

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

SISTEMA DE PREVENCIÓN PARA PADECIMIENTOS MUSCULOESQUELÉTICOS EN MANO DE CIRUJANO

Opción de titulación: Proyecto documentado

Tesis Profesional que para obtener el Título de Diseñador Industrial presenta: Carlos Alejandro López Esqueda

Con la dirección de MDI Héctor López Aguado Aguilar y la asesoría de MDI Mauricio Moysen Chávez, MDI Vanessa Sattelle Günther, Doctor Mauricio Enrique Reyes Castillo y DI Víctor Manuel Valencia Sosa.



eHealth



Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes.

CARLOS ALEJANDRO LÓPEZ ESQUEDA | CIDI | FA | UNAM | CDMX 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



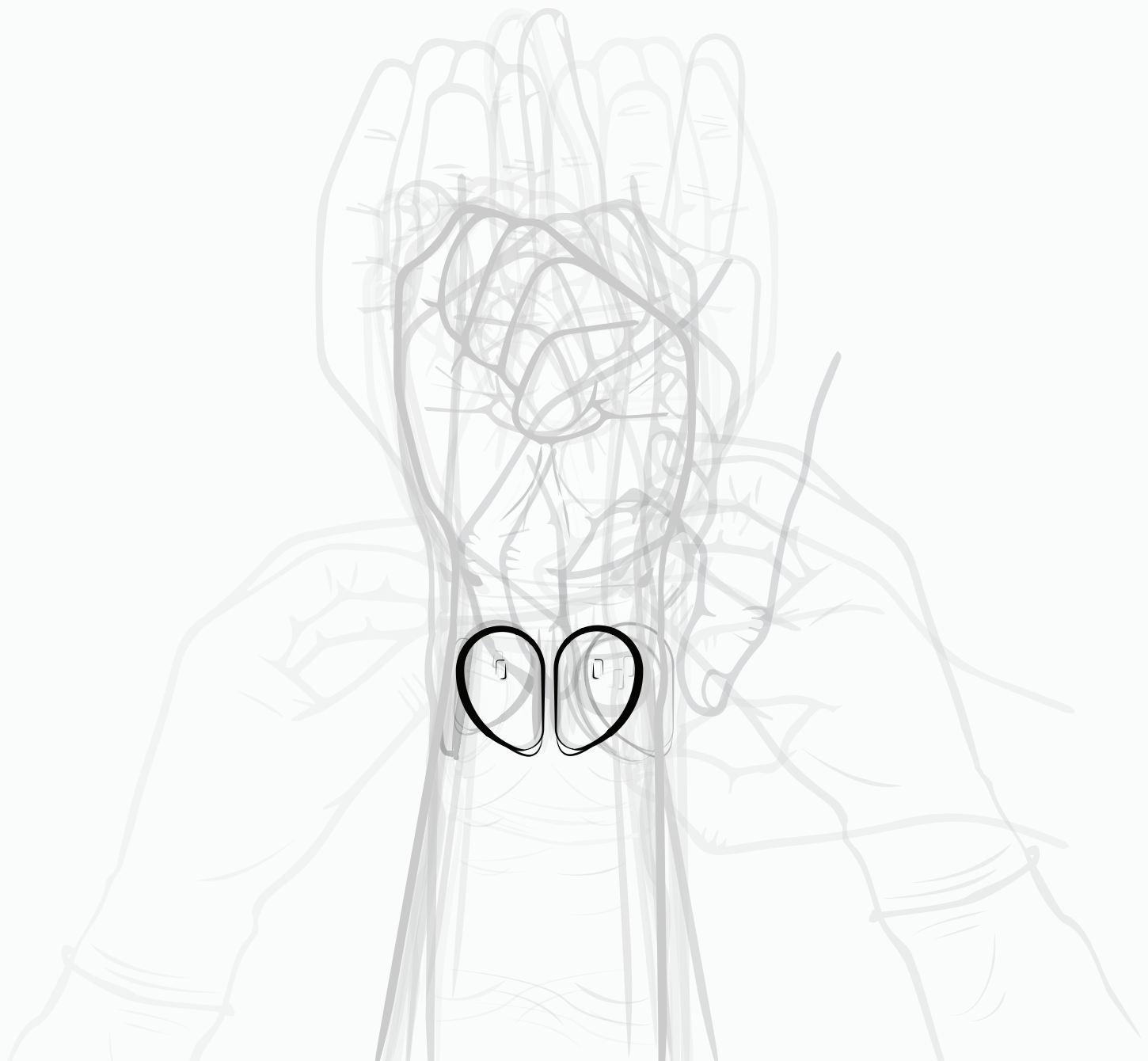
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

SISTEMA DE PREVENCIÓN PARA PADECIMIENTOS
MUSCULOESQUELÉTICOS EN MANO DE CIRUJANO
CARLOS ALEJANDRO LÓPEZ ESQUEDA | CIDI | FA | UNAM | CDMX 2019





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

EP01 Certificado de aprobación de
impresión de Tesis.

**Coordinación de Exámenes Profesionales
Facultad de Arquitectura, UNAM
PRESENTE**

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE LOPEZ ESQUEDA CARLOS ALEJANDRO No. DE CUENTA 310619781

NOMBRE TESIS SISTEMA DE PREVENCIÓN PARA PADECIMIENTOS MUSCULOESQUELÉTICOS
EN MANO DE CIRUJANO

OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS Y EXAMEN PROFESIONAL

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de LA TESIS, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día a las **horas.**

Para obtener el título de DISEÑADOR INDUSTRIAL

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F. a 13 de noviembre de 2018

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE M.D.I. HÉCTOR LÓPEZ AGUADO AGUILAR	
VOCAL M.D.I. MAURICIO MOYSSÉN CHÁVEZ	
SECRETARIO M.D.I. VANESSA SATTELE GUNTHER	
PRIMER SUPLENTE DR. MAURICIO REYES CASTILLO	
SEGUNDO SUPLENTE D.I. VICTOR MANUEL VALENCIA SOSA	

ARQ. MARCOS MAZARI HIRIART
Vo. Bo. del Director de la Facultad

Ante todo, me gustaría usar este espacio para agradecer a todas las personas que me apoyaron desde mi ingreso a la carrera. A mi padres, a mis hermanas, a los profesores que me guiaron para el ingreso y que me convecieron de estudiar en el CIDI, a mis compañeros que se convirtieron en amigos, a los profesores que fueron mis tutores no sólo en cuestiones de la carrera, incluso en la vida.

Mis más sinceros agradecimientos a la doctora Leticia Cruz y a Miriam, quienes ayudaron a facilitar la investigación de campo realizada.

Gracias a todos los que aguantaron y escucharon mis quejas durante el último año. Sobre todo, a quienes a pesar de ello, se quedaron a mi lado para recordarme que nunca debo de rendirme. Este docuemnto se finalizó gracias a todos ustedes.

ÍNDICE

12 Introducción

Abstract	/12
Resumen	/13
Introducción	/14
Antecedentes	/16
Hipótesis	/18
Objetivos	/19
Metodología	/20

22 Investigación documental

Tipos de operaciones por metodologías	/24
Especialidades	/25
Actores y diagramas de flujo	/26
Protocolo de asepsia	/28
Vestido y calzado de guantes de los cirujanos	/30
Padecimientos musculoesqueléticos	/32
Padecimientos musculoesqueléticos prevalentes en cirujanos	/33

42 Investigación de campo

Investigación de campo	/44
Análisis	/48
Áreas de oportunidad	/49
Infografía	/50

52 Condicionantes de diseño

Referencias	/54
Métodos para desarrollo de solución	/58
Consideraciones de diseño	/64

66 Propuestas y evaluaciones

Propuesta 1	/68
Evaluación de propuesta 1	/70
Aspectos tecnológicos para propuesta 2	/72
Propuesta 2	/74
Evaluación de propuesta 2	/82

84 Propuesta final

Comprobación de forma	/90
Arquitectura del sistema	/94
Secuencia de uso	/100
Función	/104
Producción	/110
Estética	/114
Ergonomía	/120
Modelo de negocio	/128
Conclusiones	/130

132 Anexos

Glosario	/134
Fuentes	/136
Planos	/140

ABSTRACT

A proposal was developed for a system for the prevention of musculoskeletal conditions commonly developed in surgeon hands. "eHealth" is a solution that focuses on prevention of musculoskeletal hand ailments, suffered by surgeons due to the strain, postures and long working hours that they endure.

It consists of two essential parts, one is the information system that gathers data and focuses on creating an active conscience of well-being about indirect habits or factors, as well as pre-/ post-procedure habits and factors. The second part is all about making the surgeon aware of his own health as well as recommended limits of physiological strain while conducting a procedure; elevating the chance of success for the procedure, while reducing the risks for the patient and the long term deterioration of the surgeon.

RESÚMEN

Se desarrolló una propuesta de un sistema para la prevención de padecimientos musculoesqueléticos en mano de cirujano. "eHealth" es una propuesta de un sistema para la prevención de padecimientos que sufren los cirujanos por el esfuerzo, posturas y jornadas a los que se exponen por su profesión.

Existen dos partes esenciales, uno es el sistema de información que pretende generar una conciencia de bienestar en aspectos que, a pesar de ser conocidos, no los tienen presentes en su rutina diaria. La segunda parte, son monitores para cirugía que permiten tener una mayor percepción del estado de su cuerpo, puesto que el enfoque en el paciente tiende a ser absoluto, resultando en una prevención oportuna, previa a la presentación de síntomas que puedan poner en riesgo la salud, tanto del cirujano, como del paciente.

INTRODUCCIÓN

Los cirujanos se enfrentan día a día con riesgos tanto físicos, como mentales, generando un desgaste fisiológico en el sistema nervioso, muscular y esquelético. Resultando como consecuencia, en el desarrollo de múltiples padecimientos en puntos focales de estrés fisiológico, siendo la mano y sistemas aledaños unos de los más afectados, por su complejidad biomecánica y la carga de trabajo que existe en ellos. Debido a las causas previamente mencionadas, los padecimientos más comunes en términos musculoesqueléticos y neurológicos son: artritis, tendinitis, bursitis y síndrome de túnel carpiano.¹

En éste capítulo se exponen los datos de introducción al tema, generando un marco teórico con base en estudios y observaciones generales del ámbito de los cirujanos.

El segundo capítulo consta de una investigación documental profunda en cuanto a datos específicos y estadísticas que ayudaron a identificar la problemática, así mismo, investigaciones que ayudaron a comprender de mejor manera las implicaciones de diferentes factores fisiológicos y metódicos.

La investigación de campo se expone en el tercer capítulo, se realizaron observaciones en quirófano de procedimientos, implementación de protocolos y posicionamiento de manos para hallar problemas que se pasan por alto y tienen, como consecuencia la degradación física y mental de los cirujanos. Esto ayudó a establecer las condicionantes de diseño que se presentan en el cuarto capítulo.

En el quinto capítulo se exploran algunas soluciones, formas y factores tecnológicos que eventualmente resultaron en la propuesta final.

Finalmente, la propuesta final es desarrollada y desglosada en factores ergonómicos, productivos, funcionales y estéticos.

ANTECEDENTES

¿Qué es una cirugía?

Del griego *χείρ*, jeir, “mano”, y *ἔργον*, érgon, “trabajo”, de donde *χειρουργία*, jeirourguéia, significa “trabajo manual”. Esta es la práctica que implica la manipulación fisiológica de las estructuras anatómicas con un fin médico, sea diagnóstico, terapéutico o pronóstico. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2012), una cirugía mayor es todo procedimiento realizado en el quirófano, que requiera la incisión, la manipulación y/o la sutura de un tejido, y que usualmente requiere anestesia regional, general, raquídea o sedación profunda, para así controlar el dolor.²

Antecedentes Históricos

Hasta finales del siglo XIX las profesiones de cirujano y de médico estaban separadas una de la otra.

En la edad antigua las tareas manuales se veían con desprecio social ante los eruditos de la salud.

Durante la edad media, la civilización árabe crea un compendio del saber quirúrgico a manera de enciclopedia. En cambio, en la civilización cristiana, aún no existía alguna regulación de la práctica o una enseñanza formal, los cirujanos eran dentistas y barberos como profesión conjunta. Fue hasta el siglo XII que en Europa se consideró que los cirujanos estudiaran de manera formal su profesión antes de poder practicar. A partir de esto, Rogelius Salernitanus creó la primera base de los manuales modernos quirúrgicos occidentales. En el siglo XIII, Lanfranci de Milán escribe Cirugía Magna, enciclopedia quirúrgica.

En el renacimiento, la cirugía se encontraba en constante desarrollo gracias al cambio del pensamiento ilustrativo anatómico a la disección como método de práctica, así mismo como los conflictos bélicos en Europa.

Ambroise Paré (1510-1590), padre de la cirugía moderna, es quien propone el utilizar procedimientos más seguros durante amputaciones, como lo es la ligadura de arterias y cauterización de heridas.

Con la era de la ilustración, el éxito profesional de los cirujanos produce un reconocimiento en términos de estatura social que los sobrepone ante los médicos. Este suceso, produce una demanda por el estudio de la profesión y es cuando empieza a ampliarse la formación teórica académica en escuelas de medicina.

A lo largo del siglo XIX, se desarrollan tres de los pilares actuales de la cirugía: la anestesia, la antisepsia y la hemostasia, combatiendo con estas prácticas las principales causas de muerte o trauma durante los procedimientos.

En el siglo XX la profesión amplía sus horizontes al incursionar en el uso de antibióticos preventivos, los trasplantes y la cirugía endoscópica.²

Durante el lapso recorrido del siglo XXI, la cirugía endoscópica ha adquirido un mayor grado de uso ya que es de invasión mínima. Gracias a esto, tanto el daño adquirido por el abordaje, como la recuperación, son de menor grado. Así mismo, las nuevas tecnologías han ayudado a ampliar el espectro de uso, derivando en diferentes especialidades: artroscopía, articulaciones; broncoscopía, pulmones; colonoscopia y sigmoidoscopia, intestino grueso; cistoscopia y ureteroscopía, sistema urinario; laparoscopia, abdomen o pelvis y endoscopia gastrointestinal superior, esófago y estómago³

Los procedimientos quirúrgicos tienen como enfoque al paciente debido al riesgo existente en la operación, omitiendo el bienestar de quienes lo realizan. Debido a esto, se pretende tomar como enfoque el cuidado del sistema musculoesquelético en manos del cirujano, ya que éstas son sus herramientas de trabajo.

Un compendio de estudios terminado en febrero de 2018 (5828 médicos cirujanos de edad promedio 46.0 años; 78.5% eran hombres; 12.8 años en práctica; operando 14.4 hrs/semana, reveló que uno de los índices más altos de prevalencia de padecimientos musculoesqueléticos (MSDs por sus siglas en inglés *Musculoskeletal Disorder*) es el síndrome de túnel carpiano con 9% (256 de 2449).⁴

“De acuerdo a la recopilación de datos, la prevalencia de dolor variaba entre el 35% y el 60% (los resultados variaron según los diferentes instrumentos utilizados para la medición). 12% de los que pertenecían al grupo con MSDs adquiridas por profesión (277 de 2319 médicos), requerían una excedencia, restricción de horas de operación/modificación de horas o una jubilación temprana.”⁴

Tomando en cuenta dicho contexto, se desarrollará una propuesta para la concientización y prevención de padecimientos derivados de realizar procedimientos quirúrgicos generales, microquirúrgicos y procedimientos tanto quirúrgicos como no quirúrgicos de alcance remoto (endoscopias).

Actualmente (año 2018), existen varios padecimientos y riesgos a la salud a los que se ven expuestos los cirujanos por su profesión, como cortadas, por la cantidad y cercanía a objetos punzocortantes, infecciones, alergias, químicos nocivos, posturas estáticas y factores de estrés. Sin embargo, muchos cirujanos no prestan atención a su salud y/o no buscan la ayuda apropiada necesaria. Por lo tanto, la importancia de una cultura de concientización de la prevención y detección de los padecimientos mencionados anteriormente, es imperativa para mejorar la calidad de vida y tiempo de vida útil debido a las actividades que realizan los cirujanos.¹

Existen soluciones y enfoques a la mayoría de estos riesgos, pero uno de los que aún no ha sido atacado es la prevención de los problemas musculoesqueléticos en mano. Aparentemente esto representa un área importante de oportunidad para innovación, no sólo para el tema de cirujanos, si no, el primer paso para otras actividades que requieren precisión y movimientos repetitivos.

Un dispositivo que recuerde al cirujano la necesidad de realizar un descanso durante la operación, ayudará a prevenir el desarrollo de padecimientos musculoesqueléticos.

Objetivo General

Desarrollar un sistema de monitoreo para prevenir padecimientos musculoesqueléticos de los cirujanos durante y fuera de cirugía a corto, mediano y largo plazo sin poner en riesgo al paciente.

Objetivos Particulares

Crear un sistema de información que permita cuantificar actividad, desgaste físico y mental durante los procedimientos quirúrgicos.

Diseñar un monitor que ayude a la recopilación de datos fisiológicos del cirujano.

Proponer una aplicación para celular que se integre a las aplicaciones ya existentes de monitoreo fisiológico.

Generar recordatorios personalizados en el celular y en el monitor de uso durante cirugía para informar del estado físico del cirujano.

Visualizar la recopilación de datos personales del cirujano para proponer mejoras en su rutina tanto diaria, como pre, post y operatoria a través de una aplicación.

METODOLOGÍA

Etapas

Etapas

Investigación y recopilación de información documental:

Revisión del estado del arte en torno a los cirujanos
Índices y estudios cuantitativos sobre la prevalencia de padecimientos musculoesqueléticos asociados.

Etapas

Investigación de campo, realizada a través de observación, documentación fotográfica y complementada por comentarios de cirujanos, con un posterior análisis de estos:

Visita al Centro médico siglo XXI, área de otorrinolaringología
Organización y visualización de la información

Etapas

Análisis y procesamiento de la información; correlación de datos, protocolos, observaciones y déficit de soluciones:

Problemática
Análisis de hallazgos
Conclusiones y revelaciones (insights)
Áreas de oportunidad
Planteamiento de Hipótesis y objetivos

Etapas

Desarrollo de propuesta de solución, basado en métodos para diseño médico y para innovación:

Aplicación de métodos de diseño (Stanford *BioDesign* e IDEO *Innovation design*)
Desarrollo conceptual
Consideraciones de diseño
Propuestas de diseño
Evaluación y validación de propuestas
Propuesta final
Comprobación de hipótesis
Resultados finales

22 Investigación documental

INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

En el capítulo se muestra la investigación documental profunda en cuanto a datos específicos y estadísticas que ayudaron a identificar la problemática, así mismo, investigaciones que ayudaron a comprender de mejor manera las implicaciones de diferentes factores fisiológicos y metodológicos.

Tipos de operaciones por metodologías

Los procedimientos quirúrgicos se clasifican en diferentes categorías según su urgencia, propósito, procedimiento, parte del cuerpo, invasión e instrumentos utilizados.

Urgencia: Cirugía electiva, semi-electiva y de emergencia. La electiva es para corregir alguna condición no mortal y por solicitud del paciente. La semi-electiva es para evitar una incapacidad permanente o la muerte, sin embargo, se puede posponer por un tiempo. La de emergencia requiere realizarse tan pronto como se pueda con la finalidad de salvar una vida o función del paciente.

Propósito: Cirugía exploratoria, terapéutica y estética. La exploratoria se realiza para diagnosticar o corroborar un diagnóstico que pueda estar en duda. La cirugía terapéutica se realiza para tratar condiciones previamente diagnosticadas. La cirugía estética es modificar la apariencia de una parte que se considera con funciones normales.

Procedimiento: Amputación, resección, reimplantación, reconstructiva, escisión, trasplante y extracción. La amputación implica el remover una parte del cuerpo visible. La resección consiste en separar total o parcialmente uno o varios órganos o tejidos del cuerpo. La reimplantación es el unir una parte del cuerpo que haya sido cortada. La reconstructiva es aquella que sirve para reparar una lesión, mutilación o deformidad. La escisión es la extirpación de algún órgano o tejido. La de trasplante es el reemplazo de un órgano o tejido por uno ajeno, la de extracción es el procedimiento que se realiza en el cuerpo donador.

Parte del cuerpo: A la cirugía se le asignará el nombre según el sistema o parte del cuerpo que se vea involucrada, cardíaca, gastrointestinal, ortopédica y neurocirugía entre otras.

Invasión: La microcirugía es un procedimiento en el que no se requiere hacer una incisión grande para realizar el procedimiento de manera directa. Una endoscopia de similar manera requiere una incisión mínima, sin embargo, se utilizan instrumentos para acceder a áreas remotas. La cirugía abierta es a partir de una incisión grande para realizar el procedimiento.

Instrumentos utilizados: La cirugía láser implica el uso de un láser para cortar el tejido en lugar de un instrumento punzocortante. La microcirugía implica el uso de un microscopio. La cirugía robótica utiliza un robot quirúrgico para controlar la instrumentación bajo la dirección del cirujano.⁵

Especialidades

Las especialidades quirúrgicas se dividen en:

Angiología y cirugía vascular: venas, las arterias y a los vasos linfáticos

Cirugía gástrica: obesidad, buscando disminución del peso corporal

Cirugía cardiovascular: corazón o grandes vasos

Cirugía general y del aparato digestivo: tubo digestivo, glándulas tiroides, paratiroides, suprarrenales y pared abdominal.

Cirugía oral y maxilofacial: boca, cara y cuello

Cirugía plástica y reparadora: corrección y mejoramiento de anomalías de origen congénito, adquirido, tumoral, involutiva o modificación estética

Cirugía torácica: cavidad torácica excepto corazón y grandes vasos

Cirugía oncológica: tumores y tejidos cancerígenos

Cirugía ortopédica y traumatología: sistema musculoesquelético

Cirugía pediátrica: corrección quirúrgica de malformaciones congénitas y de otras enfermedades de los niños y adolescentes

Cirugía oftalmológica: eliminar o minimizar los defectos refractivos oculares

Neurocirugía: sistema nervioso central, periférico y vegetativo, incluyendo sus estructuras vasculares

Especialidades médico-quirúrgicas

Dermatología: estructura y función de la piel

Electrofisiología: propiedades eléctricas de células y tejidos biológicos

Obstetricia y ginecología: órganos reproductivos femeninos y embarazo

Odontología / estomatología: dientes y cavidad bucal

Oftalmología: ojos

Otorrinolaringología: oído, vías respiratorias superiores y parte de las inferiores

Urología: aparato urinario, glándulas suprarrenales y aparato reproductor masculino⁵

Actores y diagramas de flujo

Cirujano: Desarrolla y ejercita su criterio, lo que permite tomar decisiones rápidas y seguras en los momentos necesarios como imprevistos o complicaciones. Debe realizar una cirugía con pleno conocimiento de la patología y del procedimiento. El instrumental que se deja de utilizar lo devuelve al instrumentista. No debe de retirar su vista del procedimiento en ningún momento, por lo que solicita los instrumentos al instrumentista y éste se lo debe de entregar de tal manera que se pueda hacer uso de ellos de inmediato.

Primer ayudante: Es la segunda autoridad después de cirujano. Se involucra activamente durante el procedimiento, complementando acciones del cirujano, limpieza del área y realiza hemostasia, tratando de anticipar las necesidades del cirujano, por lo que necesita tener pleno conocimiento del procedimiento a realizar. Requiere una comunicación con el instrumentista para realizar dichas acciones.

Segundo ayudante: Puede no requerirse un segundo ayudante, pero en caso de ser así, éste tiende a cumplir un rol de apoyo al cirujano y al primer ayudante en tareas complementarias al procedimiento como lo es el sostener instrumentos que deban de seguir en contacto con el paciente.

Instrumentista: La tarea del instrumentista es el apoyar de una manera externa durante el procedimiento al cirujano y ayudantes, permitiendo que sus acciones sean más eficientes y veloces, por lo que incrementa la probabilidad de éxito de una operación. Debido a esto, el instrumentista también debe de conocer el procedimiento a realizar para preparar material e instrumentos previa y oportunamente. Debe de mantener una rigurosa asepsia ya que todo lo que se le pase al cirujano o a los ayudantes, pasa por él.

Otra parte de sus obligaciones es el solicitar a los enfermeros sucios y circulantes instrumentos, material de curación o de esterilización antes de que se requiera, ya que el instrumentista no debe de retirarse de su puesto.

Al terminar la operación, el enfermero del quirófano lo apoya a vendar la herida y junto con el enfermero circulante, limpiarán el instrumental y revisarán que todo quede ordenado en el quirófano.

Enfermero/a del quirófano o circulante: Debe preparar el quirófano para el procedimiento. Ropa, instrumental, guantes y vestimenta estéril, suturas, gasa, una bandeja con antiséptico, una bandeja para retirar la pieza proveniente de la cirugía (si ésta lo requiere) y revisar que el equipamiento esté en condiciones adecuadas.

Participa en la tranquilización del paciente, asepsia del campo operatorio, apoyar durante el procedimiento, al finalizar la operación ayudará al instrumentista a limpiar y vendar la herida, entregar al paciente en el área postoperatoria y realizar la limpieza del instrumental.

Anestesiólogo: Es el médico que se encarga de la anestesia, por lo que su rol implica la canalización del paciente, lectura y supervisión de lecturas biométricas previas, durante y después de la operación, hasta que el paciente se haya recuperado.⁶

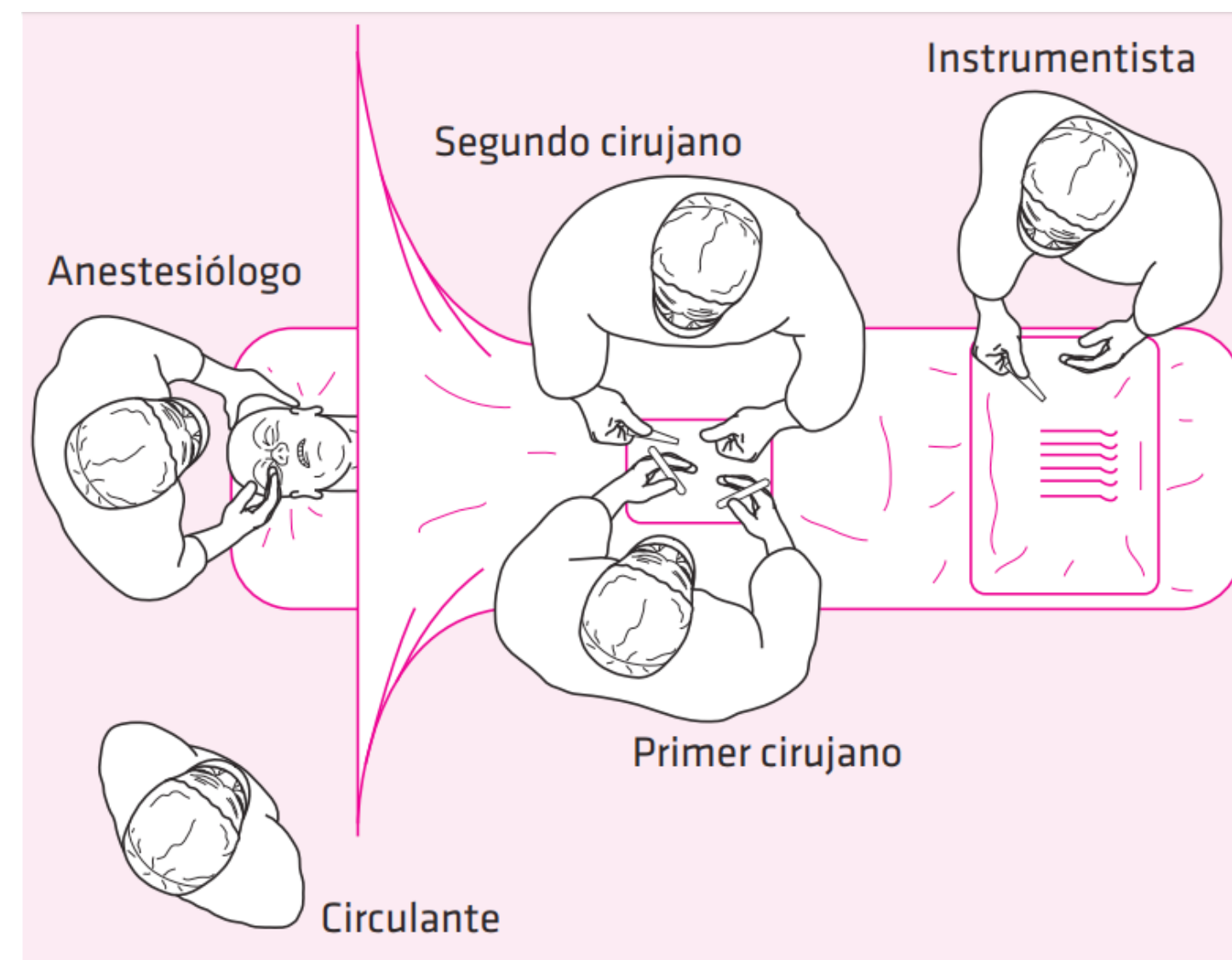


Figura 1 Grupo quirúrgico básico y sus funciones en la sala.⁹

Protocolo de asepsia

Lavado de manos

Los métodos predominantes como técnicas de lavado en México son dos:

El primero se enfoca en la duración del lavado de 5 a 10 minutos sin una técnica o secuencia específica con jabón antiséptico.⁷

El segundo es el que se instruye en la Facultad de Medicina de la UNAM, con una duración aproximada a los 10 minutos, con una secuencia como la que se muestra en la ilustración (Figura 2). Este método es explicado de la siguiente manera:

Los factores a revisar previamente al lavado son:

- El uso de la pijama quirúrgica con la camisola bajo la cinta del pantalón.
- Las botas bien sujetas.
- Las uñas cortas.
- El gorro y el cubrebocas muy bien colocados, y las cintas del cubrebocas no deben hacer presión sobre los pabellones auriculares.
- Ajuste gafas e indumentaria de protección.

2. En el siguiente paso debe:

- Abrir el paso del agua
- Regular la presión y temperatura deseadas.
- Enjuagar las manos y antebrazos hasta 5 cm arriba del pliegue de los codos, aplicar jabonadura y lavar en forma corriente.

3. Bajo el chorro de agua debe limpiar las uñas y después enjuagarse con las manos hacia arriba para que el agua escurra hacia el codo flexionado.

4. Tome el cepillo estéril de su paquete o del expedidor metálico e imprégnelo en la jabonadura; inicie el cepillado de una de las extremidades superiores siguiendo la técnica "anatómica". Según esta técnica, para impedir el olvido de alguna región, bajo el chorro del agua cepille las uñas, en seguida las cuatro caras de cada dedo y después los pliegues interdigitales. Siguen las cuatro caras de la mano; pase al puño y ascienda por el antebrazo hasta llegar 5 cm arriba del pliegue del codo. El cepillado se hace con golpes cortos y rápidos. Cuando el cepillo llega hasta el codo no regresa a la mano o al puño sin ser enjuagado. Durante todo el lavado y después del mismo se mantienen las manos más altas que los codos para hacer que el agua escurra dentro del lavamanos a fin de que la suciedad o la jabonadura no resbalen hacia los dedos y manos. En seguida enjuague en el chorro de agua la extremidad y el cepillo; este último se cambia de mano y se hace la misma maniobra de cepillado en la otra extremidad. En un segundo tiempo de lavado, sólo llegue hasta los pliegues de los codos, y en un tercero hasta el tercio inferior de los antebrazos, de tal manera que manos y puños se cepillan tres veces, antebrazos dos veces y codos una vez.

5. El cepillo se descarta dejándolo caer en el lavabo; no se debe depositar con la mano porque se podría tocar algún sitio sucio, o bien, al bajar la mano el agua podría regresar del

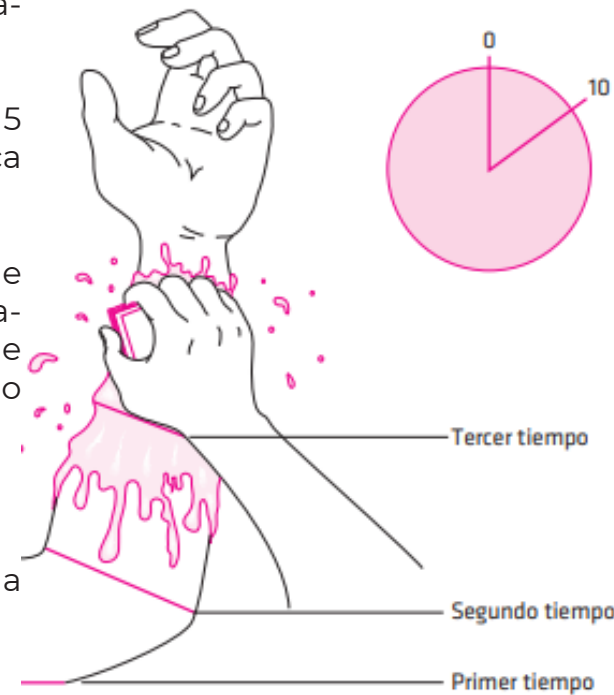


Figura 10-10 Lavado del grupo quirúrgico estéril.

Figura 2 Lavado del grupo quirúrgico estéril⁹

codo a la mano.

6. Cuando se ha terminado el lavado, mantenga las manos a la altura del pecho y sin tocar el cuerpo, con los codos ligeramente flexionados. En esa actitud se pasa a la sala de operaciones siempre cuidando no tocar objeto alguno. Abra la puerta empujándola con el cuerpo.

Las diferencias con otras técnicas de lavado estriban en que algunos prescriben contar el número de golpes de cepillo que se darán en cada región, o bien, hacer un cepillado enérgico, pero de 10 minutos de duración, sólo contando el tiempo, el uso del detergente germicida, el agua corriente y el arrastre mecánico. Otros exigen que se use un cepillo para cada brazo. Al parecer, ninguno de estos métodos reporta alguna ventaja sobre el otro y hay quienes afirman que cinco minutos de lavado son suficientes, y el tiempo se acorta si el cirujano se lava varias veces en un día. El lavado quirúrgico con algunos detergentes antisépticos comerciales incluye la limpieza de las uñas y el lavado con esponja durante tres minutos; cuando se usan estos detergentes al prolongar el tiempo de lavado o el cepillado convencional, se provoca irritación química con excoiraciones graves de la piel.⁸

Técnica de secado

Algunos hospitales tienen la práctica de utilizar alcohol como sustituto del secado de manos y complemento en la asepsia. Esto se realiza con un dispositivo de aspersión activado por un pedal (Figura 3).

El uso de alcohol después del lavado con hexaclorofeno inactiva a la sustancia aséptica, por lo que no se deben de utilizar en conjunto.

La segunda práctica común es la utilización de una compresa o toalla estéril (Figura 4):

1. La primera persona del equipo en vestirse encuentra con la vista que la primera pieza de tela sobre el paquete de ropa abierto en la mesa de riñón es una toalla para secarse las manos. Toma con la mano la toalla cuidando de no gotear agua sobre el paquete y procede a secarse. Si el instrumentista antes ya está vestido y lleva los guantes puestos, es él quien ofrece una toalla estéril tomándola por un extremo para evitar el contacto de sus guantes con la mano de quien recibe la toalla.

2. La persona que se seca toma la toalla por el otro extremo y la desdobra; a partir de este momento la toalla sólo hace contacto con las manos de la persona que la usa.

3. Con uno de los extremos se secan ambas manos, el puño y el antebrazo de un lado. El puño y el antebrazo del otro lado se secan con la parte no usada de la toalla.

4. Se desecha la toalla.

5. Otra posibilidad es el uso de dos lienzos desechables estériles: se toman los dos en una mano, se seca la mano y el antebrazo de un lado y en seguida se desecha el primer lienzo; con el segundo se hace la misma maniobra para secar el lado opuesto.⁹



El secado con alcohol al 70% se acelera y se obtiene efecto antiséptico

Figura 3 Secado con alcohol

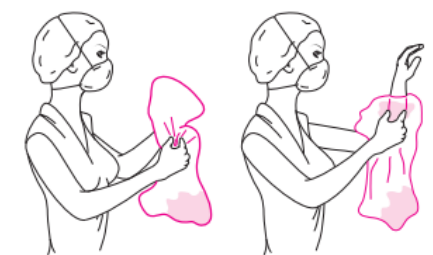
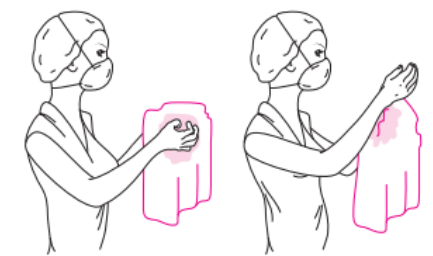


Figura 4 Opción de secado con toalla estéril

Vestido y calzado de guantes de los cirujanos

Existen dos tipos de vestido, por técnica asistida (Figuras 5 y 6) y por técnica autónoma (Figura 7).

