correspondientes.

Morfologías de oclusión

1. Agujero circular



Es la forma más sencilla de realizar la oclusión, solo entrega dos formas de uso, sin presión o con presión. Esta morfología es la más común, al entregar solo dos opciones de uso, requiere por parte del usuario mayor asertividad ya que hay mayor posibilidad de succionar tejido sano.

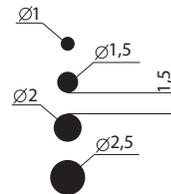
2. Forma de gota



La regulación de la presión a través del deslizamiento del pulgar por la válvula, el control de la presión se realiza de manera intuitiva, similar a un dimmer electrónico, mientras más se va cubriendo la forma, más va aumentando la presión pero sin tener una regulación fija. Esta morfología fue diseñada por el laboratorio Aesculap Inc y es considerada ergonómica por empresas que venden instrumental médico.

En una primera instancia se decide elegir esta morfología para realizar la oclusión, pero debido a la falta de información sobre las dimensiones correspondientes se sigue averiguando sobre otras morfologías.

3. Varios agujeros circulares



Permite control de la presión a través de distintas posiciones que dependen de cuántos agujeros son ocluidos, este tipo de diseño surge de la observación de la flauta transversa aguda.

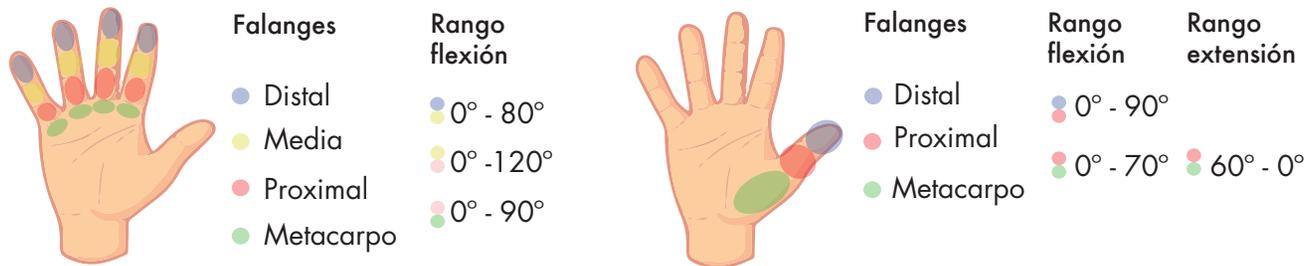
Existen distintas variaciones a través de distintos tamaños de agujeros y cantidad. En un estudio realizado por el neurocirujano Abdolkarim Rahmanian (Desde el hospital Nemazi, Irán) concluye que la variación más eficiente es la de cuatro agujeros circulares equidistantes con una disminución progresiva del diámetro.

Esta morfología entrega una regulación de presión muy similar a la forma de gota pero de forma más controlada o fija, ya que permite 4 variantes de manera estable.

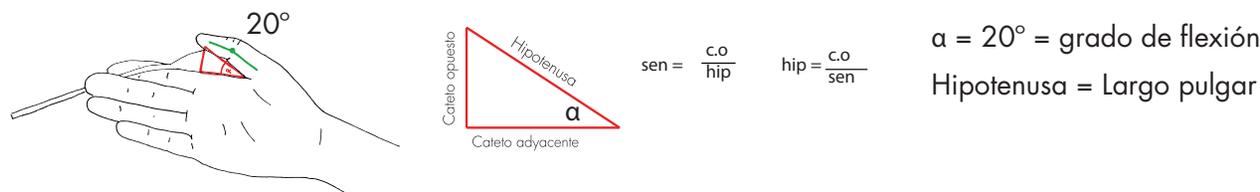
FIGURA 34. Morfología de oclusión.

5.5.2.2 Parametrización de la propuesta

Para definir las medidas de la válvula se realizó un análisis del rango de movimiento de los dedos, junto con un levantamiento de información de las medidas antropométricas de mujeres y hombres chilenos a través de un estudio rescatado de "Aspectos Biométricos de la Mano de Individuos Chilenos", autoría por: O, Binvignat; A, Almagia; P, Lizana y E, Olave.



A través de estas medidas se realiza un cálculo trigonométrico utilizando valores de la mano más pequeña y de la más grande para calcular la distancia del cateto opuesto, que representa la altura necesaria para conseguir una flexión de 20° en el pulgar.

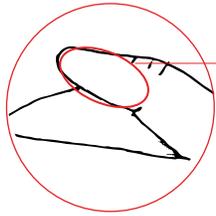


	Mínimo	Máximo
— Largo pulgar	50,2	57,3
— Largo falange distal	26,5	34,5

Resultados	
— Medidas pequeñas	17,17
— Medidas grandes	19,59

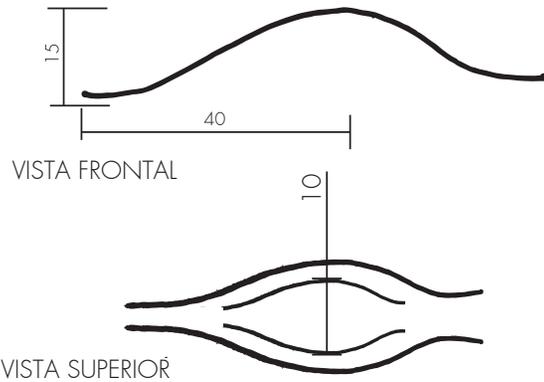
FIGURA 35. Parametrización de la propuesta.

Al obtener ambos resultados cercanos entre ellos se decide optar por la altura de la mano más pequeña debido a que así queda el área de superficie principal cubierto por cualquier tipo de pulgar y solo genera un pequeño excedente de piel en relación a la medida más grande.



Pero debido a que naturalmente el pulgar tiene una forma elíptica, al ser apoyado, el área de la falange no tiene contacto con toda la superficie, es por esto, que considerando este excedente de apoyo, se reduce de 17 mm a 15 mm la altura. Dejando la superficie post pendiente como zona de apoyo auxiliar.

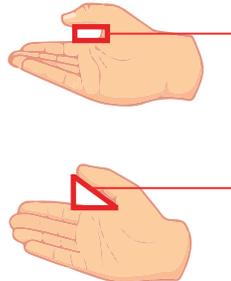
Medidas finales



El ancho máximo de la válvula se decide que es 10 mm basándose en el grosor estándar de las cánulas y así el pulgar de medidas grandes no pierde superficie desde los lados.

Posición metacarpo

El metacarpo representa la distancia entre el pulgar y el resto de la mano



Se decide realizar una morfología integrativa desde la pendiente calculada de esta forma se genera apoyo desde la falange proximal y el pulgar obtiene apoyo a través de todo su largo.

FIGURA 35. Parametrización de la propuesta

5.5.3 Impresión 3D

Con medidas y morfología definida se realiza el proceso de prototipado en impresión 3D. Para las piezas de la válvula y la zona tubular se ocupa filamento PLA y para la pieza retráctil se ocupa el filamento TPU para lograr flexibilidad.

En este proceso de modelado e impresión la pieza retráctil fue la que más dificultad tuvo. Para realizarla se tomaron las medidas de la botella (donde se rompió para medir sus espesores) y se adaptó para que cumpliera con las proporciones de la cánula.

La pieza al ser muy fina trajo complicaciones debido a la incompatibilidad de espesores entre la morfología y el extrusor de la impresora, por ende, esta se volvió a imprimir al doble de su tamaño con el propósito de ver como se comporta la morfología con el TPU y analizar como ajustar el modelado original para que pueda ser impreso.

La pieza tubular solo tuvo complicaciones en los ajustes de impresión en posicionamiento y velocidad debido a la forma alargada y de bajo grosor. Con la válvula no hubo complicaciones.

Las observaciones de la impresión 3D se detallan en la siguiente figura.

Impresión 3D

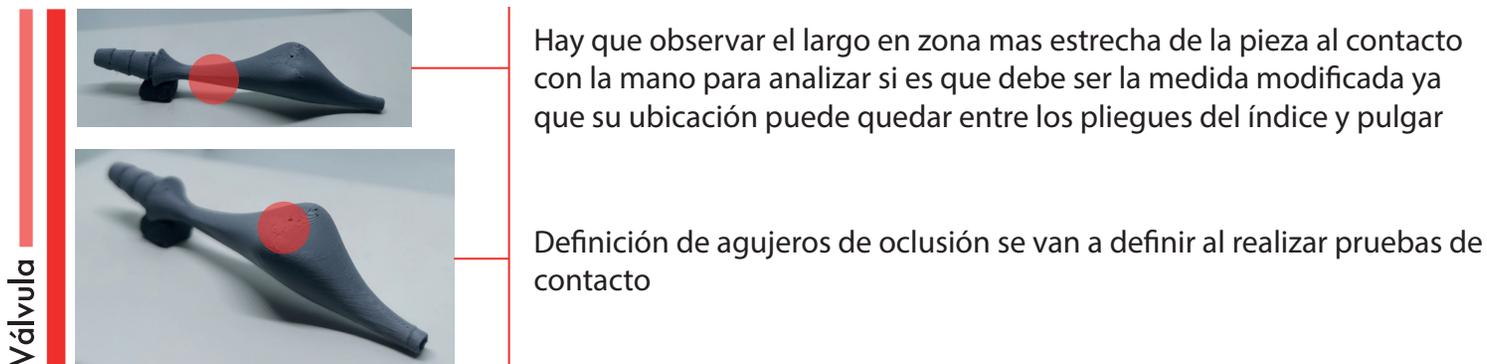
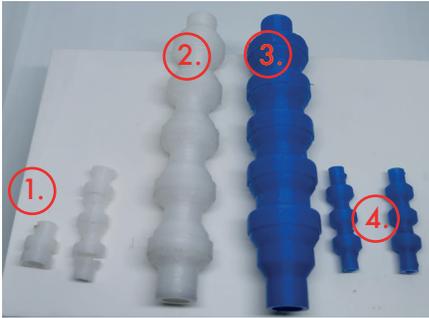


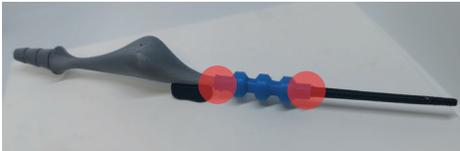
FIGURA 36. Observaciones impresión 3D

Elemento retráctil



1. Primeras pruebas de los módulos, se rompieron debido a la incompatibilidad del espesor y el extrusor
2. Prueba 2:1 para comprobar funcionamiento. Es flexible al moverlo a los lados pero no se comprime sobre su propio eje
3. Prueba 2:1 muy resistente al movimiento
4. Prueba 1:1 con 3 módulos, se comprime sobre su propio eje, se flexiona a los lados fácilmente pero no mantiene la posición

Cánula completa



Correcta unión de calce entre piezas, se permite la flexión sin provocar el descalce en forma estática



Flexión no se comporta de la manera deseada debido a la resistencia del material y espesor de la pieza retráctil y al ser presionada sin cuidado las piezas se desunen



Despiece

FIGURA 36. Observaciones impresión 3D

Conclusiones prototipo 3D

Con la unión de las tres piezas en físico se descubre que hay una des-proporcionalidad debido a que la zona tubular se ve muy pequeña en comparación a las otras dos piezas. Esto es debido a un error de cálculo entre la suma de largos de la pieza retráctil y la tubular.

La pieza retráctil al ser intermediaria y al tener una morfología que responde a su funcionalidad, genera una discontinuidad visual. Se decide adaptar con fines estéticos, se modifica para generar integración entre la válvula y el cuerpo tubular. Adquiere un aspecto orgánico y direccionado, se le suma la condición de tener una entrada específica para las otras partes (deja de ser bi-direccionado).

La flexión de la pieza retráctil al ser de filamento TPU y tener espesores incompatibles con el extrusor de la impresora, se termina modificando para ser factible con esta. Por lo que es flexible pero no con el comportamiento deseado. Lamentablemente debido al contexto actual de pandemia, no es posible la realización de un prototipo de polímero flexible por lo que en esta etapa se pierde el estudio de movimiento de la pieza.



FIGURA 37. Observaciones impresión 3D

5.6 Evaluación

Para poder comprobar las medidas de la válvula y poder realizar ajustes a la propuesta se realiza una prueba de aspiración, también se hace una verificación con el usuario para poder recibir feedback de la propuesta, especialmente por el sistema de adaptabilidad propuesto

5.6.1 Evaluación asir

Se realizaron pruebas de hapticidad para comprobar zonas de contacto y posturas. Las pruebas consistieron en juntar a 7 personas entre hombres y mujeres del rango de manos del percentil más pequeño al más grande.

Con un guante de látex pintado (diferenciado por color entre hombres y mujeres), se les entregó la cánula con previa indicación de como se toma. Se tomó registro de la cánula antes y después de cada prueba, la pintura nunca fue removida por lo que esta se iba acumulando con cada usuario.

Resultados



Suma de los resultados



FIGURA 38. Fotografías prueba hapticidad.

De las pruebas se realizan las siguientes conclusiones:

1. Se logra el rango de flexión de 20° en el pulgar por lo que se cumple el objetivo de morfología en altura y todos los pulgares cubren la zona de contacto mínimo estipulado, por lo que se comprueba donde posicionar los agujeros de oclusión
2. Se genera tacto en la pieza retráctil, este tacto aunque no pareciera mostrar algún efecto negativo en su usabilidad, es difícil de deducir debido a que el acercamiento de la pieza aún es lejano, este punto se debe seguir desarrollando junto con el avance del prototipo alfa.
3. El extremo de la válvula, donde se une con la manguera, queda posicionado en la zona blanda entre el pulgar y el índice, por lo que el movimiento de la cánula puede generar incomodidad en la zona, por esto se decide alargar para evitar este contacto.

