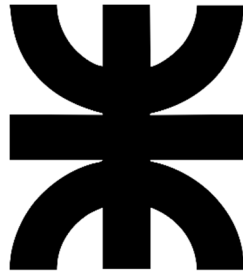


SOTO, WALTER ARIEL



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

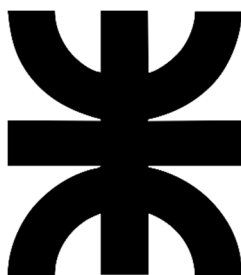
Facultad Regional Reconquista

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO ADAPTADO PARA PERSONAS CON
CAPACIDADES MOTORAS DISMINUIDAS**

Reconquista, 2023



SOTO, WALTER ARIEL



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Reconquista

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO ADAPTADO PARA PERSONAS CON
CAPACIDADES MOTORAS DISMINUIDAS**

Proyecto Final presentado en cumplimiento a las exigencias de la
Carrera Ingeniería Electromecánica de la Facultad Regional
Reconquista

Docentes:

Mg. Ing. Elvio Daniel Antón.

Esp. Ing. Gabriel P. Colman.

Asesores:

Dr. Héctor Daniel Martín.

Lic. María Elisabet Olivo.

Reconquista, 2023



DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro académico y profesional a mis Padres Norma E. Sequeira y Francisco Soto, fuente de inspiración, quienes me dieron la vida y la posibilidad de encaminarme en esta carrera.

A mi compañera de vida, María E. Olivo, quien día a día brindó ese apoyo incondicional que tanto necesitaba.

A mis hijos, Tomas y Lautaro, quienes supieron comprender mis tiempos y me apoyaron.

A mis hermanos, Natalia, Javier y Ludmila, que siempre han estado presentes.

A mis amigos del GRUDIM.

A mi Yayita Ramona Ramos, que me acompañó largas horas de estudio con sus mates y hoy me guía desde el cielo.



AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen María por darme fortaleza y sabiduría para llegar a la meta.

A toda mi familia, quienes han dedicado su vida para que cumpla cada objetivo propuesto.

A la Facultad Regional Reconquista por ofrecerme la posibilidad de formarme como profesional.

Al Dr. Héctor Daniel Martín por creer en mí y recordarme día a día que debía llegar a la meta.

A mis amigos del grupo GRUDIM y todos los que estuvieron y están de alguna manera.

A Héctor Peña, director de la Fundación Don Pedro - Hogar de Ancianos Reconquista.



RESUMEN

En el presente proyecto se realiza el diseño de un dispositivo de movilidad y traslado, versátil y de fácil accionamiento que facilita las tareas de levantamiento, desplazamiento y descenso de personas mayores con dificultades motrices. Principalmente residentes de instituciones geriátricas.

Para optimizar la mecánica, dinámica y cinemática de cada componente y accesorio del proyecto se utilizan herramientas de diseño paramétrico, métodos de los elementos finitos y fabricación digital. Las mismas contribuyen con la gestión de los procesos de manufactura y gestión de costos.

Se explica, además, el proceso de fabricación y se analizan tres propuestas de costos. Estas propuestas consisten, en principio, de un dispositivo de movimiento y traslado completo, al que posteriormente se le anexa una columna fija de anclar al piso. Como última propuesta, un dispositivo de movimiento y traslado más una columna fija de anclar al piso, ambos completos.

Palabras claves: Dispositivo, movilidad, elevación, traslado, adulto mayor.



INDICE

RESUMEN.....	4
LISTAS DE SIGLAS	10
LISTA DE SÍMBOLOS	11
LISTA DE TABLAS	12
LISTA DE PLANOS	15
1.INTRODUCCIÓN.....	16
2.MEMORIA DESCRIPTIVA.....	18
3.MARCO METODOLÓGICO	20
4.INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA	22
4.1.Dispositivos de Traslado de Personas con Capacidades Motoras Disminuidas Existentes en el Mercado	22
4.1.1. Grúas Ortopédicas Móviles para Elevación y Traslado con Actuador Lineal	22
4.1.2. Grúas Ortopédicas Móviles para Elevación y Traslado con Columna Eléctrica	23
4.1.3. Grúas Ortopédicas de Techo con Riel Fijo	24
4.1.4. Grúas Ortopédicas de Techo con Riel Móvil.....	25
4.1.5. Grúas Ortopédicas de Bipedestación	26
4.1.6. Grúas Ortopédicas Camillas.....	26
4.1.7. Grúa de Bañera.....	27
4.1.8. Grúa de Piscina	27
4.1.9. Grúa de Baño para el Traslado de Pacientes con Camillas Apta Para Ducha o Baño Miranti.....	28
4.2. Elementos y Accesorios Utilizados en Dispositivos de Movimiento y Traslados de Personas, Característica, Aplicaciones, Limitaciones y Funcionalidades	29
4.2.1. Arnés.....	29
4.2.1.1. Arnés de Traslado.....	29
4.2.1.2. Arnés de Sábana	29
4.2.1.3. Arnés de Baño	30
4.2.1.4. Arnés de Higiene	30
4.2.1.5. Arnés de Rehabilitación	31
4.2.2. Percha.....	31



4.2.3. Actuadores Lineales	32
4.3. Características Físicas, Fisiológicas, Antropométricas y Ergonómicas De Los Adultos Mayores	33
4.3.1. Ilustración de Parámetros Antropométricas Ancianos Sexo Femenino y Masculino 60 a 90 Años.....	33
4.3.2. Dimensiones de los Parámetros Antropométricos Adultos Mayores Sexo Femenino y Masculino 60 a 90 Años	34
4.4. Causas de Problemas Motrices en Adultos Mayores	35
4.5. Consecuencias de la Dificultad de Moverse por sus Propios Medios	36
5. DATOS DE PARTIDA	38
5.1. Bases de Diseño.....	38
5.1.1. Medidas Principales de Accesorios y Mobiliario	38
5.1.2. Medidas Principales Correspondientes al Habitáculo del Vehículo de Traslado	40
5.1.3. Medidas Antropométricas de los Adultos Mayores.....	40
5.1.4. Características del Piso, Coeficiente de Fricción.....	41
5.1.5. Medidas de Posiciones	41
6. DISEÑO DEL DISPOSITIVO	43
6.1. Fundamentos Teóricos.....	43
6.1.1. Concepto de Diseño	43
6.1.2. Proceso del Diseño.....	43
6.1.3. Diseño Mecánico.....	44
6.1.4. Consideraciones Fundamentales del Diseño	44
6.1.4.1. Factor de Diseño y Factor de Seguridad.....	44
6.2. Desarrollo del Modelo Conceptual.....	45
6.2.1. Definición del Modelo Conceptual de la Estructura	47
6.2.2. Definición de las Posiciones de Análisis del Brazo	47
6.3. Dimensionamiento.....	48
6.3.1. Cálculo del Factor de Seguridad Utilizando el Método de Pugsley.....	48
6.3.2. Dimensionamiento de la Percha.....	49
6.3.3. Eslabón Unión de Percha	51
6.3.4. Cálculo de Parámetros de Soldadura del Eslabón Unión de Percha	54
6.3.5. Verificación en Carga del Conjunto Perchas y Eslabón, Opción 1 y 2.....	56



6.3.6. Verificación del Elemento de Anclaje de Arnés	57
6.3.7. Cálculo de Parámetros de Soldadura Entre el Perno, Extremo y Percha	58
6.3.8. Dimensionamiento del Brazo	60
6.3.8.1. Determinación de Esfuerzos en las Barras Componentes del Brazo para Cuatro Posiciones de Análisis	60
6.3.8.2. Dimensionamiento de Barra Auxiliar DG	64
6.3.9. Verificación de Tubo Estructural para Barra auxiliar	66
6.3.9.1. Dimensionamiento de Barra DF	66
6.3.9.2. Cálculo de Pernos para Unir Brazo	69
6.3.10. Dimensionamiento del Mástil	70
6.3.10.2. Parámetros de la Soldadura entre Tramos	82
6.3.11. Base Soporte de Mástil	83
6.3.12. Verificación Base Soporte de Mástil	85
6.3.13. Vínculo de Unión Entre Base y Patas	86
6.3.14. Cálculo de Parámetros de Soldadura del Vínculo de Unión a Base	88
6.3.15. Rodillo Deslizante y Perno	90
6.3.16. Verificación Base y Vínculo de Unión Pata Trasera	90
6.3.17. Vínculo de Unión y Articulación Entre Mástil de Opción 2 y Base	92
6.3.18. Pata Trasera	93
6.3.19. Vínculo de Unión Entre Pata Trasera y Delantera	96
6.3.20. Cálculo de Parámetros de Soldadura de Vínculo de Unión Entre Pata Trasera y Delantera	97
6.3.21. Cálculo de Conjunto de Unión Tornillo y Tuerca de Vínculo de Unión Entre Pata Trasera y Delantera	99
6.3.22. Selección de Perno de Bloqueo de Pata Trasera	102
6.3.23. Alojamiento de Perno de Bloqueo de Pata Trasera	103
6.3.24. Verificación del Conjunto Estructura Base	104
6.3.25. Selección de Ruedas y Rotantes	105
6.3.26. Soporte de ruedas delanteras y traseras.	106
6.3.27. Verificación Soporte de Ruedas	108
6.3.28. Disposición del Soportes de Ruedas Delanteras y Traseras, Unidos por Soldadura	110



6.3.29. Selección del Actuador Lineal.....	110
6.3.30. Adopción de Sistema.....	115
6.3.30.1. Baterías.....	116
6.3.30.2. Caja de Control.....	117
6.3.30.3. Cargador.....	118
6.3.31. Selección de Mando de Control	118
7. MANUFACTURA.....	119
7.1. Modelo de Fabricación	119
7.2. Codificación	120
7.3. Cortes.....	122
7.4. Curvado	123
7.4.1. Curvado de Brazo de Movimiento	123
7.4.2. Brazo de movimiento columna fija.....	125
7.5. Manufactura Aditiva.....	125
7.5.1. Tapa Superior de Mástil de Opción 1	126
7.5.1.1. Líneas de Código para I3D.....	128
7.5.1.2. Consumo de Material.....	128
7.5.2. Regatón Mástil Opción 2	128
7.5.2.1. Líneas de Código para I3D.....	130
7.5.2.2. Consumo de Material.....	130
7.5.3. Regatones para Patas.....	130
7.5.3.1. Líneas de Código para I3D de regatón 40x30	132
7.5.3.2. Consumo de Material.....	132
7.5.4. Buge de Brazos	132
7.5.4.1. Líneas de Código para I3D para Buge de Brazo	134
7.5.4.2. Consumo de Material.....	134
7.5.5. Soporte Brazo de Movimiento	134
7.5.5.1. Líneas de Código para I3D para Buge de Brazo	135
7.5.5.2. Consumo de Material.....	136
7.6. Unión por Soldadura.....	136
7.7. Recubrimiento	138
7.8. Ensamblaje.	138



8.COSTOS.....	140
8.1.Cómpulos.....	140
8.2.Costo Final de Fabricación.....	144
9.CONCLUSIONES.....	147
10.REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	149
ANEXOS.....	151



LISTAS DE SIGLAS

Siglas	Denominación
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
WC	Water Close, cuarto de baño.
DCL	Diagrama de Cuerpo Libre.
ASTM	American Society for Manufacturers Association.
ANSI	American National Standards Institute.
ISO	International Standards Organization.
AISI	American Iron and Steel Institute.
ASME	American Society of Mechanical Engineers.
HSS	High Speed Steel.
C.C	Corriente continua.
AWS	American Welding Society.
AISC	American Institute of Steel Construction.
FDM	Método de deposición fundida.
I3D	Impresora 3D.
PLA	Ácido poliláctico.
VM	Ventaja mecánica.
AISC	Instituto americano de la construcción en acero.
Dist.	Distancia
DMH	Distancia de posicionamiento de las partes del dispositivo a mínima distancia de interferencia horizontal.
DMV	Distancia de posicionamiento de las partes del dispositivo a mínima distancia de interferencia vertical.
PL	Patient lift-Elevación de pacientes.
T°C	Temperatura en °C
A.S.N.M	Altura sobre el nivel del mar
Hr	Humedad relativa
T	Tiempo
Func.	Funcionamiento
Almac.	Almacenamiento
At.	Atmosférica
Volt.	Voltaje
in	Pulgadas
Pág.	Página
MTP	Make to order



LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Denominación
Σ	Sumatoria.
σ_{adm}	Tensión admisible.
$T_{m\acute{a}x}$	Esfuerzo cortante.
FS	Factor de seguridad
S_y	Fluencia.
S_{ut}	Tensión.
τ	Cortante.
A	Sección.
A	Garganta (en soldadura).
I	Momento de inercia.
c	Distancia entre el eje neutro y el punto considerado de la sección.
M	Momento flector de la sección.
W	Modulo resistente.
w	Pierna de la soldadura.
t	Pierna de la soldadura.
e	Espesor.
D	Diámetro.
\emptyset	Diámetro.
ξ	Deformación porcentual.
R	Radio mínimo (en plegado).
K	Constante de plegado.
\bar{X}	Media
Δ_A	Flecha
i	Radio de giro
λ	Esbeltez
ω	Omega
Δl	Alargamiento
P_{met}	Peso por metro
E	Módulo de Elasticidad



LISTA DE TABLAS

Nº	Denominación	Nº de Pág.
1.1	Subdivisión de personas mayores definida por la OMS.	16
4.1	Dimensiones de los Parámetros Antropométricos.	35
5.1	Necesidades requeridas para el dispositivo.	38
5.2	Sillas de ruedas.	39
5.3	Camas Ortopédicas.	39
5.4	Sillas de baño.	39
5.5	Cama de una plaza estándar.	39
5.6	Medidas principales vehículo de traslado.	40
5.7	Síntesis de datos de obtenidos en documento de capítulo 4.	41
5.8	DMH.	42
5.9	DMV.	42
6.1	Resumen de tablas capítulo 5.	46
6.2	Rango de aplicación del punto de carga.	46
6.3	Características de factor de seguridad A,B y C.	48
6.4	Características de factor de seguridad D y E.	48
6.5	Parámetros de la carga.	49
6.6	Datos y resultados para sección media de la percha opción 1.	50
6.7	Datos y resultados para sección media de la percha opción 2.	51
6.8	Resistencia mínima del acero estructural ASTM A36.	54
6.9	Tamaño mínimo de soldaduras en filetes.	55
6.10	Resultados de simulación Percha Opción 1.	56
6.11	Resultados de simulación Percha Opción 2.	57
6.12	Análisis de fuerzas posición 1.	61
6.13	Análisis de fuerzas posición 2.	62
6.14	Análisis de fuerzas posición 3.	62
6.15	Análisis de fuerzas posición 4.	63
6.16	Dimensionamiento Barra DG.	65
6.17	Resultados de simulación tubo estructural.	66
6.18	Dimensionamiento Barra DF.	67
6.19	Dimensionamiento Barra ABC.	67
6.20	Dimensionamiento Barras CD-BEF p/0°.	68
6.21	Dimensionamiento Barras CD-BEF p/30,98°.	69
6.22	Especificaciones SAE para pernos de acero.	69
6.23	Coefficientes de pandeo.	71
6.24	Datos y Resultados tubo circular.	72
6.25	Condiciones de extremo y factores de longitud efectiva de la columna.	73
6.26	Resistencias de aceros A42.	75
6.27	Propiedades mínimas del metal de aporte.	75
6.28	Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte.	75
6.29	Coefficientes de pandeo.	77
6.30	Datos y Resultados tubo estructural rectangular tramo superior.	78
6.31	Coefficientes de pandeo.	80
6.32	Datos y Resultados tubo rectangular tramo inferior.	81



6.33	Datos y resultados para sección media de la percha opción 1.	85
6.34	Resultados de simulación perfil base.	86
6.35	Constantes K.	87
6.36	Resultados de simulación perfil vínculo de unión.	88
6.37	Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete.	90
6.38	Resultados de simulación conjunto base vinculo.	92
6.39	Resultados de simulación conjunto base vinculo de mástil.	93
6.40	Datos y resultados pata trasera.	95
6.41	Resultados de simulación perfil vínculo de unión.	97
6.42	Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete.	99
6.43	Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero.	102
6.44	Especificaciones métricas y resistencias para pernos de acero.	102
6.45	Perno de bloqueo, versión corta, acero, clavija de bloqueo endurecida.	103
6.46	Resultados de simulación del conjunto estructura base.	105
6.47	Rueda hospitalaria.	105
6.48	Datos y resultados para soporte de ruedas delanteras.	108
6.49	Resultados de simulación del conjunto pata trasera y soporte rueda.	109
6.50	Resultados de simulación del conjunto pata trasera y soporte rueda.	110
6.51	Dimensión de Instalación.	111
6.52	Componentes angulares V en función de σ para la posición 2.	112
6.53	Componentes angulares en función de σ .	113
6.54	Posición/Esfuerzo/VM.	113
6.55	Dimensión de instalación requerida.	114
6.56	Especificaciones técnicas.	115
6.57	Datos técnicos BAL50.	116
6.58	Datos técnicos COL50 MK2.	117
7.1	Modelo de fabricación.	119
7.2	Nomenclatura general de codificación.	120
7.3	Codificación de materiales	120
7.4	Codificación de elementos de ferretería y I3D.	121
7.5	Codificación de componentes de Sistema LIFT50.	121
7.6	Codificación de mano de obra.	121
7.7	Codificación de varios.	122
7.8	Equipo de corte/material.	122
7.9	Detalles de corte.	123
7.10	Factor k para determinar la viabilidad	124
7.11	Características de filamento de I3D.	126
7.12	Detalle de unión por soldadura eléctrica de componentes de mástil 2.	136
7.13	Detalle de unión por soldadura eléctrica de componentes de mástil 1.	137
7.14	Detalle de unión por soldadura eléctrica de conjunto brazo.	138
7.15	Detalle de unión por soldadura base/patas.	138
7.16	Pruebas del dispositivo.	139
8.1	Cotización USD.	140
8.2	Cómputo detallado de aceros y polímeros.	141
8.3	Cómputo de ferretería/I3D.	142
8.4	Cómputo de LIFT50.	142



8.5	Cómputo de mano de obra.	142
8.6	Cómputos varios.	143
8.7	Cómputo final de aceros y polímeros.	144
8.8	Propuestas.	144
8.9	Propuesta 1.	144
8.10	Propuesta 2.	145
8.11	Propuesta 3.	145



LISTA DE PLANOS

Nº	Denominación
1	Dispositivo de movimiento y traslado completo
2	Dispositivo de movimiento a columna fija completo
3	Componente de conjunto base/vínculos
4	Perfil base soporte de mástil y soporte alojamiento perno de bloqueo
5	Vínculos de unión entre base y patas
6	Alojamiento perno de bloqueo
7	Rodillo deslizante y buje interno de brazo
8	Componentes del conjunto mástil
9	Componentes de conjunto brazo
10	Conjunto base/vínculos/patas
11	Conjunto base/vínculos
12	Buje de brazo
13	Barra auxiliar
14	Patas delanteras/traseras y soporte de ruedas
15	Vínculo de unión entre pata trasera y delantera
16	Bastidores, brazos extremos e internos
17	Perchas
18	Vínculo de unión y articulación de opción y base
19	Mástil opción 2
20	Actuador lineal Linak LA 40 PL
21	Anclaje externo actuador lineal
22	Soporte brazo de movimiento
23	Brazo de movimiento
24	Guía trasera de soporte brazo de movimiento
25	Guía delantera de soporte brazo de movimiento
26	Soportes de brazos
27	Pernos brazo/mástil y base/mástil
28	Perno barra auxiliar y percha
29	Brida/Tubo columna opción 1
30	Perfil soporte brazo columna 1-2
31	Conjunto columna opción 1
32	Vínculo de bloqueo - nervio base/mástil – soporte sup. COL MK2
33	Conjunto brazo/columna opción 1
34	Vista en explosión de conjunto brazo
35	Regatones
36	Brazo de movimiento columna fija



1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto atiende las necesidades que presenta un sector de la población considerado persona mayor, adulto mayor o anciano. Una de las características de este sector es la disminución de sus capacidades motrices.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) considera anciano o adulto mayor a toda persona mayor de 65 años en países desarrollados y de 60 años en países en vías de desarrollo como el nuestro. Mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS) los define como toda persona mayor de 60 años, subdivididos en las siguientes categorías:

Edad avanzada	60-74 años
Viejos o ancianos	75-89 años
Grandes viejos – Longevos	90 – 99 años
Centenarios	Más de 100 años

Tabla 1.1. Subdivisión de personas mayores definida por la OMS.
Fuente: Adulto mayor inteligente.

Según el documento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en su artículo titulado *Envejecimiento y atención a la dependencia en Argentina* para el año 2020, se contaba con una población de adultos mayores que ascendía al 15,7% del total de sus habitantes, el equivalente a 7,1 millones de personas. Valor que se estima que continúe en alza hasta alcanzar un 22% para 2050.

En la actualidad existe una población de 678 mil adultos mayores con dificultades para realizar actividades básicas, 1,5 millones con dificultades para llevar a cabo actividades instrumentales, y un total de 1,6 millones con algún grado de necesidad de apoyo.

A medida que las personas envejecen experimentan fisiológicamente un declive progresivo en las funciones orgánicas y psicológicas, que las hace vulnerables a diversas enfermedades, lesiones provocadas por caídas y posturas o maniobras inadecuadas de quienes los asisten, depresión, pánico, que en muchos casos derivan en problemas de motricidad. Por ello existen instituciones y profesionales dedicados a la asistencia de corto, mediano o largo plazo, denominadas Geriátricos, Centros de Día, Hogar de Ancianos.

Algunas de las enfermedades más frecuentes en la población de adultos mayores y que provocan una disminución en su capacidad motriz, pueden ser: la artrosis y artritis, párkinson,



degradación muscular, diabetes, deterioro cognitivo, alzhéimer, demencia senil. Si bien algunas de estas personas tienen la capacidad de realizar sus actividades diarias, a un alto porcentaje les requieren un gran esfuerzo y tiempo.

Mediante una serie de visitas realizadas a la Fundación Don Pedro - Hogar de ancianos Reconquista, se pudo dialogar con el personal y con ello determinar un denominador común a la hora de evaluar las necesidades de los adultos mayores. En su gran mayoría recaían en las dificultades de movilidad y traslado, ya sea para ejecutar tareas de higiene personal, transferencia de cama a silla de ruedas y viceversa, o de esta última a sanitarios y vehículos de traslado, requiriendo siempre de la asistencia de dos o más enfermeros/as.

Las asistencias del personal en el movimiento y traslado de los adultos mayores se ejecutan con gran frecuencia diaria y, en muchas ocasiones, son causantes de lesiones para ambas partes, ya que algún movimiento inadecuado puede producir afecciones en el corto, mediano o largo plazo. Estas afecciones van desde desgarros, luxaciones, dolores lumbares y de espalda, mialgias, dorsalgia, gonalgia, síndrome del túnel carpiano, fracturas entre otras.

El presente proyecto plantea el diseño de un dispositivo que permite realizar tareas de levantamiento, traslado y descenso de adultos mayores de forma segura disminuyendo el riesgo de lesiones en los mismo como así también en el personal. Este dispositivo requiere ser versátil y de fácil accionamiento para las personas que los asistan. El mismo atenderá las condiciones ergonómicas, y normas de calidad en cuanto a la tarea como a la construcción.

Por lo tanto, se atenderá a una necesidad puntual del centro de cuidado de adultos mayores. Se brindará una solución que no les demande la erogación de grandes cantidades de dinero, les permita mejorar las condiciones de trabajo del personal y la calidad de vida de los pacientes.



2. MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente proyecto plantea el diseño de un dispositivo que permite realizar tareas de levantamiento, traslado y descenso de adultos mayores que cuenten con capacidad motora disminuida y su atención se encuentre a cargo de Instituciones Geriátricas y Centros de Día, exclusivamente la Fundación Don Pedro - Hogar de Ancianos Reconquista.



Imagen. 2.1. Técnicas de movilización manual.

Fuente: Escuela de movilización de pacientes de Fremat.

El personal de estas instituciones debe valerse de técnicas de movilización manual para realizar acciones asociadas a la carga, transporte o traslación y transferencia del adulto mayor. Tareas que conllevan diversos riesgos, tanto en el residente como asistente. Por tal motivo se plantea que, con el dispositivo, se pueda realizar de forma segura la transferencia de pacientes que se encuentren impedidos o limitados en su motricidad desde una cama o camilla a sillas de ruedas, sillones de baño, bañera, vehículos, como así también el traslado de un punto a otro de la institución sin la necesidad de contar con más de una persona que lo asista.

Para la construcción del dispositivo se propone la utilización de materiales ligeros que lo alivianen. Esto facilita la carga y traslado de estos equipos para ser transportados por cualquier persona sin que esto presente riesgos por levantamiento de cargas.

Cuando se requiera, el dispositivo sin carga se podrá plegar brindando la posibilidad de guardarse en el maletero de un auto promedio y así brindar la posibilidad de transportarlo distancias largas.

Para su operación no se necesitará de personal altamente capacitado ya que contará con controles intuitivos y un sistema que mantendrá en una posición estable y segura al paciente durante toda la maniobra.



El dispositivo tendrá la capacidad de mover una carga de 120 kg, con rango de accionamiento encuadrados entre una altura mínima de 0,49 m y máxima de 0,80 m, el que en estado de reposo podrá realizar giros de 90° y 180° sin perder su equilibrio estático. Su accionamiento se realizará mediante actuador lineal eléctrico C.C. También garantizará un desplazamiento estable sobre superficies con coeficiente de fricción superior a 0,6.

Se utilizan herramientas de diseño paramétrico para el modelado computacional, confección de planos, informes, valoración de estados tensionales, deformaciones y cinemáticas del movimiento.

La seguridad del adulto mayor como del asistente son de extrema importancia por lo que se garantiza el cumplimiento de las normativas vigentes de seguridad e higiene en el trabajo.

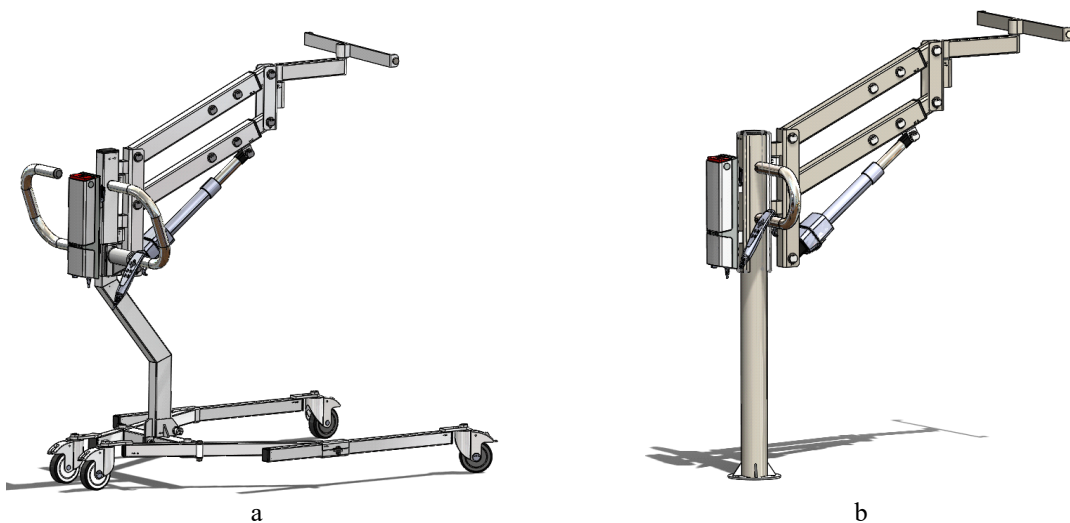


Imagen 2.2. a) Dispositivo de movimiento y traslado móvil completo, b) Columna de anclaje al piso, completa.
Fuente: Elaboración propia

3. MARCO METODOLÓGICO

Para que se pueda llevar adelante el diseño del proyecto y ejecutarlo de manera exitosa, se aplica el siguiente proceso:

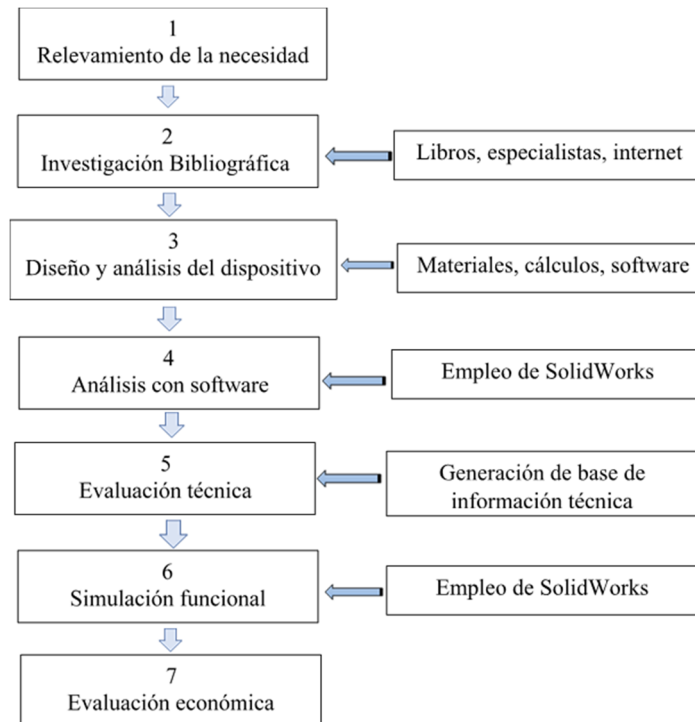


Imagen 3.1. Proceso de diseño del dispositivo.
Fuente: Elaboración propia.

- Se realiza una serie de visitas a Fundación Don Pedro - Hogar de Ancianos Reconquista con el fin de realizar un relevamiento. En estas se efectúan observaciones del procedimiento que utilizan los asistentes y enfermeras para manipulación y movilización de los adultos mayores. También se efectúan reuniones con el Directivo donde se recaba información general sobre:
 - Tipo y características de la población.
 - Requerimientos de asistencia para el traslado.
 - Movimientos frecuentes.
 - Dificultades tanto de adultos mayores como asistentes y enfermeras.
 - Protocolos de cuidado y atención.
 - Lesiones frecuentes.
 - Rango de pesos de adultos mayores.
 - Normativas.
 - Arquitectura de la instalación.



- Posteriormente se realiza una investigación bibliográfica, en libros, consultas con especialistas e Internet sobre el estado actual de la temática con el fin de generar una base de información sobre:
 - Dispositivos y accesorios existentes en el mercado, sus características, aplicaciones, limitaciones y funcionalidades.
 - Elementos utilizados en dispositivos de movimiento y traslados de personas, características, aplicaciones.
 - Características físicas, fisiológicas, antropométricas y ergonómicas de los adultos mayores.
 - Causas de problemas motrices en adultos mayores.
 - Consecuencias de la dificultad de moverse por sus propios medios
- Con los datos obtenidos de las observaciones y la investigación bibliográfica se genera el sustento para el desarrollo del capítulo 5.
- Para garantizar que el dispositivo cumpla con las condiciones de movimiento requerido, cinemática, interferencia, velocidades de operación, estados tensionales, desplazamientos, selección de materiales, entre otras, se utiliza el software de diseño paramétrico SolidWorks.
- Una vez que se encuentre validado el dispositivo, se procede a generar la base de información técnica para el proceso de manufactura.
- Completada la ejecución de la evaluación técnica se desarrolla una simulación funcional del dispositivo en SolidWorks.
- Cuando se cuente con el diseño completo del dispositivo, se continúa con la fase de viabilidad económica.



4. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Como resultado de investigaciones realizadas en diferentes fuentes bibliográficas se consigue generar una base de información sobre:

- Dispositivos y accesorios existentes en el mercado, sus características, aplicaciones, limitaciones y funcionalidades.
- Elementos utilizados en dispositivos de movimiento y traslados de personas, características, aplicaciones.
- Características físicas, fisiológicas, antropométricas y ergonómicas de los adultos mayores.
- Causas de problemas motrices en adultos mayores.
- Consecuencias de la dificultad de moverse por sus propios medios.

4.1. Dispositivos de Traslado de Personas con Capacidades Motoras Disminuidas Existentes en el Mercado

Existen una amplia variedad de dispositivos que atienden las necesidades particulares de adultos mayores y asistentes. Se enfocan en el tipo de movilidad requerida, patología, contextura física, edad, ergonomía, medidas antropométricas, velocidad, grado de limitación motriz, sector de atención, entre otras. Con los mismos se intenta disminuir:

- Riesgos de lesiones: a nivel músculo - esqueléticas y zona dorso lumbar, ligamentos, articulaciones, contracturas, entre otras.
- Riesgos de múltiples tipos de fracturas y luxaciones por caídas.
- Fatiga física.
- Molestias y dolores que aporta el traslado normal.

Los mismos pueden clasificarse como se menciona a continuación:

4.1.1. Grúas Ortopédicas Móviles para Elevación y Traslado con Actuador Lineal

Dispositivo que facilita el movimiento de las personas que no pueden valerse por sí mismas y requieran ser trasladadas de un punto a otro siendo elevados, trasladados y descendidos. Las mismas cuentan con un brazo superior accionado por un actuador lineal al que se engancha una percha que sujeta un arnés. Dependiendo de la carga que se quiera mover, existen una amplia gama de actuadores con diversas potencias, con los que se puede trabajar. Y, en base a la patología del paciente, también se pueden utilizar diferentes tipos de arnés.



Algunas grúas poseen cuadro de mando y accionamiento de pie que se encarga de la apertura de las patas para que el equipo cuente con un rango de posiciones que permita adaptarse a la parte inferior de cama, camillas ortopédicas, sillas de ruedas, asientos, y facilite el desplazamiento de este por pasillos estrechos. También pueden incluir un sistema de bipedestación que mejora el control de las piernas del paciente.



Imagen.4.1. Grúas ortopédicas móviles para elevación y traslado con actuador lineal.
Fuente: Ortopediablog.

4.1.2. Grúas Ortopédicas Móviles para Elevación y Traslado con Columna Eléctrica

Dispositivo que cuenta con una columna por la que se eleva o desciende en sentido vertical el conjunto de brazo-percha-mástil donde se sujeta el arnés que contiene al paciente.

Es de similar funcionamiento que las grúas con actuador eléctrico que, según necesidades, también pueden contar con mecanismos de pie o cuadros de mandos que permiten el accionamiento de las patas, y también un sistema de bipedestación.

La grúa con el soporte en forma de V y las ruedas facilitan el traslado de pacientes que tienen una movilidad limitada de forma segura.



Imagen 4.2. Grúa ortopédica con columna Eléctrica y bastidor móvil.
Fuente: Biomedical Therapy.



