



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECATRÓNICA**

TEMA:

“SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES”

AUTOR: Jefferson Andrés Calderón Simbaña

DIRECTOR: Ing. Luz María Tobar Subía Contenido, Msc.

IBARRA – ECUADOR

2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

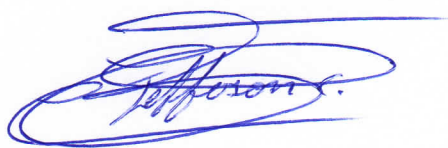
En el cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100446994-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Jefferson Andrés Calderón Simbaña		
DIRECCIÓN:	Atuntaqui, Alejandro Andrade y Río Amazonas		
E-MAIL:	jacalderons@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062 907 891	TELÉFONO MÓVIL:	0985475479
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	"Sistema masajeador para las extremidades inferiores"		
AUTOR:	Jefferson Andrés Calderón Simbaña		
FECHA:	02/08/2021		
PROGRAMA:	Pregrado		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica		
ASESOR/DIRECTOR:	Ing. Luz María Tobar Subía Contento, Msc.		

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 02 días del mes de agosto de 2021.



Jefferson Andrés Calderón Simbaña

C.I.:1004469944

CERTIFICACIÓN

En calidad de autor del trabajo de grado titulado “Sistema masajeador para las extremidades inferiores”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor Jefferson Andrés Calderón Simbaña, bajo mi supervisión.

Ing. Luz María Tobar Subía Contenido, Msc.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su apoyo incondicional en mis estudios, y su constante tolerancia en mis acciones desatinadas que he tomado en este proceso académico.

A mis profesores de la carrera de Ingeniería en mecatrónica, en especial a mi tutora Ing. Luz María Tobar Subía Contenido y Asesores por compartir su conocimiento para el desarrollo de mi trabajo de grado.

Jefferson Calderón

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de grado a mis padres por su esfuerzo en mi proceso académico, ya que sin su apoyo desde siempre no podría alcanzar mis metas, ni tampoco podría crecer como persona.

Dedico a todas las personas de mi círculo social que influyeron positivamente en mi proceso de enseñanza personal, que su aporte en mi trabajo fue emocional y cuenta mucho para mí.

Jefferson Calderón

RESUMEN

La mala circulación en las extremidades inferiores es un problema que se puede prevenir o mitigar con la realización de masajes, por este motivo, en este trabajo de grado se ha diseñado un sistema masajeador automático con la finalidad de mejorar la circulación. Para ello, primero se identificó los problemas circulatorios en las piernas (varices, hinchazón, enrojecimiento, etc.), los métodos de masaje para las extremidades inferiores (presiones deslizantes, vibración y manipulación por bombeo), lo que sirvió para el diseño mecánico basado principalmente en medidas antropométricas y requerimientos definidos para el sistema. De igual manera se tomaron en cuenta para el diseño electrónico y para la interfaz de control del sistema masajeador se realizó bajo criterios de usabilidad.

Como la propuesta es el diseño del sistema, se realizaron simulaciones del mecanismo y del sistema de control. Además, se realizaron pruebas para las zonas de trabajo, donde se evidencia que el dispositivo es funcional para cualquier tamaño de pierna, según las medidas antropométricas de la población latinoamericana.

El sistema masajeador diseñado para las extremidades inferiores se basa en el método de masaje manual de manipulación por bombeo (adaptado con compresión secuencial), donde su aplicación está dada en zonas curvas y largas del cuerpo, en este caso las piernas. Por lo que, el sistema sanguíneo es activado con el bombeo de la sangre desde la pantorrilla hacia el corazón, resultando en un tratamiento para los problemas circulatorios en las piernas.

ABSTRACT

Poor circulation in the lower extremities is a problem that can be prevented or mitigated with the performance of massages, for this reason, in this degree work an automatic massage system has been designed in order to improve circulation. To do this, we first identified circulatory problems in the legs (varicose veins, swelling, redness, etc.), massage methods for the lower extremities (sliding pressures, vibration and pumping manipulation), which served for the mechanical design based mainly on anthropometric measurements and defined requirements for the system. In the same way they were taken into account for the electronic design and for the control interface of the massager system was carried out under usability criteria.

As the proposal is the design of the system, simulations of the mechanism and the control system were carried out. In addition, tests were carried out for the work areas, where it is evident that the device is functional for any leg size, according to anthropometric measures of the Latin American population.

The massage system designed for the lower extremities is based on the manual massage method of pumping manipulation (adapted with sequential compression), where its application is given in curved and long areas of the body, in this case the legs. So, the blood system is activated by pumping blood from the calf into the heart, resulting in a treatment for circulatory problems in the legs.

Índice General

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	2
CERTIFICACIÓN	4
AGRADECIMIENTO	5
DEDICATORIA	6
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN	16
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
JUSTIFICACIÓN	17
ALCANCE.....	18
CAPÍTULO 1	19
MARCO TEÓRICO.....	19
1.1. Marco teórico.....	19
1.1.1. Problemas circulatorios en las piernas, características principales.....	19
1.1.1.1. Telangiectasias (arañas vasculares).	19
1.1.1.2. Varices y piernas muy hinchadas.....	19
1.1.1.3. Engrosamiento y cambio de color de las uñas de los pies.	20
1.1.1.4. Alteraciones en el color de la piel.....	20
1.1.1.5. Cambios de temperatura.	21
1.1.1.6. Cicatrización lenta de heridas.	21
1.1.1.7. Claudicación intermitente.	21
1.1.2. Métodos y sus beneficios del masaje en las piernas	22

	10
1.1.2.1. Presiones deslizantes profundas.....	22
1.1.2.2. Terapia vibratoria.....	22
1.1.2.3. Manipulación de bombeo (drenaje linfático).....	23
1.1.3. Literatura relacionada a masajeadores.....	23
1.1.3.1. Beneficios de un Masajeador de Piernas.....	23
1.1.3.2. Masajeadores destacados de piernas.....	24
1.1.3.2.1. Masajeador VITALZEN PLUS 2021.....	24
1.1.3.2.2. Masajeador QUINEAR QN-017A.....	25
1.1.3.2.3. Masajeador QUINEAR QN-005A.....	25
1.1.4. Análisis comparativo de los masajeadores automáticos para piernas.....	26
CAPÍTULO 2.....	28
METODOLOGÍA.....	28
2.1. Requerimientos principales que debe tener el sistema masajeador.....	28
2.1.1. Transportable.....	28
2.1.2. Sujeción.....	28
2.1.3. Mecanismo con compresión secuencial.....	28
2.1.4. Variación en la intensidad de masaje.....	28
2.1.5. Comunicación.....	28
2.1.6. Seguridad.....	29
2.1.7. Características de la interfaz de usuario.....	29
2.2. Selección de materiales eléctricos.....	29
2.3. Diseño mecánico asistido por computador.....	31
2.2.1. Delimitación del alcance de movimiento del mecanismo.....	31
2.2.2. Diseño Conceptual.....	33
2.2.2.1. Diseño de la alternativa 1.....	33

	11
2.2.2.2. Diseño de la alternativa 2.....	34
2.2.2.3. Diseño de la alternativa 3.....	35
2.2.2.4. Análisis de las alternativas.....	36
2.2.3. Diseño de detalle.....	42
2.3. Sistema de control.....	45
2.3.1. Diseño eléctrico del sistema masajeador	45
2.3.2. Diseño de control del sistema masajeador	47
2.3.3. Diseño de la interfaz de usuario.	48
CAPÍTULO 3.....	51
SIMULACIÓN Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS.	51
3.1. Análisis estático del mecanismo	51
3.1.1. Colocación de restricciones en Software CAD.....	51
3.1.2. Análisis de elementos finitos	54
3.2. Análisis dinámico del mecanismo	55
3.3. Zonas de trabajo.....	57
3.4. Resultados de simulación de la interfaz de control del sistema.....	59
3.5. Prototipo final del sistema	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	66
Bibliografía.....	67

Índice de Tablas

Tabla 1. Comparación de características en patentes relacionadas al masaje en las extremidades inferiores	27
Tabla 2. Elementos electrónicos	29
Tabla 3. Medidas antropométricas de la población latinoamericana	32
Tabla 4. Materiales de la alternativa 1	34
Tabla 5. Matriz QFD.....	36
Tabla 6. Resultados obtenidos de la matriz qfd	37
Tabla 7. Revaluación de los parámetros	37
Tabla 8. Evaluación respecto a la manufactura	38
Tabla 9. Evaluación respecto al material	39
Tabla 10. Evaluación respecto al peso	39
Tabla 11. Evaluación respecto al tamaño	40
Tabla 12. Evaluación respecto a la confortabilidad	40
Tabla 13. Evaluación respecto al precio	41
Tabla 14. Evaluación respecto al método de masaje	41
Tabla 15. Resultados del análisis de las alternativas	42

Índice de Figuras

Figura 1. Posición de medidas antropométricas de la población latinoamericana	32
Figura 2. Alternativa 1: mecanismo con presión secuencia de abajo hacia arriba.	34
Figura 3. Alternativa 2: mecanismo de presión rotatoria puntual con pupos.	35
Figura 4. Alternativa 3: mecanismo de presión con rodillo.....	35
Figura 5. Piezas del mecanismo de masaje para el contacto y ajuste con la pierna.....	43
Figura 6. Piezas del mecanismo para estabilidad en el masaje.....	44
Figura 7. Piezas del mecanismo para el movimiento de las espirales.	44
Figura 8. Mecanismo del sistema masajeador completo.	45
Figura 9. Circuito eléctrico del sistema, a) t-block para conectar elementos eléctricos, b) regulador de voltaje (lm7805), c) controlador de velocidad (1298), d) elementos de simulación (motor y sensor de presión), e) arduino nano y módulo bluetooth.	46
Figura 10. PCB del circuito eléctrico.....	47
Figura 11. Interfaz desarrollada en app inventor.	49
Figura 12. Funcionamiento de la aplicación.	50
Figura 13. Aplicación de la carga en el mecanismo: a) área obtenida del software cad, carga aplicada en el espiral.....	52
Figura 14. Geometrías fijas.....	53
Figura 15. Mallados del ensamble.	54
Figura 16. Desplazamiento máximo del mecanismo en análisis estático.	54
Figura 17. Factor de seguridad mínimo del mecanismo en análisis estático.	55
Figura 18. Creación de simulación de contacto entre lamina de goma de silicona y el espiral.	56
Figura 19. Factor de seguridad mínimo en análisis dinámico.	56
Figura 20. Torque vs tiempo.....	57

Figura 21. Sistema masajeador con pierna de mayor medida.....	58
Figura 22. Sistema masajeador con pierna de mínima medida.....	58
Figura 23. Prueba de funcionamiento de la interfaz: a) conexión de la app con placa electrónica, b) selección de intensidad baja de masaje, c) selección de intensidad media de masaje, d) selección de intensidad alta de masaje, e) colocación de intensidad de masaje deseada(rpm), f) presión de simulador del sensor de presión.	62
Figura 24. Vista isométrica del sistema masajeador.....	63
Figura 25. Sistema masajeador con visualización del circuito de control integrado.	64

Índice de Anexos

Anexo A: Planos mecánicos	73
Anexo B: Plano eléctrico	83
Anexo C: Código arduino	85
Anexo D: Hojas técnicas de elementos electrónicos	91

INTRODUCCIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el sedentarismo es la cuarta causa de muerte en el mundo, y está asociado a la mala circulación en las extremidades inferiores. La inactividad física provoca problemas musculares y cardiovasculares, que pueden ser reducidos ya que al ejercitarse se presionan los músculos, haciendo que se presionen venas y arterias, activando el flujo vascular. Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son un conjunto de trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos. Son la principal causa de defunción en todo el mundo. Las enfermedades cardiovasculares afectan en mucha mayor medida a los países de ingresos bajos y medianos: más del 80% de las defunciones por esta causa se producen en esos países [1].

El mal funcionamiento de este sistema en las piernas causa dolor, pesadez, calambres, pérdida de vello, heridas sin cicatrizar, aparición de úlceras o llagas y várices. Los síntomas más graves son piernas moradas, inflamación de las venas o claudicación intermitente que consiste en el estrechamiento de las arterias en las piernas [2]. Mayormente los adultos son quienes sufren de este problema, mientras más edad tenga la persona el peligro será mayor, siendo la principal causa la falta de actividad física. El masaje en las piernas es una alternativa para activar el sistema sanguíneo, pues la presión en la pantorrilla conlleva a obtener un bombeo de sangre desde la pantorrilla hacia el corazón.

Un sistema masajeador para los sectores inferiores del cuerpo, enfocándose en la pantorrilla aporta en la prevención y mitigación de la mala circulación, otorgando un mejor estilo de vida por los problemas que conlleva tener esta complicación sanguínea, esto también ayuda al sistema linfático que elimina la infección y mantiene el equilibrio de los líquidos del cuerpo, y con esto los músculos son más eficientes.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema masajeador que prevenga y mitigue la mala circulación sanguínea para extremidades inferiores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los requerimientos principales del sistema masajeador encontrados en la literatura.
- Diseñar un mecanismo que masajee las pantorrillas.
- Realizar una interfaz del control del sistema masajeador para el usuario.
- Simular el movimiento del sistema para su validación.

JUSTIFICACIÓN

En Ecuador los dispositivos para masajes de piernas en el mercado son para relajamiento de músculos en su mayoría, en la que su variedad se limita en manuales y no autónomos, lo que requiere un esfuerzo adicional para el masaje, y no ofrecen dispositivos que ayuden en la circulación sanguínea y linfática en un solo producto. Los dispositivos que se venden en otros países para los problemas circulatorios son mayormente en base a presiones por sistemas neumáticos, que además, no están centradas en las partes más profundas de la pantorrilla, como la vena safena, una de las venas profundas que necesitan masaje.

El masaje en las pantorrillas es muy beneficioso, por algo se le llama el “segundo corazón”. El setenta por ciento de la sangre en el cuerpo humano, es bombeada de regreso al corazón desde la pantorrilla, ya que transportan la sangre de ambas piernas hacia arriba. En el caso del sistema linfático, los masajes en la pantorrilla aportan a mejorar la contracción automática de los vasos linfáticos, ayudando a eliminar edemas y otras alteraciones derivadas de una mala circulación de la linfa. Los deportistas necesitan de masajes para su recuperación después de realizar la actividad física y masajes antes de la actividad física para su preparación,

esto aumenta su rendimiento y proporciona altos resultados al deportista. El masaje aparte de colaborar en evitar el estado de sobreentrenamiento ayuda a la prevención de lesiones, es una técnica muy utilizada en este sentido pues acelera la recuperación muscular post esfuerzo previniendo posibles sobrecargas musculares que puedan conducir a una lesión.

Una invención realizada en Corea del Sur muestra como el masaje en base a presiones (terapia de compresión) puede ayudar al sistema circulatorio vascular. La invención es un dispositivo de presión de extremidades que puede personalizar una resistencia a la presión cuando se usa sobre un sujeto; puede lograr la resistencia a la presión necesaria para un tratamiento y, por lo tanto, puede usarse para tratar o prevenir enfermedades asociadas con la circulación sanguínea. Además, al ajustar la resistencia a la presión, el tiempo y el número de ciclos, el dispositivo de presión de la extremidad se puede utilizar para el masaje, proporcionando una amplia gama de aplicaciones [3].

ALCANCE

El propósito de este proyecto es diseñar y simular un sistema que masajee la pantorrilla de una persona para ayudarla a mejorar su circulación. Además, del relajamiento de los músculos. El diseño incluye el sistema mecánico y eléctrico, con la interfaz de control.

Este diseño no llegará a la construcción por la emergencia sanitaria mundial en la que nos encontramos, en ese sentido se simulará el sistema completo.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. Marco teórico

1.1.1. Problemas circulatorios en las piernas, características principales.

1.1.1.1. Telangiectasias (arañas vasculares).

La telangiectasia esencial generalizada se caracteriza por una dilatación de capilares y venas de la piel independientemente de que existan otras lesiones cutáneas precedentes o coexistentes, en el que se muestra un color rojizo y por tener forma de telaraña [4].

El drenaje linfático manual es una alternativa para este problema, el cual es un tratamiento no invasivo y poco costoso, como lo muestra en este estudio [5] , en el cual toman pacientes de entre 25 y 45 años, teniendo resultados favorables para esta condición.

1.1.1.2. Varices y piernas muy hinchadas.

Las várices son un problema que afecta las venas de las piernas. Las venas de las piernas funcionan haciendo circular la sangre de vuelta al corazón. Cuando una persona tiene várices, las venas no trabajan bien, lo cual provoca que la sangre se acumule en la parte inferior de las piernas y en los pies. Los síntomas incluyen piernas pesadas, cansadas o doloridas y, en casos graves, decoloración de la piel y úlceras [6].

Las medias de compresión generalmente aplican una presión externa de 20 a 30 mm Hg en la pierna. Estas medias especiales que quedan ajustadas sobre las piernas y los tobillos pueden utilizarse para aliviar los síntomas. Para los pacientes con várices que se presentan como resultado de que la sangre se mueva hacia atrás debido a venas insuficientes de las piernas (reflujo de la vena safena), la terapia de compresión no es suficiente como único tratamiento. Otras terapias incluyen las siguientes: Microflebectomía, Ablación por radiofrecuencia, Cirugía de extirpación venosa [6].

1.1.1.3. Engrosamiento y cambio de color de las uñas de los pies.

Estas pueden variar hacia tonalidades azules o violetas debido a la falta de oxígeno al no llegar de manera correcta la sangre a dichas partes distales. Hay que comentar que estos colores más oscuros también pueden indicar que se pueda sufrir alteraciones cardíacas o problemas respiratorios [7].

Además de las anteriores soluciones de los problemas, se puede considerar como tratamiento los siguientes aspectos.

Cambios en el estilo de vida: comer una dieta saludable para el corazón y hacer más ejercicio [8].

Medicamentos: medicinas para la presión arterial, anticoagulantes, medicinas para el colesterol y para disolver coágulos. En ocasiones, los profesionales de la salud aplican la medicina directamente en un vaso sanguíneo a través de un catéter [8].

Procedimientos no quirúrgicos: angioplastía, colocación de stent y ablación de venas [8].

1.1.1.4. Alteraciones en el color de la piel.

Un flujo sanguíneo inadecuado provoca cambios en el color de la piel de pies y piernas. Se puede encontrar pacientes con los pies más blanquecinos de lo normal o amoratados, pero también con manchas marrones (dermatitis ocre) o eccemas. Todas estas alteraciones cutáneas se deben a una mala circulación [7].

Los anteriores tratamientos mencionados anteriormente también son aplicados en este problema, por ser complicaciones de mala circulación.

1.1.1.5. Cambios de temperatura.

La sangre no llega bien a las partes distales del cuerpo, lo que provoca un descenso de la temperatura. También puede suceder, al contrario, sentir un calor excesivo en los pies. Esto se debe a que la sangre no retorna de manera correcta y se mantiene en dichas zonas, lo que provoca un aumento de la temperatura [7].

De igual manera que las alteraciones de la piel, en este problema también consiste en las complicaciones de mala circulación, por lo que los tratamientos también se aplican.

1.1.1.6. Cicatrización lenta de heridas.

La mala circulación de la sangre también que los nuestros glóbulos blancos no se muevan a la velocidad adecuada y esto a su vez hace que el sistema inmunitario no funcione bien. Por ello, las heridas en los pies y piernas se cicatrizarán de manera lenta, incluso llegando a aparecer úlceras [7].

Nuevamente la aplicabilidad de los tratamientos mencionados anteriormente son la solución para este problema causante de la mala circulación de la sangre.

1.1.1.7. Claudicación intermitente.

La claudicación intermitente es un síntoma de la aterosclerosis, una patología caracterizada por el bloqueo de las arterias debido a los depósitos de grasa. Esto causa un flujo sanguíneo inadecuado afectando a piernas y pies. El paciente es capaz de andar ciertos metros, pero se tiene que parar por el dolor producido por los calambres [9].

Es el síntoma que traduce la presencia de enfermedad arterial periférica obstructiva de los miembros inferiores (EAPMI). El interés que ha adquirido esta afección en los últimos años se debe a su importancia pronóstica para la predicción de enfermedad arteriosclerótica en otras

arterias de órganos como corazón o cerebro. Refiere dolor al caminar aproximadamente 150 m que la obliga a detener la marcha [9].

Su causa es un flujo sanguíneo insuficiente a los músculos de la pierna por la aterosclerosis, depósitos de grasa que restringen el flujo sanguíneo a través de las arterias [9].

1.1.2. Métodos y sus beneficios del masaje en las piernas

1.1.2.1. Presiones deslizantes profundas.

Al efectuarse con mayor grado de presión, las presiones deslizantes profundas permiten reconocer el estado del plano subcutáneo, la presencia de nódulos indurados y las zonas con retracción, y movilizan todo el plano superficial sobre el plano de las fascias, alcanzando también grandes zonas de tejido conectivo [10].

Su efecto es eminentemente relajante cuando se efectúan a ritmo lento y con largo recorrido, y muy estimulante cuando el recorrido es corto y el ritmo rápido. Mejoran y aceleran la circulación de la zona, elevan la temperatura local, consiguen un barrido de sustancias nocivas y además favorecen mucho la circulación de retorno cuando se hacen en ese sentido [10].

1.1.2.2. Terapia vibratoria.

La terapia vibratoria está dada por estímulos mecánicos caracterizados por un movimiento oscilatorio determinado por la amplitud, número y aceleración de las oscilaciones. Entre los efectos agudos de las vibraciones sobre el organismo se encuentra un incremento del consumo de oxígeno, de la temperatura del músculo y del flujo sanguíneo, lo que puede influir en contrarrestar el DMT (dolor muscular tardío) [11].

1.1.2.3. Manipulación de bombeo (drenaje linfático).

Su lugar de aplicación es en las partes curvas y largas del cuerpo, como en Brazo-Muslo-Pierna. Y la parte laterales del tronco. Nuestros dedos van a rodear en lo posible la parte curva a tratar, fundamentalmente entre los dedos pulgar e índice. En esta manipulación se caracteriza por llevarse a cabo una doble abducción, entendiéndose por esta a la acción de girar o separar de la línea media una parte del cuerpo. Durante el bombeo, la mano realiza un giro radial en la cual se hace un giro hacia delante con el que se empuja la piel. Y un giro cubital o giro hacia atrás en el que se avanza con la mano relajada [12].

1.1.3. Literatura relacionada a masajeadores.

Las personas suelen adquirir productos cuando tienen molestias en sus piernas. La búsqueda de una solución son los masajeadores automáticos que ayuden a su padecimiento, y logren mantener una buena salud en sus piernas.

1.1.3.1. Beneficios de un Masajeador de Piernas.

Así como hay masajeadores de espalda, de pies y de cualquier otra parte del cuerpo, los masajeadores de piernas surten un efecto beneficioso localizado [13].