1. El instrumentista, vestido con bata y guantes estériles, desdobra una toalla para secarse las manos y la coloca sobre las manos extendidas de la persona que se vestirá. Esta persona ejecuta el secado de las manos ya descrito.
2. En seguida, el instrumentista toma una bata estéril y, mientras la sujeta por el cuello, la extiende hacia abajo sin lavar sus manos más allá del nivel de su propia cintura.
3. Toma los hombros de la bata por el anverso o cara que será la externa y la ofrece a la persona que se viste, exponiendo ante ella la superficie que ha de estar en contacto con el cuerpo. De esta manera quedan visibles los orificios de las mangas y la persona puede introducir las manos en ellas y deslizarlas unos centímetros. El instrumentista suelta la bata sin tratar de llevarla hasta los hombros y, mientras la persona que se viste conserva los brazos extendidos sin sacar las manos de las mangas, el circulante no estéril ajusta la bata y anuda las cintas como ya se describió.
4. El instrumentista toma el bulto de guantes e identifica el derecho, lo sujeta por el puño y lo dobla hacia afuera, con los dedos del guante hacia abajo y la palma hacia la persona que los ha de calzar.
5. Se mantiene el guante con firmeza y se estira el puño con fuerza mientras que el cirujano introduce la mano en él.
6. El puño se desdobra para cubrir el estoquinete de la bata del cirujano y se repite la maniobra con la otra mano.⁹ (Figura 8)

El calzado de guantes por técnica autónoma se realiza por método cerrado (Figura 9) o por método abierto (Figura 10).

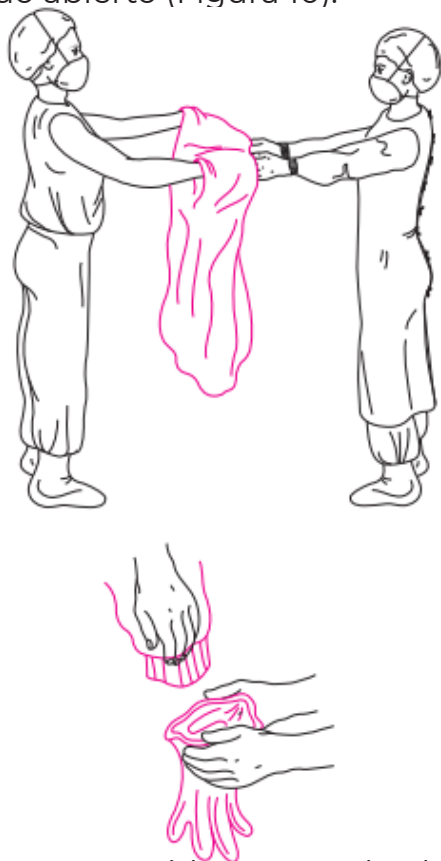


Figura 5 Vestido y calzado de guantes por medio de técnica asistida y cerrada⁹

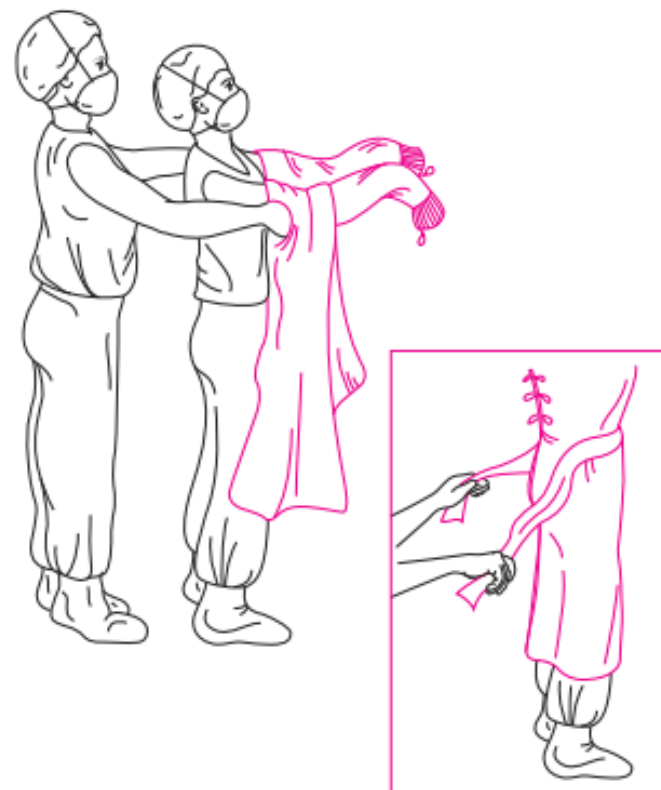


Figura 6 El circulante anuda la bata sin tocar el anverso⁹

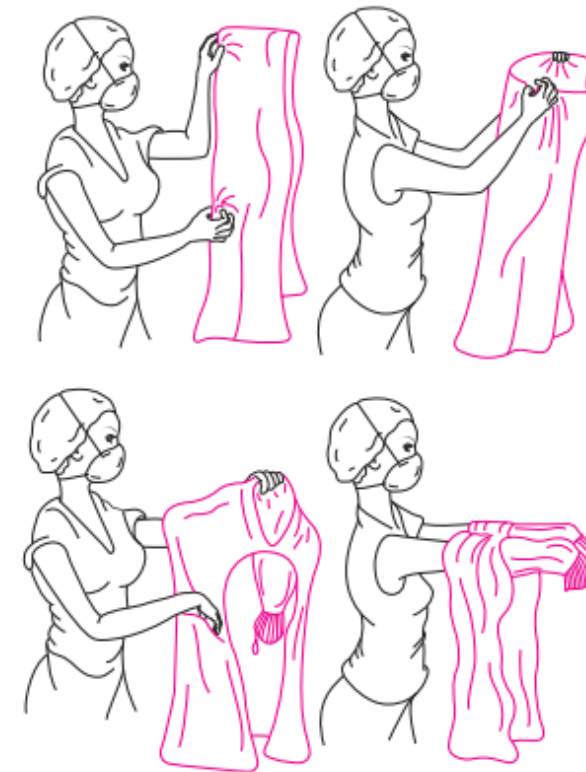


Figura 7 Vestirse con bata estéril por medio de la técnica autónoma⁹

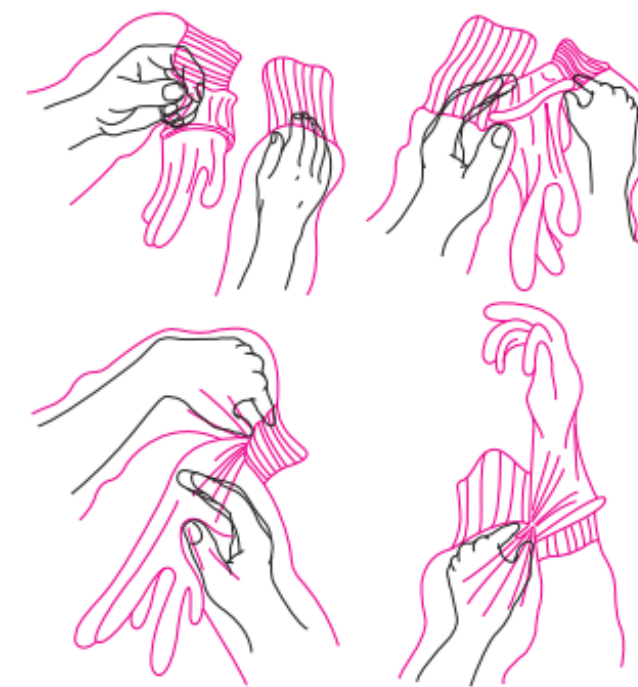


Figura 9 Calzado de guantes por el método cerrado⁹

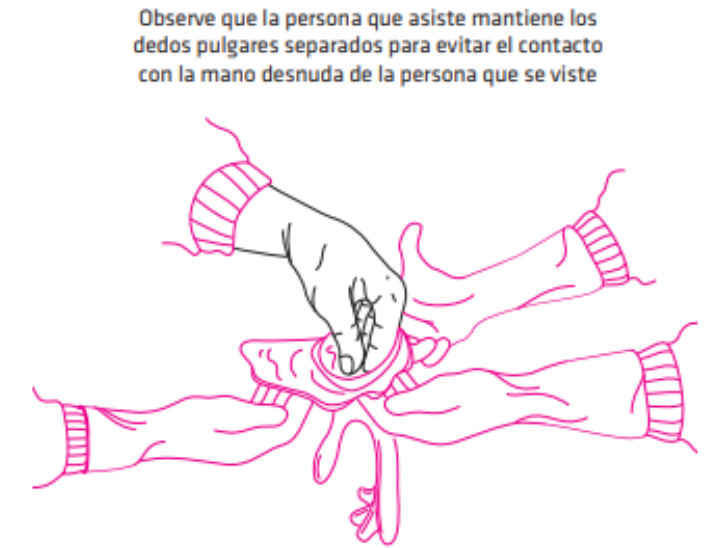


Figura 8 Calzado de guantes por medio de técnica asistida⁹

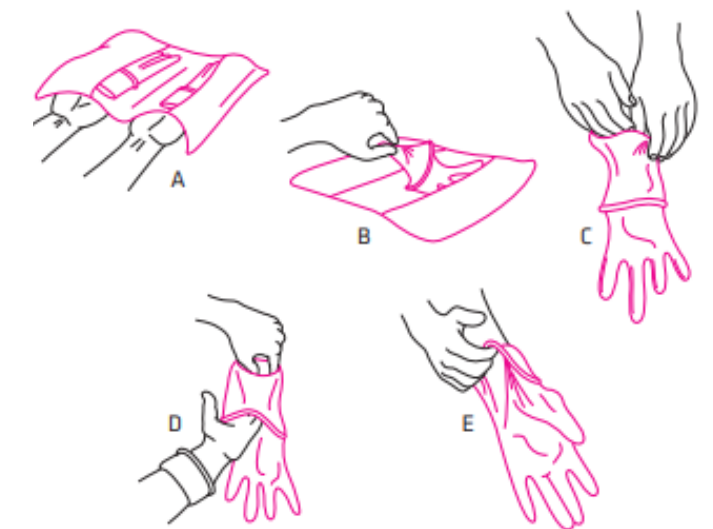


Figura 10 Calzado de guantes por el método abierto⁹

Padecimientos musculoesqueléticos

Musculoesqueléticos

Acorde a la clasificación internacional de enfermedades, los padecimientos musculoesqueléticos se engloban en más de 150 diferentes diagnósticos que afectan al sistema locomotor, músculos, huesos, articulaciones y tejidos asociados como lo son ligamentos y tendones. Todos estos padecimientos varían en tiempos de afectación, desde temporales como lo pueden ser fracturas hasta condiciones degenerativas de por vida asociadas a discapacidades motrices.¹⁰

En este documento sólo se tomarán en cuenta los padecimientos con mayores índices de prevalencia en la comunidad de cirujanos, como lo son la artritis, osteoartritis, bursitis, tendinitis y síndrome de túnel carpiano.

Los padecimientos musculoesqueléticos usualmente son asociados y caracterizados por el dolor, preponderantemente constante, así como limitaciones de movilidad y habilidad funcional. Reduciendo la capacidad de trabajar y participar en roles sociales, derivando en una degradación de la salud mental. En una instancia más amplia, el impacto llega a afectar a comunidades debido a la falta de fuerza de trabajo en múltiples profesiones. Algunos de los padecimientos que más incapacitan son lesiones e inflamaciones como lo es la artritis.

Este tipo de padecimientos afectan a personas en todo el mundo. Aunque la prevalencia de padecimientos musculoesqueléticos incrementa con la edad, las personas jóvenes también se ven afectadas, y mucho más durante sus años más productivos.¹¹

Estos padecimientos normalmente son progresivos y asociados con dolencias. Las condiciones musculoesqueléticas son algunas de las principales causas de morbilidad y discapacidad, llevando a gastos médicos sustanciales y pérdida de fuerza laboral. Las más comunes y con mayor impacto global son la artritis y osteoartritis.¹²

Padecimientos musculoesqueléticos prevalentes en cirujanos

Un estudio de la carga mundial de la enfermedad (GBD, Global Burden of Disease) provee evidencia del impacto que tienen los padecimientos musculoesqueléticos, realzan la carga de discapacidad asociada con dichos padecimientos. En este estudio (2016), dichos padecimientos eran el segundo contribuyente de los índices globales de discapacidad.

Mientras la prevalencia de padecimientos musculoesqueléticos varía según la edad y el diagnóstico, entre el 20%-30% de la población global padece una condición musculoesquelética dolorosa.¹³

“Médicos especialistas tienen un alto riesgo de sufrir padecimientos musculoesqueléticos causados por su profesión. Esto se ha llamado una “epidemia inminente” en el contexto de reducción de fuerza de trabajo, sin embargo, los estimados de prevalencia de MSDs, varían según el estudio realizado. El compendio de estudios más reciente terminado en febrero de 2018, reveló los siguientes datos de médicos cirujanos en riesgo de padecer un MSD.

21 artículos para los que se realizaron estudios (5828 médicos cirujanos de edad promedio 46.0 años; 78.5% hombres; 12.8 años en práctica; operando 14.4 hrs/seman, arrojaron que los índices más altos de prevalencia de MSDs son: enfermedad degenerativa de la columna cervical 17% (457 de 2406 médicos) , patologías en manguito rotador 18% (300 de 1513) (95% CI, 13%-25%), enfermedades de espina lumbar degenerativas 19% (544 of 2449), y síndrome de túnel carpiano 9% (256 de 2449).

De acuerdo con la recopilación de datos, la prevalencia de dolor variaba entre el 35% y el 60% (los resultados variaron según los diferentes instrumentos utilizados para la medición). 12% de los que pertenecían al grupo con MSDs adquiridas por profesión (277 de 2319 médicos), requerían una excedencia, restricción de horas de operación/modificación de horas o una jubilación temprana.

“12 especialidades en riesgo, mostraban una falta crítica de conciencia y ergonomía.”²

Síndrome de túnel del carpo

Es provocado por un exceso de presión en el nervio mediano, el cual se ubica a lo largo del brazo, pasa por un conducto llamado túnel carpiano y termina en la mano. Dicho nervio controla el movimiento y el tacto del pulgar y dedos opositores excepto el meñique. Debido a la inflamación de tejidos en el área, el túnel carpiano se satura y genera una presión sobre el nervio mediano.

Causas:

Movimientos repetitivos y de larga duración, sobre todo con posturas en las que las manos se encuentran a una altura menor que la cintura. Posturas estáticas prolongadas y posturas que no son neutras para la muñeca.

Condiciones como hipotiroidismo, mala postura corporal, daño en tendones y ligamentos, amiloidosis, el uso de pastillas anticonceptivas, neuropatías, obesidad, artritis reumatoide, osteoartritis, diabetes, trauma y embarazo, aumentan la probabilidad de adquirir dicho padecimiento. Las mujeres son tres veces más propensas que los hombres a adquirir síndrome de túnel del carpo, ya que en promedio ellas tienden a tener un espacio más reducido en el túnel carpiano que los hombres.

Síntomas:

Ardor, cosquilleo, comezón o entumecimiento en la palma, pulgar y dedos opositores. Los síntomas se pueden llegar a sentir a lo largo de la mano, brazo e incluso hombro.

Efectos:

En casos severos se llega a perder fortaleza de agarre, ya que los músculos de la mano se atrofian. El dolor y los calambres aumentan en intensidad y por último, el nervio mediano va perdiendo funciones debido a la irritación o presión a la que se expone. Esto lleva a: impulsos del nervio más lentos, pérdida de tacto, pérdida de coordinación (en especial en el pulgar). Por la naturaleza del desgaste, esta condición puede volverse degenerativa hasta perder función total de la mano.

Prevención:

Tomar descansos frecuentes (10-15 min cada hora) o reducir la cantidad de tiempo en la que se realiza una actividad que causa alguno de los síntomas. Evitar generar un sobreesfuerzo para el uso de herramientas, dispositivos o instrumentos. Realizar ejercicios de estiramiento seguido al hacer un puño y estirar los dedos hasta donde se pueda (5-10 repeticiones). Así como el realizar algunos ejercicios de estiramiento y fortalecimiento en el área. Estas medidas de prevención también se realizan como tratamiento para sanar el área y evitar un progreso del padecimiento. Así mismo, el agitar la muñeca y aplicar frío ayudan a combatir la inflamación y algunos de los síntomas, el sumergir la mano en agua caliente y estirla ha probado ser una eficiente manera de reducir significativamente los síntomas.

Tratamientos:

Los desinflamatorios y esteroides (cortisona) ayudan de la misma manera a reducir los síntomas, sin embargo, éstos no curan como tal el padecimiento.

Existen formas de tratamiento a partir de la inmovilización, utilizando férulas para mantener una postura neutra en la muñeca o muñequeras, ambas se procuran que sean utilizadas durante la noche, ya que durante el sueño tendemos a doblar las muñecas y dejarlas en posturas no deseables. Las muñequeras también pueden ser utilizadas durante el

trabajo, ya que no limitan el rango de movimiento, sólo forzan a la muñeca a adquirir una postura más neutra.

Una forma de tratamiento directa sería por ultrasonido para elevar la temperatura de la mano, sin embargo, los resultados han sido muy variables por lo que se considera más como una forma de aliviar los síntomas que realmente un tratamiento de la enfermedad.

La medida más extrema, sería someterse a un procedimiento quirúrgico que consiste en cortar parte del ligamento que compone el túnel carpiano, permitiendo que al sanar, el ligamento crezca con un mayor espacio para los tejidos que lo recorren. El riesgo de la cirugía es que si el daño al nervio ya sobrepasó un límite, pueden seguirse padeciendo ciertos síntomas, como dolor, entumecimiento y cosquilleo, así como que se agrave el daño al nervio mediano o tejidos aledaños.¹⁴

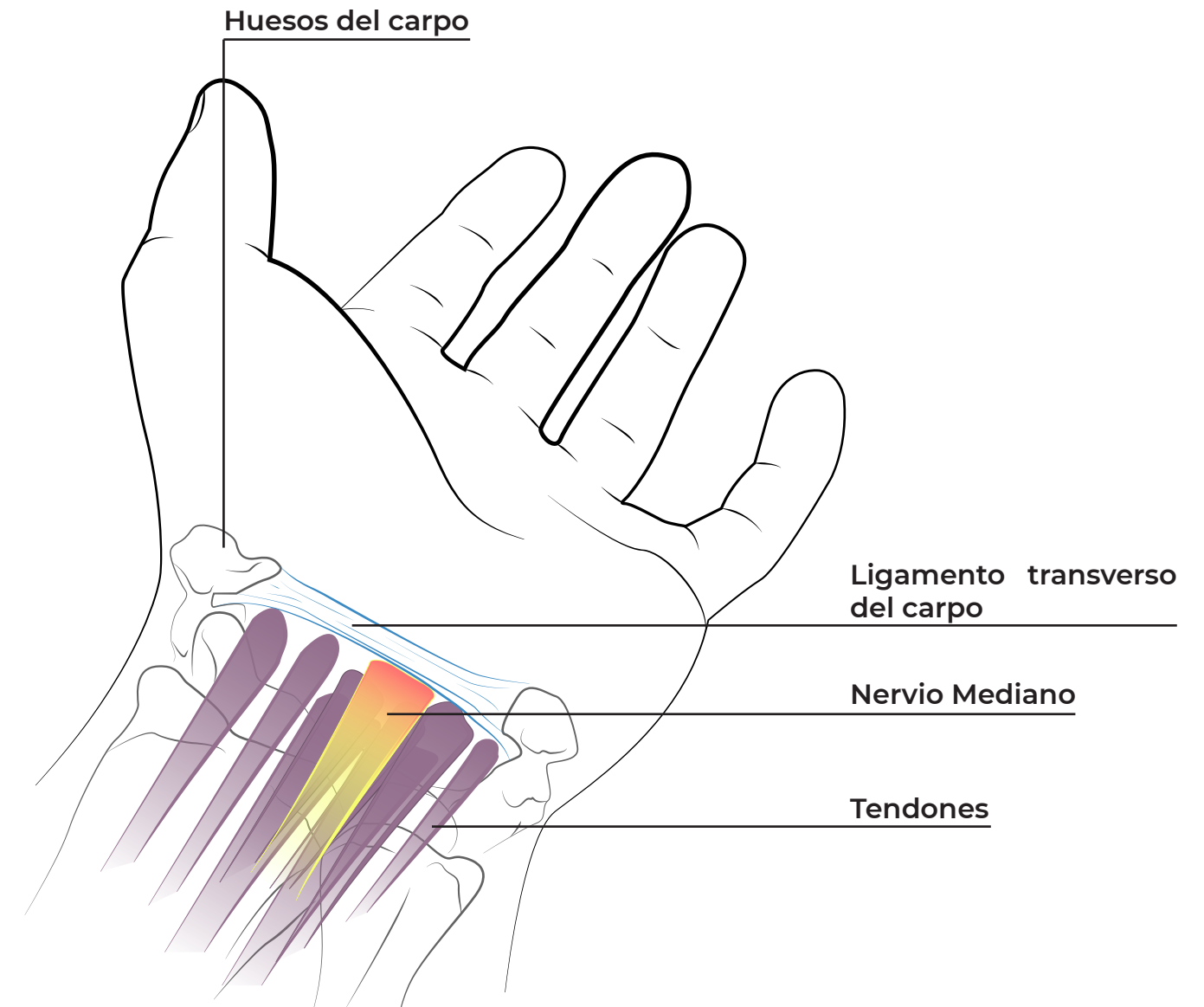


Figura 11 Esquema de túnel del carpo

Osteoartritis

Es una enfermedad degenerativa en las articulaciones que principalmente afecta al cartílago articular. Esta afecta al cartílago que existe en las articulaciones, generando así, una erosión progresiva hasta eliminar el cartílago.

Causas:

Predisposición genética hereditaria, obesidad, trauma y tiende a presentarse en personas mayores a 60 años, afectando a las articulaciones que más se estresaron durante su vida, usualmente se presenta en rodillas, cadera, dedos y espalda baja.

Síntomas:

Dolor constante en articulaciones, rigidez y aumento de dolor después de estar largos periodos sin realizar movimientos o al estar realizando actividades por largos periodos de tiempo y agrandamiento lateral de articulaciones que puede llegar a ser doloroso al tacto.

Efectos:

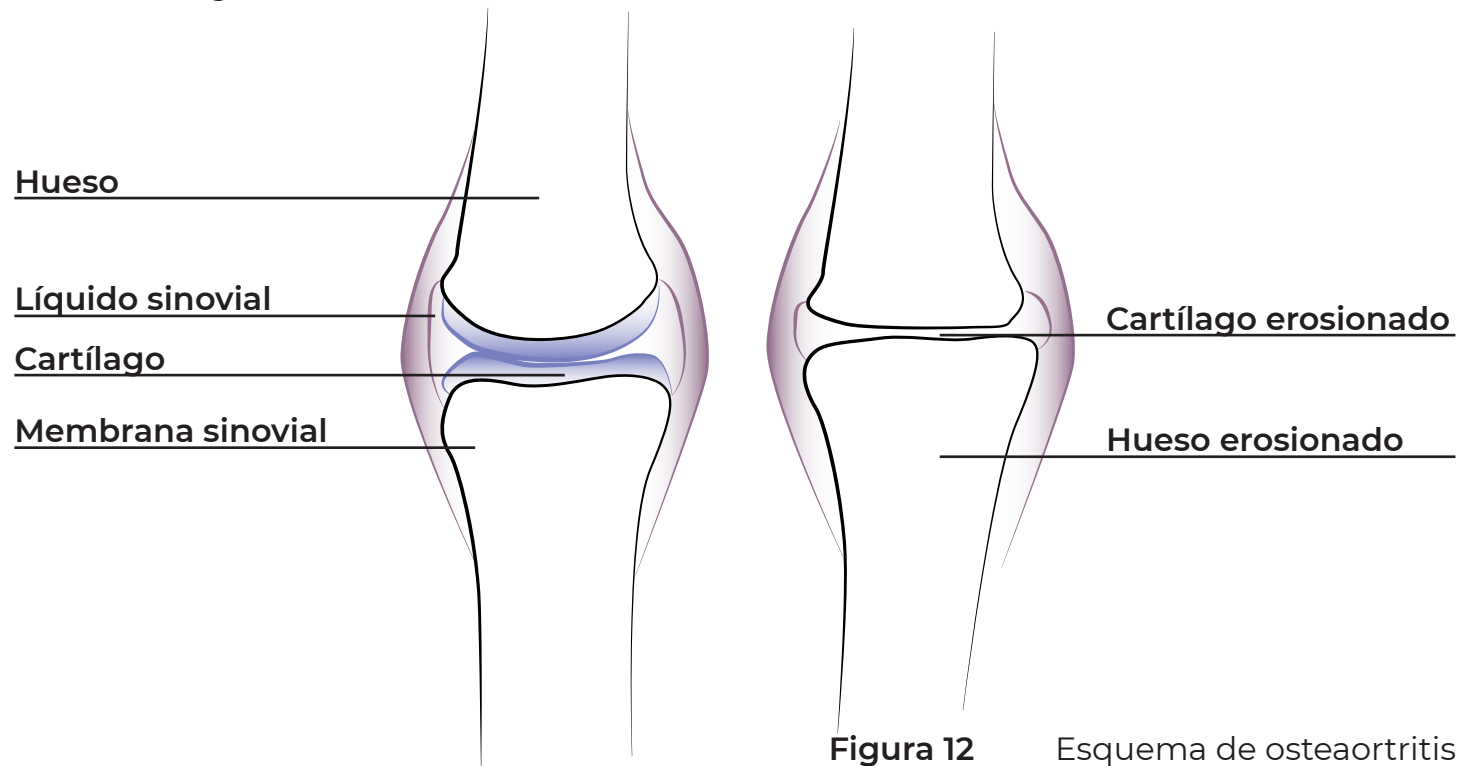
La osteoartritis es hoy en día una de las enfermedades más discapacitantes en países desarrollados, estimando que el 9.6% de los hombres y 18% de las mujeres sobre los 60 años padecen síntomas de osteoartritis y el 80% de aquellas personas con osteoartritis tienen limitaciones de movimiento, el 25% de ellas no pueden realizar actividades rutinarias.¹²

Prevención:

Control de peso, fortalecimiento muscular del área adyacente a las articulaciones y evitar actividades de alto impacto en articulaciones.

Tratamientos:

Reducción de peso, evitar actividades físicas que causen dolor, fisioterapia, ejercicio, tratamiento con calor y frío, uso de desinflamatorios. En casos severos se realiza una operación para reducir la presión acumulada en la articulación al remover tejido excedente o reemplazar el cartílago.¹⁵



Artritis reumatoide

Es un desorden inflamatorio, crónico, autoinmune que afecta a las articulaciones, tejidos conectores, músculos, tendones, tejido fibroso y en algunos otros casos piel, ojos, pulmones, riñones, tejido nervioso, corazón y vasos sanguíneos.

Causas:

Se considera que uno de los factores más importantes para determinar si se es más propenso a adquirir ésta enfermedad, es por predisposición genética, el ser mujer, ser fumador, estar expuesto al asbesto o sílica y obesidad.

Síntomas:

Los síntomas se presentan como una reducción de movilidad, inflamación de las articulaciones, fatiga, fiebre, pérdida de peso, usualmente se empieza a presentar en las articulaciones más pequeñas, en particular las de los dedos.

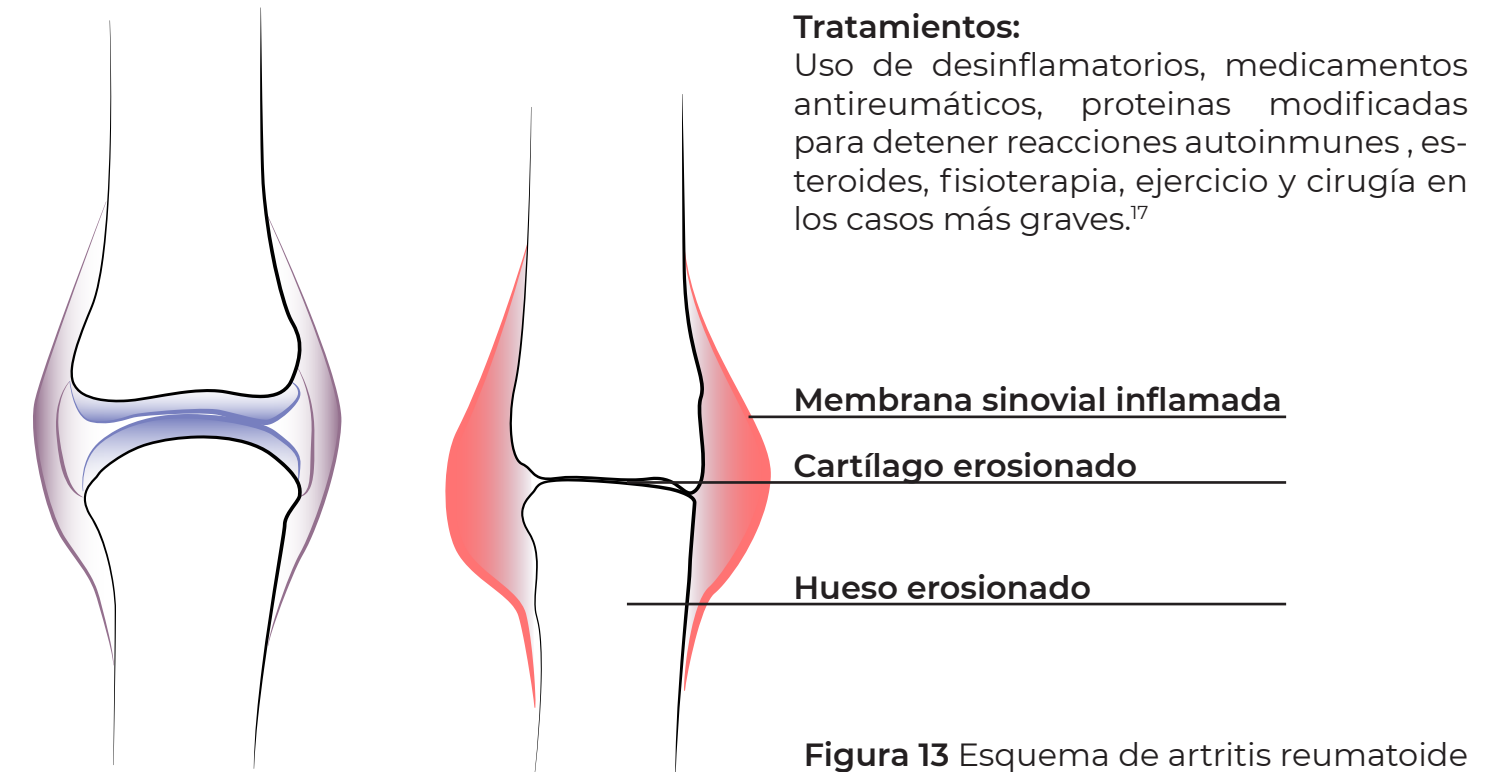
Efectos:

A diferencia de la osteoartritis, la artritis reumatoide afecta al recubrimiento de las articulaciones, provocando una inflamación que puede resultar en una erosión del hueso y deformación de la articulación. Ésta inflamación es la que produce daños en otros tejidos del cuerpo como lo son los tendones.

Usualmente empieza a presentarse durante los años más productivos de una persona, entre los 20 y 40. Presentándose con mayor frecuencia en mujeres y en países desarrollados. A los 10 años de haber iniciado, el 50% de los pacientes han sido incapaces de mantener un trabajo de tiempo completo.^{12,16}

Prevención:

Actualmente no existen métodos de prevención por ser una enfermedad autoinmune, sin embargo, el fortalecer el área ayuda a mitigar los síntomas que pueden presentarse.



Tratamientos:

Uso de desinflamatorios, medicamentos antireumáticos, proteínas modificadas para detener reacciones autoinmunes, esteroides, fisioterapia, ejercicio y cirugía en los casos más graves.¹⁷

Tendinitis/Tendonitis

Es la inflamación o irritación de un tendón, usualmente causado por acciones repetitivas o daño en el área. La tendinitis se puede padecer en cualquier parte del cuerpo que exista un tendón, pero los casos más comunes son en la base del pulgar, codo, hombro, cadera, rodilla y el tendón de Aquiles.

Causas:

Una mala postura durante el trabajo, el poco entrenamiento del área y el realizar deportes aumentan directamente el riesgo de padecer tendonitis. Fuera de control, existen factores como anomalías de nacimiento o adquiridas en huesos o articulaciones que sobreestresan al tendón.

El padecer artritis reumatoide, gota, problemas de tiroides, artritis psoriásica y reacciones inusuales a medicamentos.

A partir de los 40 años se es más propenso a adquirir tendonitis, ya que los tendones se vuelven menos resistentes ante la tensión y desgaste.

Síntomas:

Los síntomas se presentan con dolor y congelamiento motor de la zona.

Efectos:

Reducción temporal o permanente de movimiento en el área y dolor constante al realizar movimientos.

Prevención:

Como medidas de prevención se recomienda el entrenar paulatinamente el área, de tal manera que gradualmente se pueda tener mayor fortaleza, estiramiento y resistencia, tomando en cuenta un calentamiento antes de realizar actividades de alto estrés y un enfriamiento, promoviendo una transición de estrés y una circulación apropiada de sangre en el área. Si existe algún dolor, se debe suspender la actividad temporalmente y si éste persiste, se recomienda una suspensión temporal más prolongada.

Tratamientos:

Evitar actividades que puedan agravar el problema, descansar el área afectada, enfriar el área, tomar desinflamatorios y aplicar desinflamatorios. Si las molestias persisten, se utilizan inyecciones de cortisona, terapia física y como última instancia, cirugía. Aunque ésta última se realiza inmediatamente en casos de ruptura. En el caso de tendinitis crónica, en la que se genera un tejido cicatrizado alrededor del tendón, se utiliza una técnica llamada FAST (*Focused Aspiration of Scar Tissue*), que utiliza ultrasonido para remover dicho tejido.¹⁸

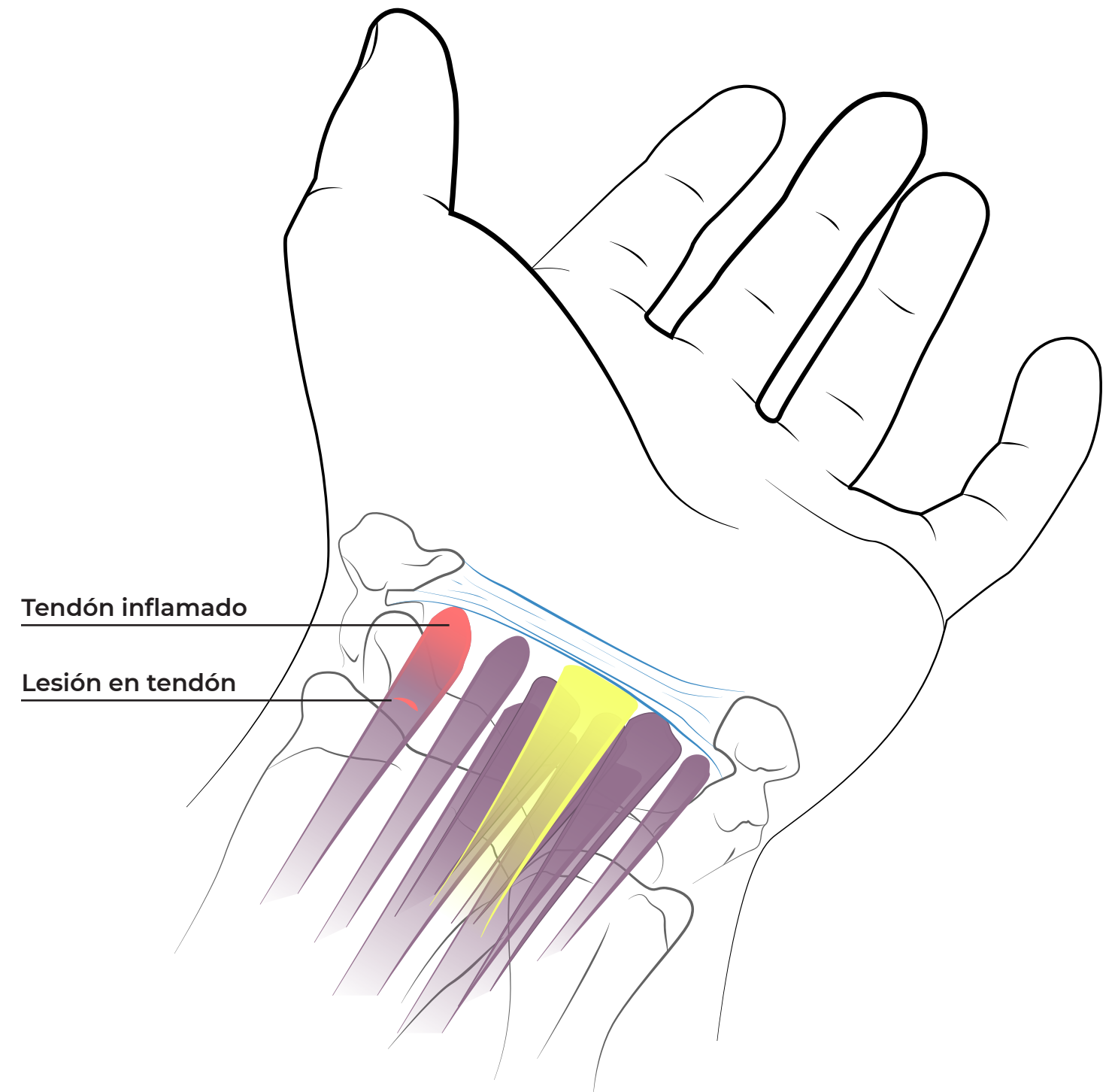


Figura 14 Esquema de tendinitis

Bursitis

Es la inflamación o irritación de la bursa (saco lleno con fluido lubricante que se encuentra entre tejidos como hueso, músculo, tendones y piel, reduciendo el grado de fricción entre estos).