5.6.2 Evaluación usuario

Se llevo el prototipo en impresión 3D a un becado de neurocirugía llamado Rodrigo Vera (doctor que participó en investigación del marco teórico) para obtener feedback del usuario principal.

Respondió de forma positiva a la propuesta, su primera impresión fue que la cánula de succión es cómoda, quedó a gusto con la morfología de la válvula, ambos coincidimos en alargar la zona trasera debido a su posicionamiento en el pliegue entre el dedo índice y pulgar, junto con agregar una curvatura para que la caída de la manguera sea direccionado y siga la forma de la mano.

Con relación al sistema retráctil, lo encontró creativo y útil, dio énfasis en la mantención de ángulo y como beneficia las piezas intercambiables a la posibilidad de variación de tamaños y un fácil cambio de piezas si ocurre alguna obstrucción.



Modificaciones a realizar en la propuesta según evaluación

Válvula	Alargar y curvar zona trasera Posicionamiento de los agujeros en la cúspide de la curvatura
Pieza retráctil	En fase de prototipado con silicona evaluar inercia del plegado y probar variación de grosores modificación morfológica para integración visual entre la válvula y zona tubular
Pieza tubular	Modificar largo y grosor en zona de unión con pieza retráctil

FIGURA 39. Modificaciones propuesta.

5.7 Modificaciones

Luego de estos procesos y las conclusiones realizadas se realizan los siguientes ajustes a la propuesta

Propuesta final

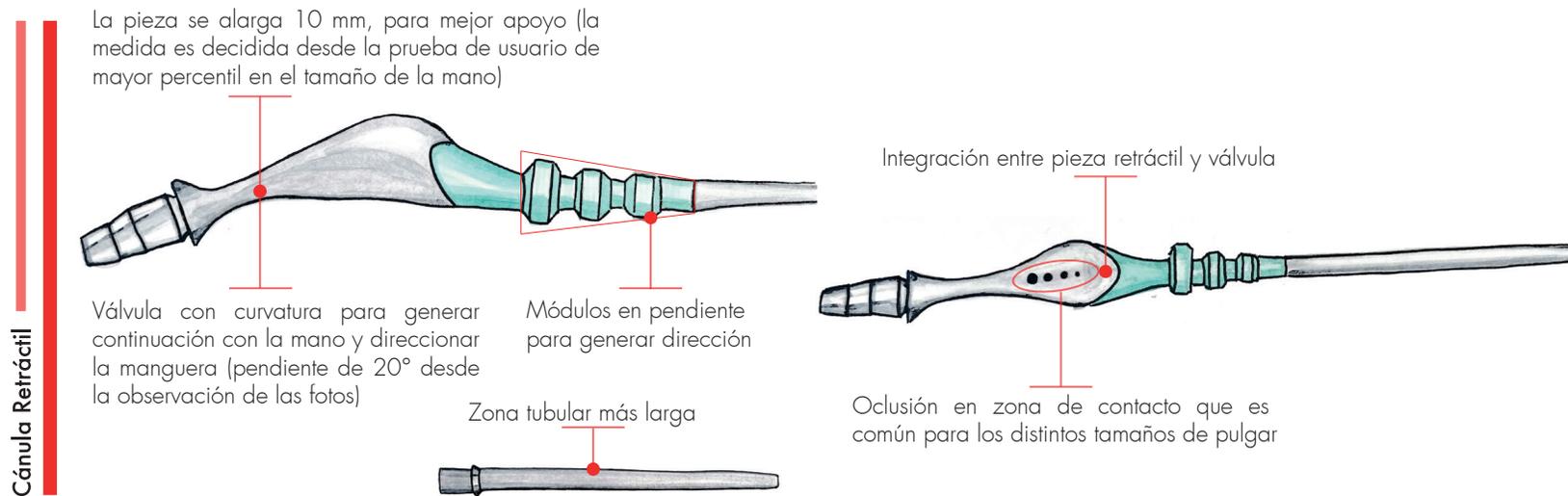


FIGURA 40. Propuesta final. Elaboración propia.

Con estas modificaciones se concluye la morfología final de la cánula de succión, lo que le da término al proceso de diseño y se continua con el desarrollo de la propuesta final del proyecto.

The image features a solid yellow background. Three thick white lines are positioned in the upper left quadrant: a vertical line extending from the top edge down to about the middle of the page, a horizontal line extending from the left edge to about the middle of the page, and another horizontal line extending from the right edge to about the middle of the page, creating a partial frame.

Diseño Final

6. Cánula Plicare

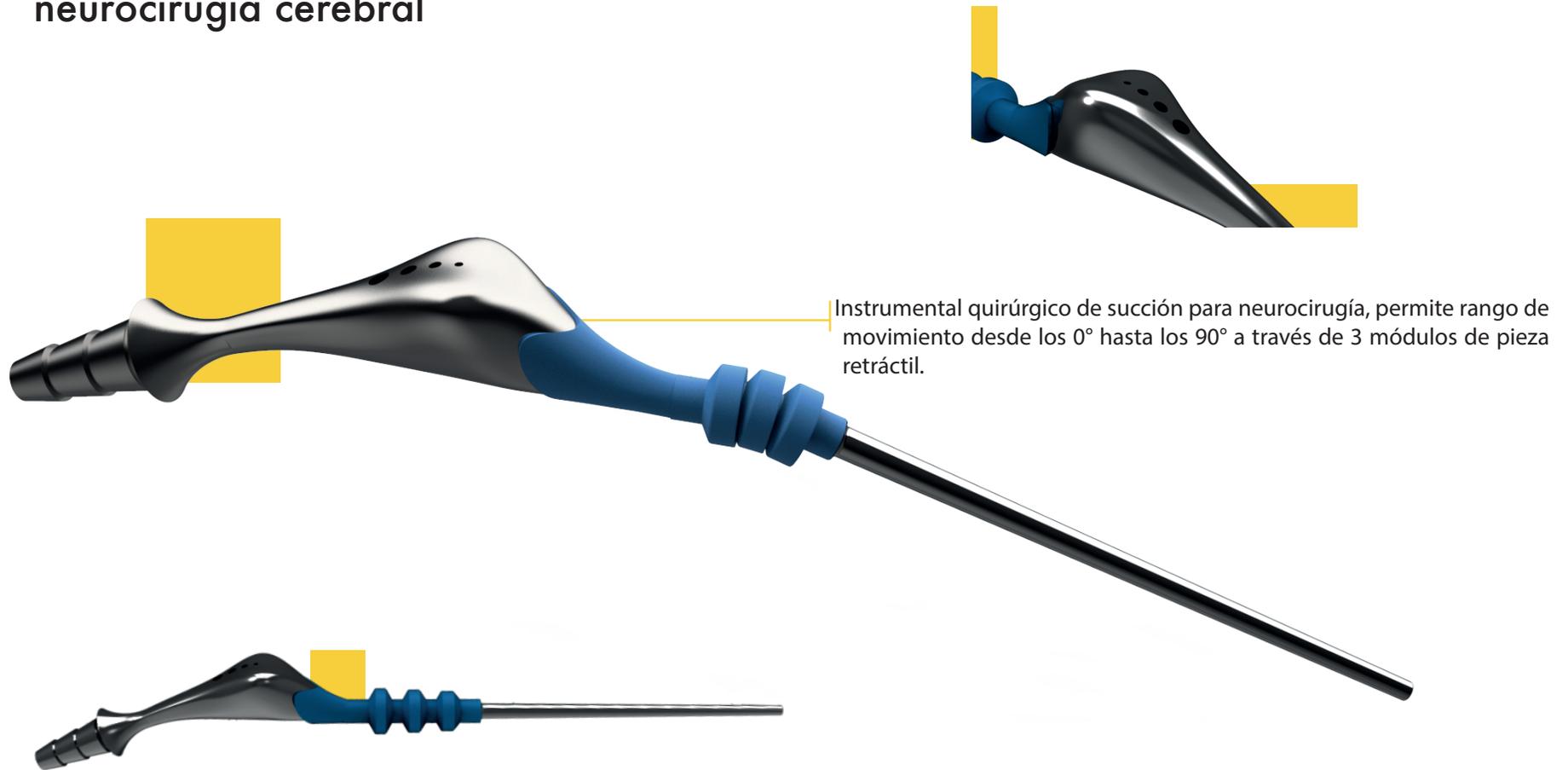
Cánula de succión Plicare



Plicare: de origen etimológico del latín, significa "hacer pliegues"

FIGURA 41. Cánula succión Plicare.

Cánula de aspiración para neurocirugía cerebral



Instrumental quirúrgico de succión para neurocirugía, permite rango de movimiento desde los 0° hasta los 90° a través de 3 módulos de pieza retráctil.

La cánula es **adaptable y modular**, permite que el cirujano mantenga una postura ergonómica durante el proceso de cirugía junto con fácil control de presión.

FIGURA 42. Cánula de aspiración para neurocirugía cerebral.



Reparabilidad

Si una pieza es dañada esta puede ser intercambiada individualmente

Innovación hedónica

Genera placer a la vista

Control de presión

Precisa y controlada por oclusión de pulgar

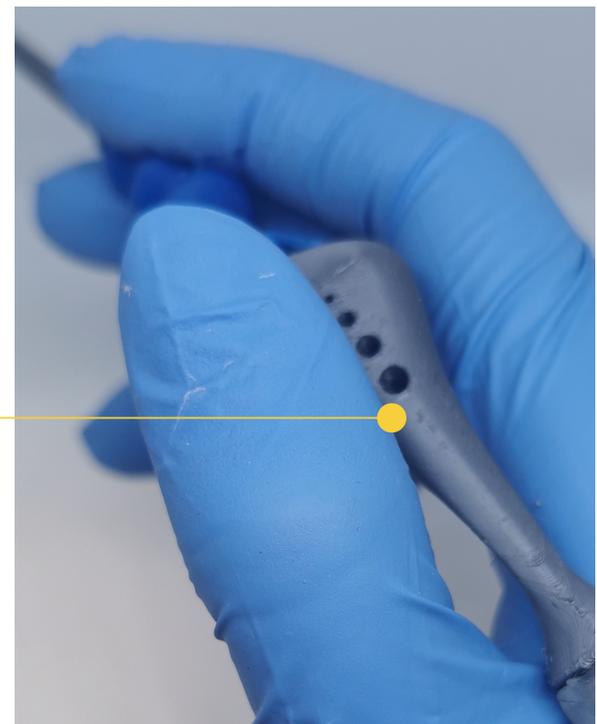
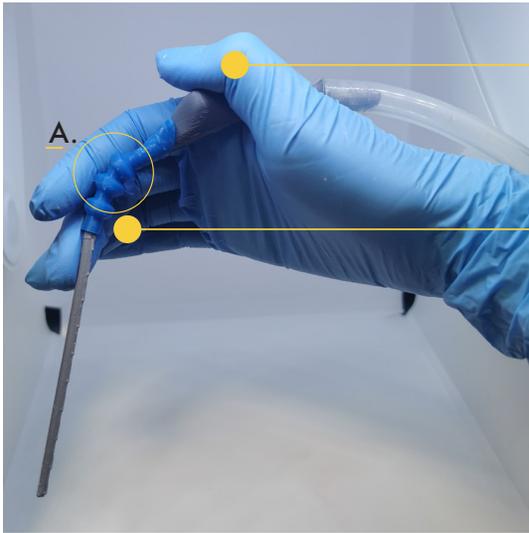


FIGURA 43. Cánula de aspiración para neurocirugía cerebral.



Innovación funcional

Cambia la forma de uso habitual. El pulgar se apoya en reposo y se controla angulación con el resto de los dedos