- Relaja los músculos de las piernas y evita las tensiones.
- Tonifica los músculos y hace que se recupere la firmeza de la piel.
- Mejoran la flexibilidad de las piernas.
- Contribuye a prevenir la aparición de las varices.
- Evita que haya contracciones musculares en la zona.
- Ayuda a disminuir la frecuencia de los calambres. Incluso de los calambres nocturnos.

1.1.3.2. Masajeadores destacados de piernas.

Los masajeadores que se redactan a continuación son de los más destacados del mercado por sus características de compresión, intensidad de masaje, masaje térmico, fácil transporte.

1.1.3.2.1. Masajeador VITALZEN PLUS 2021

- Sistema de masaje por compresión-aire: El masajeador de pies y de piernas VITALZEN PLUS está formado por 30 masajeadores de aire con 3 modos de masajes (completo, inferior, superior) y con 3 niveles de intensidad ajustables (bajo, medio, alto). Este dispositivo de relajación proporciona presoterapia a través de un sistema de masaje amasamiento basada en la técnica shiatsu, con rodillos activos y 3 modos de masaje vibratorio (continuo, pausas cortas/largas) [14].
- Masaje térmico: El reposapiés VITALZEN PLUS posee fibra de carbón que aplica un masaje térmico en la zona de los muslos y tobillos, lo cual facilita la circulación sanguínea para piernas, pies, tobillos, rodillas, y gemelos, reduciendo la sensación de dolor muscular de piernas cansadas (aumentando la circulación sanguínea en el pie, tobillo, rodilla y pierna), y aplicando un efectivo masaje de reflexología podal en el pie a través de un rodillo de masaje, alivio de la fascitis plantar [14].
- Diseño único y vanguardista: De entre todos los aparatos masajeadores, el aparato de masaje VITALZEN PLUS posee un diseño único ya que consta de 2 secciones abatibles de forma independiente, la sección superior tiene un ángulo máximo de abatimiento de 110°, y la inferior dispone de un mango abatible con un ángulo de inclinación de 20°. También dispone de ruedas traseras que facilitan su transporte [14].
- Panel de control intuitivo y de fácil manejo, el masajeador de pies y piernas aplica masajes de forma silenciosa (menos de 45dB). Funda de tela desmontable y lavable,

esta máquina eléctrica de masaje también dispone de la función de apagado automático después de 15 minutos de uso. El reposapiés de relajación VITALZEN PLUS es totalmente portátil gracias a sus reducidas dimensiones, lo cual permite utilizarlo en cualquier parte de su casa [14].

1.1.3.2.2. Masajeador QUINEAR QN-017A.

- Ayuda a relieves la fatiga y el dolor: El masajeador de QUINEAR tiene 2x2 bolsas de aire adentro, comprime los músculos de la pantorrilla de abajo hacia arriba para aliviar la fatiga y mejorar la circulación. Ayuda a aliviar el RLS inquieto, síndrome de las piernas, calambres, linfedema, varices, hinchazón de las piernas, reduce el dolor [15].
- Función de calefacción & desmontables, cubiertas de ropa lavables, el masajeador de aire para piernas tiene una función de calefacción alta y baja. La función de calentamiento puede aliviar el dolor, la fatiga y promover la circulación. Con las fundas de tela removibles con velcro, puede quitarlas fácilmente y lavarlas si están sucias, use más higiénico con su familia [15].
- 20 minutos de apagado automático después del uso continuo para su seguridad y para evitar el uso excesivo, muy seguro para las personas mayores [15].
- Tamaño ajustable de piernas: Fácil de envolver alrededor de las pantorrillas o brazos con diseño de velcro, se ajusta a una amplia gama de tamaños de pantorrillas. También puede ajustar el tamaño de la envoltura para cambiar la intensidad. Longitud del manguito: 54CM. Es ligero, portable y tiene un estuche antirrayado duradero [15].

1.1.3.2.3. Masajeador QUINEAR QN-005A.

- Medida de anulación de estrés: Este MASSAGER de compresión de aire proporciona una compresión cíclica de aire para las piernas para mejorar la circulación y aliviar la

fatiga y los dolores asociados a una mala circulación, lo que le permite disfrutar de una experiencia de masaje [16].

- 3 niveles de intensidad y 2 modos: El MASSAGER del becerro ofrece tres niveles de presión (baja/media/alta) y diferentes tipos de masaje, de modo que puede elegir la intensidad y el modo de masaje adecuada para obtener un gran efecto [16].
- Wraps ajustables en las piernas. Incluye 2 sobres de pierna de compresión ajustables, fabricadas en piel sintética de baloncesto [16].
- 15 minutos función de protección, el masajeador se desconectará automáticamente después de 15 minutos de trabajo continuo, más seguro de usar [16].

1.1.4. Análisis comparativo de los masajeadores automáticos para piernas

En la siguiente (Tabla 1) se muestra una comparación de ciertas características de patentes de masajeadores para piernas, la cual proporciona información para tener en cuenta en los requerimientos del sistema y diseño del mecanismo.

Tabla 1

Comparación de Características en Patentes Relacionadas al Masaje en las Extremidades Inferiores.

Patentes	Tipo de sistema	Control en dispositivo	Control inalámbrico	Sujeción	Movimiento de masaje	Transportable	Parte de extremidad donde se realiza el masaje	Intensidades (Velocidad)	Modo calefacción
Masajeador portátil de venas profundas y propulsor.	Neumático (bomba)	si	no	Placa de cartucho y correas	Compresión secuencial	si	Pantorrilla	1	No
Dispositivo de masaje portátil para la circulación sanguínea presurizada.	Neumático (bomba)	si	no	Bandas	Compresión secuencial	si	Pantorrilla	1	No
Dispositivo de compresión secuencial para el tratamiento y la profilaxis de trombosis venosas profundas.	Electromagnético/ pistones	si	no	velcro	Compresión secuencial	si	Pantorrilla	1	No
Dispositivo de masaje de compresión secuencial con miembro apilado.	Mecánico/ placas	si	no	Cierre y velcro	Compresión Secuencial	si	Pantorrilla	1	No
Sistema y método de tratamiento de compresión adaptiva.	Mecánico (motor)/ poleas	si	si	Correas de compresión	Compresión y descompresión	si	Pantorrilla y pie	1	No

Fuente: [17], [18], [19], [20], [21].

En esta Tabla se destaca el uso del velcro para la sujeción, la compresión secuencial como mejor método de masaje y la ubicación del masaje realizado en la pantorrilla, lo que se considerará para el diseño del sistema.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1. Requerimientos principales que debe tener el sistema masajeador

2.1.1. Transportable

Al ser transportable el dispositivo ofrece al usuario poder obtener su masaje en diferentes lugares con facilidad.

2.1.2. Sujeción

Es importante que la colocación del sistema con la extremidad inferior no sea invasiva.

2.1.3. Mecanismo con compresión secuencial

El sistema con compresión secuencial hace que el masaje cumpla una función de bombeo de sangre en la pantorrilla, provocando mejorar la activación del sistema circulatorio.

2.1.4. Variación en la intensidad de masaje

Al tener variaciones de intensidad, el sistema proporciona al usuario elegir la presión de masaje según sus necesidades.

2.1.5. Comunicación

El control del dispositivo debe ser inalámbrico para evitar problemas de conexión por cableado. Además, permitirá que el usuario tenga el mínimo de contacto, importante por la emergencia sanitaria global.

2.1.6. Seguridad

La seguridad electrónica está dada en base a la norma IPC 2221, para la protección del circuito eléctrico del sistema.

2.1.7. Características de la interfaz de usuario

Las características de la interfaz para este sistema se basan en la norma (ISO 9241-11), en ese sentido, se considera utilizar:

- Una interfaz de usuario gráfica, esto es para que el usuario desde una aplicación móvil controle el sistema de una manera eficiente.
- Flexibilidad, deshacerse de las acciones erróneas que puede cometer el usuario.
- Claridad, que usuario consiga comprender de manera precisa la información que se le trasmite.







2.2. Selección de materiales eléctricos

Los elementos electrónicos de la Tabla 2 se asumen de acuerdo con los requerimientos del sistema antes planteados.

Tabla 2

Elementos electrónicos del sistema propuesto.

Elementos	Modelo del elemento
Fuente de 12 v	

Controlador de motor; integrado l298	
Regulado de voltaje LM7805	
Sensor de presión DF9-40	
Arduino nano 3.0.	
Módulo bluetooth hc-06	
Motor AF-38 DC (tipo de motor)	

Fuente: [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29].

Para controlar la presión que se realiza al ajustar el sistema masajeador con la pierna, el sensor DF9-40 (Tabla 2) por sus dimensiones es adaptable para ser colocado en el cinturón de velcro, que es el medio de ajuste considerado para este sistema, además entra en los rangos de funcionamiento (véase en el Anexo D), donde la presión máxima que se puede ejercer es de 125 mmhg, este valor se obtiene del artículo [30], que es un estudio de

compresión en las extremidades para mejorar la formación de canales de líquido tisular del edema en la linfedema de las extremidades inferiores, donde se maneja como máximo esta presión y no tienen resultados negativos.

Para el desarrollo de la placa de control, el Arduino nano 3.0 es una opción viable por ser pequeña, fácil de usar y muy flexible [31]. Además, para una conexión inalámbrica se necesita un módulo Bluetooth (modelo HC-06), pues en este sistema de comunicación se necesita que sea configurado como esclavo.

El sistema necesita de un motor giratorio, que para su elección se basa en el torque y velocidad que requiere el mecanismo, dicho modelo se seleccionará cuando se obtenga esos dos valores.

2.3. Diseño mecánico asistido por computador

2.2.1. Delimitación del alcance de movimiento del mecanismo

Como se identifica en la Tabla 1, la parte muscular de las extremidades inferiores para activar la circulación sanguínea es la pantorrilla. En la Figura 1 se obtiene tres medidas antropométricas para obtener las dimensiones donde se ejecute el masaje, el número 28 es la altura poplítea, el número 45 es la altura del tobillo y el número 50 es el perímetro de la pantorrilla, estas medidas son tomadas para que personas con diferentes tamaños de sus extremidades inferiores sean capaces de usar el sistema.

Trabajadores industriales (hombres) 18-65 años	374	412	453	-	-	-	315	362	420
Trabajadores industriales (mujeres) 18-65 años	338	376	406	-	-		315	355	426
Hombres 60-90 años	372	402	434	68	82	98	298	342	397
Mujeres 60-90 años	325	363	396	56	72	86	286	334	391

Fuente: [22]

2.2.2. Diseño Conceptual

Se han realizado tres alternativas para el diseño mecánico del sistema masajeador en un software de diseño CAD, los cuales tienen características de compresión y movimiento de masaje diferente en la pantorrilla, que serán descritos y analizados en los siguientes literales. Estas tres alternativas están desarrolladas a partir de las medidas antropométricas anteriormente detalladas, por lo que los elementos como la placa superior, cubierta superior y placa inferior son constantes en las alternativas (Figura 2).

2.2.2.1. Diseño de la alternativa 1

En el primer mecanismo se ha realizado un elemento en espiral que presiona secuencialmente a la pantorrilla de abajo hacia arriba (Figura 2), la intención es que se asemeje a presiones manuales, es decir, al contacto que se realiza con la yema de los pulgares (manipulación por bombeo), en este caso la propuesta es la compresión secuencial.

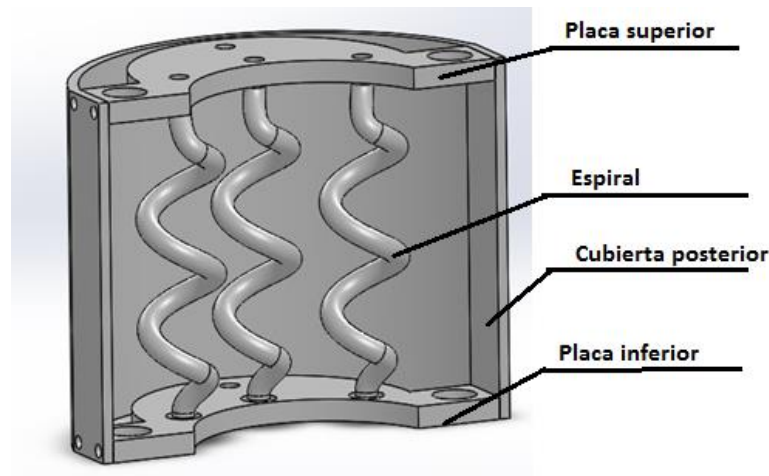


Figura 2. Alternativa 1: Mecanismo con presión secuencia de abajo hacia arriba.

Tabla 4

Materiales de la Alternativa 1

Pieza	Material
Placa superior	ABS
Placa inferior	ABS
Cubierta posterior	ABS
Espiral	Aluminio 1060

Se utiliza el ABS por ser un material resistente y liviano, estas piezas se consideran para impresión 3D.

2.2.2.2. Diseño de la alternativa 2

En el segundo mecanismo tiene un elemento giratorio con pupos que presiona a la pantorrilla y masajea circularmente (Figura 3). En este caso la presión es ligera a comparación de la primera alternativa, pues el masaje está centrado a la relajación del músculo por el movimiento del masaje. Todos los materiales son de ABS.

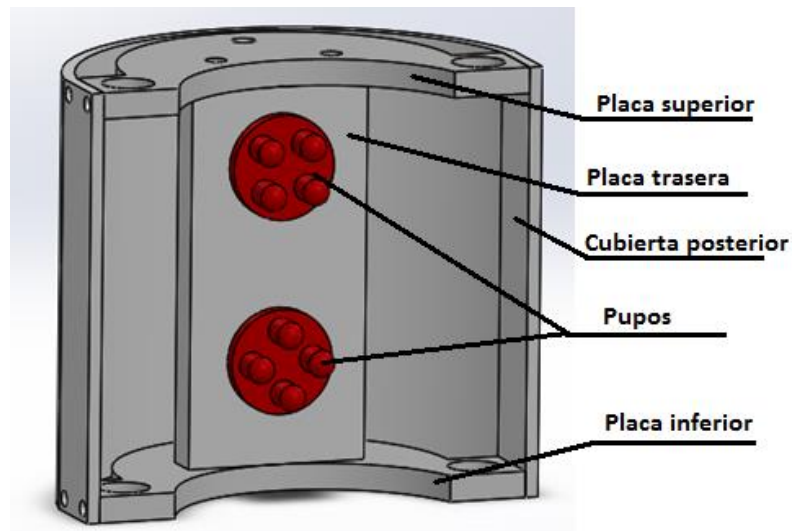


Figura 3. Alternativa 2: Mecanismo de presión rotatoria puntual con pupos.

2.2.2.3. Diseño de la alternativa 3

En esta alternativa se tiene un mecanismo con un rodillo de madera (los demás elementos son de ABS) que presiona el músculo como los masajes convencionales (maderoterapia), al ser una técnica holística se propone que sea automática, el diseño de la alternativa 3 se visualiza en la Figura 4.

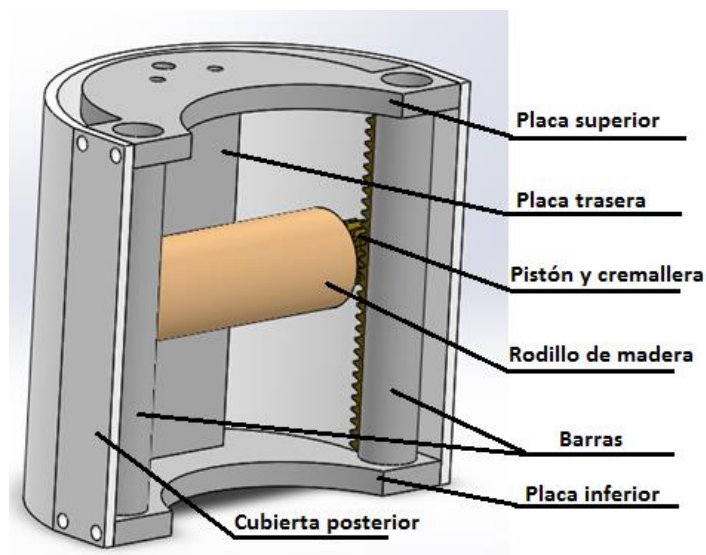


Figura 4. Alternativa 3: Mecanismo de presión con rodillo.

2.2.2.4. Análisis de las alternativas

Para conseguir el mecanismo óptimo se ha realizado una matriz QFD (Tabla 5), en el que se muestra los factores técnicos más importantes para ser evaluados en las alternativas diseñadas. En esta matriz se han tomado varios parámetros a comparar, para las cuales se obtienen porcentajes de importancia, indicando el parámetro con mayor consideración para la elección de la alternativa.

Tabla 5

Matriz QFD.

				1	2	3	4	5	6	7
				12.0%	14.5%	16.3%	16.0%	16.3%	8.2%	16.6%
Requisitos de Calidad Nivel 1	No	Requisitos del Calidad Nivel 2	Peso Ponderado	Manufactura	Material	Peso	Tamaño	Confortabilidad	Precio	Método de masaje
Mercado	1	tamaño	10.00	3	1	3	9	1	3	1
Diseño	2	diseño	25.00	9	9	9	9	9	3	9
	3	costo	10.00	9	9	1	1		9	
	4	peso	10.00	1	1	9	3	3		1
Limpieza	5	transportable	15.00		3	9	9		1	
	6	beneficio a la circulac	25.00		1			9		9
	7	material	5.00	3	9	3	1	3	9	9
			100.00	Manufactura	Material	Peso	Tamaño	Confortabilidad	Precio	Método de masaje
			Importancia técnica absoluta y relativa	370.0	450.0	505.0	495.0	505.0	255.0	515.0
				12.0%	14.5%	16.3%	16.0%	16.3%	8.2%	16.6%

En la Tabla 6, se expone los datos resultantes de la matriz QFD, mostrando la máxima relación de los parámetros técnicos (máximo valor en la evaluación de la matriz) y el peso relativo, donde este último es un porcentaje que se utiliza para el análisis posterior de los parámetros.

Tabla 6

Resultados obtenidos de la Matriz QFD.

Objetivos para el requerimiento funcional	Manufactura	Material	Peso	Tamaño	Confortabilidad	Precio	Método del masaje
Relación máxima	9	9	9	9	9	9	9
Peso relativo	12.0%	14.5%	16.3%	16.0%	16.3%	8.2%	16.6%

Para obtener una ponderación que muestre el parámetro técnico con mayor importancia con respecto a los demás, se compara el porcentaje de los parámetros colocando 1 si es mayor y en otro caso 0 (Tabla 7).

Tabla 7

Evaluación de los parámetros.

	Manufactura	Material	Peso	Tamaño	Confortabilidad	Precio	Método del masaje	Σ	Ponderación
Manufactura	0	1	0	0	0	1	0	3	0.09375
Material	1	0	1	0	1	1	1	6	0.1875
Peso	1	1	0	1	1	0	1	6	0.1875

Tamaño	0	1	1	0	0	0	0	4	0.125	
Confortabilidad	0	1	1	1	0	0	1	5	0.15625	
Precio	1	1	0	0	0	0	0	3	0.09375	
Método del masaje	0	1	1	1	1	0	0	5	0.15625	
								Suma	32	1

En las Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, **Tabla 14**, se realizan las evaluaciones entre las alternativas con respecto a un parámetro técnico (planteados en la matriz QDF de la Tabla 5). Si el parámetro tiene mayor peso en una alternativa se coloca 1, si es de igual peso 0.5 y si es de menor peso 0, obteniendo una ponderación de las alternativas con respecto a los parámetros evaluados.

Tabla 8

Evaluación respecto a la Manufactura.

Manufactura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1	2.5	0.41666667
Alternativa 2	0.5		1	2.5	0.41666667
Alternativa 3	0	0		1	0.16666667
				Suma	6
					1

Nota: en esta tabla se evalúa con mayor puntuación a la alternativa que conlleva menor dificultad en manufactura.

Tabla 9*Evaluación respecto al material.*

Material	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1	2.5	0.41666667
Alternativa 2	0.5		1	2.5	0.41666667
Alternativa 3	0	0		1	0.16666667
			Suma	6	1

Nota: en esta tabla se evalúa con mayor puntuación el material que es mejor en contacto con la piel.

Tabla 10*Evaluación respecto al peso.*

Peso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.5
Alternativa 2	0		1	2	0.33333333
Alternativa 3	0	0		1	0.16666667
			Suma	6	1

Nota: en esta tabla se evalúa con mayor puntuación a la alternativa con menor peso, los cuales se obtienen del software de diseño CAD.

Tabla 11*Evaluación respecto al tamaño.*

Tamaño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	0.5	2	0.33333333
Alternativa 2	0.5		0.5	2	0.33333333
Alternativa 3	0.5	0.5		2	0.33333333
			Suma	6	1

Nota: en esta tabla se evalúa con mayor puntuación al tamaño más pequeño.

Tabla 12*Evaluación respecto a la confortabilidad.*

Confortabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	0.5	2	0.33333333
Alternativa 2	0.5		0.5	2	0.33333333
Alternativa 3	0.5	0.5		2	0.33333333
			Suma	6	1

Nota: en esta tabla se evalúa con mayor puntuación la alternativa más cómoda.

Tabla 13*Evaluación respecto al precio.*

Precio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1	2.5	0.41666667
Alternativa 2	0.5		1	2.5	0.41666667
Alternativa 3	0	0		1	0.16666667
			Suma	6	1

Nota: en esta tabla se evalúa con mayor puntuación a la alternativa más barata.

Tabla 14*Evaluación respecto al Método de masaje.*

Método de masaje	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.5
Alternativa 2	0		0	1	0.16666667
Alternativa 3	0	1		2	0.33333333
			Suma	6	1

Nota: en esta tabla se evalúa con mayor puntuación al método de masaje más efectivo.

En la Tabla 15 están los resultados de la evaluación de las alternativas con respecto a los parámetros técnicos, estos valores se obtienen a través de la multiplicación entre las ponderaciones de los parámetros (Tabla 6) y la ponderación de las alternativas (Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, **Tabla 14**), y luego las sumas de estos valores.

Tabla 15

Resultados del análisis de las alternativas.

	Manufactura	Material	Peso	Tamaño	Confortabilidad	Precio	Método de masaje	Ponderación
Alternativa 1	0.03906	0.07813	0.09375	0.04167	0.05208	0.03516	0.07813	0.42
Alternativa 2	0.03906	0.07813	0.06250	0.04167	0.05208	0.04297	0.02604	0.34
Alternativa 3	0.01563	0.03125	0.03125	0.04167	0.05208	0.01563	0.05208	0.24

La ponderación resultante de la Tabla 15 muestra que la alternativa 1 es la más adecuada, y que el método de masaje de masaje es superior a las otras alternativas.