Causas:

La bursitis es causada usualmente por movimientos repetitivos, posturas incorrectas, falta de calentamiento o daño en el área.

Síntomas, efectos, prevención y tratamientos:

De la misma manera que con la tendinitis, las medidas preventivas, tratamientos, síntomas y consideraciones de padecimiento son iguales.¹⁹

Como previamente se ha mencionado, el síndrome de túnel carpiano constituye un 9% de prevalencia en cirujanos.² Sin embargo, el síndrome de túnel carpiano puede ser producido por otro tipo de padecimientos como la artritis reumatoide, tendinitis y bursitis, ya que en todas existe una inflamación de tejidos y nervios, causando así un exceso de presión en el ligamento carpiano transversal, resultando en una presión sobre el nervio mediano, con un síntoma de entumecimiento. Las probabilidades de adquirir síndrome de túnel carpiano, tendinitis, bursitis y artritis reumatoide, se ven aumentados por condiciones como sobrepeso, altos niveles de colesterol,¹⁴ edad avanzada, falta de fortaleza en el área y la ejecución de movimientos repetitivos y de alta precisión.

El padecer de artritis reumatoide, osteoartritis, tendinitis y bursitis aumenta las posibilidades de padecer síndrome de túnel carpiano debido a la inflamación que ocurre por éstas enfermedades, el túnel carpiano se ve reducido y afecta al nervio mediano.^{12,16}

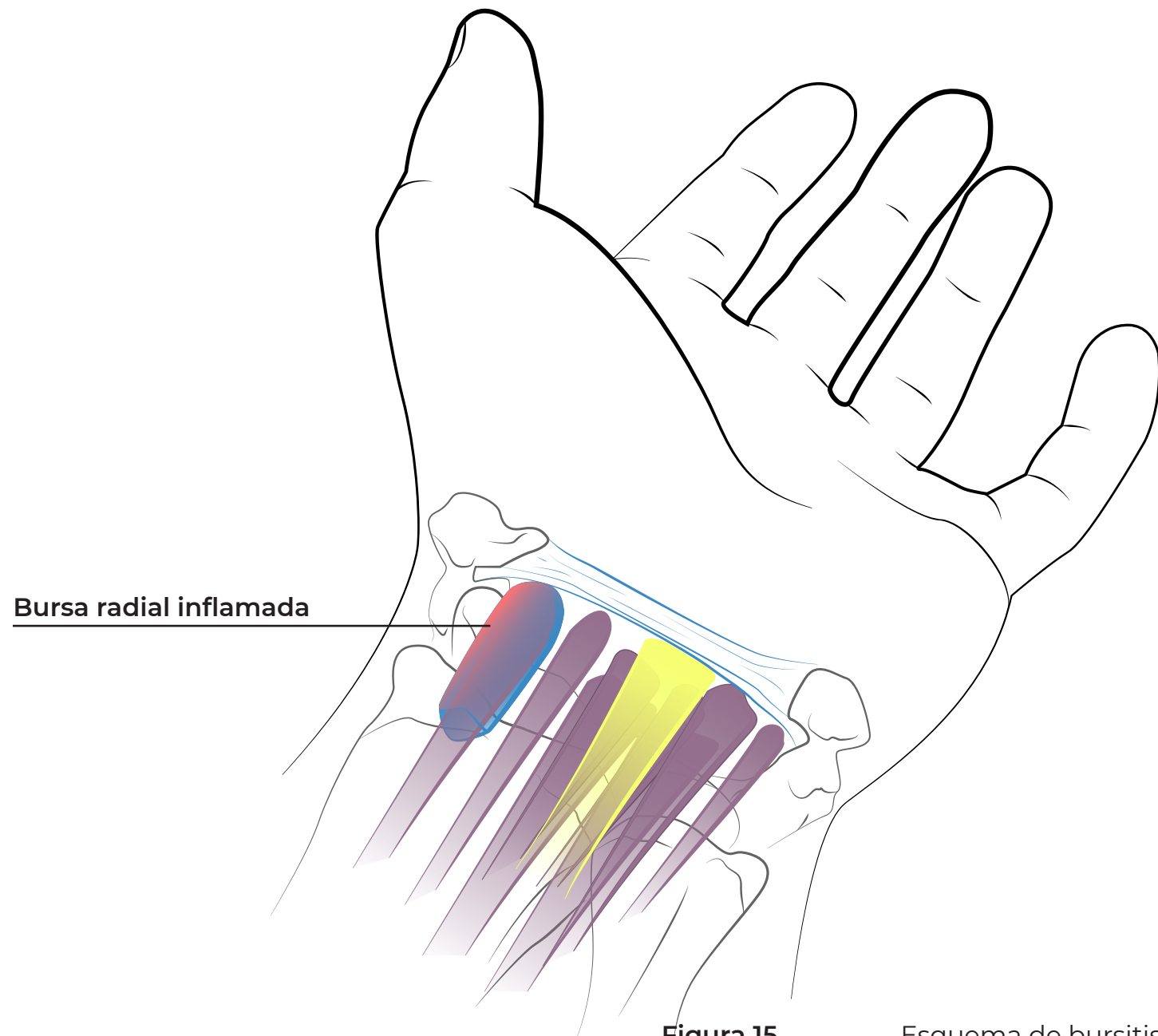


Figura 15

Esquema de bursitis

42 Investigación de campo

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Durante la investigación de campo se realizaron observaciones en quirófano de procedimientos, implementación de protocolos y posicionamiento de manos para hallar problemas que se pasan por alto y tienen, como consecuencia la degradación física y mental de los cirujanos. Esto ayudó a establecer las condicionantes de diseño que se presentan en el capítulo subsecuente.

Se realizaron múltiples observaciones en quirófanos (Centro Médico Nacional Siglo XXI), procurando entrar a diferentes tipos de procedimientos para tener un panorama amplio de áreas de oportunidad y observaciones correlacionables.

Gracias a la Doctora Leticia del Carmen Cruz Hernández, jefa de otorrinolaringología, quien otorgó acceso a las 3 operaciones, liderando la primera de las operaciones mencionadas a continuación.

Se ingresó a quirófano para observar tres operaciones:

Microcirugía para extracción de quiste en canal auditivo izquierdo

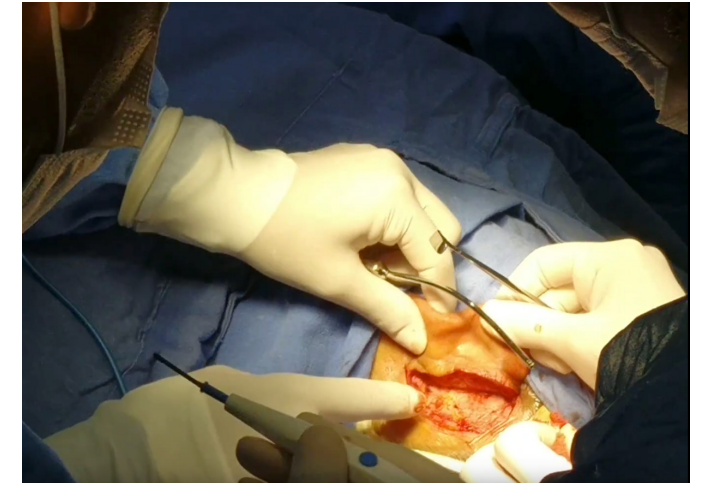
Endoscopía para extracción de tumor benigno en conducto nasal derecho

Cirugía abierta de extracción de tiroides del cuello

Microcirugía para extracción de quiste en canal auditivo izquierdo



Fotografía 1



Fotografía 2

El abordaje es realizado por dos practicantes, mientras la doctora hace observaciones en cuanto a consideraciones para el correcto desarrollo del procedimiento. La practicante en el lado derecho de las fotografías 1 y 2 apoyó y realizó algunos pasos del procedimiento (fotografía 3), así mismo, ambos practicantes realizaron el cierre de la operación mostrado en la fotografía 4.

En la fotografía 3 podemos observar la postura a dos manos requerida para la limpieza y extracción del quiste. En la mano izquierda (no dominante) se encuentra un extractor para retirar líquidos y tejidos suaves el área, manteniendo una postura estática. Con la mano derecha (dominante) se corta el soporte del quiste para su extracción, utilizando movimientos repetitivos.



Fotografía 3



Fotografía 4

Endoscopia para extracción de tumor benigno en conducto nasal derecho



Fotografía 5



Fotografía 6

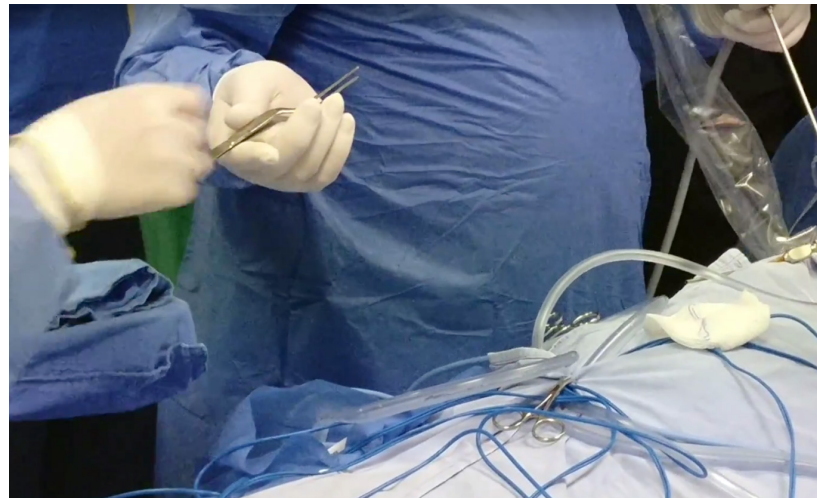
En este caso, la preparación para la operación no es a partir de una incisión, el abordaje es realizado por un practicante, intubando al paciente y acomodando la cabeza a una postura adecuada para insertar el endoscopio e instrumentos (fotografía 5). Algunas partes del procedimiento requieren asistencia para detener el endoscopio, puesto que las maniobras a realizar requieren coordinación con dos manos por parte del cirujano (fotografía 6).

La postura de manos por parte del cirujano es más dinámica en la mano no dominante que en una microcirugía, esto se debe a la manipulación constante del endoscopio. En ambas manos se presentan movimientos repetitivos, siendo considerablemente más activa la mano dominante (derecha) para realizar la separación del tumor (fotografía 7), la manipulación y cambio de instrumentos (fotografía 8).

En esta operación hubo varios cambios de cirujano debido a observaciones minuciosas en cuanto al punto de sujeción del tumor al cuerpo y la extensión de tiempo derivada.



Fotografía 7



Fotografía 8

Cirugía abierta de extracción de tiroides del cuello



Fotografía 9



Fotografía 10

Durante la tercera operación no se observó el abordaje, aunque el cirujano comentó que el abordaje había sido realizado por los practicantes. Debido a la complejidad en la separación de tejidos, se requería asistencia por parte de los dos practicantes en todo momento para mantener la tensión en los tejidos ya separados y así continuar con la separación de tejidos con un bisturí (fotografías 9 y 10).

Igual que en una endoscopia, la postura en ambas manos es dinámica, preponderantemente la mano derecha (dominante), ya que la mano izquierda no realiza movimientos finos a menos que sean en coordinación con la mano derecha, ya sea para sutura (fotografía 11) o como apoyo para mantener tensión en tejidos y poder ver el área a cortar (fotografía 12).



Fotografía 11



Fotografía 12



Diagrama 1 Línea de tiempo, microcirugía para extracción de quiste en canal auditivo izquierdo

El periodo crítico se refiere al lapso de la cirugía donde el paciente se encuentra en mayor riesgo, siendo un periodo de mayor estrés para el cirujano.

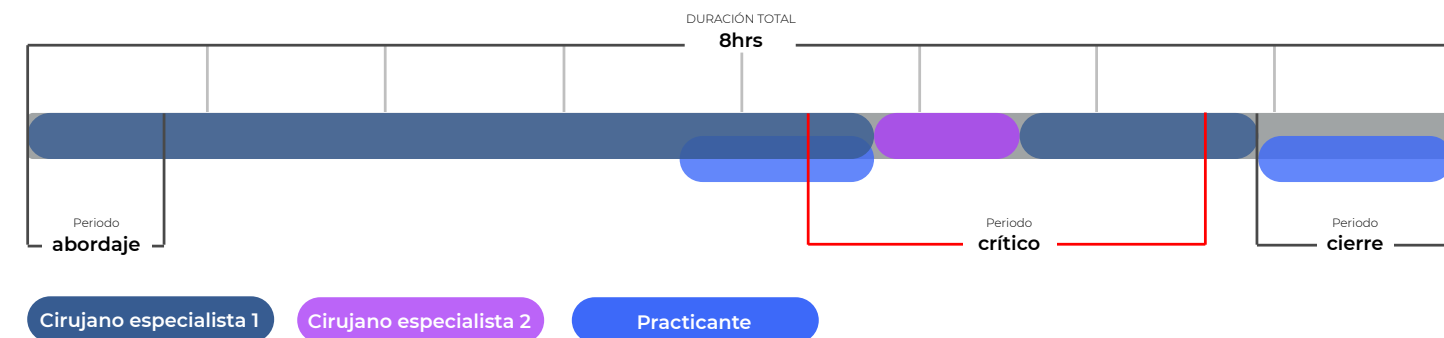


Diagrama 2 Línea de tiempo, endoscopia para extracción de tumor benigno en conducto nasal derecho

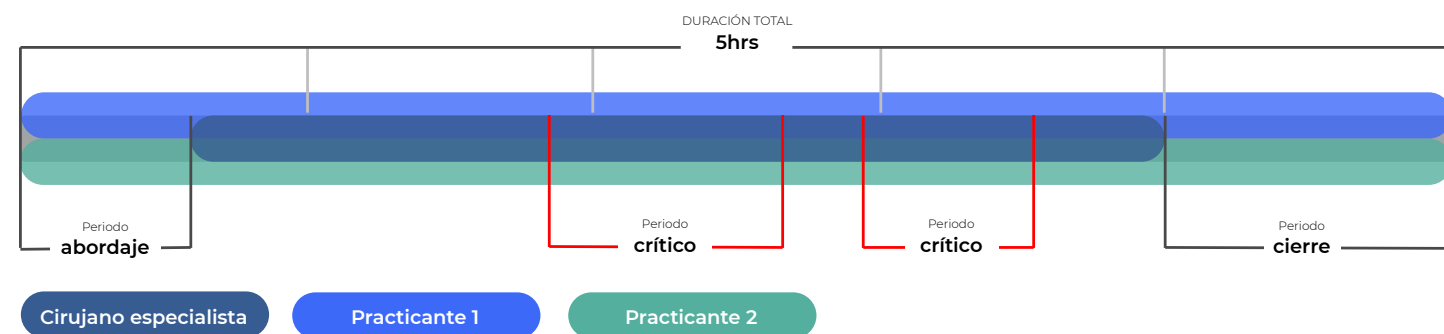


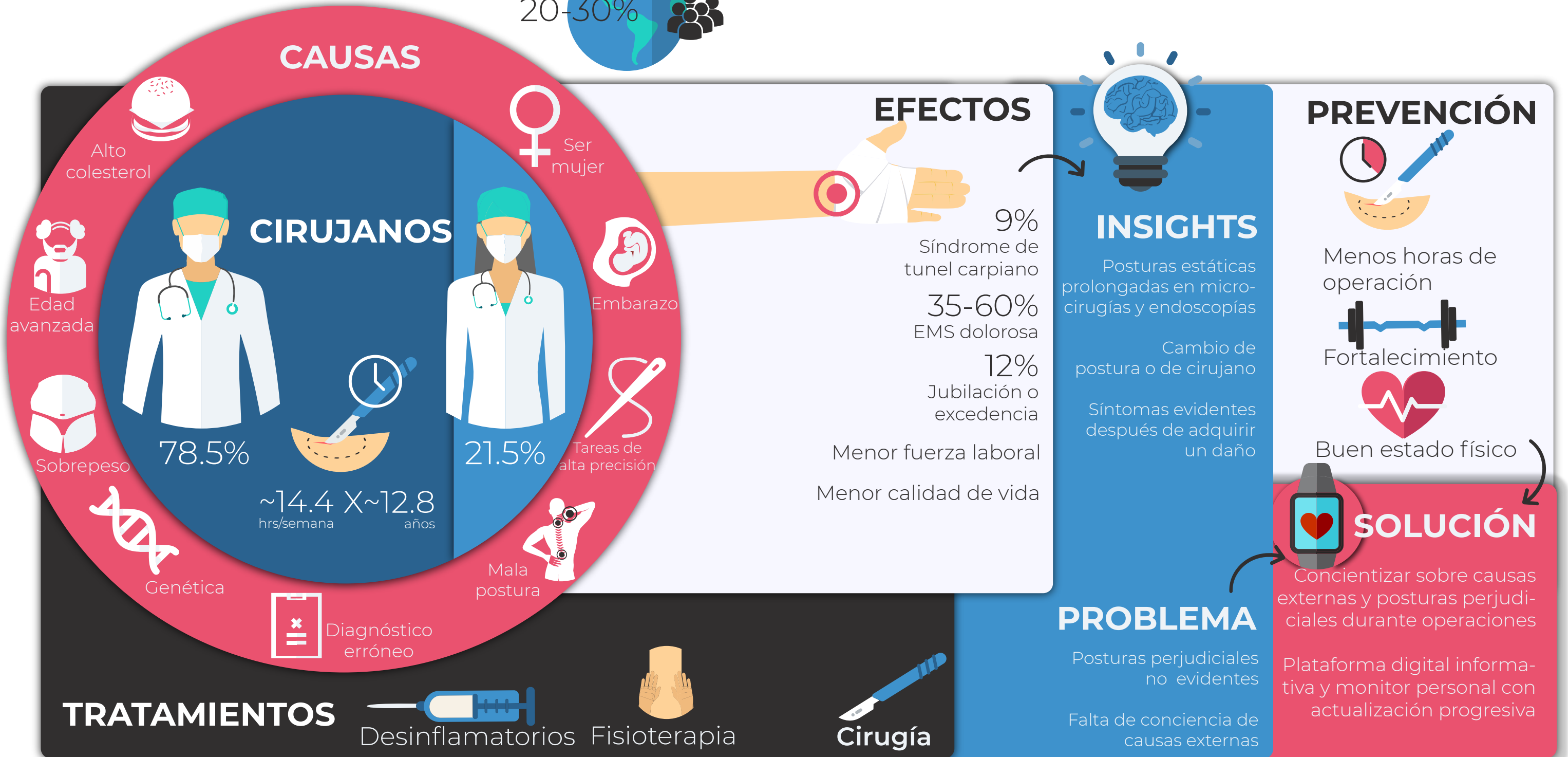
Diagrama 3 Línea de tiempo, cirugía abierta de extracción de tiroides del cuello

El daño y la inflamación en tejidos del sistema musculoesquelético de mano son cuestiones que no han sido resueltas hoy en día, existen estudios en los que se realizaron pruebas para controlar los temblores¹⁵, así como compresores de muñeca para reducir el impacto de los síntomas¹⁷, sin embargo, los causales, el daño y la inflamación, no han sido atendidos fuera del tratamiento sintomático.

A partir de una revisión del estado del arte en torno a los cirujanos, descartando los campos que ya son sujetos a estudio y desarrollo, se concluyó que un área de oportunidad existente son los padecimientos de sistema musculoesquelético en mano. Ya que los procedimientos son de alto riesgo y los tratamientos implican el retiro prematuro de la profesión, se pretende tomar el camino de prevención y paliativa.

PADECIMIENTOS MUSCULOESQUELÉTICOS

20-30%



52

Condicionantes
de diseño

REFERENCIAS

En el quinto capítulo se exploran algunas soluciones, formas y factores tecnológicos que eventualmente resultaron en la propuesta final.

Información que sustenta la hipótesis.

Los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo también pueden afectar el desempeño del cirujano y, posteriormente, la seguridad del paciente.^{20 21}

A largo plazo, los traumas acumulados en el cuerpo por procedimientos quirúrgicos largos y difíciles pueden acortar la carrera del cirujano.^{22 23}

Cuando se les preguntó la primera vez si experimentaron molestias corporales atribuibles a la cirugía, el 33% informó que, a los 30 minutos de la cirugía, el 49% acumulativamente lo reportó a la hora y el 100% lo reportó al final de la segunda hora después de su cirugía.²⁴

Existen datos de campos no quirúrgicos que demuestran que los descansos o las concesiones de descanso son importantes para reducir el estrés y la tensión con microbreaks (descansos breves) más de una vez / hora, generalmente de 1 min cada 20 a 30 minutos, así como descansos más prolongados de 5 a 9 minutos entre actividades, reducen la fatiga.^{25 26 27}

Se descubrió que los microbreaks con ejercicio tienen un impacto positivo moderado en los resultados de los trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores.²⁸

Dos estudios preliminares han demostrado que los microbreaks intraoperatorios pueden traducirse al entorno quirúrgico.

El primero es un pequeño estudio quirúrgico (16 cirujanos) que mostró que los descansos de 20 s cada 20 minutos durante la cirugía de 2 horas fueron beneficiosos.²⁹ Los datos de los ensayos demostraron que la fatiga de los participantes sin los microbreaks era el doble de los que tenían después de 2 h, y el malestar de las partes del cuerpo en cuello, espalda, hombros, muñecas y codos fue significativamente menor.

El hallazgo más dramático fue que la precisión produjo un aumento promedio del 600% en el error para las cirugías “típicas” sin microbreak en comparación con las cirugías de microbreak en su estudio.²⁹

Un segundo estudio con 53 cirugías mostró que una racha de microbreaks con 5 minutos de ejercicio cada 30 minutos no aumentaba la duración de la cirugía;³⁰ Además, redujo las hormonas del estrés salival, disminuyó el aumento de la fatiga y el estrés en el grupo con descansos en comparación con los que no lo tenían. Estos estudios demuestran que los microbreaks tienen el potencial de reducir la fatiga, la incomodidad y el estrés, y mejorar el rendimiento sin aumentar la duración de las cirugías.

Las hormonas del estrés y la a-amilasa se determinaron en la saliva del cirujano antes, du-

rante y después de la operación. El rendimiento mental y las puntuaciones de error, la tensión musculoesquelética y el ECG continuo fueron criterios de valoración secundarios.

Los descansos intraoperatorios regulares no prolongaron la operación (grupo de IPP vs. CPP: 176 vs. 180 min) Los niveles de cortisol del cirujano durante la operación se redujeron en un 10.3% en el grupo de IPP vs. el de CPP.³⁰

Los datos recopilados respaldan la idea de que las interrupciones en el trabajo durante la cirugía laparoscópica compleja pueden reducir el estrés psicológico y preservar el rendimiento sin prolongar el tiempo de operación en comparación con el esquema de trabajo tradicional.³⁰

En conclusión, el esquema de ruptura de IPP disminuyó las hormonas del estrés del cirujano, el recuento de eventos intraoperatorios, y las puntuaciones de error objetivo-rendimiento. Aumentó el bienestar del cirujano sin ninguna prolongación desventajosa del tiempo de operación.³⁰

Un tercer estudio indica que los cirujanos informaron que su calidad de vida se vio afectada por las repercusiones físicas (dolor). El 80% de los cirujanos en este estudio informaron que tenían dolor en las últimas 24 h, el 41% reportó que el dolor interfirió en sus relaciones con otras personas y el 51% que este dolor interfirió con su sueño. Lo más revelador es que el 40% de los cirujanos en ejercicio informaron que la incomodidad o el dolor influirían en su capacidad para realizar o ayudar con procedimientos quirúrgicos en el futuro.³¹

En los microbreaks con día de ejercicio, hubo un promedio de 3 microbreaks por cirugía; la interrupción se ofreció cada 20 minutos (86% de los ensayos) o 40 minutos (14% de los ensayos). Hubo aproximadamente una semana entre las medidas desde el control hasta la intervención.

Hubo una mejoría estadísticamente significativa en el dolor autoinformado con los microbreaks con ejercicio para los hombros derecho e izquierdo y tendencias hacia la mejora de las manos.

Después de la última cirugía del día, los cirujanos también respondieron una pregunta sobre si querían incorporar la rutina de microbreaks en su rutina operatoria. Al final con la implementación de los ejercicios el 87% de los cirujanos deseaba incorporar los microbreaks en su rutina operatoria.

Los cirujanos informaron que las molestias relacionadas con el trabajo afectaron su postura quirúrgica (que a menudo está limitada por el tipo de cirugía, la movilidad, el nivel de concentración que podría conducir a errores quirúrgicos) y la resistencia.³² Los cirujanos informaron que intentaron mitigar la incomodidad cambiando su posición o ajustando el equipo para permitir una postura diferente o tomar una pausa (por lo general, se encontraban dentro del campo estéril, no una ruptura total). Ninguno de los cirujanos en este estudio fue observado tomando un descanso real fuera del quirófano.

De manera alarmante, el 40% de los cirujanos informaron que la incomodidad o el dolor influirían en su capacidad para realizar o ayudar con procedimientos quirúrgicos en el futuro.

Lo más importante es que las medidas de resultado primarias del impacto de la intervención en el enfoque mental de los cirujanos mostraron que un 34% de mejora y solo el 12% reportó una disminución, mientras que reportaron una mejora del rendimiento físico del 57% sin que un cirujano reportara una disminución en la actividad física.

De las respuestas preliminares al cuestionario se desprende claramente que los cirujanos sienten dolor al realizar su trabajo y que el dolor afecta su capacidad percibida para continuar realizando la cirugía en el futuro. La rutina de microbreaks con ejercicios, aunque afectó ligeramente el flujo de trabajo, mostró una gran promesa en la disminución de las molestias y el dolor relacionados con el trabajo.²⁴ Mientras que el malestar físico y el enfoque mental autoinformados permanecieron predominantemente iguales o mejorados. Parece que el compromiso de una ligera interrupción en el flujo de trabajo probablemente se vea compensado por el impacto positivo en el bienestar de los cirujanos, como lo demuestra el abrumador porcentaje de cirujanos que desean que la intervención se incorpore a su flujo de trabajo. Es crítico que los cambios en el quirófano desde el programa de microbreaks sean vistos como positivos para todo el equipo sin impactos negativos en el flujo de trabajo.³⁰

En el diagrama 4 se puede observar una ejemplificación de la aplicación de los métodos descritos en las investigaciones mencionadas en este apartado.

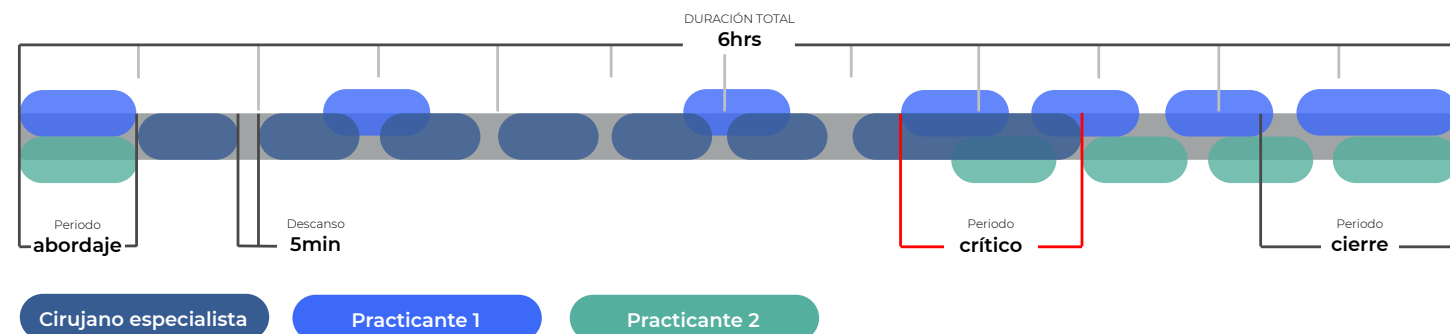


Diagrama 4 Visualización de intervención de línea de tiempo

Desarrollo de solución

Implementación de los métodos de diseño médico (Biodesign) propuesto por la universidad de Stanford (Figura 16), y el método de innovación propuesto por IDEO (Figura 17), se han planteado los escenarios de desarrollo para la investigación y propuesta de solución.^{33,34}

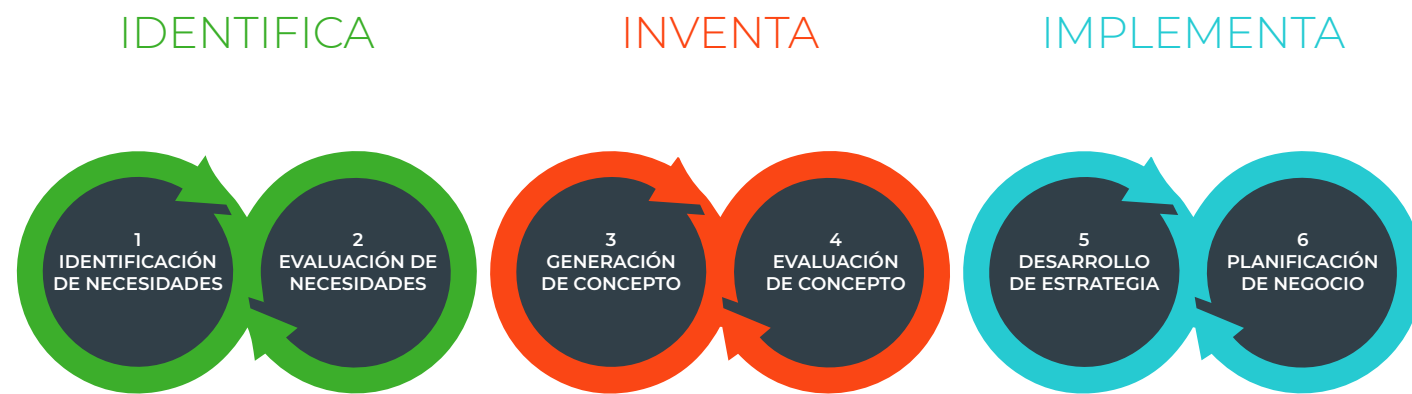


Figura 16 Biodesign por Stanford³³

Se proponen **3 etapas de desarrollo**, con diferentes grados de complejidad:

La primera, una plataforma de información digital. Esta etapa tiene dos objetivos concretos, el primero, es resolver uno de los problemas planteados previamente, la falta de conciencia en cuanto a los factores externos agravantes de los padecimientos musculoesqueléticos; y en segunda instancia, es el generar una recopilación de datos que apoye y sustente a las siguientes etapas.

La segunda etapa consta del desarrollo de un monitor usable durante procedimientos quirúrgicos, de igual manera que la primera etapa, esta tiene dos objetivos concretos, el primero es el resolver la segunda problemática identificada durante la investigación realizada, la prevención directa de daño o inflamación en tejidos de mano, de tal manera que se prevengan los síntomas que pueden llevar a la degeneración de calidad de vida del cirujano y que reducen el porcentaje de éxito de los procedimientos; en segunda instancia es el recopilar datos de manera más específica para mejorar al sistema continuamente.

En una tercera etapa se propone el desarrollo de una órtesis/exoesqueleto que apoye al cirujano durante el procedimiento para realizarlo de manera más eficiente, rápida y segura.

Cabe aclarar que en este documento, sólo se desarrollará hasta la propuesta de la segunda etapa, ya que se considera que para realizar una propuesta pertinente de la tercera etapa se deberían tener los datos específicos recopilados por medio de un protocolo de pruebas para evaluar la experiencia de usuario, únicamente factible con un desarrollo tecnológico, el cual no se realizó para este documento, ya que sólo se planteó hasta una etapa conceptual.