A. Detalle flexibilidad

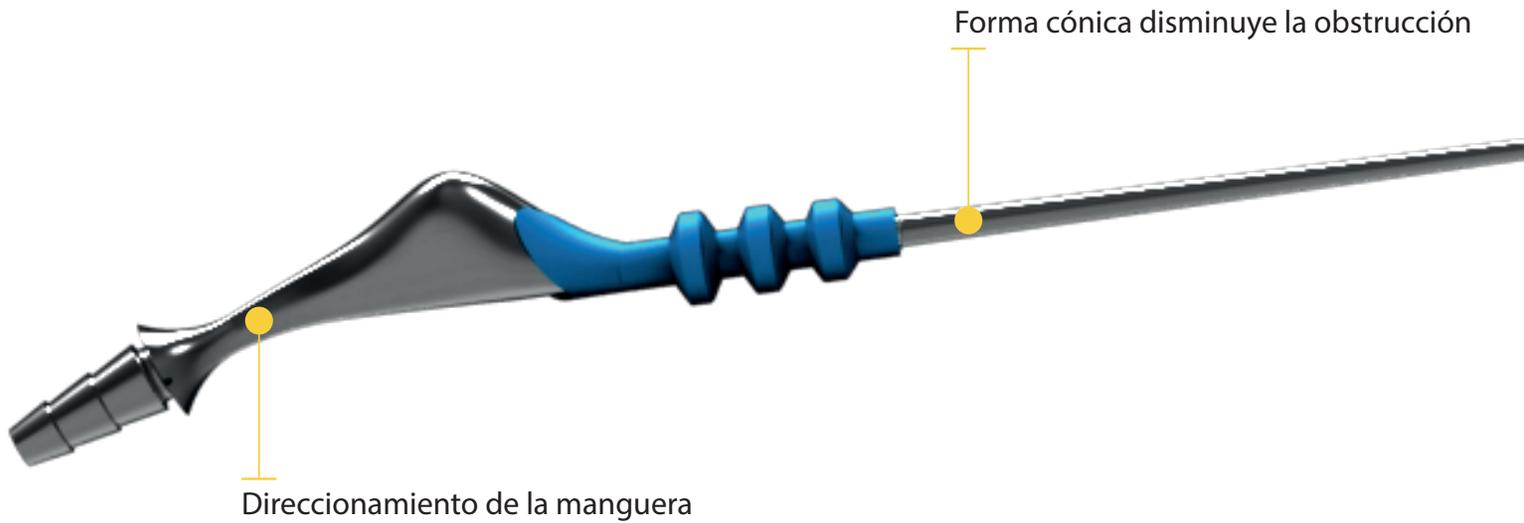
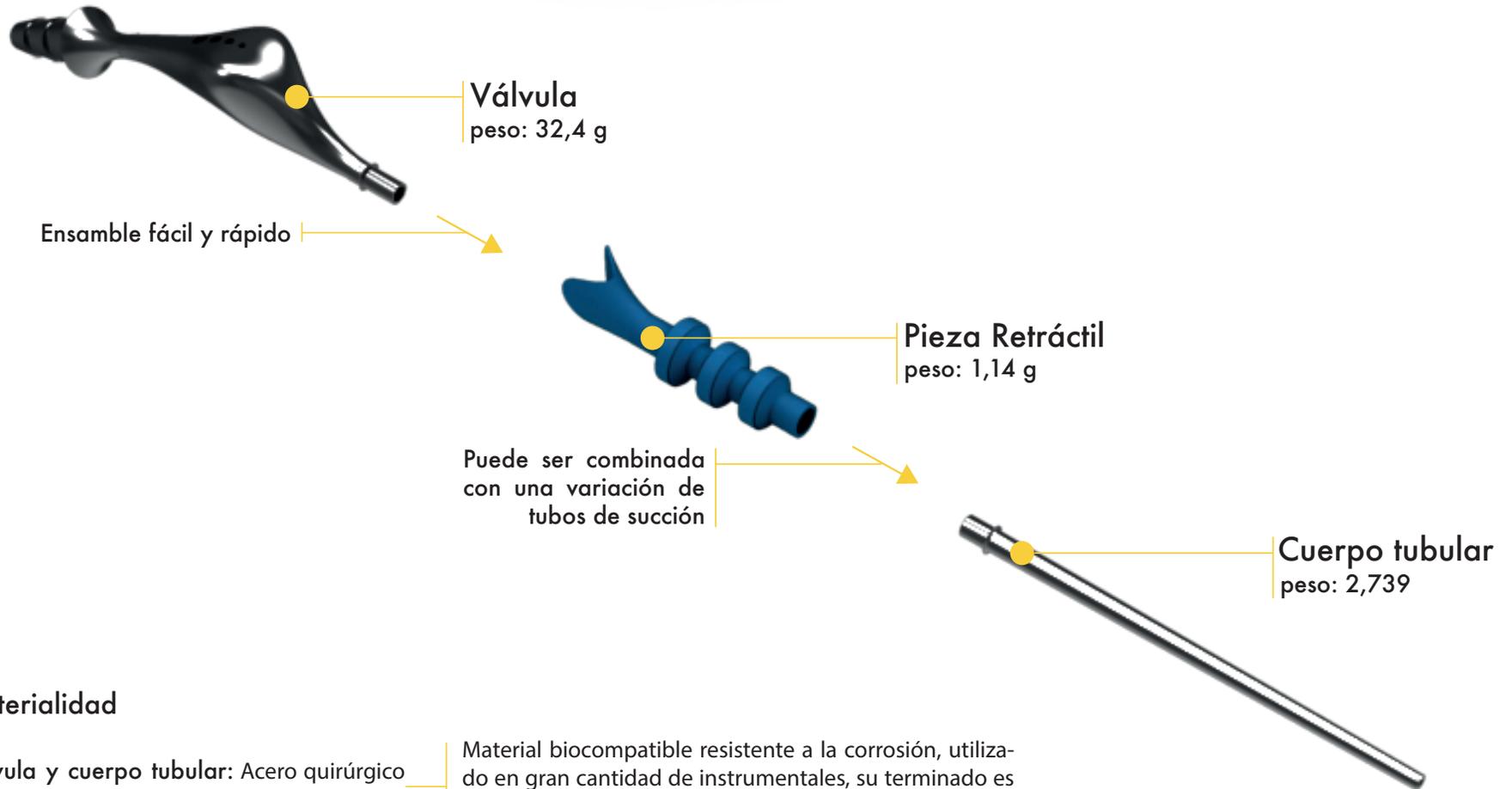


FIGURA 44. Cánula de aspiración para neurocirugía cerebral.

6.1 Despiece



Materialidad

Válvula y cuerpo tubular: Acero quirúrgico aleación AISI 316, terminado adonizado

Material biocompatible resistente a la corrosión, utilizado en gran cantidad de instrumentales, su terminado es mate y a prueba de resplandor

Pieza retráctil: Duraform Flex

Material biocompatible, flexible, resistente a disolventes, no genera corrosión a materiales que estén en contacto, esterilizable, homologado FDA

FIGURA 45. Despiece cánula.

6.1.1 Válvula

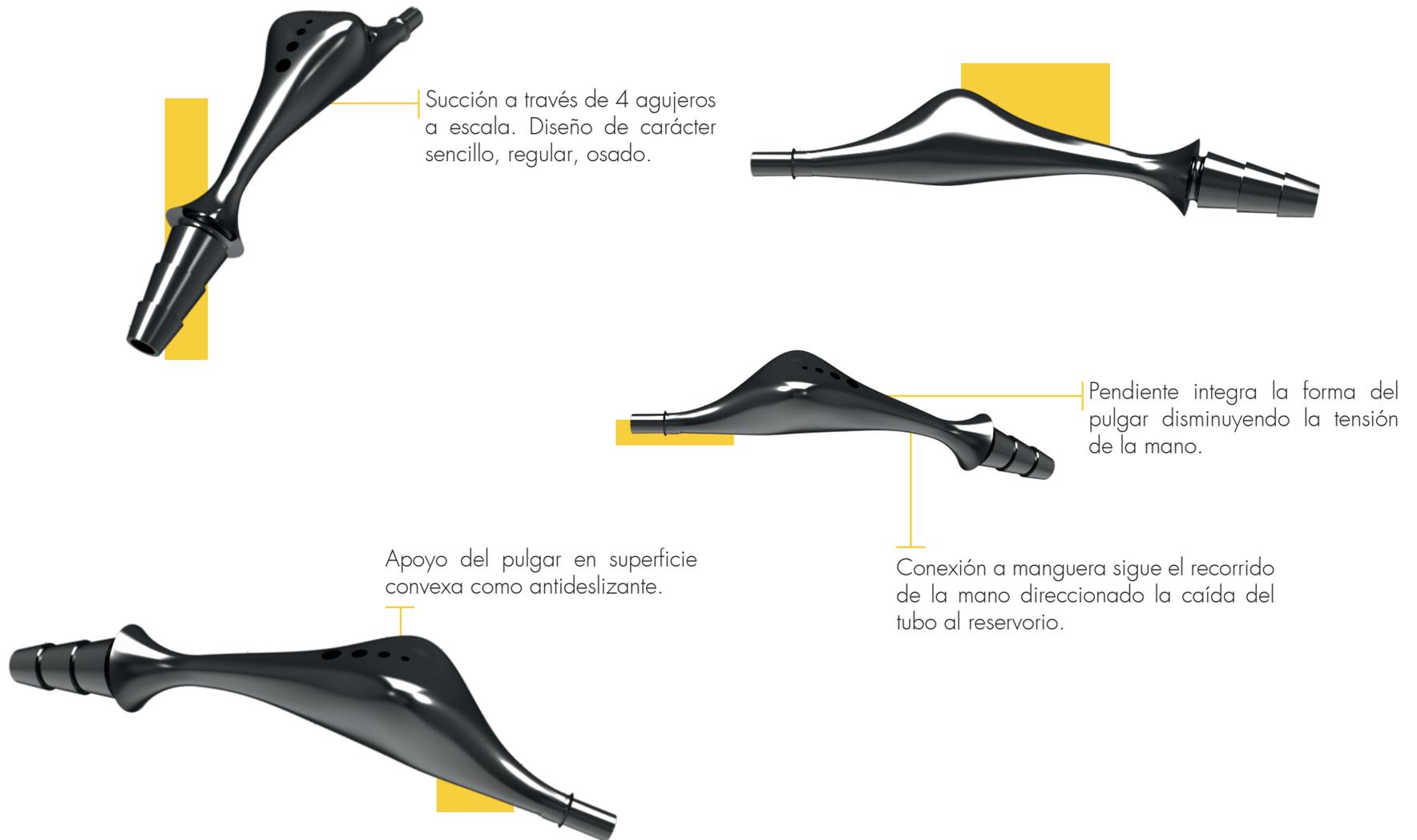


FIGURA 46. Despiece cánula. Válvula.

6.1.2 Pieza retráctil

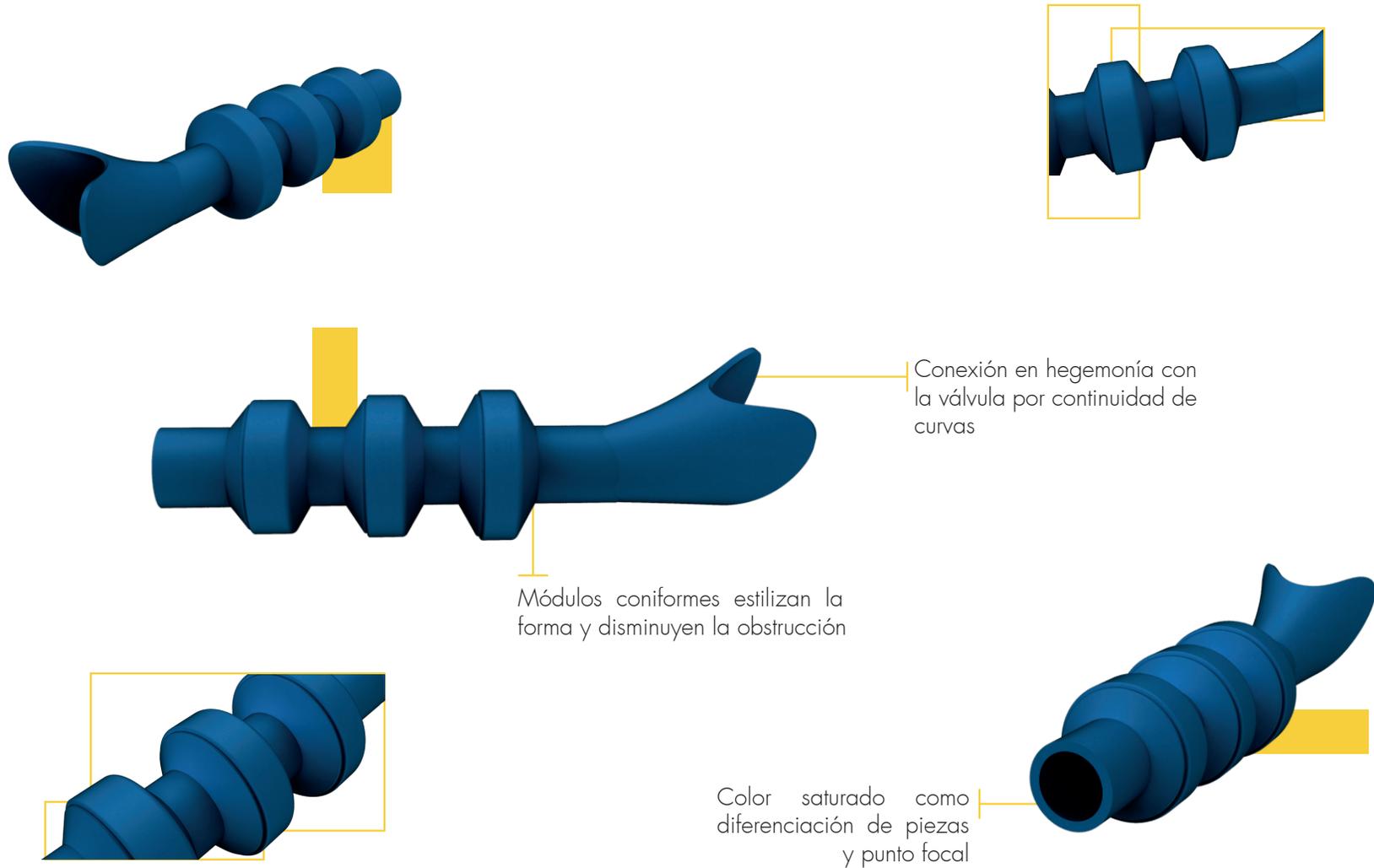


FIGURA 47. Despiece cánula. Pieza retráctil.