2.2.3. Diseño de detalle

Siendo la mejor opción la alternativa 1, en la Figura 5 se muestran las partes de la sección donde se realiza el masaje con 3 espirales que presionaran la pantorrilla, estas espirales giran en sentido antihorario visto desde la parte superior del mecanismo para

conseguir la presión secuencial, donde la longitud de esta espiral está basada en las medidas antropométricas analizadas en el literal 2.2.1.

El diseño de la placa superior y placa inferior son adaptadas para que se apoye la pantorrilla cuando las espirales realizan el masaje, se toma el valor máximo del diámetro de la pantorrilla (Tabla 3), de esta manera cualquier pierna puede ser colocada para el masaje. La cubierta posterior es el elemento que sirve para el ajuste del sistema masajeador con la pierna, donde se coloca una correa de velcro.

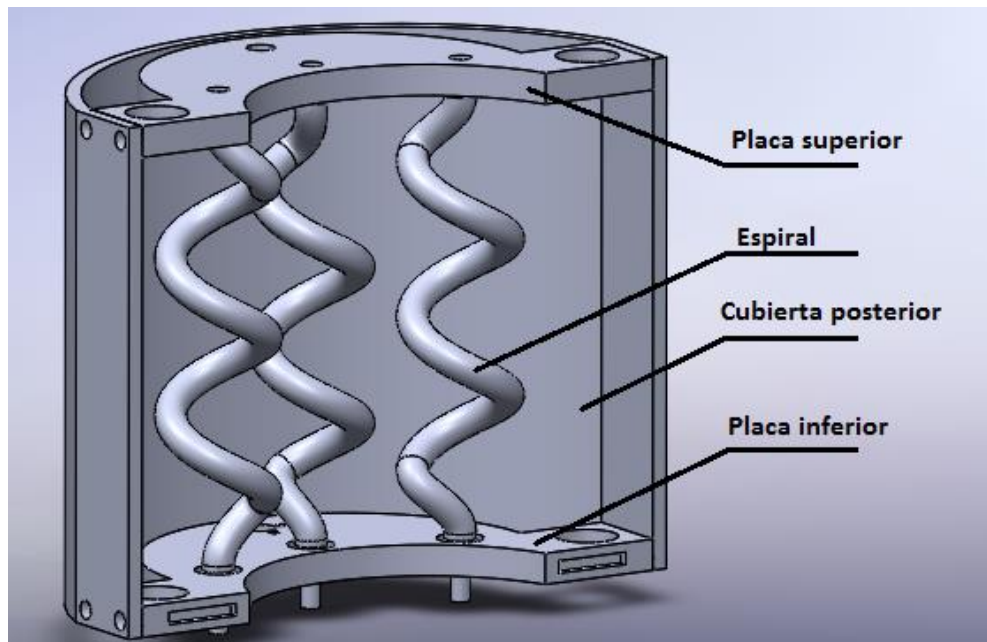


Figura 5. Piezas del mecanismo de masaje para el contacto y ajuste con la pierna.

En la Figura 6 están las partes para que el mecanismo consiga una estabilidad y los elementos indicados en la Figura 5 no giren con respecto al eje vertical, las barras son las que cumplen la función antes mencionada. El tornillo sin fin se usa para trasladar verticalmente los elementos móviles del mecanismo y realizar el masaje de acuerdo con el tamaño de la pierna.

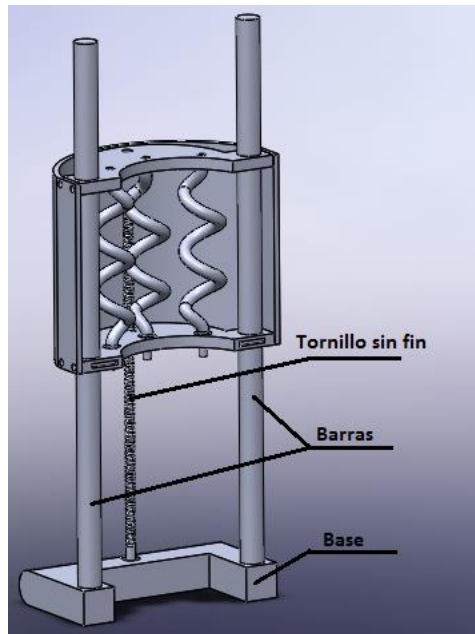


Figura 6. Piezas del mecanismo para estabilidad en el masaje.

En la Figura 7 se tiene un tren de engranes, donde la configuración está realizada para que con un solo motor transmita la misma velocidad a las 3 espirales. La caja está diseñada para que contenga el tren de engranes, el motor y la placa de circuito de control.

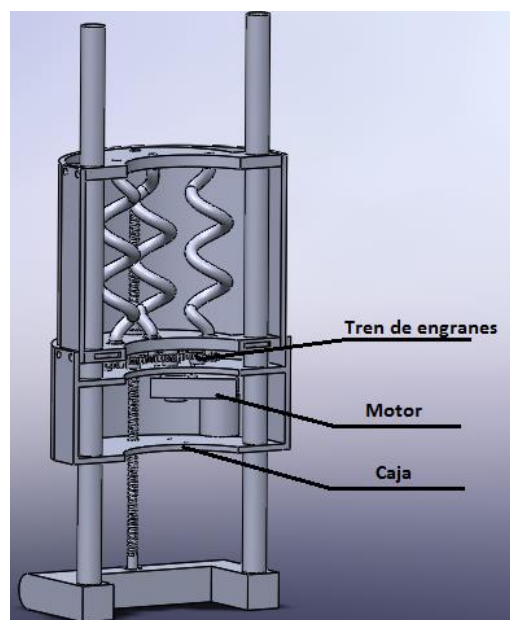


Figura 7. Piezas del mecanismo para el movimiento de las espirales.

En la Figura 8 se encuentra el mecanismo con todas sus piezas, en la Figura 7 no está colocado la tapa de la caja como en esta figura, pues se necesitaba señalar las partes que van en esta pieza.

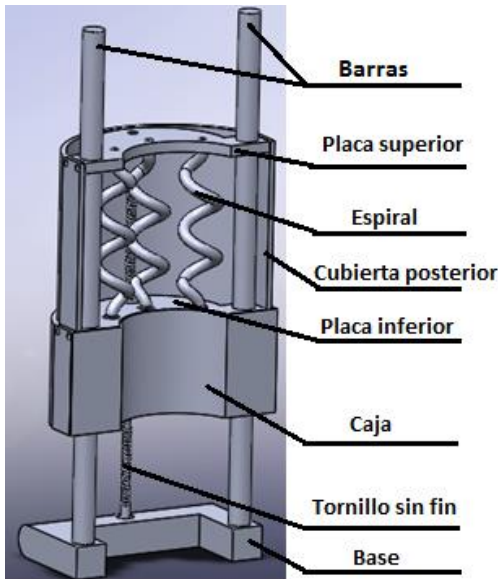


Figura 8. Mecanismo del sistema masajeador completo.

2.3. Sistema de control

2.3.1. Diseño eléctrico del sistema masajeador

El diseño eléctrico se realiza en un software para simular sistemas eléctricos, que sirve en la creación de un circuito esquematizado, diseño PCB y la conexión con la interfaz de control para las simulaciones del sistema.

Como se observa en la Figura 9 el circuito está conformado por los elementos eléctricos antes seleccionados. Se plantea el circuito con una placa de microcontrolador de código abierto (Arduino nano), para controlar un motor inalámbricamente a través de un módulo bluetooth hc-06, este motor necesita un integrado (L293D) para cambiar la velocidad de giro, el cual se lo realiza por la técnica PWM programado en Arduino IDE (Anexo C). Se

utiliza un sensor de fuerza para controlar la presión que ejerce el mecanismo contra la pantorrilla, el cual no debe de exceder los 125 mmHg de presión.

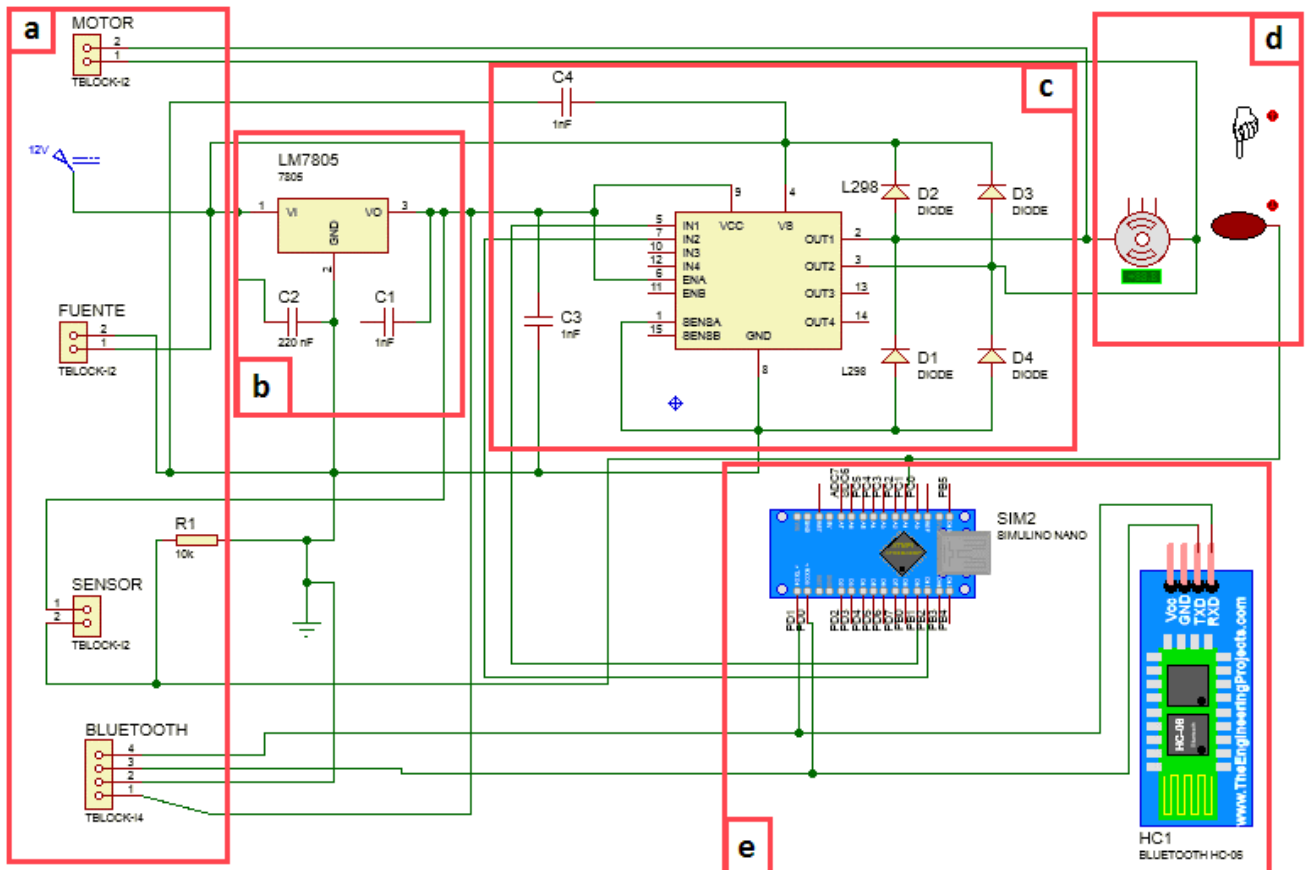


Figura 9. Circuito eléctrico del sistema, a) T-block para conectar elementos eléctricos, b) Regulador de voltaje (LM7805), c) Controlador de velocidad (L298), d) Elementos de simulación (motor y sensor de presión), e) Arduino nano y módulo bluetooth.

Después de realizar el circuito esquemático se continua a diseñar el PCB del circuito (Figura 10) con la Norma IPC 2221b, en el cual se han tomado las siguientes reglas:

- Separación de circuitos por frecuencia y potencia.
- Ubicación de componentes:
 - Conectores y elementos eléctricos a 1.2 mm del borde del PCB.

- Pistas a 0.75 mm de cualquier elemento mecánico.
- Distribución de potencia, pistas de tierra y tensión juntas para reducir impedancia.
- También se considera los recubrimientos que se puede realizar al circuito contra en agua, esto se da en el proceso de ensamble del circuito.

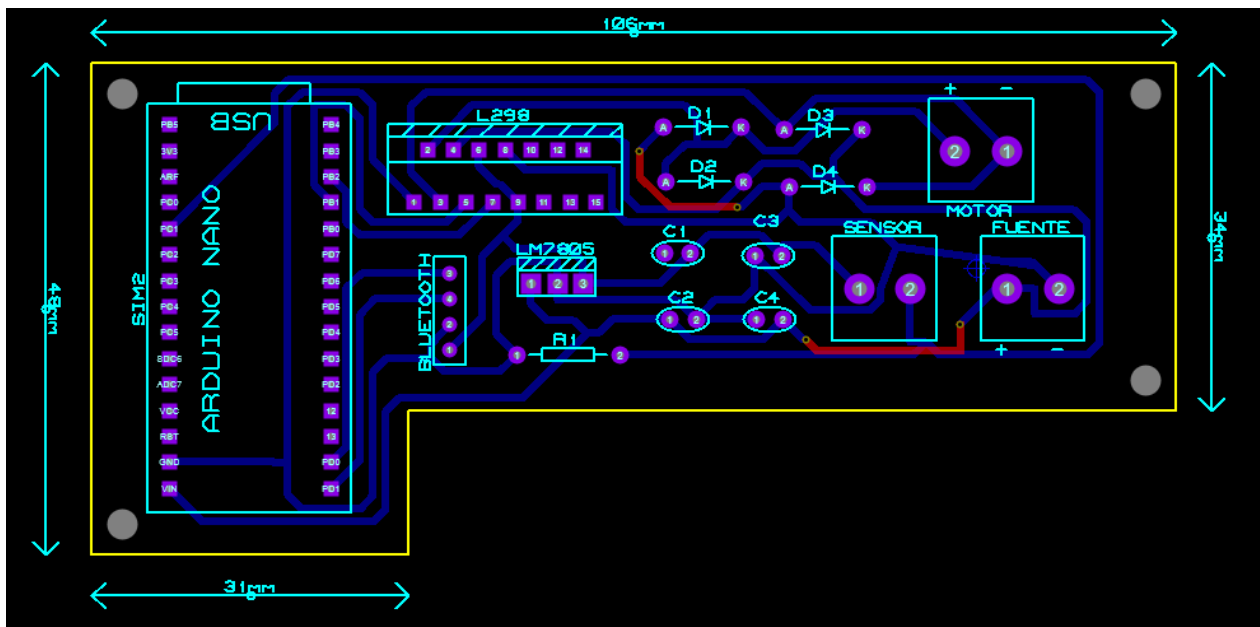


Figura 10. PCB del circuito eléctrico.

En la Figura 10 se identifican los nombres de los elementos colocados en el circuito esquemático de la Figura 9, así como las dimensiones de la placa, y de esta forma se puede visualizar la ubicación de cada componente para la realización de la PCB.

2.3.2. Diseño de control del sistema masajeador

Para el sistema de control se selecciona un circuito integrado L298 que facilita el control de velocidad del motor. Para enviar la información hacia el motor se utiliza el modulador por ancho de pulsos (PWM), la cual varía para obtener distintos valores y así cambiar la velocidad de motor, es decir, cambia la cantidad de energía (tensión).

A continuación, se redactan características del integrado (Anexo D):

- Voltaje mínimo de alimentación de 5 V.
- Corriente máxima de 2 amperios.
- Dimensiones: 43 mm x 23.9 mm x 43 mm.
- Admite entradas de señal PWM para el control de velocidad.
- Salidas: Para dos motores DC o para un motor bipolar paso a paso.

2.3.3. Diseño de la interfaz de usuario.

Se ha desarrollado una aplicación en App Inventor que es un entorno de desarrollo de software abierto creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android, en el cual se ha basado en la norma ISA-5.5-1985.

En la Figura 11 se muestra la ventana desarrollada, a continuación se explica por secciones: Sección 1, dos botones para la conexión y desconexión bluetooth del sistema; Sección 2, botones de tres intensidades que permite tener un masaje variado con sus respectivos indicadores de selección (activado y desactivado); Sección 3, si no se desea una intensidad sugerida se puede colocar la velocidad deseada para un control personal, la cual está restringida a un valor máximo; Sección 4, se visualizan los valores de la presión y velocidad para el control en tiempo real del masaje; Sección 5, un botón de stop para detener el masaje.

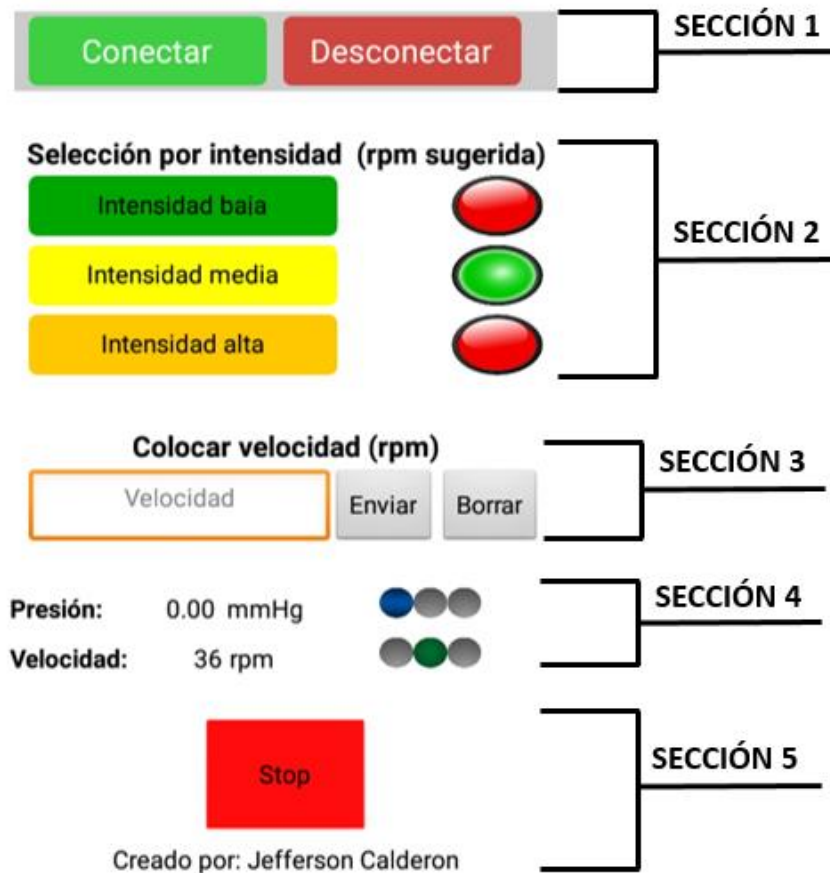


Figura 11. Interfaz desarrollada en App Inventor.

En la siguiente Figura se presenta el funcionamiento de la aplicación desarrollada, donde los cuadros de color verde representan los botones de ejecución, las líneas azules representan la dirección de la acción que debe ejecutar el usuario, el cuadro rojo significa el botón de paro del sistema (detener motor), el cuadro amarillo es notificación de estado, y los cuadros negros representan datos que se colocan y visualizan (información de parámetros de masaje).

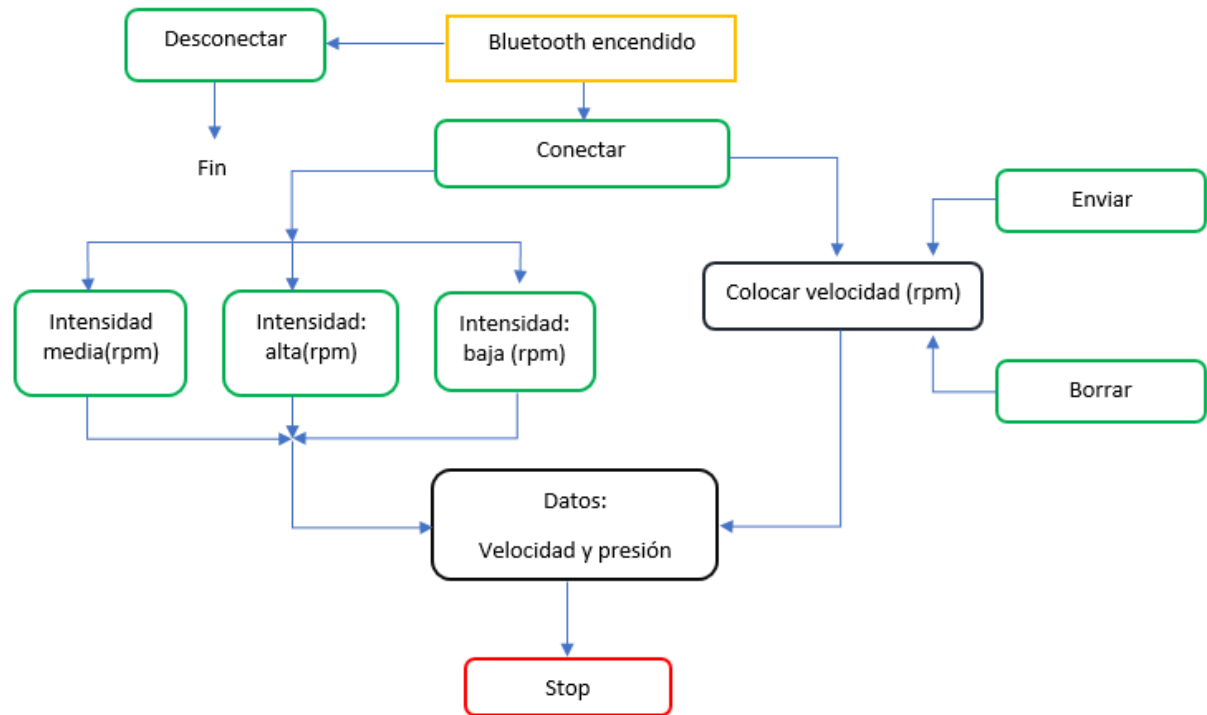


Figura 12. Funcionamiento de la aplicación.

CAPÍTULO 3

SIMULACIÓN Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS.

3.1. Análisis estático del mecanismo

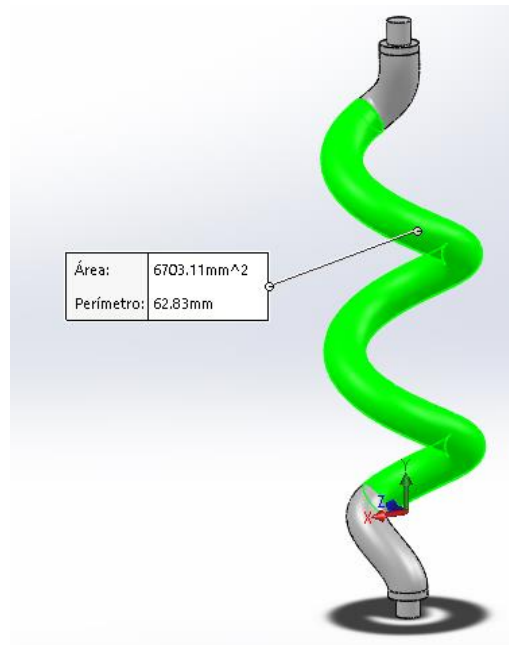
3.1.1. Colocación de restricciones en Software CAD

Para el análisis estático se considera someter a carga externa a la espiral, simulando el contacto que puede ejercer con la pierna, siendo esta pieza la más crítica, pues es el elemento mecánico que está en contacto directo con la pantorrilla. A continuación, se describe la obtención de la fuerza externa estimada para colocar en el software.