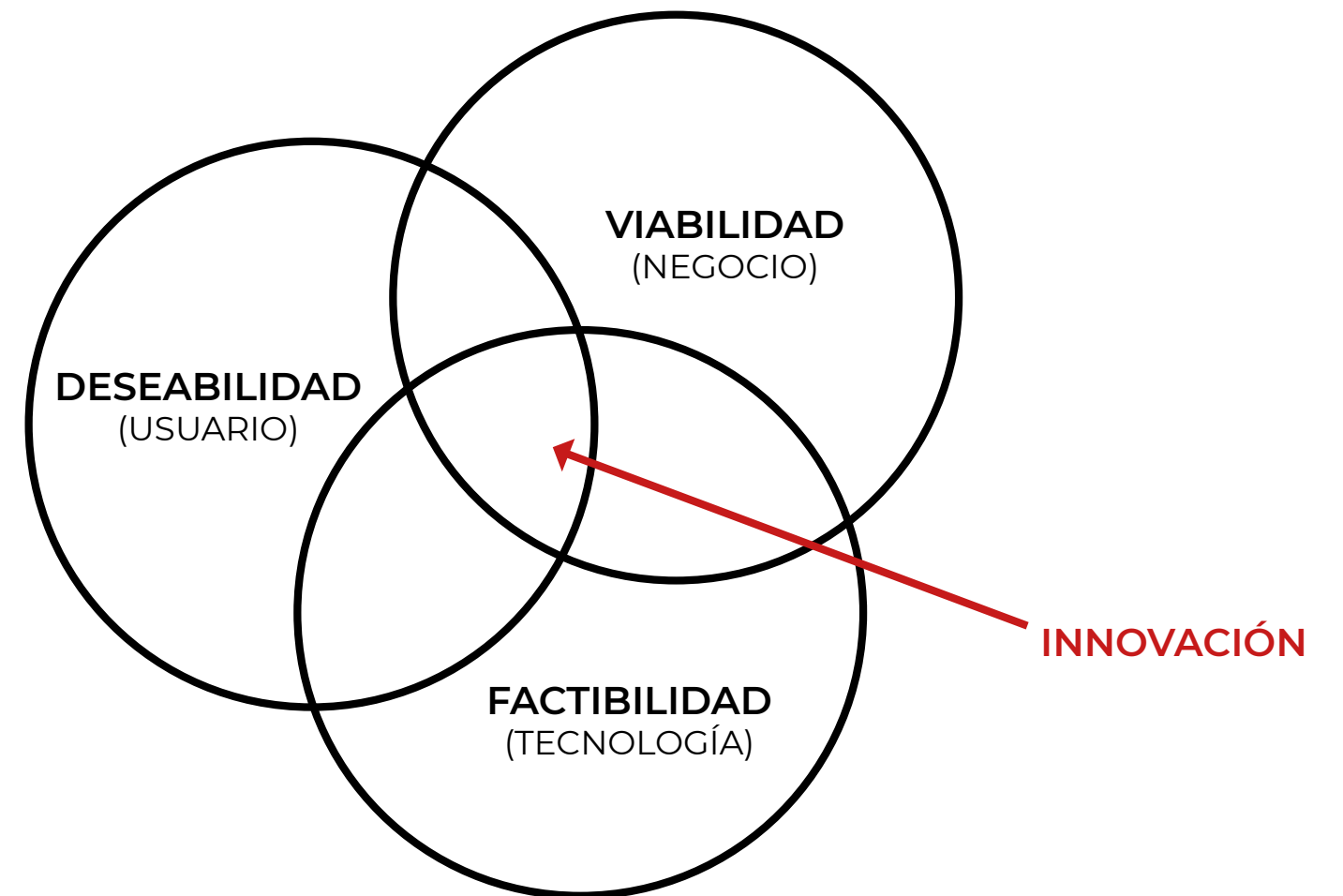


Figura 17 Innovación por IDEO³⁴

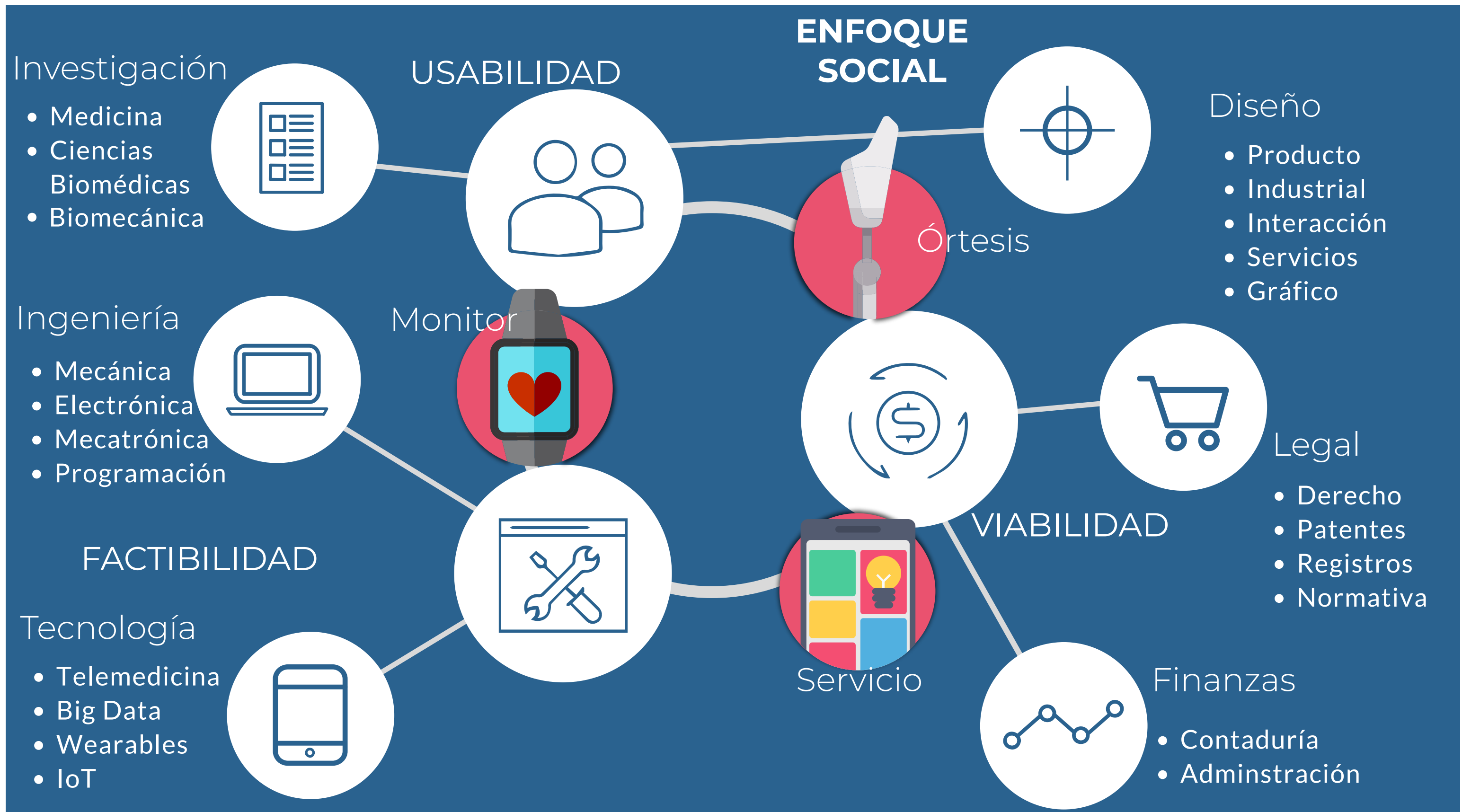


Figura 18

Desarrollo con método IDEO y BioDesign

Etapa 1



Servicio

- Investigación • Medicina
- Ingeniería • Programación
- Diseño • Servicios • Interacción • Gráfico
- Tecnología • Big Data • Telemedicina
- Legal • Derecho • Normativa
- Finanzas • Administración • Contaduría

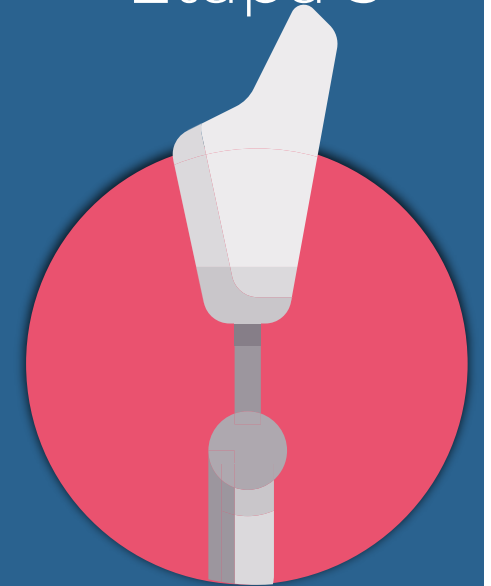
Etapa 2



Monitor

- Ciencias Biomédicas • Biomecánica
- Electrónica • Mecatrónica
- Producto • Industrial
- Wearables • IoT
- Patentes • Registros

Etapa 3



Órtesis

- Mecánica

Figura 19 Resultados con método IDEO y BioDesign

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Aspectos tecnológicos

La medición de parámetros biométricos, posicionamiento y movimiento de las manos, es imperativa para lograr una prevención eficiente y antes de adquirir un daño o sufrir los síntomas derivados de uno de los padecimientos mencionados en el documento.

Para detectar el movimiento de los tendones, y detectar si existen posturas estáticas en ellos o hipertensiones/hiperextensiones, se utilizan tecnologías como la resonancia magnética, sin embargo, dicha tecnología requiere una instalación voluminosa e infactible para portar. Por esto es que se propone el uso de radares para medir el movimiento de tendones; ya que la tecnología de radares ha sido reducida a un solo componente de dimensiones diminutas, es factible para su uso portable y no crea ningún tipo de radiación nociva para el ser humano.

Al proponer el uso de radares como instrumentos de medición, éstos pueden ser utilizados no sólo para tendones, también pueden medir el rango de movimiento en muñeca.

El componente mencionado ha sido desarrollado por Google y se encuentra en una etapa final de desarrollo para producción masiva. Soli, es un microradar que ha sido diseñado para ser utilizado en productos usables (wearables) como los relojes inteligentes y monitores de actividad física, reduciendo el contacto que se necesita para controlarlos a través de gestos.

La precisión de dicha tecnología es sub milimétrica y de alta velocidad, captando desde 100 cuadros por segundo, hasta 10,000 cuadros por segundo.

Al utilizar frecuencias de 60Hz, no es afectado por factores de luz, atraviesa la mayoría de los materiales delgados y es capaz de diferenciar entre materiales, esto permite que pueda ser usado incluso a través de la ropa estéril y guantes.³⁵

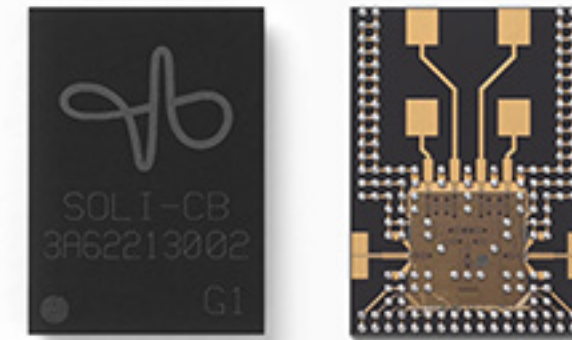


Imagen 1 Soli, microradar²²

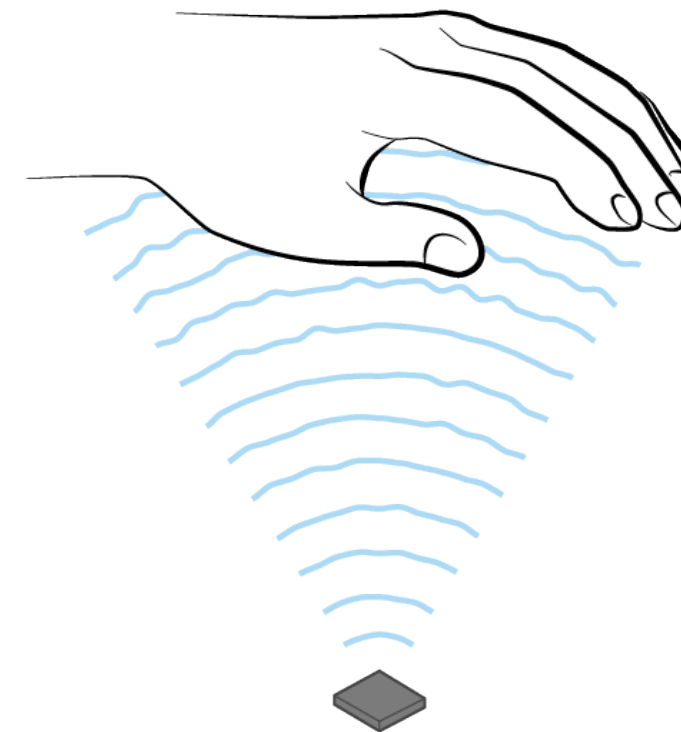
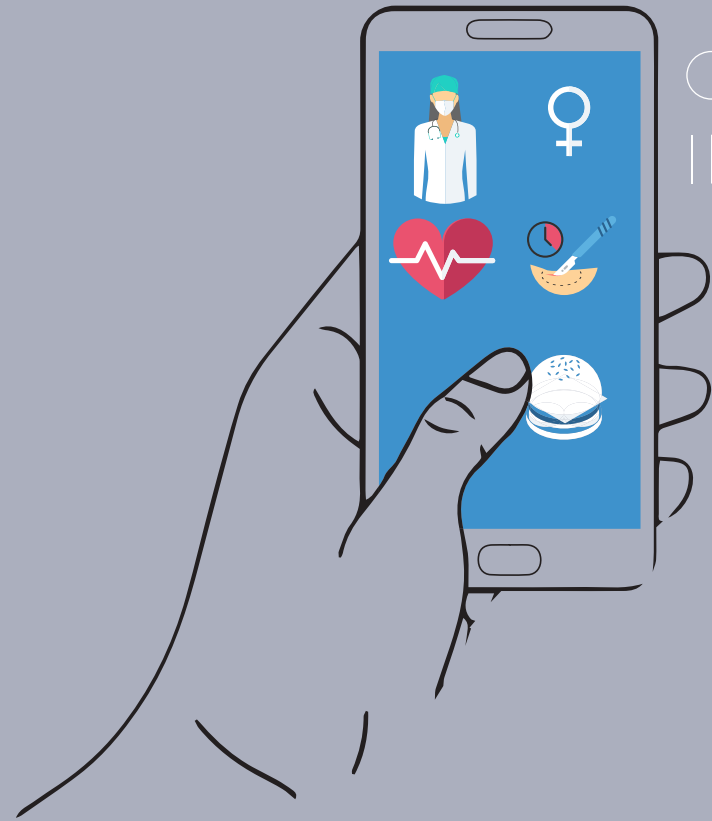


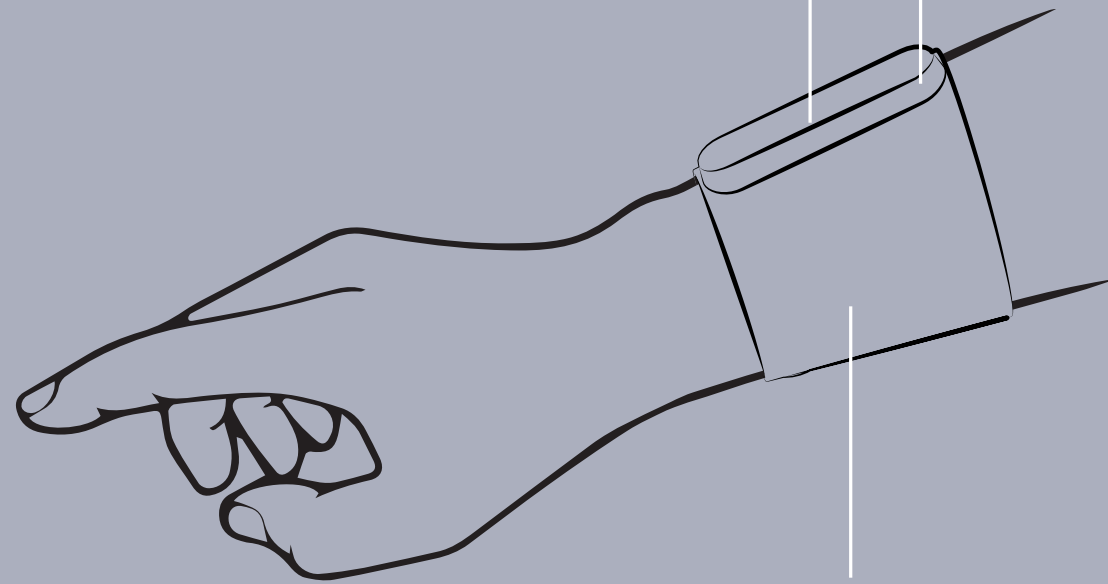
Figura 20 Detección de sólidos²²

66 Propuestas y evaluaciones



CAUSAS
INDIRECTAS

Acelerómetro
Giroscopio



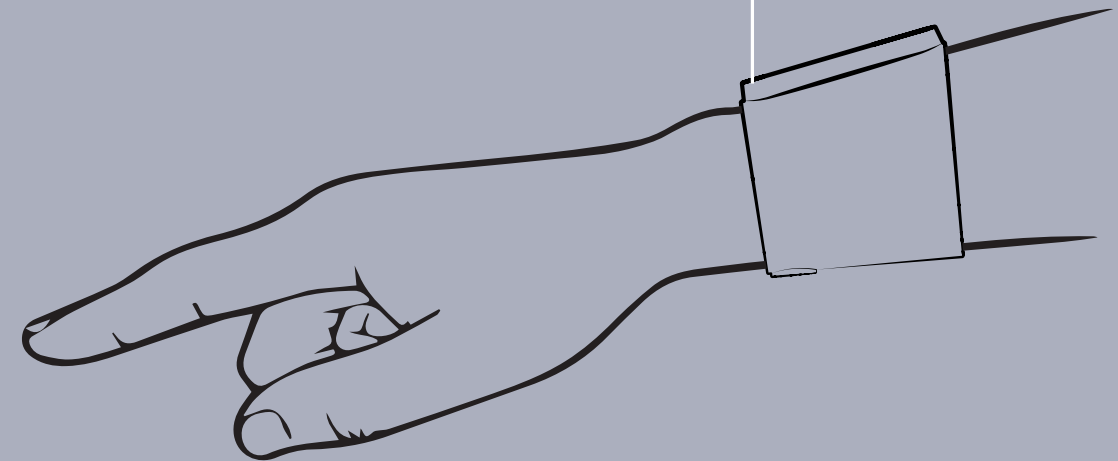
Baumanómetro

CAUSAS
DIRECTAS

Pulsómetro



Radares



EVALUACIÓN DE PROPUESTA 1

Explicación de la propuesta 1

Consta de un monitor en muñeca que mide la presión arterial, ritmo cardiaco y por otro lado, el movimiento y postura de la mano (muñeca y dedos) predominante durante cirugía.

Evaluación de propuesta con médico

La propuesta fue evaluada por un médico, quien realizó las siguientes observaciones:

1. La presión arterial no es conclusiva con síntomas derivados de padecimientos o degradación musculoesquelética.
2. La presión generada por el baumanómetro tiene como consecuencia una intervención en los tendones de los dedos y por lo tanto puede presentar un riesgo durante la operación al impedir el movimiento de estos.
3. Recomendación para considerar la saturación de oxígeno en la sangre como indicador previo a la presencia de síntomas de degradación fisiológica.

Factores biométricos-síntomas

Al continuar con una investigación de factores biométricos, no se encontraron evidencias concluyentes de una correlación entre la presión arterial y algún síntoma prevenible, por lo que se descarta por completo el uso de un baumanómetro.

Factibilidad

El sensor por radar propuesto aún no existe en el mercado, por lo que pruebas o evaluaciones por expertos han sido imposibles de realizar.

Ergonomía

El peso de los componentes en la muñeca aumentaría el esfuerzo requerido y por lo tanto un desgaste mayor. El uso de un baumanómetro durante cirugía ha sido evaluado como un factor de riesgo por la presión requerida ejercida en la muñeca, resultando en una tensión no deseable en los tendones de la mano.

Factores biométricos correlacionados a la degradación o inflamación de tejidos

A partir de la retroalimentación por parte del médico, se realizó una búsqueda de una correlación entre los factores biométricos que pueden ser indicadores de síntomas presentados de manera posterior, se encontraron dos factores que, al variar sus parámetros normales, sirven como indicadores previos a la presentación y padecimiento de síntomas.

Oxígeno: La falta de oxigenación en los tejidos, causa una variación en la producción de ácido láctico, ya que cambia el metabolismo del tejido a uno anaeróbico y produce ácido piurívico, una variación en estos químicos presentes en tejidos causa una producción de energía libre, lo que lleva una contracción involuntaria de los tejidos con potencia energética (tendones y músculos).³⁶

Ritmo cardiaco: Está correlacionado a la condición del cuerpo en cuanto a desgaste fisio-

lógico y mental, por lo que una lectura constante de este, puede ayudar a prevenir falta de precisión, juicio impertinente y la degradación del cirujano.

Prevalencia de enfermedades respiratorias crónicas en adultos

La falta de oxígeno en tejidos (Hipoxia) es atribuida a deficiencias en el sistema respiratorio, por lo que los parámetros de prevalencia de estas enfermedades son indicadores determinantes para la argumentación y consideraciones pertinentes en el diseño a proponer.

Según la Organización Mundial de la Salud WHO por sus siglas en inglés, la prevalencia de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica en adultos mayores a 40 años, es entre el 4% hasta el 20%, con una tasa de incremento elevada con el avance de edad y particularmente entre fumadores. Sin embargo, ésta enfermedad empieza a presentarse en personas entre los 20 y 44 años de edad.³⁷

Se estima que aproximadamente 300 millones de personas de todas las edades alrededor del mundo padecen de asma, con un incremento de 100 millones más para el año 2025, debido al incremento de población que reside en áreas urbanizadas y la urbanización de nuevas áreas.³⁷

Enfermedad respiratoria crónica	Año de estimación	Prevalencia
Asma	2004	300 millones
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	2000	210 millones
Rinitis alérgica	1996-2006	400 millones
Síndrome de apnea de sueño	1986-2002	>100 millones
Otras enfermedades respiratorias	2006	>50 millones

Tabla 1 Enfermedades respiratorias²⁴

Las enfermedades respiratorias más comunes como el asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, rinitis alérgica y síndrome de apnea de sueño, se agravan al fumar, factor que es de alto impacto en la comunidad médica con una prevalencia aproximada entre el 14.8% y el 16.1%.³⁸

Riesgos respiratorios ocupacionales durante el procedimiento quirúrgico

El humo quirúrgico tiene una toxicidad similar a la del humo del cigarro. La protección respiratoria ayuda a minimizar los daños que este humo pueda causar durante la participación en el procedimiento.³⁹

Reducción de saturación de oxígeno en la sangre SpO2

Según un estudio longitudinal y prospectivo en 53 cirujanos con medidas de la hemoglobina realizadas con un oxímetro para medir la saturación del pulso arterial. (Se hicieron estudios antes y después de la operación) el ritmo del pulso aumenta y la concentración de SpO2 disminuye después de la primera hora de la operación. Este cambio temprano de SpO2 puede deberse a la mascarilla o al estrés de la intervención. Puesto que un ligero descenso en la saturación a este nivel refleja una mayor disminución de la PaO2. Una disminución de la saturación de oxígeno de las pulsaciones arteriales (SpO2) y un ligero aumento de las pulsaciones en comparación con el estado preoperatorio en todos los grupos de cirujanos. La disminución era mayor en el grupo de edad superior a los 35 años.⁴⁰

Aspectos tecnológicos para propuesta 2

Se propone el uso de un pulsioxímetro, para medir factores biométricos como el nivel de oxigenación en la sangre y el ritmo cardiaco. Un acelerómetro y giroscopio, permiten el rastreo del posicionamiento y movimiento de la mano en tiempo real.

Debido al uso de dedos pulgares y opositores, así como los estándares de asepsia en cuanto a objetos externos, la opción factible para la medición de oxígeno en la sangre, se reduce a la oreja como punto de contacto con el oxímetro, ya que se requiere un área que permita una permeabilidad de pulsaciones luminosas.⁴¹

Pulsioxímetro

El pulsioxímetro es un instrumento para medir de manera no invasiva el porcentaje de sangre oxigenada. En específico, este instrumento mide el porcentaje de hemoglobina arterial en la composición de oxihemoglobina, esta última es la proteína encargada de transportar el oxígeno.

Los parámetros normales de una persona sin patologías pulmonares son entre el 95% y 99%. Se considera que una saturación con un valor de 90% o menor requiere de oxígeno suplementario.⁴²

Su funcionamiento es a partir del uso de LEDs, uno tiene una longitud de onda de 660 nm (rojo) y el otro tiene una longitud de onda de 940 nm (infrarrojo), que son enfocados hacia un fotodiodo, emitiendo unos pulsos que atraviesan una parte translúcida del cuerpo (dedo u oreja).

Al iniciar el aparato, se requiere tomar una muestra base para calibrarlo al entorno actual, y así, mejorar la precisión de la medición.⁴³

La absorción de luz difiere según la carga de oxígeno en la sangre.:

La hemoglobina oxigenada absorbe más radiación infrarroja y permite pasar más luz roja - 940 nm.

La hemoglobina desoxigenada absorbe más luz roja y permite pasar más radiación infrarroja - 660 nm.

La medición de luz captada después de haber atravesado los tejidos, se registra y compara con los niveles normales de cada longitud de onda. Existen variaciones con el tiempo debido a los latidos del corazón, por lo que se toman en cuenta los valores más altos ya que estos representan al sistema arterial.⁴⁴

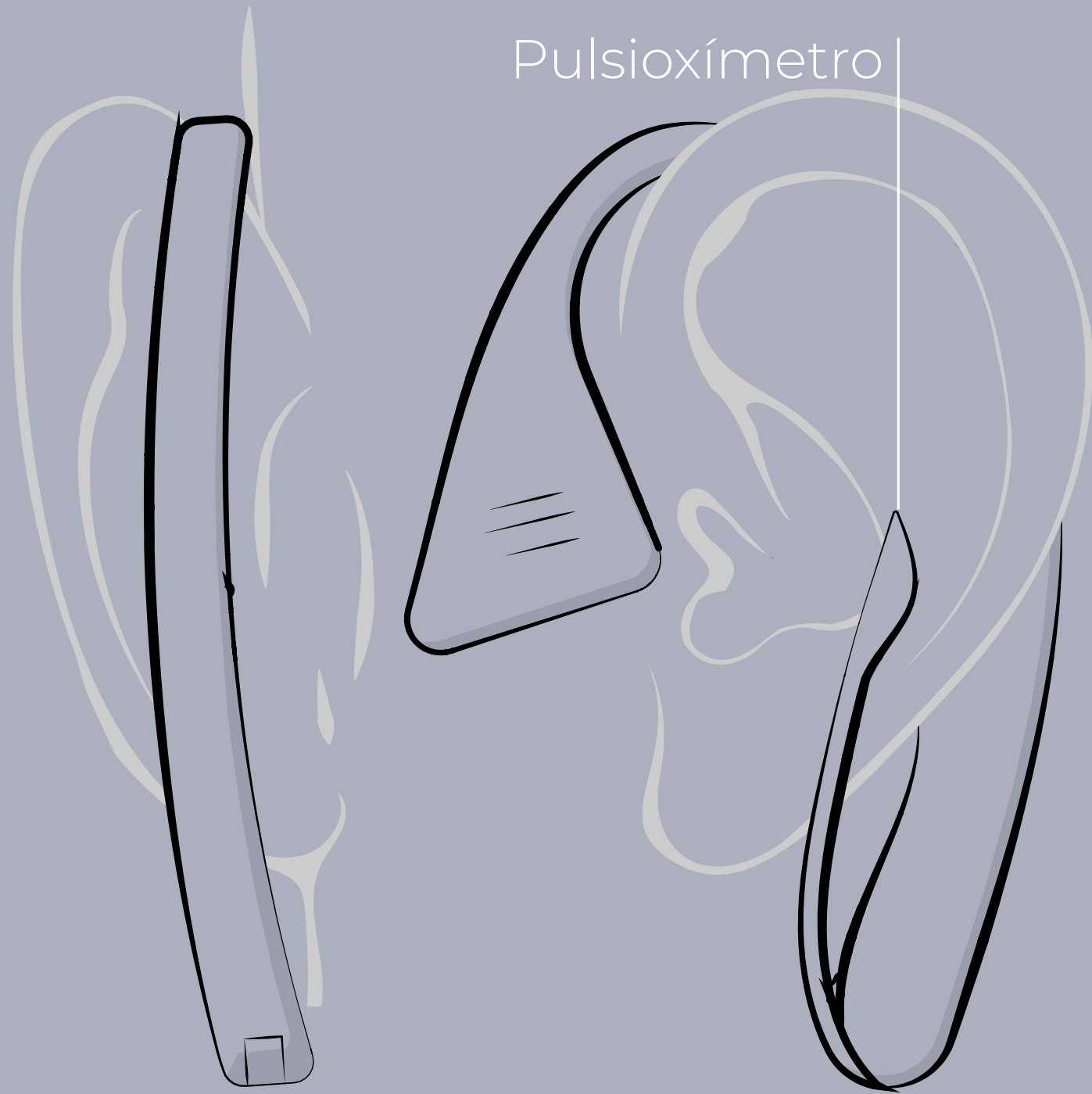
Conductor óseo

La notificación de alarma se recomienda que sea a través de una conducción de sonido ósea, para no confundir al personal que se encuentra en la sala con los sonidos emitidos por otros instrumentos. Esta tecnología permite el mantener una comunicación con el resto del personal ya que no se aísla el sentido del oído.

La tecnología de emisión de sonido por conducción ósea funciona a través de vibraciones aplicadas directamente al cráneo, siendo captadas directamente por el oído interno en vez de ser decodificadas por el tímpano.⁴⁵

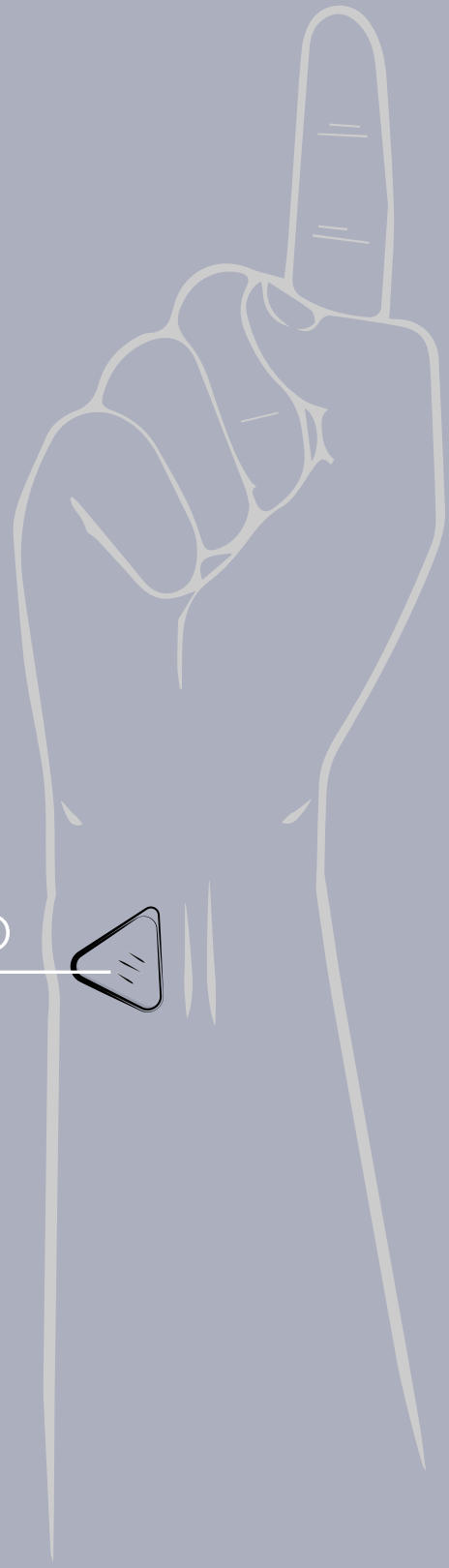
La argumentación para que sea por audio y no visual o por vibraciones, es que cualquiera de estos dos medios pueden causar una distracción durante procedimientos quirúrgicos.

Pulsioxímetro

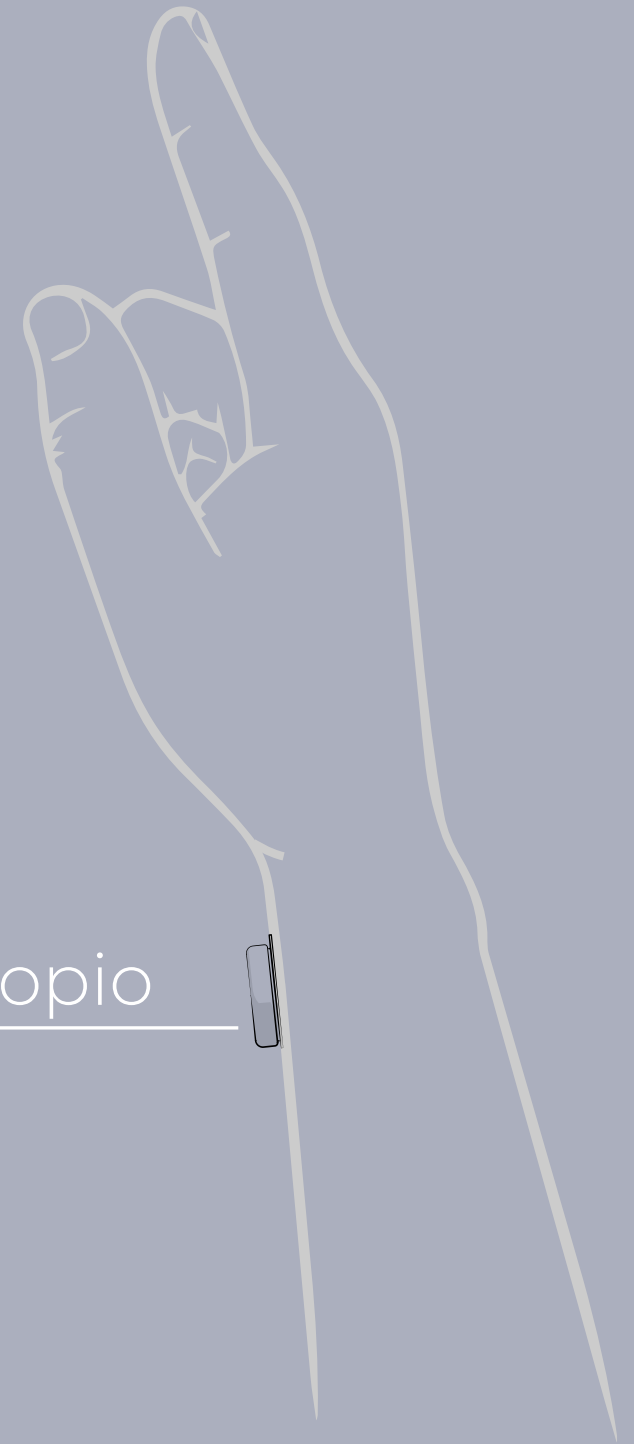


Conductor óseo

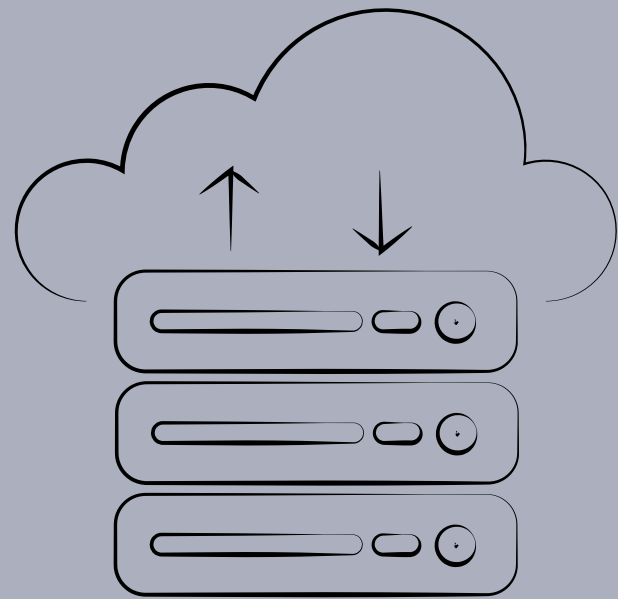




Acelerómetro

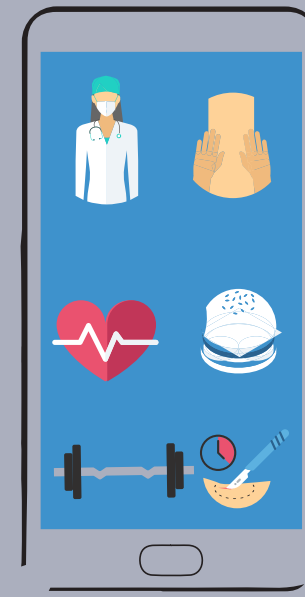


Giroscopio



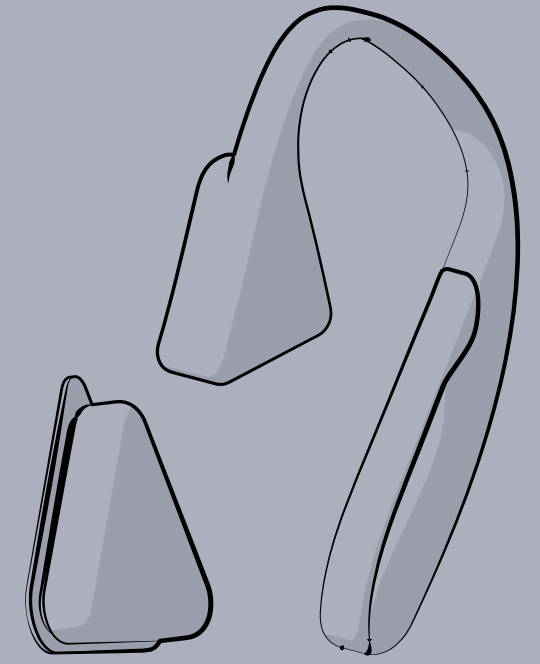
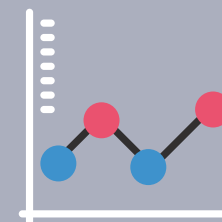
SERVIDOR

Recopilación e interrelación de datos (BigData) para actualizar de manera constante la aplicación y los monitores.



APLICACIÓN

Visualización de datos y progreso. Generar conciencia de factores directos e indirectos.