4.1.3. Grúas Ortopédicas de Techo con Riel Fijo

Dispositivo que permite la elevación, traslación y descenso de pacientes, que, a diferencia de las anteriores, cuenta con una estructura anclada al techo del sector de atención que contiene un sistema de raíles y una percha que se mueve a lo largo de estos, accionada por un motor. La longitud del rail es la que acota el movimiento máximo de la persona asistida.

Al ser una instalación fija, permite su utilización en lugares donde se requiere completar el traslado en otros accesorios como sillas de ruedas o camillas. Su instalación se ve limitada a habitaciones de hospitales, baños u hogares en los que el paciente no vaya a recobrar movilidad. Su accionamiento es realizado gracias a un mando eléctrico. Dentro de las ventajas que este tipo de grúa otorga se puede mencionar:

- Su uso es válido tanto en el domicilio particular como en centros socio sanitarios y de atención a personas; hospitales, clínicas, centros de día, residencias para personas mayores, instituciones, rehabilitación, terapia, hidroterapia, entre otros.
- Nunca molestan ni están en medio, en cambio siempre se encuentran disponibles donde se las necesita, a diferencia de algunos dispositivos fijos.
- Requieren un mínimo esfuerzo para realizar la operación de elevación y transferencia de un paciente. En la mayoría de los casos, las operaciones pueden realizarse por una sola persona. Permiten un óptimo posicionamiento del cuidador, evitándose sobreesfuerzos físicos y lesiones.
- Son muy conveniente en baños y otras estancias de espacios reducidos, ya que no necesitan espacio en suelo
- Se pueden realizar elevaciones de personas que se han caído al suelo, y desde niveles elevados como camillas, sillas de ruedas entre otras.
- Su sistema de raíl o raíles por el techo permite su utilización únicamente mediante un mando, lo que permite la posibilidad de operación por los propios pacientes.
- Posibilitan que muchas personas permanezcan o puedan regresar a sus hogares, evitando su ingreso en instituciones residenciales, enormemente más costosas.



Imagen 4.4. Grúas ortopédicas de Techo fijas.
Fuente: Mundo dependencia.

4.1.4. Grúas Ortopédicas de Techo con Riel Móvil

Este dispositivo permite la elevación, traslado y descenso del paciente mediante un mecanismo de columnas elevadoras ubicadas a ambos lados del pórtico, compuesta por un actuador lineal en su interior el que ejerce de forma vertical una fuerza sobre la estructura elevando así al paciente. Al igual que la grúa de techo, esta cuenta también con un sistema de rail que permite el desplazamiento horizontal de la percha que se desliza de forma automática o manual.

Dentro de las ventajas que este tipo de grúa otorga se puede mencionar:

- No presentan requisitos estructurales en las paredes o techo.
- No requieren modificación alguna en las habitaciones o entornos para su montaje o instalación.
- Fácil y rápida instalación y montaje.
- Son regulables en altura.
- Fáciles de montar y desmontar o mover entre habitaciones, sin necesidad de herramientas.
- Apto también para elevaciones de personas de mucho peso.
- Posibilidad de instalaciones con ruedas, facilitando su movilidad en distintas ubicaciones.
- Puede ser accionada por un solo operario con facilidad.



Imagen 4.5. Grúas ortopédicas de techo móviles.
Fuente: Sunrie Medical.

4.1.5. Grúas Ortopédicas de Bipedestación

Este tipo de grúas, al contrario que las descritas anteriormente, no están diseñadas para levantar de la cama (elevación) y trasladar al paciente al sillón o a una silla de ruedas. Los pacientes pasan de posición de sentado a posición de sentado (silla a silla, silla a sillón, silla a WC, etc.) ó a posición de bipedestación.

Disponen de una plataforma para el apoyo de los pies, una zona de acolchado para las rodillas y un arnés que sujeta sólo bajo las axilas. El paciente queda en bipedestación y la zona de la cintura hasta la rodilla queda libre.

La grúa de bipedestación tiene distintas funciones, puede ser utilizada para vestirse, para cambio de pañales, utilizar en el WC, entrar o salir de un coche, trasladarse de un sillón a una silla de ruedas, de la silla de ruedas a sentarse en la cama.



Imagen 4.6. Grúas ortopédicas de Bipedestación.
Fuente: Consumoteca.

4.1.6. Grúas Ortopédicas Camillas

Este tipo de dispositivo dispone de una camilla que permite el traslado de una persona en posición acostado. Se indican para pacientes con lesiones de cadera, quemados, o patologías



que impidan la posición de sentado. Requiere de lugares muy amplios debido a que tiene que girar con la camilla en posición horizontal.



Imagen 4.7. Grúas ortopédicas camillas.

Fuente: Proyecto técnico de Pedro Arévalo y Klever Sigua.

4.1.7. Grúa de Bañera

Este tipo de dispositivo se acciona mediante una palanca manual que eleva y desciende a un asiento conformado dentro de la bañera de forma segura. El asiento, en su posición más alta, gira hasta quedar fuera de la bañera permitiendo así la entrada y la salida de esta de forma cómoda y fácil.

Existen con asiento fijo a la grúa y otra donde se desmonta de la grúa y se incorpora a un armazón móvil haciendo las veces de silla de ruedas para una transferencia más fácil de una habitación a otra.



Imagen 4.8. Grúa de bañera.

Fuente: Joerns Healthcare.

4.1.8. Grúa de Piscina

Este dispositivo está diseñado para uso en piscinas normales o terapéuticas y acceso a muelles. Este modelo incorpora el método probado más fiable y seguro de acceso al agua.

Pueden ser instaladas en el borde de la piscina y cuando se desmonta, deja una superficie totalmente lisa. Se pueden disponer con percha y arnés (como en una grúa de traslado) y con un asiento desmontable que puede incorporarse a un armazón móvil haciendo las veces de silla de ruedas para facilitar el traslado de la persona hasta el borde de la piscina.



Imagen 4.9. Grúas de piscina.
Fuente: Medicare México.

4.1.9. Grúa de Baño para el Traslado de Pacientes con Camillas Apta Para Ducha o Baño Miranti

Este tipo está diseñado para el traslado de pacientes que requieran permanecer en estado de reposo al medio de higiene. Permite girar, colocar y frenar con un único cuidador, sin la necesidad de efectuar traslados manuales.

Cuenta con un respaldo de accionamiento eléctrico que se comanda mediante la unidad de control de mano, y se sube y baja desde el cabestrante del pilar lateral.

Un asa de seguridad y protección lateral brindan al paciente o residente seguridad al permitirle sujetarse. Por otra parte, las asas del extremo de la cabecera (para la conducción) y el pilar (para el manejo junto a la cama o la bañera) están diseñados especialmente para ofrecerle al cuidador un control total.

El sistema de freno centralizado se comanda mediante la unidad de control de mano o el pulsador del pilar.

Cuenta con la función Power Drive que consiste en una quinta rueda que ayuda al cuidador cuando se dirige la camilla hacia delante, para poder girar la parte principal de la camilla fácilmente sobre su propio eje. Se controla mediante un pulsador situado en el asa de conducción.



Imagen 4.10. Grúa de baño.
Fuente: Mundo dependencia.



4.2. Elementos y Accesorios Utilizados en Dispositivos de Movimiento y Traslados de Personas, Característica, Aplicaciones, Limitaciones y Funcionalidades

4.2.1. Arnés

Este es un elemento esencial con el que cuentan las mayorías de las grúas ortopédicas, cuya función fundamental es sujetar y contener de forma segura y en una determinada posición a la persona que se traslada, atendiendo a:

- Su discapacidad
- Su morfología
- El tipo de transferencia

A continuación, se detallan los tipos fundamentales de arnés existentes en el mercado.

4.2.1.1. Arnés de Traslado

Este accesorio se utiliza para pasar a una persona de la cama a la silla y de la silla a la cama. Algunos se encuentran dotados de un soporte en la cabeza que da mayor firmeza a la espalda recta. No se requiere cargar a la persona cada vez que se lo deba asistir, permitiendo su colocación y extracción en posición de sentado como acostado.



Imagen 4.11. Arnés de traslado.
Fuente: Catalogo ergo sling – winncare.

4.2.1.2. Arnés de Sábana

Este accesorio se utiliza en casos donde las personas han sufrido alguna fractura de fémur, cadera o lesiones de columna. Estos generalmente no pueden sentarse por el dolor que esta acción les causa, por ello es necesario realizar el traslado con el paciente totalmente acostado.



Imagen 4.12. Arnés sabana.
Fuente: Ortopedia Online Tarancon.

4.2.1.3. Arnés de Baño

Este accesorio se utiliza para trasladar la persona de forma cómoda al sector de aseo ya sea duchas de camillas y de altura, bañeras, entre otras.

Son confeccionado de una tela de malla tipo nylon con la propiedad de secado rápido y bajo coeficiente de resbalamiento.



Imagen 4.13. Arnés de baño.
Fuente: Abuelo cómodo.

4.2.1.4. Arnés de Higiene

Este accesorio está destinado para usuarios con movilidad limitada, con buen control de cabeza y tronco. Se utiliza para transferencias desde una posición sentada o semisentada. Tiene una abertura en la parte inferior, que facilita el aseo y el cambio de ropa durante la transferencia. También se utiliza para traslados desde y hacia el inodoro.

Se caracteriza por ser de fácil colocación y cuenta con la posibilidad de adaptar un cinturón que incrementa el soporte alrededor del cuerpo brindando un posicionamiento seguro.



Imagen 4.14. Arnés de Higiene.
Fuente: Catalogo ergo sling – winncare.

4.2.1.5. Arnés de Rehabilitación

Este accesorio se utiliza en pacientes que llevan un tiempo sin poder incorporarse de pie, les ayuda a recuperar la confianza en sí mismo. Se lo utiliza para entrenamiento con ErgoTrainer o grúas de suelo. Dispone de ajuste abdominal, piernas y hombro.



Imagen 4.15. Arnés de rehabilitación.
Fuente: Vida abuelo-soluciones para una vida más plena.

4.2.2. Percha

Este elemento es una unidad funcional que forma parte del dispositivo de traslado y tiene la función de vincular el brazo de la grúa con el arnés, por ende, es fundamental tener en cuenta el tipo de acción que se requiere ejecutar para su selección. En ciertos casos se encuentra recubierta de material antideslizante y ganchos que se cruzan para impedir que la cinta del arnés pueda soltarse.

Una barra simétrica proporciona una postura de sentado más reclinada que una barra doble. Con una percha más ancha, los brazos del paciente quedan por dentro del arnés, con una percha más angosta, los brazos del paciente quedan por fuera del arnés.

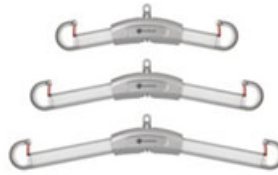


Imagen 4.16. Perchas.
Fuente: SystemRoMedic.

4.2.3. Actuadores Lineales

Un actuador lineal es un dispositivo o máquina que convierte movimiento rotativo en movimiento lineal (en una línea recta). Eso es posible a través de motores eléctricos de CA y CC, o alternativamente el movimiento también podría accionarse hidráulica y neumáticamente.

No obstante, los actuadores lineales eléctricos son la opción preferida cuando se precisa obtener un movimiento preciso y nítido. Se utilizan para todo tipo de aplicaciones en las que sea necesario emplear una inclinación, elevación, tracción o empuje con fuerza.

Uno de los tipos de actuador lineal más común es el actuador lineal eléctrico. Está formado por tres componentes principales: el husillo, el motor y los engranajes. El motor puede ser de CA o CC dependiendo de la potencia necesaria y otros factores determinantes.

Una vez que el operario ha enviado una señal, por ejemplo, a través de un control tan sencillo como un botón, el motor convierte la energía eléctrica en energía mecánica a través de hacer girar los engranajes conectados al husillo. Esto hace girar el husillo y causa que el vástago del pistón y la tuerca del husillo se desplacen hacia fuera o hacia dentro dependiendo de la señal que se envíe al actuador.

Por norma general, un alto número de hilos y un menor paso de rosca del husillo causará un movimiento lento pero una capacidad de carga muy superior. Por otro lado, un bajo número de hilos y un mayor paso de rosca del husillo favorecerá un movimiento rápido de cargas menores.

Existen muchos tipos y tamaños de actuadores lineales eléctricos. Desde los modelos pequeños y compactos que se adaptan a espacios reducidos de, por ejemplo, las sillas de ruedas, a elementos más grandes y potentes diseñados para mover artículos pesados como la cubierta del motor de una pala cargadora. Además de los basados en el tamaño y la potencia, también hay muchos otros diseños de actuadores lineales eléctricos.

Para escritorios y algunas aplicaciones médicas, se utilizan columnas de elevación para enclaves de motor en línea de dos o tres etapas.



Imagen 4.17. Actuador lineal.
Fuente: Linak

Los actuadores lineales eléctricos se utilizan en todas las áreas hospitalarias. Crean una regulación tanto en camas hospitalarias, grúas de paciente, mesas de quirófano y otras aplicaciones en, por ejemplo, hospitales y centros médicos.

Los actuadores lineales eléctricos también pueden sustituir a las soluciones hidráulicas y neumáticas.

4.3. Características Físicas, Fisiológicas, Antropométricas y Ergonómicas De Los Adultos Mayores

4.3.1. Ilustración de Parámetros Antropométricos Ancianos Sexo Femenino y Masculino 60 a 90 Años

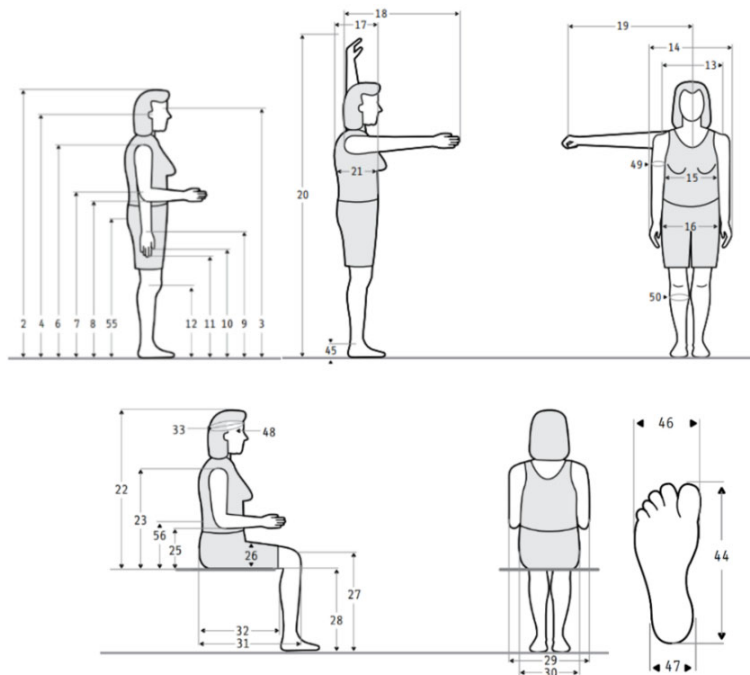


Imagen 4.18. Adultos mayores Sexo femenino 60 a 90 años.
Fuente: Chaurand - Prado León- González Muñoz.

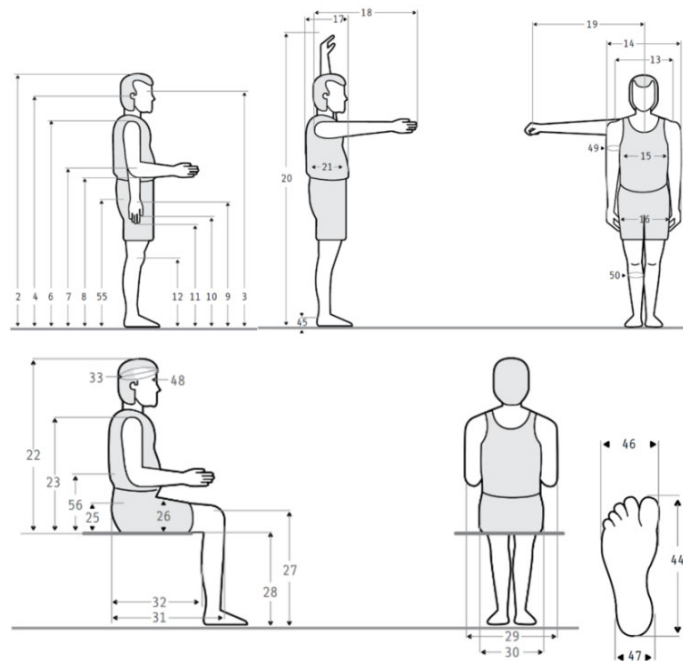


Imagen 4.19. Adultos mayores Sexo Masculino 60 a 90 años.
Fuente: Chaurand- Prado León- González Muñoz.

4.3.2. Dimensiones de los Parámetros Antropométricos Adultos Mayores Sexo Femenino y Masculino 60 a 90 Años

Adultos Mayores 60-90 años				
Nº	Parámetro	Femenino (\bar{X})	Masculino (\bar{X})	Unidad
1	Peso	65.35	70.2	kg
2	Estatura	1506	1632	mm
6	Altura hombro	1235	1346	mm
7	Altura codo	957	1041	mm
8	Altura codo flexionado	928	1007	mm
12	Altura rodilla	413	456	mm
55	Altura cadera	903	973	mm
13	Diámetro máx. bideltoideo	434	454	mm
14	Anchura máx. cuerpo	498	513	mm
15	Diámetro transversal tórax	315	315	mm
17	Profundidad máx. cuerpo	318	348	mm
18	Alcance brazo frontal	571	618	mm
19	Alcance brazo lateral	557	608	mm
21	Profundidad tórax	291	269	mm
50	Perímetro pantorrilla	338	347	mm
22	Altura normal sentado	782	842	mm
23	Altura hombro sentado	521	567	mm
26	Altura máx. muslo	133	141	mm
27	Altura rodilla sentado	472	511	mm
28	Altura poplítea	360	403	mm



29	Anchura codos	500	510	mm
30	Anchura cadera sentado	387	378	mm
31	Longitud nalga-rodilla	554	577	mm
32	Longitud nalga-poplíteo	463	475	mm
44	Longitud pie	233	254	mm

Tabla 4.1. Dimensiones de los Parámetros Antropométricos.
Fuente: Chaurand- Prado León- González Muñoz.

4.4. Causas de Problemas Motrices en Adultos Mayores

El movimiento puede estar dificultado por trastornos que limitan la movilidad articular, o que causan debilidad, rigidez, temblor, o dificultad para iniciar el movimiento. También puede estar limitado cuando la movilidad causa dolor. Los pacientes con dolor en músculos, ligamentos, huesos o articulaciones tienden a limitar el movimiento de forma consciente e inconsciente. La limitación de la movilidad con frecuencia da la impresión de debilidad, aun cuando el sistema nervioso y los músculos sean capaces de generar movimiento.

- **Trastornos Articulares**

Una articulación puede tener una amplitud de movilidad limitada debido a

- Dolor.
- Lesión articular previa con formación de grandes cicatrices
- Inmovilización articular prolongada provocando el acortamiento de los tendones
- Acumulación de líquido en la articulación debido a artritis o a una lesión aguda.
- Lesión de un fragmento de cartílago a consecuencia de un traumatismo (generalmente en la rodilla) puede bloquear el movimiento articular.

- **Debilidad**

Aunque muchas personas se quejan de debilidad cuando se sienten cansadas o agotadas, la verdadera debilidad significa que al realizar un esfuerzo máximo no se generan contracciones musculares normales, con fuerza adecuada. La contracción muscular normal voluntaria requiere que el cerebro genere un impulso, que luego viaja a través de la médula espinal y los nervios para alcanzar un músculo que funciona de forma normal. Por lo tanto, la verdadera debilidad puede ser consecuencia de un traumatismo o una enfermedad que afecta al sistema nervioso, a los músculos o a la conexión entre ellos (la unión neuromuscular).



4.5. Consecuencias de la Dificultad de Moverse por sus Propios Medios

Con cierta frecuencia se presenta el síndrome de inmovilidad en adultos mayores, provocado por la necesidad de estar en reposo durante un largo tiempo, a causa de alguna enfermedad o intervención quirúrgica; pero también como consecuencia de una actitud personal derivada, por ejemplo, del miedo a caerse si sale del hogar, restringiendo paulatinamente sus movimientos hasta el punto de perder completamente su capacidad de trasladarse y convertirse en una persona dependiente.

Es importante señalar que, en ocasiones, este problema se produce sin necesidad de que la persona mayor sufra una enfermedad y necesite ser hospitalizada para ser tratada. En ocasiones, el síndrome sobreviene de forma lenta y gradual por una actitud de abandono por parte de la persona mayor, de manera que empieza a limitar su actividad física y acaba por no salir a la calle e incluso moverse lo mínimo posible en casa.

Puede ser suficiente el haber sufrido una caída, sentirse insegura al caminar y tener miedo a sufrir una fractura. Pero el problema es también que muchas veces esto ocurre con la complicidad de los familiares, ya que desarrollan una sobreprotección hacia la persona, en vez de animarla y motivarla para que mantenga su actividad social, salga a la calle y se mantenga activa.

Cuando es la enfermedad la que obliga a estar durante un tiempo en cama, y el paciente presenta fiebre, es factible la aparición de una disnea que se prolonga durante días. Esto contribuye al desarrollo del síndrome confusional que hace que el paciente no participe activamente en los cuidados necesarios y limite su capacidad de caminar o cambiar de postura.

Para todos los casos, la inmovilidad de la persona puede traer las siguientes consecuencias:

- Úlceras por presión.
- Contracciones de las articulaciones que reducen la amplitud de movimiento.
- Debilidad/atrofia muscular.
- Osteoporosis.
- Hipotensión ortostática, estasis venosa.
- Estreñimiento.
- Difusión vestibular/perdida de equilibrio.
- Aislamiento social, disminución de la autoestima, depresión, ansiedad, confusión.
- Afecciones de la circulación sanguínea y a la capacidad respiratoria.



- Reducción de la tolerancia al ejercicio.
- Favorecimiento de la trombosis venosa profunda y el trombo embolismo pulmonar.
- Disnea y sensación de ahogo.
- Incontinencia urinaria y fecal.
- Deprivación sensorial y deterioro cognitivo.
- Neumonía que reduce la ventilación, y embolia pulmonar.
- Infecciones urinarias, incontinencia.
- Trastornos digestivos, metabólicos, fisiológicos o cutáneos.

En resumen, se han explicado cuales son los dispositivos que facilitan la movilidad y traslado de personas con capacidades motoras disminuidas y que se adaptan a diferentes necesidades gracias a los mecanismos, elementos y accesorios. También se han expuesto los parámetros antropométricos y los factores que condicionan la limitación de movilidad.



5. DATOS DE PARTIDA

5.1. Bases de Diseño

El diseño del dispositivo de elevación, transporte y descenso debe adecuarse a los problemas motrices que presentan los adultos mayores con dependencia parcial o total que residen en la Fundación Don Pedro Hogar de Ancianos Reconquista. Quienes deben ser asistidos en camas ortopédicas, sillas de ruedas, sillas de baño, vehículos, entre otras. También debe cubrir las necesidades detalladas en Tabla 5.1.

Necesidades requeridas para el dispositivo
Poder manipular adultos mayores, con un peso aproximado de 120kg
La fuerza ejercida debe ser realizada por el dispositivo y no por las personas intervinientes
Tener un costo accesible para la población objetivo
Los elementos que componen al dispositivo deben estar disponible en el mercado
Poder movilizarse fácilmente en toda la instalación sin carga
Poder: levantar a los pacientes desde sillas de ruedas, cama de habitación general, camas ortopédicas, sillones de baño, adaptarse a cualquier paciente adulto mayor
Contar con un sistema de apertura de base, baterías, alarma en situación de carga, parada de emergencia
Ser seguro y no causar ningún daño a las personas,
De fácil operación, versátil, ergonómico, modular, ligero, de fácil mantenimiento
Debe estar rotulado

Tabla 5.1. Necesidades requeridas para el dispositivo.
Fuente: Elaboración propia.

5.1.1. Medidas Principales de Accesorios y Mobiliario

En el presente trabajo, se describen las características principales de los accesorios y mobiliario ortopédico estándar, tenidos en cuenta para el análisis de situación y diseño del dispositivo.

Las medidas fundamentales que corresponden a sillas de ruedas, camas ortopédicas, sillones de baño y arnés, se extraen de catálogos del fabricante Quiromed. Ver Anexo A.



- Sillas de Ruedas

Se cuenta con las sillas de ruedas estándar que se detallan en la Tabla 5.2, correspondientes al fabricante Quiromed: Ver Anexo A.

Medidas principales sillas de ruedas (m)					
Modelo	Ancho de la silla	Ancho del asiento	Ancho plegada	Altura de la silla	Altura del asiento
SC-9030A	0,64	0,46	0,23	0,91	0,5
K7(24)	0,82	0,62	0,33	0,93	0,56

Tabla 5.2. Sillas de ruedas.
Fuente: Quiromed.

- Camas Ortopédicas

Se cuenta con camas ortopédicas las que se detallan en la Tabla 5.3, correspondientes al fabricante Quiromed: Ver Anexo A.

Medidas principales cama ortopédica (m)				
Modelo	Ancho	Largo	Altura	Lecho
SCMB04	0,98	2,13	0,38 - 0,68	0,84*1,92

Tabla 5.3. Camas Ortopédicas.
Fuente: Quiromed.

- Sillas de baño

Se cuenta con las sillas de baño estándar que se detallan en la Tabla 5.4, correspondientes a la marca Quiromed: ver Anexo A.

Medidas principales Silla de baño (m)			
Modelo	Ancho	Profundidad	Altura
SC 6055 - KD	0,4	0,33	0,42*0,55

Tabla 5.4. Sillas de baño.
Fuente: Quiromed.

- Cama de Habitación General

Las habitaciones estándar cuentan con camas de una plaza elevadas cuyas medidas se describen en la Tabla. 5.5.

Medidas principales cama estándar (m)			
Modelo	Ancho	Alto	Largo
1 plaza	0,8	0,47	1,9

Tabla 5.5. Cama de una plaza estándar.
Fuente: Elaboración propia, medición en campo.



5.1.2. Medidas Principales Correspondientes al Habitáculo del Vehículo de Traslado

Para el presente se toma en cuenta las medidas de habitáculo de un utilitario Renault Kangoo modelo 2017, para ello se considerará. Ver: Anexo E.

Medidas principales del vehículo de traslado (mm)		
Cotas	Parámetro	Dimensión
A	Distancia entre ejes	2600
B	Largo total	4010
C	Voladizo delantero	707
D	Voladizo trasero	708
E	Trocha delantera	1400
F	Trocha trasera	1415
G	Ancho total sin/con espejos	1672/2030
H	Altura total en orden de marcha	1860
J	Altura al piso de carga	625
K	Despeje en orden de marcha	205
Q	Altura interior en zona de carga	1257
W	Ancho al acceso de la puerta lateral corrediza	619
W1	Alto al acceso de la puerta lateral corrediza	1093
Y	Ancho mínimo al acceso del portón trasero	1069
Y1	Ancho máximo al acceso del portón trasero	1219
Y2	Ancho entre pasarruedas	1172
Z	Alto al acceso de las puertas traseras	1166

Tabla 5.6. Medidas principales vehículo de traslado.
Fuente: Elaboración Propia.

5.1.3. Medidas Antropométricas de los Adultos Mayores

Las medidas antropométricas de los adultos mayores tenidas en cuenta para el diseño del dispositivo se detallan en la Tabla 5.7.

Adultos Mayores 60-90 años			
Parámetro	Femenino (\bar{X})	Masculino (\bar{X})	Unidad
Peso	65.35	70.2	kg
Estatura	1506	1632	mm
Altura hombro	1235	1346	mm
Profundidad máx. cuerpo	318	348	mm
Profundidad tórax	291	269	mm
Perímetro pantorrilla	338	347	mm
Altura normal sentado	782	842	mm



Altura hombro sentado	521	567	mm
Altura máx. muslo	133	141	mm
Altura rodilla sentado	472	511	mm
Altura poplíteo	360	403	mm
Longitud nalga-rodilla	554	577	mm
Longitud nalga-poplíteo	463	475	mm
Longitud pie	233	254	mm
Anchura máx. cuerpo	498	513	mm

Tabla 5.7. Síntesis de datos de obtenidos en documento de capítulo 4.
Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. Características del Piso, Coeficiente de Fricción

El coeficiente de fricción es el índice que mide la resistencia al deslizamiento de los revestimientos.

Se plantea que el dispositivo pueda trasladar a los adultos mayores sobre pisos cuyo coeficiente de fricción según ASTM C1028:

$$\text{Antiderrapantes COF Húmedo} > 0.60$$

En lugares donde sea necesario la incorporación de rampas se utilizarán productos antideslizantes, como así también veredas y zonas descubiertas. El coeficiente de fricción para estos espacios debe ser superior a 0,6. En el caso de rampas los productos antideslizantes deben ser utilizados sólo cuando la inclinación sea menor a 10°. Ver: Anexo B.

5.1.5. Medidas de Posiciones

En primera instancia, se analizan las distintas posiciones en las que se puede asistir al paciente atendiendo el entorno, mobiliarios, accesorios y medidas antropométricas. Con lo que se determinaran parámetros de partes principales del dispositivo con el objetivo de limitar interferencias o colisiones no deseadas que afecten al paciente.

Se analizan las distancias máximas medidas desde el piso a la base del lecho de la cama ortopédica/cama de habitación general más la longitud correspondiente a la profundidad máxima del cuerpo, en posición acostado. Y en posición de sentado, la distancia máxima medida desde el piso al hombro del paciente sobre todos los mobiliarios y vehículo de análisis.

Por otra parte, también se analizan las distancias máximas desde el extremo más lejano del cuerpo hasta el tórax, medidos desde el frente; y de costado, la correspondiente al centro del tórax respecto a la parte más alejada del mobiliario o vehículo.



Accesorio/Mobiliario		DMH desde el borde lateral al centro del cuerpo (m)	DMH extemo pie al torax (m)
Cama 1 Plaza		0,4	
Cama Ortopedica	Despliegue min.	0,49	
	Despliegue máx	0,49	
Silla de Rueda Mod. SC-9030A		0,32	0,381
Silla de Rueda Mod. K7(24)		0,41	0,381
Sillon de Baño	Medidas máx	0,2	0,381
	Medidas min	0,2	0,381
Silla vehiculo	Auto	0,5	
	Utilitario	0,5	

Tabla 5.8. DMH.
Fuente: Elaboración propia.

Accesorio/Mobiliario		Aplicación del esfuerzo (m)		
		DMV piso a hombro sentado (m)	DMV piso a muslo sentado	DMV piso a torax/abdomen acostado
Cama 1 Plaza		1,037	0,611	0,818
Cama Ortopedica	Despliegue min.	0,947	0,521	0,728
	Despliegue máx	1,247	0,821	1,028
Silla de Rueda Mod. SC-9030A		1,067	0,641	
Silla de Rueda Mod. K7(24)		1,127	0,701	
Sillon de Baño	Medidas máx	1,117	0,691	
	Medidas min	1,027	0,601	
Silla vehiculo	Automovil	1,067	0,641	
	Utilitario	1,118	0,692	

Tabla 5.9. DMV.
Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, se generó una base de diseño donde se contemplaron las necesidades a cubrir y los tipos de accesorios, mobiliarios, vehículos y suelo con los que el dispositivo debería articular acción.



6. DISEÑO DEL DISPOSITIVO

6.1. Fundamentos Teóricos

6.1.1. Concepto de Diseño

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo de toma de decisiones. En ocasiones, esas decisiones deben tomarse con poca información. Otras veces con apenas la cantidad adecuada o con un exceso de información parcialmente contradictoria.

El diseño es una actividad que requiere una intensa comunicación, en la cual se usan tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gente con formación en muchas disciplinas. Éstas son habilidades importantes y el éxito de un ingeniero depende de ellas.

Diseñar entonces es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema particular. Si se llega a la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse.

Algunas veces las decisiones son provisionales, por lo que es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtenga más información. Es importante que el diseñador se sienta cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas.

Las capacidades personales del diseñador en cuanto a creatividad, habilidad para comunicarse y destreza para resolver problemas están entrelazadas con el conocimiento de la tecnología y sus principios fundamentales. Las herramientas de la ingeniería como las matemáticas, estadística, computación, gráficas y el lenguaje, se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo, crea un producto funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se puede fabricar y comercializar, sin importar quién lo construya o lo use.

6.1.2. Proceso del Diseño

- Definir el problema que siempre nace de una necesidad.
- Elegir un esquema o forma de resolución del problema.
- Estudiar la factibilidad.
- Diseñar de forma preliminar la máquina, estructura, sistema o proceso seleccionado; permitiendo establecer las características globales y las específicas de cada componente.
- Realizar el análisis de los componentes y preparar planimetría.

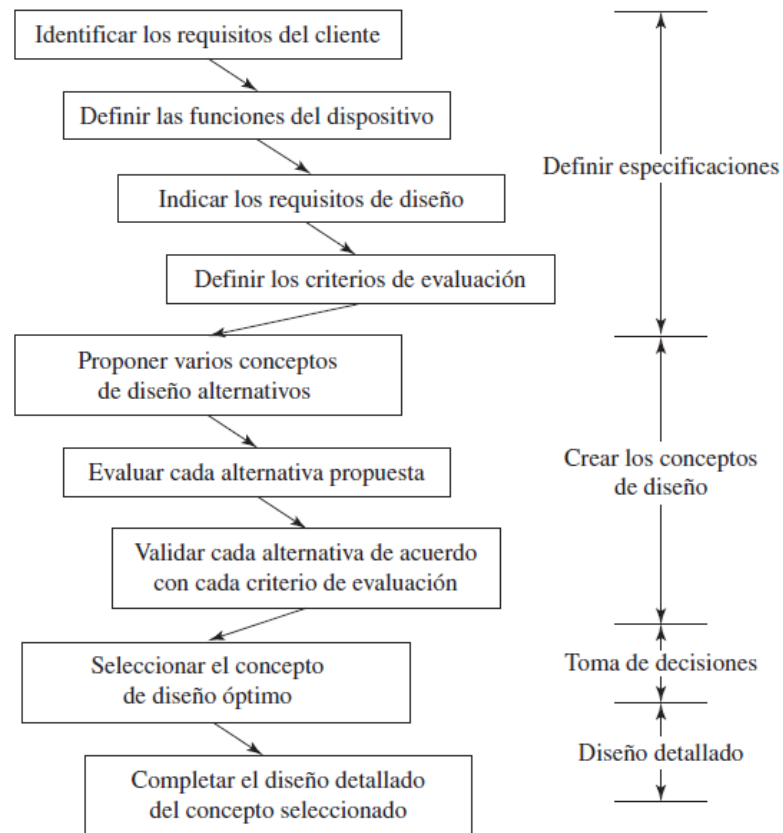


Imagen 6.1. Pasos en el proceso de diseño.
Fuente: Robert L. Mott, P. E., 2006.