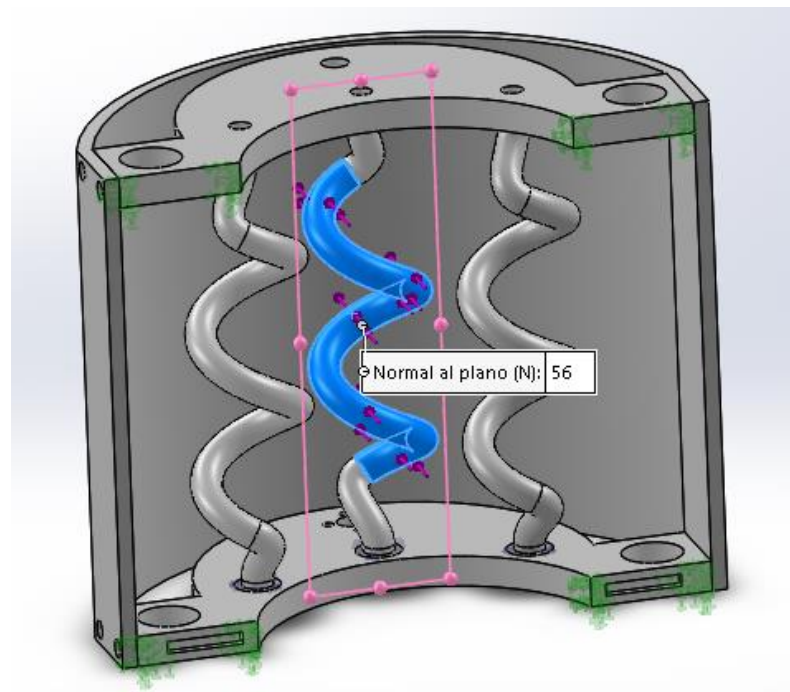
En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el área calculada por el software de una parte de la espiral en la que se considera para ser sometida a carga, este valor es 6703.11 mm^2 (área real de aplicación es 3354.55 mm^2). Anteriormente se ha tomado el valor máximo 125 mmHg ($0.016666525 \text{ N/mm}^2$) de presión [30], y para obtener la fuerza se plantea la siguiente ecuación:

$$F = P \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] * A [\text{mm}^2] \quad (1)$$

Se resuelve la ecuación (1), consiguiendo como resultado 56 N (dato redondeado) para ser colocado en el software.



a)



b)

Figura 13. Aplicación de la carga en el mecanismo: a) Área obtenida del software CAD, carga aplicada en el espiral.

Para que el análisis pueda ser aplicado, se ha colocado geometrías fijas (Figura 14), que solamente están ubicadas para darle equilibrio al análisis, y de esta manera realizar la simulación. También, se ha colocado conectores de apoyo como otra restricción, esto en los sectores donde están colocados los rodamientos.

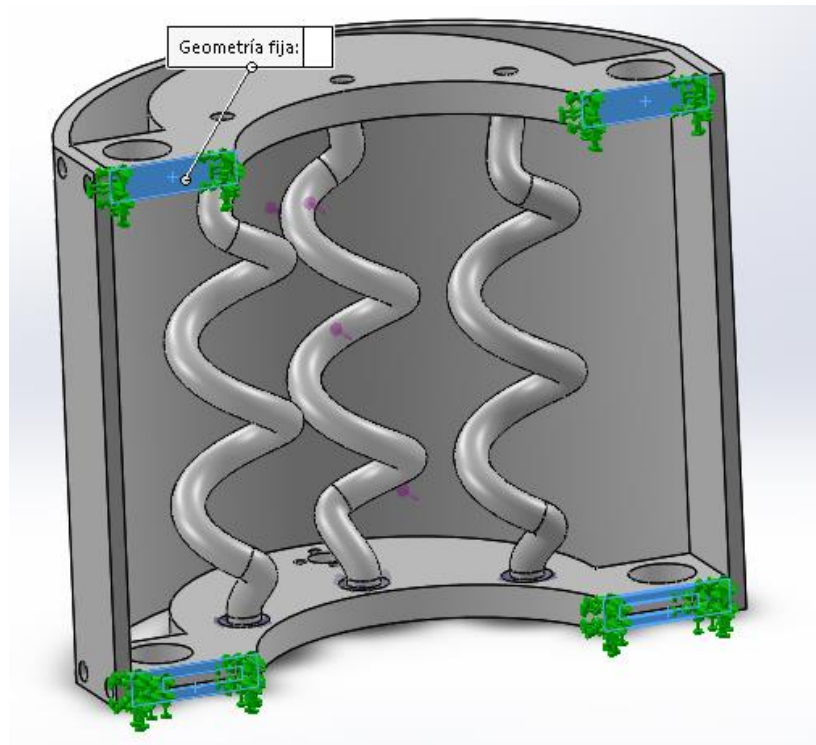


Figura 14. Geometrías fijas.

Para continuar con la ejecución del análisis se utiliza un mallado basado en curvaturas (Figura 15), por ser una mejor calidad de mallado, ya que genera geometrías más complejas, esta opción proporciona la creación de elementos automáticos en zonas que tienen mayor curvatura.

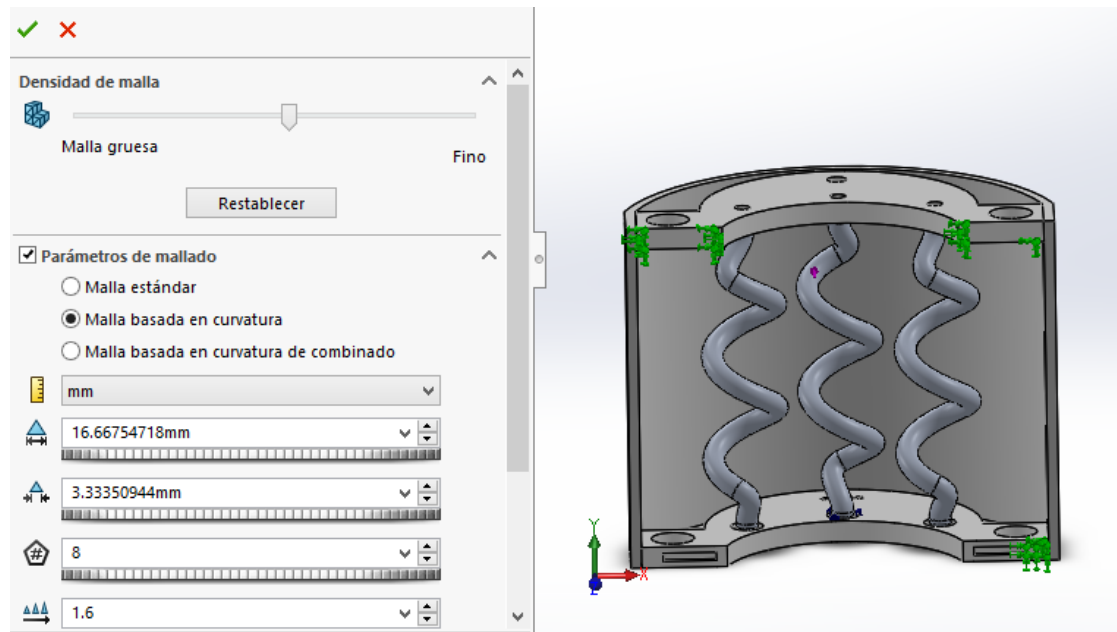


Figura 15. Mallados del ensamble.

3.1.2. Análisis de elementos finitos

En los resultados del análisis estático se tiene un desplazamiento máximo de 0.1263 mm (Figura 16), el cual es muy pequeño y no afecta al masaje.

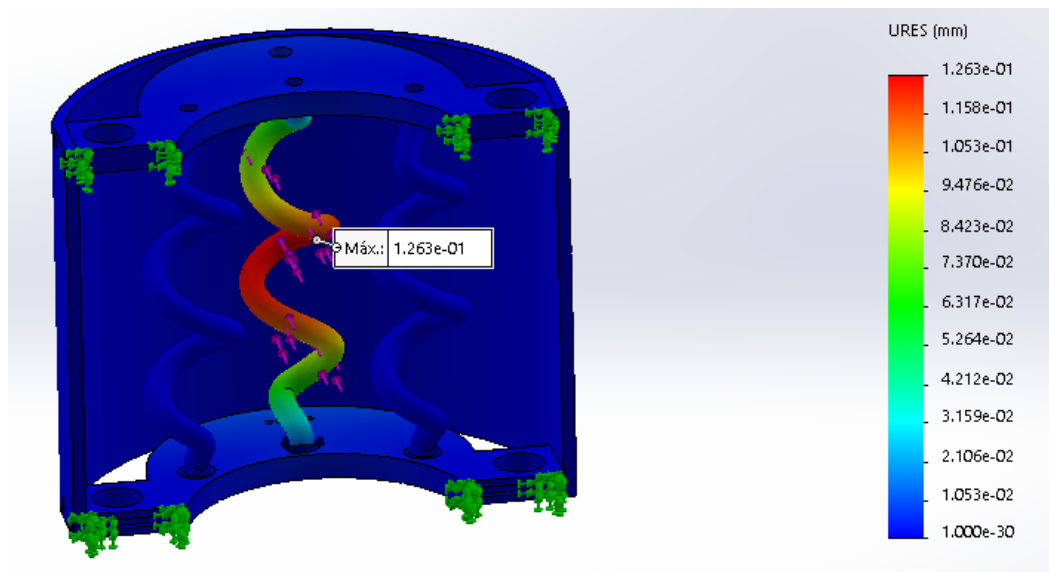


Figura 16. Desplazamiento máximo del mecanismo en análisis estático.

En la Figura 17, se presenta el resultado del análisis, del cual se obtiene como resultado un factor de seguridad de 3.3, que es bastante bueno considerando que la carga externa es muy alta.

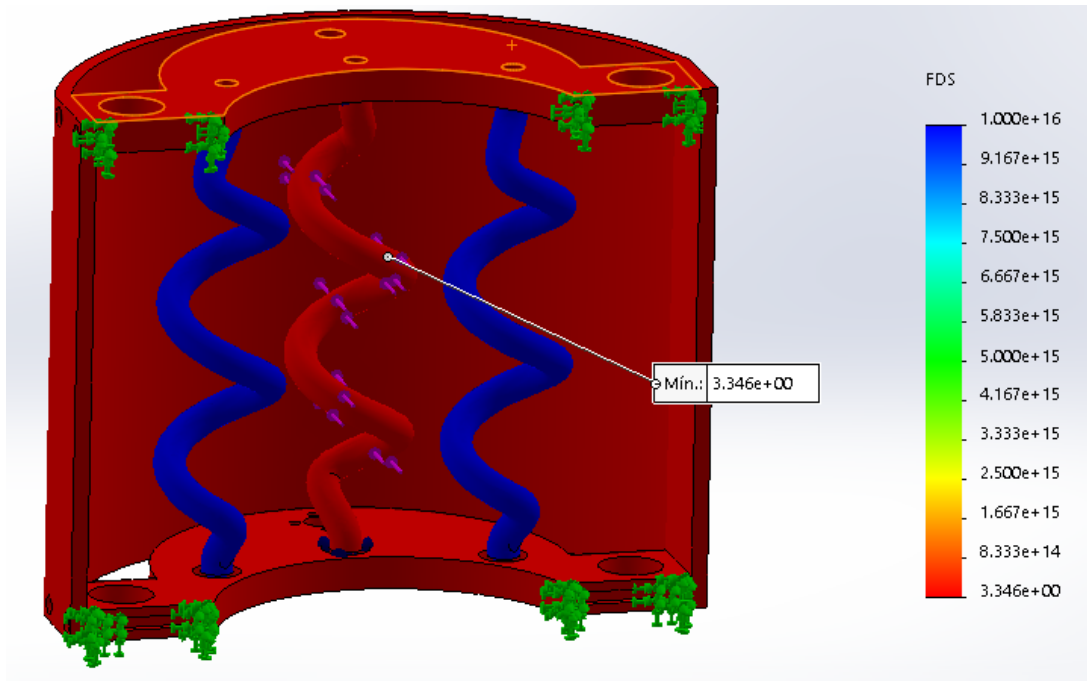


Figura 17. Factor de seguridad mínimo del mecanismo en análisis estático.

3.2. Análisis dinámico del mecanismo

Para este análisis se ha colocado una sección del material (goma de silicona) que va en contacto con la espiral, para esto se crea el contacto entre estos dos materiales (Figura 18), la colocación de parámetros ayuda a la obtención del torque y selección del modelo del motor. En la patente [19], se menciona que la velocidad en la vena safena varía entre 5 cm/seg y 15 cm/seg, en ese documento toman esos valores como variantes de tiempo en la compresión secuencial para el tratamiento y profilaxis de trombosis venosas profundas, considerando que estas compresiones se realizan en la pantorrilla, se toma el valor máximo de estas velocidades para el Análisis dinámico, pero para ello se debe transformar a RPM y

colocar en esa medida en el software, siendo RPM una velocidad angular y cm/seg una velocidad lineal, se necesita el radio de la espiral (2 cm) para la transformación de medidas, obteniendo como resultado 72 rpm aproximadamente. Para finalizar se ubica la misma distribución de fuerza puesta en el análisis estático y se edita la configuración de simulación para la creación del mallado.



Figura 18. Creación de simulación de contacto entre lamina de goma de silicona y el espiral.

Se analiza este estudio de movimiento con el factor de seguridad resultante de 2.5 (Figura 19), siendo un valor sobresaliente en materiales dúctiles.

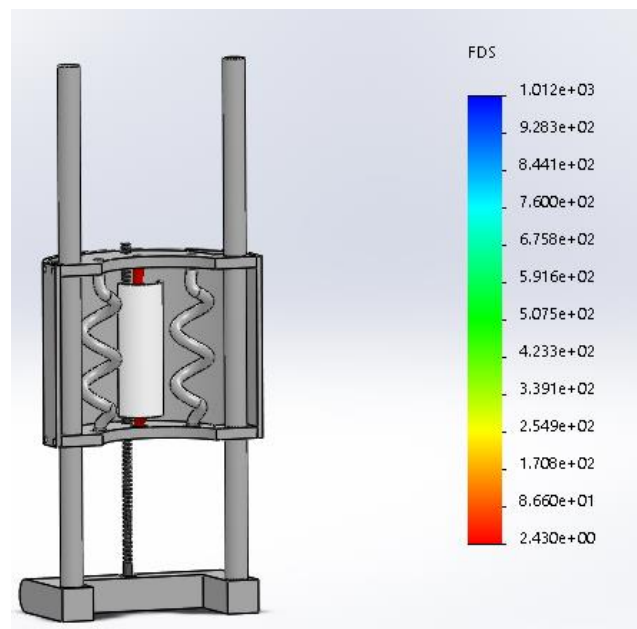


Figura 19. Factor de seguridad mínimo en análisis dinámico.

En la Figura 20 se observa el resultado de la simulación del torque vs tiempo, en el cual indica como resultado un máximo de 249 N-mm, pero este valor es el torque más alto que ejerce un solo espiral, entonces, se tiene que multiplicar por tres para obtener el torque total del mecanismo, resultando 747 N-mm. El motor se selecciona obteniendo la velocidad y torque que necesita el sistema, por lo que el motor Af-28 DC modelo VG-38126000, el cual tiene las siguientes características: caja reductora de 73, 82 rpm y un torque de 980,665 N-mm, estos valores son mínimos para el sistema (véase en el Anexo D).

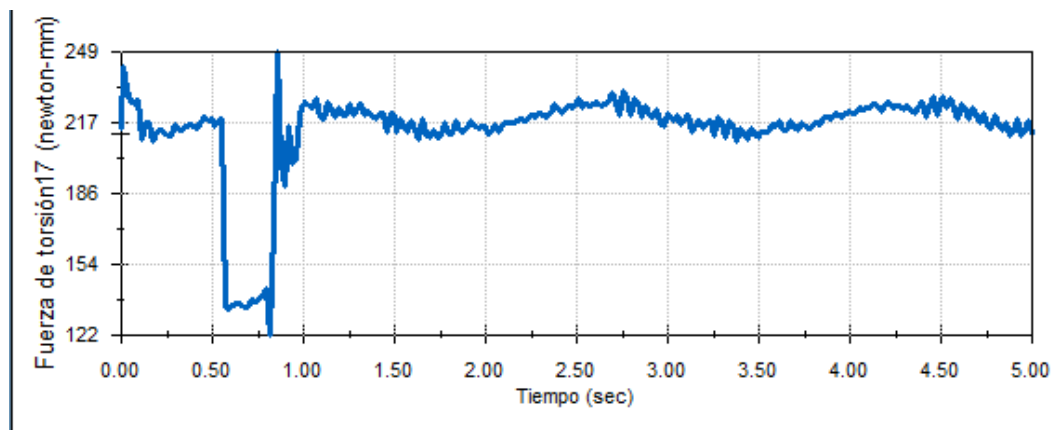


Figura 20. Torque vs tiempo.

3.3. Zonas de trabajo

El mecanismo está diseñado para que el sistema masajeador pueda ser usado para varios tamaños en las extremidades inferiores, en la Figura 21 se muestra una pierna con las dimensiones más altas de acuerdo con las medidas antropométricas de la Tabla 3 (altura poplítea de 472 mm), en la cual se observa que el sistema es capaz de trabajar perfectamente en el masaje. El sensor de presión va colocado dentro del cinturón del velcro, donde la presión que se ejerce está en la parte posterior de la pantorrilla.

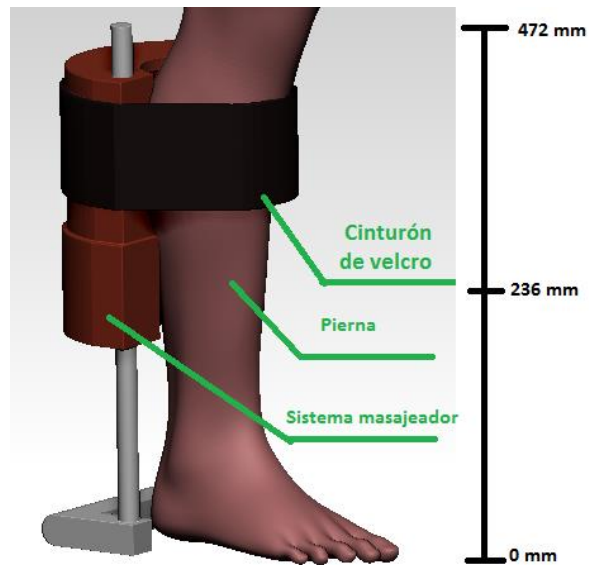


Figura 21. Sistema masajeador con pierna de mayor medida.

En la Figura 22 al contrario de la anterior se muestra el sistema con una pierna con dimensiones mínimas conseguidas en las medidas antropométricas de la Tabla 3 (altura poplíteica de 325 mm), de igual manera el sistema puede ser usado en estos usuarios como se puede identificar.

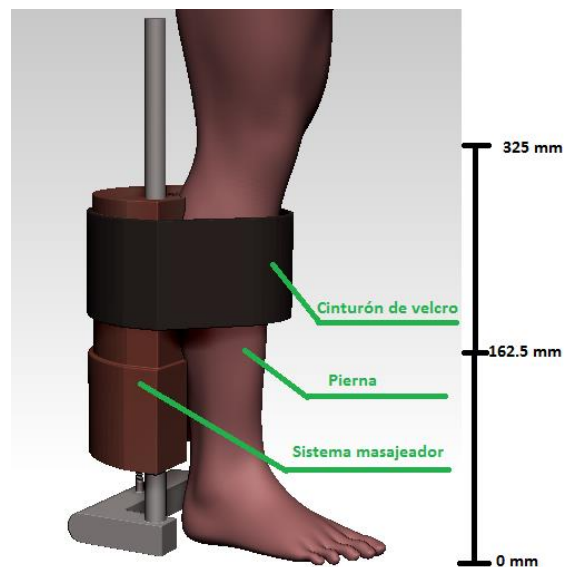
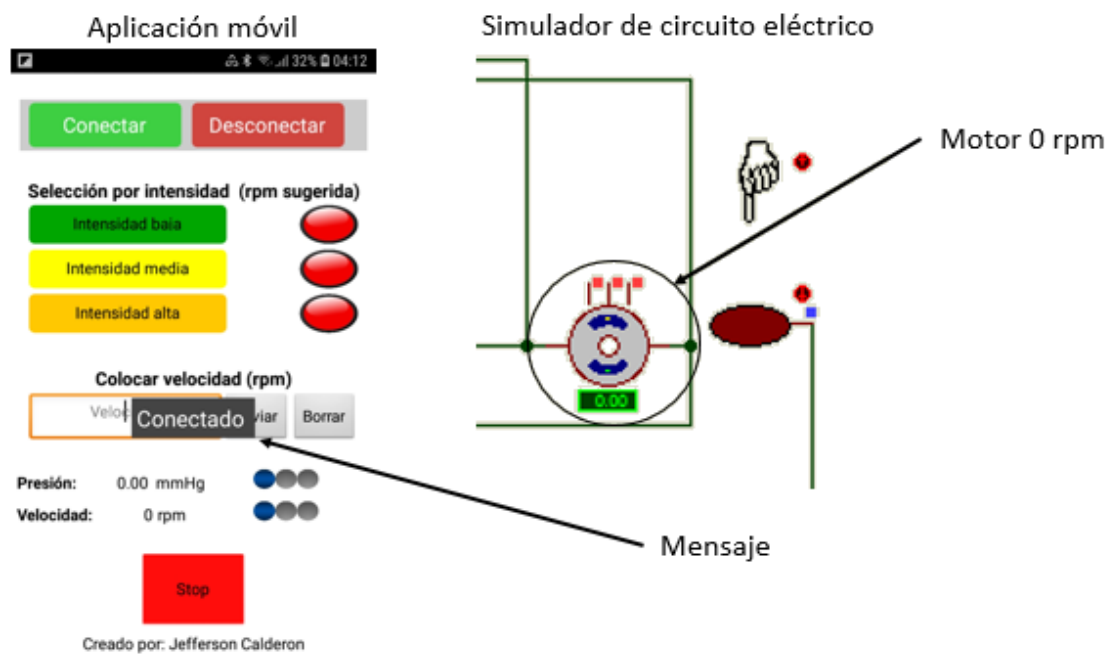


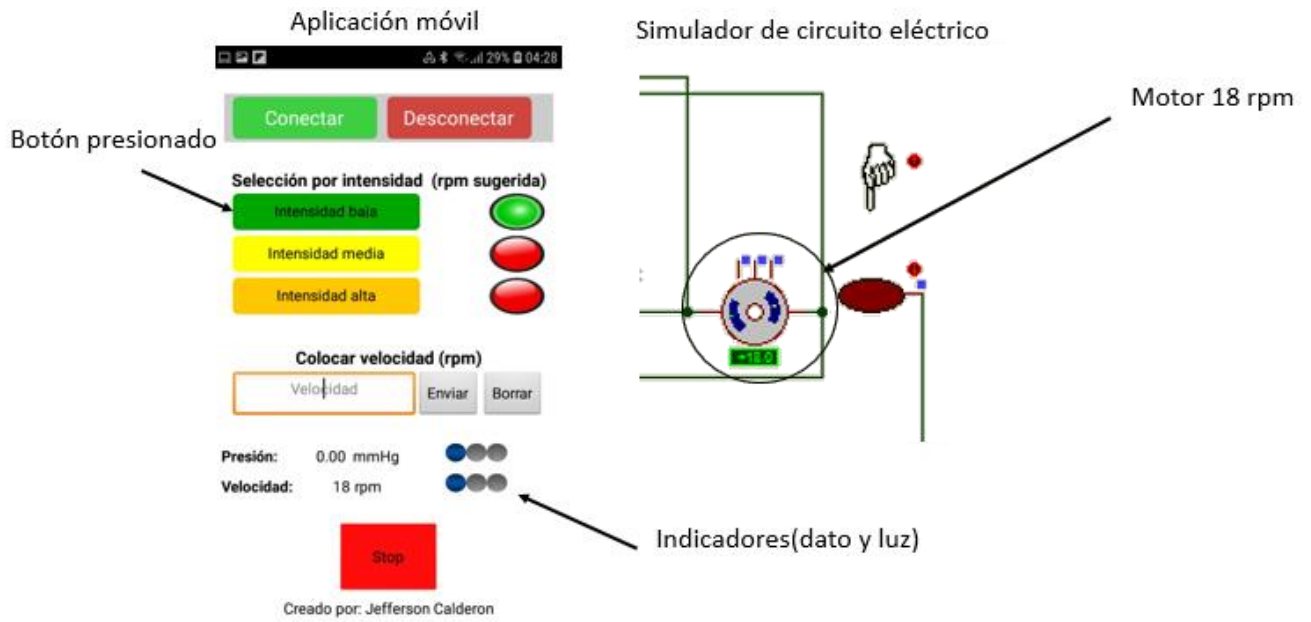
Figura 22. Sistema masajeador con pierna de mínima medida.