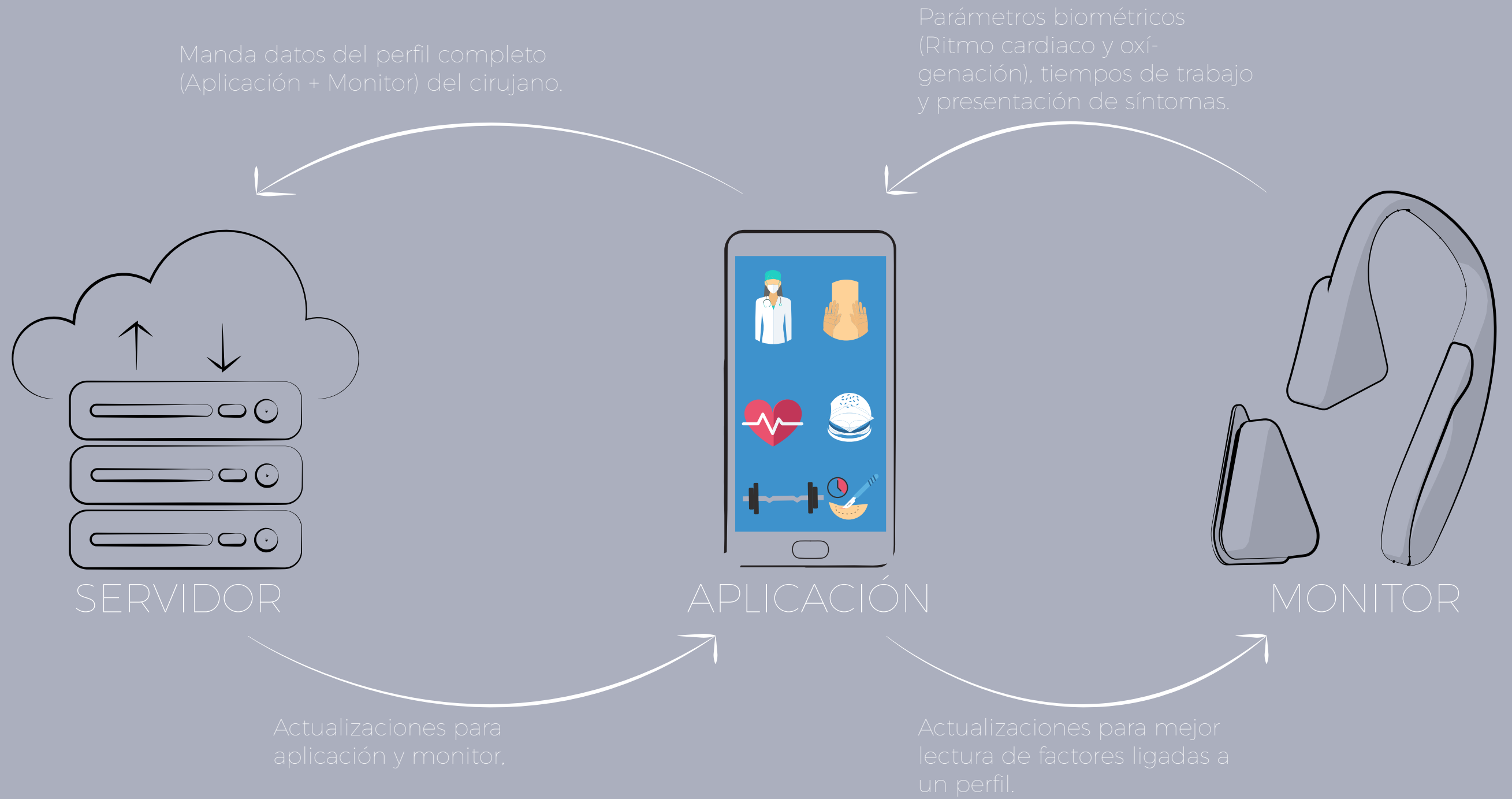


MONITOR

Detección y notificación en tiempo real para prevenir daño o inflamación.



PROPUESTA 2



EVALUACIÓN DE PROPUESTA 2

Ergonomía

El monitor de factores biométricos sólo puede ser utilizado de un lado, así que la siguiente propuesta debe de tener un uso ambidiestro a consideración.

El centro de gravedad debe de estar ubicado de manera que asegure un contacto mínimo para evitar sudoración y molestias causadas por el monitor, y así mismo, lograr la medición por parte de los sensores y del conductor óseo.

Higiene

La pieza retráctil para los LEDs crea un espacio que puede albergar patógenos, por lo que se debe crear una solución que evite dicha situación, sellando el objeto y asegurando una posición al utilizar un material elástico. Los monitores de mano requieren ser esterilizados, por lo que es imperativo que se encuentren sellados y sin crévices que puedan albergar patógenos.

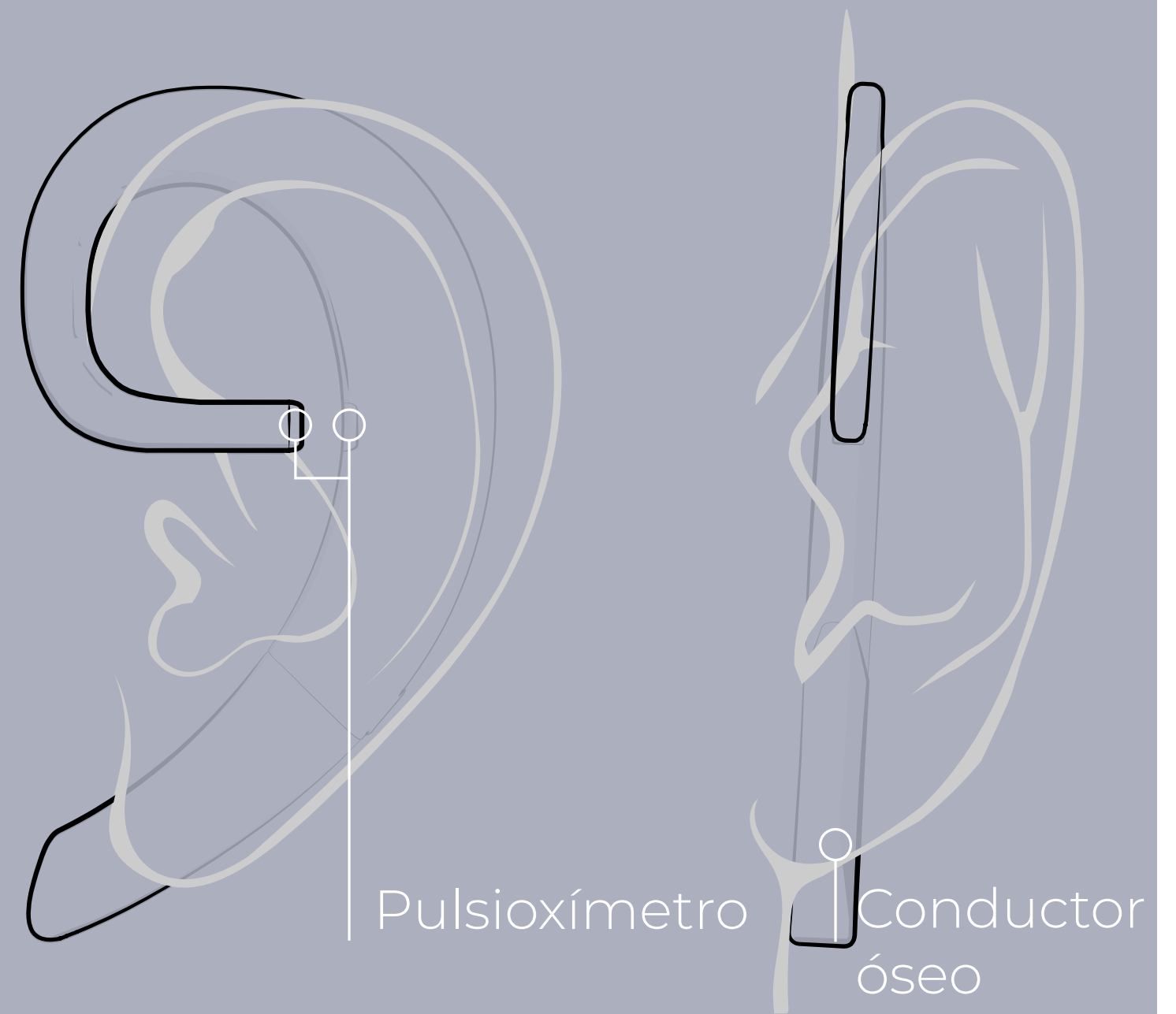
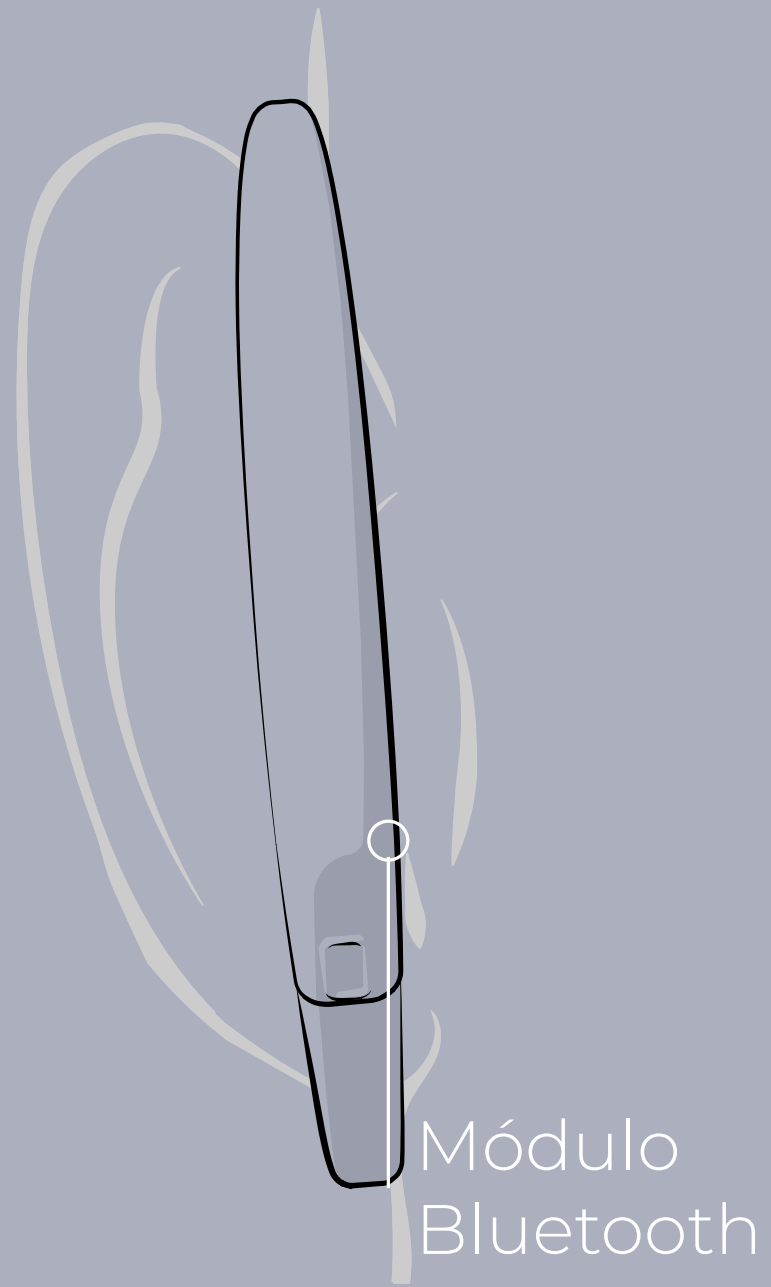
Estética

Para evidenciar visualmente las consideraciones previamente mencionadas, se utilizarán superficies continuas y sólidas, promoviendo una higiene y asepsia.

Códigos de uso

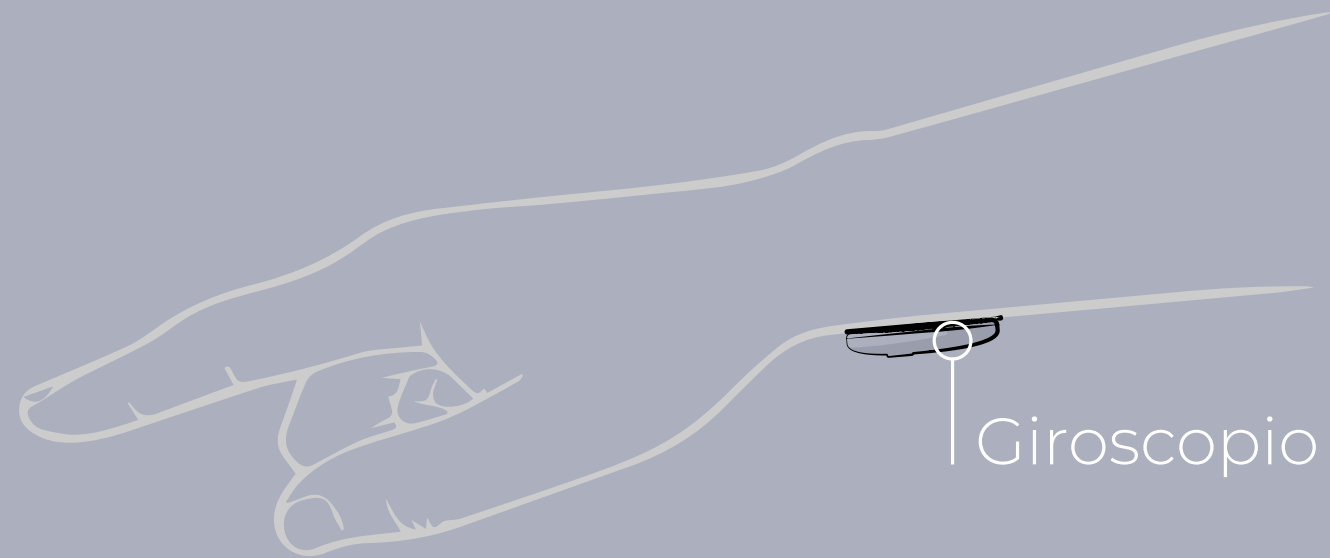
Los monitores de postura requieren un código visual para diferenciar entre izquierda y derecha.

84 Propuesta final

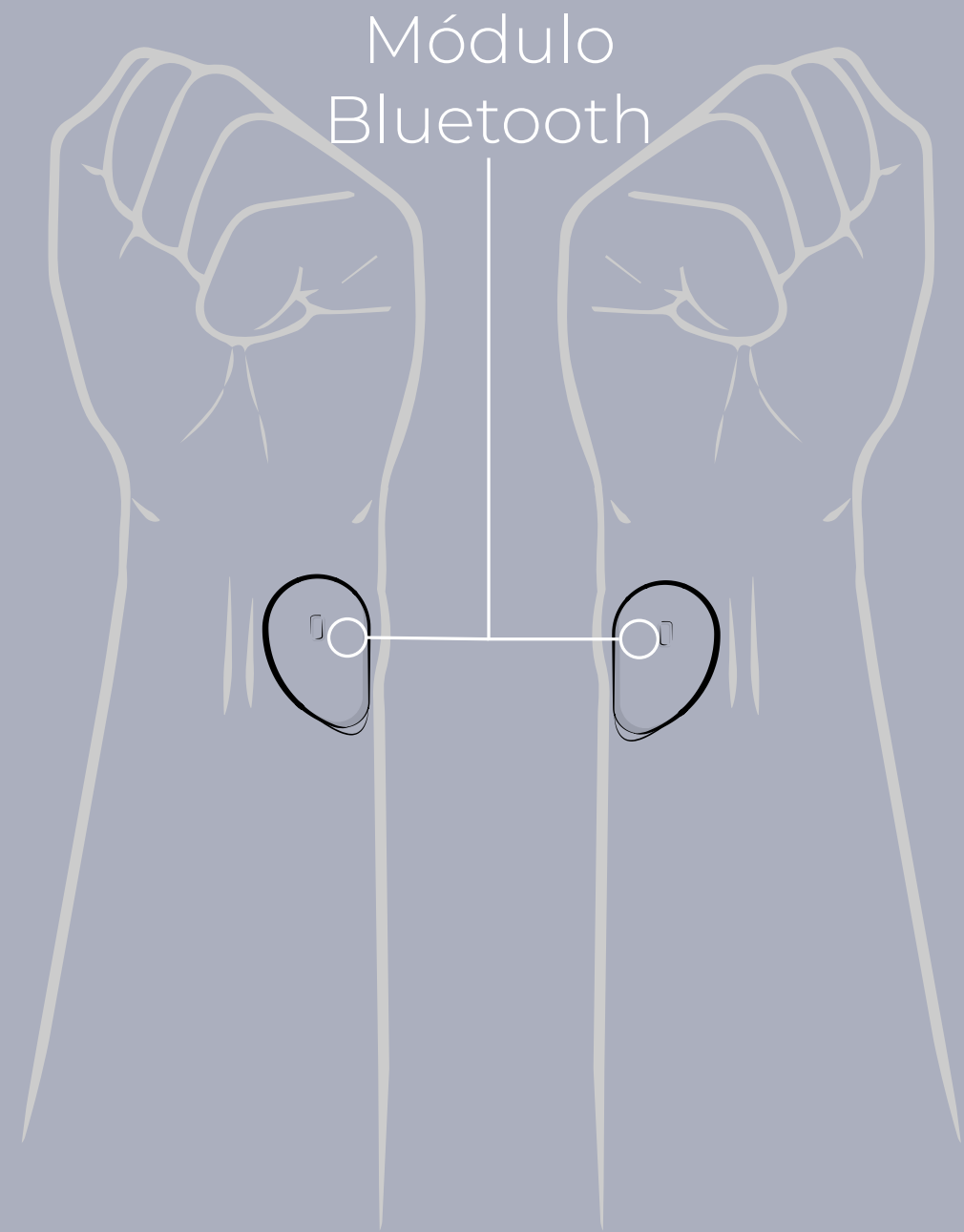




Acelerómetro



Giroscopio



Módulo Bluetooth

COMPROBACIÓN DE FORMA

Pruebas de ergonomía

Se realizaron pruebas de ergonomía en personas con tamaños y formas variadas de orejas, ya que no existen datos percentiles como guía. El acercamiento a las dimensiones finales fué a través de tomar medidas de varios aparatos auditivos y de comunicación bluetooth.

Criterios de uso

Tiempo promedio de uso por persona: 12 minutos

Índice de comodidad: en menos de 5 minutos dejaban de presentarse incomodidades causadas por el proceso de instalación. Al terminar las preguntas y sesión fotográfica, todos los sujetos de prueba dejaron de percibir el uso del objeto.

Persona 1



Persona 4



Persona 2



Persona 5



Persona 3



Persona 6



COMPROBACIÓN DE FORMA

Resultados

Ninguna persona presentó incomodidades durante su uso. Por falta de flexión en el material (PLA) utilizado para el modelo volumétrico, durante el puesto del dispositivo en 3 casos se presentaron incomodidades. Esto se pretende resolver con el uso de un material flexible en la parte superior del dispositivo.

La única variación en postura que se requirió, fué para la sexta persona debido a la altura relativa a la que se encuentra la concha con respecto al punto superior de conexión entre la hélix y el cráneo (punto donde descansa el dispositivo). Obligando al usuario a portar el emisor en la fosa triangular. A pesar de esto, no se presentaron incomodidades durante su porte.

Persona 7



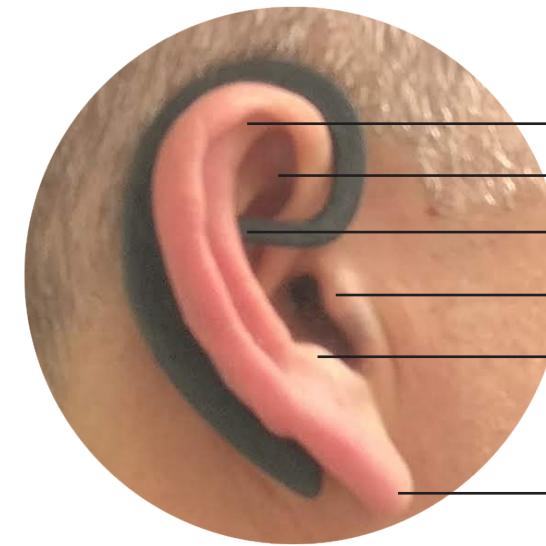
Persona 8



Persona 9



Caso persona 1-5, 7-11



Fosa escafoidea

Fosa triangular

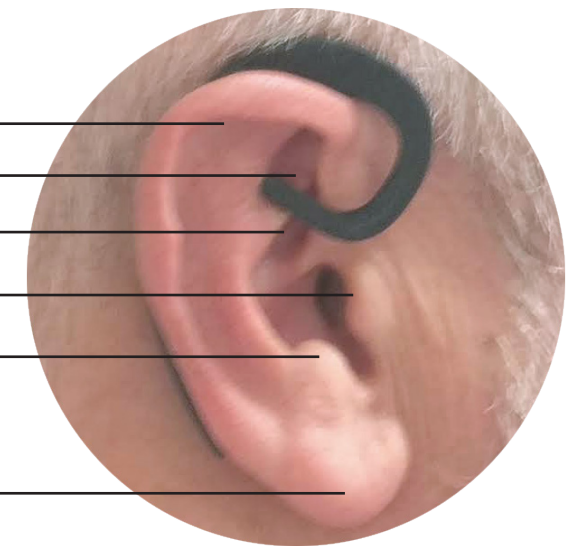
Concha

Trago

Antitrago

Lóbulo

Caso persona 6



Persona 11



ARQUITECTURA DEL SISTEMA

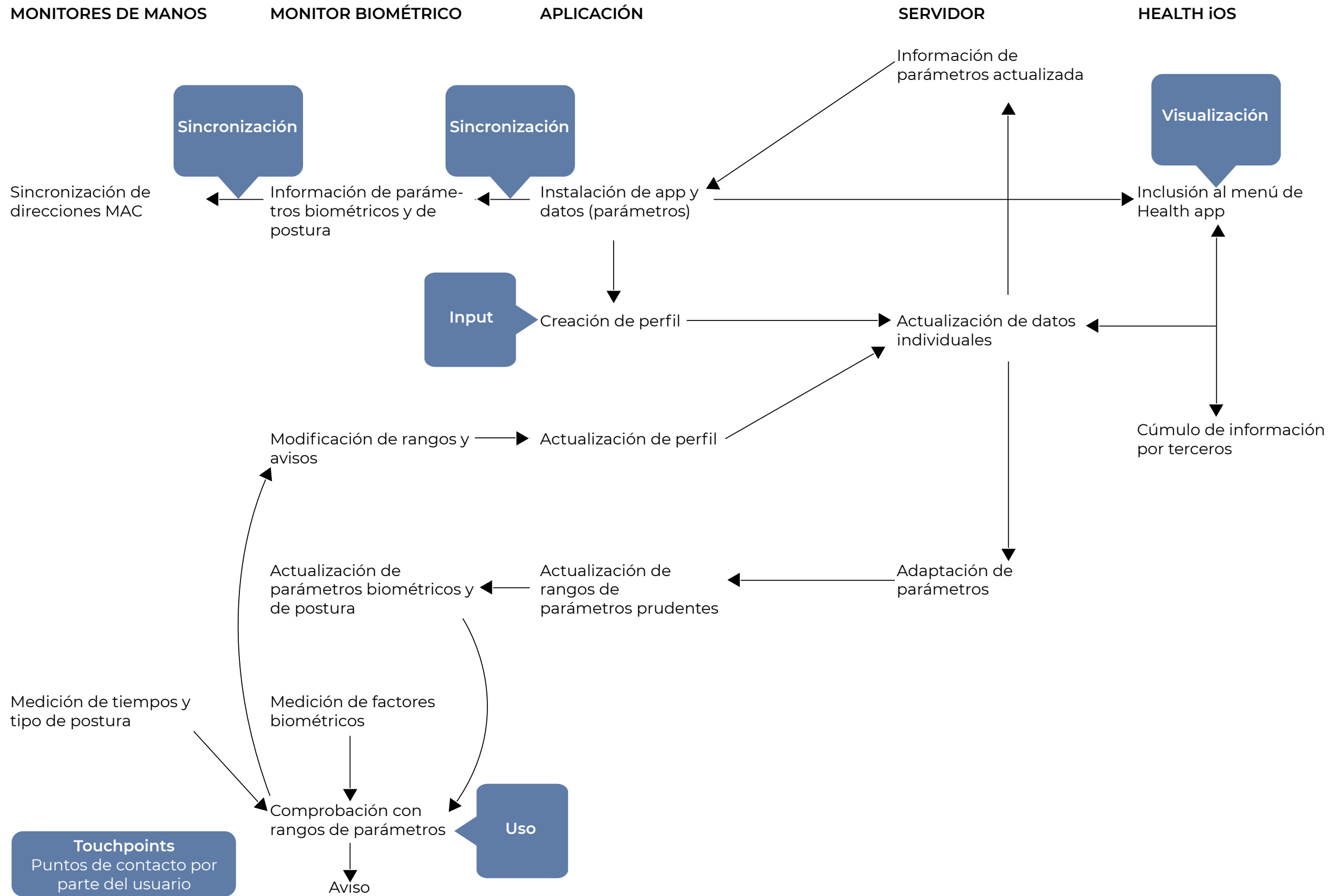


Figura 20 Flujo e intercambio de información entre servidores y dispositivos
94

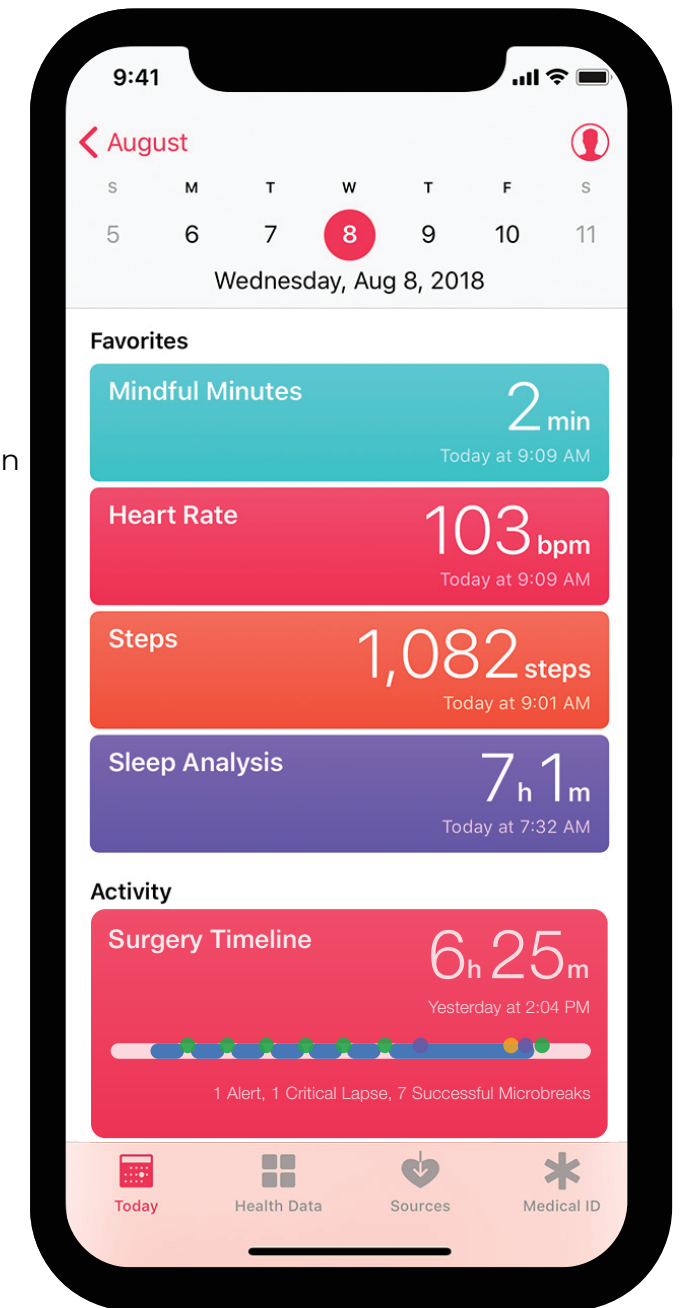


Figura 21 Visualización de integración de datos a menú de HealthApp
95

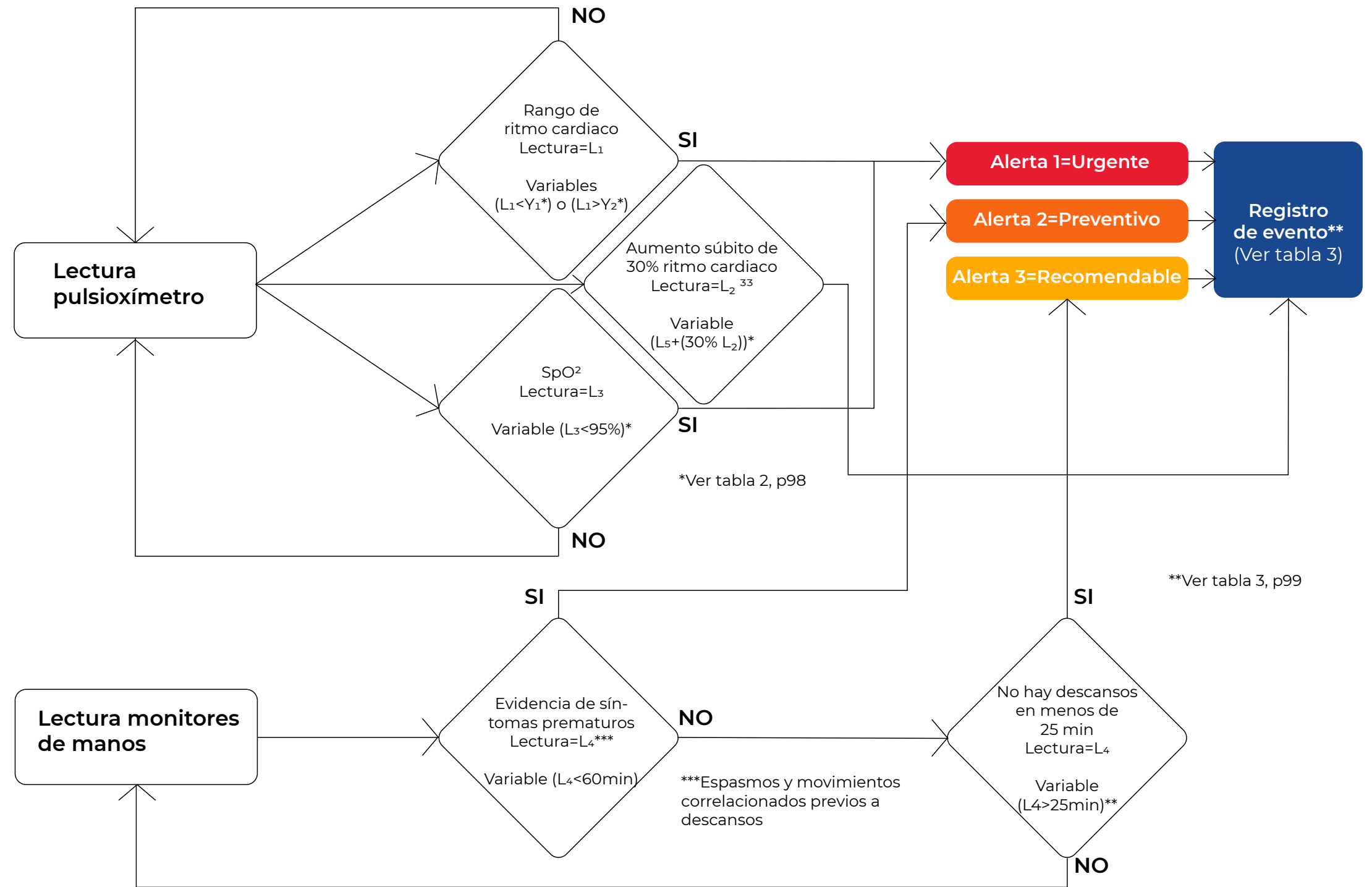


Figura 22 Esquema de lectura por monitor biométrico y monitores de manos

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Ritmo cardiaco

El ritmo cardiaco de una persona adulta en reposo es de entre 60 latidos por minuto (lpm) a 100 lpm. La actividad física y mental realizada durante un procedimiento podría ser equivalente al esfuerzo 50-85%, los rangos recomendados en la tabla 2, sirven como parámetros de referencia para las alertas y registros generados por el sistema.

Los límites establecidos durante un esfuerzo al 100% sirven como límites absolutos para el registro de eventos, si sobrepasan estos límites, el sistema avisará que el usuario no debe de continuar con el procedimiento, ya que se pone a sí mismo en riesgo y al paciente.

El límite mínimo saludable de latidos por minuto es de 50lpm, por lo que si el sistema registra cifras menores a estas, generará un aviso de urgencia para que el cirujano se retire del área a ser atendido y otro cirujano pueda continuar con el procedimiento.

El sistema continuará aprendiendo del usuario y ajustando de manera personalizada las alertas, es por esto que se definen como variables comparativas Y1 para el límite mínimo y Y2 para el límite máximo.

Edad	Esfuerzo entre el 50-85% (lpm)	Esfuerzo al 100% (lpm)
20	100 a 170	200
30	95 a 162	190
35	93 a 157	185
40	90 a 153	180
45	88 a 149	175
50	85 a 145	170
55	83 a 140	165
60	80 a 136	160
65	78 a 132	155
70	75 a 128	150

Tabla 2 Ritmo cardiaco⁴⁸
98

Saturación de oxígeno

Los parámetros normales de una persona sin patologías pulmonares son entre el 95% y 99%. Se considera que una saturación con un valor de 90% o menor requiere de oxígeno suplementario²⁹

Alertas

El sistema de alertas propuesto, es personalizable desde la aplicación del celular, siendo las notificaciones a modo del cirujano.

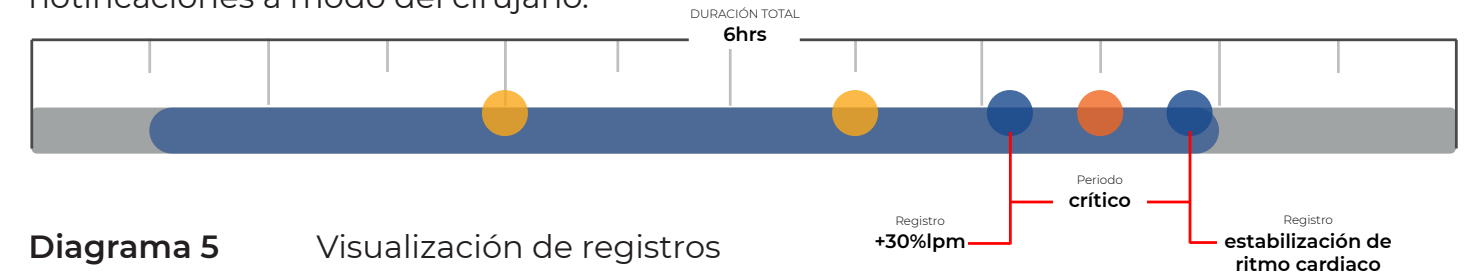


Diagrama 5 Visualización de registros

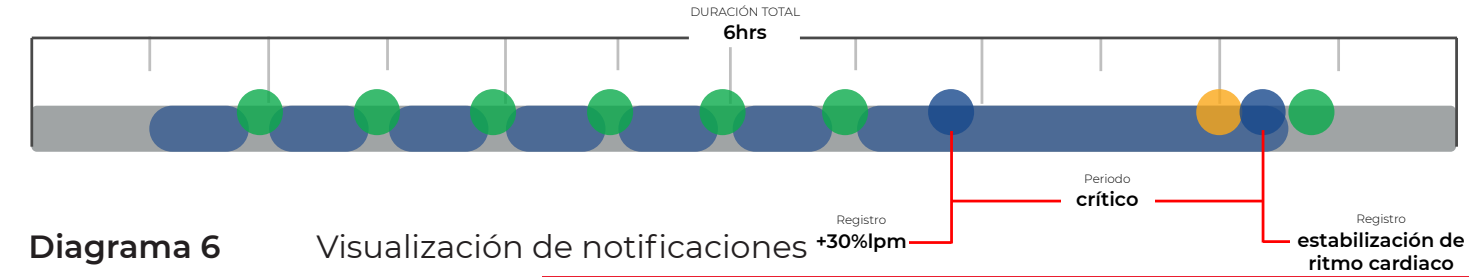


Diagrama 6 Visualización de notificaciones

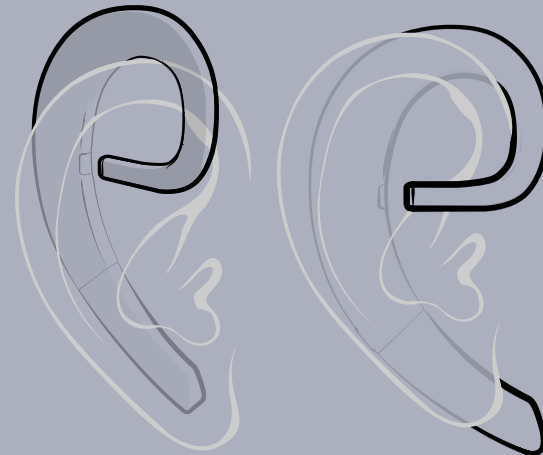
Alerta 1=Urgente
El sistema detecta un rebase de límites en lecturas biométricas, poniendo en riesgo la salud del cirujano y del paciente. Con esta alerta el cirujano debe de suspender actividades y ser reemplazado para la finalización del procedimiento.
Alerta 2=Preventivo
El sistema detecta movimientos en las manos derivados de síntomas. Esto indica que ya existe padecimiento musculoesquelético y el sistema adaptará los tiempos de descanso para reducir el progreso de dicho padecimiento. Esta alerta, sugiere tomar un descanso lo antes posible.
Alerta 3=Recomendable
Se detecta que no se ha realizado un descanso por un periodo largo, lapso en el que la mayoría de los cirujanos empiezan a presentar incomodidades fisiológicas. ³³ El sistema recomienda tomar un descanso como prevención a padecimiento de síntomas.
Alerta 4=Descanso y estiramiento*
El usuario puede escoger utilizar el método propuesto por Hallbeck ³¹ , cada 30 min se da una alerta de descanso de 5 min (25 de trabajo+5 de descanso y estiramientos). Esta alerta puede ser acompañada de una descripción de ejercicios recomendados.
Registro de evento
Se hace un registro de cada una de estas alarmas, para posteriormente visualizarlas en la HealthApp, permitiendo un mayor control y consciencia tanto del estado físico como de la metodología utilizada durante el procedimiento, generando estadísticas comparables.