6.1.3. Diseño Mecánico

Según Mott (2006) el diseño mecánico es el proceso de diseño o selección de componentes mecánicos para conjuntarlos y lograr una función deseada. Naturalmente, los componentes de máquinas deben ser compatibles, acoplarse bien entre sí, y funcionar de forma segura y eficiente (p.14).

El objetivo final de un diseño mecánico es obtener un producto útil que satisfaga las necesidades de un cliente y, además, sea seguro, eficiente, confiable, económico y de manufactura práctica.

6.1.4. Consideraciones Fundamentales del Diseño

6.1.4.1. Factor de Diseño y Factor de Seguridad

En el diseño un punto de gran importancia es poder predecir en qué condiciones se producirá la falla de un elemento. Una vez determinada las solicitaciones, deformaciones, desgastes, u otros que ocasionan la falla, se debe realizar el dimensionamiento de cada elemento para que esto no suceda dentro de un tiempo de vida útil.



- **Método del Factor de Diseño Determinístico**

Un enfoque general del problema de la carga permisible contra la carga de pérdida de función es el método del Factor de Diseño Determinístico, cuya ecuación fundamental es:

$$n_d = \frac{\text{parámetro de pérdida de función}}{\text{parámetro máximo permisible}} \quad 6-1$$

Donde n_d se conoce como Factor de Diseño, se analizan todos los modos de pérdida de función, y el modo que conduzca al factor de diseño más pequeño será el modo gobernante. Después de terminar el diseño, el factor de diseño real puede cambiar. En este caso, el factor se conoce como factor de seguridad, n_s , que tiene la misma definición que el factor de diseño, pero, por lo general, difiere en su valor numérico.

Como el esfuerzo puede no variar en forma lineal con la carga, el uso de la carga como el parámetro de pérdida de función puede no ser aceptable. Entonces, es más común expresar el factor de diseño en términos del esfuerzo y una resistencia relevante. Así la ecuación 6-1 puede reescribirse como:

$$n_d = n_s = \frac{\text{resistencia de la pérdida de función}}{\text{esfuerzo permisible}} \quad 6-2$$

• **Método de Pugsley para el Cálculo del Factor de Seguridad**

Factor de seguridad “ n_s ” utilizando el método de Pugsley (*Bernard J. Hamrock, 2000, p. 8*) que se determina sistemáticamente con la siguiente ecuación:

$$n_s = n_{sx} \cdot n_{sy} \quad 6-3$$

Donde los parámetros que componen la función se obtienen de la Tablas 6.1 y Tabla 6.2. Ver: Anexo C.

6.2.Desarrollo del Modelo Conceptual

Este punto sustenta su desarrollo en el análisis realizado en los capítulos 4 y 5, y las necesidades relevadas. Se definen las características en cuanto a:

- Forma
- Capacidades
- Funcionalidad
- Restricciones físicas asociadas al sector

En la medida de avanzar con el modelo se atiende a garantizar aspectos de:

- Seguridad



- Funcionalidad
- Ergonomía
- Mantenimiento
- Estética
- Costo

Por lo tanto, con datos especificados en el Capítulo 5, se definen las siguientes características prioritarias del concepto:

- Parámetros que condicionan el rango de aplicación del punto de carga
- Forma, dimensión, carga a manipular
- Arquitectura de sector de trabajo

Parámetros para el diseño	
Tablas	Título
5.1	Sillas de ruedas
5.2	Camas Ortopédicas
5.3	Sillas de Baño
5.4	Cama de una Plaza Estándar
5.5	Medidas Principales vehículo de traslado
5.6	Parámetros Antropométricos Adultos Mayores
5.7	Distancia de posición de las partes del dispositivo a mínima distancia de interferencia (Distancia máx. horizontal: DMH)
5.8	Distancia de posición de las partes del dispositivo a mínima distancia de interferencia (Distancia máx. vertical: DMV)

Tabla 6.1. Resumen de tablas capítulo 5.
Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se comienza con bosquejos a mano alzada de varias ideas que cumplan con la premisa, los que serán asiento de modelos computacionales conceptuales desarrollados en el software SolidWorks.

Rango de Aplicación del Punto de la Carga P = 120 kg			
Parámetro	Unidad	Abreviación	Rango
Distancias máximas horizontal	m	DMH	0.2 a 0.49
Distancias máximas vertical	m	DMV	0.611 a 1.247

Tabla 6.2. Rango de aplicación del punto de carga.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.1. Definición del Modelo Conceptual de la Estructura

Para definir el modelo conceptual se analizaron los datos expuestos en el capítulo 5 que condicionan a la arquitectura y funcionalidad del dispositivo. Se evaluaron elementos comunes y se concluyó en una estructura fija y otro móvil.

6.2.2. Definición de las Posiciones de Análisis del Brazo

Basado en la arquitectura de los modelos conceptuales propuestos en el punto 6.2.1, se procede a definir los parámetros del brazo del dispositivo para 4 posiciones de análisis, Imagen 6.3.

- Posición 1, dispositivo con el brazo extendido a 90° y un alcance de 860mm.
- Posición 2, dispositivo con el brazo extendido a $30,98^\circ$ y un alcance de 784,4mm.
- Posición 3, dispositivo con el brazo extendido a 90° y un alcance de 1060mm.
- Posición 4, dispositivo con el brazo extendido a $21,94^\circ$ y un alcance de 1007,11mm.

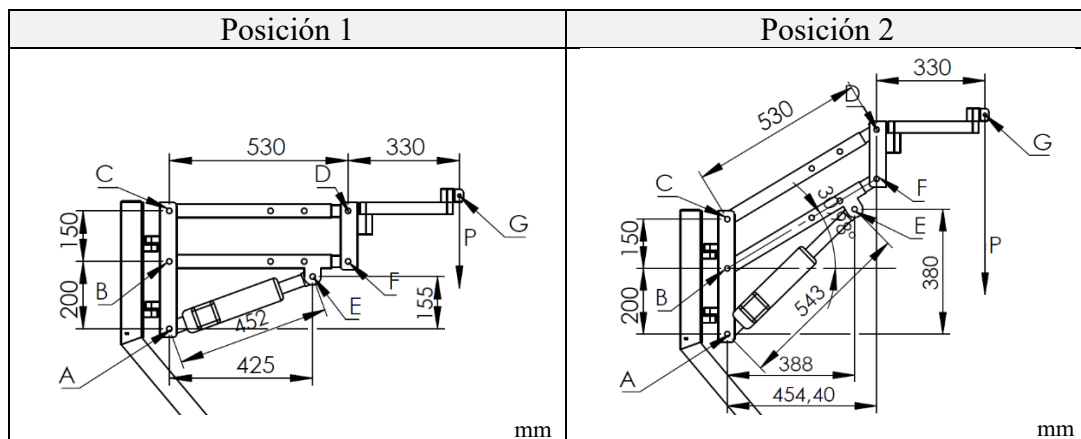


Imagen 6.2. Posiciones de análisis del brazo mínima extensión $0^\circ/30,98^\circ$

Fuente: Elaboración propia.

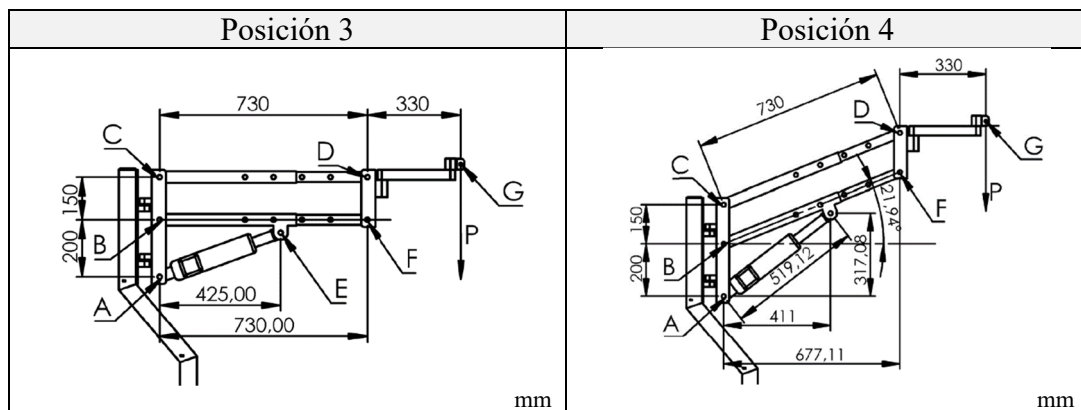


Imagen 6.3. Posiciones de análisis del brazo máxima extensión, $0^\circ/21,94^\circ$

Fuente: Elaboración propia.



6.3. Dimensionamiento

6.3.1. Cálculo del Factor de Seguridad Utilizando el Método de Pugsley

La estimación del Factor de seguridad mínimo global “ns” se realiza utilizando el método de Pugsley, donde los parámetros de la ecuación 6-5 se obtienen de las Tablas 6.1 y Tabla 6.2. Ver: Anexo C.

- A = mb (muy bien) ya que las calidades de los materiales, mano de obra y mantenimiento al ser un dispositivo que se requiere brinde las mejores prestaciones por trabajar con el transporte de personas con un grado significativo de delicadeza en su salud.
- B = r (regular) ya que se trabajará una posibilidad de sobrecargas regularmente.
- C = r (bien) ya que se conocen pruebas anteriores de otros dispositivos.

$$n_{sx} = 1,9$$

- D = ms, el riesgo tanto para la persona como para el paciente es moderado.
- E = ms, presenta impacto económico.

$$n_{sy} = 1,6$$

El factor de seguridad mínimo global para el diseño de componentes del dispositivo se determina con la ecuación 6-5:

$$n_s = n_{sx} \cdot n_{sy} = 1,9 \cdot 1,6 = 3,04$$

Se adopta $n_s = 3,1$.

Característica		B=				
		mb	b	r	p	
A=mb	C=	mb	1.1	1.3	1.5	
		b	1.2	1.45	1.7	1.7
		r	1.3	1.6	1.9	1.95
		p	1.4	1.75	2.1	2.2

Tabla 6.3. Características de factor de seguridad A, B y C.
Fuente: Elementos de máquina Bernard Hamrock.

Características		D=		
		ns	s	ms
E=	ns	1.0	1.2	1.4
	s	1.0	1.3	1.5
	ms	1.2	1.4	1.6

Tabla 6.4. Características de factor de seguridad D y E.
Fuente: Elementos de máquina Bernard Hamrock.



6.3.2. Dimensionamiento de la Percha

La percha se define en base a las dimensiones promedio del ancho máximo de cuerpo, y los efectos de la carga a soportar en sus extremos, como se detalla en la Tabla 6.5.

Parámetro	Femenino	Masculino	Observación
Anchura máx. cuerpo	498 mm	513 mm	Se adopta 513 mm
Peso	65.35 kg	70.2 kg	Se adopta 120 kg = 1176.8 N

Tabla 6.5. Parámetros de la carga.
Fuente: Elaboración propia.

Se plantean dos opciones, una con planchuelas de sección rectangular, según norma aplicable a perfiles estructurales laminados en caliente y a placas de la misma calidad ASTM A36, donde la tensión de fluencia es de $\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$. Otra con tubo estructural de sección rectangular, según norma aplicable a tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en frío, con o sin costura, de sección circular y otras formas ASTM A500 donde la tensión de fluencia es de $\sigma_y = 3235 \text{ kg/cm}^2$.

Atendiendo a la simetría física y estática, para el análisis y dimensionamiento, la percha se divide en dos partes iguales de longitud $L = (513/2) \text{ mm} = 256.5 \text{ mm}$. La carga $P = 1176.8 \text{ N} / 2 = 588.4 \text{ N}$ se aplica en cada extremo tal como se muestra en la Imagen 6.4.

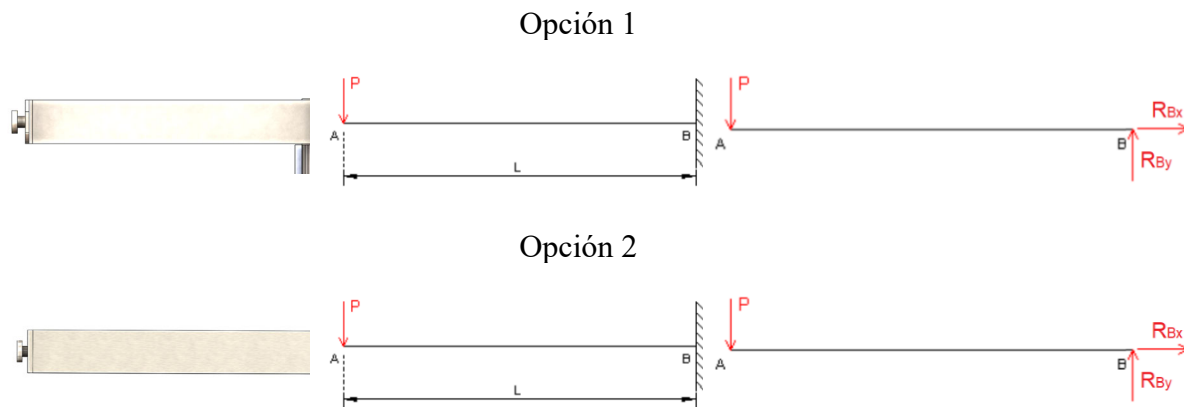


Imagen 6.4. Sección media de la percha.
Fuente: Elaboración propia.

Condiciones de equilibrio

- 1- $\Sigma M_B = 0 \Rightarrow M_B - P \cdot L = 0$
- 2- $\Sigma M_A = 0 \Rightarrow M_B - R_{By} \cdot L = 0$
- 3- $\Sigma F_x = 0 \Rightarrow R_{By} = 0$

Verificación= $\Sigma F_y = 0$; $R_{By} - P = 0 = 588,4 \text{ N} - 588,4 \text{ N}$



Se trata de un caso de flexión simple recta con un esfuerzo de corte

De la ecuación 1 $\Rightarrow M_B = P \cdot L = 588,4 \text{ N} \cdot 0,2565 \text{ m} = 150,9246 \text{ Nm} = 1533,5 \text{ kgcm}$

De la ecuación 2 $\Rightarrow R_{By} = P = 588,4 \text{ N} = 60 \text{ kg}$

De la ecuación 3 $\Rightarrow R_{Bx} = 0$

- Opción 1

Atendiendo al factor de seguridad adoptado $n_s = 3,1$ y la tensión de fluencia es de $\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x} = (2530 \text{ kg/cm}^2)/3,1 = 816,129 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W_x}$$

$$816,129 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W_x}$$

$$W_x = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} = \frac{1533,5 \text{ kgcm}}{816,129 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 1,88 \text{ cm}^3$$

De tabla de perfiles el módulo resistente inmediato superior es de $W_x = 1,91 \text{ cm}^3$ y corresponde a la planchuela de $1 \frac{1}{2}'' \times 5/16''$: Ver Anexo D.

Para el perfil seleccionado, la flecha obtenida es de:

$$\Delta_A = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{60 \text{ kg} \cdot (25,65 \text{ cm})^3}{3 \cdot 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 3,64 \text{ cm}^4} = 0,044 \text{ cm}$$

Los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector son los expresados en la siguiente tabla:

Datos y Resultados		
Parámetro	Dimensión	Diagramas
σ_{adm}	$816,129 \text{ kg/cm}^2$	
$M_{f_{m\acute{a}x}}$	$1533,5 \text{ kgcm}$	
Δ_A	$0,044 \text{ cm}$	
W_x	$1,91 \text{ cm}^3$	
Planchuela	$1 \frac{1}{2}'' \times 5/16''$	
Peso	$14,12 \text{ N}$	
Longitud	$25,65 \text{ cm}$	
Cantidad	1	

Tabla 6.6. Datos y resultados para sección media de la percha opción 1.

Fuente: Elaboración propia.



- **Opción 2**

Se adopta un tubo estructural de sección rectangular.

Atendiendo al factor de seguridad adoptado $n_s = 3,1$, tensión de fluencia es de

$$\sigma_y = 323 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x} = (3235 \text{ kg/cm}^2) / 3,1 = 1043,854 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W_x}$$

$$1043,54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W_x}$$

$$W_x = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} = \frac{1533,5 \text{ kgcm}}{1043,54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 1,469 \text{ cm}^3$$

De tabla de perfiles el módulo resistente inmediato superior es de $W_x = 1,716 \text{ cm}^3$ y corresponde a un tubo de sección rectangular de 20x40x1,6 mm: Ver Anexo D.

Para el perfil seleccionado, la flecha obtenida es de:

$$\Delta_A = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{60 \text{ kg} \cdot (25,65 \text{ cm})^3}{3,2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2 \cdot 3,431 \text{ cm}^4} = 0,046 \text{ cm}$$

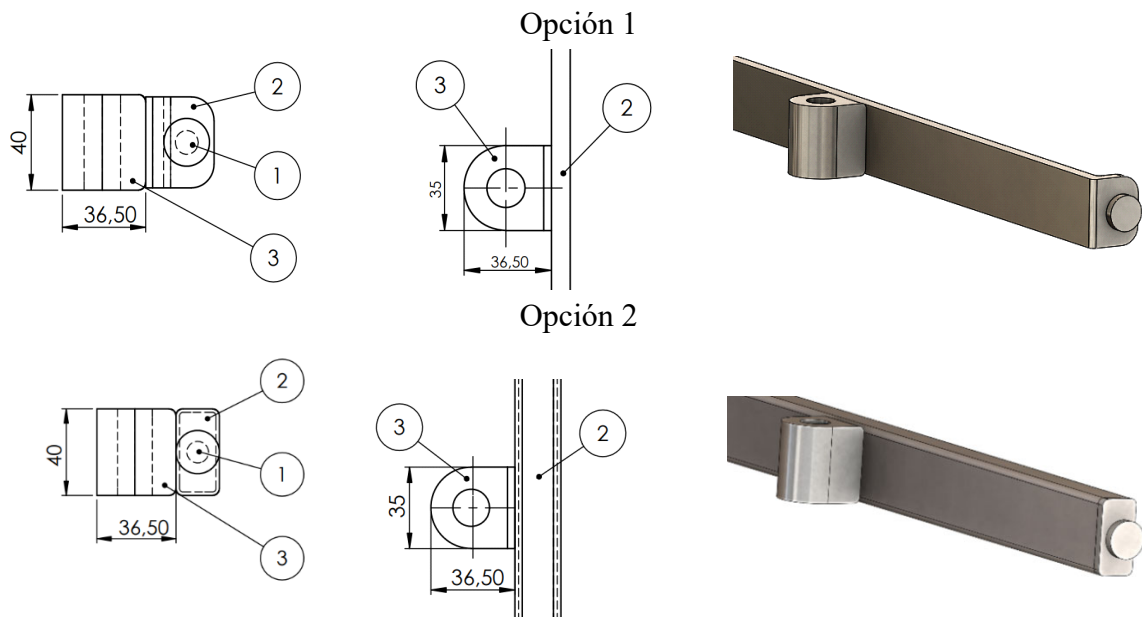
Datos y Resultados		
Parámetro	Dimensión	Diagramas
σ_{adm}	1043,54 kg/cm ²	
$M_{f_{max}}$	1533,5 kgcm	
Δ_A	0,046 cm	
W_x	1,716 cm ³	
Tubo estructural	20x40x1.6 mm	
Peso	4.413N	
Longitud	25,65 cm	
Cantidad	1	

Tabla 6.7. Datos y resultados para sección media de la percha opción 2.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3. Eslabón Unión de Percha

Para la fabricación del eslabón que une la percha con la barra auxiliar se plantean alternativas que dependen del tipo de percha a utilizar las que se expusieron en Imagen 6.3.



1- Perno anclaje de arnes; 2- Percha; 3- Eslabón unión de percha, Medidas en mm.

Imagen 6.5. Eslabón unión de percha.
Fuente: Elaboración propia.

Determinación de esfuerzos y verificaciones

Se establecen las condiciones de equilibrio

$$1- \Sigma M_B = 0 \Rightarrow M_B - P \cdot L = 0$$

$$2- \Sigma M_A = 0 \Rightarrow M_B - R_{By} \cdot L = 0$$

$$3- \Sigma F_x = 0 \Rightarrow R_{Bx} = 0$$

Verificación: $\Sigma F_y = 0$; $R_{By} - P = 0 = 1190,94 \text{ N} - 1190,94 \text{ N}$

De la ecuación 1 $\Rightarrow M_B = P \cdot L = 1190,94 \text{ N} \cdot 0,0365 \text{ m} = 43,469 \text{ N.m} = 443,26 \text{ kgcm}$

De la ecuación 2 $\Rightarrow R_{By} = P = 1190,94 \text{ N} = 121,44 \text{ kg}$

De la ecuación 3 $\Rightarrow R_{Bx} = 0$

- Sección maciza:

Atendiendo al factor de seguridad adoptado $n_s = 3,1$ y la tensión de fluencia es de $\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x} = (2530 \text{ kg/cm}^2) / 3,1 = 816,129 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W_x}$$

$$816,129 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W_x}$$



$$W_x = \frac{M_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{443,26 \text{ kgcm}}{816,129 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 0,54 \text{ cm}^3$$

De tabla de perfiles el módulo resistente inmediato superior es de $W_x = 0,69 \text{ cm}^3$ y corresponde a la planchuela de 1"x 1/4": Ver Anexo D.

También se puede trabajar con $W_x = 0,77 \text{ cm}^3$ que corresponde a una planchuela de 1½"x1/8".

- **Sección tubular:**

$$\sigma_{\text{adm}} = \sigma_{\text{máx}} = (3235 \text{ kg/cm}^2)/3,1 = 1043,854 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{adm}} = \sigma_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}}}{W_x}$$

$$1043,54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{M_{\text{máx}}}{W_x}$$

$$W_x = \frac{M_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{443,26 \text{ kgcm}}{1043,54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 0,424 \text{ cm}^3$$

De tabla de perfiles el módulo resistente inmediato superior es de $W_x = 0,701 \text{ cm}^3$ y corresponde a un tubo estructural 20x30x0,9 mm: Ver Anexo D.

Para unificar espesores y contribuir con la soldabilidad del eslabón al tubo estructural de la percha se selecciona $W_x = 1,38 \text{ cm}^3$ que corresponde a 20x30x1,6 mm: Ver Anexo D

Atendiendo a las formas y dimensiones de ambas perchas expuestas en la Imagen 6.3 se propone también construir este componente en una sección maciza de 36,5 mm x 40 mm, tensión de fluencia es de $\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ correspondiente a ASTM A36, el factor de seguridad adoptado $n_s = 3,1$.

$$\sigma_{\text{adm}} = \sigma_{\text{máx}} = (2530 \text{ kg/cm}^2)/3,1 = 816,129 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{trab}} = \frac{M_{\text{máx}} \cdot c}{I_x} = \frac{443 \text{ kgcm} \cdot 2\text{cm}}{18,6\text{cm}^4} = 47,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{adm}} > \sigma_{\text{trab}}$$

$$816,129 \text{ kg/cm}^2 > 47,49 \text{ kg/cm}^2$$



6.3.4. Cálculo de Parámetros de Soldadura del Eslabón Unión de Percha

Para efectuar la unión por soldadura de la percha de la opción 1 y el eslabón de sección rectangular propuesto en el apartado 6.3.3, el material a utilizar corresponde a ASTM A36, con una tensión de fluencia es de $\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2 (250 \text{ MPa})$.

El eslabón se encuentra cargado en su extremo por una carga de $P' = 1190,94 \text{ N} = 26772,93 \text{ lb} = 121,44 \text{ Kg}$ suma del peso de la percha y la carga máxima a manipular.

Se considera soldar en filete en ambos lados a la percha, utilizando un electrodo de material con resistencia semejante. Teniendo en cuenta que la soldadura está cargada directamente y fallará al cortante a lo largo de un plano de 45° en la garganta.

La Tabla 6.8 proporciona la resistencia del material como 58-80/400-500 (kpsi-MPa). Se selecciona un electrodo con aproximadamente la misma resistencia.

Número ASTM	S_y (kpsi/MPa)	S_{ut} (kpsi-MPa)
A36	36/250	58-80/400-500

Tabla 6.8. Resistencia mínima del acero estructural ASTM A36.

Fuente: Diseño de máquinas. Un enfoque integrado.

Los electrodos tienen incrementos de 10 kpsi de la resistencia del material y el más cercano es un E60 con 62 kpsi de la resistencia a la tensión.

La resistencia permisible con base en el 30% del valor E_{xx} de este electrodo se calcula con la siguiente función:

$$\tau_{\text{permisible}} = 0,30 \cdot E_{xx} \quad 6-6$$

$$\tau_{\text{permisible}} = 0,30 \cdot 62 = 18,6 \text{ kpsi} = 128,247 \text{ MPa} = 1307,76 \text{ kg/cm}^2$$

El área cortante necesario en la garganta para limitar el esfuerzo a este valor

$$\tau_{xy} = \tau_{\text{permisible}} = \frac{P'}{A_{\text{cortante}}} \quad 6-7$$

$$\tau_{xy} = \tau_{\text{permisible}} = 18,6 \text{ kpsi} = \frac{267,72 \text{ lb}}{A_{\text{cortante}}}$$

$$A_{\text{cortante}} = \frac{267,72 \text{ lb}}{18600 \text{ psi}} = 0,014 \text{ in}^2$$

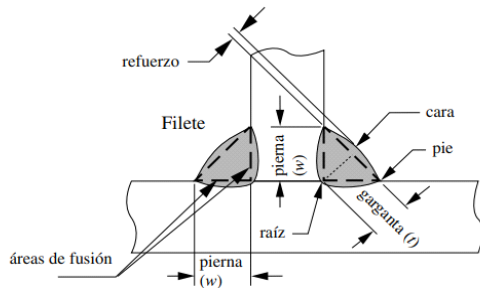
La dimensión de la garganta de las dos soldaduras de filete de longitud completa (una sobre cada lado de la junta), que proporciona el área requerida.

$$A_{\text{cortante}} = 2 \cdot L \cdot t \quad 6-8$$

$$A_{\text{cortante}} = 0,014 \text{ in}^2 = 2.1,43 \text{ in} \cdot t$$

$$t = 4,8 \times 10^{-3} \text{ in}$$

La dimensión del ancho de la pierna w , suponiendo un filete de pierna para 90° .



$$w = \frac{t}{\cos(45^\circ)} \quad 6-9$$

$$w = \frac{4,8 \times 10^{-3} \text{ in}}{\cos(45^\circ)}$$

$$w = 6,78 \times 10^{-3} \text{ in}$$

Imagen 6.6. Dimensiones de “t” en juntas soldadas.

Fuente: Diseño de máquinas un enfoque integrado.

Posteriormente se verifica con el tamaño mínimo recomendado de soldadura para el espesor de la pieza. La tabla 6.8 indica que una parte de $5/16$ in de espesor necesita, por lo menos una soldadura con un ancho de pierna igual a $3/16$ in, de modo que se incrementa el ancho de pierna de la soldadura a $0,187$ in. Ver: Anexo D.

Espesor del material de la parte más gruesa, pulg	Tamaño de la soldadura, pulg
*Hasta $\frac{1}{4}$ inclusive	$\frac{1}{8}$
Mayor que $\frac{1}{4}$ Hasta $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$
Mayor que $\frac{1}{2}$ Hasta $\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$

Tabla 6.9. Tamaño mínimo de soldaduras en filetes.

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

Posteriormente se determina el esfuerzo cortante τ_{xy} en el metal base fundido. Se consideran las áreas de fusión.

$$\tau_{xy} = \frac{P'}{A_{\text{fusión}}} = \frac{P'}{2 \cdot L \cdot w} = \frac{267,72 \text{ lb}}{2 \cdot 1,43 \text{ in} \cdot 0,187 \text{ in}} = 500,57 \text{ psi} \quad 6-10$$

El valor de esfuerzo cortante en el metal fundido es menor que el cortante permisible:

$$\tau_{xy} < \tau_{\text{permisible}} \quad 6-11$$

$$500,57 \text{ psi} < 18600 \text{ psi}$$



6.3.5. Verificación en Carga del Conjunto Perchas y Eslabón, Opción 1 y 2

Para la verificación del conjunto percha y eslabón, como las demás partes del dispositivo, se utiliza el módulo “Simulation” del software SolidWorks Premium 2019 – Dassault Systems.

Se realiza un estudio de esfuerzos en el que se verifica que la percha soporte la carga proyectada sin inconvenientes. Para ello se restringe la sección central del eslabón de unión y en los extremos se carga con $P=1176,8 \text{ N/2}$, y se comienza con la simulación utilizando el criterio de falla Von Mises, discretizando el modelo geométrico con malla solida basada en curvatura, donde se obtienen los siguientes resultados:

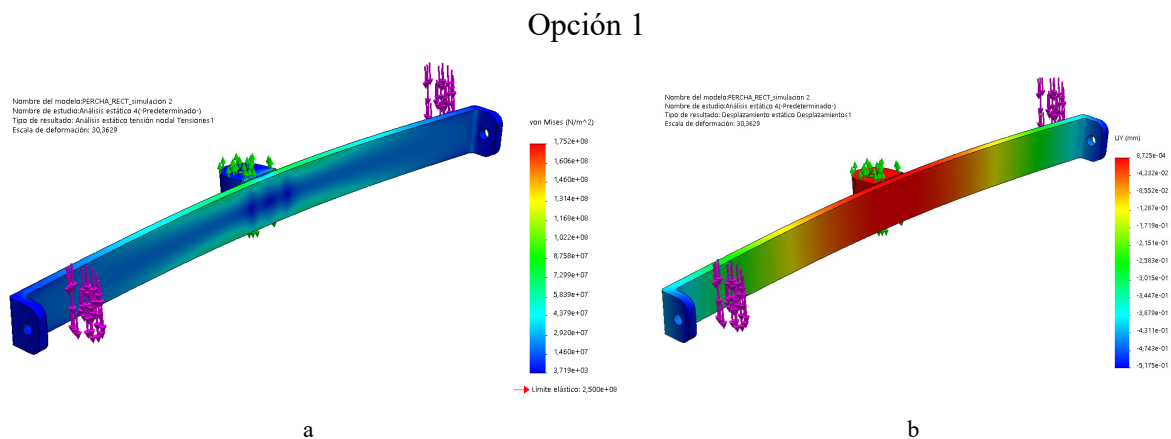


Imagen 6.7. a)-Tensiones de Von Mises. b)-Desplazamiento.
Fuente: Elaboración propia.

Con esta verificación, se concluye que la percha de la opción 1 soporta satisfactoriamente toda la carga que le proporciona el paciente, presentando los resultados que se detallan en la Tabla 6.10.

Tensiones de Von Mises	
Min.: $3,719 \times 10^{+03} \text{ N/m}^2$ _ Nodo: 7638	Máx.: $1,752 \times 10^{+08} \text{ N/m}^2$ _ Nodo: 17764
Desplazamiento estático	
Min.: $-5,175 \times 10^{-01} \text{ mm}$ _ Nodo: 26	Máx.: $8,725 \times 10^{-04} \text{ mm}$ _ Nodo: 3357

Tabla 6.10. Resultados de simulación Percha Opción 1.
Fuente: Elaboración Propia.



Opción 2

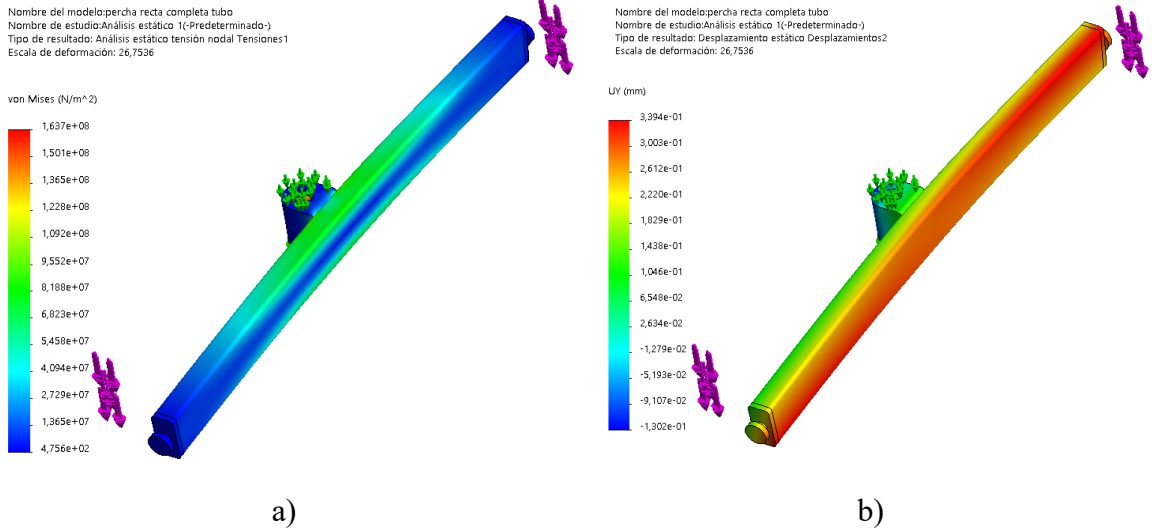


Imagen 6.8. a)-Tensiones de Von Mises, b)-Desplazamientos.
Fuente: Elaboración propia.

Con esta verificación, se concluye que la percha de la opción 2, soporta satisfactoriamente toda la carga que le proporciona el paciente, presentando los resultados que se detallan en la Tabla 6.11.

Tensiones de Von Mises	
Min.: $4,756 \times 10^{+02}$ N/m ² _ Nodo: 99597	Máx.: $1,637 \times 10^{+08}$ N/m ² _ Nodo: 18150
Desplazamiento estático	
Min.: $-1,302 \times 10^{-01}$ mm_ Nodo: 103808	Máx.: $3,394 \times 10^{-01}$ mm_ Nodo: 101762

Tabla 6.11. Resultados de simulación Percha Opción 2.
Fuente: Elaboración Propia.

6.3.6. Verificación del Elemento de Anclaje de Arnés

Para vincular el arnés con la percha se dispondrá de un saliente circular que tendrá la capacidad de soportar la carga, para el cual se adoptan las medidas de anclajes existentes y se verifica el diámetro del perno de sujeción para la condición de falla por corte puro.