3.4. Resultados de simulación de la interfaz de control del sistema

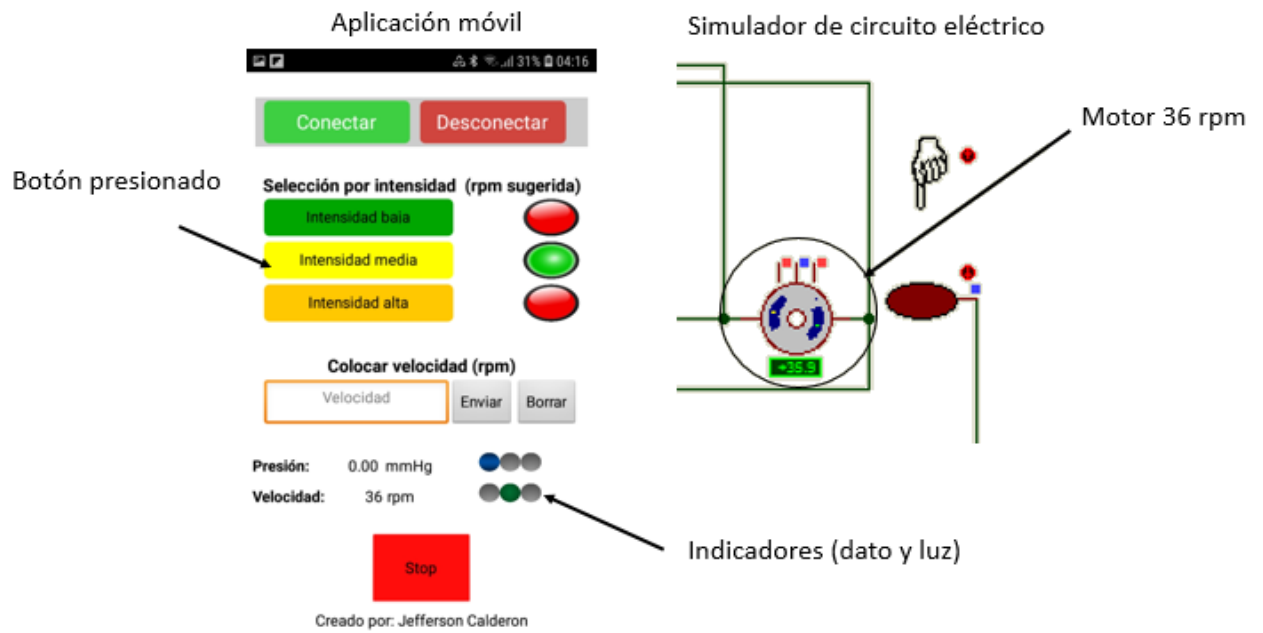
En la Figura 23 se muestra la simulación del sistema, en el que se identifica la aplicación móvil y el simulador del circuito eléctrico (motor y sensor de presión), y de esta manera se comprueba que se cumplan las características que se explicó en el literal 2.3.5.



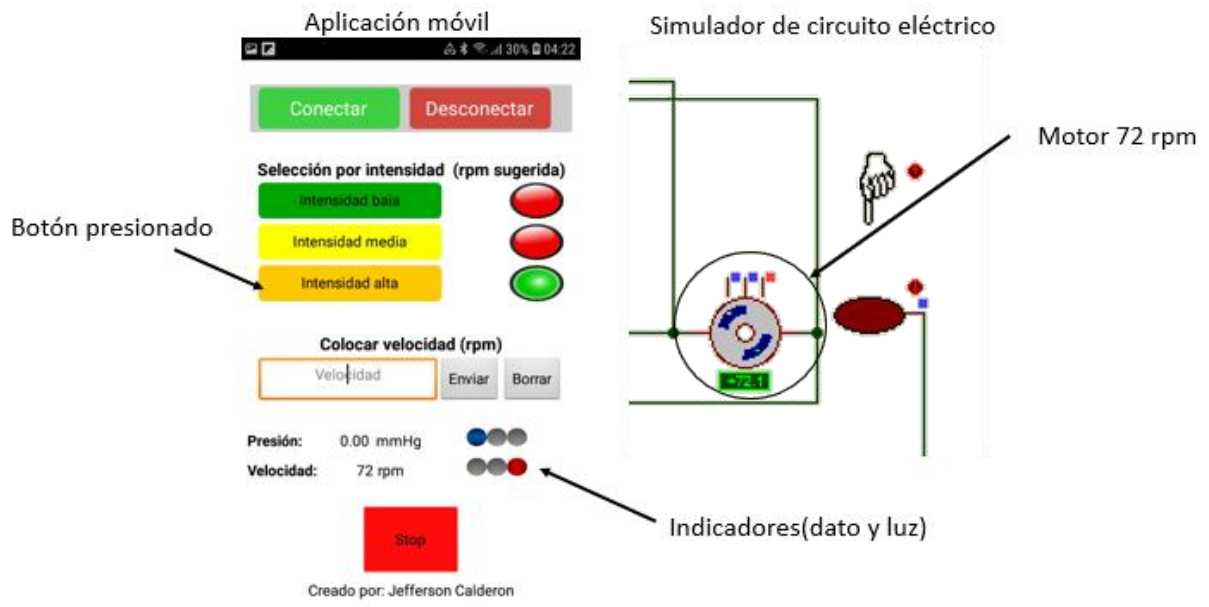
a)



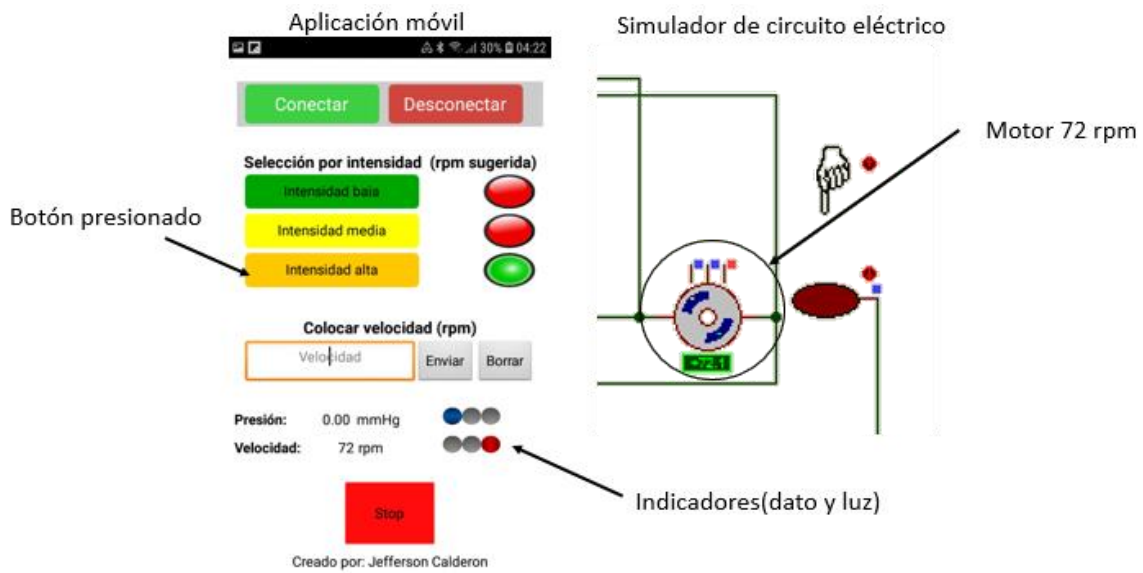
b)



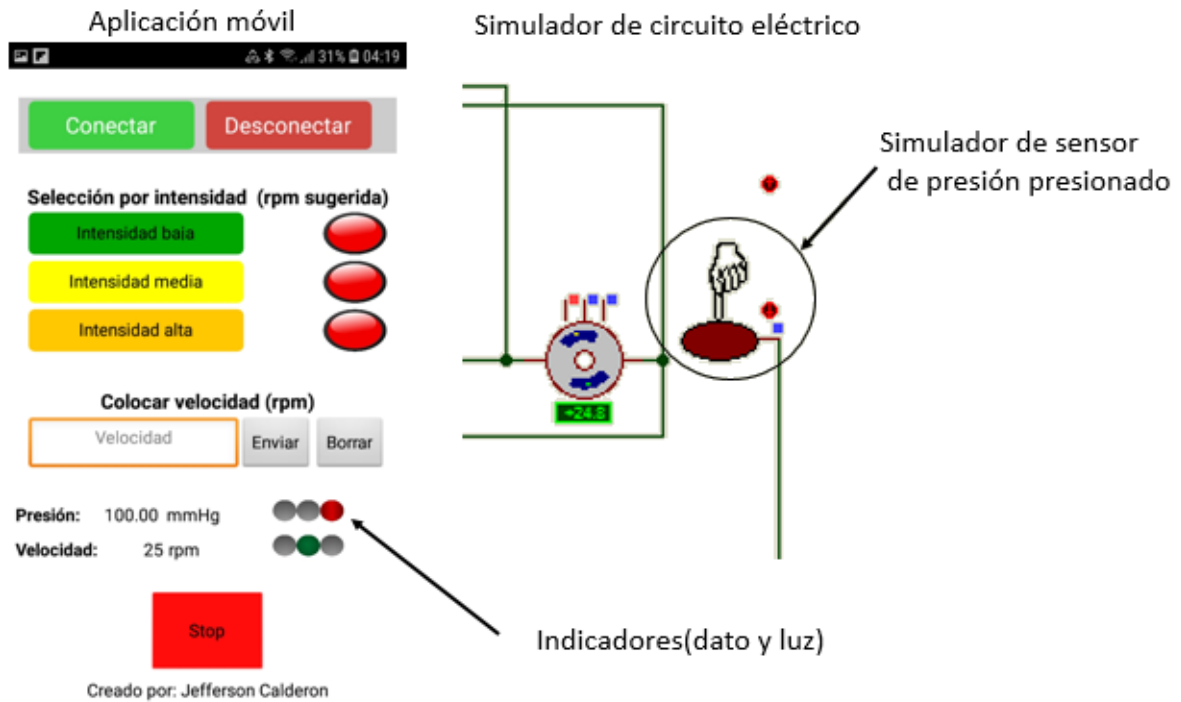
c)



d)



e)



f)

Figura 23. Prueba de funcionamiento de la interfaz: a) Conexión de la App con Placa electrónica, b) Selección de intensidad baja de masaje, c) Selección de intensidad media de masaje, d) Selección de intensidad alta de masaje, e) Colocación de intensidad de masaje deseada(rpm), f) Presión de simulador del sensor de presión.

3.5. Prototipo final del sistema

En la Figura 24 se tiene el sistema masajeador completo, en el cual posee tela (el terciopelo es sugerencia de la patente [21]) para la comodidad del usuario. También, se coloca una lámina de goma de silicona para que no exista fricción por el contacto que tendría las espirales y la pantorrilla, de esta manera no daña la piel del usuario

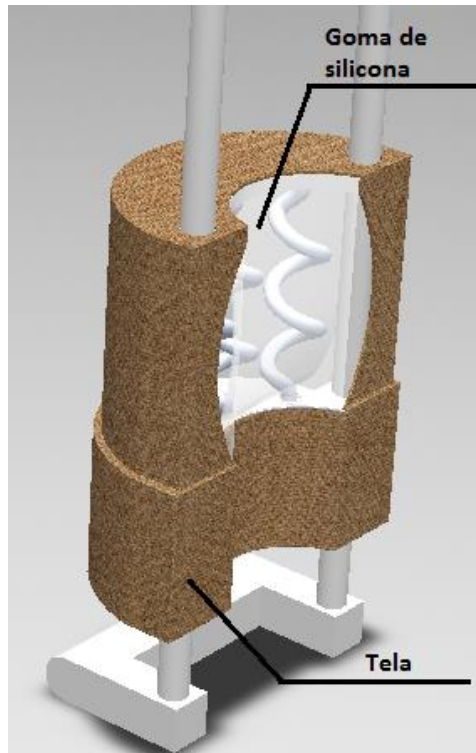


Figura 24. Vista isométrica del sistema masajeador.

En la Figura 25 se muestra el sistema masajeador, en el que se puede observar la placa de control desarrollada. El sistema es liviano, con un peso aproximadamente 4 libras (obtenido del software CAD), por lo que se considera transportable. Para el control del sistema se ha realizado una conexión inalámbrica, considerando el estado de emergencia sanitaria. El método de manipulación de bombeo y la presión secuencial que el sistema proporciona, hace que se considere como un masajeador que brinda un tratamiento para la mala circulación, consiguiendo la activación del sistema circulatorio, y además aporta en la limpieza de toxinas (drenaje linfático).

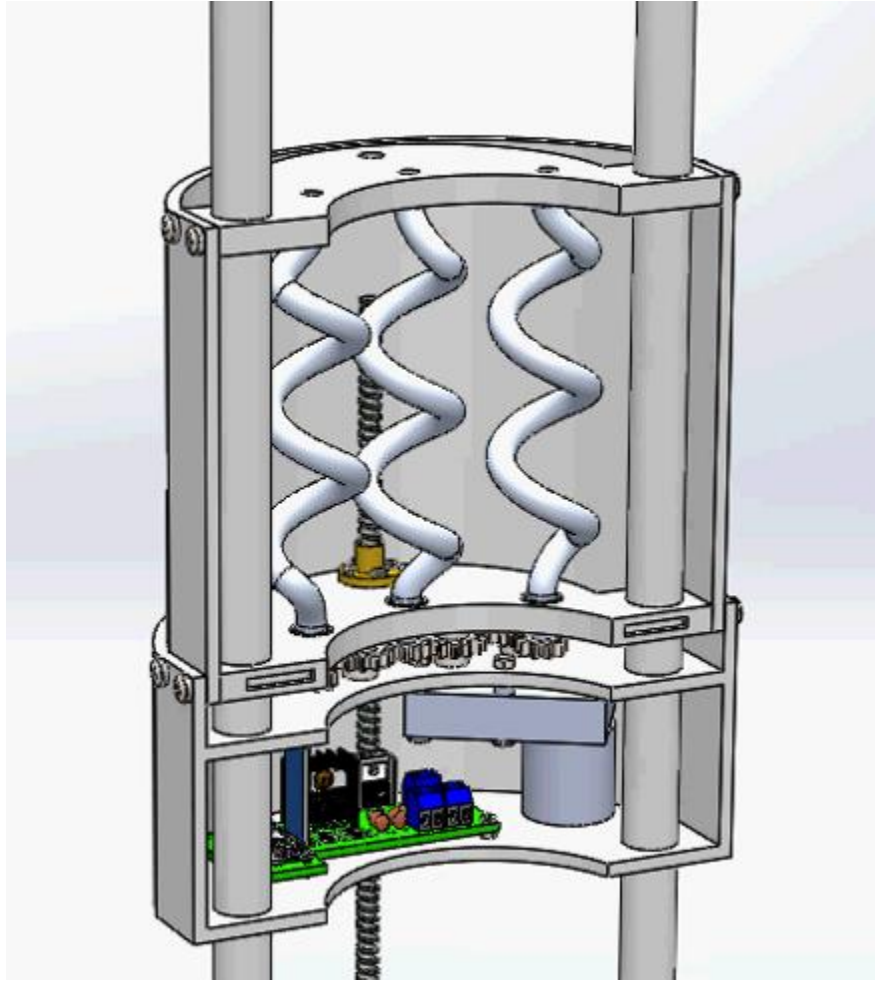


Figura 25. Sistema masajeador con visualización del circuito de control integrado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Los masajeadores encontrados en el mercado y las patentes revisadas fueron de gran ayuda en la obtención de las características y requisitos del sistema masajeador, cada uno de estos antecedentes aportó en la definición y el proseguir del diseño del sistema, como: la sujeción del sistema con velcro, en la mayoría de las patentes revisadas usan este elemento para el apriete del masajeador con la pierda del usuario; compresión secuencial, esta técnica de masaje es la más usada en las patentes por la manera que se presiona al musculo, ayudando a la activación del sistema circulatorio como modo de tratamiento.
- El sistema masajeador posee un método de masaje capaz de ayudar en la activación del sistema circulatorio, pues en la etapa del diseño del mecanismo se implementaron tres alternativas, en la que estas fueron analizadas a través de una matriz QFD (resultados de la matriz en Tabla 6), resultando que la alternativa seleccionada tiene el método de masaje con mayor enfoque para el diseño del sistema, puesto que en la creación de los tres mecanismos se basó en los métodos de masaje descritos en el Capítulo 1, siendo la manipulación por bombeo dicho método, el cual tiene su aplicabilidad en zonas curvas y largas del cuerpo, como es el caso de las piernas.
- Se considera una conexión inalámbrica para el desarrollo del sistema, por la emergencia sanitaria en la que se encuentra el planeta, así que se diseñó una placa electrónica que se conecta con App móvil por conexión bluetooth, ya que es una red inalámbrica de área personal y de acceso gratuito.

- La simulación mecánica del sistema comprueba la validez del diseño con resultados admisibles, y en la simulación de la interfaz de control se muestra la funcionalidad de la App móvil exponiendo los parámetros planteados, de los que se base en criterios de usabilidad y normas para el diseño.

RECOMENDACIONES

- En este sistema no se ha realizado un diseño con control térmico, por lo que se recomienda que los sistemas masajeador para las extremidades inferiores proporcionen es parámetro por sus beneficios en la circulación de la sangre y el músculo.
- El mecanismo de este trabajo está basado en un método de masaje y la aplicación de compresiones secuenciales, por lo que se recomienda la integración de varios métodos de masaje en los sistemas masajeador para las extremidades inferiores, ya que se podría servir para tratar la mala circulación, relajación del músculo, tratamiento para atletas, en un mismo dispositivo, por ejemplo.
- Tener en cuenta que tipo de dato se está recibiendo del dispositivo bluetooth cuando se desarrolla la aplicación, ya que en App inventor hay que especificar en la ventana principal al colocar el elemento gráfico de bluetooth, además de colocar tiempo adecuados de recepción de datos entre App Inventor y Arduino IDE, para evitar errores de transferencia.
- Los análisis estáticos y dinámicos para mecanismo con geométricas más complejas se recomienda utilizar el mallado basado en curvatura de combinado. Además, también puede mallar modelos que anteriormente no pudieron ser mallados.

Bibliografía

- [1] OMS, «who.int,» Organización Mundial de la Salud, 05 08 2020. [En línea]. Available: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/es/.
- [2] E. telégrafo, «eltelegrafo.com.ec,» El telégrafo, 05 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/en/1/mejore-la-circulacion-sin-salir-de-la-oficina>.
- [3] 안영복, 이원희, 김재진 y 김정태, «Limb compression device». South Korea Patente 10-1929223, 10 12 2018.
- [4] S. San Nicasio, M. Fernández, C. Domínguez, L. Dosil y L. Ochaíta, «Telangiectasia esencial generalizada,» Hospital Gregorio Marañón, Madrid, 2008.
- [5] M. N. Tripodi, Aplicación del Drenaje Linfático Manual en telangiectasias, Mar del Plata: Universidad FASTA, 2016.
- [6] A. Hamdan, E. Livingston y C. Lynn, «Tratamiento de várices,» *American Medical Association*, vol. 309, n° 12, 2013.
- [7] L. Mondelo, «www.podoactiva.com,» 19 02 2019. [En línea]. Available: <https://www.podoactiva.com/es/blog/mala-circulacion-en-pies-y-piernas-causas-sintomas-y-consejos-para-mejorar-este-problema>.