6.1.3 Cuerpo tubular

Cuerpo Tubular

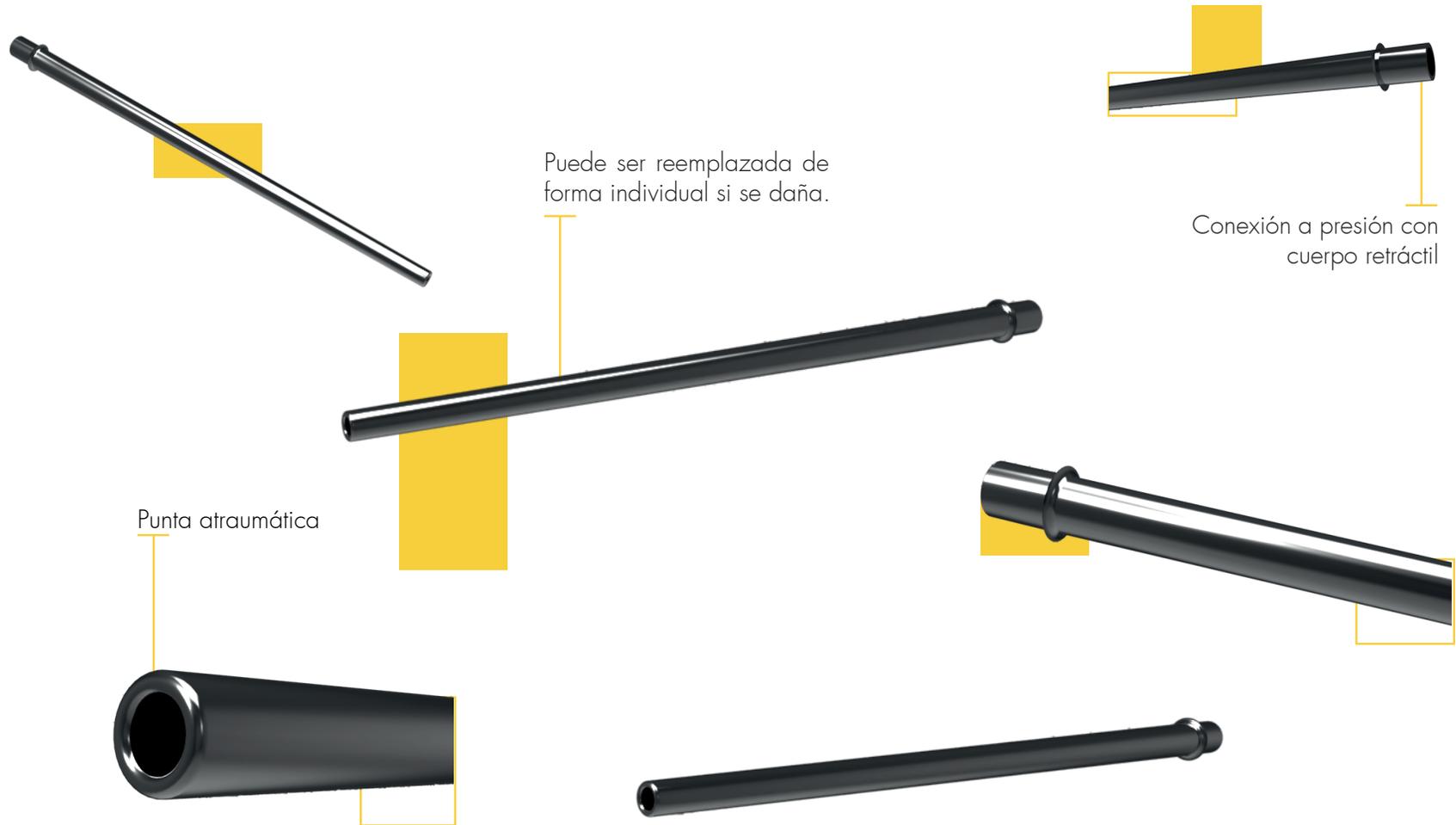


FIGURA 48. Despiece cánula. Cuerpo tubular.

6.2 Producción



La cánula esta enmarcada para la compañía de productos médicos Rudolf medical, empresa de Alemana situada en Alemania, Estados Unidos y Japón. Rudolf tiene distribución en Chile liderando el mercado por su calidad de servicio y productos.

FIGURA 49. Cánula de succión.

6.2.1 Manufactura

	Parte tubular	Pieza retráctil	Válvula	
Fabricación	 Mecanizado — Cilindrado Perforado — Taladrado Contorneado	 Sinterizado láser (SLS)	 Moldeo de inyección de metal	
Procesamiento posterior	Proceso morfológico Rectificado	Procesos del material Temple Revenido Anodizado	Proceso morfológico Rectificado de conectores y orificios	Procesos del material Anodizado
Características	Estabilidad molecular Suavidad anti-trauma	Alto detalle formal y estabilidad térmica Detalle morfológico complejo Recomendable para piezas cortas Reciclable Elimina proceso de moldeo	Detalle morfológico complejo con agujeros cruzados Producción realiza poco desperdicio de material Poco procesamiento posterior Alta densidad sinterizada	
Observaciones	Proceso de fabricación actual	Requerimientos de alta presión en piezas pequeña y material, compatibilidad con espesores menores de 0.4 mm y flexible . biocompatible, esterilizable	Alta precisión en detalles, elemento continuo	

FIGURA 50. Detalle manufactura.

6.2.2 Costos manufactura



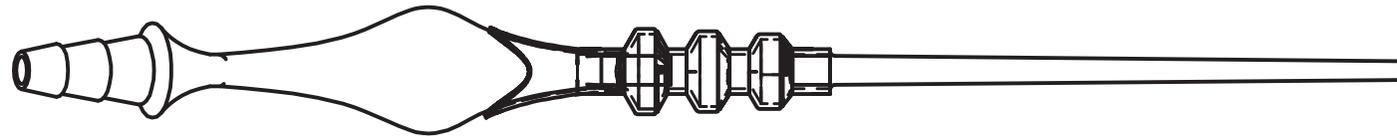
Costos diseño		Valor CLP
Investigación		600.000
Desarrollo propuesta		800.000
Desarrollo CAD		150.000
Desarrollo CAM		100.000
Planos		50.000
Total		1.700.000

Valores fabricación		Valor CLP	Unidades
Pieza retráctil		4.600	x 1.000
Cuerpo tubular		1.300	x 1.000
Válvula		8.700	x 1.000
Valor cánula succión		14.600	x 1.000

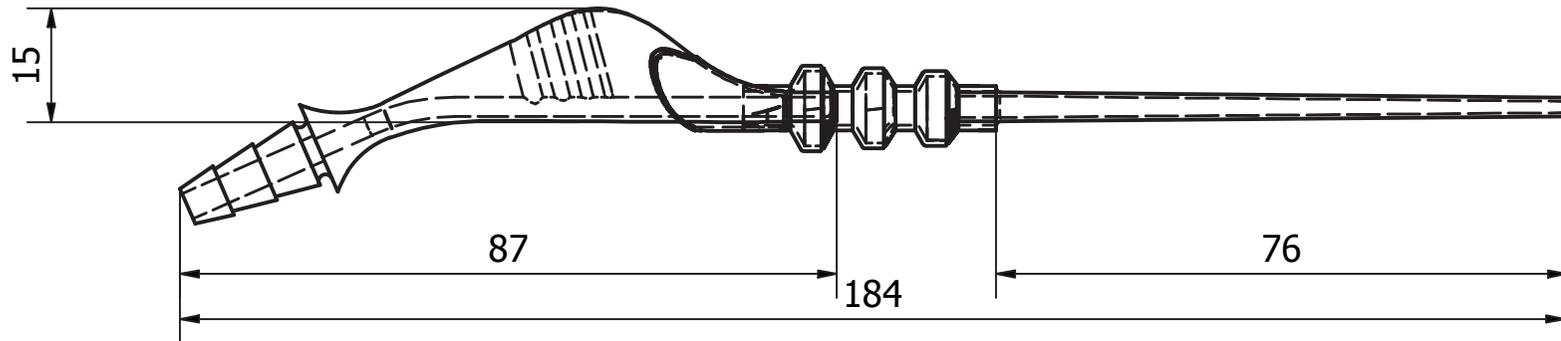


FIGURA 50. Detalle costos.

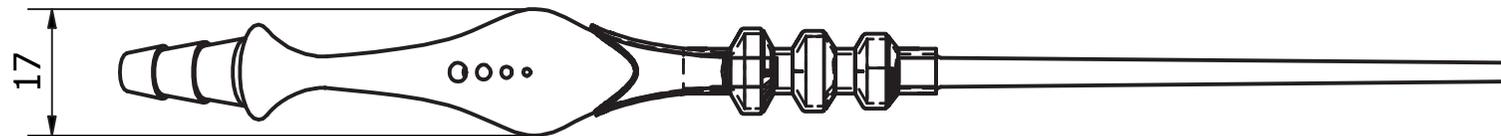
6.2.3 Planimetría



VISTA INFERIOR

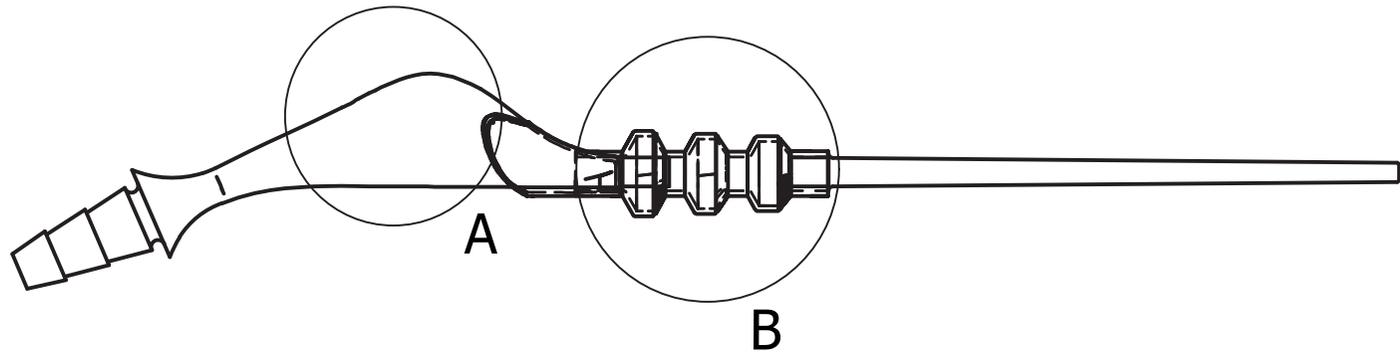


VISTA FRONTAL

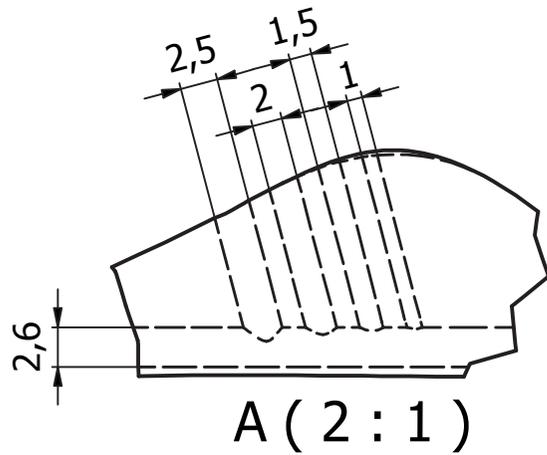


VISTA SUPERIOR

UNID. DIMENSIONAL	ESCALA		UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA DE DISEÑO
MM	1:1		
	NOMBRE	FECHA	CANULA PLICARE
DIBUJO / ALUMNO	F. HERRERA	18/12/2020	
HOJA		FORMATO	VISTAS GENERALES
1/5		CARTA	

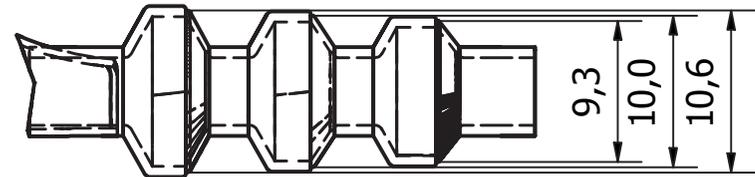


VISTA FRONTAL

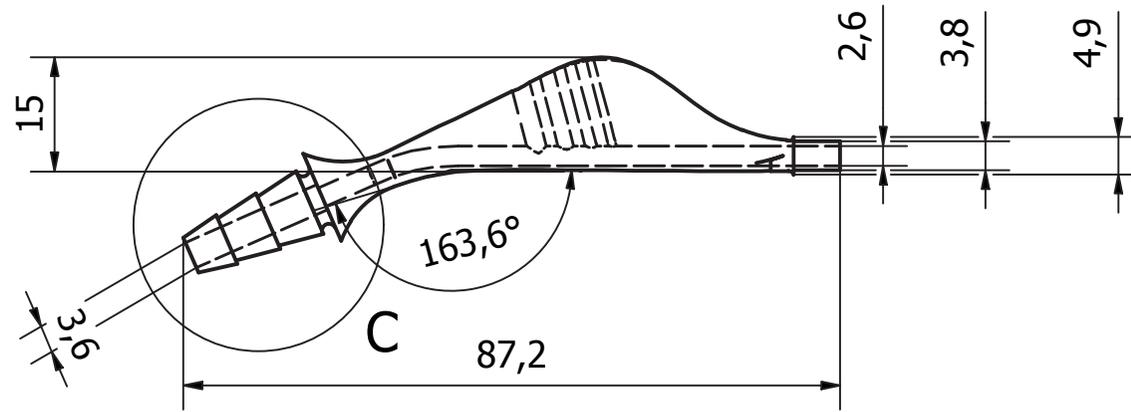


A (2 : 1)

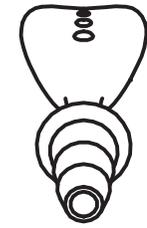
B (2 : 1)