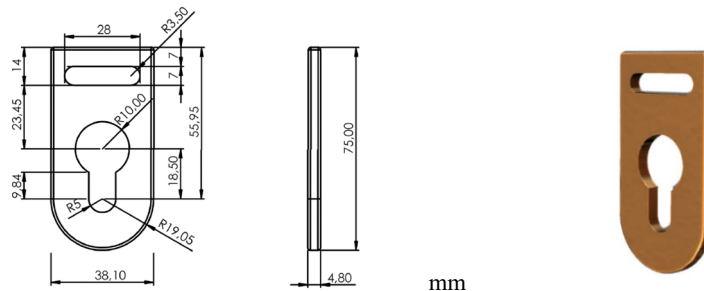


Imagen 6.12. Anclaje de arnés.
Fuente: Elaboración propia.

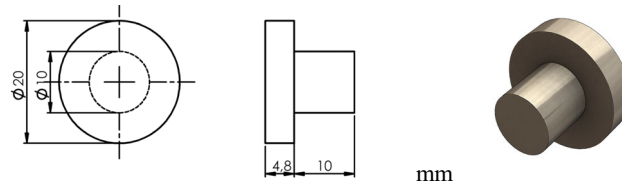


Imagen 6.13. Perno anclaje de arnés.

Fuente: Elaboración propia.

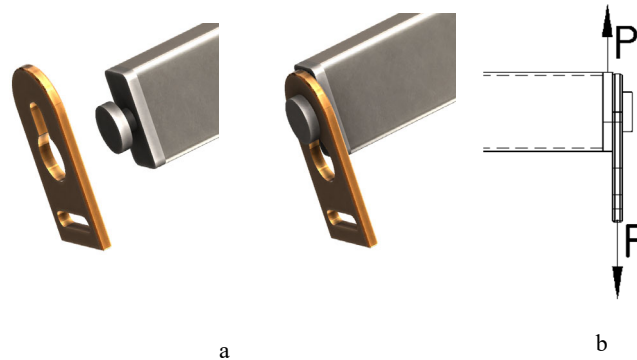


Imagen 6.14. a) Anclaje/percha/perno; b) DCL.

Fuente: Elaboración propia.

$$\tau_{\text{perm}} = \frac{60 \text{ kg}}{\frac{\pi}{4} \cdot (1\text{cm})^2} = 76,3943 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\text{lim}} > \tau_{\text{perm}}$$

La tensión de fluencia al corte $\tau_{\text{lim}} = 1478 \text{ kg/cm}^2$

$$1478,594 \text{ kg/cm}^2 > 76,3943 \text{ kg/cm}^2$$

Se verifica la sección y el material adoptado en la condición de falla por corte puro.

6.3.7. Cálculo de Parámetros de Soldadura Entre el Perno, Extremo y Percha

Para efectuar la unión por soldadura del extremo de percha y el perno de sección circular definido en el apartado 6.3.6, el material a utilizar corresponde a ASTM A36, con una la tensión de fluencia es de $\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ (250 MPa).

Se realiza soldadura circundante al perno en filete, con electrodos E60.

La resistencia permisible con base en el 30% del valor Exx del electrodo y se calcula con ecuación 6.6:

$$\tau_{\text{permisible}} = 0,30 \cdot 62 = 18,6 \text{ kpsi} = 128,247 \text{ MPa} = 1307,76 \text{ kg/cm}^2$$



El área cortante necesario en la garganta para limitar el esfuerzo a este valor se lo calcula partiendo de la ecuación 6-7:

$$\tau_{xy} = \tau_{\text{permisible}} = 18,6 \text{ kpsi} = \frac{132,27 \text{ lb}}{A_{\text{cortante}}}$$

$$A_{\text{cortante}} = \frac{132,27 \text{ lb}}{18600 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}$$

$$A_{\text{cortante}} = 7,11 \times 10^{-3} \text{ in}^2$$

La dimensión t de la garganta de las dos soldaduras de filete de longitud completa (una sobre cada lado de la junta), que proporciona el área requerida se calcula con la ecuación 6-8.

$$A_{\text{cortante}} = 7,11 \times 10^{-3} \text{ in}^2 = 2 \cdot (1,23 \text{ in}) \cdot t$$

$$t = 2,89 \times 10^{-3} \text{ in}$$

La dimensión del ancho de la pierna w , suponiendo un filete de pierna para 90° . Se calcula con la ecuación 6-9:

$$w = \frac{2,89 \times 10^{-3} \text{ in}}{\cos(45^\circ)} = 4,08 \times 10^{-3} \text{ in}$$

El tamaño mínimo recomendado de soldadura para el espesor de la pieza según Tabla 6.7, indica que la parte de $3/16 \text{ in}$ de espesor necesita, por lo menos, una soldadura con un ancho de pierna igual a $1/8 \text{ in}$. De modo que se debe incrementar el ancho de la pierna de la soldadura w a $0,125 \text{ in}$.

Por otra parte, el material de la percha de tubo estructural y el extremo de sección rectangular corresponde a ASTM A36, tensión de fluencia es de $\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ (250 MPa), y se realiza una unión por soldadura en filete, con electrodos E60, cuya resistencia permisible con base en el 30% del valor E60xx del electrodo se calcula con ecuación 6.6:

$$\tau_{\text{permisible}} = 0,30 \cdot 62 = 18,6 \text{ kpsi} = 128,247 \text{ MPa} = 1307,76 \text{ kg/cm}^2$$

El área cortante necesario en la garganta para limitar el esfuerzo a este valor se lo calcula partiendo de la ecuación 6-7:

$$\tau_{xy} = \tau_{\text{permisible}} = 18,6 \text{ kpsi} = \frac{132,27 \text{ lb}}{A_{\text{cortante}}}$$

$$A_{\text{cortante}} = \frac{132,27 \text{ lb}}{18600 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}$$

$$A_{\text{cortante}} = 7,11 \times 10^{-3} \text{ in}^2$$



La dimensión t de la garganta de las cuatro soldaduras de filete de longitud completa, que proporciona el área requerida A_{cortante} se calcula teniendo en cuenta perímetro completo.

$$A_{\text{cortante}} = 6,28 \times 10^{-3} \text{ in}^2 = (6,29 \text{ in}) \cdot t$$
$$t = 1,13 \times 10^{-4} \text{ in}$$

La dimensión del ancho de la pierna w , suponiendo un filete de pierna para 90° .

Se calcula con la ecuación 6-9:

$$w = \frac{9,98 \times 10^{-3} \text{ in}}{\cos(45^\circ)} = 1,59 \times 10^{-3} \text{ in}$$

El tamaño mínimo recomendado de soldadura para el espesor de la pieza según Tabla 6.9 indica que la parte de 0,06 in de espesor necesita, por lo menos, una soldadura con un ancho de pierna igual a $1/8$ in. De modo que se debe incrementar el ancho de la pierna de la soldadura w a 0,125 in.



Imagen 6.15. Extremo de percha.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.8. Dimensionamiento del Brazo

Esta parte del dispositivo es la encargada de transmitir a la carga el movimiento de elevación y descenso y está compuesta por un mecanismo de cuatro barras siguiendo la ley de Grashof.

La carga máxima a manipular corresponde a $P = 120$ kg teniendo en cuenta el peso promedio del adulto mayor femenino y masculino con un margen de sobrecarga, que permitirá adaptar la función del dispositivo en casos eventuales según Imagen 6.3.

6.3.8.1. Determinación de Esfuerzos en las Barras Componentes del Brazo para Cuatro Posiciones de Análisis

Se determinan las componentes de fuerzas en las barras que componen la estructura del brazo en cuatro posiciones representadas en la Imagen 6.3.



Para hallar las fuerzas en cada uno de los nodos se comienza analizando la estructura total del brazo, análisis que se repite para cada una de las posiciones. Posteriormente se analiza barra por barra para hallar las fuerzas en cada nodo.

- **Posición 1**

$$\sum F_x = 0; A_x = 0;$$

$$\sum F_y = 0 = A_y - P \Rightarrow A_y = 120 \text{ kg} = 1176,8 \text{ N}$$

Barra DG		Barra DF	
	$\sum F_y = 0$ $D_y = 1176,8 \text{ N}$		$\sum F_y = 0 = -D_y + F_y$ $F_y = 1176,8 \text{ N}$
Barra BEF			
	$\sum F_y = 0 = B_y - E_y - F_y$ $+\sum M_B = 0 = E_y \cdot 425 \text{ mm} + F_y \cdot 530 \text{ mm}$ $0 = E_y \cdot 425 \text{ mm} + 1176,8 \text{ N} \cdot 530 \text{ mm}$ $-E_y \cdot 425 \text{ mm} = 1176,8 \text{ N} \cdot 530 \text{ mm} \Rightarrow E_y = -1467,53 \text{ N}$ $-B_y = 1467,53 \text{ N} - 1176,8 \text{ N} \Rightarrow B_y = -290,73 \text{ N}$		
Barra CD			
	$\sum F_y = 0 = -D_y + C_y$ $0 = -1176,8 \text{ N} + C_y \Rightarrow C_y = 1176,8 \text{ N}$		

Tabla 6.12. Análisis de fuerzas posición 1.
Fuente: Elaboración propia.

- **Posición 2**

$$\sum F_x = 0; A_x = 0;$$

$$\sum F_y = 0 = A_y - P \Rightarrow A_y = 120 \text{ kg} = 1176,8 \text{ N}$$

Barra DG		Barra DF	
	$\sum F_y = 0$ $D_y = 1176,8 \text{ N}$		$\sum F_y = 0 = -D_y + F_y$ $F_y = 1176,8 \text{ N}$



Barra BEF	
	$\sum F_y = 0 = B_y - E_y - F_y$ $\rightarrow \sum M_B = 0 = E_y \cdot 388 \text{ mm} + 1177,8 \text{ N} \cdot 454,40 \text{ mm}$ $-E_y \cdot 388 \text{ mm} = 1176,8 \text{ N} \cdot 454,40 \text{ mm} \Rightarrow E_y = -1378,14 \text{ N}$ $B_y = 1378,14 \text{ N} + 1177,8 \text{ N} \Rightarrow B_y = -201,34 \text{ N}$
Barra CD	
	$\sum F_y = 0 = C_y - D_y$ $0 = C_y - 1176,8 \text{ N} \Rightarrow C_y = 1176,8 \text{ N}$

Tabla 6.13. Análisis de fuerzas posición 2.
Fuente: Elaboración propia.

- **Posición 3**

$$\sum F_x = 0; A_x = 0;$$

$$\sum F_y = 0 = A_y - P \Rightarrow A_y = 120 \text{ kg} = 1176,8 \text{ N}$$

Barra DG	Barra DF
$\sum F_y = 0$ $D_y = 1176,8 \text{ N}$	$\sum F_y = 0 = -D_y + F_y$ $F_y = 1176,8 \text{ N}$
Barra BEF	
	$\sum F_y = 0 = B_y - E_y - F_y$ $\rightarrow \sum M_B = 0 = E_y \cdot 425 \text{ mm} + F_y \cdot 730 \text{ mm}$ $0 = E_y \cdot 425 \text{ mm} + 1176,8 \text{ N} \cdot 730 \text{ mm} \Rightarrow E_y = -2021,32 \text{ N}$ $-E_y \cdot 425 \text{ mm} = 1176,8 \text{ N} \cdot 730 \text{ mm} \Rightarrow E_y = -2021,32 \text{ N}$ $-B_y = -2021,32 \text{ N} - 1176,8 \text{ N} \Rightarrow B_y = 3198,12 \text{ N}$
Barra CD	
	$\sum F_y = 0 = -D_y + C_y$ $0 = -1176,8 \text{ N} + C_y \Rightarrow C_y = 1176,8 \text{ N}$

Tabla 6.14. Análisis de fuerzas posición 3.
Fuente: Elaboración propia.



- **Posición 4**

$$\sum F_x = 0; F_x = 0;$$

$$\sum F_y = 0 = A_y - P \Rightarrow A_y = 120 \text{ kg} = 1176,8 \text{ N}$$

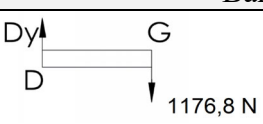
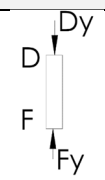
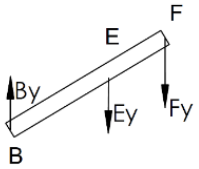
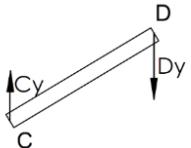
Barra DG		Barra DF	
	$\sum F_y = 0$ $D_y = 1176,8 \text{ N}$		$\sum F_y = 0 = -D_y + F_y$ $F_y = 1176,8 \text{ N}$
Barra BEF			
	$F_y = 0 = B_y - E_y - F_y$ $\sum M_B = 0 = E_y \cdot 411,03 \text{ mm} + 1176,8 \text{ N} \cdot 677,11 \text{ mm}$ $- E_y \cdot 411,03 \text{ mm} = 1176,8 \text{ N} \cdot 677,11 \text{ mm} \Rightarrow E_y = -1938,57 \text{ N}$ $-B_y = 1940,24 \text{ N} - 1176,8 \text{ N} \Rightarrow B_y = 763,44 \text{ N}$		
Barra CD			
	$\sum F_y = 0 = -D_y + C_y$ $0 = -1176,8 \text{ N} + C_y$ $C_y = 1176,8 \text{ N}$		

Tabla 6.15. Análisis de fuerzas posición 4.
 Fuente: Elaboración propia.

En las posiciones 1, 2, 3 y 4 los esfuerzos en las barras DG, DF y ABC son iguales, por ello se realiza un solo cálculo.

Los resultados analíticos obtenidos de tensión y deformación se cotejarán con simulaciones en el software de diseño paramétrico Solid Works, atendiendo a la geometría y propiedades físicas correspondientes.

Para realizar el dimensionamiento de las barras que componen el brazo en las situaciones de análisis se trabaja con planillas de cálculos en las que se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$\tau = \frac{V_{\text{máx}}}{A} \quad 6-12$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{f máx. c}}}{I_{xx}} \quad 6-13$$



$$\sigma_c = \frac{V_{\text{máx.}}}{A} \quad 6-14$$

$$W_x = \frac{M_{\text{máx.}}}{\sigma_{\text{adm.}}} \quad 6-15$$

6.3.8.2. Dimensionamiento de Barra Auxiliar DG

La barra auxiliar soporta al conjunto eslabón-percha y lo vincula con el brazo articulado. La misma se define en base a las dimensiones especificadas en la Tabla 6.2, y los efectos de la carga a soportar en su extremo.

Se fabrica con tubo estructural de sección rectangular, según norma aplicable a tubos de acero al carbono para usos estructurales formados en frío, con o sin costura, ASTM A500 donde la tensión de fluencia es de $\sigma_y = 3235 \text{ kg/cm}^2$.

Para el análisis y dimensionamiento de la barra auxiliar se considera la longitud $L_{\text{aux}} = 237,5 \text{ mm}$ y la carga aplicada en su extremo de $P_{t1} = 1176,8 \text{ N} + 14,12 \text{ N} = 1190,92 \text{ N}$.



Imagen 6.10. Representación de barra auxiliar.
Fuente: Elaboración propia.

Condiciones de equilibrio

- 1- $\Sigma M_B = 0 \Rightarrow M_B - P_{t1} \cdot L_{DG\text{-aux}} = 0$
- 2- $\Sigma M_A = 0 \Rightarrow M_B - R_{By} \cdot L_{DG\text{-aux}} = 0$
- 3- $\Sigma F_x = 0 \Rightarrow R_{Bx} = 0$

Verificación: $\Sigma F_y = 0$; $R_{By} - P = 0 = 1190,92 \text{ N} - 1190,92 \text{ N}$

Se trata de un caso de flexión simple recta con un esfuerzo de corte

De la ecuación 1 $\Rightarrow M_B = P_{t1} \cdot L_{DG\text{-aux}} = 1190,92 \text{ N} \cdot 0,2375 \text{ m} = 282,8435 \text{ Nm} = 2884,2 \text{ kgcm}$

De la ecuación 2 $\Rightarrow R_{By} = P_{t1} = 1190,92 \text{ N} = 121,44 \text{ kg}$

De la ecuación 3 $\Rightarrow R_{Bx} = 0$

Atendiendo al coeficiente de seguridad 3,1.

$$\sigma_{\text{adm.}} = \sigma_{\text{máx.}} = (3235 \text{ kg/cm}^2) / 3,1 = 1043,548 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{adm}} = \sigma_{\text{máx.}} = \frac{M_{\text{máx.}}}{W_x}$$



$$1043,54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{M_{\text{máx}}}{W_x}$$

$$W_x = \frac{M_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{2884,2 \text{ kgcm}}{1043,54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 2,74 \text{ cm}^3$$

De tabla de perfiles el módulo resistente inmediato superior es de $W_x = 3.18 \text{ cm}^3$ y corresponde a un tubo estructural de sección rectangular de 30x50x1,6 mm: Ver Anexo D.

Para el perfil seleccionado la flecha obtenida es de:

$$\Delta_A = \frac{P \cdot L_{\text{DG-Aux}}^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{121,44 \text{ kg} \cdot (23,75 \text{ cm})^3}{3 \cdot 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 7,95 \text{ cm}^4} = 0,0324 \text{ cm}$$

Al no existir una fuerza axial, significa que el esfuerzo axial será 0, sin embargo, se debe hallar cortante y momento máximo en el elemento.

Parámetro		Dimensión	Unidad
Barra	Designación		
DG	LDG-Aux	237,5	mm
	FS	3,1	
	σ_f	317,24	MPa
	σ_{adm}	102,3354839	MPa
	$V_{\text{máx-DG}}$	1190,92	N
	$M_{\text{fmáx}}$	282843,5	Nmm
	A	293,7	mm ²
	c	25	mm
	W_x	2763,884914	mm ³
	$W_{x\text{-adoptado}}$	3,18	cm ³
	I	95363,14	mm ⁴
	τ	4,054885938	MPa
	σ	74,14906325	MPa
	Peso	4,371704276	N
	Perfil	50x30x1,6	mm
Δ_A	0,0324	cm	

Tabla 6.16. Dimensionamiento Barra DG.

Fuente: Elaboración propia.

Este procedimiento se utiliza para todas las barras que componen el mecanismo, por lo que se sistematiza en unas planillas de cálculos realizadas en Excel y se expresan los resultados del dimensionamiento.

6.3.9. Verificación de Tubo Estructural para Barra auxiliar

Para la verificación se realiza un estudio de esfuerzos en el que se verifica que el tubo estructural soporte la carga de trabajo sin inconvenientes. Para ello se restringe la barra fijando un extremo y en el contrario se carga $P = 1190,92 \text{ N}$ atendiendo al peso de la percha de la opción 1, que resulta más pesada, y se comienza con la simulación utilizando el criterio de falla Von Mises, discretizando el modelo geométrico con malla solida basada en curvatura. Se obtienen los siguientes resultados:

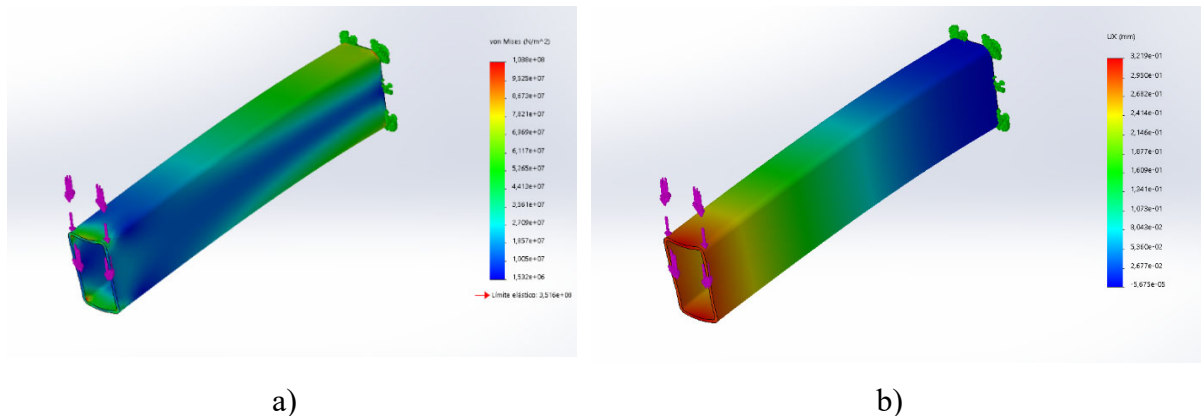


Imagen 6.11. a)- Tensiones de Von Mises, b)- Desplazamiento.
Fuente: Elaboración propia.

Con esta verificación, se concluye que el tubo estructural soporta toda la carga que le proporciona la percha, sumada a la del paciente, satisfactoriamente. Se presentan los resultados que se detallan en la Tabla 6.17.

Tensiones de Von Mises	
Min.: $1,532 \times 10^{+06} \text{ N/m}^2$ Nudo: 34349	Máx.: $1,038 \times 10^{+08} \text{ N/m}^2$ Nudo: 8899
Desplazamiento estático	
Min.: $-5,675 \times 10^{-05} \text{ mm}$ Nudo: 21629	Máx.: $3,219 \times 10^{-01} \text{ mm}$ Nudo: 8997

Tabla 6.17. Resultados de simulación tubo estructural.
Fuente: Elaboración Propia.

6.3.9.1. Dimensionamiento de Barra DF

Tal como se explicó en el apartado 6.3.8.2, se expresan los resultados del dimensionamiento en la tabla 6.18. La barra se encuentra sometida a una fuerza normal por lo que solo existirá esfuerzo axial de compresión.



Parámetro		Dimensión	Unidad
Barra	Designación		
DF	L _{DF}	200	mm
	D _y = F _y	1176,8	N
	A	537	mm ²
	I	95363,14	mm ⁴
	σ _c	2,191433892	MPa
	Peso	8,237628	N
	Perfil U	50x50x4	mm

Tabla 6.18. Dimensionamiento Barra DF.
Fuente: Elaboración propia.

- Dimensionamiento de Barra ABC

La barra se encuentra sometida a una fuerza normal por lo que solo existirá esfuerzo axial de compresión. Los resultados del dimensionamiento en la tabla 6.19.

Parámetro		Dimensión	Unidad
Barra	Designación		
ABC	L _{AC}	350	mm
	L _{AB}	200	mm
	F _{CA}	1176,8	N
	A _{ABC}	537	mm ²
	σ _c	2,191433892	Mpa
	Peso	14,415849	N
	Perfil U	50x50x4	mm

Tabla 6.19. Dimensionamiento Barra ABC.
Fuente: Elaboración propia.

- Dimensionamiento de las Barras CD y BEF

Para las barras CD y BEF las fuerzas varían según la posición de ángulo mínimo y máximo, por lo que se calcula un esfuerzo para cada posición. Los resultados del dimensionamiento en la tabla 6.20; 6.21.

Posición 0°			
Parámetro		Dimensión	Unidad
Barra	Designación		
CD-BEF	L _{CD-BEF}	500	mm
	FS	3,1	-
	σ _f	317,24	MPa
	σ _{adm}	102,3354839	MPa
	V _{CD-BEF.máx}	1176,8	N
	M _{CD-BEF.máx}	588400	N.mm
	A _{CD-BEF.int}	471	mm ²



C-int	25	mm
W_{xx-int}	5749,716303	mm ³
$W_{xx-int-adoptado}$	5980	mm ³
I_{xx-int}	149500	mm ⁴
τ_{int}	2,4985138	MPa
σ_{int}	98,39464883	MPa
Peso interno	15,7397535	N
Perfil interna	30x50x3,2	mm
ACD-BEF.ext	309,8	mm ²
C-ext	30	mm
W_{xx-ext}	5749,716303	mm ³
$W_{xx-ext-adoptado}$	6133	mm ³
I_{xx-ext}	183990	mm ⁴
τ_{ext}	3,798579729	MPa
σ_{ext}	95,93999674	MPa
Peso externo	14,3864289	N
Perfil externa	60x40x2	mm

Tabla 6.20. Dimensionamiento Barras CD-BEF p/0°.
Fuente: Elaboración propia.

Estas barras se encuentran sometidas fuerzas normales por lo tanto existirá esfuerzo axial.

Posición 30,98°			
Parámetro		Dimensión	Unidad
Barra	Designación		
CD-BEF	LCD	500	mm
	FS	3,1	-
	σ_f	317,24	MPa
	σ_{adm}	102,3354839	MPa
	$V_{CD-BEF-m\acute{a}x}$	1008,92	N
	$M_{CD-BEF-m\acute{a}x}$	504460	N.mm
	ACD-BEFint	471	mm ²
	Cint	25	mm
	W_{xx-int}	4929,472954	mm ³
	$W_{xx-int-adoptado}$	5980	mm ³
	I_{xx-int}	149500	mm ⁴
	τ_{int}	2,142080679	MPa
	σ_{int}	84,35785953	MPa
	Peso interno	15,7397535	N
	Perfil interno	30x50x3,2	mm
	ACD-BEFext	309,8	mm ²
	C-ext	30	mm
	W_{xx-ext}	4929,472954	mm ³
	$W_{xx-ext-adoptado}$	6133	mm ³



I_{xx-ext}	183990	mm^4
τ_{ext}	3,25668173	MPa
σ_{ext}	82,25338334	MPa
Peso externo	14,3864289	N
Perfil externa	60x40x2	mm

Tabla 6.21. Dimensionamiento Barras CD-BEF p/30,98°.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.9.2. Cálculo de Pernos para Unir Brazo

Se procede a la determinación de los pernos que unen los tubos estructurales que extienden el brazo en sus distintas posiciones soporte de las horquillas con los brazos. Para ello, se realiza la verificación de uniones con pernos en cortante, donde se debe cumplir la siguiente condición:

$$\tau_{adm} > \tau \quad 6-16$$

La carga que debe soportar el conjunto para el ángulo máximo es de 2369,25 N=241,59 kg teniendo en cuenta la carga y el peso propio de la estructura.

Si la carga es soportada por 4 pernos de ½” de grado SAE 1, cada perno tiene que soportar un esfuerzo de 592,31 N, por lo que el esfuerzo cortante en cada uno de ellos es:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot \phi^2}{4}} \quad 6-17$$

$$\tau = \frac{592,31 \text{ N}}{\frac{\pi \cdot (0,0127 \text{ m})^2}{4}}$$

$$\tau = 4675754,943 \text{ Pa} = 4,67 \text{ MPa}$$

La resistencia mínima a la fluencia para el perno elegido es de 36 kpsi o lo que es igual 248,211 MPa, y se lo determina de la siguiente tabla 6.22:

Por lo que

$$\tau_{adm} = 248,211 \text{ MPa} > \tau = 4,67 \text{ MPa}$$

Esto concluye que los pernos resisten la sollicitación al corte.

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	¼ a 1½	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	

Tabla 6.22. Especificaciones SAE para pernos de acero.
Fuente: Shigley.



6.3.10. Dimensionamiento del Mástil

Este elemento estructural permite ubicar el brazo a una la altura fija de trabajo soportando una carga de trabajo axial de compresión. Para el caso se proponen y analizan las siguientes opciones:

- **Opción 1:**

Estructura recta tubular fija cuya longitud se dispone de forma vertical con la capacidad de soportar la carga de trabajo axial sin deformarse.

Mediante una brida soldada en su base se empotra o atornilla dejando el mástil siempre en el mismo lugar. Se piensa para los casos en los que el usuario requiera disponer del dispositivo de forma fija, por ejemplo, al lado de la cama, sanitario, o lugares de difícil acceso.



Imagen 6.16. Mástil vertical.
Fuente: Elaboración propia.

Para el dimensionamiento se considera que la estructura está sometida a una carga $P_m=1262,79$ N que tiene en cuenta la carga a elevar y el peso propio del brazo.

Atendiendo a las dimensiones de la estructura del brazo se plantea, en principio, seleccionar el tubo de 3 in = 76,20 mm de diámetro para el cual se determina el espesor necesario.

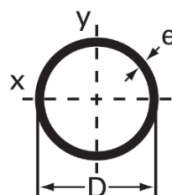


Imagen 6.17. Tubo circular.
Fuente: Tubos Argentinos.

Se aplica el método de los coeficientes ω



$$\frac{1262,79 \text{ N} \cdot \omega}{A} \leq 483,87 \text{ Kg/cm}^2$$

Para un espesor de 1,6 mm:

Donde:

$$A = \pi \cdot ((D/2)^2 - ((D/2) - e)^2) \quad 6-19$$

$$A = \pi \cdot (3,81^2 - 3,65^2) \text{ cm}^2 = 3,749 \text{ cm}^2$$

$$I_z = \frac{\pi \cdot (D/2)^4 - ((D/2) - e)^4}{4} \quad 6-20$$

$$I_z = \frac{\pi \cdot (3,81^4 - 3,65^4) \text{ cm}^4}{4} = 26,097 \text{ cm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{26,097}{3,749}} \text{ cm} = 2,638 \text{ cm}$$

La longitud de pandeo

$$lp = 2,1 \quad 6-21$$

$$lp = 2 \cdot 100 \text{ cm} = 200 \text{ cm}$$

La esbeltez

$$\lambda = \frac{lp}{i} \quad 6-21$$

$$\lambda = \frac{200}{2,63} = 75,81$$

De la Tabla 6.23 se determina un coeficiente $\omega = 1,44$.

Coeficiente ω de pandeo										
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04
30	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07
40	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12
50	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21
60	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,29	1,30	1,31	1,33
70	1,34	1,36	1,37	1,39	1,40	1,42	1,44	1,46	1,47	1,49

Tabla 6.23. Coeficientes de pandeo.

Fuente: Resistencia de materiales de Ortiz Berrocal.

Como

$$\frac{128,77 \text{ Kg} \cdot 1,44}{3,749 \text{ cm}^2} = 46,09 < \sigma_{adm}$$

$$49,46 \text{ Kg/cm}^2 < 483,87 \text{ Kg/cm}^2$$



Valor que verifica que el espesor adoptado satisface las condiciones de trabajo.

Para el análisis de la deformación se calcula el acortamiento total Δl :

$$\Delta l = -\frac{P_m \cdot l}{E \cdot A} \quad 6-22$$

$$\Delta l = -\frac{128,77 \text{ kg} \cdot 100 \text{ cm}}{2 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 3,749 \text{ cm}^2} = 1,71 \times 10^{-3} \text{ cm} = 0,0171 \text{ mm}$$

Por cuanto su acortamiento porcentual:

$$\xi = \frac{l}{\Delta l} \cdot 100 \% = \frac{1,71 \times 10^{-3} \text{ cm}}{100 \text{ cm}} \cdot 100 \% = 1,71 \times 10^{-3} \% \quad 6-23$$

Su bajo valor de deformación longitudinal representa una insignificante incidencia en la estructura del mástil.

Tubo circular del mástil			
Parámetro	Unidad	Símbolo	Valor
Diámetro	Mm/in	D	76,20/3
Espesor	mm/in	e	1,6/0,0629
Peso por metro	Kg/m	P _{met}	3,66
Área de la sección	cm ² / in ²	A	3,749/0,599
Momento de inercia	cm ⁴ / in ⁴	I	26,097/0,626
Radio de giro	cm/ in	i	2,638/1,038
Módulo de Elasticidad	kg/cm ²	E	2x10 ⁶
Tensión Admisible	kg/cm ²	σ _{adm}	2600/3,1=838,7
Longitud	cm/in	l	100/39,37
Esbeltez	-	λ	75,81
Omega	-	ω	1,44
Acortamiento	in	Δl	1,71x10 ⁻³ /6,4x10 ⁻⁴
Fluencia	(kpsi-MPa)	S _y	38,34/264,779
Tensión	(kpsi-MPa)	S _{ut}	58,22-73,84/402,072-509,945
Factor de seguridad	-	FS	3,10

Tabla 6.24. Datos y Resultados tubo circular.

Fuente: Tubos Argentinos.

Con la aplicación de un segundo método se determinan los parámetros que tienen en cuenta la razón de esbeltez para determinar si estamos en presencia de una columna larga o corta. Y, determinar así, si la sección adoptada es satisfactoria teniendo en cuenta la carga crítica y permisible.

Con la aplicación de la ecuación 6-24 se calcula la relación de esbeltez.



6-24

$$Sr = \frac{l}{i}$$

$$Sr = \frac{100 \text{ cm}}{2,638 \text{ cm}} = 37,9$$

$$37,9 > 10$$

Al ser $Sr > 10$, la columna se considera larga.

A continuación, se evalúa la condición de extremo que rige en el mástil, misma que se detallan gráficamente en la Imagen 6.18.

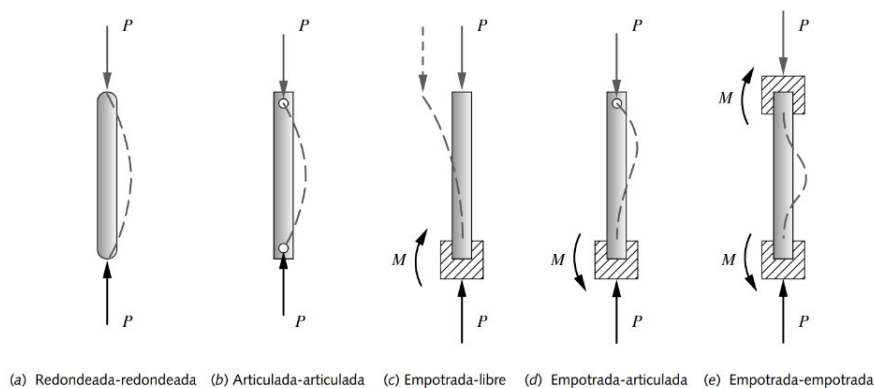


Imagen 6.18. Condiciones de extremos para columnas y sus curvas de deflexión resultante.

Fuente: Diseño de máquinas. Un enfoque integrado.

Para obtener la razón de esbeltez adecuada y usarla en cualquiera de las fórmulas de carga crítica:

$$Sr = \frac{l_{ef}}{i}$$

6-25

Donde l_{ef} toma los valores indicados en la Tabla 6.25 para varias condiciones de extremo.

Condiciones de extremo y factores de longitud efectiva de la columna			
Condiciones de extremos	Valores teóricos	Recomendados por AISC	Valores conservadores
Redondeada-redondeada	$l_{ef}=l$	$l_{ef}=l$	$l_{ef}=l$
Articulada-articulada	$l_{ef}=l$	$l_{ef}=l$	$l_{ef}=l$
Empotrada-libre	$l_{ef}=2l$	$l_{ef}=2.1l$	$l_{ef}=2.4l$
Empotrada-articulada	$l_{ef}=0,707l$	$l_{ef}=0,80l$	$l_{ef}=l$
Empotrada- empotrada	$l_{ef}=0,5l$	$l_{ef}=0,65l$	$l_{ef}=l$

Tabla 6.25. Condiciones de extremo y factores de longitud efectiva de la columna.

Fuente: Diseño de máquinas. Un enfoque integrado.