- [8] National Institutes of Health, «medlineplus,» U.S. Department of Health and Human Services, 2021. [En línea]. Available: <https://medlineplus.gov/spanish/vasculardiseases.html>.
- [9] L. M. Pérez Yáñez, E. Rogés Machado y A. Gutiérrez López , «Rehabilitación cardiovascular supervisada en la claudicación intermitente,» Hospital Clínico Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras", La Habana, 2018.
- [10] A. M. López Córdova, «EL MASAJE TERAPÉUTICO PROFUNDO COMO MÉTODO DE PREVENCIÓN EN VARICES TIPO I Y II EN EL PERSONAL DOCENTE QUE LABORA EN LA ESCUELA PARTICULAR CARMEN BARONA DE LA CIUDAD DE AMBATO PERÍODO FEBRERO – JULIO 2012,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2013.
- [11] C. Carrasco Legleu, . R. Candia, L. G. De León Fierro, O. U. Sánchez y K. Candia, «La vibración como terapia preventiva y tratamiento del dolormuscular tardío. Una revisión sistemática,» Universidad Autónoma de Chihuahua, México, 2016.
- [12] M. N. Tripodi, «Apliación del drenaje linfático,» Universidad Fasta, Mar Del Plata, 2016.
- [13] masajeando.com, «www.masajeando.com,» [En línea]. Available: <https://masajeando.com/masajeador-de-piernas/>.

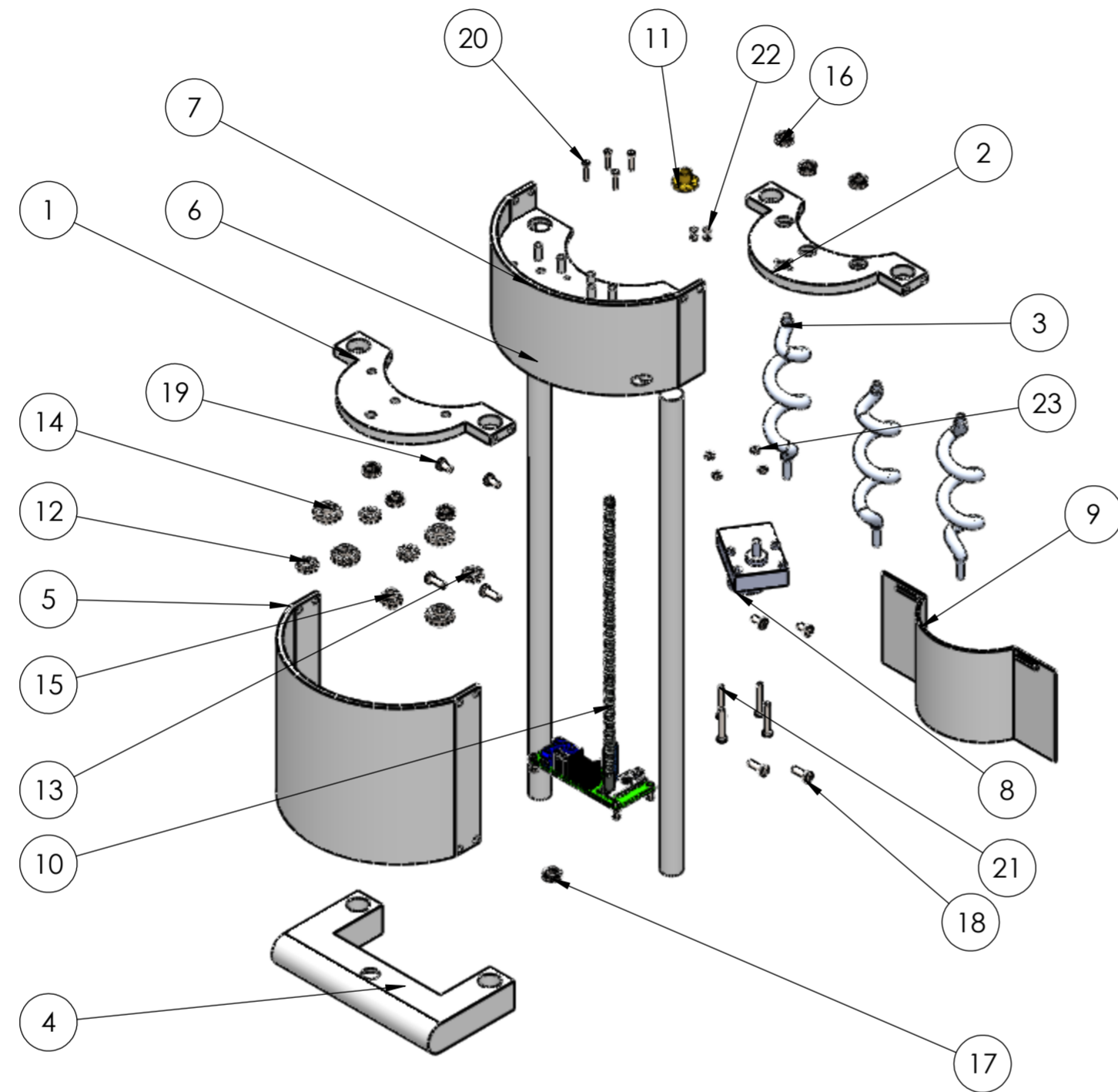
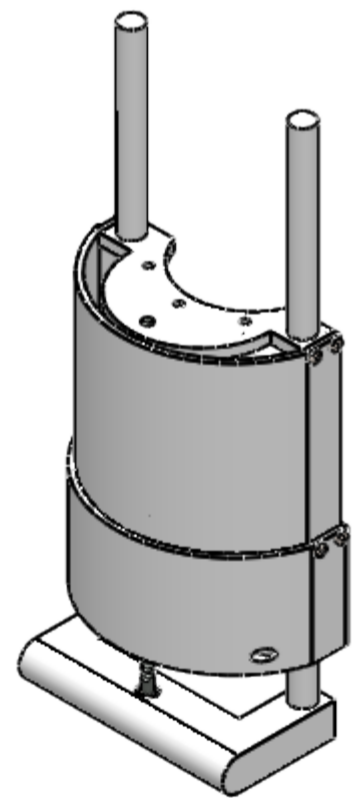
- [14] VITALZEN, «amazon.es,» Amazon, 09 25 2020. [En línea]. Available: <https://www.amazon.es/VITALZEN-Masajeador-piernas-rodillas-muslos/dp/B01LYC1OFT>. [Último acceso: 09 25 2020].
- [15] QUINEAR, «amazon.es,» Amazon, 25 09 2020. [En línea]. Available: <https://www.amazon.es/QUINEAR-Masajeador-Masajeadores-Elctrico-Circulaci%C3%B3n/dp/B07PB1NX46>. [Último acceso: 25 09 2020].
- [16] QUINEAR, «amazon.es,» Amazon, 25 09 2020. [En línea]. Available: <https://www.amazon.es/QUINEAR-Masajeador-pantorrillas-autom%C3%A1ticos-intensidades/dp/B0758BMHBT>. [Último acceso: 25 09 2020].
- [17] A. Ky, «Portable leg deep vein massager and propulsor». EE. UU. Patente US 9,717,641 B2, 01 09 2017.
- [18] 남윤, «Portable massage device for pressurized blood circulation». South Korea Patente 10-1572974, 24 11 2015.
- [19] A. Mamduh, M. Ali, A. Abdulaziz y A. Theeb, «Sequential compression device for treatment and prophylaxis of deep vein thromboses». EE.UU. Patente US 9,549,867 B1, 24 06 2017.
- [20] N. Youn , «Sequential compression massage device using stacked member». EE.UU. Patente US 9 , 789 , 022 B1, 17 10 2017.

- [21] ジョンソン, エリックフォガーティ, トーマスルカテロ, シルヴェスターラロヤ, ギルバートウォール, ジェイムスサリナス y コンラッド, «Adaptive compression treatment system and method». EE.UU. Patente US201662328574P, 27 04 2016.
- [22] R. Ávila Chaurand, R. L. Prado León y E. L. González Muñoz, Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana, Guadalajara: Universidad de Guadalajara, 2007.
- [23] «mercadolibre,» Tecnología Ecuador, [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-429821783-fuente-de-poder-adaptador-transformador-12v-2a-_JM#position=26&type=item&tracking_id=df72a564-4df0-4405-9e36-88d661e694fe. [Último acceso: 03 05 2021].
- [24] «electronicoscaldas,» [En línea]. Available: <https://www.electronicoscaldas.com/es/drivers-de-potencia/84-driver-puente-h-completo-l298.html>. [Último acceso: 03 05 2021].
- [25] «tienda.bricogeek,» [En línea]. Available: <https://tienda.bricogeek.com/reguladores/91-regulador-de-tension-5v-lm7805.html>. [Último acceso: 03 05 2021].
- [26] «aliexpress,» [En línea]. Available: <https://es.aliexpress.com/item/32969034303.html>. [Último acceso: 03 05 2021].

- [27] «hackaday,» [En línea]. Available: <https://hackaday.com/2019/05/19/new-arduino-nano-line-rolls-out-in-four-flavors-at-maker-faire-bay-area/>. [Último acceso: 03 05 2021].
- [28] «dinastiatecnologica,» [En línea]. Available: <https://dinastiatecnologica.com/producto/modulo-bluetooth-hc-06/>. [Último acceso: 03 05 2021].
- [29] «alibaba.com,» [En línea]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/AF-38-DC-gear-motor_429986224.html?spm=a2700.md_es_ES.pronpeci14.14.2e8d5192tmveTY. [Último acceso: 03 05 2021].
- [30] M. Zaleska, W. L. Olszewski, M. Cakala, J. Cwikla y T. Budlewski, «Intermittent Pneumatic Compression Enhances Formation of Edema Tissue Fluid Channels in Lymphedema of Lower Limbs,» *Lymphatic Research and Biology*, vol. 13, nº 02, pp. 146-153, 2015.
- [31] D. Korona, Equipo de control de mando procesos en el hogar y sus alrededores, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- [32] SGMADA, «alibaba.com,» [En línea]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/AF-38-DC-gear-motor_429986224.html?spm=a2700.md_es_ES.pronpeci14.14.2e8d5192tmveTY.

Anexos

Anexo A: Planos mecánicos



4	M3 x 0.5 x 13			24
4	M4 x 0.7			23
12	M3 x 0.5			22
4	M4 x 0.7 x 30			21
4	M3 x 0.5 x 16			20
4	M5 x 0.8 x 10			19
4	M5 x 0.8 x 16			18
1	Rodamiento 6804ZZ			17
6	RMS 20			16
1	1.5M 10T 20PA 5FW			15
4	1.5M 14T 20PA 5FW			14
1	1.5M 10T 20PA 5FW			13
3	1.5M 10T 20PA 5FW			12
1	TUERCA DE HUSILLO	LATÓN		11
1	HUSILLO DE BOLAS	PLOMO		10
1	TAPA	TPU	MSM-009	9
1	MOTOR	ACERO	MSM-008	8
1	CAJA	ABS	MSM-007	7
2	BARRA	ABS	MSM-006	6
1	CUBIERTA POSTERIOR	ABS	MSM-005	5
1	BASE	ABS	MSM-004	4
3	ESPIRAL	ALUMINIO 1060	MSM-003	3
1	PLACA INFERIOR	ABS	MSM-002	2
1	PLACA SUPERIOR	ABS	MSM-001	1
CANTIDAD	PIEZA	MATERIAL	REFERENCIA	N.º DE ELEMENTO



FICA

CIME

PROYECTO: SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES

PARTE: MECANISMO DEL SISTEMA MASAJEADOR

CÓDIGO: MSM-000

MATERIAL:

VARIOS

TRATAMIENTO:

NINGUNO

RECUBRIMIENTO:

NINGUNO

CANTIDAD:

1

DISENO: CALDERON J.

DIBUJO: CALDERON J.

REVISO: ING. TOBAR L.

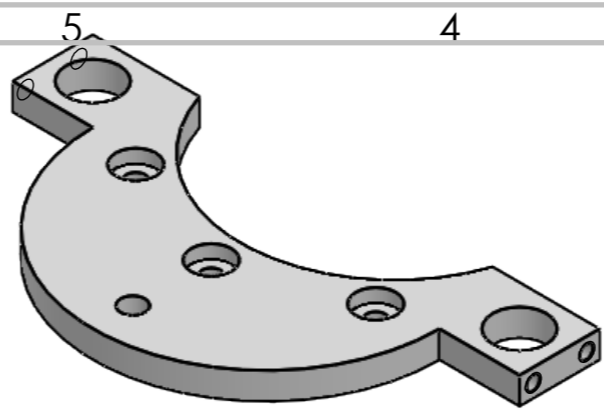
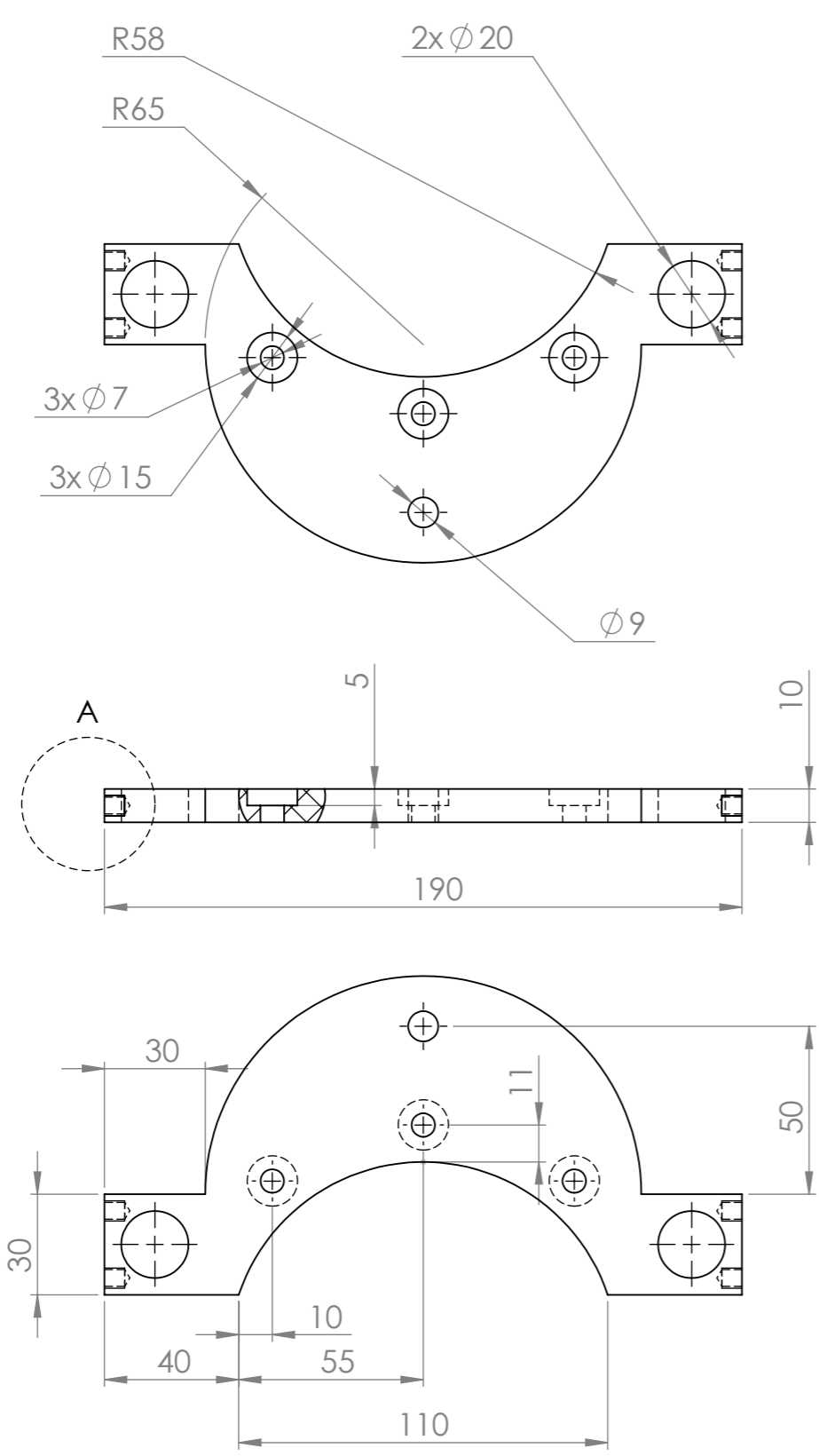
APROBO: ING. TOBAR L.

ESCALA:
1:5

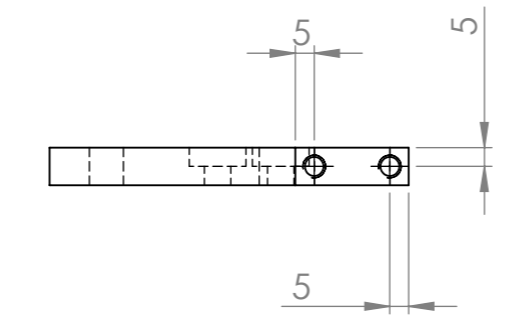
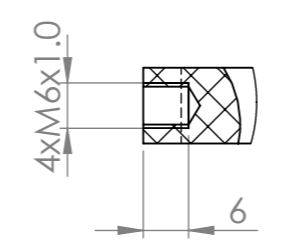
TOLERANCIA: ± 0.2

HOJA:

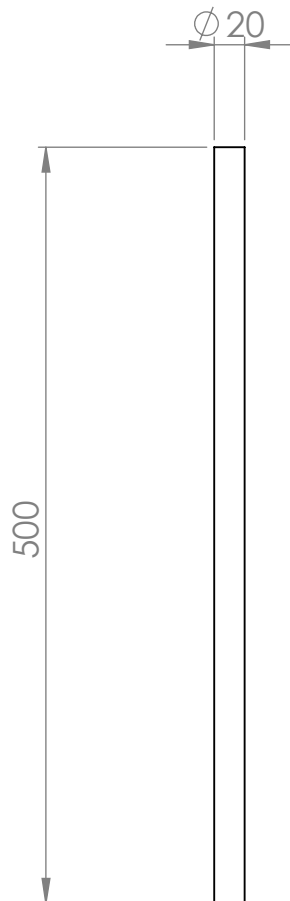
1-1



DETALLE A
ESCALA 1 : 1



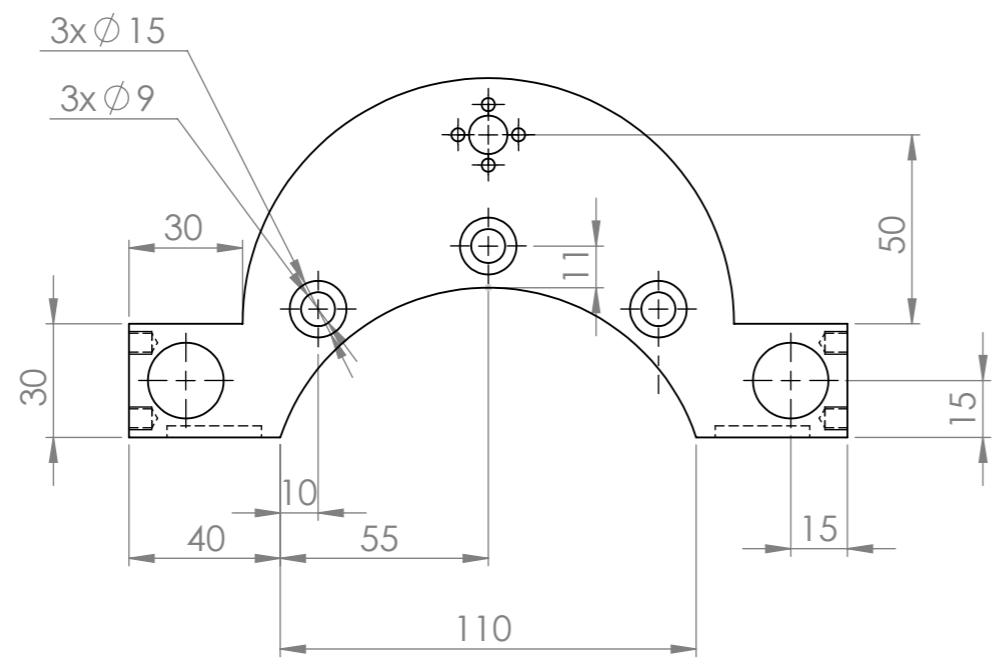
				PROYECTO: SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES		ESCALA: 1:2	
				PARTE: PLACA SUPERIOR		TOLERANCIA: ± 0.2	
CÓDIGO: MSM-001				MATERIAL: ABS		DISEÑO: CALDERON J.	
TRATAMIENTO: NINGUNO				RECUBRIMIENTO: NINGUNO		DIBUJO: CALDERON J.	
CANTIDAD: 1				REVISO: ING. TOBAR L.		HOJA: 1-1	
APROBÓ: ING. TOBAR L.				FICA		CIME	



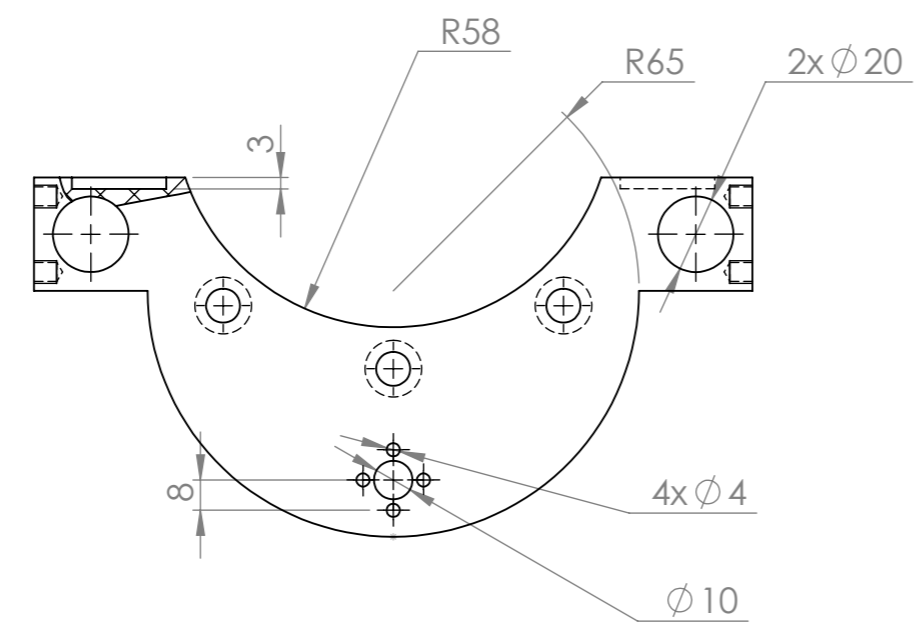
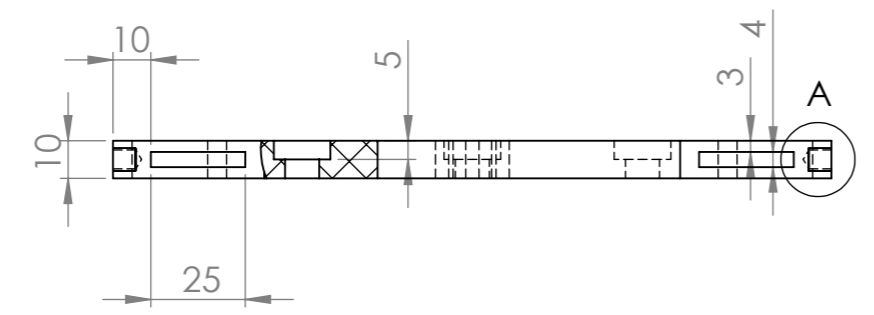
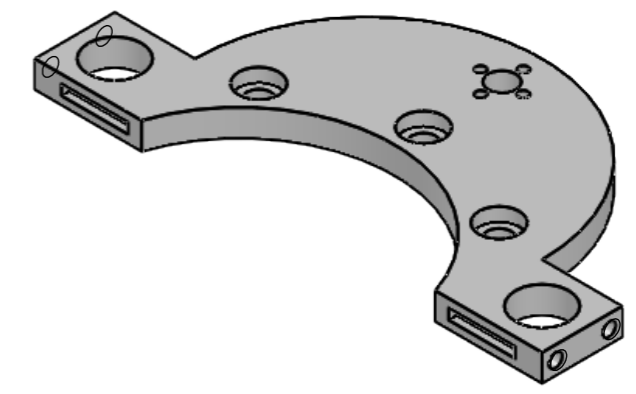
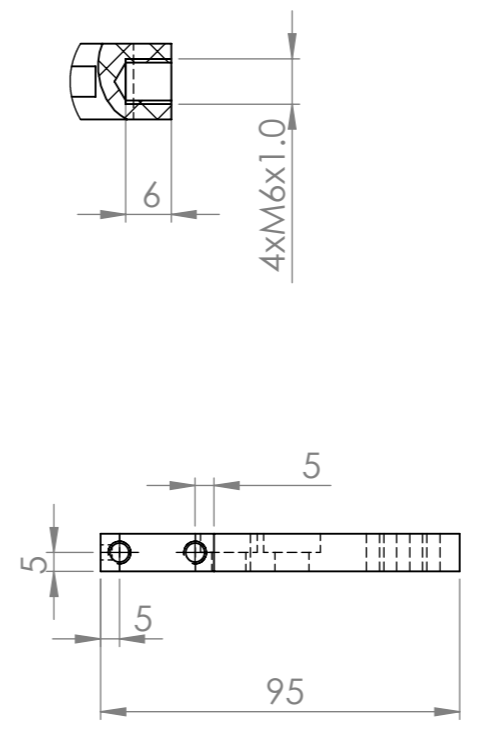
PROYECTO: SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES				ESCALA: 1:5	
				PARTE: BARRA	
CÓDIGO: MSM-008				HOJA:	
MATERIAL:	ABS	DISEÑO:	JEFFERSON C		
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	JEFFERSON C	1-1	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	ING. TOBAR L.		
CANTIDAD:	2	APROBÓ:	ING. TOBAR L.		