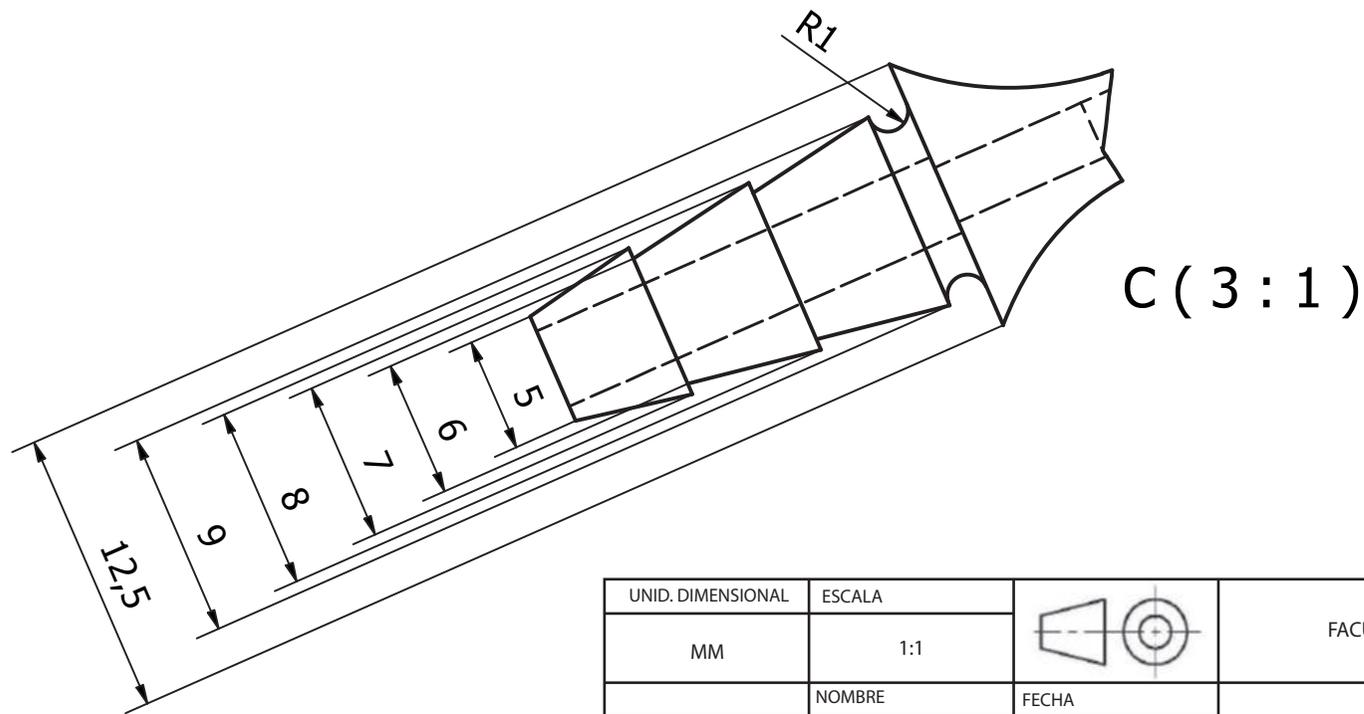
UNID. DIMENSIONAL	ESCALA		UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA DE DISEÑO
MM	1:1		
DIBUJO / ALUMNO	NOMBRE	FECHA	CANULA PLICARE
	F. HERRERA	18/12/2020	
HOJA	FORMATO		DETALLE CANULA
2/5	CARTA		



VISTA FRONTAL

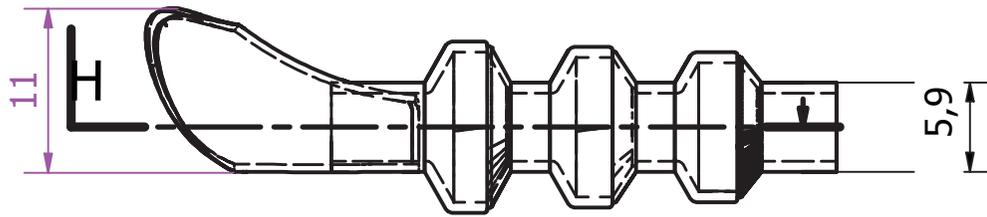


VISTA LATERAL
IZQUIERDA



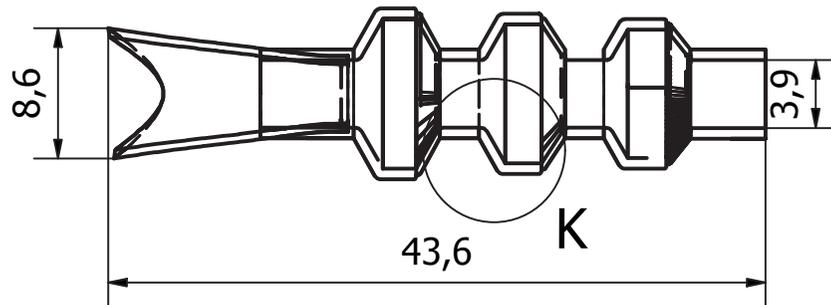
C (3 : 1)

UNID. DIMENSIONAL	ESCALA		UNIVERSIDAD DE CHILE
MM	1:1		FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
DIBUJO / ALUMNO	NOMBRE	FECHA	ESCUOLA DE DISEÑO
HOJA	F. HERRERA	18/12/2020	CANULA PLICARE
3/5		FORMATO	VALVULA
		CARTA	

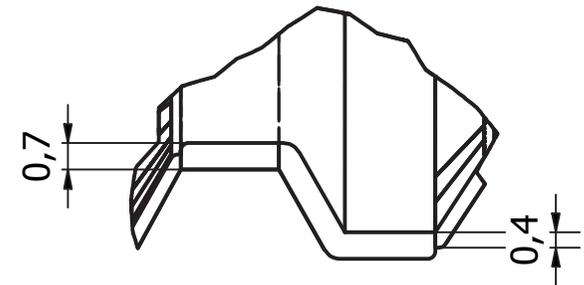


VISTA FRONTAL

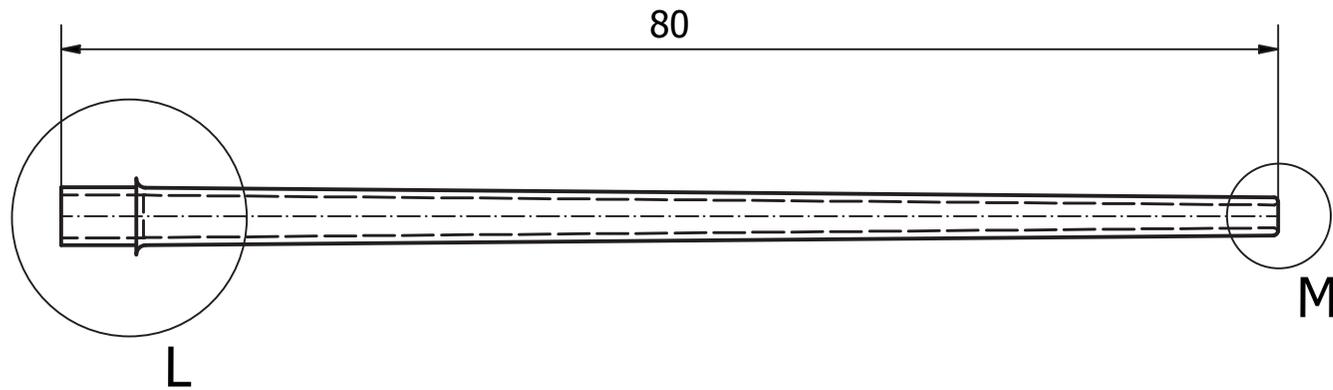
H-H (2 : 1)



K (5 : 1)

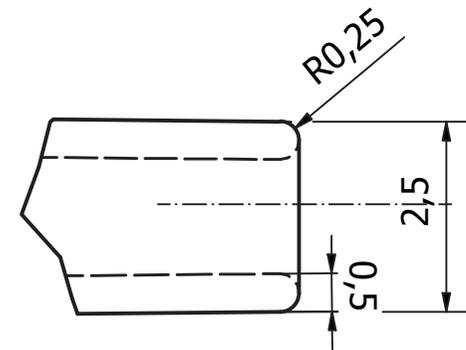
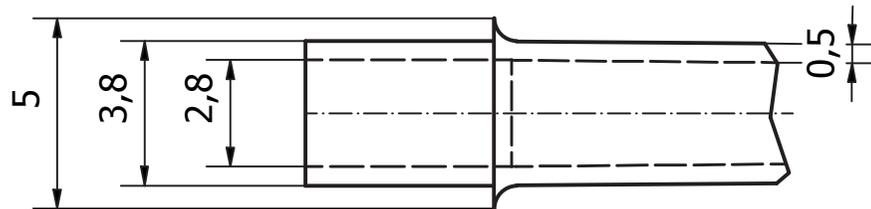


UNID. DIMENSIONAL	ESCALA		UNIVERSIDAD DE CHILE
MM	2:1		FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
	NOMBRE	FECHA	ESCUELA DE DISEÑO
DIBUJO / ALUMNO	F. HERRERA	18/12/2020	CANULA PLICARE
HOJA		FORMATO	
4/5		CARTA	PIEZA RETRACTIL



VISTA FRONTAL

L (5 : 1)



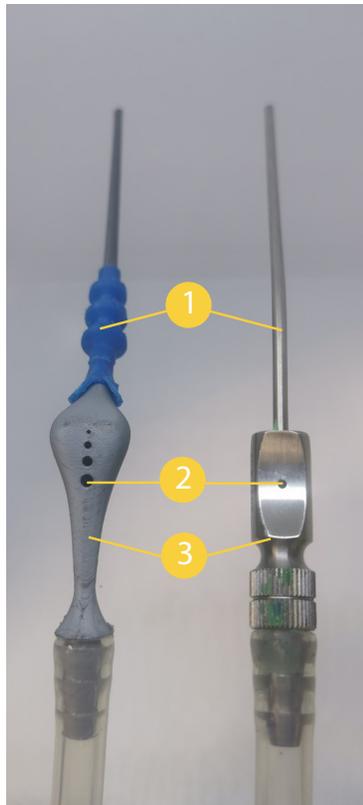
M (10 : 1)

UNID. DIMENSIONAL	ESCALA		UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA DE DISEÑO
MM	2:1		
DIBUJO / ALUMNO	NOMBRE	FECHA	CANULA Plicare
	F. HERRERA	18/12/2020	
HOJA	FORMATO		CUERPO TUBULAR
5/5	CARTA		

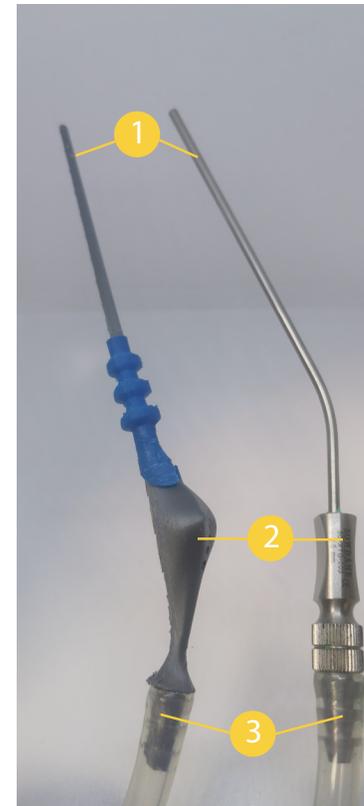
6.3 Comparación Morfológica

Comparación morfológica cánula Plicare / cánula Frazier

Diferencias



- 1 Ángulo dinámico / ángulo estático
- 2 Presión regulable / presión binaria
- 3 Morfología integrativa / morfología dividida

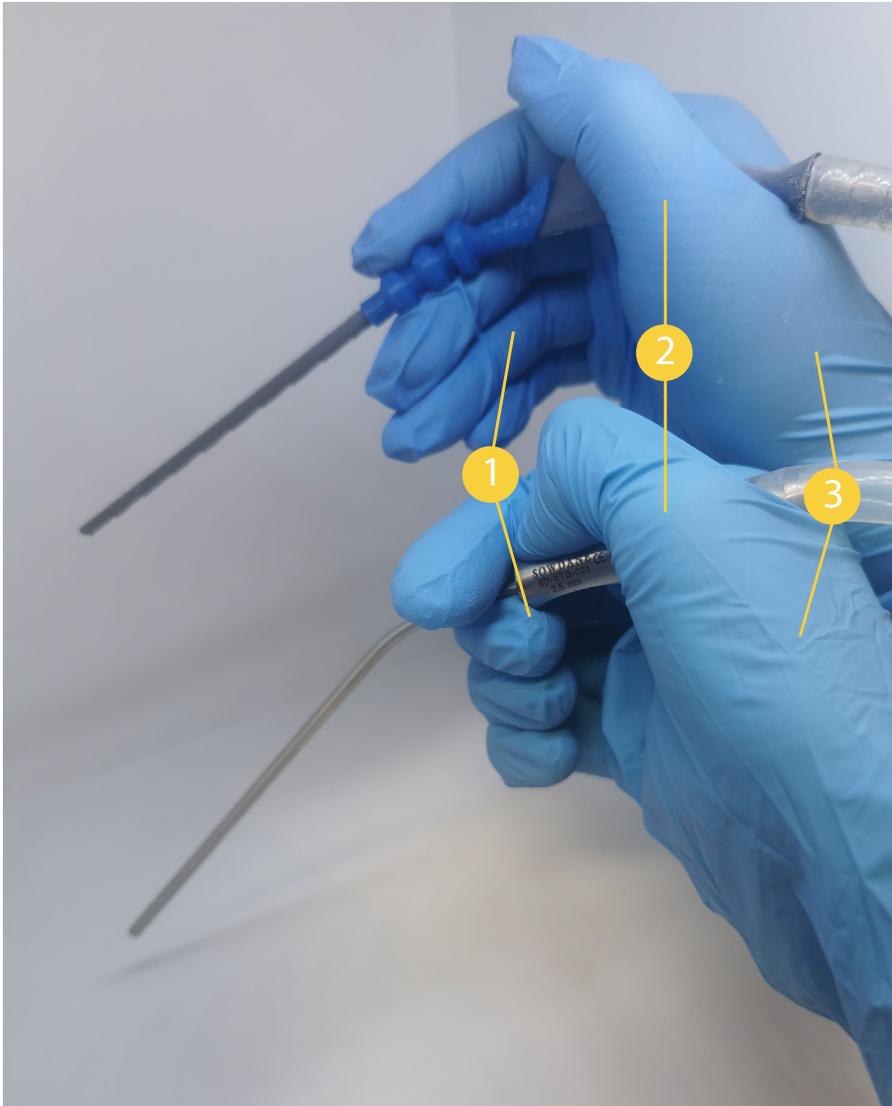


- 1 Punta
- 2 Tipología
- 3 Conector a manguera

Similitudes

FIGURA 51. Comparación morfológica.