Tabla 3 Desglose de alertas

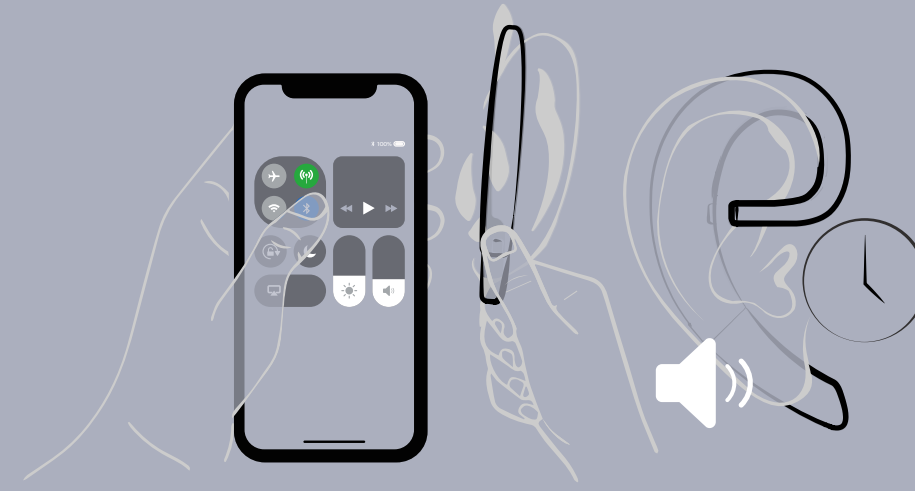
SECUENCIA DE USO



Abrir paquete esterilizado de monitor biométrico



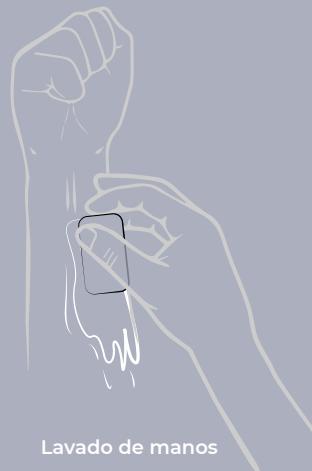
Colocar monitor biométrico



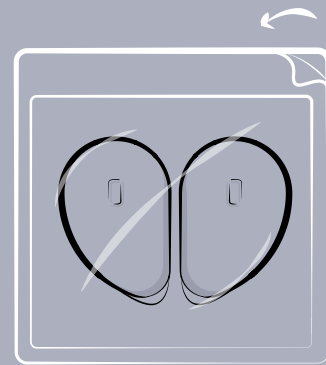
Sincronizar monitor con celular, esperar alerta de finalización



Apagar Bluetooth



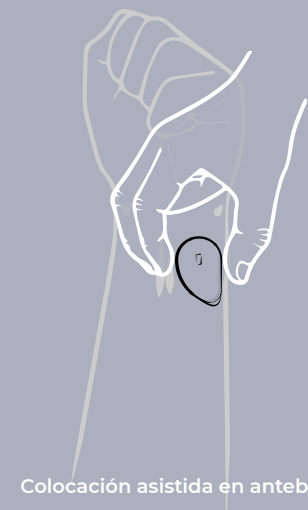
Lavado de manos



Apertura asistida de paquete esterilizado de monitores de manos



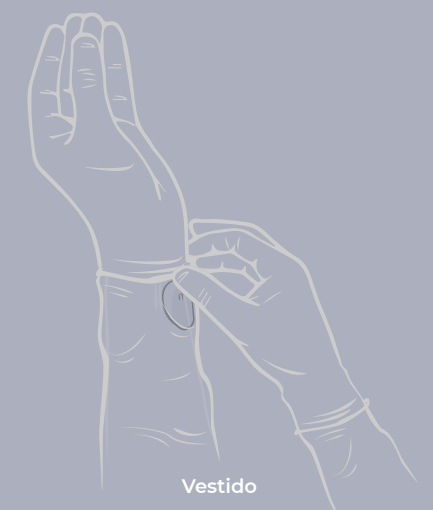
Remover de manera asistida los protectores de las láminas autoadherentes



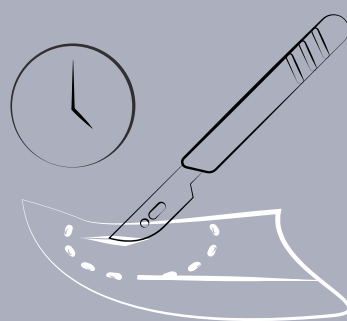
Colocación asistida en antebrazos



Sincronización asistida de monitores



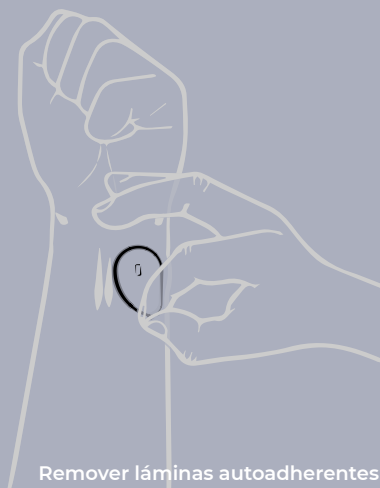
Vestido



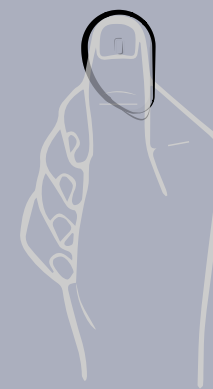
Realizar procedimiento



Desvestido



Remover láminas autoadherentes

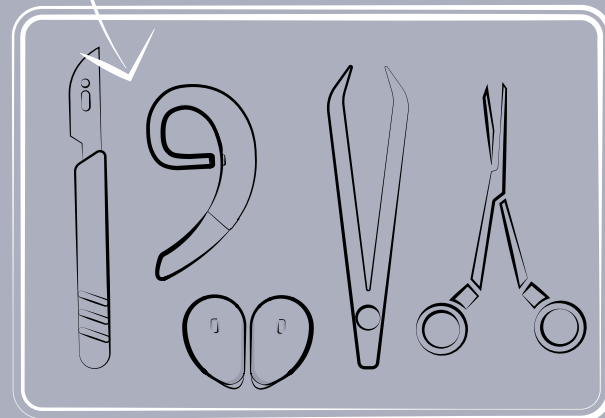


Sincronizar monitores

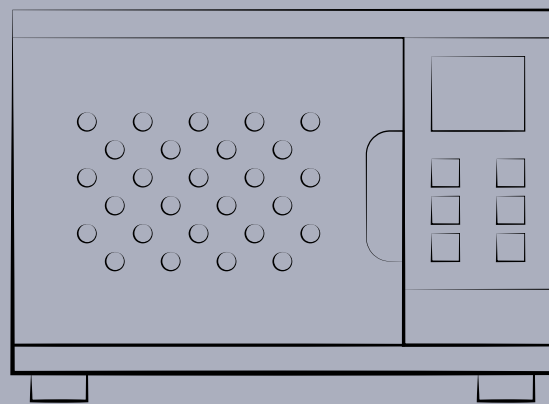


Sincronizar monitor con celular, esperar alerta de finalización

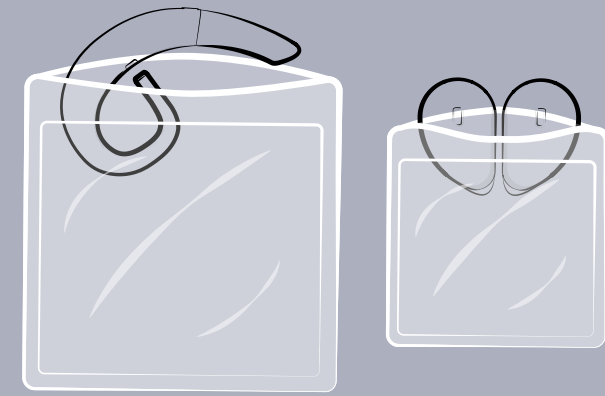
SECUENCIA DE USO POSTOPERATORIO



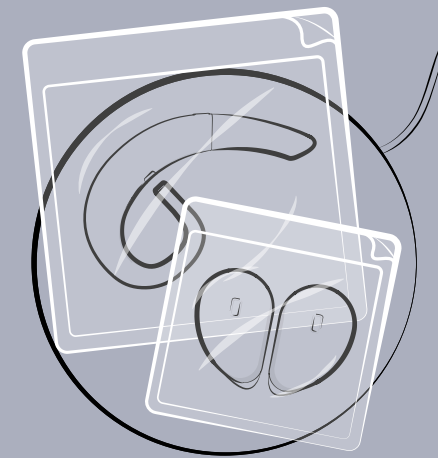
Se lleva con el instrumental



Limpieza en autoclave



Empaquetado



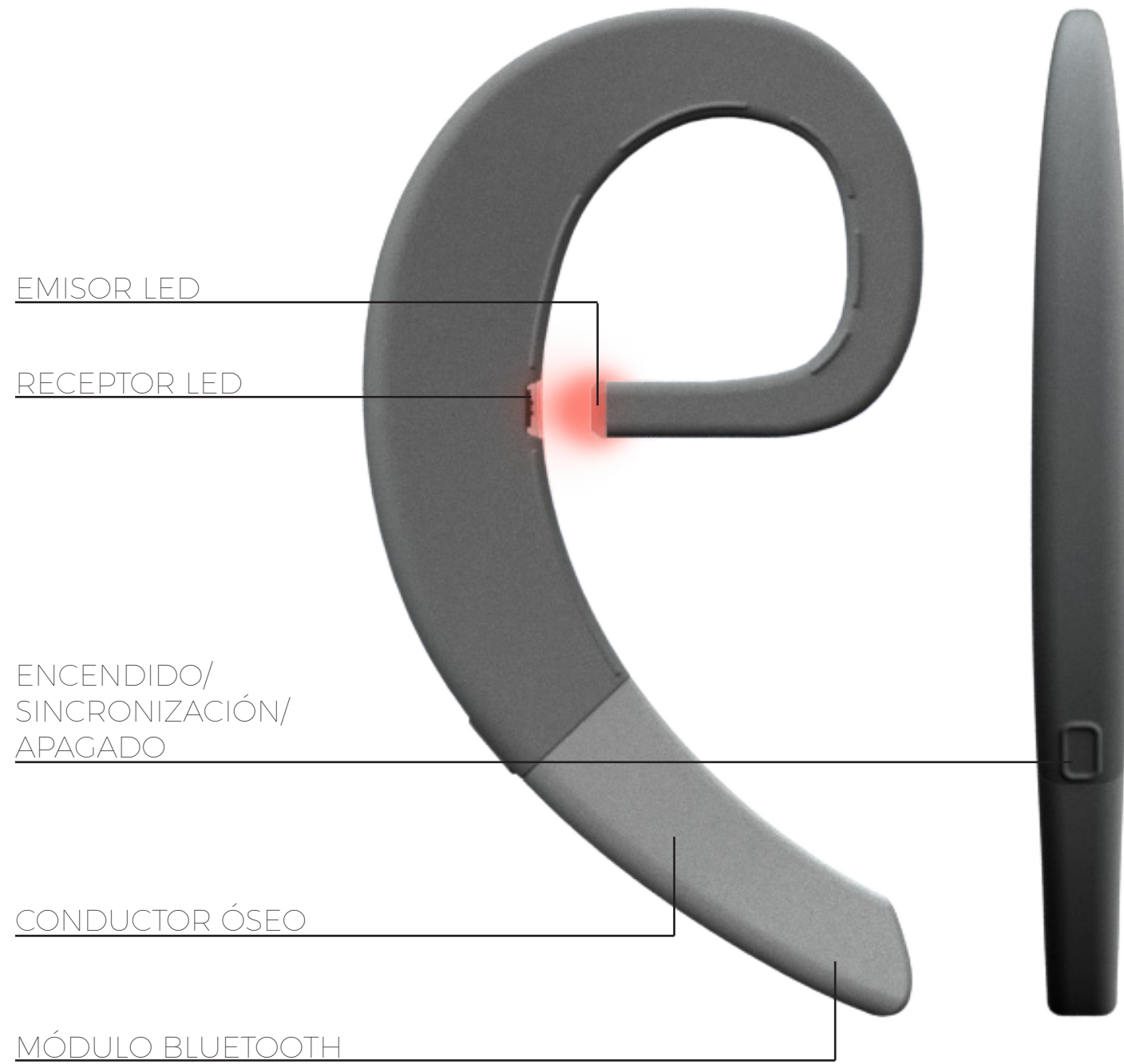
Carga



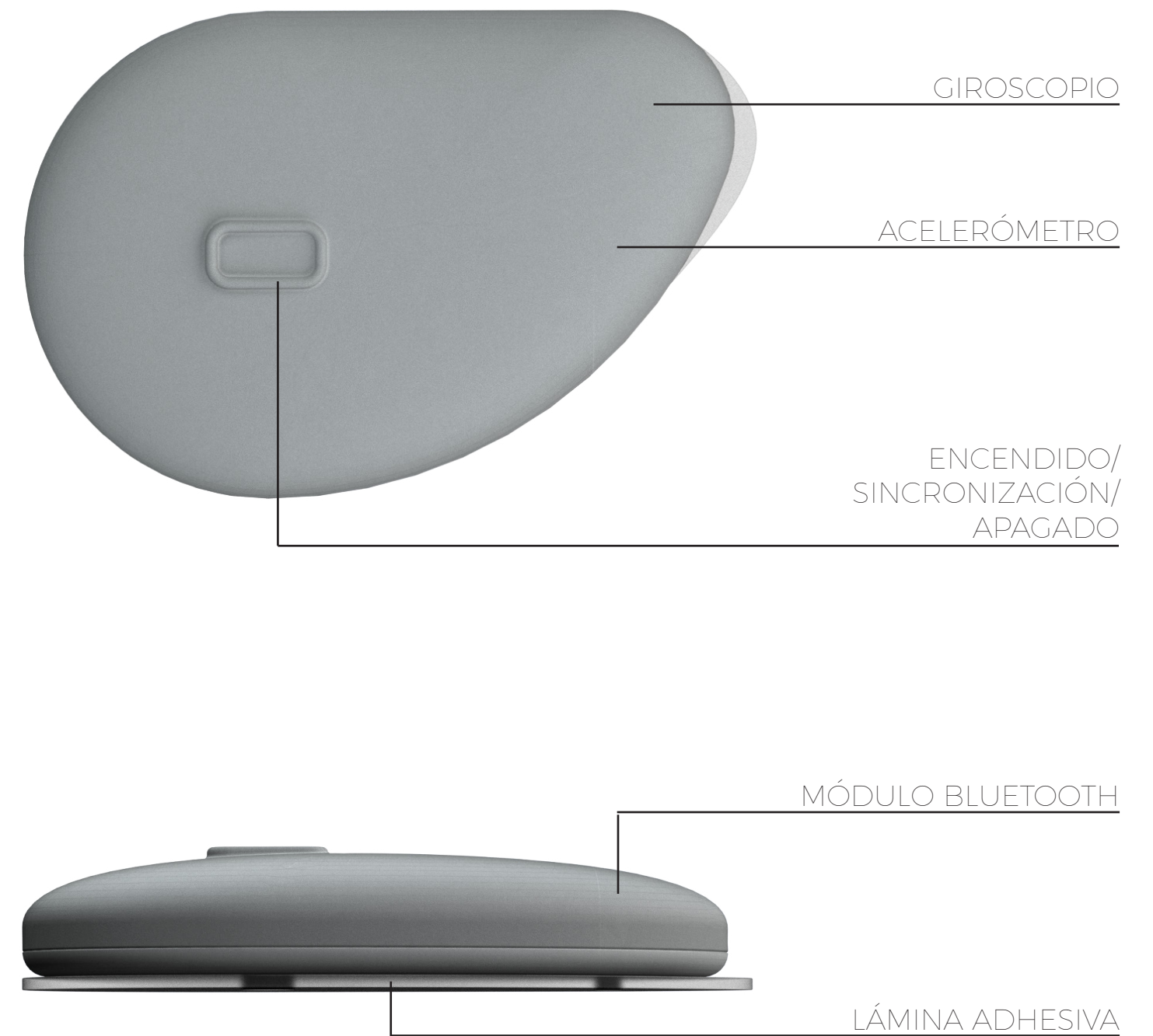
Uso en cirugía

FUNCIÓN

Monitor biométrico



Monitores de manos



FUNCIÓN

Sistema de carga

Tanto el monitor biométrico, como los monitores de movimiento en manos, se cargan a través de un sistema de inducción. Esto, con la finalidad de reducir hendiduras que puedan albergar patógenos o residuos.

Esta solución, también permite que los dispositivos sean cargados incluso después de haber sido esterilizados y empaquetados para quirófano.

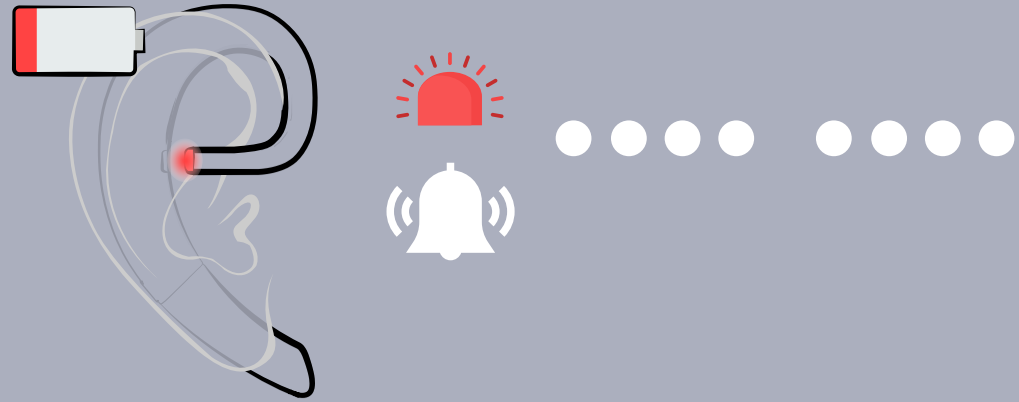
Para una primera etapa, considerando la venta de varios equipos, se propone la adaptación de superficies ya existentes para incluir el sistema de carga por inducción para la carga simultánea de éstos. En una segunda etapa, se tomarían a consideración la venta de plataformas de carga individuales (1 conjunto) para venta a personas físicas como se muestra en la imagen de la página contrapuesta.



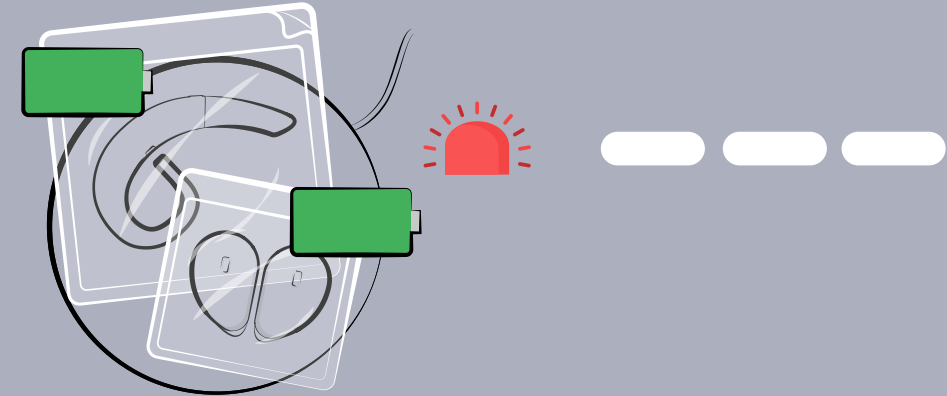
FUNCIÓN

Indicador de batería

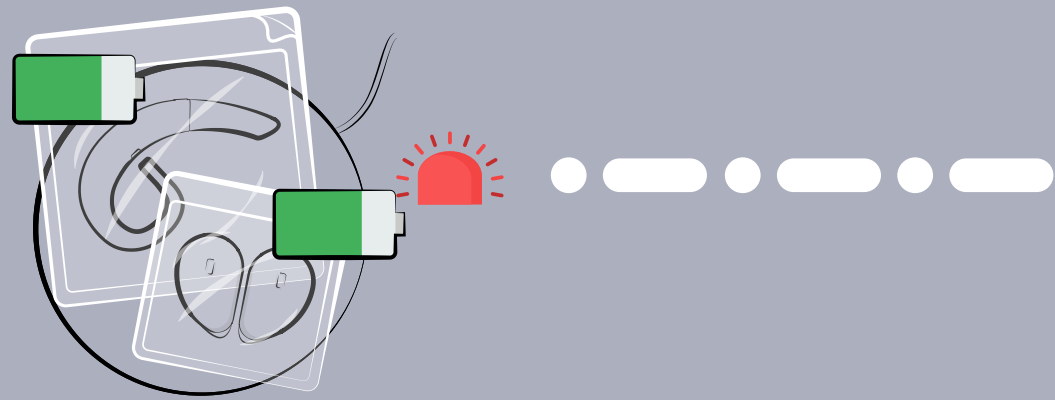
El emisor LED para la lectura de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca, fungirá como indicador del estado de la batería. Se plantean los siguientes eventos necesarios a indicar:



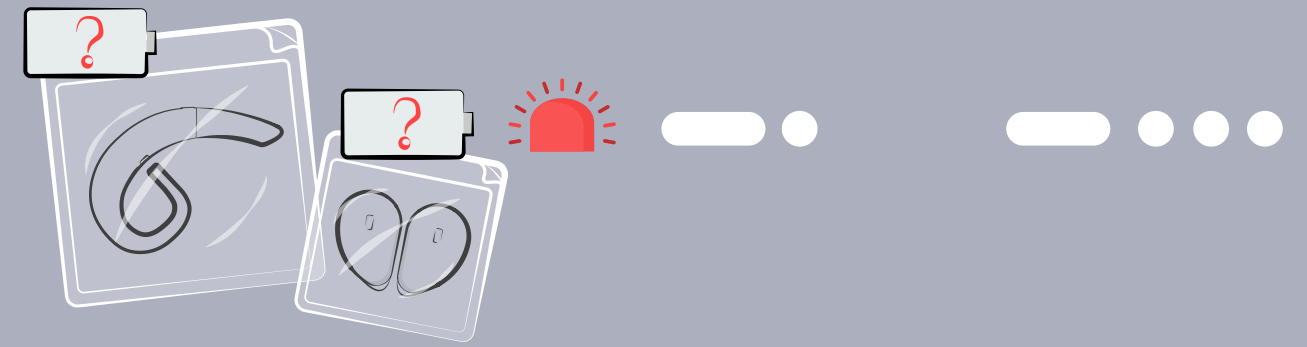
Batería baja



Carga completa

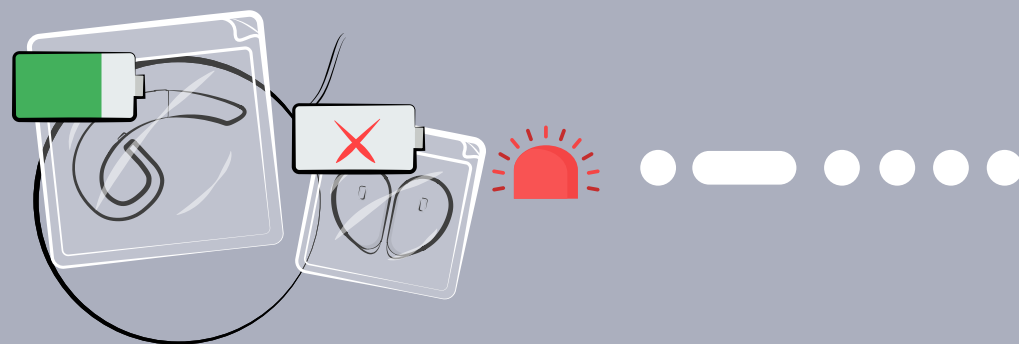


Cargando

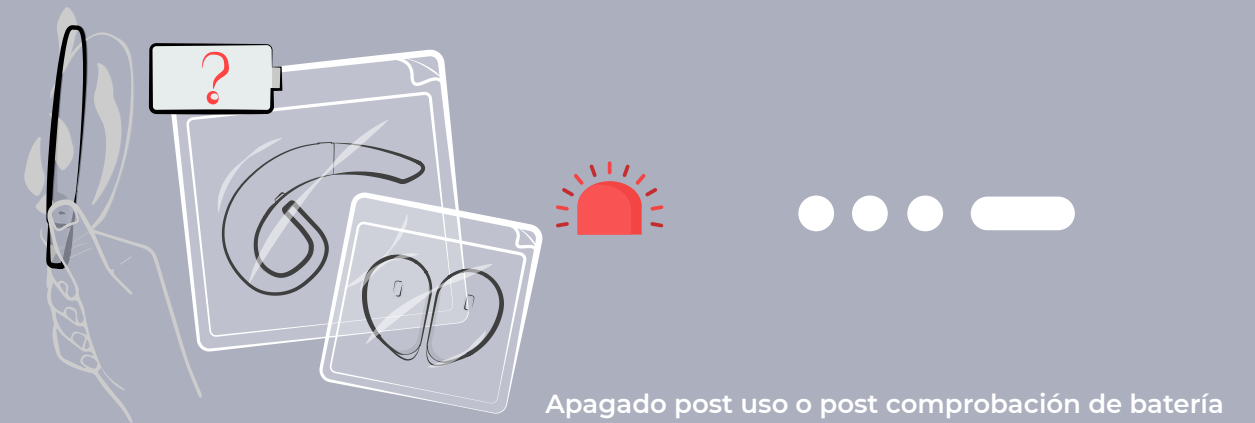


Comprobación de batería, prendido, batería completa

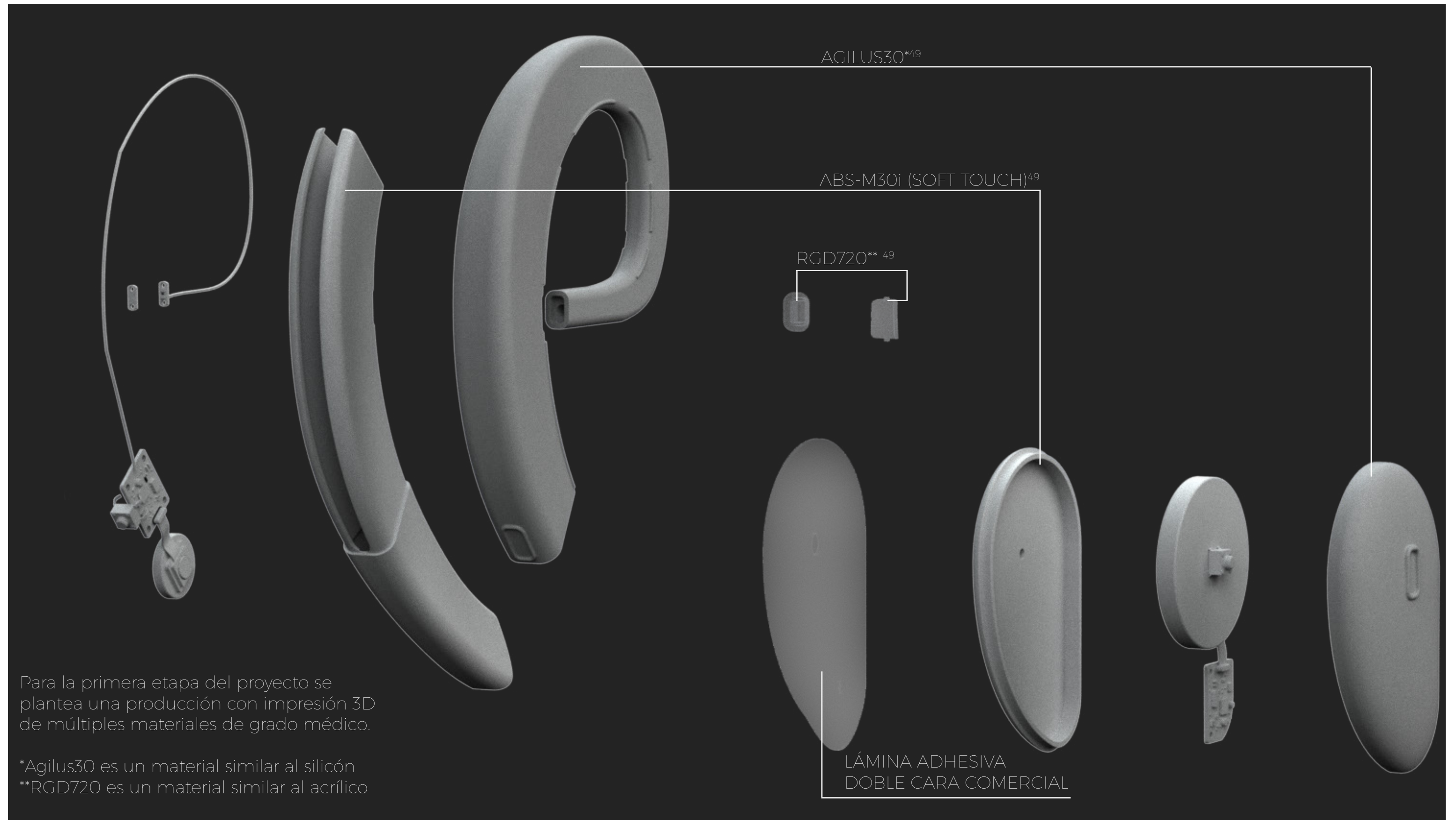
Comprobación de batería, prendido, poca batería



Faltan monitores de mano



Apagado post uso o post comprobación de batería



stratasys | J750

Técnica de producción

La impresora polyjet J750 de Stratasys está diseñada para generar centros de producción escalables, por lo que sirve para casi cualquier volumen de demanda.

Esta máquina permite una impresión de múltiples materiales de manera simultánea, utilizando resina fotocurable con rayos UV. La combinación de dicho método con la precisión de 14 micrones de impresión, permiten controlar los acabados de superficies, definición y unión de materiales.⁴⁹

Con esta técnica de producción, se puede asegurar la calidad y necesidades higiénicas para realizar un proceso de asepsia por autoclave en el producto.



Imagen 1 Stratasys, J750⁴⁹

ESTÉTICA-ÍCONOS

Ícono médico

La estética de un aparato médico para monitorear, normalmente es orientada hacia una percepción aséptica y funcional, a menos de que sea pensado para niños, caso en el que se procura que se perciba como un instrumento amable, aludiendo a animales o personajes caricaturescos.

Los elementos utilizados para lograr este aspecto son colores neutros, superficies lisas y una forma funcional, carente de elementos no absolutamente necesarios.

Ícono auricular bluetooth

Los auriculares tienden a tener un aspecto invasivo, por la necesidad de orientar el sonido hacia el canal auditivo. Los colores varían en un amplio espectro, siendo el color negro el más predominante.

Las formas son orgánicas, aludiendo a la zona donde se colocan como un indicador visual.

Ícono tecnología vestible (wearable)

Las formas que se utilizan para wearables son geometrías básicas con chaflanes o boleados, al igual que los auriculares bluetooth, las combinaciones y espectros de colores son muy amplias, pero predominan el color negro y tonos oscuros.



Imagen 2 Masimo E1, Oxímetro⁵⁰



Imagen 3 Jabra Storm, Auricular⁵¹



Imagen 4 Apple Watch, Reloj Inteligente⁵²

ESTÉTICA-SIMILITUD Y DIFERENCIACIÓN DE ÍCONOS

Elementos de percepción

Para lograr una percepción aséptica, se proponen piezas selladas, sin aperturas, con superficies lisas, sólo protuberancias minúsculas para indicar el botón único multifuncional y para minimizar el área de contacto, y por lo tanto sudoración, en la parte más cercana a la oreja y cráneo. El uso de colores neutros, ayuda a reforzar el valor aséptico del objeto.

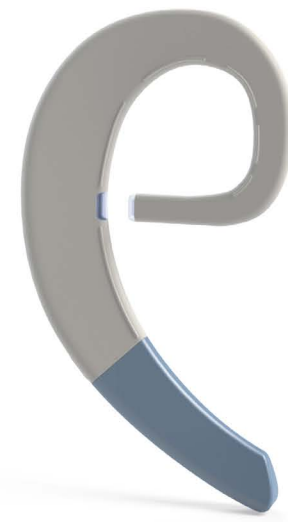
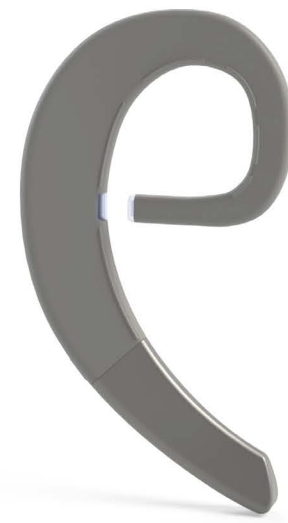
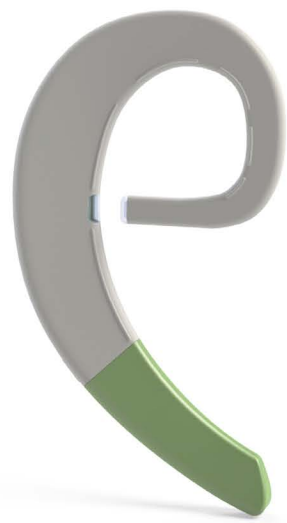
La forma remite a una oreja, permitiendo así, ser un indicador de uso. El perfil en forma de cuña, ayuda a indicar que el objeto se coloca entre la oreja y el cráneo.

De la misma manera, los monitores de manos siguen los principios mencionados en el primer párrafo, exaltando la continuidad de la forma ya que éstos requieren una mayor asepsia debido a su cercanía con la mesa de operaciones.

Su forma es sencilla, sin caer en geometrías básicas como lo son los *wearables*. Como un diferenciador entre izquierda y derecha, es una forma espejeada, que al unirse forman un corazón, remitiendo a su función, la salud, tanto del cirujano, como del paciente.



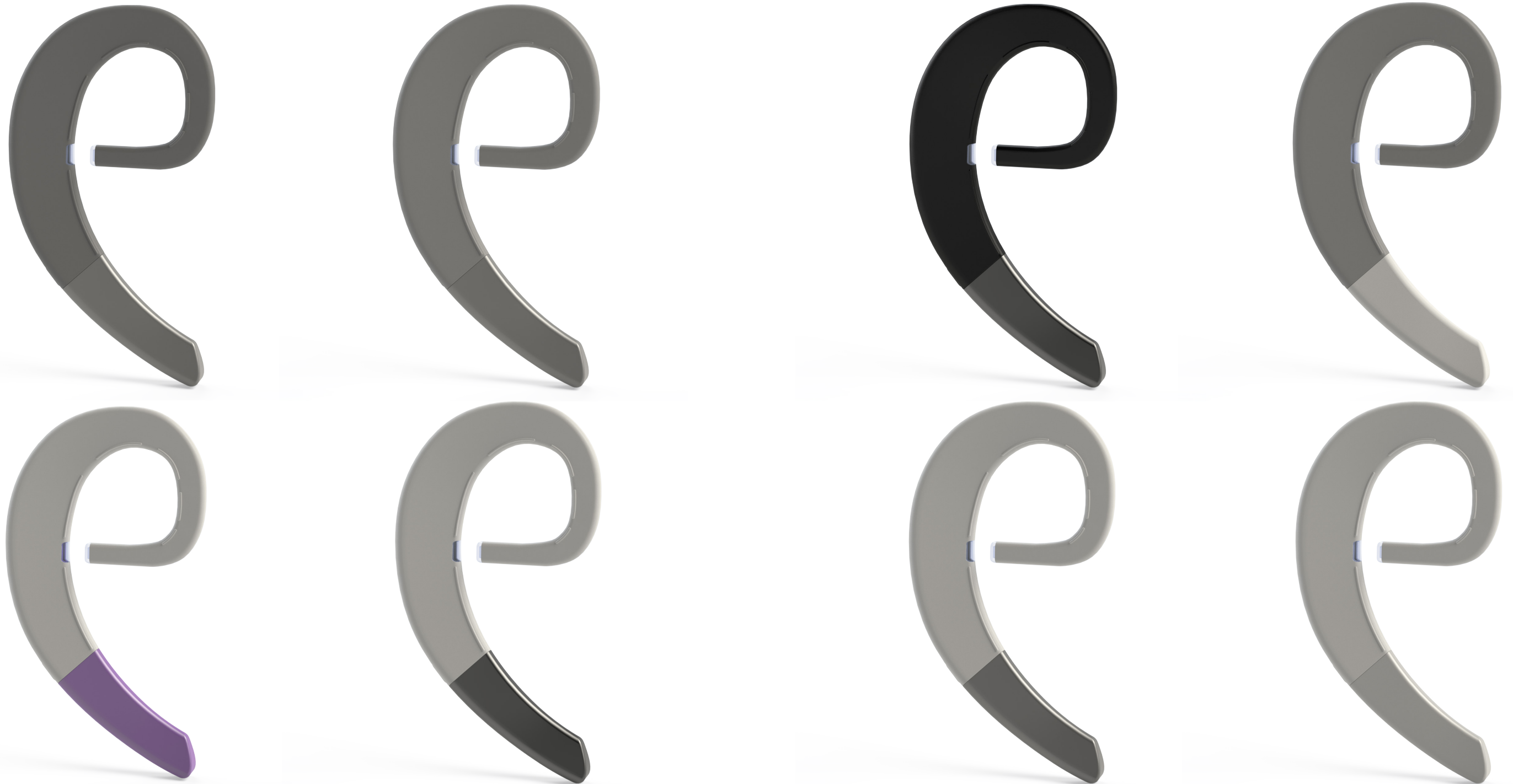
ESTÉTICA-GAMA DE COLORES



ESTÉTICA-SELECCIÓN DE COLORES

Se envió el catálogo de imágenes a cirujanos y realizaron la selección. Las 8 versiones seleccionadas por cirujanos son las mostradas a continuación. Por proceso de eliminación en cuanto a colores recurrentes, el primero de la segunda fila no concuerda con los colores neutros que se muestran en los demás. El cambio perceptible de colores entre materiales, permite que sea evidente la diferenciación de áreas a manipular.