FICA

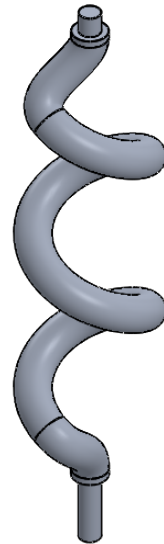
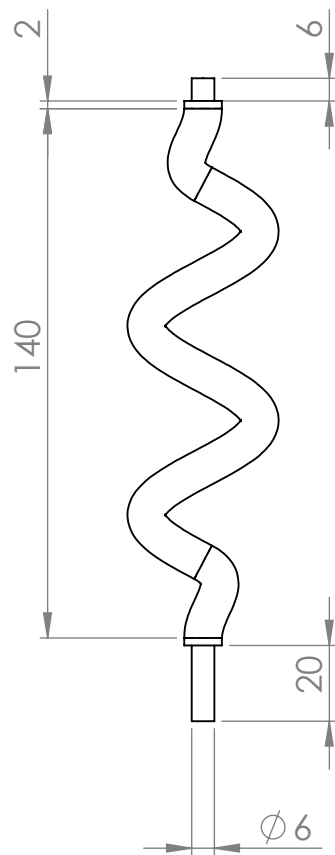
CIME



DETALLE A
ESCALA 1:1

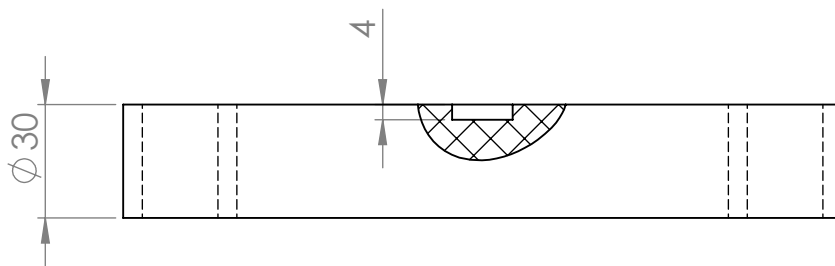
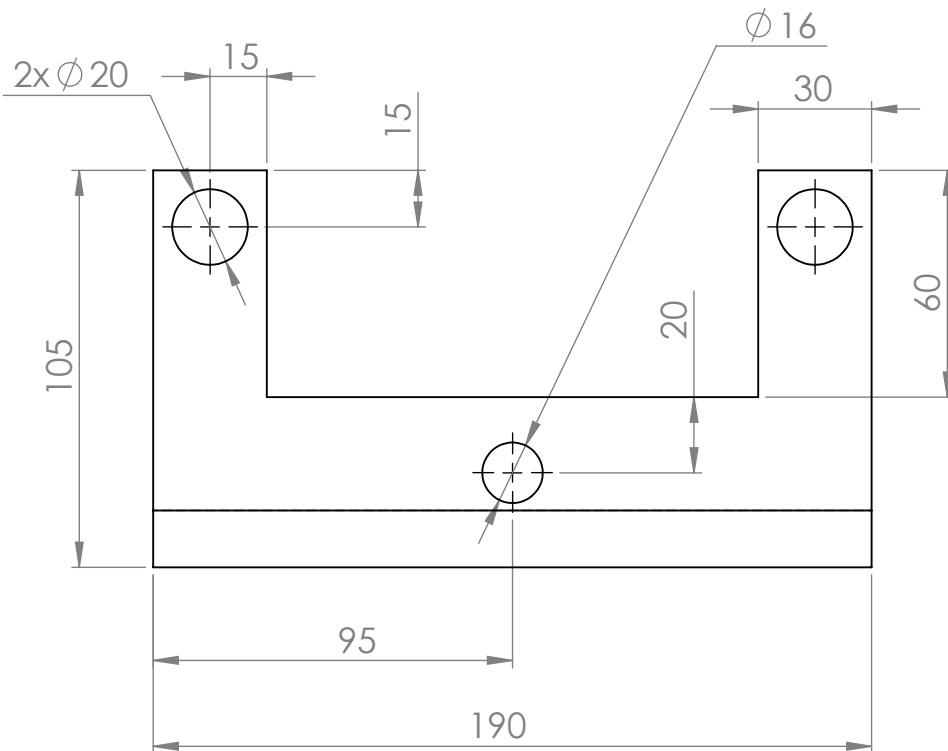
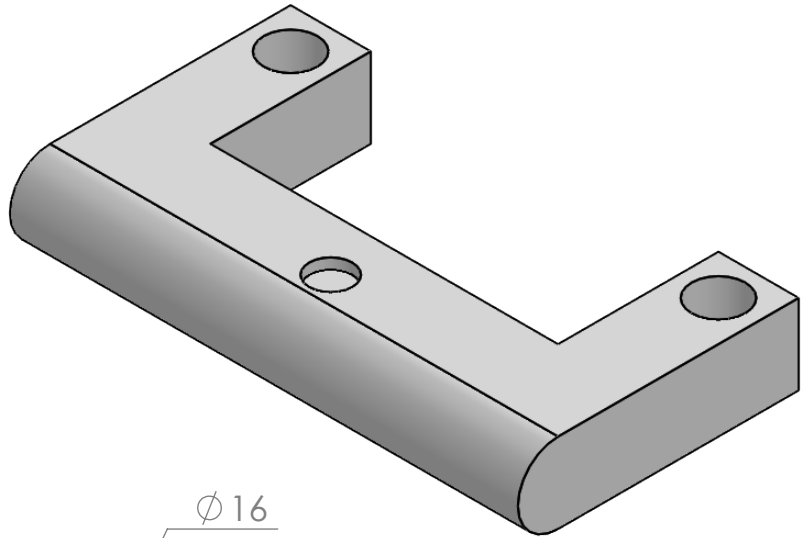


	PROYECTO: SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES			ESCALA: 1:2		
	PARTE: PLACA INFERIOR			TOLERANCIA: ± 0.2		
	CÓDIGO: MSM-002			HOJA:		
	MATERIAL:	ABS	DISENO:	CALDERON J.	1-1	
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJO:	CALDERON J.		
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISO:	ING. TOBAR L.			
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	ING. TOBAR L.			
FICA	CIME					



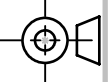
Nota: Hélice/espiral de paso 50mm, 2 revoluciones, ángulo inicial de 0°, diámetro 10mm.

	PROYECTO: SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES			ESCALA: 1:2	
	PARTE: ESPIRAL				
	CÓDIGO: MSM-003			TOLERANCIA: ± 0.2	
	MATERIAL:	ALUMINIO 1060	DISEÑO:	JEFFERSON C	HOJA:
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	JEFFERSON C		
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	ING. LUZ T.	1-1	
FICA	CIME	CANTIDAD:	3		APROBÓ:



PROYECTO: SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES

ESCALA:
1:2



PARTE: BASE

CÓDIGO: MSM-004

TOLERANCIA: ± 0.2

MATERIAL: ABS DISEÑO: JEFFERSON C

TRATAMIENTO: NINGUNO DIBUJÓ: JEFFERSON C

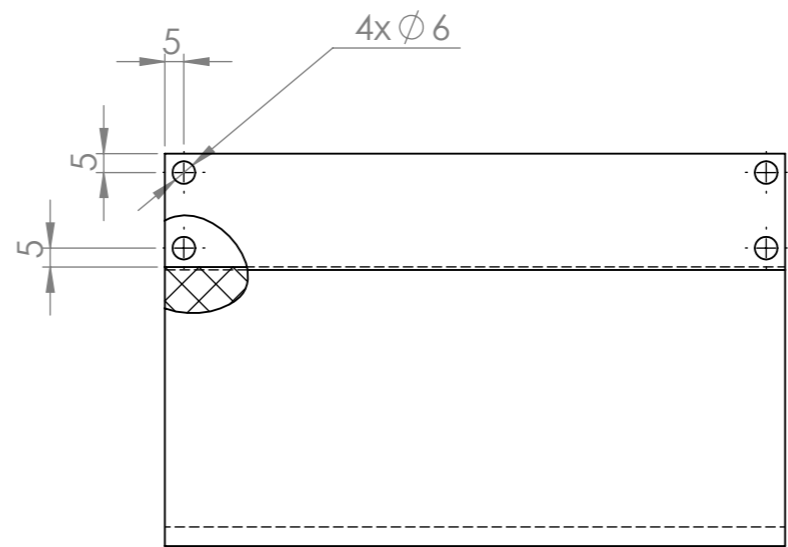
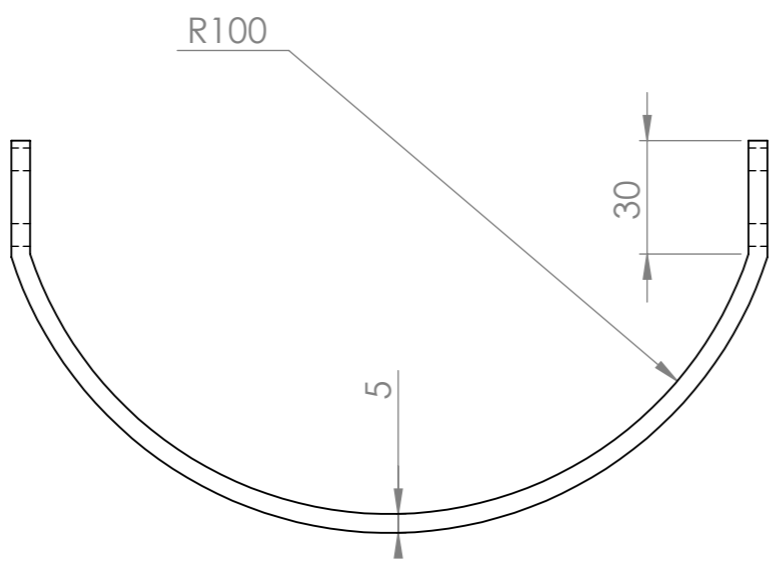
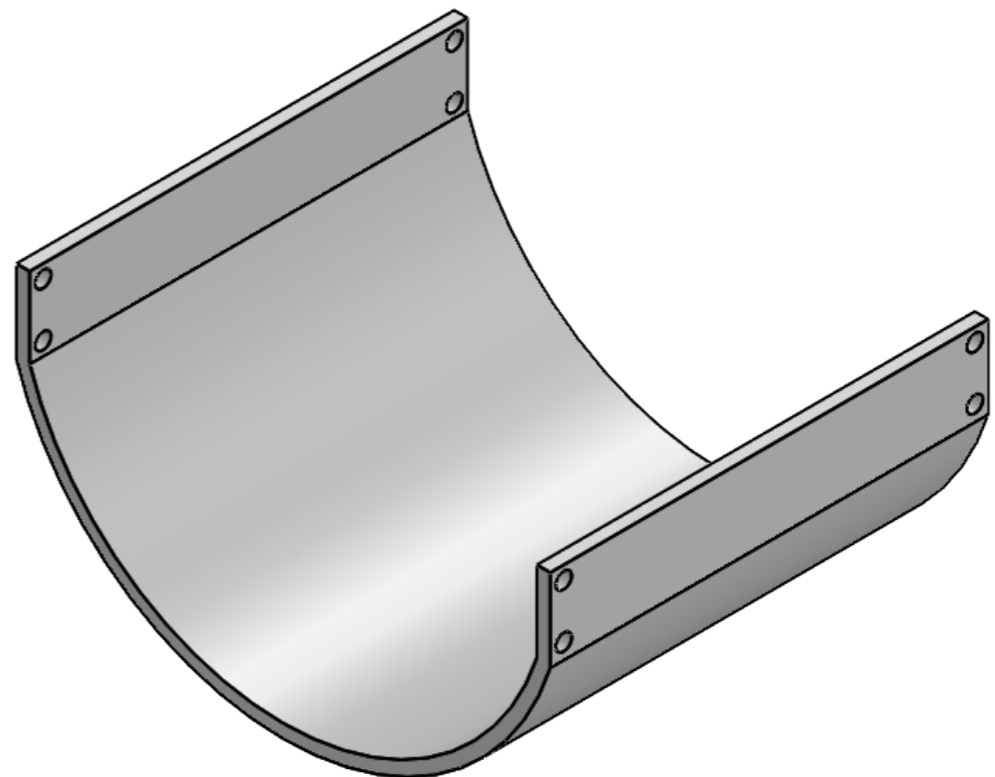
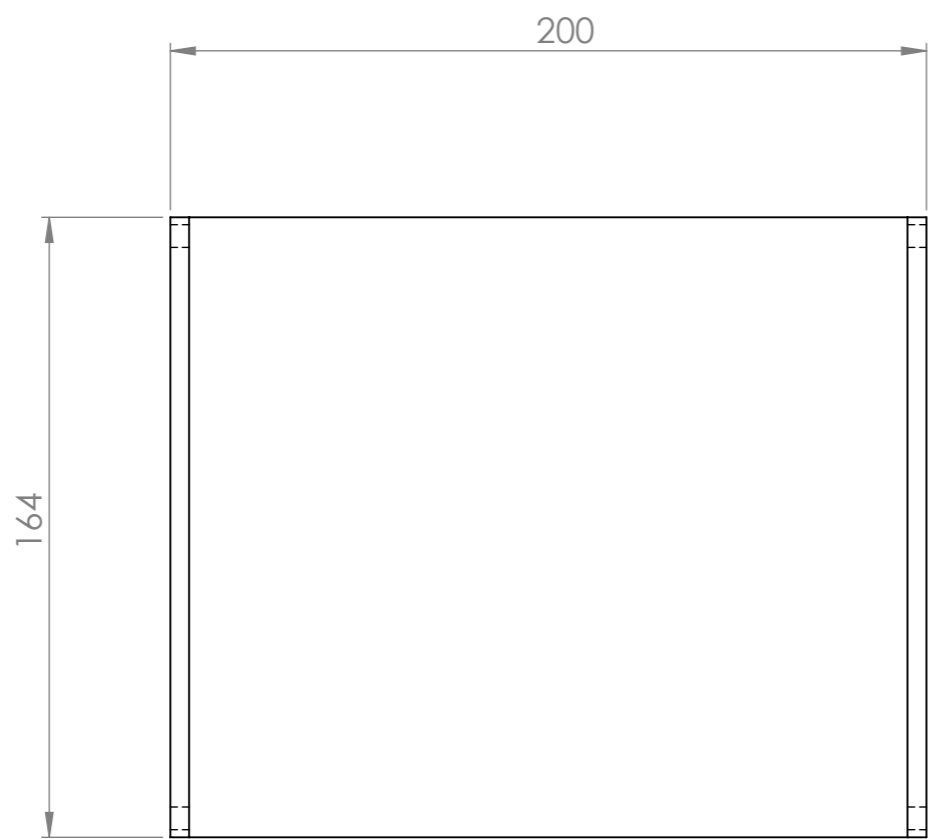
RECUBRIMIENTO: NINGUNO REVISÓ: ING. TOBAR L.

CANTIDAD: 1 APROBÓ: ING. TOBAR L.

FICA

CIME

1-1



	PROYECTO: SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES			ESCALA:		
	PARTE: CUBIERTA POSTERIOR			1:2		
	CÓDIGO: MSM-005			TOLERANCIA: ± 0.2		
	MATERIAL:	ABS	DISENO:	CALDERON J.	HOJA:	
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJO:	CALDERON J.		
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISO:	ING. TOBAR L.	1-1		
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	ING. TOBAR L.			

FICA

CIME

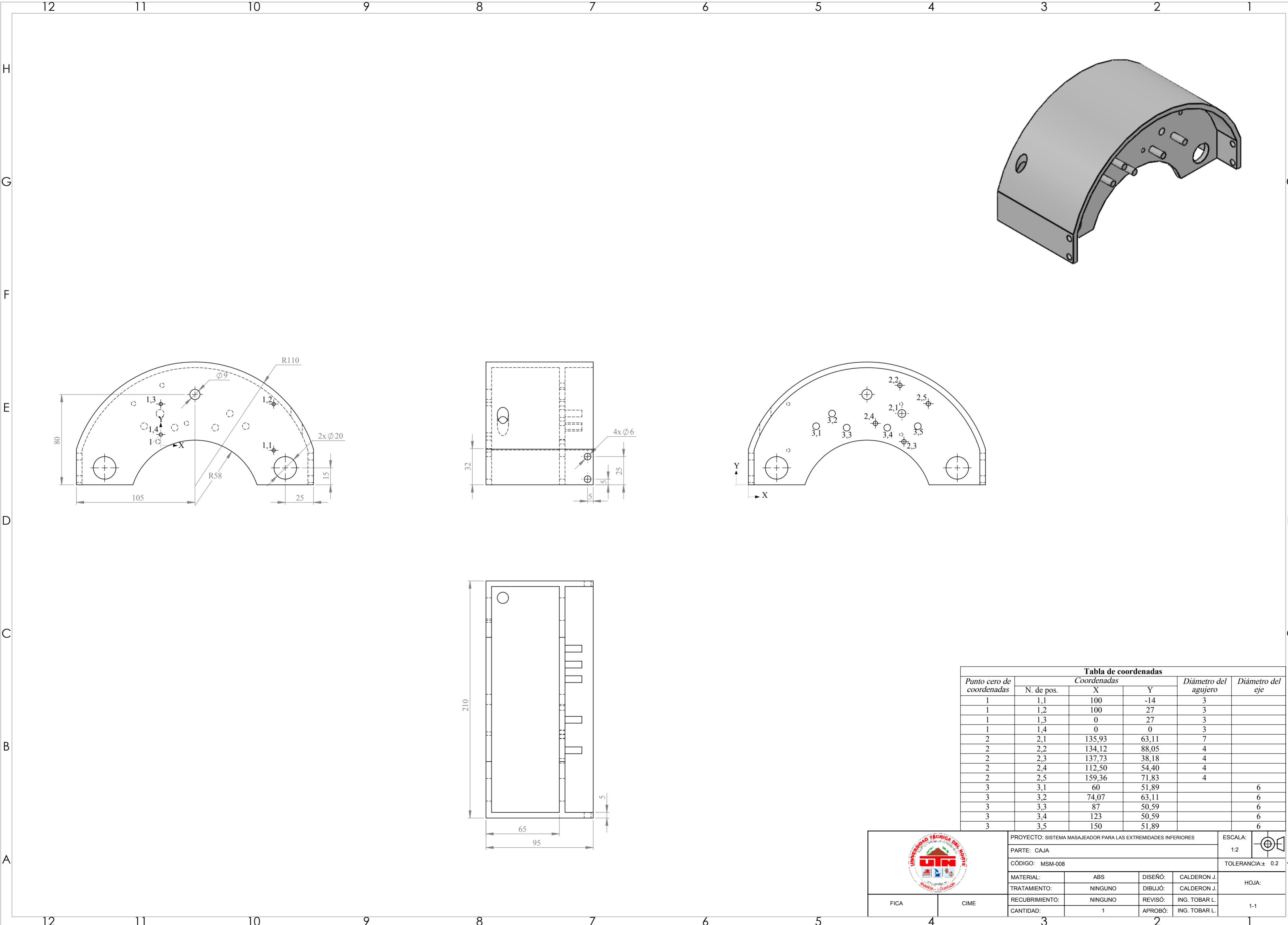


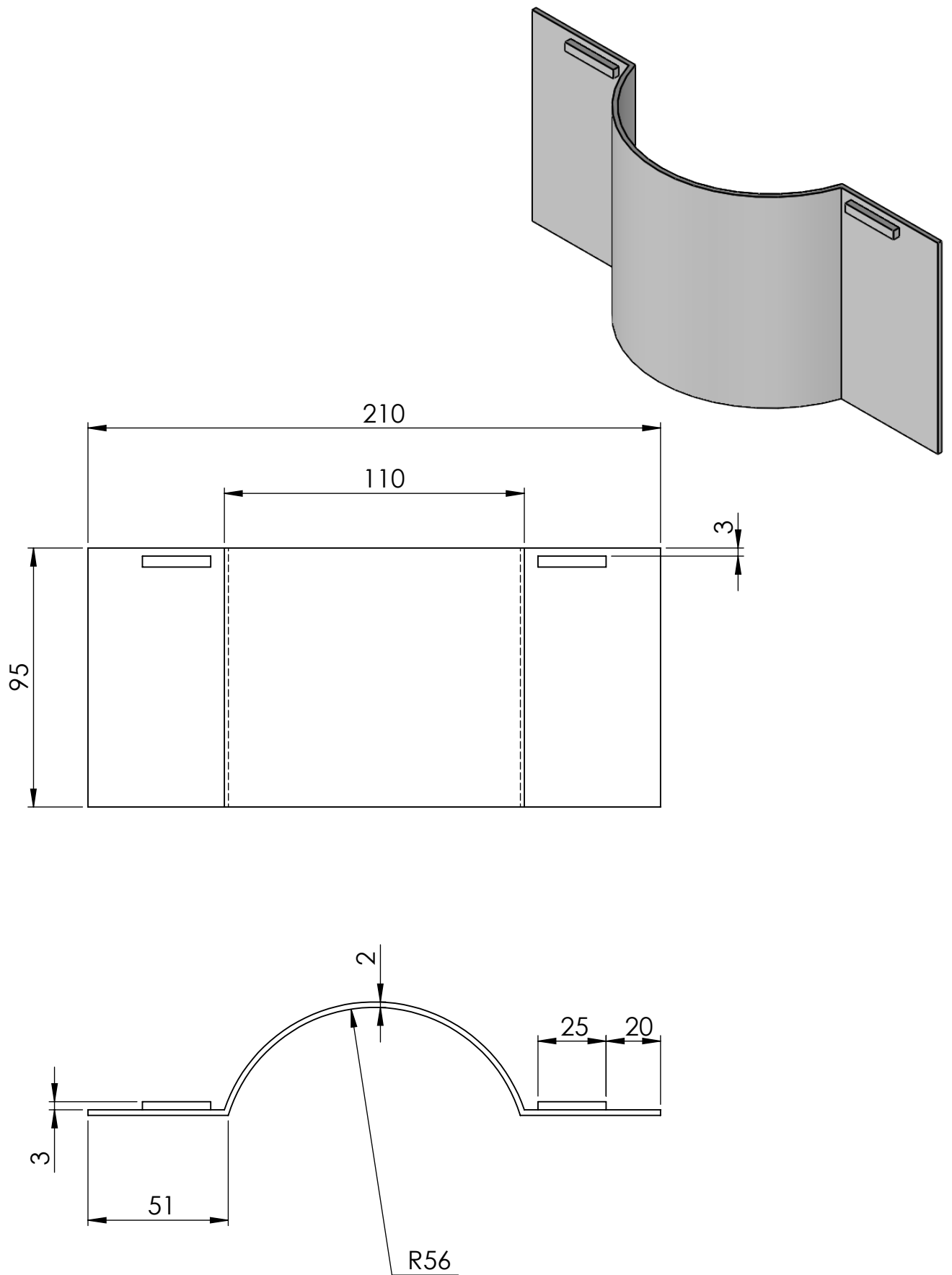
Tabla de coordenadas

Punto cero de coordenadas	N. de pos.	Coordenadas		Diámetro del agujero	Diámetro del eje
		X	Y		
1	1,1	100	-14	3	
1	1,2	100	27	3	
1	1,3	0	27	3	
1	1,4	0	0	3	
2	2,1	135,93	63,11	7	
2	2,2	134,12	88,05	4	
2	2,3	137,73	38,18	4	
2	2,4	112,50	54,40	4	
2	2,5	159,36	71,83	4	
3	3,1	60	51,89		6
3	3,2	74,07	63,11		6
3	3,3	87	50,59		6
3	3,4	123	50,59		6
3	3,5	150	51,89		6