Diferencia de uso



- 1 Uso de los dedos
- 2 De pulgar en hiperflexión a pulgar en reposo
- 3 Movimiento de muñeca se sustituye por la pieza articulada

FIGURA 52. Diferencia de uso.

6.4 Fotomontaje

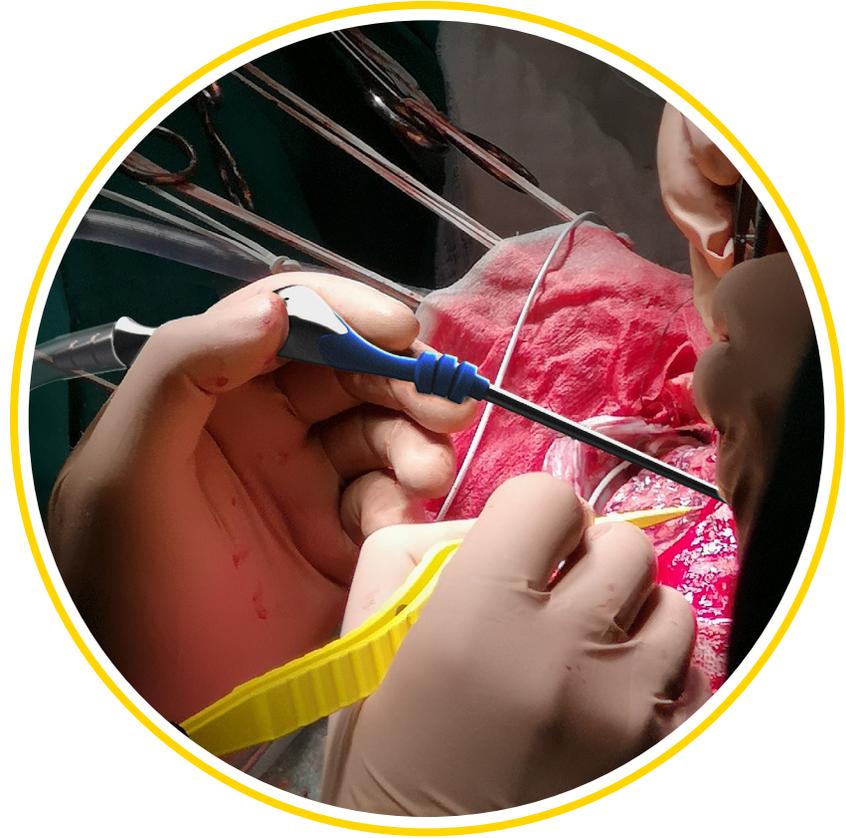
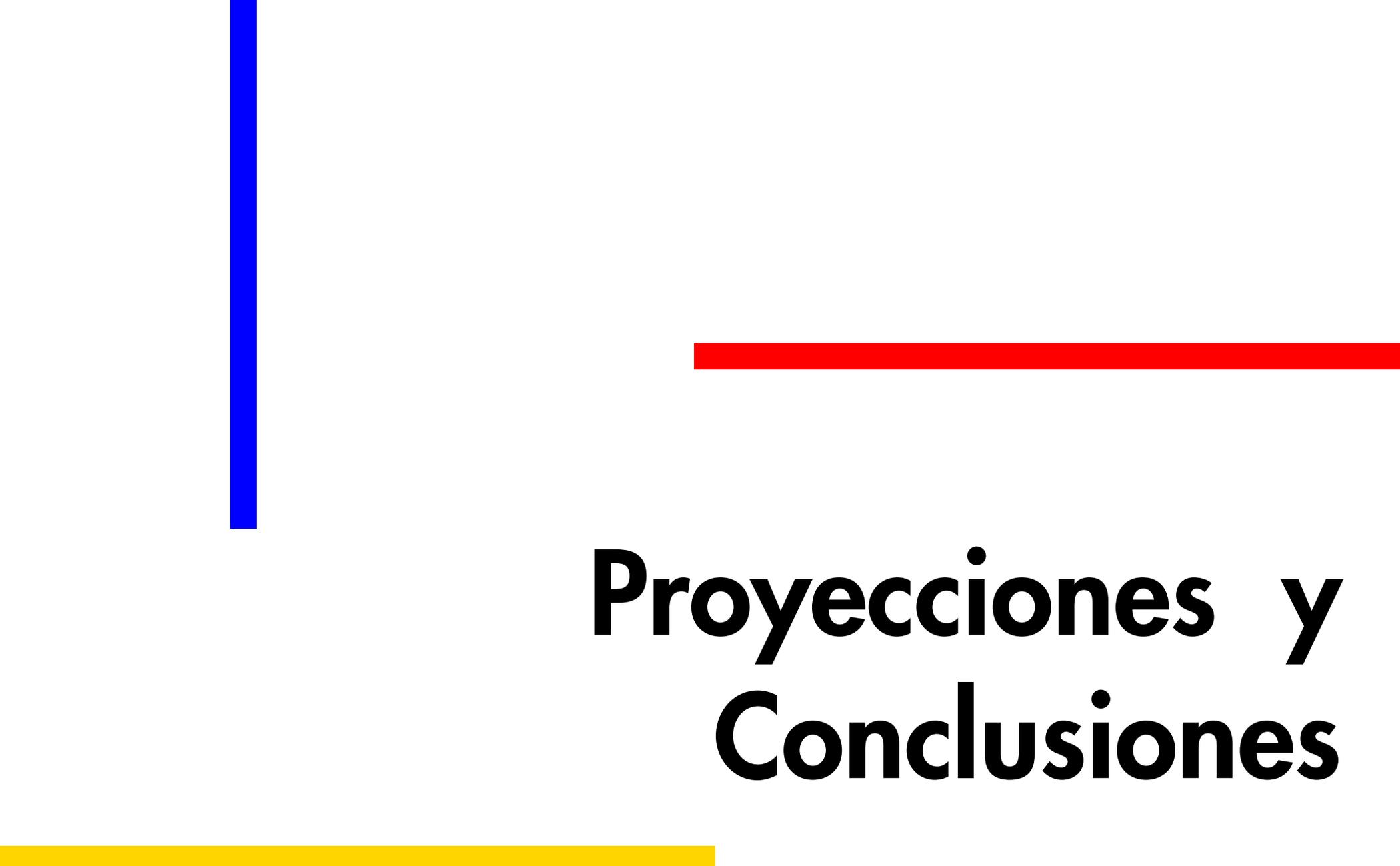


IMAGEN 13. Fotomontaje. Elaboración de Daniela Valdebenito



Proyecciones y Conclusiones

Proyecciones de la cánula de succión Plicare

1. EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA PIEZA RETRÁCTIL/ARTICULADA: Debido a las limitaciones contextuales de pandemia no fue posible realizar un prototipo de Duraform de la pieza retráctil. Es esencial realizarlo para análisis de movilidad, haciendo énfasis en el comportamiento de la flexión de la cánula al ser apoyada y presionada en la superficie blanda y cómo la variación de grosores de la forma afecta en la inercia de los puntos de articulación.

Esto es con el propósito de que la pieza retráctil tenga un equilibrio entre la firmeza de sus posiciones y la fuerza necesaria para ejercer un cambio controlado de postura. Así, los dedos se encuentran en reposo al ser utilizada y ejercen presión sólo al querer modificar la posición de los módulos.

Continuar con un estudio de cantidad de módulos y ángulos de flexión de la pieza, para observar y comprobar el mejor número de puntos de articulación. Ya que la decisión de 3 módulos fue a base de una estimación teórica, sería beneficioso para el producto realizar las pruebas físicas ya que pueden aparecer elementos no proyectados que sean provechosos para el uso de la cánula de succión.

Con los resultados de los estudios de las variables de grosores y módulos es probable que la pieza retráctil cambie detalles de su morfología para su optimización.

2. DESARROLLO VÁLVULA: Es necesario realizar pruebas de usabilidad de la pieza analizando el peso y cómo afecta la mano del usuario con el uso de larga duración.

Por otro lado, continuar con una exploración morfológica de sus variables, donde se pueden realizar cambios y comparaciones, tales como: el largo y angulación de la curvatura trasera, medida de la pendiente y cambios en las medidas generales. Esto da como oportunidad de diseño elaborar un tallaje de la válvula para lograr una mejor integración con la mano de los usuarios.

También desarrollar la morfología de la zona hueca de la válvula. Esta está directamente relacionada con el peso y la complejidad de fabricación de la pieza, por ende, es necesario continuar con el estudio del peso para concluir un gramaje ideal y obtenerlo a través de la reducción de material sin perder la factibilidad de manufactura y esterilización.

3. PROTOTIPO ALFA: Ya con la pieza retráctil y la válvula definida, continuar con la fabricación del primer producto, de esta manera realizar pruebas de uso en cirugía y esterilización.

4. LÍNEA DE DISEÑO MODULAR: A base del diseño modular realizado, elaborar una familia de cánulas factibles de utilizar en cirugías con otros requerimientos, esto significa realizar variaciones de grosor, largo y tipos de punta en la pieza tubular, y cambios de grosor, cantidad de módulos y largo de la pieza retráctil, siendo la válvula la pieza base de cada cánula de succión.

5. PATENTE DEL DISEÑO: Patentar la cánula de succión Plicare, ofrecerlo a la venta para su producción con prioridad a la empresa Rudolf Clinical por protección de la propiedad intelectual.

6. PROYECCIÓN AMBIENTAL: Realizar un estudio del impacto ambiental y del ciclo de vida la cánula, desde la recolección de materias primas, energía utilizada para su fabricación, transporte y desuso para que el producto sea sostenible a largo plazo.

PROYECCIONES GENERALES

Diseño y Medicina: Desde la experiencia de realizar la practica profesional en el Hospital de neurocirugía Dr. Asenjo, junto con las entrevistas y el estudio teórico, se observa que el campo investigativo de medicina es elaborado por doctores para doctores, por ejemplo, las cánulas de succión existentes son diseñadas por médicos desde su propia experiencia en cirugía y cada estudio del instrumento, tiene por autores médicos cirujanos.

Esto genera una gran oportunidad de intervención de diseño desde la capacidad de observación de la experiencia de uso, no solo a partir del usuario, sino, de todas las etapas que vive el instrumental.

Que un área de trabajo como la medicina pueda ser desarrollada de manera interdisciplinaria genera proyectos de diseño con impactos positivos en la calidad del servicio de salud, tanto para los profesionales de salud como para los pacientes.

CONCLUSIONES

Con lo expuesto en el trabajo realizado se obtienen las siguientes conclusiones:

El diseño actual de la cánula de succión responde morfológicamente a su función principal, dejando de lado la interacción con el usuario, lo que genera una falta de higiene postural y un aumento de trastornos musculoesqueléticos debido a que el médico neurocirujano se ve en la obligación de adaptarse frente a las variables del quirófano, como la acción principal que se realiza o tamaño de zona quirúrgica.

Por otro lado, la cánula al ser un instrumental de carácter delicado se ve expuesta a daños y corrosiones, tanto en el proceso de esterilización como durante la cirugía, lo que redundo en que, al dañarse cualquier parte su estructura, esta se vea dañada en su totalidad y quede inoperante hasta su reparación.

Por tanto, se considera que la cánula Plicare responde satisfactoriamente a la problemática observada. La realización de un sistema retráctil de silicona ayuda a intercambiar la flexión realizada en la muñeca hacia el instrumental, aumentando la usabilidad de los dedos y disminuyendo la del hombro y codo. Esto entrega el beneficio de que la cánula sea más fácil de usar en comparación con las actualmente disponibles en el del mercado, ya que para la realización de movimientos finos es más ergonómico utilizar los dedos con el brazo en reposo.