Tonos muy oscuros pierden congruencia en un ámbito quirúrgico y estéril. Éstos aluden a un *wearable* o auricular, por lo que quedan descartados.



Por último, el uso de un tono más oscuro en la pieza superior, que es propuesta en un material similar al silicón, la textura del material tiende a mancharse por contacto, por lo que es preferible el que su tonalidad sea la de mayor oscuridad.

Tomando en cuenta todos los factores previamente mencionados, se llegó a la conclusión de que la propuesta de colores ilustrada en la última imagen de la primera fila, es la más congruente.

Percentiles

Debido a la gran diferencia que existe entre oreja y oreja, resultando en una carencia de percentiles para medidas antropométricas; el proyecto se encuentra sujeto a una segunda etapa de desarrollo con pruebas de campo.

Comodidad

Se crearon unas protuberancias cerca del perfil interno del monitor biométrico para reducir el contacto constante en la piel y por lo tanto, evitar una sudoración excesiva a causa de esto, la cual a su vez, produce comezón e incomodidad en un aparato que pretende usarse por varias horas.

Sin embargo, el centro de gravedad asegura un contacto por parte de los sensores y el conductor óseo para su correcto funcionamiento sin necesidad de ajustes durante el procedimiento.

Uso

La forma del objeto alude a una oreja y a algunos aparatos de apoyo auditivo, mostrando así, su correcta colocación de manera intuitiva.

Sólo se necesita una mano para la colocación del monitor biométrico, por lo que la sincronización se puede realizar mientras se coloca.



Indicadores visuales

Los monitores de manos tienen una forma espejeada, permitiendo diferenciar entre izquierda y derecha de manera implícita. Al juntar ambos monitores de manos, se puede apreciar una forma en corazón.

La curva sobresaliente en la forma de las láminas, permite retirarlas sin tener que realizar movimientos complejos y de manera autónoma.



Higiene y mantenimiento

Se plantea que las piezas permanezcan unidas durante el tiempo de vida útil de los objetos, facilitando esta propuesta gracias a recarga eléctrica por inducción. Esto ayuda a evitar que cualquier patógeno sea albergado por la carcasa. Todos los materiales propuestos son de grado médico para cirugía, reforzando la necesidad aséptica del usuario.

Gracias al método de producción, se garantiza una unión y sello entre los materiales, permitiendo así una esterilización con autoclave. Para evitar cualquier apertura que pueda albergar patógenos o partículas, se propone una carga por método de inducción, eliminando de esta manera, los puertos de carga.

Las láminas autoadherentes desechables ayudan a reducir el contacto que existe con el cirujano y a facilitar su limpieza por medio de autoclave.



Vestido con monitores de manos

Su forma delgada y boleada, permite una vestimenta regular (sin alterar los procedimientos de vestimenta para quirófano), sólo se necesita evitar un exceso de presión a través de fricción de manera lateral por el grado de adhesión de las láminas autoadherentes (se propone un grado que evite generar irritaciones en la piel al ser retirado por su uso habitual). (Fotografías 13-19)

La presión ejercida por las dos capas de vestimenta (bata y guante), ayuda a mantener los monitores en su lugar. (Figura 13)

Debido a su espesor total de 5.8 mm y un peso aproximado de 4gr, es prácticamente imperceptible en uso. Evitando así, cualquier estorbo que podría ocasionar al utilizar el instrumental o en el momento de vestirse.

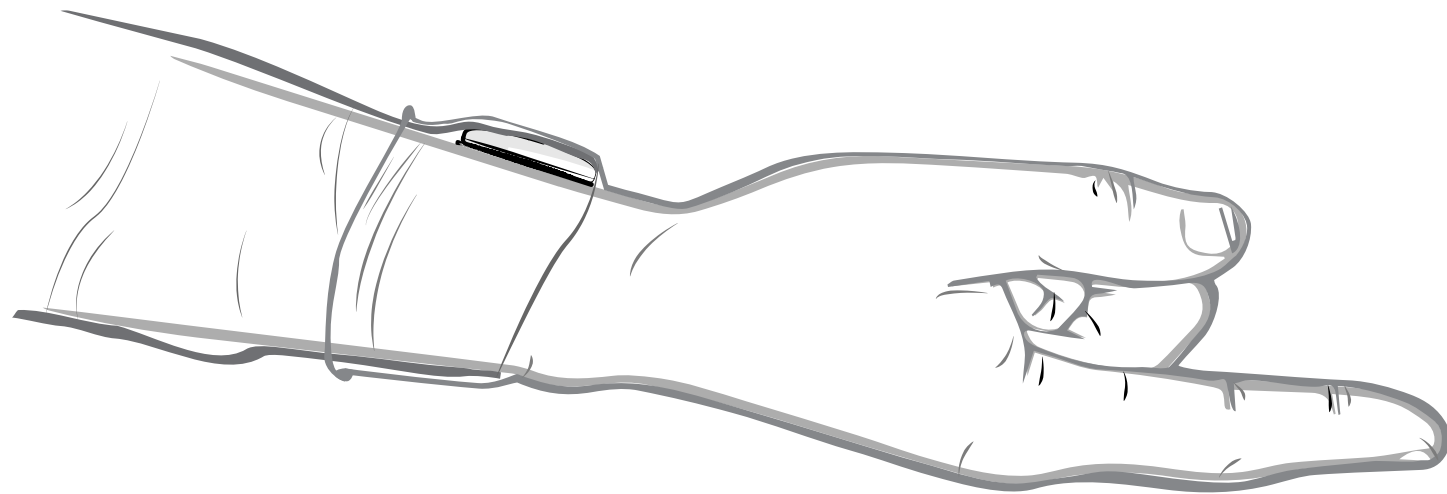


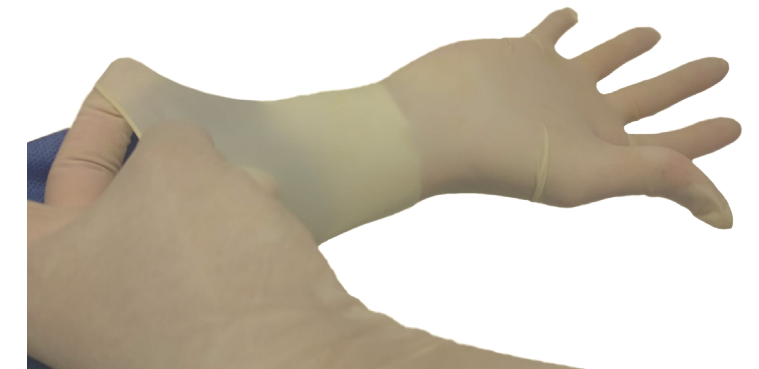
Figura 23 Representación lateral de uso con vestimenta



Fotografías 13-14



Fotografía 15 Vestido autónomo



Fotografía 16 Vestido asistido



Fotografía 17 Vestido con monitor



Fotografía 18 Desvestido de guante



Fotografía 19 Desvestido de bata

MODELO DE NEGOCIO

Implementación prospectiva de un esquema escalable

Éste objeto requiere de una inversión inicial para el desarrollo del sistema y la programación del software. La creación del chipset para la integración del hardware necesario son de bajo costo, puesto que se pueden procurar chipsets específicos en baja escala.

Se propone al principio un esquema de inversión por parte de una empresa de dispositivos médicos puesto que tienden a tener ya desarrolladores de software y hardware. Esto con la finalidad de introducir simultáneamente el sistema en múltiples hospitales.

Ya que la misma problemática se presenta en varios ámbitos profesionales (padecimiento de enfermedades o lesiones musculoesqueléticas a raíz de una falta de descansos con posturas forzadas), se podría implementar el mismo sistema con algunas adaptaciones para otras profesiones. Tomando dichas consideraciones de crecimiento, después se podría vender de manera directa a profesionistas de diferentes áreas, al igual que doctores o dentistas que practican en consultorios independientes.

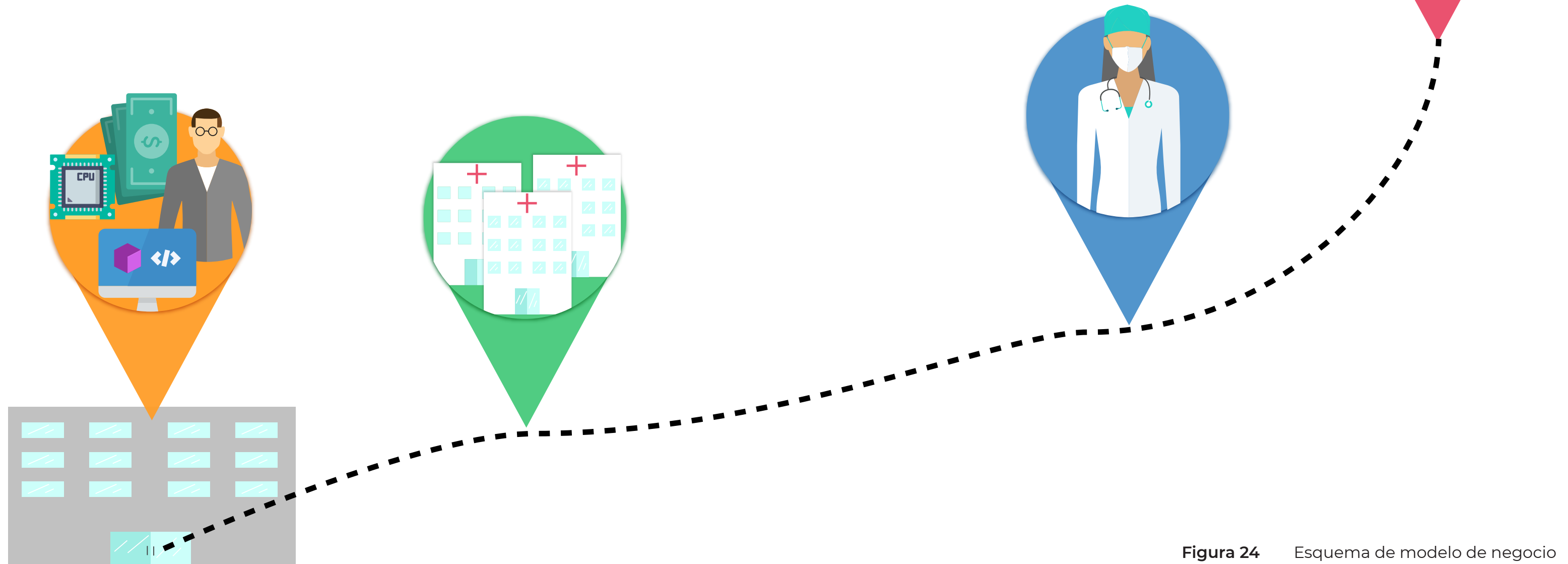


Figura 24 Esquema de modelo de negocio

CONCLUSIONES

Objetivo General

El objetivo de desarrollar un sistema de monitoreo para prevenir padecimientos musculoesqueléticos de los cirujanos durante y fuera de cirugía a corto, mediano y largo plazo sin poner en riesgo al paciente, deberá ser cuantificado una vez que se concluya la etapa de aprobación en quirófano. Sin embargo, los documentos de investigación consultados permiten concluir que los resultados serán positivos.

Objetivos Particulares

La investigación concluyó en el diseño de un sistema de información para cuantificar la actividad y desgaste durante cirugías a través de un monitor que recopila datos fisiológicos del cirujano. Estos datos se envían a una aplicación que correlaciona los datos recibidos con otros datos y parámetros evaluados por otras aplicaciones y funciones del celular. Permitiendo de esta manera, una visualización de datos clara y que permita proponer mejoras en la rutina del cirujano. Estos mismos datos se utilizan para crear recordatorios tanto en el celular como en el monitor que se utiliza durante cirugía.

Hipótesis

Un dispositivo que recuerde al cirujano la necesidad de realizar un descanso durante la operación, ayudará a prevenir el desarrollo de padecimientos musculoesqueléticos. Existen investigaciones que respaldan esta propuesta, con resultados positivos, presentando desgastes casi nulos tanto fisiológica como mentalmente en los cirujanos, permitiendo así, el mantener un desempeño máximo durante los procedimientos, reduciendo errores de juicio y precisión, resultando en una reducción de riesgos para el paciente.

PDP

En términos estéticos, se logró crear una apariencia que distingue al objeto como un dispositivo del ámbito médico, sin caer en un monitor para el paciente, creando así, una identidad única. Para su producción, se aprovecharon las tecnologías en auge y la versatilidad de los materiales que la impresión 3D multimaterial ofrece. En términos de función, se juntaron sensores y chips ya existentes y comunes, ofreciendo así una solución factible y comprensible.

Atributos del sistema

El cúmulo y la correlación de datos (monitores+visualización de datos+cúmulo y procesamiento de información) permite promover la reducción de los espasmos y estrés fisiológico/mental, manteniendo tanto la precisión del cirujano durante el procedimiento, como su concentración, incrementando la probabilidad de éxito de la operación.

Discusión

Debido al grado de innovación en el sentido de ser un sistema con enfoque al cirujano, en lugar del paciente, se especula que existirá cierto grado de controversia en cuanto a gastos añadidos y utilidad para algunos cirujanos ya acostumbrados a su práctica y métodos. Algunas desventajas observadas fueron la falta de información en cuanto al estado de los cirujanos y su correlación con la profesión, existen pocas investigaciones con pruebas cuantitativas que permitan un desarrollo continuo en el área de oportunidad encontrada.

A futuro del proyecto

Algunas de las consideraciones a futuro para una correcta implementación del proyecto, son las NOM⁵³ (Normas Oficiales Mexicanas) para la inclusión de este tipo de dispositivos en quirófano. Así mismo, las normas internacionales ISO 13485⁵⁴ y IEC 60601,⁵⁵ para expandir el rango de alcance y utilización de manera global.

Una posible dirección de desarrollo, sería un sistema de información biométrica del paciente que permita al cirujano saber los datos pertinentes en los momentos adecuados, teniendo una mayor cercanía y acceso a ésta en tiempo real sin perder la concentración en su tarea.

Algunas de las áreas a desarrollar son la ingeniería en sistemas, programación back-end, front-end para la aplicación, protocolos de pruebas en hospitales, producción en serie a baja escala, etc.

El interés mostrado por parte de los cirujanos para continuar implementando las metodologías propuestas a futuro, promete una respuesta positiva ante la inclusión de eHealth al mercado.

“La idea de un dispositivo que detecte la mala postura durante la cirugía es trascendental, dicha idea pudiera no sólo emplearse para evitar lesiones musculoesqueléticas (lo cual, per se, es muy bueno), sino también con fines de entrenamiento para los cirujanos en adiestramiento, muchas veces se deja de largo el estado de salud fisiológico de los estudiantes y médicos en entrenamiento.”

El dispositivo puede abrir brechas entre el concepto del adiestramiento tradicional y las técnicas del futuro, en resumen, valdría la pena continuar con el desarrollo en campo para adaptarlo aún más a las situaciones cotidianas y los casos aislados.

Un producto con potencial de revolucionar la técnica del cirujano.”

Dra. Leticia del Carmen Cruz Hernández,
Jefa de otorrinolaringología, Centro Médico Nacional Siglo XXI



132 Anexos

Prevalencia: La prevalencia de una enfermedad es el número total personas que presentan síntomas o padecen una enfermedad durante un periodo de tiempo, dividido por la población con posibilidad de llegar a padecer dicha enfermedad. La prevalencia es un concepto estadístico usado en epidemiología, sobre todo para planificar la política sanitaria de un país.

FÓRMULA:

Prevalencia = N° de afectados / N° total de personas que pueden llegar a padecer la enfermedad.⁵⁶

Esquelético: Esqueletal, esquelético (desambiguación). Nadie puede estar en contra de que se creen términos nuevos, cuando con ellos se da nombre a un concepto aún innominado en la propia lengua y se incrementa así su caudal léxico. Sin embargo para las ciencias no es positiva la adopción de voces nuevas por simple novedad o por desconocimiento de los términos existentes; ello redundaría en hipertrofia sinonímica. Y la sinonimia no es una característica del lenguaje que sea bienvenida en las ciencias, como es sabido. Acuñar un término nuevo (un neónimo, esto es, un neologismo terminológico) por simple afán de innovar y no porque responda a una real necesidad de denominación resulta en verdad un procedimiento muy negativo contra el que conviene estar alertas. Obsérvense los fragmentos que a continuación se muestran:

«...» las características de mineralización esquelética.

«...» transmisión hereditaria o por heterogeneidad esquelética.

La disnagtia comienza y se va agravando desde la infancia hasta la edad adulta, en que se estabiliza desde el punto de vista esquelético por haber llegado al estado de maduración ósea.

La terminación –al, como elemento formador de adjetivos en español, se ha mostrado en los tiempos modernos altamente productiva. Unas veces necesaria, otras innecesariamente, proliferan adjetivos formados así, principalmente en los textos especializados; adjetival, computacional, conductual, educacional, estructural, grupal, informacional, operacional, ponderal, puberal.

Este es, pues, un recurso patrimonial de incremento léxico del español, y desde ese punto de vista (el de la formación) no habría nada que señalar en contra del uso de esquelético. Pero resulta que esquelético es un neologismo terminológico innecesario, y por ende, incorrecto. En español existen, y son conocidos por cualquier hablante medianamente culto, sin necesidad de que sea un especialista en ortopedia, los adjetivos anatómicos esquelético («perteneiente o relativo al esqueleto») y óseo («relativo al hueso, compuesto de hueso o de su naturaleza»). Analizando los textos en que aparece esquelético en los fragmentos mostrados, es evidente que se ha usado en sustitución de esquelético, y resulta por completo innecesario e injustificado.⁵⁷

Excedencia: 1. f. Condición de excedente, referida al funcionario público que no ejerce su cargo, o al trabajador que no ocupa su puesto de trabajo durante un tiempo determinado.

2. f. Haber que percibe el funcionario público que está excedente.⁵⁸

MSDs: Padecimientos musculoesqueléticos (MSDs por sus siglas en inglés *Musculoskeletal Disorder*)

IoT: Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés *Internet of Things*). Se refiere a la interrelación de objetos con conexión a internet que entrelazan información entre varias unidades para su constante mejora o entre diversos objetos para complementar perfiles de usuario y adaptarse.

FUENTES

1. Vijendren, A., Yung, M., & Sanchez, J. (2014). The ill surgeon: A review of common work-related health problems amongst UK surgeons. *Langenbecks Archives of Surgery*, 399(8), 967-979. doi:10.1007/s00423-014-1233-3
2. Historia de la cirugía. (2018, enero 30). Extraído febrero 20, 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_cirugía
3. Coulson, C. J., Slack, P. S., & Ma, X. (2010). The effect of supporting a surgeons wrist on their hand tremor. *Microsurgery*, 30(7), 565-568. doi:10.1002/micr.20776
4. Epstein, S., Sparer, E. H., Tran, B. N., Ruan, Q. Z., Dennerlein, J. T., Singhal, D., & Lee, B. T. (2018). Prevalence of Work-Related Musculoskeletal Disorders Among Surgeons and Interventionalists. *JAMA Surgery*, 153(2). doi:10.1001/jamasurg.2017.4947
5. Cirugía. (2017, septiembre 10). Extraído febrero 20, 2018, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cirugía>
6. Sappía Daniel M.V. Prof. Adj. (2014). Integrantes del equipo quirúrgico y sus roles. <http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/CirugiaGeneral/images/Documentos/2014/Teoria/5%20EQUIPO%20QUIRURGICO%20Y%20SUS%20ROLES%202014.pdf>
7. Pereira, L. J., Lee, G. M., & Wade, K. J. (1990). The effect of surgical handwash routines on the microbial counts operating room nurses. *American Journal of Infection Control*, 18(6), 354-364. doi:10.1016/0196-6553(90)90249-r
8. Rotter, M. L., Koller, W., Wewalka, G., Werner, H. P., Ayliffe, G. A., & Babb, J. R. (1986). Evaluation of procedures for hygienic hand-disinfection: Controlled parallel experiments on the Vienna test model. *Journal of Hygiene*, 96(01), 27-37. doi:10.1017/s0022172400062501
9. García, A. A. (2011). *Cirugía I: Educación quirúrgica*. México: Mcgraw-Hill Interamericana Editores, de C.V.
10. Musculoskeletal conditions. (2018, febrero 15). Extraído marzo 5, 2018, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/musculoskeletal/en/>
11. Vos, T., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abd-Allah, F., . . . Murray, C. J. (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1211-1259. doi:10.1016/s0140-6736(17)32154-2
12. Chronic rheumatic conditions. (2016, noviembre 17). Extraído marzo 25, 2018, de <http://www.who.int/chp/topics/rheumatic/en/>
13. Tilley, B. J., Cook, J. L., Docking, S. I., & Gaida, J. E. (2015). Is higher serum cholesterol associated with altered tendon structure or tendon pain? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 49(23), 1504-1509. doi:10.1136/bjsports-2015-095100
14. Carpal Tunnel Syndrome. (2016, octubre). Extraído abril 5, 2018, de <https://www.webmd.com/pain-management/carpal-tunnel/carpal-tunnel-syndrome#1>
15. Osteoarthritis (OA) - Understanding Degenerative Joint Disease. (2018, mayo 5). Extraído mayo 20, 2018, de <https://www.webmd.com/osteoarthritis/arthritis-facts#1>
16. Rheumatoid arthritis. (2017, agosto 09). Extraído mayo 20, 2018, de <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/rheumatoid-arthritis/symptoms-causes/syc-20353648>
17. What Is Rheumatoid Arthritis (RA)? Overview, Outlook, What To Expect. (2018, abril). Extraído mayo 20, 2018, de <https://www.webmd.com/rheumatoid-arthritis/rheumatoid-arthritis-basics#1>
18. Tendinitis and Tendinopathy: Symptoms, Causes, Diagnosis, Treatment. (2017, marzo). Extraído mayo 20, 2018, de <https://www.webmd.com/fitness-exercise/arthritis-tendinitis#1>
19. Bursitis Symptoms, Treatment of Shoulder, Hip, Elbow, and More. (2017, enero). Extraído mayo 20, 2018, de <https://www.webmd.com/pain-management/arthritis-bursitis#1>
20. Park, A., Lee, G., Seagull, F. J., Meenaghan, N., & Dexter, D. (2010). Patients Benefit While Surgeons Suffer: An Impending Epidemic. *Journal of the American College of Surgeons*, 210(3), 306-313. doi:10.1016/j.jamcoll-surg.2009.10.017
21. Sari, V., Nieboer, T. E., Vierhout, M. E., Stegeman, D. F., & Kluivers, K. B. (2010). The operation room as a hostile environment for surgeons: Physical complaints during and after laparoscopy. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, 19(2), 105-109. doi:10.3109/13645701003643972
22. Harvin, G. (2014). Review of Musculoskeletal Injuries and Prevention in the Endoscopy Practitioner. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 48(7), 590-594. doi:10.1097/mcg.0000000000000134
23. Sivak-Callcott, J. A., Diaz, S. R., Ducatman, A. M., Rosen, C. L., Nimbarte, A. D., & Sedgeman, J. A. (2011). A Survey Study of Occupational Pain and Injury in Ophthalmic Plastic Surgeons. *Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery*, 27(1), 28-32. doi:10.1097/iop.0b013e3181e99cc8
24. Park, A. E., Zahiri, H. R., Hallbeck, M. S., Augenstein, V., Sutton, E., Yu, D., . . . Bingener, J. (2017). Intraoperative "Micro Breaks" With Targeted Stretching Enhance Surgeon Physical Function and Mental Focus. *Annals of Surgery*, 265(2), 340-346. doi:10.1097/sla.0000000000001665
25. Bennett, A. A. (2015). *Take five?: Examining the impact of microbreak duration, activities, and appraisals on human energy and performance* (Doctoral dissertation, Virginia Commonwealth University, 2015). Richmond, Virginia: Andrew Bennett. doi:<https://scholarscompass.vcu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4949&context=etd>
26. Galinsky, T. L., Swanson, N. G., Sauter, S. L., Hurrell, J. J., & Schleifer, L. M. (2000). A field study of supplementary rest breaks for data-entry operators. *Ergonomics*, 43(5), 622-638. doi:10.1080/001401300184297
27. Galinsky, T., Swanson, N., Sauter, S., Dunkin, R., Hurrell, J., & Schleifer, L. (2007). Supplementary breaks and stretching exercises for data entry operators: A follow-up field study. *American Journal of Industrial Medicine*, 50(7), 519-527. doi:10.1002/ajim.20472
28. Eerd, D. V., Munhall, C., Irvin, E., Rempel, D., Brewer, S., Beek, A. J., . . . Amick, B. (2015). Effectiveness of workplace interventions in the prevention of upper extremity musculoskeletal disorders and symptoms: An update of the evidence. *Occupational and Environmental Medicine*, 73(1), 62-70. doi:10.1136/oemed-2015-102992
29. Dorion, D., & Darveau, S. (2013). Do Micropauses Prevent Surgeons Fatigue and Loss of Accuracy Associated with Prolonged Surgery? An Experimental Prospective Study. *Journal of Vascular Surgery*, 57(4), 1173. doi:10.1016/j.jvs.2013.02.029
30. Engelmann, C., & Ure, B. (2012). Effects of intraoperative breaks on mental and somatic operator fatigue: A randomized clinical trial (*Surg Endosc* 2011;25:12; 1245-1250). *Surgical Endoscopy*, 26(12), 3704-3704. doi:10.1007/s00464-012-2362-9
31. Hallbeck, M., Lowndes, B., Bingener, J., Abdelrahman, A., Yu, D., Bartley, A., & Park, A. (2017). The impact of intraoperative microbreaks with exercises on surgeons: A multi-center cohort study. *Applied Ergonomics*, 60, 334-341. doi:10.1016/j.apergo.2016.12.006
32. Uhrich, M. L., Underwood, R. A., Standeven, J. W., Soper, N. J., & Engsborg, J. R. (2001). Assessment of fatigue, monitor placement, and surgical experience during simulated laparoscopic surgery. *Surgical Endoscopy*, 16(4),

635-639. doi:10.1007/s00464-001-8151-5

33. Stanford Byers Center for Biodesign. (2018, enero). Extraído febrero 25, 2018, de <http://biodesign.stanford.edu/about-us/process.html>

34. Brown, T. (n.d.). Design Thinking. Extraído febrero 25, 2018, de https://designthinking.ideo.com/?page_id=1542

35. Project Soli. (n.d.). Extraído mayo 28, 2018, de <https://atap.google.com/soli/>

36. Hobler, K. E., & Carey, L. C. (1973). Effect of Acute Progressive Hypoxemia on Cardiac Output and Plasma Excess Lactate. *Annals of Surgery*, 177(2), 199-202. doi:10.1097/00000658-197302000-00013

37. Chronic Respiratory Diseases. Extraído mayo 28, 2018, de http://www.who.int/gard/publications/chronic_respiratory_diseases.pdf

38. Syamlal, G., Mazurek, J. M., Hendricks, S. A., & Jamal, A. (2014). Cigarette Smoking Trends Among U.S. Working Adult by Industry and Occupation: Findings From the 2004-2012 National Health Interview Survey. *Nicotine & Tobacco Research*, 17(5), 599-606. doi:10.1093/ntr/ntu185

39. Respiratory protection in surgery. (2014). Extraído mayo 28, 2018, de http://www.ansellhealthcare.com/pdf/ceu/respiratory_protection.pdf

40. Beder, A., Buyukkocak, U., Sabuncuoglu, H., Keskil, Z., & Keskil, S. (2008). Preliminary report on surgical mask induced deoxygenation during major surgery. *Neurocirugía*, 19(2). doi:10.4321/s1130-14732008000200003

41. Haynes, J. M. (2007). The ear as an alternative site for a pulse oximeter finger clip sensor. *Respiratory Care*, 52(6). PMID: 17521462

42. Hypoxemia (low blood oxygen). (2018, December 01). Extraído mayo 28, 2018, de <https://www.mayoclinic.org/symptoms/hypoxemia/basics/definition/sym-20050930>

43. Editorial, A. (2015, febrero 24). Principles of pulse oximetry. Extraído mayo 28, 2018, de <https://web.archive.org/web/20150224221820/http://www.frca.co.uk/article.aspx?articleid=332>

44. Principles of Pulse Oximetry Technology. (2002, septiembre 10). Extraído mayo 28, 2018, de <https://web.archive.org/web/20150318054934/http://www.oximetry.org/pulseox/principles.htm>

45. Bone Conduction: How it Works. (2008). Extraído junio 3, 2018, de <http://www.goldendance.co.jp/English/boneconduct/01.html>

46. Hallbeck, M., Lowndes, B., Bingener, J., Abdelrahman, A., Yu, D., Bartley, A., & Park, A. (2017). The impact of intraoperative microbreaks with exercises on surgeons: A multi-center cohort study. *Applied Ergonomics*, 60, 334-341. doi:10.1016/j.apergo.2016.12.006

47. All About Heart Rate (Pulse). (2015, julio 31). Extraído junio 3, 2018, de <https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure/the-facts-about-high-blood-pressure/all-about-heart-rate-pulse>

48. MacGill, M. (2017, noviembre 15). Heart rate: What is a normal heart rate? Extraído junio 8, 2018, de <https://www.medicalnewstoday.com/articles/235710.php>

49. J735 and J750. (n.d.). Extraído septiembre 10, 2018, de <https://www.stratasys.com/3d-printers/j735-j750>

50. Specialty Sensors. (n.d.). Extraído junio 8, 2018, de <http://www.masimo.com/products/sensors/specialty/>

51. Jabra Storm - a light and comfortable headset. (n.d.). Extraído junio 8, 2018, de https://www.jabra.com/campaigns/~/_link.aspx?_id=12D58D9ECD08432BAFC064FB499BE768&_z=z

52. Buy Apple Watch Series 4. (n.d.). Extraído junio 8, 2018, de <https://www.apple.com/shop/buy-watch/apple-watch>

53. Consulta NOM. (n.d.). Extraído octubre 17, 2018, de <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/ConsultaNoms.aspx>

54. ISO 13485:2016. (2016, febrero 25). Extraído octubre 17, 2018, de <https://www.iso.org/standard/59752.html>

55. IEC 60601-1-11:2015. (2015, enero 21). Extraído octubre 17, 2018, de <https://www.iso.org/standard/65529.html>

56. Empresarial, C. S. (2016, febrero 16). Enciclopedia Salud: Definición de Prevalencia. Extraído febrero 28, 2018, de <http://www.encyclopediasalud.com/definiciones/prevalencia/>

57. Alpízar Castillo, R., Lic. (2007). Esqueletal, esquelético. El lenguaje en la medicina, usos y abusos. Extraído febrero 15, 2018, de <http://temas.sld.cu/traduccion/2014/08/30/esqueletal-esqueletico/>

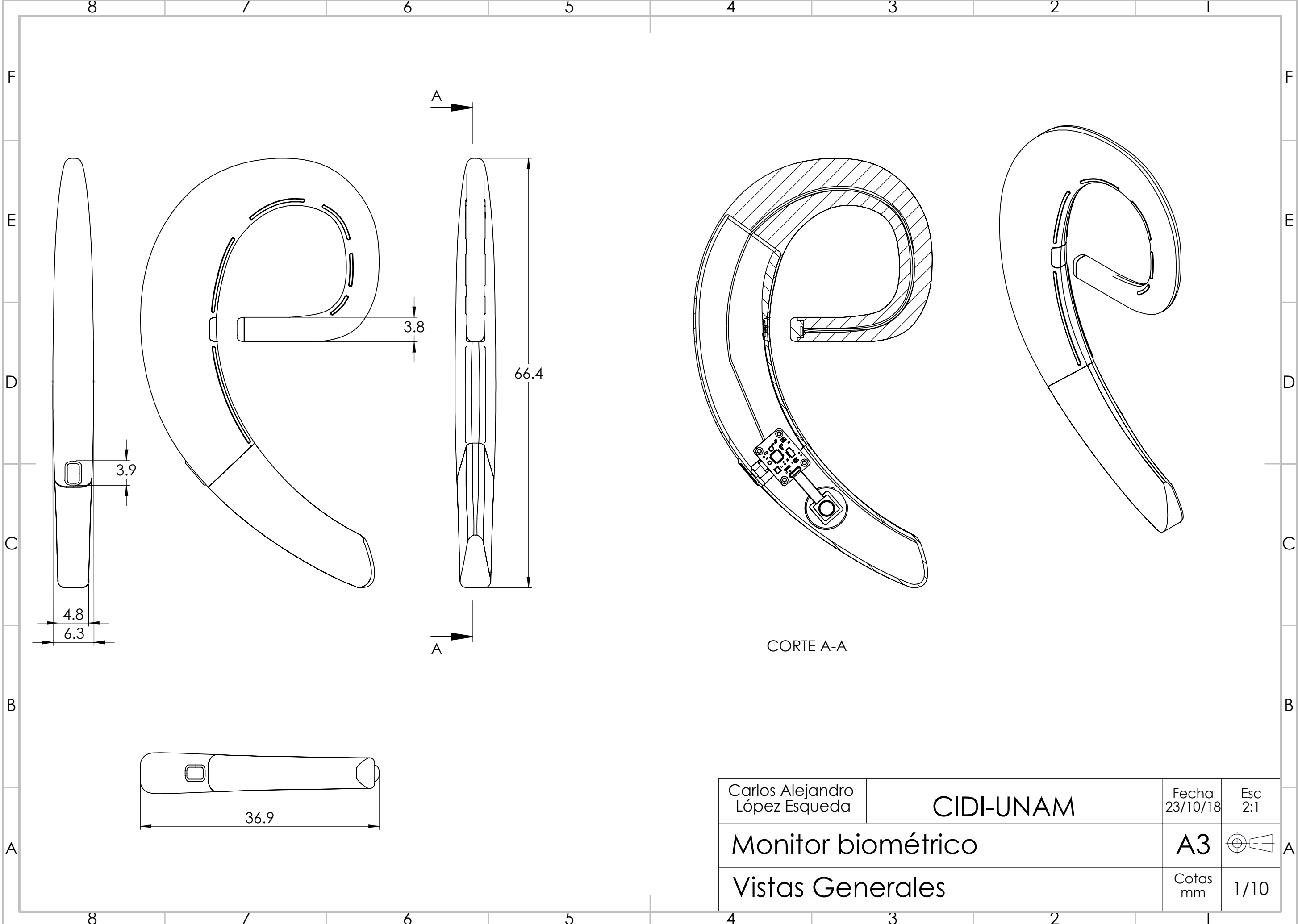
58. Asale, R. -. (n.d.). Excedencia. Extraído marzo 20, 2018, from <https://dle.rae.es/?id=HBT16LA>