PROYECTO: SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES				ESCALA: 1:2	
PARTE: CAJA				TOLERANCIA: ± 0.2	
CÓDIGO: MSM-008					
MATERIAL:	ABS	DISEÑO:	CALDERON J.	HOJA:	
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	CALDERON J.		
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	ING. TOBAR L.		
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	ING. TOBAR L.	1-1	

FICA CIME

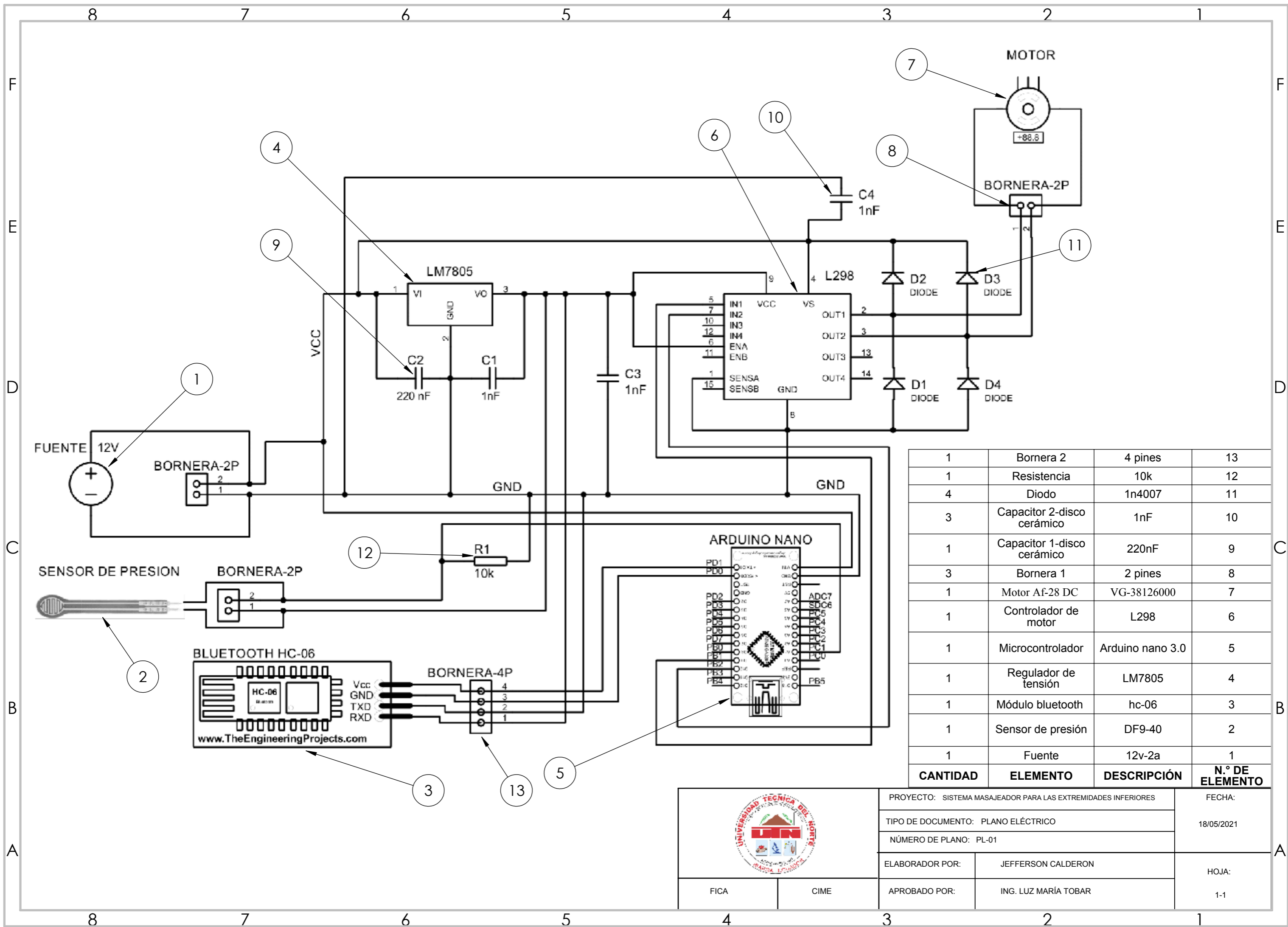


PROYECTO: SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES			ESCALA: 1:2	
PARTE: TAPA			TOLERANCIA: ± 0.2	
CÓDIGO: MSM-008			HOJA:	1-1
MATERIAL:	TPU	DISEÑO:	JEFFERSON C	
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	JEFFERSON C	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	ING. TOBAR L.	
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	ING. TOBAR L.	

FICA

CIME

Anexo B: Plano eléctrico



1	Bornera 2	4 pines	13
1	Resistencia	10k	12
4	Diodo	1n4007	11
3	Capacitor 2-disco cerámico	1nF	10
1	Capacitor 1-disco cerámico	220nF	9
3	Bornera 1	2 pines	8
1	Motor Af-28 DC	VG-38126000	7
1	Controlador de motor	L298	6
1	Microcontrolador	Arduino nano 3.0	5
1	Regulador de tensión	LM7805	4
1	Módulo bluetooth	hc-06	3
1	Sensor de presión	DF9-40	2
1	Fuente	12v-2a	1
CANTIDAD	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	N.º DE ELEMENTO

	PROYECTO: SISTEMA MASAJEADOR PARA LAS EXTREMIDADES INFERIORES		FECHA:
	TIPO DE DOCUMENTO: PLANO ELÉCTRICO		18/05/2021
	NÚMERO DE PLANO: PL-01		
ELABORADOR POR:	JEFFERSON CALDERON	HOJA:	
APROBADO POR:	ING. LUZ MARÍA TOBAR	1-1	

Anexo C: Código Arduino

```
float vel;

int entrada; //Declaramos una variables para los datos de entrada

const float pi = 3.14;

float kg;
float kgmm;
float presion;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Declaramos el puerto Serie
  Serial.flush();
}

void loop() {

if (Serial.available(>0){ //Si hay datos enviados por la aplicacion
  entrada=Serial.read(); //Leemos los datos recibidos

  if(entrada==200) {
    analogWrite (9,60.25);
    analogWrite (10,0);
    vel= 18;
  }

  if(entrada==201) {
    analogWrite (9,120.5);
    analogWrite (10,0);
```

```

    vel= 36;
}
if(entrada==202) {
    analogWrite (9,241);
    analogWrite (10,0);
    vel= 72;
}
if(entrada==203) {
    analogWrite (9,255);
    analogWrite (10,255);
    vel=0;
}
if(entrada<73){
    int mm= entrada*3.347;
    analogWrite (9,mm);
    analogWrite (10,0);
    vel = entrada;
}
}

float sensor_lec= analogRead(A1);
float sensor = map(sensor_lec,0,205,0,125);

float sensor_vol = map(sensor_lec,0,1023,0,5000);//lectua asignada a 5000 mV
//V0 = Vcc * R / (R + FSR) donde R = 10K, Vcc = 5V, FSR = sensor DF9-40 y V0 = voltaje de salida
//entonces FSR = ((Vcc - V) * R) / V
float sensor_res = ((5000 - sensor_vol)*10000)/sensor_vol ; // resistencia en omh
    if (sensor_res>=9.757 && sensor_res<=11.078)
    {

```

```

kg= (((sensor_res-9.757)*(9-10))/(11.078-9.757))+10; // interpolación lineal
kgmm=(kg*pi*7.5)/4; // presión en kg/mm2
presion= kgmm* 73556.12727 ; //presión en mmHg
}
if (sensor_res>=11.078 && sensor_res<=12.399)
{
kg= (((sensor_res-11.078)*(8-9))/(12.399-11.078))+9; // interpolación lineal
kgmm=(kg*pi*7.5)/4; // presión en kg/mm2
presion= kgmm* 73556.12727 ; // presión en mmHg
}
if (sensor_res>=12.399 && sensor_res<=14.313)
{
kg= (((sensor_res-12.399)*(7-8))/(14.313-12.399))+8; // interpolación lineal
kgmm=(kg*pi*7.5)/4; // presión en kg/mm2
presion= kgmm* 73556.12727 ; //presión en mmHg
}
if (sensor_res>=14.313 && sensor_res<=22.546)
{
kg= (((sensor_res-14.313)*(5-6))/(22.546-14.313))+6; // interpolación lineal
kgmm=(kg*pi*7.5)/4; // presión en kg/mm2
presion= kgmm* 73556.12727 ; //presión en mmHg
}
if (sensor_res>=22.546 && sensor_res<=28.339)
{
kg= (((sensor_res-22.546)*(4-5))/(28.339-22.546))+5; // interpolación lineal
kgmm=(kg*pi*7.5)/4; // presión en kg/mm2
presion= kgmm* 73556.12727 ; //presión en mmHg
}
if (sensor_res>=28.339 && sensor_res<=39.240)

```



```

{
kg= (((sensor_res-28.339)*(3-4))/(39.240-28.339))+4; // interpolación lineal
kgmm=(kg*pi*7.5)/4; // presión en kg/mm2
presion= kgmm* 73556.12727 ; //presión en mmHg
}
if (sensor_res>=39.240 && sensor_res<=50.149)
{
kg= (((sensor_res-39.240)*(2-3))/(50.149-39.240))+3; // interpolación lineal
kgmm=(kg*pi*7.5)/4; // presión en kg/mm2
presion= kgmm* 73556.12727 ; //presión en mmHg
}
if (sensor_res>=50.149 && sensor_res<=70.841)
{
kg= (((sensor_res-50.149)*(1-2))/(70.841-50.149))+2; // interpolación lineal
kgmm=(kg*pi*7.5)/4; // presión en kg/mm2
presion= kgmm* 73556.12727 ; //presión en mmHg
}
if (sensor_res>=70.841 && sensor_res<=89.500)
{
kg= (((sensor_res-70.841)*(0.5-1))/(89.500-70.841))+1; // interpolación lineal
kgmm=(kg*pi*7.5)/4; // presión en kg/mm2
presion= kgmm* 73556.12727 ; //presión en mmHg
}
if (sensor_res>=89.500 && sensor_res<=104.500)
{
kg= (((sensor_res-89.500)*(0.3-0.5))/(104.500-89.500))+0.5; // interpolación lineal
kgmm=(kg*pi*7.5)/4; // presión en kg/mm2
presion= kgmm* 73556.12727 ; //presión en mmHg
}
}

```

```
int velocidad = vel;
```

```
Serial.print(sensor);
```

```
Serial.print(",");
```

```
Serial.print(velocidad);
```

```
Serial.print("\n");
```

```
delay(1000);
```

```
}
```

Anexo D: Hojas técnicas de elementos electrónicos



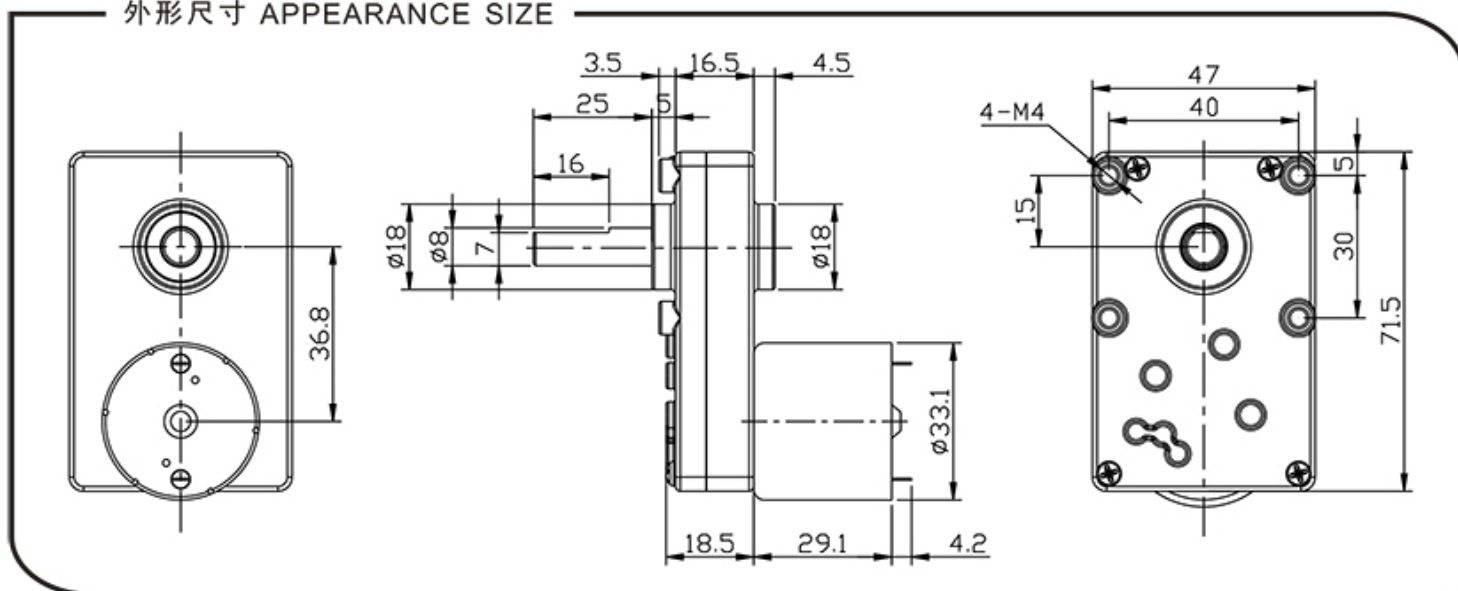
电压/Main voltage: 3VDC、6VDC、9VDC、12VDC、24VDC、36VDC

用途/Typical applications: 自动百叶窗、捆钞机、装订机、移动电视机架、包装机、机器人、纸巾机、办公设备、家用设备、执行器
Auto shutter, Money detector, Binding machine, Automatic TV rack, Packing bank note machine, Towel dispensers, Tissue machine, Office equipment, Household appliances, Automatic actuator.

重量/Weight: 350~400g/pcs(approx)

包装外形尺寸/Packing details: CTN size: 37X35.5XH17cm 12pcs/CTN G.W.12kgs

外形尺寸 APPEARANCE SIZE



齿轮箱数据 Gearbox data

减速箱级数 Number of stages	3 减速比 Stages reduction	4 减速比 Stages reduction	5 减速比 Stages reduction
减速比 Reduction ratio	73	135、252	391、506、730
最大运转力矩 Max. Running torque	10kgf.cm	20kgf.cm	30kgf.cm
最大破坏力矩 Max. Gear breking torque	30kgf.cm	60kgf.cm	90kgf.cm
最高齿轮效率 Max. Gearing efficiency	73%	65%	59%

其它减速比请致电或邮件给我司技术部 Other reduction ratio please telephone or e-mail to our engineering department.

马达参数 Motor data

马达型号 Motor Model	电压 Rated Volt. V	空载 No load		负载 Load torque				堵转 Stall torque	
		电流 Current	转速 Speed	电流 Current	转速 Speed	扭矩 Torque	输出功率 Output power	扭矩 Torque	电流 Current
		mA	r/min	mA	r/min	gf.cm	W	gf.cm	MA
VG-38123400	12	≤40	3400	≤180	2500	40	1.0	160	720
VG-38124500	12	≤60	4500	≤350	3300	60	2.0	210	1400
VG-38126000	12	≤70	6000	≤720	4500	80	3.6	300	2800
VG-38243000	24	≤15	3000	≤80	2200	40	0.9	140	320
VG-38244500	24	≤25	4500	≤180	3300	60	2.0	210	730
VG-38246700	24	≤45	6700	≤360	4500	80	3.6	300	1400

LM340, LM340A and LM78xx Wide V_{IN} 1.5-A Fixed Voltage Regulators

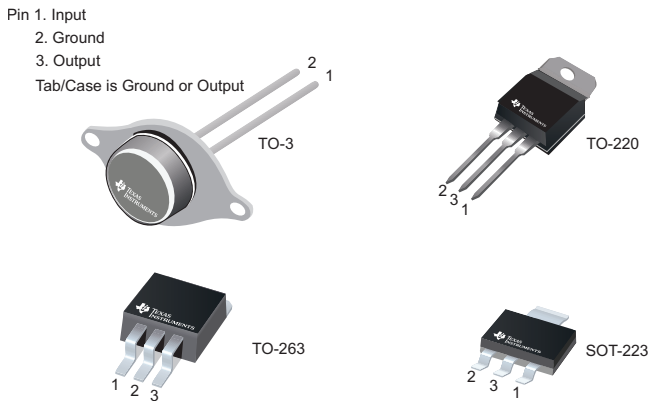
1 Features

- Output Current up to 1.5 A
- Available in Fixed 5-V, 12-V, and 15-V Options
- Output Voltage Tolerances of $\pm 2\%$ at $T_J = 25^\circ\text{C}$ (LM340A)
- Line Regulation of 0.01% / V of at 1-A Load (LM340A)
- Load Regulation of 0.3% / A (LM340A)
- Internal Thermal Overload, Short-Circuit and SOA Protection
- Available in Space-Saving SOT-223 Package
- Output Capacitance Not Required for Stability

2 Applications

- Industrial Power Supplies
- SMPS Post Regulation
- HVAC Systems
- White Goods

Available Packages



3 Description

The LM340 and LM78xx monolithic 3-terminal positive voltage regulators employ internal current-limiting, thermal shutdown and safe-area compensation, making them essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1.5-A output current. They are intended as fixed voltage regulators in a wide range of applications including local (on-card) regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. In addition to use as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents.

Considerable effort was expended to make the entire series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

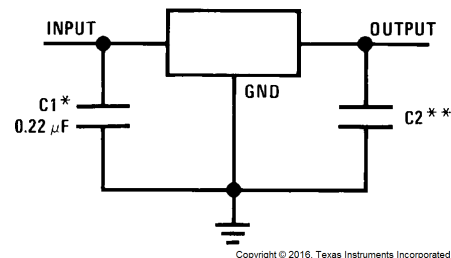
LM7805 is also available in a higher accuracy and better performance version (LM340A). Refer to LM340A specifications in the [LM340A Electrical Characteristics](#) table.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM340x LM78xx	DDPAK/TO-263 (3)	10.18 mm x 8.41 mm
	SOT-23 (4)	6.50 mm x 3.50 mm
	TO-220 (3)	14.986 mm x 10.16 mm
	TO-3 (2)	38.94 mm x 25.40 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Fixed Output Voltage Regulator



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

*Required if the regulator is located far from the power supply filter.

**Although no output capacitor is needed for stability, it does help transient response. (If needed, use 0.1- μF , ceramic disc).

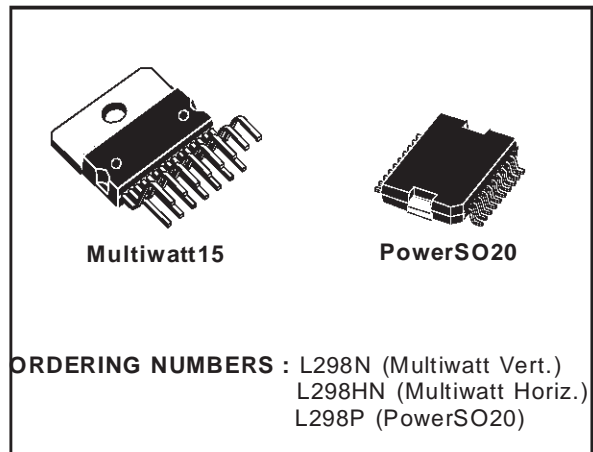


DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM