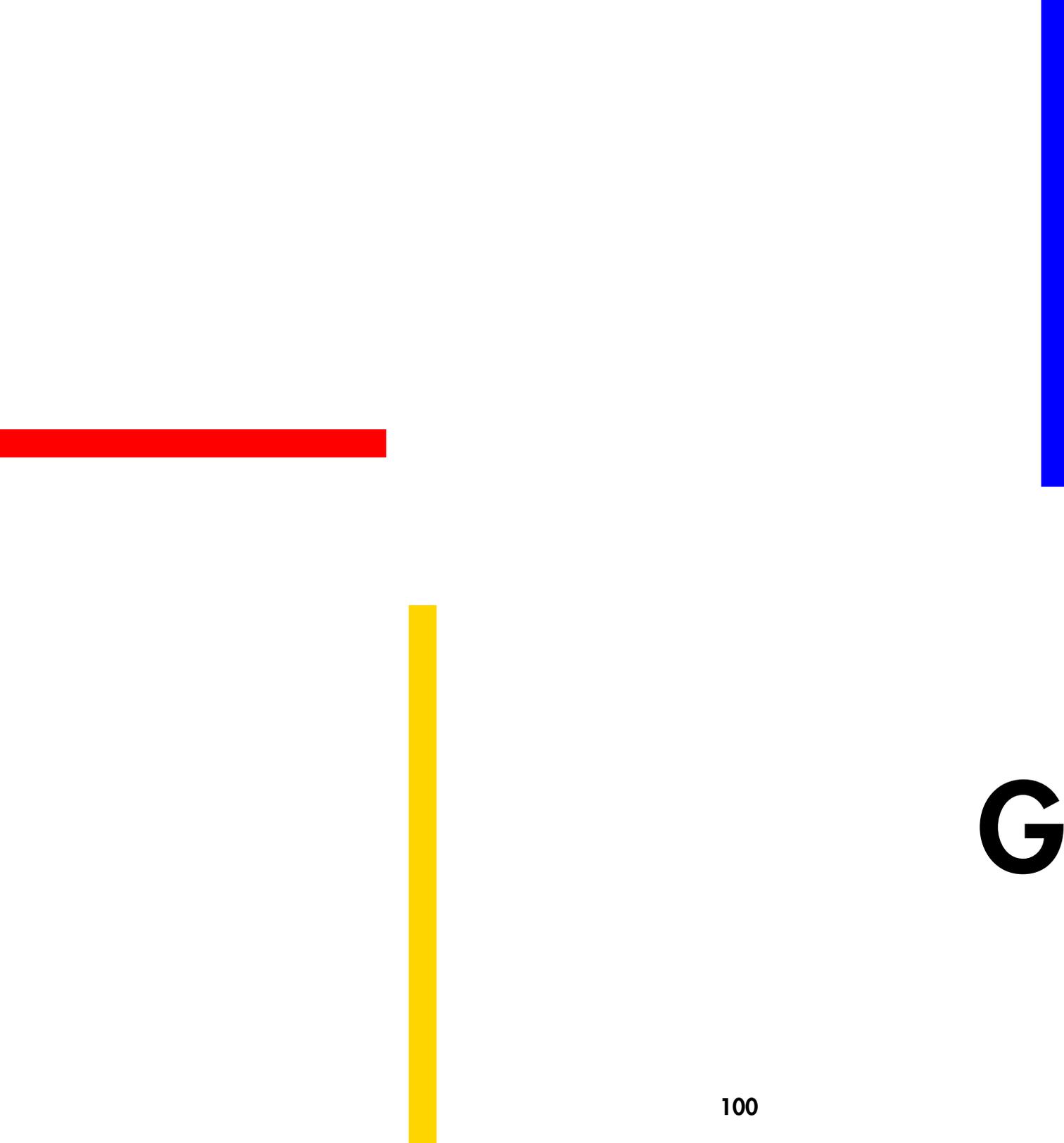
El diseño de la válvula, donde actualmente para su uso se realiza una hiperflexión en el pulgar y afecta en trastornos de la mano. Se concluye que el aumento de altura en eje vertical disminuye la tensión y su uso de oclusión es a través del peso natural del dedo,

además, gracias a su morfología integrativa, el pulgar se une a la válvula siguiendo su forma natural.

Ya que el re-diseño de la cánula está compuesto por 3 piezas intercambiables, frente a cualquier daño de alguna de sus partes, sólo la pieza resulta inoperante en vez del instrumental completo, lo que optimiza la reparabilidad del instrumental y por ende le otorga una mayor vida útil.

Por otro lado, el mayor desafío de este proyecto fue el proceso de diseño durante la cuarentena, la dificultad de diseñar desde el hogar, de forma individual, la imposibilidad de compartir el desarrollo para recibir feedback y a la vez sólo poder corregir a través de videollamadas fue la mayor barrera en la toma de decisiones. Realizar este desafío fue superar una barrera de diseño.





Glosario

Glosario

Higiene postural: es un conjunto de normas, consejos y actitudes posturales, tanto estáticas como dinámicas, encaminadas a mantener una alineación de todo el cuerpo con el fin de evitar posibles lesiones. (Fuente: Blog Murcia salud)

Trastorno musculoesquelético: Cualquier tipo de lesión, daño o trastorno de las articulaciones u otros tejidos de las extremidades superiores o inferiores. (Fuente: Clínica internacional).

Esterilización: Proceso mediante el cual se alcanza la muerte de todas las formas de vida microbianas, incluyendo bacterias y sus formas esporuladas altamente resistentes, hongos y sus esporos, y virus. (Fuente: Esterilización y desinfección, Rafael Vignoli)

Resección: Operación quirúrgica que consiste en separar total o parcialmente uno o varios órganos o tejidos del cuerpo. (Fuente: Oxford Languages)

Hiperflexión: Flexión forzada de una extremidad a un grado mayor de lo normal. (Fuente: Glosarios servidor Alicante)

Oclusión: Cierre o estrechamiento que impide o dificulta el paso de un fluido por una vía o conducto del organismo. (Fuente: Oxford Languages)

Campo quirúrgico: Género estéril o material no tejido que se coloca alrededor del área quirúrgica para formar y mantener un campo estéril durante la operación. (Fuentes: Monografías)



Bibliografía

- Andrade, D. M. (Agosto de 2017). *Definición de Postoperatorio*. Obtenido de Definición ABC : Autor: Dra. Maria de Andrade | Sitio: Definición ABC | Fecha: agosto. 2017 | URL: <https://www.definicionabc.com/salud/postoperatorio.php>
- Bocic, F. (15 de mayo de 2019). Entrevista Felipe Bocic, médico general. (F. Herrera, Entrevistador)
- Carrasco, T. (18 de Mayo de 2018). Entrevista con jefa de pabellón. (F. Herrera, Entrevistador)
- Columna y Traumatología. (s.f.). *Tipos de Cirugía*. Recuperado el 3 de junio de 2019, de Columna y Traumatología: www.columnaytraumatologia.com/lesiones-y-tratamientos/tipos-de-cirugia.html
- Contreras, L. E. (mayo de 2017). Epidemiología de tumores cerebrales. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(3), 332-338.
- Domínguez, C. L. (4 de marzo de 2015). *Esterilización continua*. Slide player. Recuperado el 7 de agosto de 2019, de Slide player: <https://slideplayer.es/slide/5733021/>
- Dujovny, M. (2018). Valve Vacuum Suction Control in Neurosurgery. *Crimson Publishers*.
- Dujovny, M. (14 de mayo de 2018). Valve Vacuum Suction Control in Neurosurgery. *Crimson Publishers*.
- González, R. V., & Dubois, S. M. (2009). *Capítulo 7: Preoperatorio*. (McGRAW-HILL, Ed.) Recuperado el 2 de junio de 2019, de Access Medicina: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1466§ionid=101739402>
- Hospital clínico Universidad de Chile. (s.f.). *Neurología y Neurocirugía*. Recuperado el 20 de mayo de 2019, de Res hospital clínico Universidad de Chile: www.redclinica.cl/plantilla/especialidades/neurologia/equi_neur/unidad-neurocirugia-vascular.aspx
- Instituto AIEP. (s.f.). *Técnico en enfermería e instrumentación quirúrgica*. Recuperado el 4 de junio de 2019, de AIEP: <https://www.aiep.cl/carrera/tecnico-en-enfermeria-e-instrumentacion-quirurgica/9/>
- Mayo Clinic. (21 de Abril de 2020). Obtenido de Mayo clinic: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/meningioma/diagnosis-treatment/drc-20355648>
- Mayo Clinic. (4 de Abril de 2020). *Mayo clinic*. Obtenido de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/glioma/symptoms-causes/syc-20350251>
- Moya, N. (13 de junio de 2019). Entrevista a Natalia Moya. (F. Herrera, Entrevistador)

- Pérez, D., Moretón, M. C., Garrandés, E. S., & Hernández, M. F. (s.f.). *Los trastornos musculoesqueléticos relacionados con la práctica quirúrgica y las estructuras afectadas más comunes*. Obtenido de Gaes médica: <https://www.gaesmedica.com/es-es/ergonomia-quirurgica/trastornos-musculo-esqueleticos-relacionados-practica-quirurgica-estructuras-afectadas-comunes#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Encuesta%20Nacional%20de,%3A%2018%2C7%25%3B%20brazo%2F>
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (s.f.). *Programa de Especialidades Primarias*. Recuperado el 4 de Junio de 2019, de UC: <http://m.uc.cl/Programa-de-Especialidades-Primarias/p-e-p-neurocirugia.html>
- Quirófano. (s.f.). *Definición quirófano*. Recuperado el 30 de mayo de 2019, de el quirófano: <https://www.quirofano.net/el-quirofano/definicion-quirofano.php>
- Rahmanian, A. (2017). Scaled multiple holes suction tip for microneurosurgery. *Interdisciplinary Neurosurgery*, 44-45.
- Rey, K. M. (2013). Ergonomía en instrumentación quirúrgica. *Repertorio de Medicina y Cirugía*.
- Sánchez, E., Bouzas, D., & Hernández, M. C. (s.f.). *Prevención de los trastornos musculoesqueléticos en la práctica quirúrgica. Higiene postural, gimnasia y ejercicio físico*. Obtenido de Gaes médica: <https://www.gaesmedica.com/es-es/ergonomia-quirurgica/prevencion-trastornos-musculo-esqueleticos-practica-quirurgica-higiene-postural-gimnasia-ejercicio-fi>
- Servicio madrileño de salud. (2012). *Protocolo preparación prequirúrgica*. Recuperado el 17 de junio de 2019, de sedar: https://www.sedar.es/images/site/documentos/Protocolo_Preparación_Prequirúrgica.pdf
- Vera, D. (13 de agosto de 2019). Entrevista becado de neurocirugía. (F. Herrera, Entrevistador)



Anexos

Entrevista Felipe Bocic, Médico General de la Universidad de Chile

FRANCISCA: *¿Cuál sería una general de estructurar una cirugía abierta?*

FELIPE: *De una forma general y común a todas ... se puede dividir en 3: abrir, operar y cerrar. Cuando se abre la cabeza hasta llegar a la zona de intervención dentro del cerebro; Operar, la acción principal de la cirugía, tratar la patología, va a depender de lo que se esta operando, y cerrar donde se cierra la abertura hasta realizar los puntos en la piel y luego el paciente se va de post-operatorio.*

FRANCISCA: *¿Quiénes realizan el proceso de "abrir"?*

FELIPE: *Depende de la cirugía y del equipo. Pero siempre hay un primer y segundo cirujano, pueden ser dos de staff o un staff y un cirujano, depende de la complejidad de la cirugía y la experiencia del becado.*

FRANCISCA: *¿Qué es lo que hace el primer cirujano?*

FELIPE: *el cirujano uno cumple toda la función ejecutiva de la cirugía, el es el principal, el otro esta para apoyar. El primer cirujano es el que abre y el otro retrae, el segundo va ayudando a que el primero pueda hacer su pega, va limpiando la zona operada, irriga, seca y aspira.*

FRANCISCA: *¿El cirujano dos siempre estará haciendo eso independiente de la fase de la operación?*

FELIPE: *Si, pero puede hacer otras, por ejemplo si van a saturar el puede ir cortando los puntos, puede ir acomodando cosas, igual si ocurre una caga y lo puede solucionar lo hace, si algo sangra, se tapa. A veces hay vasitos que sangran bastante y para taparlos con una pinza y con un electro bisturí (que puede cortar y quemar) se cierra. Pero el segundo cirujano siempre es un apoyo para el otro*

FRANCISCA: *¿Cómo ves el uso de la cánula por parte del segundo cirujano?*

Felipe: Bueno ahí va dependiendo de la habilidad del segundo cirujano, pero este se tiene que ir adaptando al primero, se tiene que arreglar alrededor del primero.

FRANCISCA: *¿Cuál es el espacio de aspiración en una neurocirugía?*

FELIPE: *En una neurocirugía el espacio de aspiración es bastante pequeño ya que el espacio donde hacen la cirugía lo es. Donde se pueda aspirar va a depender mucho de la zona específica porque se pueden pasar a llevar cosas, pero siempre hay que tener cuidado si el cerebro el que estas operando.*

Es un médico general que esta realizando su especialización, esta aprendiendo sobre la neurocirugía trabajando en un hospital y participando en cirugías activamente.

Se abre la cabeza hasta llegar a la zona de intervención dentro del cerebro. La sub etapa puede ser realizada por dos

becados o por un cirujano con un becado dependiendo de la dificultad de la cirugía y experiencia de los profesionales.

Es distinto un bisturí para la piel que uno para una membrana, y con ninguno de esos dos vas a cortar un cerebro.

Entrevista Andrés Herrera, Kinesiólogo

FRANCISCA: *Mira estas son los movimientos y posturas que se realizan con la cánula de succión, cual es tu observación*

ANDRES: *Bueno lo primero que veo es que cualquier gesto que se afirma con el dedo pulgar, es una posición muy incorrecta, es bastante lesiva, mantener el pulgar así, ya por una o dos horas todos los días da para generar una tendinitis. El pulgar esta haciendo una presión incorrecta. Además de que no todo el mundo es capaz de mantener el pulgar así.*

Segundo hay un movimiento con la muñeca, que si es reiterativo puede causar futuras lesiones .

Mi consejo para la muñeca seria una muñequera, o elásticos para quitar fuerza que realiza. Para el pulgar alguna facilidad para no agarrarlo en tanta flexión, no es una posición cómoda al largo uso, ocurre con los gamers, que al final les da tendinitis en los pulgares por los controles.

FRANCISCA: *Que opinas sobre la función que cumplen los dedos índices debido a que están con baja hapticidad y controlan la precisión.*

ANDRES: *Realmente están hechos para eso, es un movimiento que esta permitido*

Entrevista a Dr. Rodrigo Vera, becado de neurocirugía en el instituto de neurocirugía doctor asenjo.

FRANCISCA: *¿Cómo a sido su experiencia con la cánula de aspiración, en relación al uso, control de la precisión y a aprender a usar el instrumental?*

Dr Vega: bueno, la cánula de aspiración es el instrumento que más se utiliza en la neurocirugía. Ayuda a mantener la zona de operación limpia mientras se hace una acción principal. Por lo que la cánula es utilizada en la mano izquierda (si uno es diestro) mientras en la derecha hay otro instrumento, puede ser bipolar o algunas pinzas.

La cánula es muy livianita por lo que no es incomodo al utilizarla, el cansancio que existe es más por la posición del medico en toda la cirugía que con el uso del instrumental, realmente no me cuesta utilizarla, se va desarrollando practica.

FRANCISCA: *¿ Pero como fue que aprendió a utilizarla?*

DR VEGA: *En internado. Al principio es difícil pero la formación de medico es más larga que alguna otra carrera, por lo que hay más espacio de enseñanza a la introducción de la cirugía.*

FRANCISCA: *¿Cuáles son las cirugías más recurrentes que se realizan en el cerebro?*

DR VEGA: *Tumores y patologías como malformaciones y aneurismas.*

FRANCISCA: *¿Cuáles son las zonas donde más hay tumores cerebrales?*

DR VEGA: *No sabría decirte sinceramente, es que se ve de todo.*

FRANCISCA: *¿Como es la utilización de la cánula en los tumores cerebrales?*

DR VEGA: *La cánula con los tumores tiene dos usos, aspira y funciona como disector, este es un aparato que ayuda a sacar el tumor.*

FRANCISCA: *¿Que importancia tiene la regulación de presión?*

DR VEGA: *mucha, por eso las cánulas tienen los agujeros para controlar la presión.*

FRANCISCA: *¿Cuáles son los cuidados que hay que tener al utilizar la cánula? ¿Qué zonas se pueden aspirar si no se tiene cuidado?*

DR VEGA: *No se puede tener contacto con cerebro sano, nervios, vasos y arterias... al final hay que tener cuidado con toda zona sana del cerebro.*

Entrevista a Natalia Moya, ejecutiva de ventas de instrumental médico e enfermera.

FRANCISCA: *¿Hoy en día cuales son los problemas que encuentras con las cánulas de Neurocirugía?*

NATALIA: *Las cánulas son muy delgadas, los doctores las parten, las desgastan de distintos puntos, por que al final les tiene que acomodar al doctor... cada cánula en el catalogo tienen nombres de puros apellidos porque los doctores son quienes las diseñan, y para cada cambio mínimo que hacen, que puede ser 2 mm más larga o un cambio ligero en la angulación a un modelo, se rebautiza la pieza y queda como una variación de una cánula, por eso existen muchas piezas similares pero con distintos nombres ya que tiene diferencias en detalles.*

Y en relación con neurocirugía, las diferencias son milimétricas, y la importancia la da el neurocirujano, ellos pueden decir "esta es muy delgada, esta es muy gruesa, esta es muy corta y no me sirve" y la arsenalera es la que después sabe que es lo que le necesita el doctor.

Nosotros después averiguamos que muchos doctores modifican las piezas para poder acomodarlas.

En el caso de las cánulas Fergusson, hay una variedad enorme, son muchas medidas distintas. pero ninguna tiene en consideración el uso con la mano. Neurocirugía es la especialidad donde más pesa el diámetro de la cánula, otras especialidades solo utilizan la más gruesa, pero en neuro es donde más piden por especificaciones.

Muchos doctores se nos acercan con requerimientos para diseñar una pieza para que la licencia quede a su nombre.

FRANCISCA: *¿Hay alguna cánula que considere el uso?*

NATALIA: *Solo por la angulación de la punta y su largo, son las dos cosas que varían en las cánulas principalmente por que ayudan a acceder a partes sin quitar la visión entonces pueden variar según tipo de operación ya que varia el apoyo, si es cercano o es distal*

Entonces el acceso lo entrega el ángulo, esa es la única consideración importante que hay con respecto al diseño, la angulación y la punta ya que varia el tipo de apoyo.

Lo que hace caro la calidad del instrumental, una es el acero. El acero se mezcla con otras cosas y el porcentaje del acero y calidad afecta; y lo otro es la calidad de manufactura, si esto es netamente realizado en una maquina y no requiere trabajo manual, es más barato. Como este instrumental es fino la mayoría de las terminaciones se hacen a mano, por lo que es manufacturado. Y ahí ya cambia el precio. En general para neurocirugía se realizan piezas únicas y aumentan mucho su valor. Todo por las terminaciones que tiene.

FRANCISCA: *¿ y si yo quisiera comprar una canula?*

NATALIA: *es difícil. Todo lo que nosotros traemos es a pedido, nada de esto lo manejamos por stock. Sobre todo para neurocirugía, que no es masivo, no se produce en serie. En el año se pueden vender 10 piezas. Hay gente que tiene instrumental que les dura 20 años y después lo cambian. Los productos se mandan a pedir, se mandan a fabricar a Alemania.*

Existen otras cánulas como las yankagua que son de aspiración e irrigación, aun que se mantiene más comunes las cánulas fergusson

FRANCISCA: ¿Cuales son los precios de las cánulas?

NATALIA: En rango básico cuentan entre 30.000 y 48.000 pesos.

Me acordaba que las yankagua tienen muchas piezas y tienen una especie de filtro pero en general se ocupan para urología, en neuro no son muy habituales.

FRANCISCA: ¿Las cánulas desmontables no se dan en neurocirugía?

NATALIA: poco, se de super poco

Oye y sabes lo del apasivado?

FRANCISCA: no

El instrumental nuevo cuando se aplica viene con una especie de barniz para proteger el acero. Cuando lo compran en el hospital debe pasarlos por unos procesos de esterilización, para que esta capa se fije y no se manche. Después nosotros hacemos mantención de este barniz y del pulido.

FRANCISCA: ¿Cuál es el diámetro más comprado de neurocirugía?

NATALIA: nos compran del 05, 07 y 0,10, esta ultima compra la hizo el instituto de neurocirugía

FRANCISCA: ¿Y que cánula tu recomiendas?¿Cual dices que es la mejor?

NATALIA: Es que no hay una mejor, existe una optima para cada cirugía. Te puedo decir cual es la más general. Siempre una más chica, mira esta es la más standard, pero no existe una mejor. Pos eso existe un gran universo de instrumental.

FRANCISCA: ¿A va la diferenciación de las puntas?

NATALIA: por la forma en que realizan la absorción. La punta más que nada tiene que ver donde el apoyo, donde vas a apoyar la pieza es la gran diferencia. Que están operando y donde. Si necesito presionar, si necesito que se mueva o no.

FRANCISCA: Y como se fabrican las cánulas

NATALIA: se fabrican con maquinas robotizadas y las terminaciones son a mano.

Estas cánulas están todas verificadas, hoy en día esta saliendo una nueva verificación en Alemania por lo que muchas empresas alemanas van a fabricar a china. Y como origen de fabricación en Alemania solo nosotros y Martin tienen fabricación en Alemania.

FRANCISCA: Entonces no existe una gama de cánulas

NATALIA: En el mundo de las cánulas no. En otros instrumentales si que realizan cortes y la importancia del filo es más grande y también las que tienen agarre.

Mira aquí están las especificaciones de la canula, aquí se explica como su duración esta limitada a la forma de mane-

jo del instrumento, doblarlo o sobrecargarlo genera daños en la cánula. Pero con un reproceso y control cuidadoso se asegura una duración para más de 1000 operaciones. Con cualquier tipo de daño que tenga la cánula tanto como poros, tensiones, agujeros o cavidades se debe detener inmediatamente su uso

Entrevista Claudia Latte, Ergónoma de la Universidad de Chile

FRANCISCA: *Mira esta es la cánula de aspiración y su forma de uso, ¿que te parece como primera impresión?*

CLAUDIA: *En términos de de tamaño se ve muy pequeña para el espacio de la mano. Su forma no considera el tamaño de la mano de la mano más grande ni la mano más pequeña, por lo que hay un problema de hapticidad*

FRANCISCA: *mira y estas son distintas posturas con las que se puede tomar la cánula, van variado en relación al espacio y es la acción más realizada por el medico asistente en una cirugía que puede durar 4 ó 8 horas, ¿cuáles son tus impresio- nes?*

CLAUDIA: *se ve un cambio de postura, aun que hay posiciones que tienen los ángulos correctos de descanso, es una posición que deben mantener por mucho tiempo por lo que igual genera cansancio, aun que sea un elemento fino.*

Por otro lado, la muñeca se esta adaptando a las distintas po- siciones por lo que también genera cansancio, en un utensilio de uso prolongado el objeto se debe adaptar a las posicio- nes, no el usuario, y este debe sujetarlo sin doblar la muñeca, aun que hayan ángulos correctos para la mano, al utilizar un utensilio por una larga duración es mejor que la muñeca este lo más derecha.

FRANCISCA: *Al usar la cánula también hay que tener mucha precisión, ya que hay que tener cuidado con la fuerza al*

momento de apoyar, y por donde se pasa. ¿Cuáles serian tus observaciones con respecto a esto?

CLAUDIA: *Cuando se habla de precisión hay que tener cui- dado debido a la prolongación del uso, ya que significa un esfuerzo para la mano, genera cansancio e incluso puede generar fatiga. Además la cánula que me muestras es muy fina y tiene poca superficie de contacto con la mano, eso significa que existe un factor de riesgo debido a que a menor superficie de contacto la precisión debe ser mayor.*

Para facilitar la precisión y disminuir el factor de riesgo hay que aumentar la superficie de contacto del utensilio con la mano, evitar que se deslice, que se fácil de tomar y que la mano este cerca de donde se quiere aspirar sin tener la vista obstruida.

FRANCISCA: *¿Hay algún otro elemento que cause fatiga?*

CLAUDIA: *la fatiga también esta relacionada con el peso, con más peso hay más cansancio*

FRANCISCA: *¿Qué otras consideraciones ergonómicas hay para un utensilio de largo uso?*

CLAUDIA: *la simetría del objeto ya que hay que considerar que se puede tomar con la mano izquierda o derecha, por lo que debe tener una superficie regular.*

ÍNDICE FIGURAS

FIGURA 1. Metodología de la investigación.	12
FIGURA 2. Tetraedro de la investigación con palabras clave.	13
FIGURA 3. Listado de enfermedades según parte del cuerpo.	15
FIGURA 4. Layout quirófano.	17
FIGURA 5. Equipo profesional del quirófano.	18
FIGURA 6. Etapas de neurocirugía.	19
FIGURA 7. Partes de una cánula.	21
FIGURA 8. Componentes de sistema de aspiración.	22
FIGURA 9. Evolución y diferentes modelos de pera de goma.	23
FIGURA 10. Proceso de Esterilización.	26
FIGURA 11. Ruta de la cánula.	27
FIGURA 12. Ilustración utilización cánula en neurocirugía.	29
FIGURA 13. Ilustración utilización cánula en neurocirugía.	30
FIGURA 14. Zonas de contacto cánula de succión y mano.	31
FIGURA 15. Partes de la canula de Succión.	38
FIGURA 16. Tabla comparativa de modelos.	39
FIGURA 17. Árbol de requerimientos.	45
FIGURA 18. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com	46
FIGURA 19. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com	47
FIGURA 20. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com	48
FIGURA 21. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com	49
FIGURA 22. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com	50
FIGURA 23. Referentes preliminares. Fuente: www.pinterest.com	51
FIGURA 24. Bocetos de primer acercamiento de propuesta.	52

FIGURA 25. <i>Fotografías de exploración.</i>	53
FIGURA 25. <i>Fotografías de exploración.</i>	54
FIGURA 26. <i>Renders de ángulo.</i>	55
FIGURA 27. <i>Bocetos de exploración morfológica</i>	55
FIGURA 28. <i>Propuestas Sketch</i>	59
FIGURA 29. <i>Prototipo físico.</i>	59
FIGURA 30. <i>Propuesta ergonómica cuerpo</i>	60
FIGURA 31. <i>Propuesta ergonómica mano.</i>	61
FIGURA 32. <i>Mock up válvula.</i>	62
FIGURA 33. <i>Mock up final válvula.</i>	63
FIGURA 34. <i>Morfología de oclusión.</i>	64
FIGURA 35. <i>Parametrización de la propuesta.</i>	65
FIGURA 35. <i>Parametrización de la propuesta</i>	66
FIGURA 36. <i>Observaciones impresión 3D</i>	67
FIGURA 36. <i>Observaciones impresión 3D</i>	68
FIGURA 37. <i>Observaciones impresión 3D</i>	69
FIGURA 38. <i>Fotografías prueba hapticidad.</i>	71
FIGURA 39. <i>Modificaciones propuesta.</i>	73
FIGURA 40. <i>Propuesta final. Elaboración propia.</i>	74
FIGURA 41. <i>Cánula succión Picare.</i>	76
FIGURA 42. <i>Cánula de aspiración para neurocirugía cerebral.</i>	77
FIGURA 43. <i>Cánula de aspiración para neurocirugía cerebral.</i>	78
FIGURA 44. <i>Cánula de aspiración para neurocirugía cerebral.</i>	79
FIGURA 45. <i>Despiece cánula.</i>	80
FIGURA 46. <i>Despiece cánula. Válvula.</i>	81
FIGURA 47. <i>Despiece cánula. Pieza retráctil.</i>	82

FIGURA 48. <i>Despiece cánula. Cuerpo tubular.</i>	83
FIGURA 49. <i>Cánula de succión.</i>	84
FIGURA 50. <i>Detalle manufactura.</i>	85
FIGURA 50. <i>Detalle costos.</i>	86
FIGURA 51. <i>Comparación morfológica.</i>	92
FIGURA 52. <i>Diferencia de uso.</i>	93

ÍNDICE IMÁGENES

IMAGEN 1 Y 2. <i>Equipo profesional realizando la preparación.</i>	19
IMAGEN 3. <i>Neurocirujano junto con un becado realizando la primera incisión.</i> .	20
IMAGEN 4. <i>Cirujano insertando electrodos para un paciente con epilepsia.</i>	20
IMAGEN 5. <i>Cirujano suturando.</i>	20
IMAGEN 6 Y 7. <i>Cirujano utilizando la cánula en neurocirugía.</i>	29
IMAGEN 8 Y 9. <i>Cirujano utilizando la cánula en neurocirugía.</i>	30
IMAGEN 10, 11 Y 12. <i>Bocetos proyección de uso.</i>	61
IMAGEN 13. <i>Fotomontaje. Elaboración de Daniela Valdebenito</i>	94