Se calcula la razón de esbeltez adecuada Sr y compara con $(Sr)_D$ correspondiente al punto tangente entre las curvas de Euler y de Johnson (Imagen 6.19).

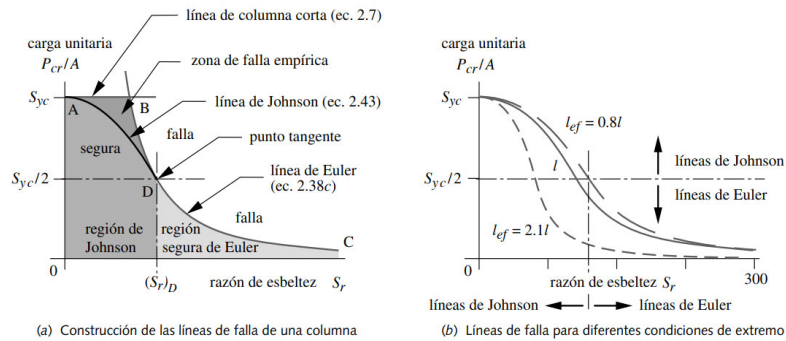


Imagen 6.19. Líneas de falla en una columna de Euler, de Johnson y corta.
Fuente: Diseño de máquinas un enfoque integrado-Un enfoque integrado.

Se utilizan la tercera columna de la Tabla 6.27, recomendados por la AISC para una columna empotrada –libre de $l_{ef}=2.1l$.

$$Sr = \frac{2 \cdot l}{i} = \frac{2,39,37 \text{ in}}{1,038 \text{ in}} = 75,85 \quad 6-26$$

$$(Sr)_D = \pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E}{S_y}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 28446686,61}{38340}} = 121,01 \quad 6-27$$

$$P_{cr} = A \cdot \left[S_y - \frac{1}{E} \left(\frac{S_y \cdot Sr}{2 \cdot \pi} \right)^2 \right] \quad 6-28$$

$$P_{cr} = 0,599 \text{ in}^2 \cdot \left[38340 - \frac{1}{28446686,61} \left(\frac{38340 \cdot 75,85}{2 \cdot \pi} \right)^2 \right]$$

$$P_{cr} = 18514,16 \text{ lb}$$

$$P_{\text{permisible}} = \frac{P_{cr}}{FS}$$

$$P_{\text{permisible}} = \frac{18514,16 \text{ lb}}{3,1} = 5972,3 \text{ lb}$$

Esta carga está sustancialmente por arriba de la carga requerida de 264,55 lb = 128,77kg, que verifica que la sección adoptada resiste los efectos de pandeo, se podría tranquilamente disminuir el diámetro y espesor.

6.3.10.1. Cálculo de Parámetros de Soldadura de componentes del Mástil

Para efectuar la unión por soldadura del tubo de 76,20 mm de diámetro x 1,6mm de espesor con la brida de base del mástil de la opción 1 propuesta en el apartado 6.3.9, el material



a utilizar corresponde a A42, con una la tensión de fluencia es de $\sigma_y = 2700 \text{ kg/cm}^2$ (264,779MPa).

El tubo se encuentra cargado en su extremo por una carga de $P_m = 1262\text{N} = 264,55\text{lb} = 128,77 \text{ kg}$ teniendo en cuenta el peso propio del brazo.

Se considera realizar una soldadura circundante en todo el perímetro del tubo a tope, considerando que existe una compresión utilizando un electrodo de material con resistencia semejante. Teniendo en cuenta que la soldadura está cargada directamente y fallará al cortante a lo largo de un plano de 45° en la garganta.

La Tabla 6.26 proporciona la resistencia del material. Se selecciona un electrodo con aproximadamente la misma resistencia, y el más cercano es el E60 con 62 kpsi de la resistencia a la tensión como se observa en la Tabla 6.27.

Material	S_y (kpsi-MPa)	S_{ut} (kpsi-MPa)
A42	38,34/264,779	58,22-73,84/402,072-509,945

Tabla 6.26. Resistencias de aceros A42.
Fuente: Compendio de normas para productos de acero.

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Tabla 6.27. Propiedades mínimas del metal de aporte.
Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley.

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}^\dagger$	

* El factor de seguridad n se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.
† El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de $0.40S_y$ del metal base.

Tabla 6.28. Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte.
Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley.



Para este tipo de unión soldada la resistencia permisible con base en el 60% del valor $E60xx$ se calcula con la siguiente función:

$$\tau_{\text{permisible}} = 0,60 \cdot 62 = 37,7 \text{ kpsi} = 259,94 \text{ MPa} = 2650,54 \text{ kg/cm}^2$$

La Tabla 6.9 indica que la parte de 0,06in de espesor necesita, por lo menos, una soldadura con un ancho de pierna igual a 1/8 in.

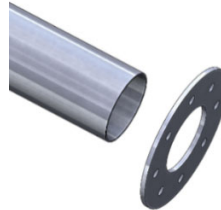


Imagen 6.20. Base mástil.
Fuente: Elaboración propia.

- Opción 2:

Estructura tubular fija dispuesta en posición vertical con la capacidad de soportar la carga de trabajo sin deformarse. La misma se compone de 3 secciones y constituye un elemento que se articula con la base móvil y brinda la posibilidad de traslado con y sin carga.

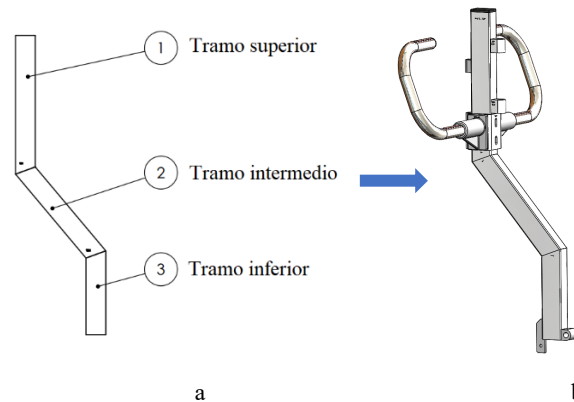


Imagen 6.21. a) Esquema del mástil sección rectangular, b) Render del mástil sección rectangular.

Fuente: Elaboración propia.

- Tramo superior

Para el dimensionamiento, se considera que la estructura está sometida a una carga $P_m=1262,79 \text{ N}$ teniendo en cuenta el peso propio del brazo.

Atendiendo a las dimensiones de la estructura del brazo, se plantea en principio seleccionar el tubo estructural de 60x40x1,6 mm y determinar si se encuentra en condiciones de ajustarse a las necesidades de trabajo.

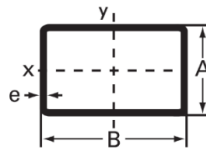


Imagen 6.23. Tubo rectangular.
Fuente: Tubos Argentinos.

Se aplica el método de los coeficientes ω , para el cual se hace uso de la Tabla 6.29 y Tablas de perfiles: Ver Anexo D.

$$\frac{1262,79 \text{ N} \cdot \omega}{A} \leq 1043,54 \text{ Kg/cm}^2$$

La longitud del primer tramo superior es de 42,1 cm valor con el cual se calcula la longitud de pandeo:

La longitud de pandeo y su esbeltez son respectivamente:

$$l_p = 2 \cdot 42,1 \text{ cm} = 84,2 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{84,2}{2,259} = 37,27$$

De la Tabla 6.29 se determina un coeficiente $\omega = 1,05$.

Coeficiente ω de pandeo para acero										
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04
30	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07

Tabla 6.29. Coeficientes de pandeo.
Fuente: Ortiz Berrocal.

Habiendo obtenido los valores de ω y A, se procede se determinar:

$$\frac{128,77 \text{ Kg} \cdot 1,05}{3,098 \text{ cm}^2} = 43,64 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{adm}$$

$$43,64 \text{ Kg/cm}^2 < 1043,54 \text{ kg/cm}^2$$

Se verifica que el espesor adoptado satisface las condiciones de trabajo.

Para el análisis de la deformación se calcula el acortamiento total Δl y ξ respectivamente:

$$\Delta l = - \frac{128,77 \text{ kg} \cdot 42,18 \text{ cm}}{2 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 3,098 \text{ cm}^2} = -8,76 \times 10^{-4} \text{ cm} = -0,000876 \text{ mm}$$

$$\xi = - \frac{8,76 \times 10^{-4} \text{ cm}}{42,18 \text{ cm}} \cdot 100\% = -2,07 \times 10^{-3} \%$$



Su bajo valor de deformación longitudinal resulta una insignificante incidencia en la estructura del mástil.

Tramo superior			
Parámetro	Unidad	Símbolo	Valor
Ancho x Alto	Mm/in	AxB	60x40
Espesor	mm/in	e	1,6/0,0629
Peso por metro	Kg/m	P _{met}	2,397
Área de la sección	cm ² / in ²	A	3,098/0,48
Momento de inercia	cm ⁴ / in ⁴	I	8,411/0,024
Radio de giro	cm/ in	i	2,259/0,88
Módulo de Elasticidad	kg/cm ²	E	2x10 ⁶
Tensión Admisible	kg/cm ²	σ _{adm}	1043,54
Longitud	cm/in	l _s	42,1/16,57
Esbeltez	-	λ	37,27
Omega	-	ω	1,05
Acortamiento	cm	Δl	8,76x10 ⁻⁴
Fluencia	(kpsi-MPa)	S _y	38,34/264,779
Tensión	(kpsi-MPa)	S _{ut}	58,22-73,84/402,072-509,945
Factor de seguridad	-	FS	3,10

Tabla 6.30. Datos y Resultados tubo estructural rectangular tramo superior.
Fuente: Tubos Argentinos.

Con el mismo razonamiento aplicado para el mástil de sección circular, se determinan los parámetros que tienen en cuenta la razón de esbeltez para determinar si se está en presencia de una columna larga o corta. Y verificar si la sección adoptada es satisfactoria, teniendo en cuenta la carga crítica y permisible.

Con el fin de determinar si se está en presencia de una columna larga o corta se calcula la relación de esbeltez.

$$Sr = \frac{42,1 \text{ cm}}{2,259 \text{ cm}} = 18,63 > 10$$

Al ser $Sr > 10$, la columna se considera larga.

Se calcula la razón de esbeltez adecuada Sr y compara con $(Sr)_D$ correspondiente al punto tangente entre las curvas de Euler y de Johnson (Imagen 6.12). Se utiliza la primera columna de la Tabla 6.25, (Valores teóricos) para una columna empotrada – libre de $lef=2.l$.

$$Sr = \frac{2.16,57 \text{ in}}{0,88 \text{ in}} = 37,65$$



$$(S_r)_D = \pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 28446686,61}{38340}} = 121,01$$

$$P_{cr} = 0,48 \text{ in}^2 \cdot \left[38340 - \frac{1}{28446686,61} \left(\frac{38340 \cdot 39,54}{2 \cdot \pi} \right)^2 \right]$$

$$P_{cr} = 18403,19 \text{ lb}$$

$$P_{\text{permisible}} = \frac{P_{cr}}{FS}$$

$$P_{\text{permisible}} = \frac{18403,19 \text{ lb}}{3,1} = 5936,51 \text{ lb}$$

Esta carga está sustancialmente por arriba de la carga requerida de 264,55 lb=128,77kg, que verifica que la sección adoptada resiste los efectos de pandeo. Es factible disminuir la dimensión Ax B y espesor.

- Tramo intermedio

Para el dimensionamiento, se considera que la estructura está sometida a una carga $P_m=1262,79 \text{ N} + 9,88 \text{ N}=1272,67 \text{ N}$ teniendo en cuenta el peso propio del brazo y el tramo superior.

Atendiendo a las dimensiones de la estructura ilustrada en la Imagen 6.14, se plantea en principio seleccionar el tubo estructural de 60x40x1,6 mm y determinar si se encuentra en condiciones de ajustarse a las necesidades de trabajo.

Se considera que la barra inclinada se encuentra a compresión con un valor de esfuerzo coincidente con su eje neutro de:

$$P_i = \frac{P}{\cos(40^\circ)} = \frac{1272,67 \text{ N}}{\cos(40^\circ)} = 1661,36 \text{ N} = 169,41 \text{ kg}$$

Este tramo se encuentra sometido a una tensión de compresión de:

$$\sigma = \frac{P_i}{A} = \frac{169,41 \text{ kg}}{3,08 \text{ cm}^2} = 55,003 \text{ kg/cm}^2 < 1043,54 \text{ kg/cm}^2$$

Valor que verifica que la sección propuesta soporta las condiciones de trabajo.

Para el análisis de la deformación se calcula el acortamiento total Δl y ξ respectivamente:

$$\Delta l = - \frac{129,78 \text{ kg} \cdot 33,28 \text{ cm}}{2 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 3,098 \text{ cm}^2} = -6,91 \times 10^{-4} \text{ cm} = -0,000691 \text{ mm}$$



$$\xi = -\frac{6,91 \times 10^{-4} \text{ cm}}{33,28 \text{ cm}} \cdot 100\% = -2,078 \times 10^{-3}\%$$

Su bajo valor de deformación longitudinal representa una insignificante incidencia en la estructura del mástil.

- **Tramo inferior**

Para el dimensionamiento se considera que la estructura está sometida a una carga $P_m = 1272,67 \text{ N} + 7,7473 \text{ N} = 1280,41 \text{ N}$ teniendo en cuenta el peso propio del brazo y los tramo superior e intermedio.

Atendiendo a las dimensiones de la estructura ilustrada en la Imagen 6.14, se plantea en principio seleccionar el tubo estructural de 60x40x1,6 mm y determinar si se encuentra en condiciones de ajustarse a las necesidades de trabajo.

Se aplica el método de los coeficientes ω , para el cual se hace uso de la Tabla 6.31 y de Tablas de perfiles. Ver: Anexo tubos argentinos.

$$\frac{1280,41 \text{ N} \cdot \omega}{A} \leq 1043,54 \text{ kg/cm}^2$$

La longitud del primer tramo superior es de 42,1 cm, valor con el cual se calcula la longitud de pandeo:

La longitud de pandeo y su esbeltez son respectivamente:

$$l_p = 2 \cdot 25,5 \text{ cm} = 51 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{51}{2,259} = 22,57$$

De la Tabla 6.31 se determina un coeficiente $\omega = 1,02$.

Coeficiente ω de pandeo para acero										
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04

Tabla 6.31. Coeficientes de pandeo.
Fuente: Ortiz Berrocal.

Habiendo obtenido los valores de ω y A, se procede se determinar:

$$\frac{130,57 \text{ Kg} \cdot 1,02}{3,098 \text{ cm}^2} = 42,98 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{adm}$$

$$42,98 \text{ kg/cm}^2 < 1043,54 \text{ kg/cm}^2$$

Se verifica que el espesor adoptado satisface las condiciones de trabajo.



Para el análisis de la deformación se calcula el acortamiento total Δl y ξ respectivamente:

$$\Delta l = -\frac{130,57 \text{ kg} \cdot 25,5 \text{ cm}}{2 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 3,098 \text{ cm}^2} = -5,37 \times 10^{-4} \text{ cm} = -0,000537 \text{ mm}$$

$$\xi = -\frac{5,37 \times 10^{-4} \text{ cm}}{25,5 \text{ cm}} \cdot 100\% = -2,10 \times 10^{-3} \%$$

Su bajo valor de deformación longitudinal representa una insignificante incidencia en la estructura del mástil.

Tramo inferior			
Parámetro	Unidad	Símbolo	Valor
Ancho x Alto	Mm/in	AxB	60x40
Espesor	mm/in	e	1,6/0,0629
Peso por metro	Kg/m	P _m	2,397
Área de la sección	cm ² / in ²	A	3,098/0,48
Momento de inercia	cm ⁴ / in ⁴	I	8,411/0,024
Radio de giro	cm/ in	i	2,259/0,88
Módulo de Elasticidad	kg/cm ²	E	2x10 ⁶
Tensión Admisible	kg/cm ²	σ _{adm}	1043,54
Longitud	cm/in	li	42,1/16,57
Esbeltez	-	λ	37,27
Omega	-	ω	1,02
Acortamiento	cm	Δl	-5,37x10 ⁻⁴
Fluencia	(kpsi-MPa)	S _y	38,34/264,779
Tensión	(kpsi-MPa)	S _{ut}	58,22-73,84/402,072-509,945
Factor de seguridad	-	FS	3,10

Tabla 6.32. Datos y Resultados tubo rectangular tramo inferior.
Fuente: Tubos Argentinos.

Con el mismo razonamiento aplicado para el mástil de sección circular, se determinan los parámetros que tienen en cuenta la razón de esbeltez “Sr” para determinar si se está en presencia de una columna larga o corta. De esta manera también verificar si la sección adoptada es satisfactoria, en base a la carga crítica y permisible.

Se calcula Sr:

$$Sr = \frac{42,1 \text{ cm}}{2,259 \text{ cm}} = 18,63 > 10$$

Al ser Sr > 10, la columna se considera larga.



Se calcula la razón de esbeltez adecuada Sr y compara con $(Sr)_D$ correspondiente al punto tangente entre las curvas de Euler y de Johnson (Imagen 6.12). Se utiliza la primera columna de la Tabla 6.25, (Valores teóricos) para una columna empotrada –libre de $lef=2.l$.

$$Sr = \frac{2.16,57 \text{ in}}{0,88 \text{ in}} = 37,65$$

$$(Sr)_D = \pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 28446686,61}{38340}} = 121,01$$

$$P_{cr} = 0,48 \text{ in}^2 \cdot \left[38340 - \frac{1}{28446686,61} \left(\frac{38340 \cdot 39,54}{2 \cdot \pi} \right)^2 \right]$$

$$P_{cr} = 18403,19 \text{ lb}$$

$$P_{\text{permisible}} = \frac{P_{cr}}{FS}$$

$$P_{\text{permisible}} = \frac{18403,19 \text{ lb}}{3,1} = 5936,51 \text{ lb}$$

Esta carga está sustancialmente por arriba de la carga requerida de 287,85 lb = 130,57kg, que verifica que la sección adoptada resiste los efectos de pandeo, es factible disminuir dimensión AxB y espesor.

6.3.10.2. Parámetros de la Soldadura entre Tramos

Para efectuar la unión por soldadura de cada tramo del mástil definido en el apartado 6.3.11 opción 2, el material a utilizar corresponde a A42 con una la tensión de fluencia de $\sigma_y = 2700 \text{ kg/cm}^2$ (264,779 MPa). Se realiza soldadura circundante en filete, con electrodos E60.

La resistencia permisible con base en el 30% del valor E60xx del electrodo y se calcula con ecuación 6.6:

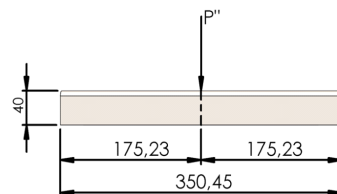
$$\tau_{\text{permisible}} = 0,30 \cdot 60 = 36 \text{ kpsi} = 248,22 \text{ MPa} = 2531,31 \text{ kg/cm}^2$$

El tamaño mínimo recomendado de soldadura para el espesor de la pieza, según Tabla 6.9, indica que la para un espesor de 1,6 mm necesita, por lo menos, una soldadura con un ancho de pierna igual a 1/8 in. De modo que se debe incrementar el ancho de la pierna de la soldadura w a 0,125 in.



6.3.11. Base Soporte de Mástil

Estructura central de la base que constituye el apoyo principal del mástil. Se construirá con perfil plegado U 60x40x2 mm ASTM A36, y se analiza como una viga biempotrada de 350,45mm de longitud que soporta una carga central $P'' = 1377,34$ N.



$$L = 350,45 \text{ mm}$$

$$a = b = L/2 = 175,23 \text{ mm}$$

$$P'' = 140,45 \text{ kg} = 1377,34 \text{ N}$$

$$\text{Unidades} = \text{mm, kg y N}$$

Imagen 6.23. Base soporte mástil.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se determinan las reacciones en los apoyos, momentos, esfuerzos cortantes:

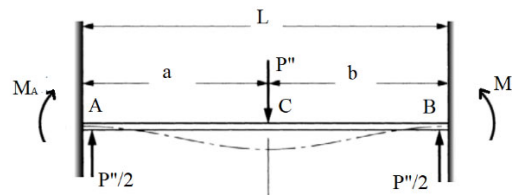


Imagen 6.24. DCL Base soporte mástil.
Fuente: Elaboración propia.

Reacciones:

$$R_A = R_B = \frac{P''}{2}$$

$$R_A = R_B = \frac{1377,34 \text{ N}}{2} = 688,67 \text{ N} \quad 6-29$$

Esfuerzos cortantes

$$T_{AC} = \frac{P''}{2}$$

$$T_{CB} = -\frac{P''}{2}$$

$$T_{AC} = \frac{1377,34 \text{ N}}{2} = 688,67 \text{ N} \quad 6-30$$

$$T_{CB} = -\frac{1377,34 \text{ N}}{2} = -688,67 \text{ N}$$

Momentos Flectores

$$M_A = M_B = -\frac{PL}{8} \quad 6-31$$



$$M_A = M_B = -\frac{1377,34 \text{ N} \cdot 350,45 \text{ mm}}{8} = -60336,10 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

6-32

$$M_C = \frac{PL}{8}$$

$$M_C = \frac{1377,34 \text{ N} \cdot 350,45 \text{ mm}}{8} = 60336,10 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Atendiendo al factor de seguridad adoptado $n_s = 3,1$, tensión de fluencia es de $\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x} = (2530 \text{ kg/cm}^2) / 3,1 = 816,129 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W_x}$$

$$816,129 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{615,25 \text{ kgcm}}{W_x}$$

$$W_x = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} = \frac{615,25 \text{ kgcm}}{816,129 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 0,75 \text{ cm}^3$$

De tabla de perfiles, el módulo resistente inmediato superior es de $W_x = 0,78 \text{ cm}^3$ y corresponde a un perfil U de 40x25x3 mm. Como se requiere disponer de una sección de apoyo mayor, se adopta un perfil U de 60x40x2 mm con un $W_x = 1,61 \text{ cm}^3$: Ver Anexo D.

Para el perfil seleccionado la flecha obtenida es de:

$$\Delta_c = \frac{P \cdot L^3}{192 \cdot E \cdot I}$$

6-33

$$\Delta_c = \frac{140,45 \text{ kg} \cdot (35,045 \text{ cm})^3}{192 \cdot 2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 4,42 \text{ cm}^4} = 3,39 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

Verificación:

El perfil adoptado le corresponde $W_x = 1,61 \text{ cm}^3$.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{615,25 \text{ kgcm}}{1,61 \text{ cm}^3} = 382,14 \text{ kg/cm}^2 < 816,129 \text{ kg/cm}^2$$



Datos y Resultados		
Parámetro	Dimensión	Diagramas
$\sigma_{adm.}$	816,129 kg/cm ²	Esfuerzos cortantes
Mf _{máx}	615,25 kgcm	
Δ_A	3,39x10 ⁻³ cm	
W _x	1,61 cm ³	Momento flector
Perfil	60x40x3 mm	
Peso	0,98690 Kg	
Longitud	35,045 cm	
Cantidad	1	

Tabla 6.33. Datos y resultados para sección media de la percha opción 1.
Fuente: Elaboración propia

6.3.12. Verificación Base Soporte de Mástil

Se realiza un estudio de esfuerzos en el que se verifica que la base soporte de mástil pueda soportar sin inconvenientes la estructura. Para ello se restringen los extremos, donde se articula con las patas y se coloca la carga máxima en la sección central. También se considera el peso propio de la estructura que asciende a 1290,03 N. La simulación se realiza utilizando el criterio de falla Von Mises discretizando el modelo geométrico con malla solida basada en curvatura.

Se obtienen los siguientes resultados:

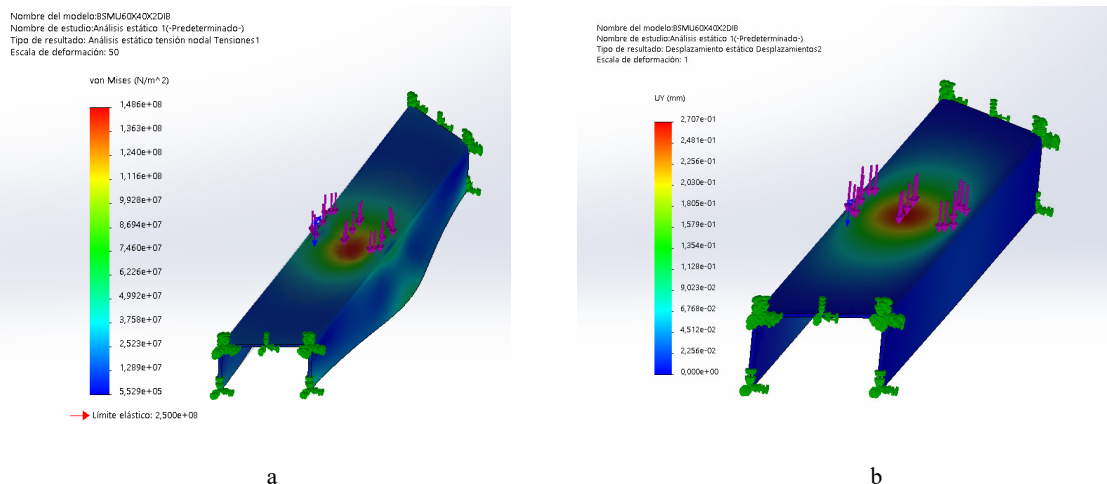


Imagen 6.25. a)- Tensiones de Von Mises, b)- Desplazamientos
Fuente: Elaboración propia.



Con esta verificación, se concluye que la base soporta toda la carga que le proporciona la estructura, sumada a la del paciente, satisfactoriamente presentando los resultados que se detallan en la Tabla 6.34.

Tensiones de Von Mises	
Min.: $5,529 \times 10^{+05}$ N/m ² _Nodo: 43394	Máx.: $1,486 \times 10^{+08}$ N/m ² _Nodo: 7852
Desplazamiento estático	
Min.: $1,682 \times 10^{+00}$ mm _Nodo: 7852	Máx.: $4,522 \times 10^{+02}$ mm _Nodo: 43394

Tabla 6.34. Resultados de simulación perfil base.
Fuente: Elaboración Propia.

6.3.13. Vínculo de Unión Entre Base y Patas

Perfil de planchuela plegada en U que vincula la base soporte de mástil con el perfil soporte de ruedas traseras y la corredera soporte patas delanteras. Se construirá con perfil plegado U ASTM A36, cuyas medidas internas se adaptan al tubo estructural de 40x60x1,6mm.

Este elemento se unirá con soldadura a la base y en su interior se deslizará y fijará la pata trasera del dispositivo en la posición requerida.

La misma deberá soportar la carga vertical de $1384,03 \text{ N}/2 = 692,016 \text{ N}$.

Se comienza analizando el perfil plegado en U sin ningún tipo de sujeción como se observa en la imagen 6.26.

Se tiene en cuenta que en el plegado el material se comprime en su parte interior y se estira por el exterior. En consecuencia, las fibras del material sufren, en la zona de plegado, unas sollicitaciones tanto más intensas cuanto menor es el radio que se pretenda conseguir, habida cuenta que es imposible llegar a una doblez perfecta. Por esto es importante calcular el radio mínimo “R”, que es el radio interior más pequeño que se puede conseguir para este material.

$$R = K.e \quad 6-34$$

Donde “e” corresponde al espesor del material y k es la relación entre la posición del eje neutro y el espesor total del material. De la tabla 6.35 se puede extraer el valor de $k = 0,5$ ya que el material corresponde a un acero suave.

Conocido el valor de K, se determina el radio mínimo con la ecuación 6-34.

$$R = 0,5.2 \text{ mm} = 1\text{mm}$$



Material	K
Cobre	0,25
Latón agrio	0,4
Latón recocido	0,3
Acero suave	0,5
Acero semiduro	0,5
Acero duro	0,7

Tabla 6.35. Constantes K.
Fuente: Avilés.

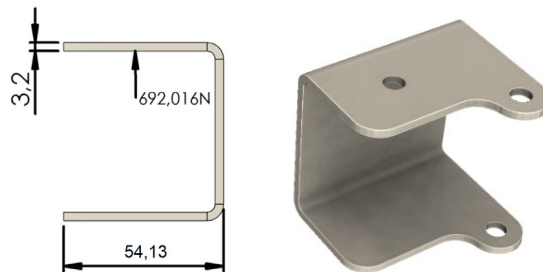
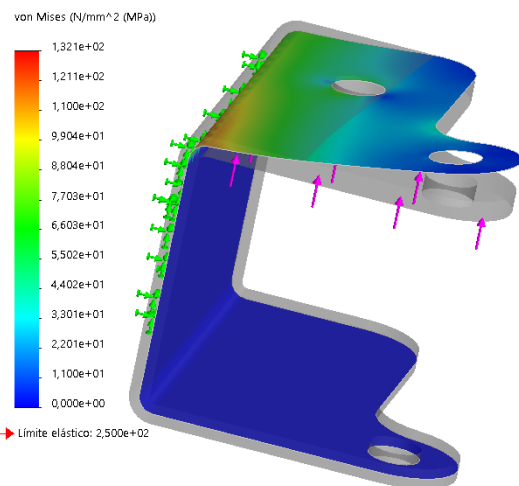


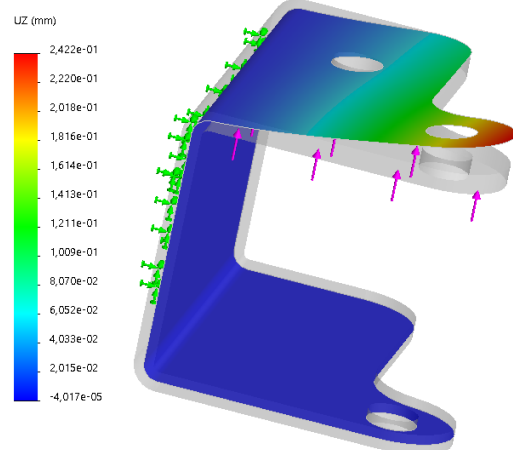
Imagen 6.26. Vínculo de unión.
Fuente: Elaboración propia.

Nombre del modelo: U PLEGADO BASE_PATA CTI_40X30
Nombre de estudio: AE1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal (Superior Tensiones)
Escala de deformación: 27,8048



a)

Nombre del modelo: U PLEGADO BASE_PATA CTI_40X30
Nombre de estudio: AE1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos2
Escala de deformación: 27,8048



b)

Imagen 6.27. a) -Tensiones de Von Mises, b)- Desplazamientos.
Fuente: Elaboración propia.



Con esta verificación, se concluye que el vínculo soporta toda la carga que le proporciona la estructura, sumada a la del paciente, satisfactoriamente, presentando los resultados que se detallan en la Tabla 6.36.

Tensiones de Von Mises	
Min.: 0,000x10 ⁺⁰⁰ N/mm ² (MPa) Nodo: 3	Máx.: 1,321x10 ⁺⁰² N/mm ² (MPa) Nodo: 923
Desplazamiento estático	
Min.: -4,017x10 ⁻⁰⁵ mm Nodo: 2644	Máx.: 2,422x10 ⁻⁰¹ mm Nodo: 2734

Tabla 6.36. Resultados de simulación perfil vínculo de unión.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.14. Cálculo de Parámetros de Soldadura del Vínculo de Unión a Base

En este caso, la base se une al vínculo de unión mediante soldaduras de filete en su parte superior y lateral.

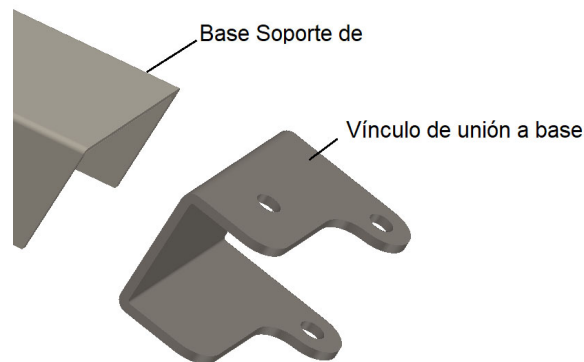


Imagen 6.28. Soldadura del vínculo de unión a base.
Fuente: Elaboración propia.

En el conjunto unido aparece una reacción de la fuerza cortante V y una reacción de momento M. La fuerza cortante produce un cortante primario en las soldaduras de magnitud.

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad 6-35$$

$$A = 0,707 \cdot h \cdot (b+2d) \quad 6-36$$

$$A = 0,707 \cdot 3,175 \text{ mm} \cdot (67,34 \text{ mm} + 2 \cdot 40 \text{ mm}) = 330,73 \text{ mm}^2$$

$$\tau' = \frac{688,67 \text{ N}}{0,707 \cdot 3,175 \text{ mm} \cdot (67,34 \text{ mm} + 2 \cdot 40 \text{ mm})} = 2,08 \text{ N/mm}^2$$

Donde A es el área total de la garganta.



El momento M induce un componente de esfuerzo cortante horizontal en las soldaduras. Utilizando la 1° columna de la tabla 6.37 se determina que el segundo momento del área unitaria, considerando las tres soldaduras como líneas.

$$I_u = \frac{2 \cdot d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2 \quad 6-37$$

$$\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d} \quad 6-38$$

$$\bar{y} = \frac{(40 \text{ mm})^2}{67,34 \text{ mm} + 2 \cdot 40 \text{ mm}} = 13,63 \text{ mm}$$

$$I_u = \frac{2 \cdot (40 \text{ mm})^3}{3} - 2 \cdot (40 \text{ mm})^2 \cdot 13,63 \text{ mm} + (67,34 \text{ mm} + 240 \text{ mm}) \cdot (13,63 \text{ mm})^2$$

$$I_u = 26423,03 \text{ mm}^3$$

El segundo momento del área I , con base en el área de la garganta de la soldadura, es:

$$I = 0,707 \cdot h \cdot I_u = 0,707h \frac{2 \cdot d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2 \quad 6-39$$

$$I = 0,707 \cdot 3,175 \text{ mm} \cdot 26423 \text{ mm}^3 = 59312,36 \text{ mm}^4$$

El esfuerzo cortante nominal en la garganta es:

$$\tau'' = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{M\bar{y}}{0,707h \frac{2 \cdot d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2} \quad 6-40$$

$$\tau'' = \frac{60336,10 \text{ Nmm} \cdot 13,63 \text{ mm}}{59312,36 \text{ mm}^4} = 13,8652 \text{ N/mm}^2 = 141,3862 \text{ kg/cm}^2$$

A continuación, se combinan vectorialmente la fuerza cortante vertical (primaria) de la ecuación 6-35 y la fuerza cortante horizontal (secundaria) de la ecuación 6-40, para dar como resultado.

$$\tau = (\tau'^2 + \tau''^2)^{1/2} \quad 6-41$$

$$\tau = ((2,08 \text{ N/mm}^2)^2 + (13,8652 \text{ N/mm}^2)^2)^{1/2} = 14,02 \text{ N/mm}^2 = 142,02 \text{ kg/cm}^2$$

En la Tabla 6.22 se presentan las propiedades de resistencia mínima del metal de aporte. En este caso, se utiliza un electrodo E6011, cuya resistencia de fluencia es 345 MPa. El esfuerzo que tiene la soldadura es de 14,02 MPa, con lo que se concluye que los cordones de soldadura soportan toda la carga satisfactoriamente.



Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
5.	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

Tabla 6.37. Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete.

Fuente: Shigley.

6.3.15. Rodillo Deslizante y Perno

El rodillo deslizante cumple la función de guiar el desplazamiento de la pata trasera. Para la fabricación de este elemento se selecciona el Delrin 150 como material atendiendo que proporciona:

- Alta resistencia mecánica, rigidez, estabilidad dimensional.
- Facilidad de mecanizado.
- Alta lubricidad.
- Bajo coeficiente de fricción y buenas propiedades de desgaste.
- Posibilidad de reciclaje.

El rodillo se desliza sobre un perno pernos de 5/16” de grado SAE 1.

Las dimensiones de rodillo se pueden observar en la Imagen 6.29.

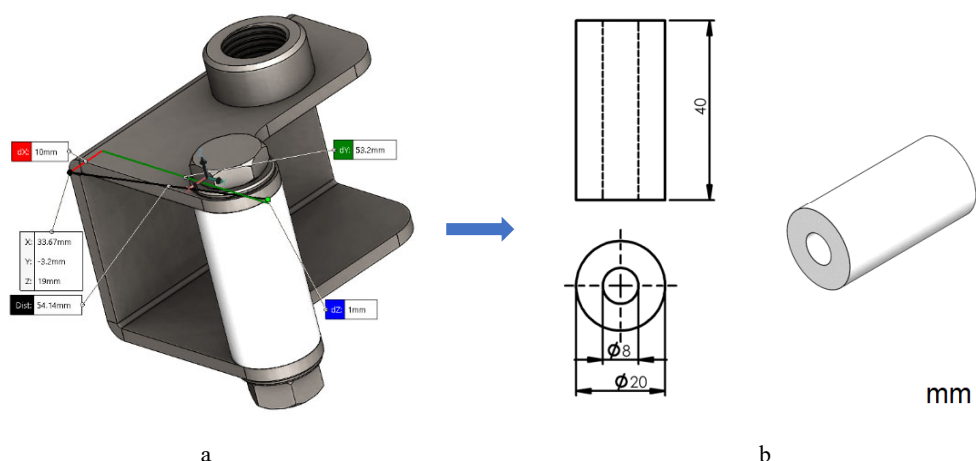


Imagen 6.29. a) Conjunto vínculo; b) rodillo deslizante.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.16. Verificación Base y Vínculo de Unión Pata Trasera

Para la verificación, se realiza un estudio de esfuerzos en el que se verifica que el conjunto soldado, compuesto por la base soporte de mástil y el vínculo de unión de pata trasera,



puede soportar sin inconvenientes la estructura. Para ello, se restringe la base y se cargan los vínculos con el valor de reacción 688,67 N, y se comienza con la simulación utilizando el criterio de falla Von Mises, discretizando el modelo geométrico con malla solida basada en curvatura. Se obtienen los siguientes resultados:

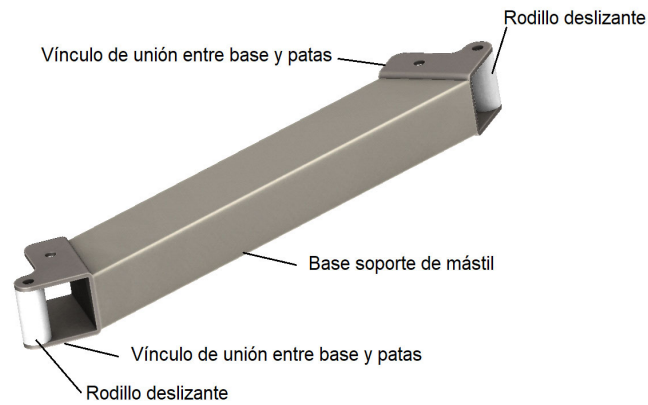


Imagen 6.30. Conjunto base vínculo de patas.
Fuente: Elaboración propia.

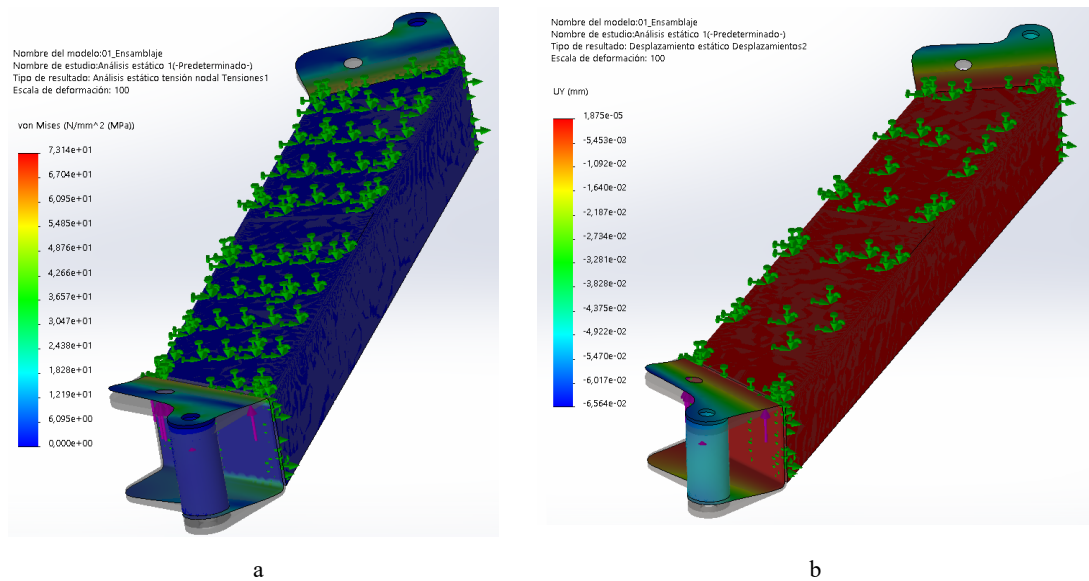


Imagen 6.31. a)- Tensiones de Von Mises, b)- Desplazamientos.
Fuente: Elaboración propia.

Con esta verificación, se concluye que el conjunto soldado soporta toda la carga aplicada, presentándose valores de tensión y desplazamientos mínimos, los que se detallan en la Tabla 6.38.



Tensiones de Von Mises	
Min.: $0,000 \times 10^{+00}$ N/mm ² (MPa)_Nodo: 19	Máx.: $7,314 \times 10^{+01}$ N/mm ² (MPa)_Nodo: 457
Desplazamiento estático	
Min.: $-6,564 \times 10^{-02}$ mm_Nodo: 17	Máx.: $1,874 \times 10^{-05}$ mm_Nodo: 99

Tabla 6.38. Resultados de simulación conjunto base vínculo.
Fuente: Elaboración Propia.

6.3.17. Vínculo de Unión y Articulación Entre Mástil de Opción 2 y Base

Perfil de planchuela rectangular ASTM A36 que se une mediante soldadura a la base. En su extremo inferior cuenta con un buge que se vincula con el eje de pliegue del mástil, el que se muestra en la imagen 6.32.

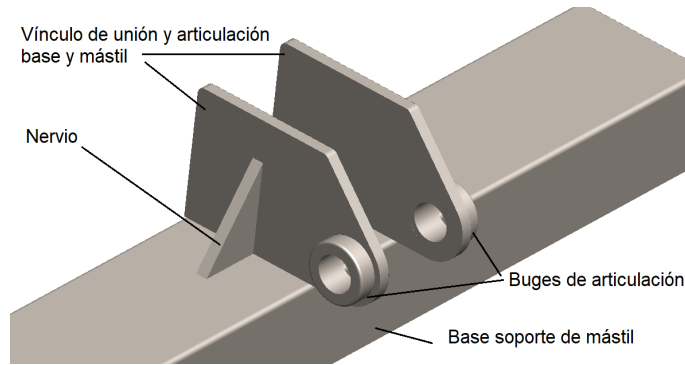


Imagen 6.32. Conjunto base y vínculo de mástil.
Fuente: Elaboración propia.

Se realiza un análisis de las tensiones y desplazamientos que se presentan en el vínculo al aplicar la carga de trabajo de 1176,8 N a una distancia de 1636,65 mm; $40,37^\circ$ de la vertical, y paralelo al eje de mayor longitud de la base, posición que representa el máximo despliegue del brazo y se considera la más desfavorable para el vínculo.

Para el análisis, se utiliza el criterio de falla Von Mises discretizando el modelo geométrico con malla mixta basada en curvatura, trazado cuadráticos de alto orden, cuatro puntos jacobianos, obteniéndose los siguientes resultados:

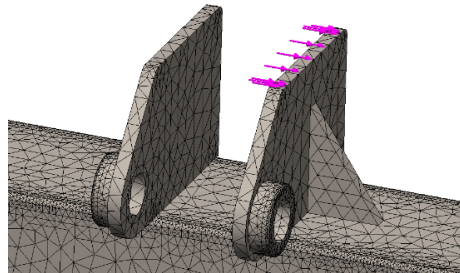


Imagen 6.33. Conjunto base y vínculo de mástil mayado para análisis.
Fuente: Elaboración propia.

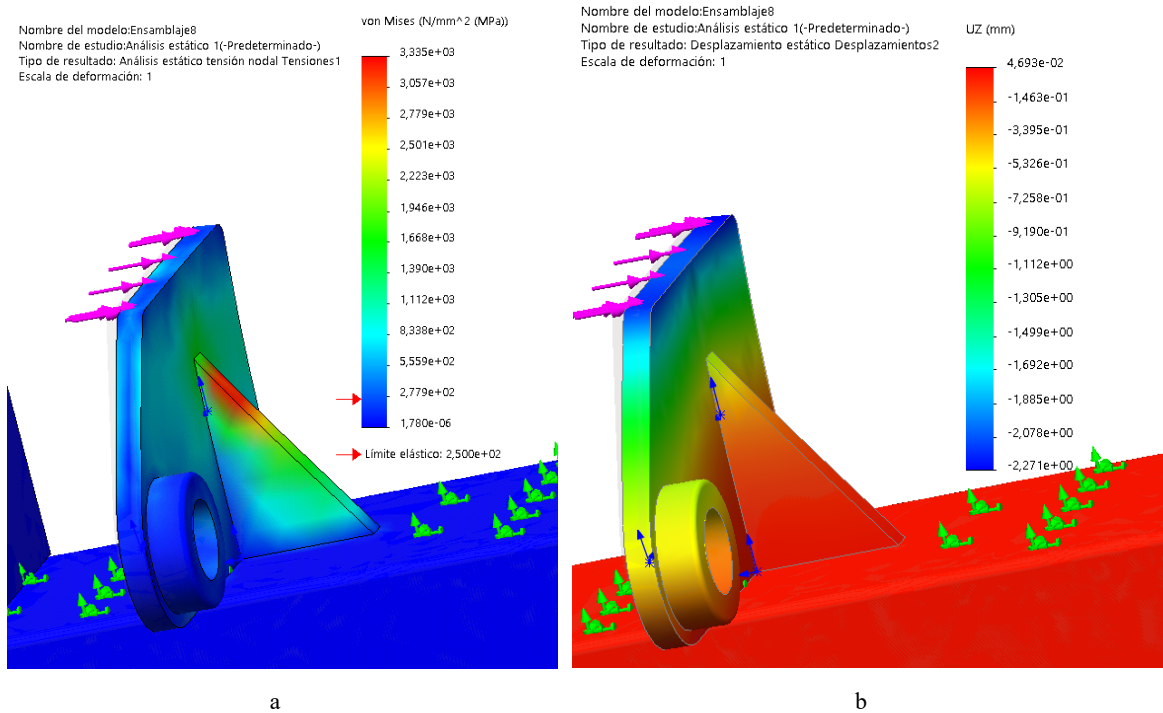


Imagen 6.34. a) Tensiones de Von Mises; b)- Desplazamientos.
Fuente: Elaboración propia.

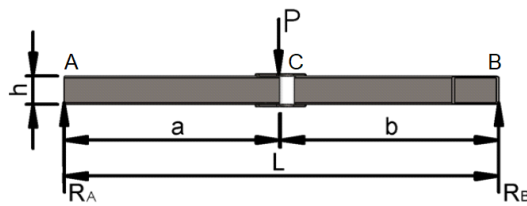
Se concluye que el conjunto soporta toda la carga aplicada, presentándose valores de tensión y deformación mínimos, los que se detallan en la Tabla 6.39.

Tensiones de Von Mises	
Min.: $1,76 \times 10^{-06}$ N/mm ² (MPa)_Nodo: 15360	Máx.: $3,335 \times 10^{+03}$ N/mm ² (MPa)_Nodo: 74878
Desplazamiento estático	
Min.: $-2,2716 \times 10^{+00}$ mm _Nodo: 77111	Máx.: $4,693 \times 10^{-02}$ mm _Nodo: 77883

Tabla 6.39. Resultados de simulación conjunto base vinculo de mástil.
Fuente: Elaboración Propia.

6.3.18. Pata Trasera

Este elemento se proyecta construir con un tubo estructural que vincula la base con el sistema de apoyo trasero del dispositivo, el mismo se calcula en su posición de máxima apertura sin interferencia de las ruedas traseras. El mismo soporta una carga $P = 692,016$ N, tensión de fluencia es de $\sigma_y = 3235$ kg/cm².



$L = 671,82 \text{ mm}$
 $a = 332 \text{ mm}$
 $b = 339,82 \text{ mm}$
 $h = \text{altura}$
 $P_p = 1384,03 \text{ N}/2 = 692,016 \text{ N}$
 Cantidad = 2
 Unidades = mm y N

Imagen 6.35. Diagramas pata trasera.
 Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se determinan las reacciones en los apoyos, momentos, esfuerzos cortantes:

Reacciones:

$$R_A = \frac{Pb}{L} \quad 6-42$$

$$R_A = \frac{Pa}{L}$$

$$R_A = \frac{692,016 \text{ N} \cdot 331 \text{ mm}}{671,82 \text{ mm}} = 340,95 \text{ N}$$

$$R_B = \frac{692,016 \text{ N} \cdot 339,82 \text{ mm}}{671,82 \text{ mm}} = 350,03 \text{ N}$$

Esfuerzos cortantes:

$$T_{AC} = \frac{Pb}{L} \quad 6-43$$

$$T_{CB} = -\frac{Pa}{L}$$

$$T_{AC} = \frac{692,016 \text{ N} \cdot 331 \text{ mm}}{671,82 \text{ mm}} = 340,95 \text{ N}$$

$$T_{AC} = \frac{692,016 \text{ N} \cdot 339,82 \text{ mm}}{671,82 \text{ mm}} = -350,03 \text{ N}$$

Momentos Flectores:

$$M_A = -\frac{P_b x}{L} \quad 6-44$$

$$M_{CB} = -\frac{P_a \cdot (L-x)}{8}$$

$$M_{\text{máx}} = M_C = \frac{P_{ab}}{L}$$



6-45

$$M_{\text{máx}} = M_C = \frac{692,016 \text{ N} \cdot 332 \text{ mm} \cdot 339,82 \text{ mm}}{671,82 \text{ mm}} = 116211,79 \text{ Nmm}$$

Se adopta un tubo estructural de sección rectangular.

Atendiendo al factor de seguridad adoptado $n_s=3,1$, tensión de fluencia es de $\sigma_y=3235 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma_{\text{adm.}} = \sigma_{\text{máx}} = (2530 \text{ kg/cm}^2)/3,1 = 816,129 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{adm}} = \sigma_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}}}{W_x}$$

$$1043,54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1185,030464 \text{ kgcm}}{W_x}$$

$$W_x = \frac{1185,030464 \text{ kgcm}}{1043,54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 1,13 \text{ cm}^3$$

Se adopta un tubo estructural cuyo módulo resistente inmediato superior es $W_x=1,948 \text{ cm}^3$ el que corresponde al perfil 30x40x1,6 mm. Ver Anexo D.

Para el perfil seleccionado la flecha obtenida es de:

$$\Delta_{\text{máx}} = \frac{Pb \cdot (L^2 - b^2)^{3/2}}{9\sqrt{3} \cdot L \cdot E \cdot I} \quad 6-46$$

$$\Delta_{\text{máx}} = \frac{70,566 \text{ kg} \cdot 33,1 \text{ cm} \cdot ((67,182 \text{ cm})^2 - (33,1 \text{ cm})^2)^{3/2}}{9\sqrt{3} \cdot 67,182 \text{ cm} \cdot 2,1 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 4,870 \text{ cm}^4} = 0,043 \text{ cm}$$

Datos y Resultados		
Parámetro	Dimensión	Diagramas.
$\sigma_{\text{adm.}}$	1043,54 kg/cm ²	
$M_{\text{f máx}}$	1185,030464 kgcm	
Δ_A	0,043cm	
W_x	1,948 cm ³	
Perfil	40x30x1,6 mm	
Peso	1,13 Kg	
Longitud	67,182 cm	
Cantidad	2	

Tabla 6.40. Datos y resultados pata trasera.
Fuente: Elaboración propia.



6.3.19. Vínculo de Unión Entre Pata Trasera y Delantera

Perfil de planchuela plegada que vincula la pata trasera con la delantera, actuando también de corredera. Se construirá con perfil plegado ASTM A36, cuyas medidas internas se adaptan al tubo de 40x30x1,6 mm.

Este elemento se unirá con soldadura a la pata trasera base y en su interior se deslizará y fijará la pata delantera del dispositivo, en la posición requerida.

La misma deberá soportar la carga vertical de $1384,03 \text{ N}/2 = 692,016 \text{ N}$.

Se comienza analizando el perfil plegado como se observa en la imagen 6.43.

El radio mínimo “R”.

$$R = K \cdot e \tag{6-34}$$

De la tabla 6.35 se puede extraer el valor de $k = 0,5$, ya que el material corresponde a un acero suave.

Conocido el valor de K, se determina el radio mínimo con la ecuación 6-43.

$$R = 0,5 \cdot 2 \text{ mm} = 1 \text{ mm}.$$

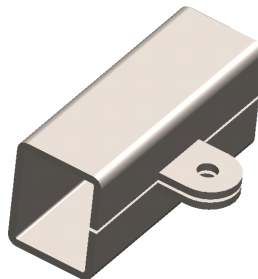


Imagen 6.36. Vínculo de unión.
Fuente: Elaboración propia.

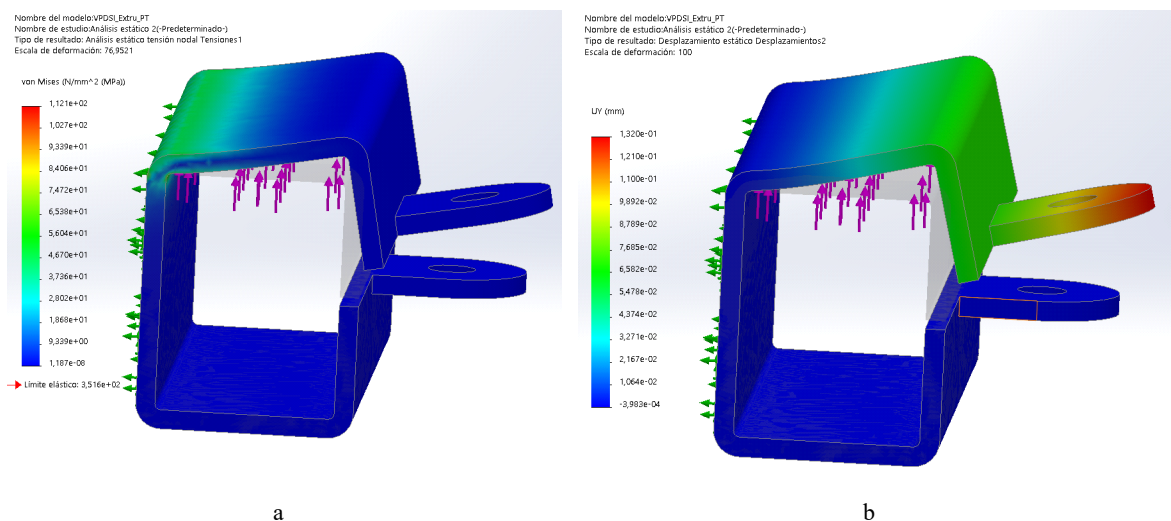


Imagen 6.37. a)- Tensiones de Von Mises; b)- Desplazamientos.
Fuente: Elaboración propia.



Con esta verificación, se concluye que el vínculo soporta toda la carga que le proporciona la estructura, sumada a la del paciente satisfactoriamente, presentando los resultados que se detallan en la Tabla 6.41.

Tensiones de Von Mises	
Min.: $1,187 \times 10^{-08}$ N/mm ² (MPa) Nodo: 71	Máx.: $1,121 \times 10^{+02}$ N/mm ² (MPa) Nodo: 4263
Desplazamiento estático	
Min.: $-3,983 \times 10^{-04}$ mm Nodo: 1475	Máx.: $1,320 \times 10^{-01}$ mm Nodo: 94

Tabla 6.41. Resultados de simulación perfil vínculo de unión.
Fuente: Elaboración Propia.

6.3.20. Cálculo de Parámetros de Soldadura de Vínculo de Unión Entre Pata Trasera y Delantera

En este caso, la pata trasera se une al vínculo de unión mediante soldaduras de filete en su parte superior, inferior y laterales.

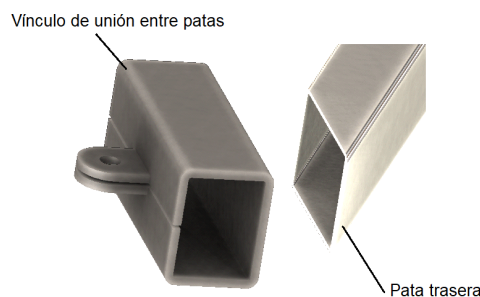


Imagen 6.38. Soldadura del Vínculo de Unión entre pata trasera y delantera.
Fuente: Elaboración propia.

En el conjunto unido aparece una reacción de la fuerza cortante V y una reacción de momento M . La fuerza cortante produce un cortante primario en las soldaduras de magnitud.

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad 6-35$$

$$A = 1,414 \cdot h \cdot (b + d) \quad 6-47$$

$$A = 1,414 \cdot 3,175 \text{ mm} \cdot (66,08 \text{ mm} + 30 \text{ mm}) = 431,34 \text{ mm}^2$$

$$\tau' = \frac{692,016 \text{ N}}{431,34 \text{ mm}^2} = 1,65 \text{ N/mm}^2$$

Donde A es el área total de la garganta.

El momento M induce un componente de esfuerzo cortante horizontal en las soldaduras. Si se consideran las cuatro soldaduras de la Tabla 6.42 como líneas, se observa que el segundo momento del área unitaria es:



$$I_u = \frac{d^2}{6} \cdot (3b + d) \quad 6-48$$

$$\bar{y} = \frac{d}{2} \quad 6-49$$

$$\bar{x} = \frac{b}{2}$$

$$\bar{y} = \frac{40 \text{ mm}}{2} = 20 \text{ mm}$$

$$I_u = \frac{(40 \text{ mm})^2}{6} \cdot (3 \cdot 66,08 \text{ mm} + 40 \text{ mm}) = 63530,66 \text{ mm}^3$$

El segundo momento del área I, con base en el área de la garganta de la soldadura, es:

$$I = 0,707 \cdot 3,175 \text{ mm} \cdot 63530,66 \text{ mm}^3 = 142608,87 \text{ mm}^4$$

El esfuerzo cortante nominal en la garganta es:

$$\tau'' = \frac{116211,79 \text{ Nmm} \cdot 20 \text{ mm}}{142608,87 \text{ mm}^4} = 16,29 \text{ N/mm}^2 = 166,11 \text{ kg/cm}^2$$

A continuación, con la ecuación 6-41, se combinan vectorialmente la fuerza cortante vertical (primaria) y la fuerza cortante horizontal (secundaria), para dar como resultado:

$$\tau = ((1,65 \text{ N/mm}^2)^2 + (16,29 \text{ N/mm}^2)^2)^{1/2} = 16,37 \text{ N/mm}^2 = 166,92 \text{ kg/cm}^2$$

En la Tabla 6.27 se presentan las propiedades de resistencia mínima del metal de aporte. En este caso, se utiliza un electrodo E6011 cuya resistencia de fluencia es 345 MPa. El esfuerzo que tiene la soldadura es de 16,37 MPa, con lo que se concluye que los cordones de soldadura soportan toda la carga satisfactoriamente.

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$

Tabla 6.42. Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete.
Fuente: Shigley.



6.3.21. Cálculo de Conjunto de Unión Tornillo y Tuerca de Vínculo de Unión Entre Pata Trasera y Delantera.

Las dimensiones de la junta son $D = 1$ in y $l = 7,8$ mm = 0,307 in. La carga aplicada es $P = 692,016$ N = 0,069 lb.

Ambas piezas sujetadas son de acero. Se desprecian los efectos de las pestañas sobre la rigidez de la junta. Como primer intento, se aplicará una precarga del 90% de la resistencia de prueba del perno.

Se elige un perno de acero 5/16-18 UNC-2A de la clase SAE 5.2. Para una longitud sujeta de $7,8$ mm = 0,307 in, se supone una longitud de perno igual a 1 in, para permitir una protuberancia suficiente para la tuerca. La precarga se toma con un 90% de la resistencia de prueba, como ya se supuso.

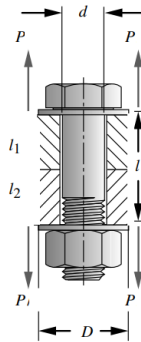


Imagen 6.39. Perno precargado que comprime al vínculo.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 6.43 muestra que la resistencia de prueba de este perno es de 85 kpsi. El área de esfuerzo por tensión, a partir de la ecuación 6-50 es $0,052431$ in². La precarga es entonces:

$$A_t = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_p + d_r}{2} \right)^2 \quad 6-50$$

$$d_p = d - 0,649519/N \quad 6-51$$

$$d_r = d - 1,299038/N \quad 6-52$$

$$F_i = 0,9 \cdot S_p \cdot A_t$$

$$d_p = 0,3125 \text{ in} - 0,649519/18 = 0,276 \text{ in}$$

$$d_r = 0,3125 \text{ in} - 1,299038/18 = 0,240 \text{ in}$$

$$A_t = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{0,276 \text{ in} + 0,240 \text{ in}}{2} \right)^2 = 0,0522 \text{ in}^2$$

La precarga es:

$$F_i = 0,9 \cdot 85000 \cdot 0,0522 = 3999,36 \text{ lb}$$



La longitud de la cuerda y vástago:

$$l_{\text{cuerda}} = 2d + 0,25 \quad 6-53$$

$$l_s = l_{\text{perno}} + l_{\text{cuerda}} \quad 6-54$$

$$l_{\text{cuerda}} = 2 \cdot (0,3125 \text{ in}) + 0,25 \text{ in} = 0,875 \text{ in}$$

$$l_s = 1 \text{ in} + 0,875 \text{ in} = 1,875 \text{ in}$$

Con lo que se obtiene la longitud de la cuerda en la zona de sujeción:

$$l_t = l + l_s \quad 6-55$$

$$l_t = 0,307 \text{ in} + 1,875 \text{ in} = 2,182 \text{ in}$$

La rigidez del perno:

$$\frac{1}{k_b} = \frac{l_t}{A_t \cdot E} + \frac{l_s}{A_b \cdot E} \quad 6-56$$

$$\frac{1}{k_b} = \frac{2,182 \text{ in}}{0,0522 \text{ in}^2 \cdot (30E6)} + \frac{1,875 \text{ in}}{\pi \cdot (0,3125 \text{ in})^2 \cdot (30E6)} = 1,5970 \times 10^{-6}$$

$$k_b = 626143,8 \text{ lb/in}$$

$$k_m = \frac{\pi(D^2 - d^2) \cdot E_m}{4 \cdot l} \quad 6-57$$

$$k_m = \frac{\pi((1 \text{ in})^2 - (0,3125 \text{ in})^2) \cdot (30E6)}{4 \cdot 0,307 \text{ in}}$$

$$k_m = 69253986,06 \text{ lb/in}$$

El Factor de rigidez de la junta:

$$C = \frac{k_{mb}}{k_m + k_b} \quad 6-58$$

$$C = \frac{626143,8 \text{ lb/in}}{69253986,06 \text{ lb/in} + 626143,8 \text{ lb/in}}$$

$$C = 8,96 \times 10^{-3}$$

La porción de carga aplicada P que experimenta el perno y el material se determinan ahora:

$$P_b = CP \quad 6-59$$

$$P_m = (1 - C)P \quad 6-60$$

$$P_b = 8,96 \times 10^{-3} \cdot 155,57 \text{ lb} = 1,39 \text{ lb}$$



$$P_m = (1 - 8,96 \times 10^{-3}) 155,57 \text{ lb} = 154,18 \text{ lb}$$

Las cargas resultantes en el perno:

$$F_b = F_i + P_b \quad 6-61$$

$$F_m = F_i - P_m \quad 6-62$$

$$F_b = 3999,36 \text{ lb} + 1,39 \text{ lb} = 4000,75 \text{ lb}$$

$$F_m = 3999,36 \text{ lb} - 154,18 \text{ lb} = 4153,54 \text{ lb}$$

El esfuerzo de tensión máximo en el perno es:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_t} \quad 6-63$$

$$\sigma_b = \frac{4000,75 \text{ lb}}{0,0522 \text{ in}^2} = 76642,72 \text{ lb/in}^2$$

Por ser un escenario de esfuerzo uniáxical, el esfuerzo principal y el de Von Mises son idénticos al esfuerzo de tensión aplicado. Entonces, el factor de seguridad contra la fluencia es:

$$N_y = \frac{S_y}{\sigma_b} \quad 6-64$$

$$N_y = \frac{92000}{76642,72 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} = 1,20$$

La resistencia a la fluencia se obtiene con las tablas 6.43 y 6.44, y la carga requerida para separar la junta y el factor de seguridad contra la separación de la junta se determina con:

$$P_o = \frac{F_i}{(1 - C)} \quad 6-65$$

$$N_{\text{separación}} = \frac{P_o}{P}$$

$$P_o = \frac{3999,36 \text{ lb}}{(1 - 8,96 \times 10^{-3})} = 4035,51 \text{ lb}$$

$$N_{\text{separación}} = \frac{4035,51 \text{ lb}}{155,57 \text{ lb}} = 25,94$$

El diseño recomendado es un perno de 5/16-18 UNC-2A grado 5.2 de 1in de largo, precargado al 90% de la resistencia de prueba con una fuerza de precarga de F_i . Ver Anexo D.



Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero					
Número de grado de la SAE	Intervalo del tamaño del diám. ext. (in)	Resistencia de prueba mínima (kpsi)	Resistencia a la fluencia mínima (kpsi)	Resistencia a la tensión mínima (kpsi)	Material
5.2	0.25–1.0	85	92	120	martensita al bajo carbono, Q&T

Tabla 6.43. Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero.
Fuente: Diseño de máquinas un enfoque integrado.

Especificaciones métricas y resistencias para pernos de acero					
Número de clase	Intervalo del tamaño del diám. ext. (mm)	Resistencia de prueba mínima (MPa)	Resistencia a la fluencia mínima (MPa)	Resistencia a la tensión mínima (MPa)	Material
4.6	M5–M36	225	240	400	bajo o medio carbono
4.8	M1.6–M16	310	340	420	bajo o medio carbono
5.8	M5–M24	380	420	520	bajo o medio carbono

Tabla 6.44. Especificaciones métricas y resistencias para pernos de acero.
Fuente: Norton.

6.3.22. Selección de Perno de Bloqueo de Pata Trasera

El perno de bloqueo se aplica para impedir el cambio de la posición de bloqueo por fuerzas transversales, solo puede colocarse en otra posición de bloqueo una vez que se haya desacoplado manualmente.

Del catálogo de fabricante tabla 6.45, se selecciona el modelo K0631.5308 : Ver Anexo D.

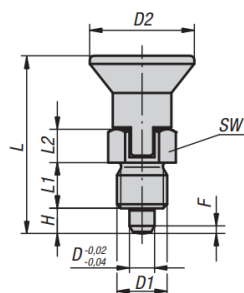


Imagen 6.40. Perno de bloqueo versión corta.
Fuente: Catálogo de fabricante Kipp.



Perno de bloqueo, versión corta, acero, clavija de bloqueo endurecida															
Referencia Forma A	Referencia Forma B	Referencia Forma C	Referencia Forma D	D	D1	D2	L	L1	L2	H	SW1	SW2	F x 30°	Fuerza del muelle inicial F1 aprox. N	Fuerza del muelle final F2 aprox. N
K0631.5903	K0631.6903	K0631.7903	K0631.8903	3	M6x0,75	14	25,5	6	5	3,5	8	-/10-/10	0,8	4	10
K0631.5004	K0631.6004	K0631.7004	K0631.8004	4	M8x1	18	29,5	6	6	4	10	-/13-/13	1	4	12
K0631.5105	K0631.6105	K0631.7105	K0631.8105	5	M10x1	21	34,5	8	7	5	13	-/17-/17	1,3	5	12
K0631.5206	K0631.6206	K0631.7206	K0631.8206	6	M12x1,5	25	41,7	10	8	6	14	-/19-/19	1,8	6	14
K0631.5308	K0631.6308	K0631.7308	K0631.8308	8	M16x1,5	33	54	12	10	8	19	-/24-/24	2,3	14	28
K0631.5410	K0631.6410	K0631.7410	K0631.8410	10	M20x1,5	33	61	15	12	10	22	-/30-/30	2,8	15	32

Tabla 6.45. Perno de bloqueo, versión corta, acero, clavija de bloqueo endurecida.
Fuente: Catalogo de fabricante Kipp.

6.3.23. Alojamiento de Perno de Bloqueo de Pata Trasera

Este elemento se une con soldadura en filete circundante al vínculo, proceso que se debe efectuar con electrodo E60. El tamaño mínimo recomendado de soldadura para el espesor de la pieza según Tabla 6.8, se requiere, por lo menos, un ancho de pierna igual a 5/16 in, de modo que w es 0,3125 in.