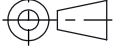
Documentos consultados

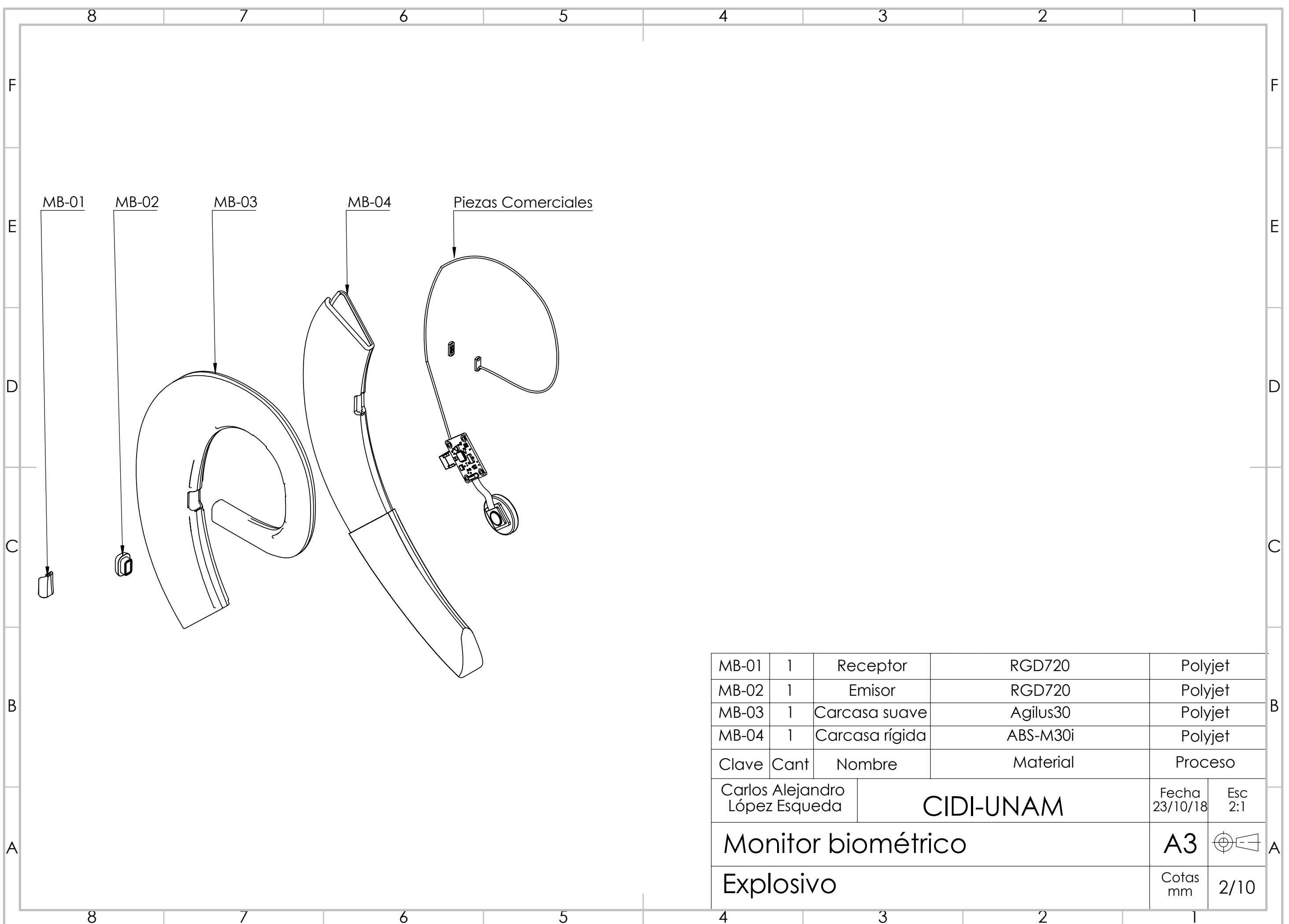
Macdermid, J. C. (2005). Measurement of Health Outcomes Following Tendon and Nerve Repair. *Journal of Hand Therapy*, 18(2), 297-312. doi:10.1197/j.jht.2005.02.009

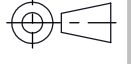
Memon, A. G., Naeem, Z., & Zaman, A. (2016). Occupational Health Related Concerns among Surgeons. *International Journal of Health Sciences*, 10(2), 265-277. doi:10.12816/0048819

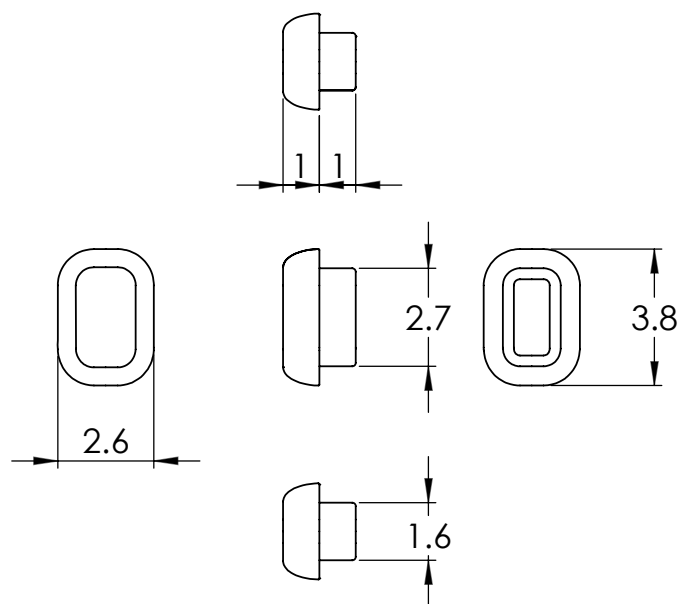
Söderback, I. (2009). Interventions: The Occupational Therapist Enables Recovery. *International Handbook of Occupational Therapy Interventions*, 403-411. doi:10.1007/978-0-387-75424-6_43



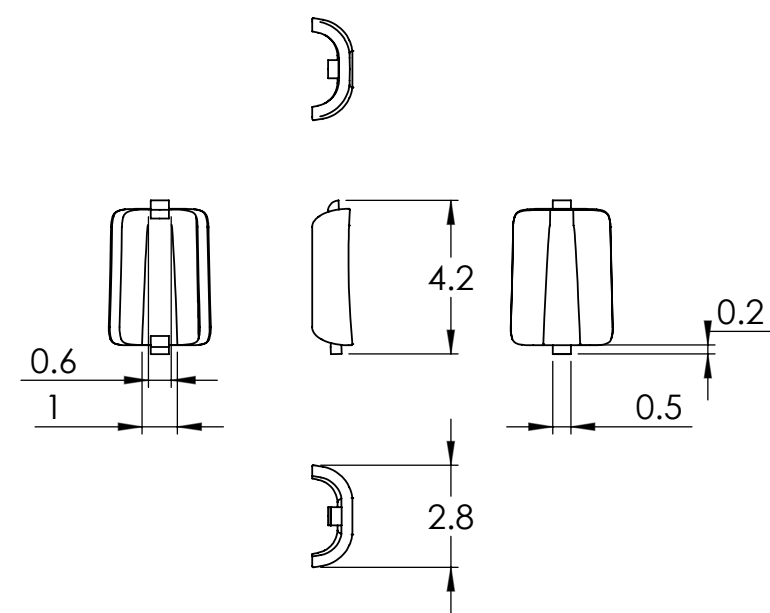
Carlos Alejandro López Esqueda	CIDI-UNAM	Fecha 23/10/18	Esc 2:1
Monitor biométrico		A3	 A
Vistas Generales		Cotas mm	1/10



MB-01	1	Receptor	RGD720	Polyjet
MB-02	1	Emisor	RGD720	Polyjet
MB-03	1	Carcasa suave	Agilus30	Polyjet
MB-04	1	Carcasa rígida	ABS-M30i	Polyjet
Clave	Cant	Nombre	Material	Proceso
Carlos Alejandro López Esqueda		CIDI-UNAM		Fecha 23/10/18
				Esc 2:1
Monitor biométrico				A3 
Explosivo				Cotas mm 2/10



MB-02	1	Emisor	RGD720	Polyjet
Clave	Cant	Nombre	Material	Proceso



MB-01	1	Receptor	RGD720	Polyjet
Clave	Cant	Nombre	Material	Proceso

Carlos Alejandro
López Esqueda

CIDI-UNAM

Fecha
23/10/18

Esc
5:1

Monitor biométrico

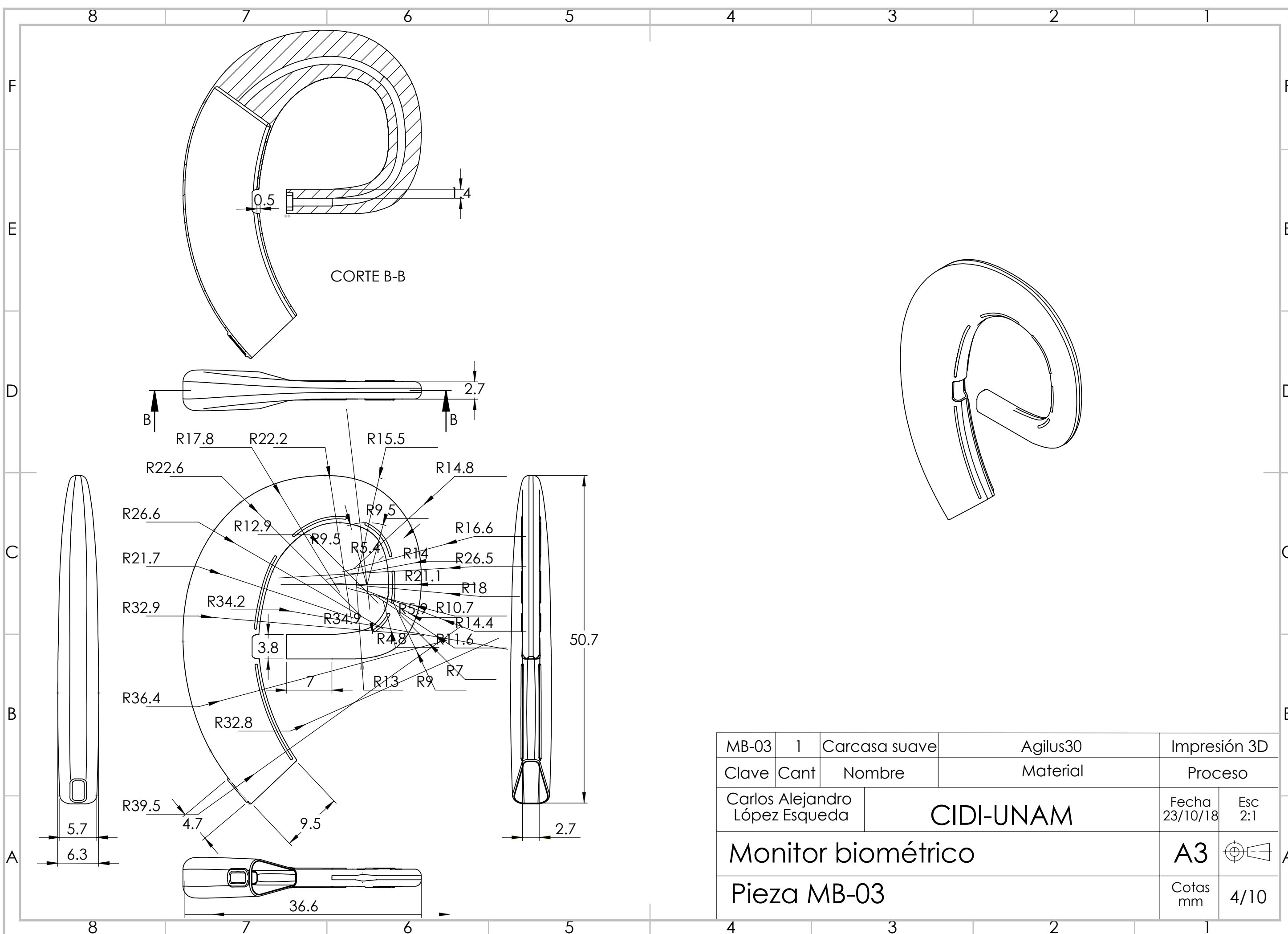
A3



Piezas MB-01, MB-02

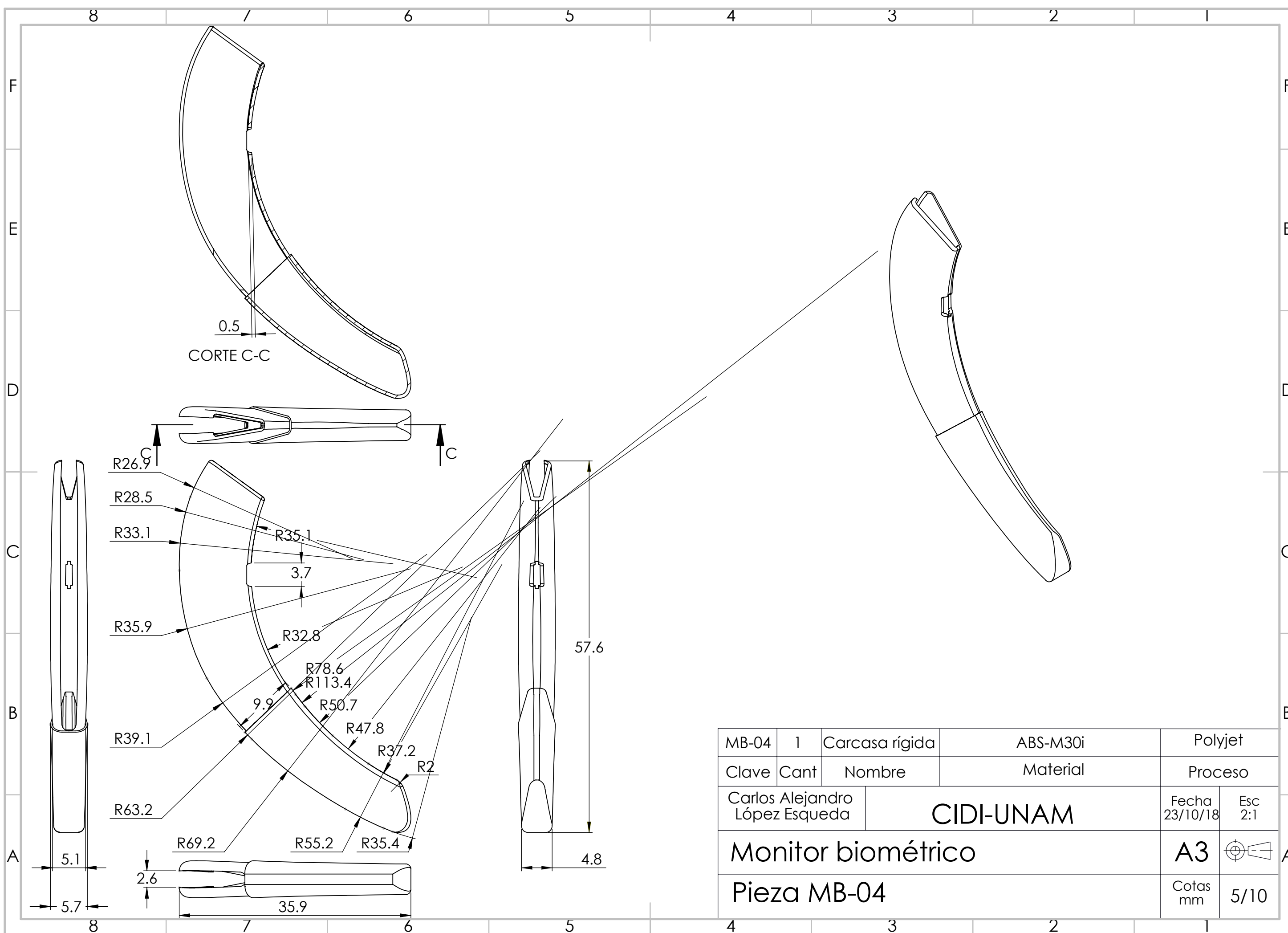
Cotas
mm

3/10

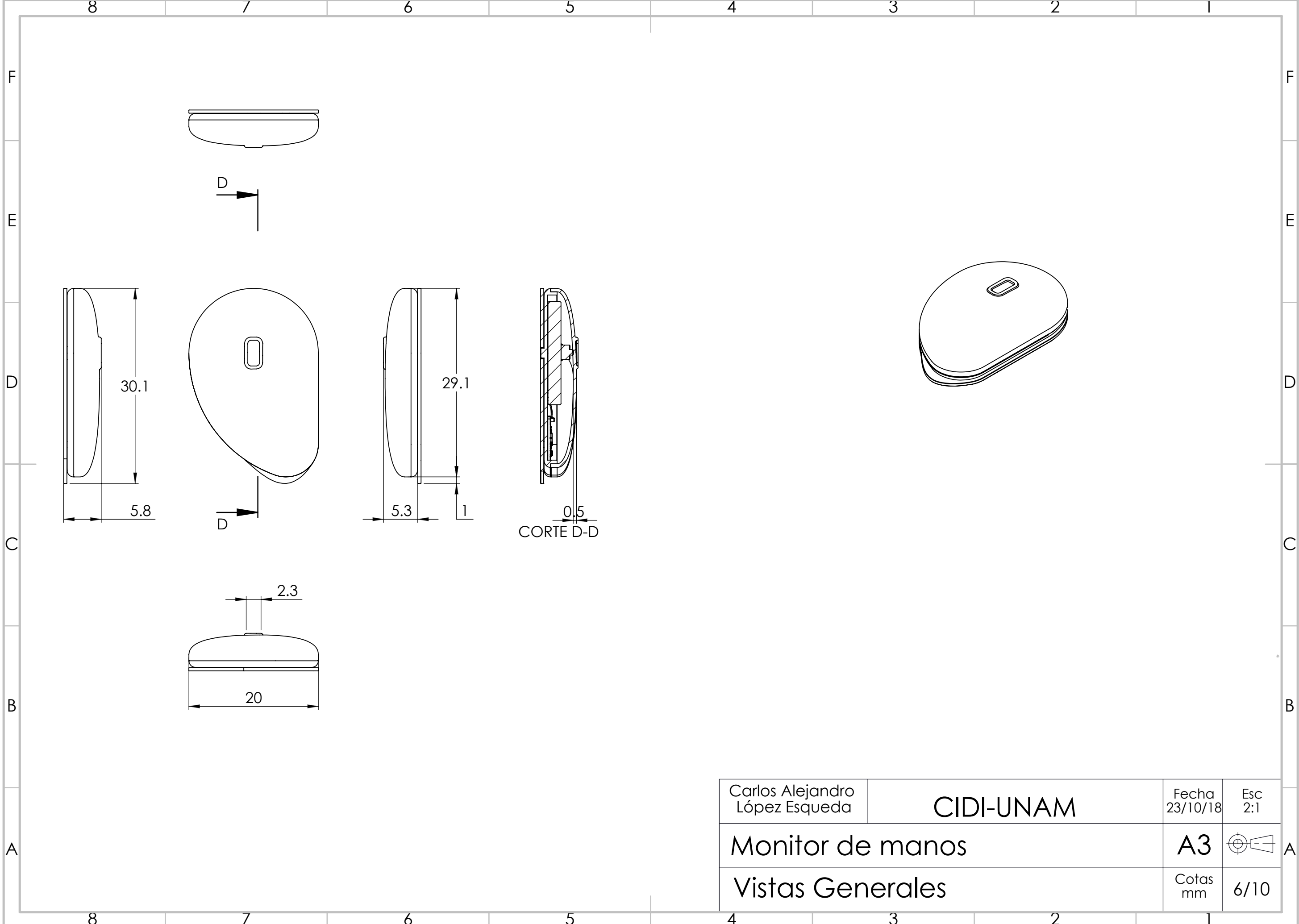


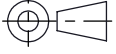
CORTE B-B

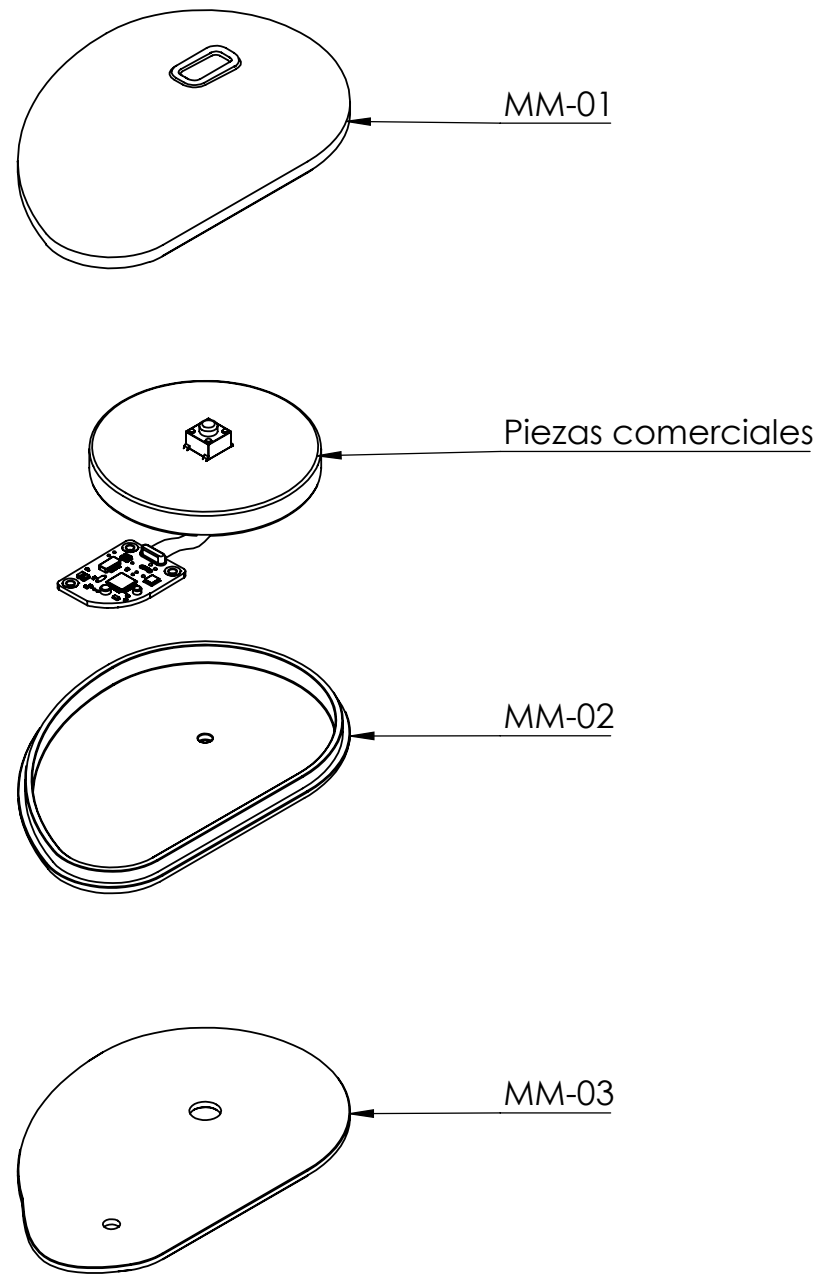
MB-03	1	Carcasa suave	Agilus30	Impresión 3D
Clave	Cant	Nombre	Material	Proceso
Carlos Alejandro López Esqueda		CIDI-UNAM		Fecha 23/10/18
				Esc 2:1
Monitor biométrico				A3
Pieza MB-03				Cotas mm
				4/10



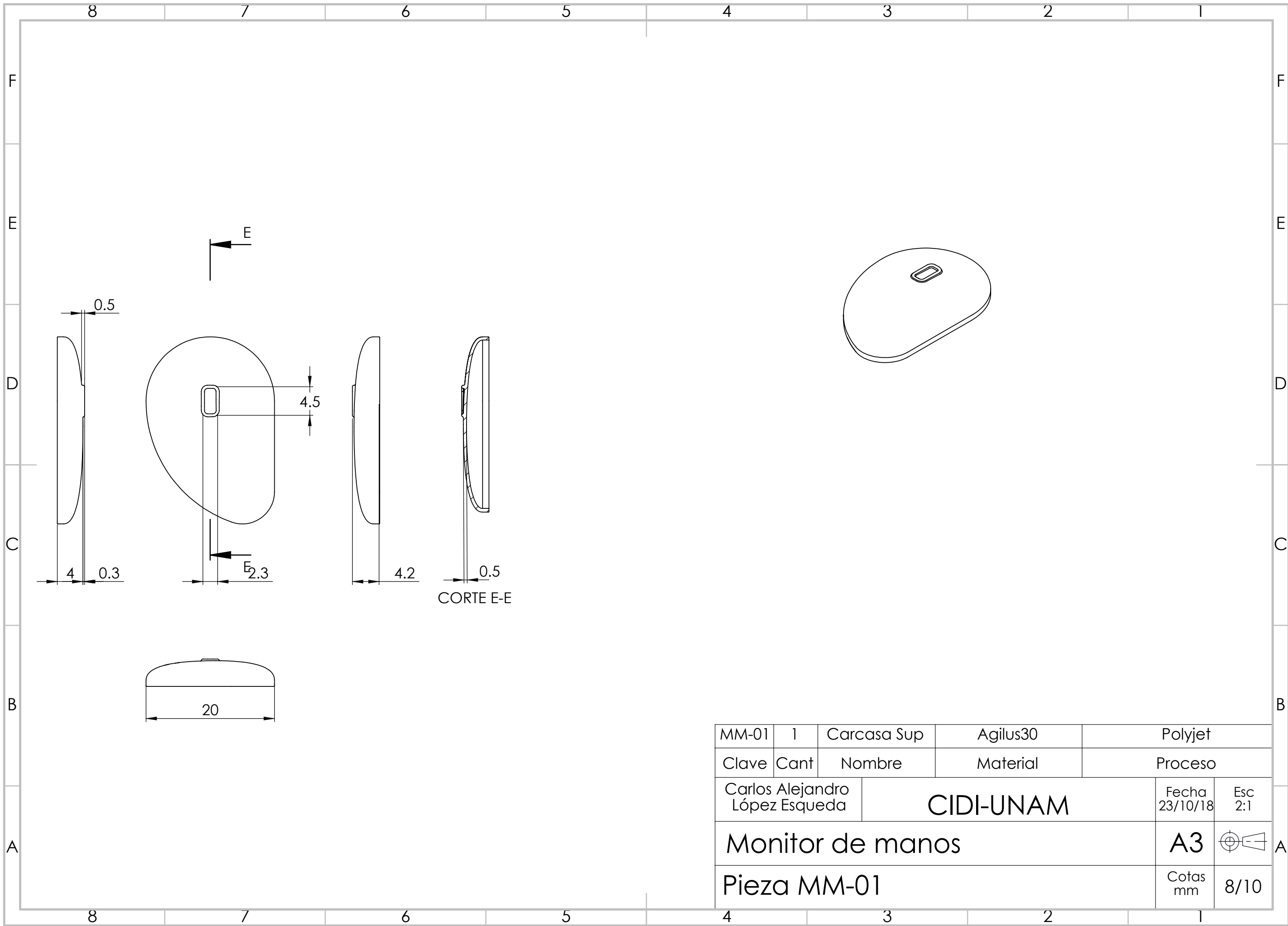
MB-04	1	Carcasa rígida	ABS-M30i	Polyjet
Clave	Cant	Nombre	Material	Proceso
Carlos Alejandro López Esqueda		CIDI-UNAM		Fecha 23/10/18
		Monitor biométrico		Esc 2:1
Pieza MB-04			Cotas mm	5/10



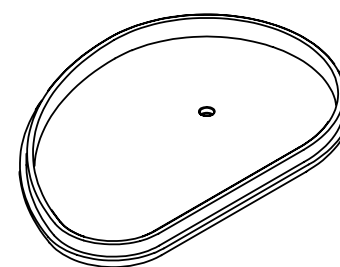
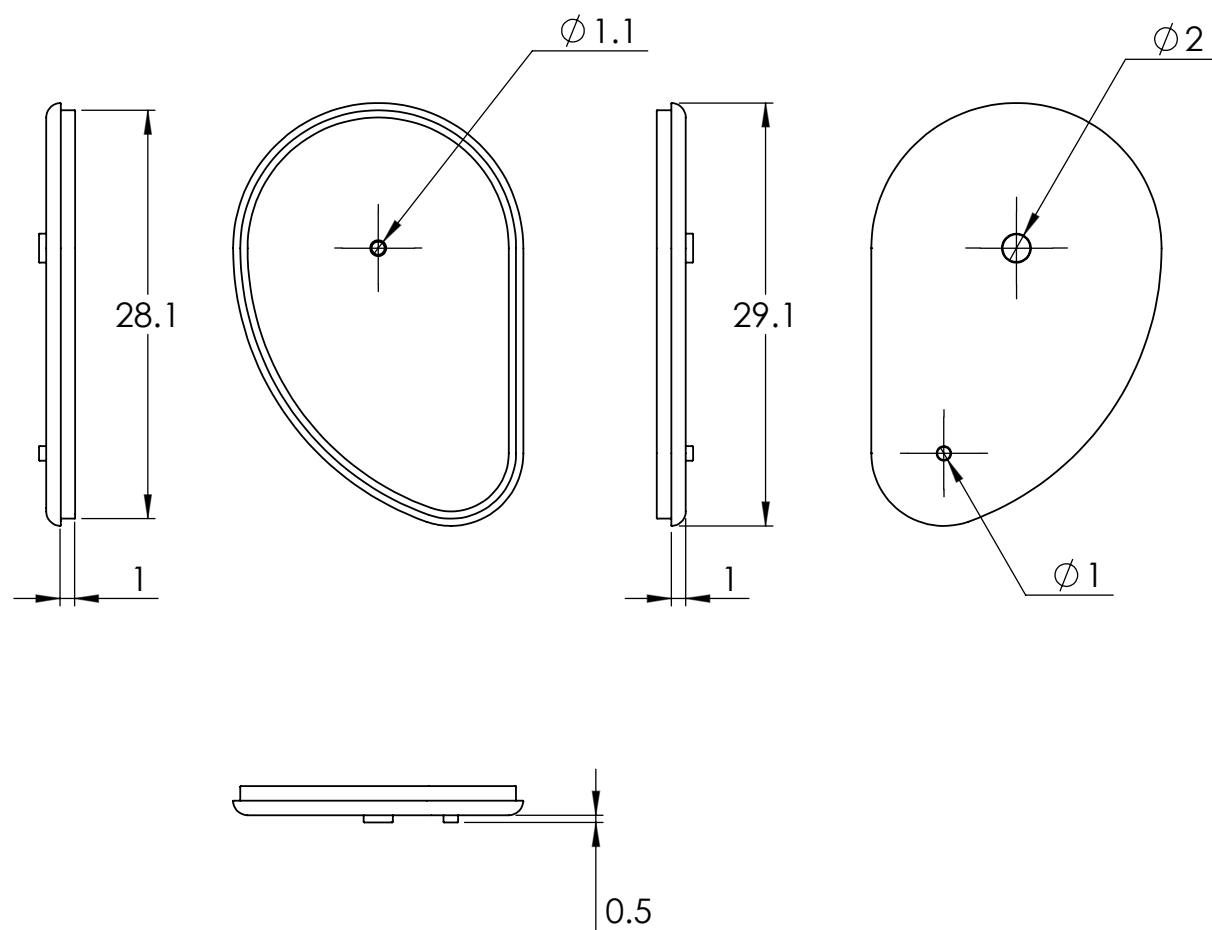
Carlos Alejandro López Esqueda	CIDI-UNAM	Fecha 23/10/18	Esc 2:1
Monitor de manos		A3	
Vistas Generales		Cotas mm	6/10



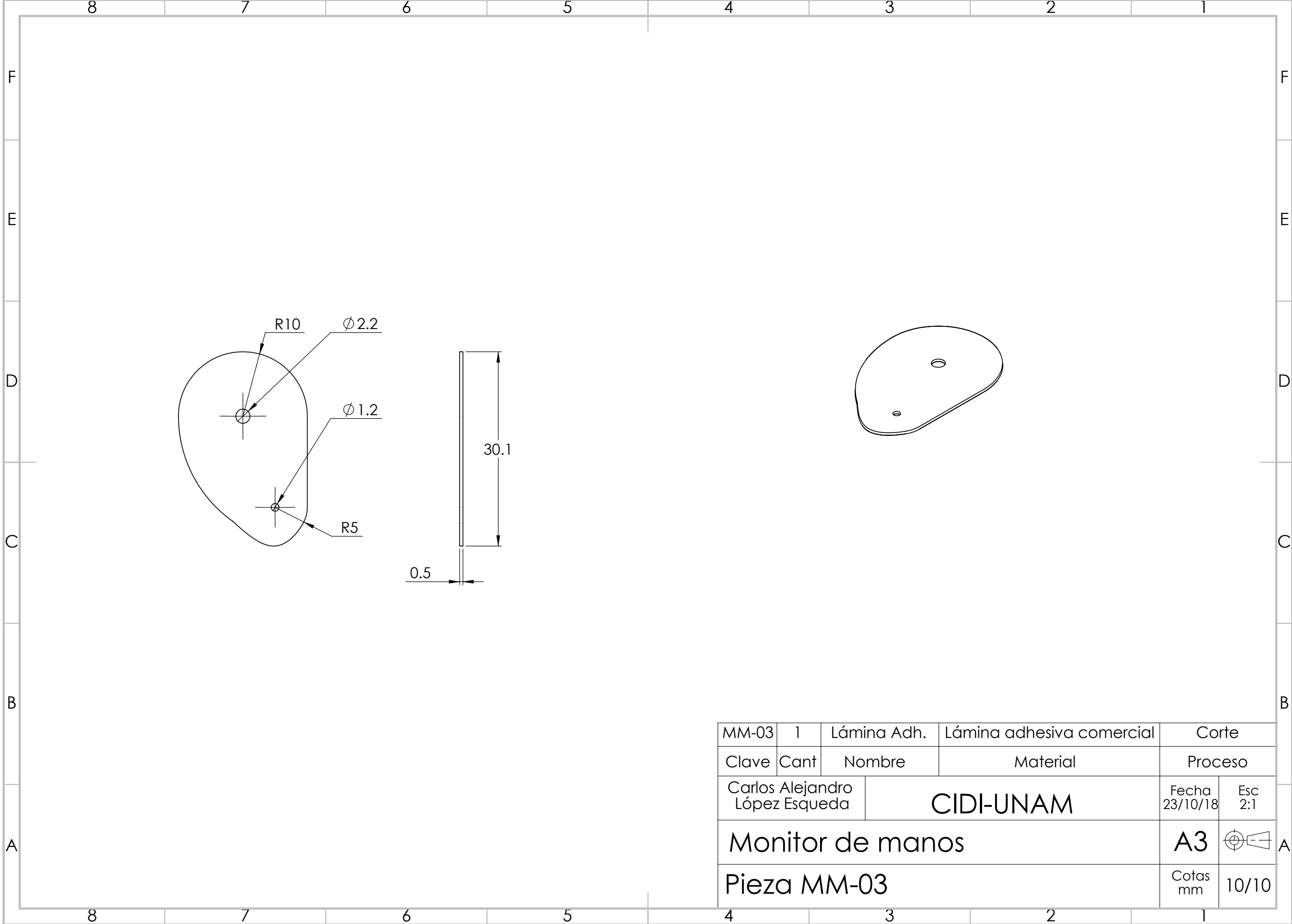
MM-01	1	Carcasa Sup.	Agilus30	Polyjet
MM-02	1	Carcasa Inf.	ABS-M30i	Polyjet
MM-03	1	Lámina Adh.	Lámina adhesiva comercial	Corte
Clave	Cant	Nombre	Material	Proceso
Carlos Alejandro López Esqueda		CIDI-UNAM		Fecha 23/10/18
Monitor de manos				A3
Explosivo				Cotas mm
				Esc 2:1
				7/10

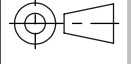


MM-01	1	Carcasa Sup	Agilus30	Polyjet	
Clave	Cant	Nombre	Material	Proceso	
Carlos Alejandro López Esqueda		CIDI-UNAM		Fecha 23/10/18	Esc 2:1
Monitor de manos				A3	
Pieza MM-01				Cotas mm	8/10



MM-02	1	Carcasa Inf	ABS-M30i	Polyjet	
Clave	Cant	Nombre	Material	Proceso	
Carlos Alejandro López Esqueda		CIDI-UNAM		Fecha 23/10/18	Esc 2:1
Monitor de manos				A3	
Pieza MM-02				Cotas mm	9/10



MM-03	1	Lámina Adh.	Lámina adhesiva comercial	Corte	
Clave	Cant	Nombre	Material	Proceso	
Carlos Alejandro López Esqueda		CIDI-UNAM		Fecha 23/10/18	Esc 2:1
Monitor de manos				A3	
Pieza MM-03				Cotas mm	10/10