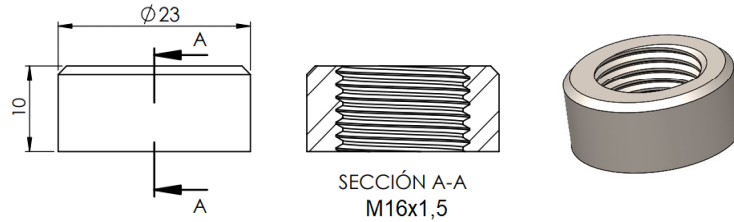


Imagen 6.41. Alojamiento de perno de bloqueo.
Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 6.42 puede observarse el ensamblaje del alojamiento al vínculo de unión entre base y patas.

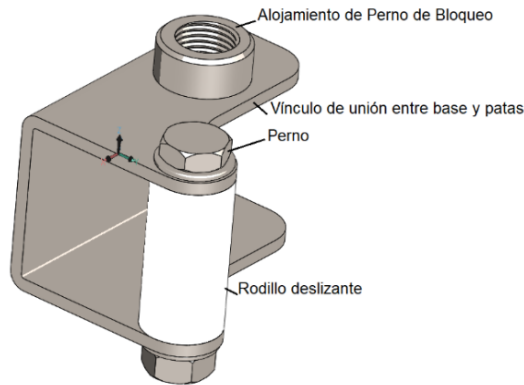


Imagen 6.42. Vínculo/alojamiento de perno de bloqueo/vínculo.
Fuente: Elaboración propia.

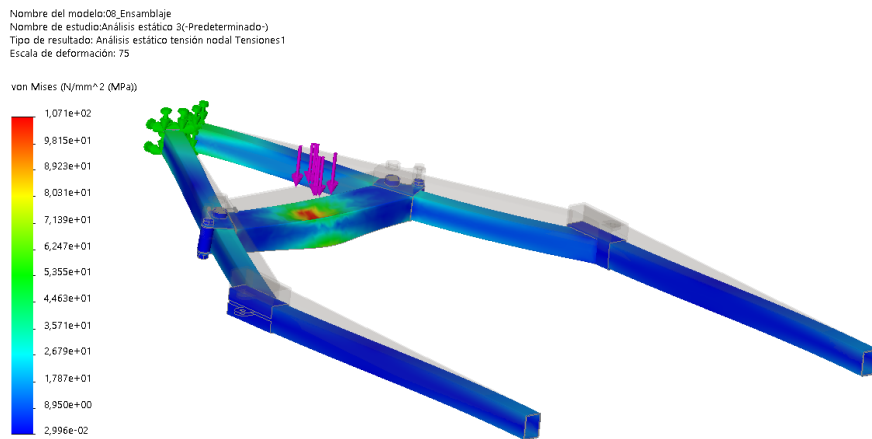


6.3.24. Verificación del Conjunto Estructura Base

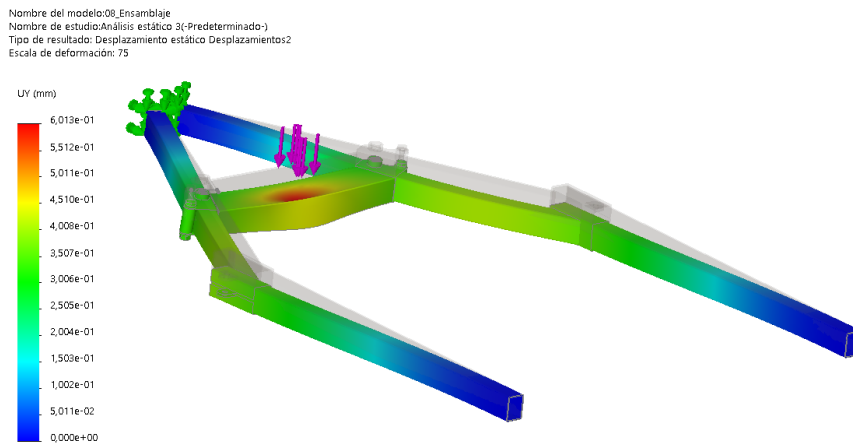
El conjunto se encuentra compuesto por el ensamblaje de patas trasera de 671,82 mm de largo, proyectadas con tubo estructural 40x30x1,6 mm, patas traseras de 700 mm de largo y mismo perfil estructural articuladas con los correspondientes vínculos.

Se realiza un estudio de esfuerzos en el que se analiza estáticamente la estructura del conjunto sometida a la carga proyectada. Para ello se restringe los apoyos que la vinculan con las ruedas de bloqueo y se simulan las tensiones y desplazamiento en posición de máximo despliegue de patas.

Se utiliza el criterio de falla Von Mises, discretizando el modelo geométrico con malla mixta basada en curvatura, trazado cuadráticos de alto orden, cuatro puntos jacobianos, obteniéndose los siguientes resultados:



a



b

Imagen 6.43. a) Tensión de Von Mises, b) Simulación Conjunto Estructura Base.

Fuente: Elaboración propia.



Con esta verificación, se concluye que la estructura soporta satisfactoriamente toda la carga proyectada con una mínima deformación en la base que no afecta su desempeño, presentando los resultados que se detallan en la Tabla 6.46.

Tensiones de Von Mises	
Min.: $2,996 \times 10^{-02} \text{N/mm}^2 \text{(MPa)}$ _Nodo: 26174	Máx.: $1,071 \times 10^{+02} \text{N/mm}^2 \text{(MPa)}$ _Nodo: 5174
Desplazamiento estático	
Min.: $0,000 \times 10^{+00} \text{mm}$ _Nodo: 11780	Máx.: $6,013 \times 10^{-01} \text{mm}$ _Nodo: 8883

Tabla 6.46. Resultados de simulación del conjunto estructura base.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.25. Selección de Ruedas y Rotantes

El dispositivo estará dotado de 4 ruedas giratorias de agujero pasante con freno. Ruedas que cuentan con un descentramiento que permite los cambios direccionales y que, en movimiento del rotante, obliga a seguir la trayectoria marcada por la cabeza giratoria.

La carga máxima que deben soportar las 4 ruedas es de $1341,66 \text{ N} = 136,81 \text{ kg}$, equivalente a $335,41 \text{ N} = 34,20 \text{ kg}$ cada una.

Del fabricante argentino “Todo Ruedas” se seleccionan las ruedas hospitalarias de PP y PVC - horquillas de nylon con rulemán de agujero pasante con freno, código 2465 con una capacidad de carga de 70 kg que duplica la requerida: Ver Anexo D.

Horquillas estampadas-doble hilera de bolillas y guarda hilos						
Agujero pasante con freno						
Código	Ø de rueda	Ancho de rueda	Altura total	Ø de agujero	Eje	Carga
2465	100	32	135	13	Rulemán	70

Tabla 6.47. Rueda hospitalaria.
Fuente: Catalogo de Fabricante “Todo Ruedas”.



Imagen 6.44. Rueda Hospitalaria.
Fuente: Catalogo de Fabricante “Todo Ruedas”.



6.3.26. Soporte de ruedas delanteras y traseras.

Estos elementos son los encargados de vincular la rueda con los tubos estructurales que componen las patas del dispositivo. Se construirán con planchuela de perfil rectangular y conectarán las ruedas mediante un perno.

El soporte delantero y trasero se diferencian en que el primero es recto y el segundo se dispone en ángulo. A los efectos de simplificar los cálculos, se desarrolla un cálculo que se replica en ambos casos. Las formas y disposición se ilustran en las imágenes 6.45 y 6.46.

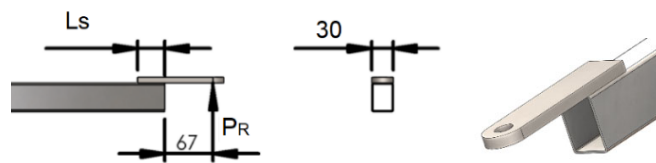


Imagen 6.45. Pata delantera y soporte rueda.
Fuente: Elaboración propia.

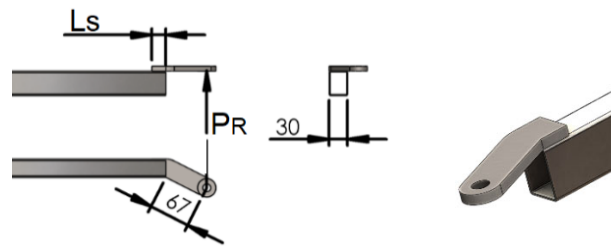


Imagen 6.46. Pata delantera y soporte rueda.
Fuente: Elaboración propia.

Condiciones de equilibrio:

- 1- $\Sigma M_B = 0 \Rightarrow M_B - P_R \cdot L_{\text{soporte}} = 0$
- 2- $\Sigma M_A = 0 \Rightarrow M_B - R_{By} \cdot L_{\text{soporte}} = 0$
- 3- $\Sigma F_x = 0 \Rightarrow R_{Bx} = 0$

Verificación: $\Sigma F_y = 0$; $R_{By} - P_R = 0 = 335,41 \text{ N} - 335,41 \text{ N}$

Se trata de un caso de flexión simple recta con un esfuerzo de corte

De la ecuación 1 $\Rightarrow M_B = P_R \cdot L_{\text{soporte}} = 335,41 \text{ N} \cdot 0,067 \text{ m} = 22,47 \text{ Nm} = 229,13 \text{ kgcm}$

De la ecuación 2 $\Rightarrow R_{By} = P_R = 335,41 \text{ N} = 34,20 \text{ kg}$

De la ecuación 3 $\Rightarrow R_{Bx} = 0$

Atendiendo al factor de seguridad adoptado $n_s = 3,1$ y la tensión de fluencia es de $\sigma_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.

$$\sigma_{\text{adm}} = \sigma_{\text{máx}} = (2530 \text{ kg/cm}^2) / 3,1 = 816,129 \text{ kg/cm}^2$$



$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Mm\acute{a}x}{W_x}$$

$$816,129 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{Mm\acute{a}x}{W_x}$$

$$W_x = \frac{Mm\acute{a}x}{\sigma_{adm}} = \frac{229,13 \text{ kgcm}}{816,129 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 0,28 \text{ cm}^3$$

Se necesita que la base de la planchuela que se elija asiente sobre el perfil superior de las patas, por lo que la medida de base debe ser de 30mm o levemente inferior, medida que en el catálogo de planchuelas no se consigue en concordancia con el $W_x = 0,28 \text{ cm}^3$. Esto hace necesario calcular el perfil correspondiente.

El módulo resistente del perfil rectangular corresponde a la ecuación 6-66.

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} \Rightarrow h = \sqrt{\frac{W_x \cdot 6}{b}} \quad 6-66$$

Donde:

$$h = \sqrt{\frac{0,28 \text{ cm}^3 \cdot 6}{3 \text{ cm}}} = 0,74 \text{ cm} = 7,4 \text{ mm}$$

De lo anterior se deduce que el perfil requerido corresponde a 30x7,4 mm, de tablas de perfiles el espesor inmediato superior es de 7,9 mm = 5/16". Ver Anexo D.

El momento de Inercia I:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad 6-67$$

$$I = \frac{3 \text{ cm} \cdot (0,79 \text{ cm})^3}{12} = 0,12 \text{ cm}^4$$

Para el perfil seleccionado la flecha obtenida es de:

$$\Delta_A = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{34,20 \text{ kg} \cdot (6,7 \text{ cm})^3}{3,2,1 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 0,12 \text{ cm}^4} = 0,013 \text{ cm}$$



Datos y Resultados		
Parámetro	Dimensión	Observación
$\sigma_{adm.}$	816,129 kg/cm ²	dato
$M_{f_{m\acute{a}x}}$	229,13 kgcm	calculado
Δ_A	0,013 cm	calculado
W_x	0,28 cm ³	calculado
Planchuela	30 x 7,9 mm	seleccionado
Peso	335,41 N	calculado
Longitud	0,67 cm	calculado

Tabla 6.48. Datos y resultados para soporte de ruedas delanteras.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.27. Verificación Soporte de Ruedas

Los soportes se encargan de articular acción con las ruedas código 2465 previamente calculadas, se proyecta con una planchuela con perfil rectangular de 30x7,9 mm, y un largo de flexión de 0,67 mm desde la pata hasta el centro del agujero, el que para el caso delantero es recto y para el trasero se dispone en ángulo.

Se realiza un estudio de esfuerzos en el que se analiza estáticamente el perfil calculado sometido a la carga proyectada. Para ello, se restringe la pata y simulan las tensiones y desplazamiento.

Se utiliza el criterio de falla Von Mises, discretizando el modelo geométrico con malla solida basada en curvatura, cuatro puntos jacobianos, obteniéndose los siguientes resultados:

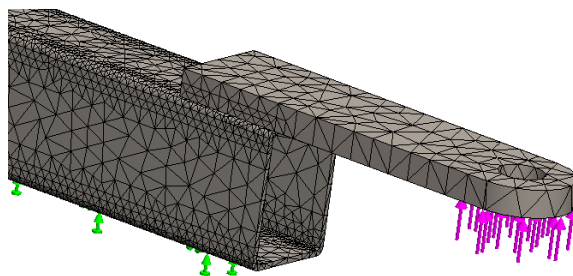


Imagen 6.47. Mallado de conjunto pata delantera y soporte rueda.
Fuente: Elaboración propia.

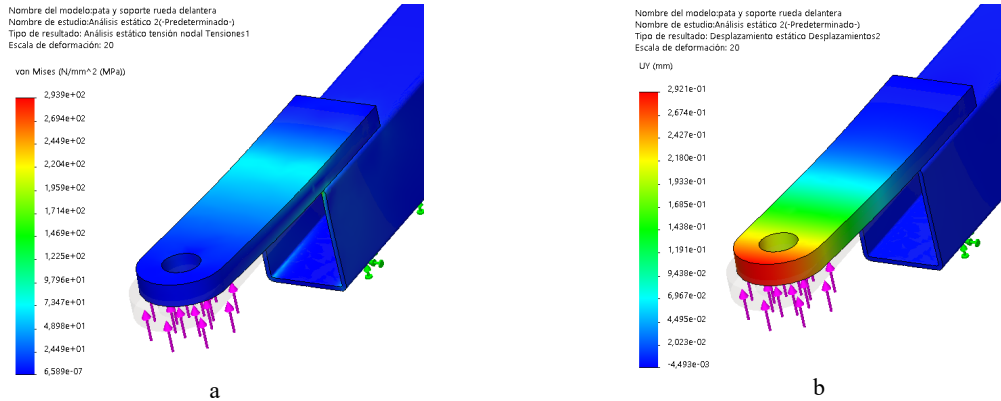


Imagen 6.48. a)-Tensiones de Von Mises; b)- Desplazamientos.
Fuente: Elaboración propia.

Con esta verificación, se concluye que el soporte de rueda se comporta satisfactoriamente ante la acción de la carga proyectada, con una mínima deformación que no afecta su desempeño, presentando los resultados que se detallan en la Tabla 6.49.

Tensiones de Von Mises	
Min.: $6,589 \times 10^{-07}$ N/mm ² (MPa) Nodo: 21525	Máx.: $2,939 \times 10^{+02}$ N/mm ² (MPa) Nodo: 64934
Desplazamiento estático	
Min.: $-4,493 \times 10^{-03}$ mm Nodo: 17242	Máx.: $2,921 \times 10^{-01}$ mm Nodo: 168421

Tabla 6.49. Resultados de simulación del conjunto pata trasera y soporte rueda.
Fuente: Elaboración Propia.

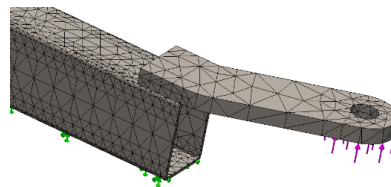


Imagen 6.49. Mallado de conjunto pata trasera derecha y soporte rueda.
Fuente: Elaboración propia.

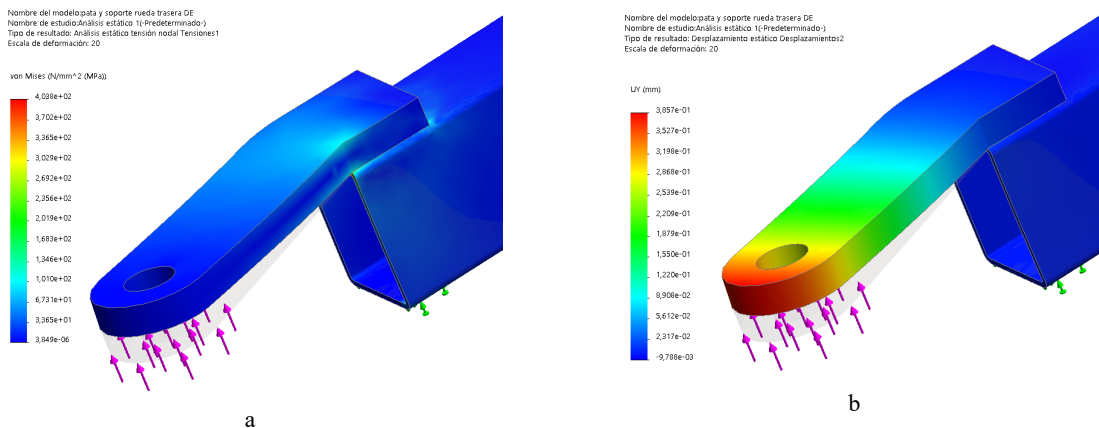


Imagen 6.50. Tensiones de Von Mises; b)- Desplazamientos.
Fuente: Elaboración propia.



Con esta verificación, se concluye que el soporte de rueda trasera se comporta satisfactoriamente ante la acción de la carga proyectada, con una mínima deformación que no afecta su desempeño. Los resultados se detallan en la Tabla 6.50.

Tensiones de Von Mises	
Min.: $3,849 \times 10^{-06}$ N/mm ² (MPa)_Nodo: 21706	Máx.: $4,038 \times 10^{+02}$ N/mm ² (MPa)_Nodo: 12618
Desplazamiento estático	
Min.: $-9,788 \times 10^{-03}$ mm_Nodo: 30242	Máx.: $3,857 \times 10^{-01}$ mm_Nodo: 61026

Tabla 6.50. Resultados de simulación del conjunto pata trasera y soporte rueda.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.28. Disposición del Soportes de Ruedas Delanteras y Traseras, Unidos por Soldadura.

Los soportes, previamente calculados, se unen en los extremos de patas mediante soldadura, donde se utiliza un electrodo E6011 con resistencia de fluencia es 345MPa.

El tamaño mínimo recomendado de soldadura para el espesor de la pieza, según Tabla 6.8, indica que la parte de 0,31 in de espesor necesita, por lo menos, una soldadura con un ancho de pierna igual a 3/16 in. De modo que se debe incrementar el ancho de la pierna de la soldadura w a 0,18 in.

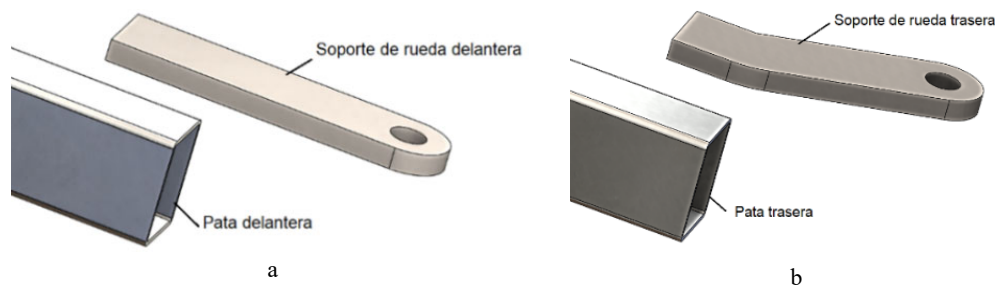


Imagen 6.51. Disposición de soporte de ruedas a) delanteras, b) Traseras.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.29. Selección del Actuador Lineal

Para la selección del actuador lineal, se toma en cuenta el efecto y magnitud de la fuerza F que debe aplicar el vástago sobre la barra B-E-F del dispositivo de la imagen 6.3. Esta fuerza de componente vertical F_v y horizontal F_h , dependen del ángulo σ en un rango entre 0° y $30,98^\circ$, obtenidos del análisis y simulación del brazo para las cuatro posiciones.

Para la determinación de la dimensión de instalación del actuador lineal, se analiza el rango de carrera del vástago representado en la imagen 6.51 y Tabla 6.51.



Mediante planillas de cálculos y el software de diseño paramétrico, Solidworks, se determina que la posición 3 representa la máxima carrera requerida. Estos valores se exponen en la Tabla 6.50.

Dimensión de instalación		
$\sigma(^{\circ})$	A-E (mm)	Posición de análisis
0	452,38	
21,94	519,12	
30,98	543	
Unidades en $^{\circ}$; Kg; mm		

Tabla 6.51. Dimensión de Instalación.
Fuente: Elaboración propia.

En base al modelo dimensionado, se toman como referencia las fibras neutras de los perfiles y el eje de acción del actuador y se determinan los ángulos que componen el brazo. Partiendo de 0° a $30,98^{\circ}$, correspondiendo al primero el valor de la mayor fuerza de aplicación del vástago, los que se detallan en Imagen 6.52 y Tabla 6.52.

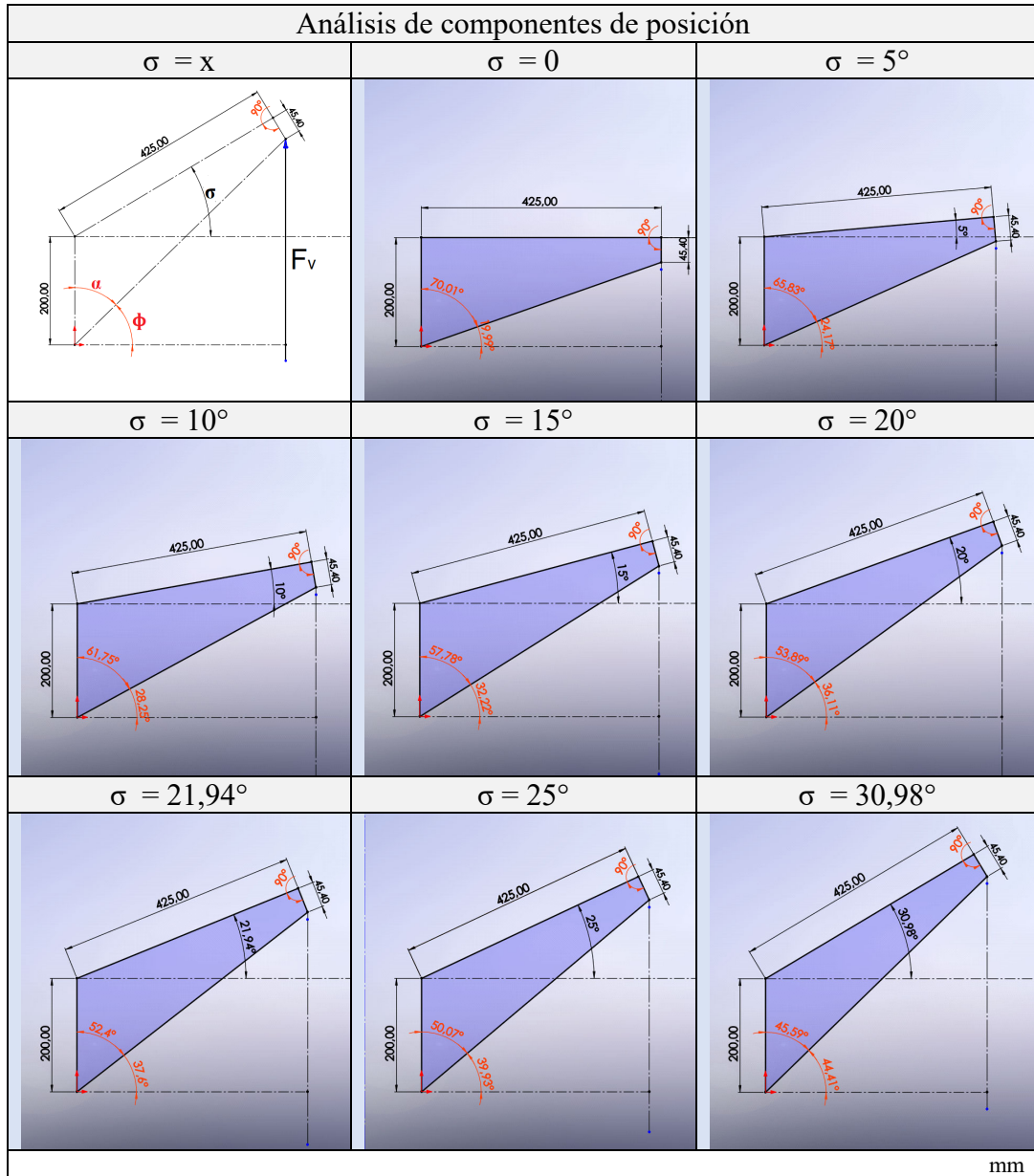


Imagen 6.52. Componentes angulares V en función de σ para la posición 2.

Fuente: Elaboración propia.



Posición del Brazo			
σ (°)	α (°)	ϕ (°)	Esquema (mm)
0	70,01	19,99	
5	65,83	24,17	
10	61,75	28,25	
15	57,78	32,22	
20	53,89	36,11	
21,94	61,75	37,6	
25	50,07	39,93	
30,98	45,59	44,41	

Tabla 6.53. Componentes angulares en función de σ .
Fuente: Elaboración propia.

Con las componentes angulares en la posición de análisis se determinan la fuerza que debe aplicar el vástago del actuador y la ventaja mecánica (VM), parámetros que se representan en Tabla 6.53.

Posición/Esfuerzo/VM			
σ (°)	$F_{vertical}$ (N)	F (N)	VM
0°	2021,32	5912,77	0,5821
21,94°	1938,57	3177,22	0,6070
30,98°	1378,14	1969,36	0,8539

Tabla 6.54. Posición/Esfuerzo/VM.
Fuente: Elaboración propia.

En la a Tabla 6.53 se puede observar que, a menor ángulo σ , se requiere mayor fuerza para elevar al usuario, y existe un aumento de la VM para mayores ángulos de σ .

La dimensión de instalación del actuador para las cuatro posiciones se representa en Tabla 6.54, de las que se consideran las situaciones para la que el vástago del actuador se encuentra completamente extendido. La designación A representa el extremo donde se asienta el extremo inferior del actuador; por otra parte, E representa el extremo del vástago con el subíndice que indica la posición de análisis.



Posición	Extremos de actuador	Dimensión de instalación (m)
1	A-E ₁	0,452
2	A-E ₂	0,543
3	A-E ₃	0,452
4	A-E ₄	0,519

Tabla 6.55. Dimensión de instalación requerida.
Fuente: Elaboración propia.

Con los valores obtenidos anteriormente, se procede a seleccionar el actuador lineal de la firma Linak modelo LA40 PL. Este fue diseñado para grúa de pacientes en el sector de cuidados sanitarios y se utiliza también en equipos médicos como camas hospitalarias, camillas y sillones de tratamiento, con una clasificación de hasta IPX6.

La capacidad de operación del LA40 PL es de 6000 N (50 - 400 mm pasos de 5 mm, y 8000 N (50 - 300 mm pasos de 5 mm), en una longitud de carrera completa, de acuerdo con la norma ISO 10535. Ver: Anexo Planos.



Imagen 6.53. Actuador lineal linak LA 40.
Fuente: Ficha técnica LA40.

Se encuentra equipado con una toma para cables intercambiables y permite el uso de mini-fit, según requerimiento puede contar con desembrague (solo empuje) y/o de liberación rápida.

Su diseño estructural y superficial permite una fácil limpieza y flexibilidad de montaje.

Las especificaciones técnicas se detallan en la tabla 6.55. Ver: Anexo G.

Especificaciones técnicas LA40PL	
Tipo de actuador	LA40PL
Tipo de motor	PL motor (F)
Fuente de alimentación	24VDC
Paso del husillo (mm)	4
Empuje de carga máxima (N)	8
Empuje autobloqueante (N)	8



Velocidad típica 0/máx. (mm/seg)	9,3/6,1
Corriente a plena carga (A)	9
Paso del husillo (mm)	4
Longitud del trazo (mm)	De 50 a 400 en pasos de 5
Interruptor de encendido	JUMBO + 3ª parte cajas de control
Grado IP	IPX6
Color	Gris claro RAL 7035
Accesorio trasero (mm)	Con ranura Ø 10,2 y 12,2
Accesorio trasero rotación (°)	Estándar y 90°
Varilla del pistón (mm)	ML Ø12,2 y ML Ø12 (con ranura)

Tabla 6.56. Especificaciones técnicas.
Fuente: Ficha técnica LA40 PL.

En gráficas mostradas en imagen 6.53 se representan en a) longitud de carrera vs carga, y en b) los valores de velocidad/corriente vs carga.

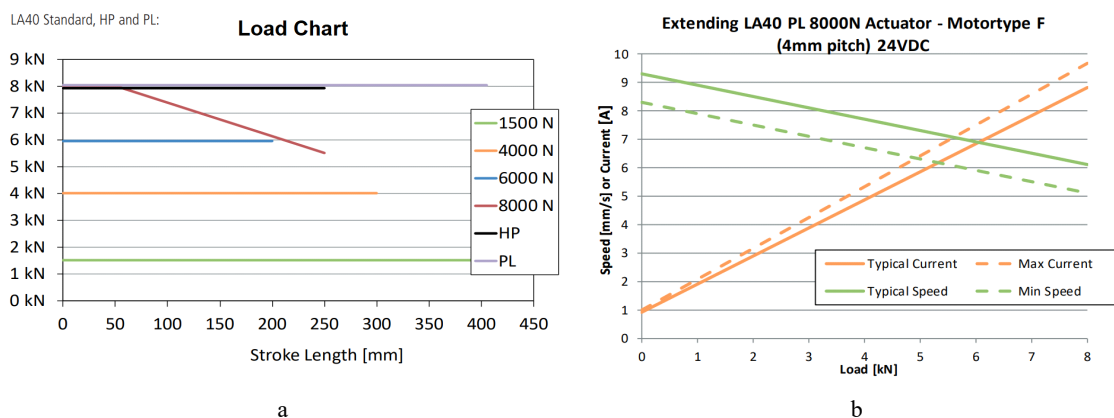


Imagen 6.53. Curvas de carga.
Fuente: Ficha técnica LA40.

6.3.30. Adopción de Sistema

Por especificación del fabricante se trabaja con el sistema LIFT50, compuesto por la caja de control COL50, una batería BAL50 y un cargador externo CHL50.

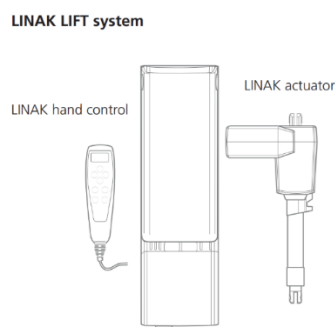


Imagen 6.54. Sistema LIFT50
Fuente: Ficha técnica Lift system



6.3.30.1. Baterías

Se selecciona la batería BAL50 con tecnología Li-Ion que forma parte de la serie de productos LIFT50, especialmente desarrollado para elevadores de pacientes cuyas características técnicas se especifican en la Tabla. Y cuenta con las siguientes ventajas:

- Peso y tamaño reducidos, ergonómica y lo permite su reemplazo con solo una mano.
- Botón de parada disponible.
- Vida útil cinco veces más alta que las baterías convencionales.
- Menor huella medioambiental.
- Reducidas emisiones de CO₂ generadas por el transporte gracias al bajo peso.
- Cerramientos sellados con ventilación controlada para facilitar el alivio por sobrepresión.
- Aislamiento con las baterías adyacentes para detener la propagación a otras celdas.
- Protección electrónica contra cortocircuitos, sobrecargas, sobretensión, consumo excesivo y extremos de temperatura.

Especificaciones técnicas CHL50	
Compatibilidad	COL50 y CHL50
Ciclo de trabajo	Máx. 10%, o 2 min. de uso continuo seguido de 18 min. sin uso a máx. corriente de descarga 10 A
Carga	Mediante cargador de pared CHL50 o COL50 con cargador integrado
Estado de carga	Máx. 30%
Recarga durante el Almac.	Primera recarga debe realizarse a más tardar 12 meses después fecha de producción indicada en la etiqueta, posteriormente al menos cada año
T°C de Func.	5 °C a 40°C
T°C de carga	5 °C a 40°C, cargar a T°C elevadas puede afectar el tiempo de carga
T de carga	Aprox. 4hs
T°C de Almac.	10°C a 25°C, Almac. en un espacio sin contacto directo con luz solar
Hr	20% - 80% - sin condensación
Presión At.	700 a 1060 hPa
A.S.N.M	Máx. 3000 m
Aprobaciones	IEC 60601-1; ANSI/AAMI ES60601-1 ; CSA; CAN/CSA-C22.2 NO. 60601-1 ; IEC 60601-2 ; IEC62133-2

Tabla 6.57. Datos técnicos BAL50.
Fuente: Ficha técnica de BAL50.



Imagen 6.54. Batería BAL50.
Fuente: Ficha técnica de BAL50.

6.3.30.2. Caja de Control

Se selecciona la caja de control COL50 MK2 que forma parte de la serie de productos LIFT50 diseñado especialmente para elevadores de pacientes. Se puede combinar con uno o más actuadores y un control manual, con una entrada de alimentación universal. Los datos técnicos se especifican en Tabla 6.57.

Especificaciones técnicas COL50 MK2	
Con cargador interno, dependiendo del Volt. de entrada	Consumo de corriente nominal máx. 350 mA
	Consumo de energía (en espera) máx. 0,5W
	Voltaje de entrada: 120-240 VCA (50/60 Hz)
	Consumo de energía (carga) máx. 30W
Ciclo de trabajo	Máx. 10% o 2 min. uso continuo seguido de 18 min. sin uso
T°C de Func.	5 °C a 40 °C
T°C de Almac.	-10 °C a 50 °C
Hr	20% - 80% - sin condensación
Presión At.	700 a 1060 hPa
A.S.N.M	Máx. 3000 m
Aprobaciones	IEC 60601-1 ; ANSI/AAMI ES60601-1 ; CAN/CSA-C22.2 NO. 60601-1 ; EN IEC 60601-1-2 ; RED (EU) ; FCC ID (US) ; IC ID; (Canada) ; Telec (Japan)

Tabla 6.58. Datos técnicos COL50 MK2.
Fuente: Ficha técnica de COL50.



Imagen 6.55. Caja de control COL50 MK2.
Fuente: Ficha técnica de COL50 MK2.



6.3.30.3. Cargador

Se selecciona CHL50, el que funciona como cargador de pared cuando está montado en una pared, pero también puede ser un cargador versátil cuando simplemente se coloca en posición horizontal sobre su sección posterior encima de cualquier tipo de superficie. Está equipado con una entrada de alimentación universal que puede utilizarse en todo el mundo y se suministra con indicadores de carga de alta visibilidad.

Las luces de LED informan acerca de la conexión a la fuente principal y del estado de carga de la batería.



Imagen 6.56. Cargador CHL50.
Fuente: Ficha técnica de CHL50.

6.3.31. Selección de Mando de Control

Se selecciona el mando de control HB30, compacto y ergonómico, que permite una mejor adaptación a las manos de asistente. Es especialmente adecuado para grúas de paciente, sillones, camillas y mesas de tratamiento y reconocimiento.

Cuenta con:

- Recubrimiento antideslizante en el reverso para evitar que pueda caer al suelo.
- Cable intercambiable para garantizar un uso útil más duradero.
- Datos esenciales acerca del estado de la batería, sobrecargas y servicio siempre disponibles.

Se encuentra disponible en una versión análoga y en una versión OpenBus™.



Imagen 6.57. Mando de Control HB30.
Fuente: Ficha técnica de HB30.



7. MANUFACTURA

7.1. Modelo de Fabricación

Para el proceso de manufactura del dispositivo en las versiones planteadas, se adopta el modelo de fabricación que se detalla en tabla 7.1.

Modelo de fabricación			
Etapas	Sector	Actividad	
Elaboración de documentación	Administrativo	Generación/impresión	
		Orden de compra	
		Ficha de trabajo	
		Planos	
Adquisición de material	Administrativo Almacén y despacho	Recepción de materiales	
		Control, admisión y devolución	
		Acopio y codificación	
		Despacho a cada sector	
Preparación del material	Limpieza	Verificación de estado	
		Aplicación de solventes emulsionables	
		Tratamiento con tensioactivos	
		Desengrase alcalino si se requiere	
		Enjuague con agua	
		Fosfatado	
		Por inmersión	
		Por aspersion	
	Mecanizado	Con arranque de viruta	Enjuague con pasivado no crómico
			Secado
			Con Paños/estopa/AP
			Con aire desunificado
		Sin arranque de viruta	En cámara
			Tornería
			Desbaste y pulido
			Corte y perforado
Soldadura	Soldadura	Plegado	
		Doblado	
	Manufactura Aditiva	Ejecución de unión por soldadura eléctrica	Marcado
			I3D con FDM
	Recubrimiento	Pintura por pulverización	
	Ensamblado	Mecánico	
			Eléctrico
	Pruebas y ensayos	Mecánicas	
			Eléctricas
Dinámicas			
Packing	Almacén y despacho	Desarme	
		Control	
		Empaquetado unitario/conjunto	

Tabla 7.1. Modelo de fabricación.
 Fuente: Elaboración propia.



7.2. Codificación

Código	Abreviación	Observación
Cód-Pieza	Cód.-P-XX	Con el fin de organizar y simplificar la elaboración de documentación referida a manufactura, se codifican componentes y acción que impliquen un costo en el proyecto.
Cód-Ferretería-I3D	Cód-FI-XX	
Cód-Sistema	Cód-S-XX	
Cód-Mano de obra	Cód-MO-XX	
Cód-Varios	Cód-V-XX	
Cód-Material	Cód-M-XX	

Tabla 7.2. Nomenclatura general de codificación.
Fuente: Elaboración propia.

Cód-Material	Descripción
Cód-M-01	Tubo estructural 60x40x1,6 mm
Cód-M-02	Tubo estructural 40x30x1,6 mm
Cód-M-03	Tubo estructural 30x50x3,2 mm
Cód-M-04	Tubo estructural 60x40x2 mm
Cód-M-05	Tubo circular $\varnothing 76,2\text{mm} \times 1,6\text{ mm}$
Cód-M-06	Tubo estructural 30x50x1,6 mm
Cód-M-07	Tubo estructural 20x40x1,6 mm
Cód-M-08	Perfil U 60x40x2
Cód-M-09	Perfil U 50x50x4 mm
Cód-M-10	Perfil plegado U 60x40x1,6 mm
Cód-M-11	Planchuela 55x4,8 mm
Cód-M-12	Planchuela 1 1/2" x 5/16"
Cód-M-13	Barra 40x35 mm
Cód-M-14	Delrin $\varnothing 1"$
Cód-M-15	Planchuela 4" x 1/8"
Cód-M-16	Caño circular $\varnothing 31,7 \times 1,6\text{ mm}$
Cód-M-17	Planchuela 1 1/4" x 1/8"
Cód-M-18	Planchuela 1 1/4" x 5/16"
Cód-M-19	Barra SAE 1045 $\varnothing 1"$
Cód-M-20	Planchuela 1" x 1/4"
Cód-M-21	Planchuela 1" x 1/8"
Cód-M-22	Planchuela 1 1/2" x 1/4"
Cód-M-23	Planchuela p/nervios base 1" x 3/16"
Cód-M-24	Planchuela 4" x 1/4"
Cód-M-25	Planchuela 4 1/2" x 1/4" (mecanizada)
Cód-M-26	Barra cuadrada 1 1/2" (mecanizada)
Cód-M-27	Planchuela 3" x 3/16" (mecanizada)
Cód-M-28	Barra SAE 1045 $\varnothing 30\text{mm}$ (mecanizada)

Tabla 7.3. Codificación de materiales.
Fuente: Elaboración propia.



Cód-Ferretería-I3D	Descripción
Cód-FI-01	Fosfatizante
Cód-FI-02	Esmalte anti óxido
Cód-FI-03	Esmalte sintético
Cód-FI-04	Aguarrás
Cód-FI-05	Pernos de ½” de grado SAE 1, completos
Cód-FI-06	Perno de acero 5/16-18 UNC-2A de la clase SAE 5.2
Cód-FI-07	B5/16-18 UNC-2A c/t/a
Cód-FI-08	½” de grado SAE 1 c/t/a
Cód-FI-09	M8x15 c/t/a
Cód-FI-10	M6x10 c/a
Cód-FI-11	Electrodo Conarco 6010 3,25 mm
Cód-FI-12	Perno de bloqueo modelo K0631.5308
Cód-FI-13	Ruedas
Cód-FI-14	Filamento I3D
Cód-FI-15	Buje de bronce ø35 x 6mm (mecanizada)
Cód-FI-16	Disco de corte 355x3,3
Cód-FI-17	Disco de desbaste abrasivo 180 mm
Cód-FI-18	Disco de corte 180 mm
Cód-FI-19	Disco flap zirconio 180 mm

Tabla 7.4. Codificación de elementos de ferretería y I3D.
Fuente: Elaboración propia.

Cód-Sistema.	Descripción
Cód-S-01	Actuador lineal linak LA 40 PL
Cód-S-02	Batería BAL50
Cód-S-03	Caja de control COL50 MK2
Cód-S-04	Cargador CHL50
Cód-S-05	Mando de control HB30

Tabla 7.5. Codificación de componentes de Sistema LIFT50.
Fuente: Elaboración propia.

Cód-Mano de obra	Descripción
Cód-MO-01	Medición y Mecanizado
Cód-MO-02	Medición, Corte y Plegue
Cód-MO-03	Soldadura
Cód-MO-04	Preparación y Pintura
Cód-MO-05	Preparación y I3D
Cód-MO-06	Armado

Tabla 7.6. Codificación de mano de obra.
Fuente: Elaboración propia.



Cód-Varios	Descripción
Cód-V-01	Energía eléctrica
Cód-V-02	Packing

Tabla 7.7. Codificación de varios.

Fuente: Elaboración propia.

7.3.Cortes

Los cortes se efectuarán dependiendo del material y tipo de pieza a mecanizar.

En la tabla 7.8 se define la máquina herramienta que debe utilizarse para efectuar los cortes detallados en la Tabla 7.9.

Máquina herramienta	Material
Sierra sensitiva angular con disco abrasivo	Tubos estructurales
	Caños
	Planchuelas
	Perfiles
Sierra de cinta con hoja bimetálica	Tubos estructurales
	Caños
	Planchuelas
	Perfiles
	Barras de acero macizas
Tronzado en torno con refrigerante soluble	Bronces
	Barras de acero macizas
	Delrin
	Bronce

Tabla 7.8. Equipo de corte/material.

Fuente: Elaboración propia.

Cód-Pieza	Descripción	Dimensión m	Cantidad	Referencia N° Plano/Anexo
Cód-P-01	Tubo estructural 60x40x1,6 mm	0,42184	1	19
Cód-P-02	Tubo estructural 60x40x1,6 mm	0,35472	1	19
Cód-P-03	Tubo estructural 60x40x1,6 mm	0,255	1	19
Cód-P-04	Tubo estructural 40x30x1,6 mm	0,67182	2	14
Cód-P-05	Tubo estructural 40x30x1,6 mm	0,7	2	14
Cód-P-06	Tubo estructural 30x50x3,2 mm	0,5	2	16
Cód-P-07	Tubo estructural 60x40x2 mm	0,5	2	16
Cód-P-08	Tubo circular $\varnothing 76,2\text{mm} \times 1,6\text{ mm}$	1	1	29
Cód-P-09	Tubo estructural 30x50x1,6 mm	0,2375	1	13
Cód-P-10	Tubo estructural 20x40x1,6 mm	0,2565	1	16
Cód-P-11	Perfil U 60x40x2	0,35045	1	4
Cód-P-12	Perfil U 50x50x4 mm	0,2	1	16
Cód-P-13	Perfil U 50x50x4 mm	0,35	1	16



Cód-P-14	Perfil plegado U 60x40x1,6 mm	0,06734	2	5
Cód-P-15	Planchuela 55x4,8 mm	0,09	2	3
Cód-P-16	Planchuela 1 1/2"x5/16"	0,2565	1	16
Cód-P-17	Barra 40x35 mm	0,0365	1	17
Cód-P-18	Delrin ø1"	0,04	2	7
Cód-P-19	Planchuela 4"x 1/8"	0,1656	2	15
Cód-P-20	Caño circular ø31,7 x 1,6 mm	0,65	2	23
Cód-P-21	Planchuela 1 1/4" x 1/8"	0,10837	1	21
Cód-P-22	Planchuela 1 1/4"x 5/16"	0,9729	2	14
Cód-P-23	Planchuela 1 1/4" x 5/16"	0,11871	2	14
Cód-P-24	Barra SAE 1045 ø1"	0,085	1	27
Cód-P-25	Barra SAE 1045 ø1"	0,015	1	27
Cód-P-26	Barra SAE 1045 ø1"	0,012	2	3
Cód-P-27	Barra SAE 1045 ø1"	0,089	1	27
Cód-P-28	Planchuela 1"x1/4"	0,04	2	4
Cód-P-29	Planchuela 1"x1/4"	0,095	1	28
Cód-P-30	Planchuela 1"x1/8"	0,0254	2	15
Cód-P-31	Planchuela 1 1/2" x1/4"	0,756	1	32
Cód-P-32	Planchuela 1"x3/16"	0,075	2	32
Cód-P-33	Planchuela 1"x3/16"	0,075	4	32
Cód-P-34	Planchuela 4"x 1/4"	0,1496	1	24
Cód-P-35	Planchuela 4"x 1/4"	0,1188	1	25
Cód-P-36	Planchuela 4 1/2" x 1/4"	0,15	1	29
Cód-P-37	Barra cuadrada 1 1/2"	0,08	1	26
Cód-P-38	Barra cuadrada 1 1/2"	0,04	4	26
Cód-P-39	Planchuela 3"x3/16"	0,4	1	30
Cód-P-40	Planchuela 3"x3/16"	0,4	2	30
Cód-P-41	Barra SAE 1045 ø30mm	0,085	2	27
Cód-P-42	Barra SAE 1045 ø30mm	0,135	1	28
Cód-P-43	Barra SAE 1045 ø30mm	0,095	1	28

Tabla 7.9. Detalles de corte.
Fuente: Elaboración propia.

7.4. Curvado

7.4.1. Curvado de Brazo de Movimiento

Para verificar la viabilidad de curvado de tubos de acero redondos, se considera la relación entre el radio medio de curvatura, el diámetro y el espesor del tubo en cuestión.

$$K = \frac{R_m \cdot S_p}{\phi^2} \quad 7-1$$



$$K = \frac{99,701 \text{ mm} \cdot 1,6 \text{ mm}}{(31,7 \text{ mm})^2}$$

$$K = 0,158$$

R_m = radio medio de curvatura = 99,701 mm

S_p = espesor de la pared del tubo = 1,6 mm

\varnothing = diámetro exterior = 31,7 mm

Que representa que el proceso de curvado tiene dificultad normal y se requiere de un solo mandril interno y fijo.

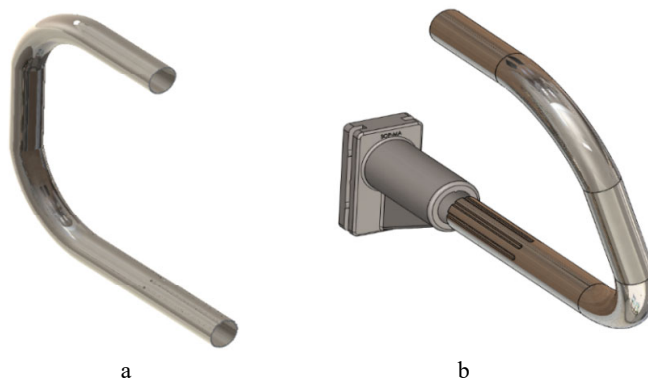


Imagen 7.1. a) Tubo curvado; b) ensamblaje conjunto soporte y brazo.
Fuente: Elaboración propia.

Para aplicar un determinado radio de curvado a un tubo, se necesita una matriz con un diámetro equivalente al del tubo a doblar y el radio de curvado deseado.

El grado de dificultad del curvado del tubo es inversamente proporcional a su valor: aumenta cuando el factor K es bajo, mientras que este disminuye cuando es alto.

$0,3 > K > 0,1$	Proceso de curvado de dificultad normal para el cual es necesario el uso de un solo mandril interno y fijo.
$0,1 > K > 0,08$	Para doblar el tubo se requiere un mandril fijo con un dado alisador, un herramental especial para evitar que el tubo se arrugue.
Si $0,08 > K > 0,05$	El doblado del tubo solo es posible utilizando un mandril articulado interno y un dado alisador.
Si $K < 0,05$	El tubo no puede ser doblado bajo condiciones normales. En este caso, deben realizarse pruebas para evaluar la posibilidad de reducir el valor K y de fabricar herramientas de doblado especiales

Tabla 7.10. Factor k para determinar la viabilidad.
Fuente: Sistemas de doblado.



7.4.2. Brazo de movimiento columna fija

Para verificar la viabilidad de curvado de tubos de acero redondo se desarrolla mismo procedimiento desarrollado en el ítem 7.4.1, donde se considera la función 7-1 y datos de tabla 7-9.

La relación entre el radio medio de curvatura, el diámetro y el espesor del tubo en cuestión.

$$K = \frac{75 \text{ mm} \cdot 1,6 \text{ mm}}{(31,7 \text{ mm})^2} = 0,119$$
$$R_m = 75 \text{ mm}$$
$$S_p = 1,6 \text{ mm}$$
$$\varnothing = 31,7 \text{ mm}$$

Que representa que el proceso de curvado tiene dificultad normal y se requiere de un solo mandril interno y fijo.



Imagen 7.2. Brazo de movimiento columna fija.
Fuente: Elaboración propia.

En los extremos del tubo se realiza un desbaste con fresa rotativa cilíndrica de carburo de tungsteno para un radio de 38,1mm y penetración de 3,43 mm

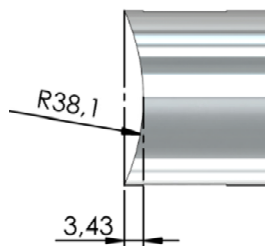


Imagen 7.3. Fresado en extremo de brazo de movimiento columna fija.
Fuente: Elaboración propia.

7.5. Manufactura Aditiva

El proceso de manufactura aditiva se realiza con FDM en una I3D Creatbot Rojo 3D Plus y los materiales seleccionados para la fabricación de las partes plásticas se detallan en tabla 7.11.



Todos los elementos parten del modelado 3D en el software de diseño paramétrico Solidworks con el formato SLDPRT, el que posteriormente se transforma a STL, que aproxima la superficie a un sólido con triángulos dependiendo de la complejidad de la pieza.

Seguidamente, los parámetros de manufactura se configuran en el software de Slicer 3D CreatWare V6.4.6.

Filamento de I3D	
PLA	PETG
Características principales	Características principales
Diámetro 1,75 mm.	Diámetro 1,75 mm.
Termo biodegradable	Reciclable.
Excelente resistencia y flexibilidad.	Excelente resiliencia y flexibilidad.
Similitud al PET.	Transparencia, similar al vidrio.
Resistencia a los rayos UV.	Resistencia a los rayos UV.
Inodoro, permanente y fácil de manipular.	Es impermeable, por lo que no se daña ni se deforma en contacto con la humedad.
Baja inflamabilidad. Baja densidad y facilidad de procesamiento.	Más baja T°C de impresión en comparación, que reduce deformaciones y warping.

Tabla 7.11. Características de filamento de I3D.

Fuente: Sistemas de doblado.

7.5.1. Tapa Superior de Mástil de Opción 1

Cada dispositivo requiere una tapa de este tipo y se utiliza con fines de seguridad para proteger a los asistentes y usuarios de cantos vivos en la parte superior del mástil, sumado a la estética. La pieza se modela en el software de diseño paramétrico, con las dimensiones representadas en la imagen 7.4, y plano 35.



Imagen 7.4. Modelo 3D tapa superior de mástil de opción 1.

Fuente: Elaboración propia.

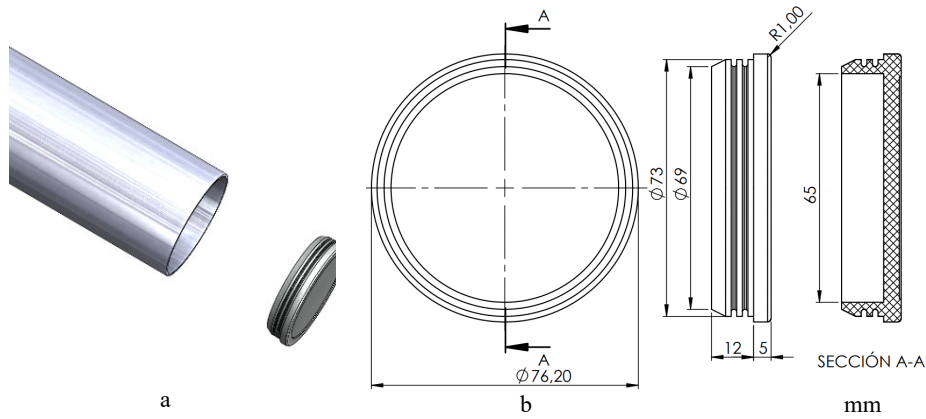


Imagen 7.5. a) Conjunto; b) Modelo 3D de tapa Superior de Mástil de Opción 1.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se genera el STL con los parámetros que se detallan en la imagen 7.6.

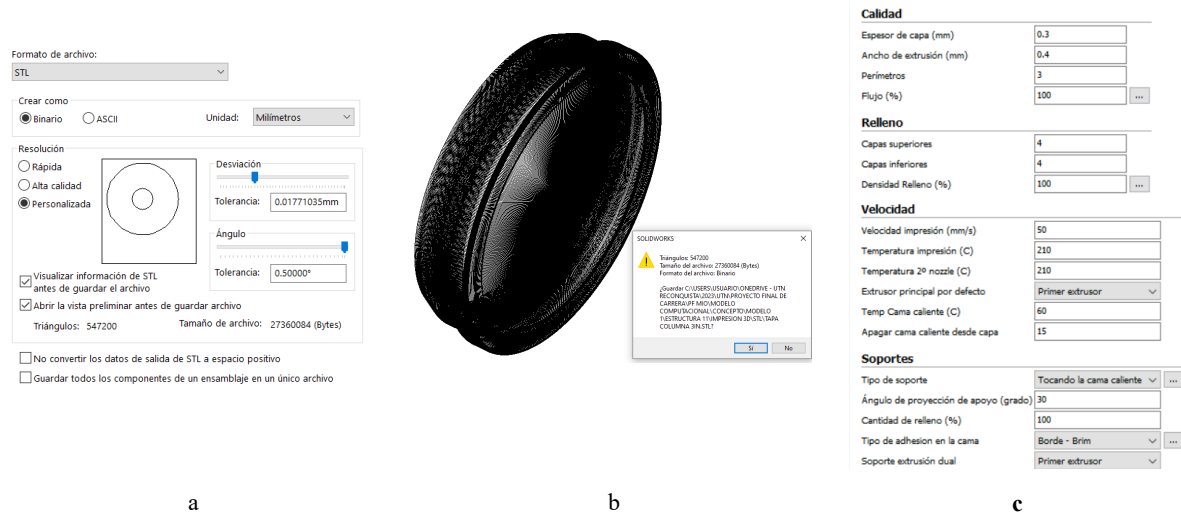


Imagen 7.6. a) Formato de archivo; b) Generación de STL; c) Configuración Slicer.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 7.7. Interface Slicer para tapa superior de mástil opción 1.

Fuente: Elaboración propia.



7.5.1.1. Líneas de Código para I3D

Start.gcode

```
!;SoftWare Version: {version}
!;Sliced at: {day} {date} {time}
!;Basic settings: Layer height: {layer_height} Walls: ({extrusionWidth})*{shellCount} Fill: {fill_density}
!;Print time: {print_time}
!;Filament used: {filament_amount}m {filament_weight}g
!;Filament cost: {filament_cost}
!;Update machine setting (For FW.Version < V4.2, you can comment them if your version > V4.2)
M201 X2000 Y2000 Z100 E3000 ;Maximal acceleration
M204 P1500 R1500 T2000 ;Default acceleration for Print, Retract, Travel
M205 X15 ;Jerk
M500
!;Update end
G21 ;metric values
G90 ;absolute positioning
M107 ;start with the fan off
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops
G28 Z0 ;move Z to min endstops
G0 F{travel_speed} X0 Y0 ;Add Clear Nozzle (By LYN @CreatBot)
G1 Z15.0 F{travel_speed} ;move the platform down 15mm
T1 ;Switch to the 2nd extruder
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E{retraction_dual_amount} ;extrude {retraction_dual_amount}mm of feed stock
G92 E0 ;zero the extruded length again
G1 F200 E-{retraction_dual_amount}
T0 ;Switch to the first extruder
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E{retraction_dual_amount} ;extrude {retraction_dual_amount}mm of feed stock
G92 E0 ;zero the extruded length again
!;Add Clear Nozzle (By LYN @CreatBot)
M83 ;set E value is relative
G1 F400 X10 Z0.4 ;move down the Z
M221 T0 S300 ;set flow is 300%
G1 F200 X30 E+8 ;extrude amount filament to clean the hotend
M221 T0 S100 ;reset flow is 100%
M82 ;set E value is absolute
G92 E0 ;zero the extruded length again
!;Add End
G1 F{travel_speed}
!;Put printing message on LCD screen
M117 Printing...
```

End.gcode

```
!;End GCode
M104 T0 S0 ;extruder heater off
M104 T1 S0 ;extruder heater off
!;M190 S50 ;Uncomment this can heat bed for easy remove model after printing
M140 S0 ;heated bed heater off (if you have it)
G91 ;relative positioning
G1 E-1 F300 ;retract the filament a bit before lifting the nozzle, to release some of the pressure
G1 Z+0.5 E-5 X-20 Y-20 F{travel_speed} ;move Z up a bit and retract filament even more
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops, so the head is out of the way
M84 X Y E ;steppers off
G90 ;absolute positioning
M117 Print finished.
!;{profile_string}
```

7.5.1.2. Consumo de Material

Cada impresión 3D se realiza en un tiempo aproximado de 2'13" y consume 12,71 m de filamento equivalente a 38 g.

7.5.2. Regatón Mástil Opción 2

Cada dispositivo requiere un regatón de este tipo y se utiliza con el mismo fin que el expuesto en el punto 7.5.1. La pieza se modela en el software de diseño paramétrico, con las dimensiones representadas en el plano 35.

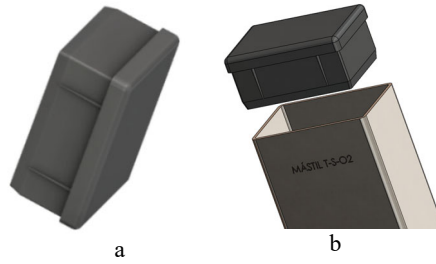


Imagen 7.8. a) Modelo 3D regatón de 60x40, b) Conjunto.
Fuente: Elaboración propia.

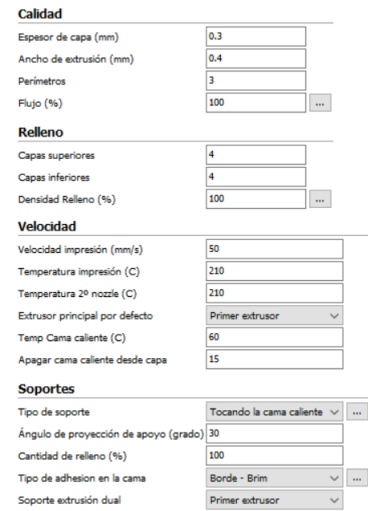
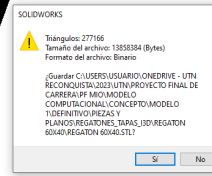
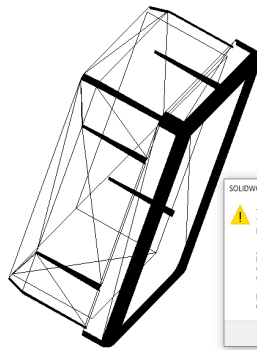
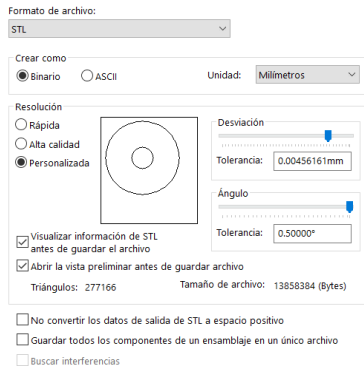


Imagen 7.9. a) Formato de archivo; b) Generación de STL; c) Configuración Slicer.

Fuente: Elaboración propia.

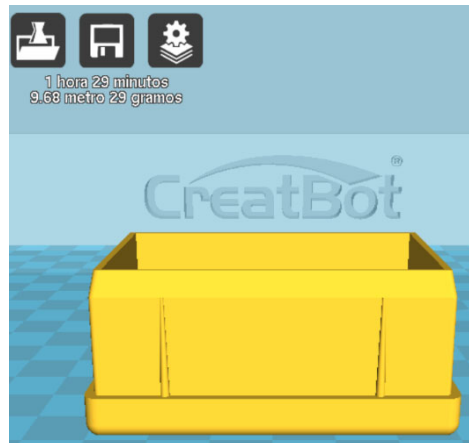


Imagen 7.10. Interface Slicer para regatón 60x40.
Fuente: Elaboración propia.



7.5.2.1. Líneas de Código para I3D

Start.gcode

```
;SoftWare Version: {version}
;Sliced at: {day} {date} {time}
;Basic settings: Layer height: {layer_height} Walls: ({extrusionWidth}*{shellCount}) Fill: {fill_density}
;Print time: {print_time}
;Filament used: {filament_amount}m {filament_weight}g
;Filament cost: {filament_cost}
;Update machine setting (For FW.Version < V4.2, you can comment them if your version > V4.2)
M201 X2000 Y2000 Z100 E3000 ;Maximal acceleration
M204 F1500 R1500 T2000 ;Default acceleration for Print, Retract, Travel
M205 X15 ;Jerk
M500
;Update end
G21 ;metric values
G90 ;absolute positioning
M107 ;start with the fan off
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops
G28 Z0 ;move Z to min endstops
G0 F{travel_speed} X0 Y0 ;Add Clear Nozzle (By LYN @CreatBot)
G1 Z15.0 F{travel_speed} ;move the platform down 15mm
T1 ;Switch to the 2nd extruder
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E{retraction_dual_amount} ;extrude {retraction_dual_amount}mm of feed stock
G92 E0 ;zero the extruded length again
G1 F200 E-{retraction_dual_amount}
T0 ;Switch to the first extruder
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E{retraction_dual_amount} ;extrude {retraction_dual_amount}mm of feed stock
G92 E0 ;zero the extruded length again
;Add Clear Nozzle (By LYN @CreatBot)
M83 ;set E value is relative
G1 F400 X10 Z0.4 ;move down the Z
M221 T0 S300 ;set flow is 300%
G1 F200 X30 E+8 ;extrude amont filament to clean the hotend
M221 T0 S100 ;reset flow is 100%
M82 ;set E value is absolute
G92 E0 ;zero the extruded length again
;Add End
G1 F{travel_speed}
;Put printing message on LCD screen
M117 Printing....
```

End.gcode

```
;End GCode
M104 T0 S0 ;extruder heater off
M104 T1 S0 ;extruder heater off
;M190 S50 ;Uncomment this can heate bed for easy remove model after printing
M140 S0 ;heated bed heater off (if you have it)
G91 ;relative positioning
G1 E-1 F300 ;retract the filament a bit before lifting the nozzle, to release some of the pressure
G1 Z+0.5 E-5 X-20 Y-20 F{travel_speed} ;move Z up a bit and retract filament even more
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops, so the head is out of the way
M84 X Y E ;steppers off
G90 ;absolute positioning
M117 Print finished.
;{profile_string}
```

7.5.2.2. Consumo de Material

Cada impresión 3D se realiza en un tiempo aproximado de 1'52" y consume 9,68 m de filamento equivalente a 29 g.

7.5.3. Regatones para Patas

Cada dispositivo requiere cuatro regatones de este tipo y se utiliza con fines de seguridad estructural para evitar el ingreso de humedad en el interior de las patas y con ello disminuir la posibilidad de corrosión, sumado a la estética. La pieza se modela en el software de diseño paramétrico, con las dimensiones representadas en el plano 35.

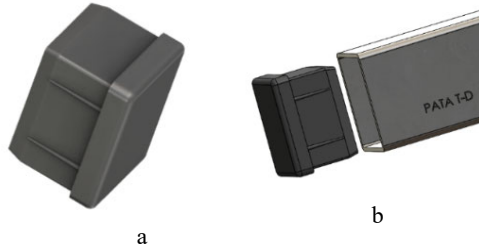


Imagen 7.11. a) Modelo 3D regatón de 40x30, b) Conjunto.
Fuente: Elaboración propia.

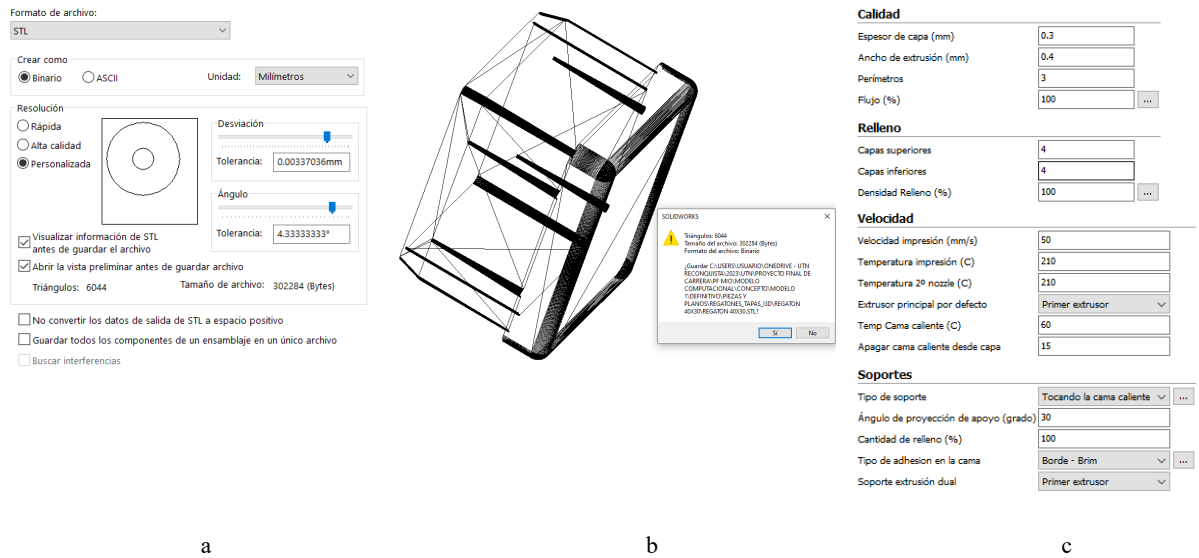


Imagen 7.12. a) Formato de archivo; b) Generación de STL; c) Configuración Slicer.
Fuente: Elaboración propia.

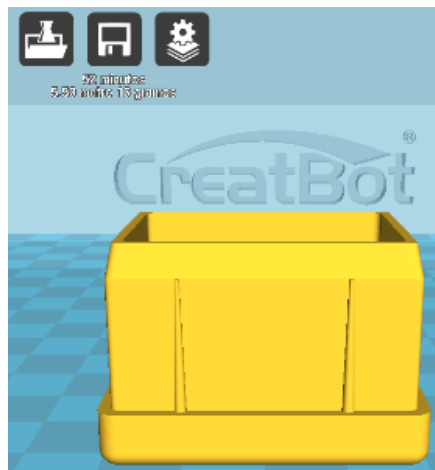


Imagen 7.13. Interface Slicer para regatón 40x30.
Fuente: Elaboración propia.



7.5.3.1. Líneas de Código para I3D de regatón 40x30

Stard.gcode

```
;SoftWare Version: {version}
;Sliced at: {day} {date} {time}
;Basic settings: Layer height: {layer_height} Walls: {(extrusionWidth)*{shellCount}} Fill: {fill_density}
;Print time: {print_time}
;Filament used: {filament_amount}m {filament_weight}g
;Filament cost: {filament_cost}
;Update machine setting (For FW.Version < V4.2, you can comment them if your version > V4.2)
M201 X2000 Y2000 Z100 E3000 ;Maximal acceleration
M204 P1500 R1500 T2000 ;Default acceleration for Print, Retract, Travel
M205 X15 ;Jerk
M500
;Update end
G21 ;metric values
G90 ;absolute positioning
M107 ;start with the fan off
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops
G28 Z0 ;move Z to min endstops
G0 F{travel_speed} X0 Y0 ;Add Clear Nozzle (By LYN @CreatBot)
G1 Z15.0 F{travel_speed} ;move the platform down 15mm
T1 ;Switch to the 2nd extruder
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E{retraction_dual_amount} ;extrude {retraction_dual_amount}mm of feed stock
G92 E0 ;zero the extruded length again
G1 F200 E-{retraction_dual_amount}
T0 ;Switch to the first extruder
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E{retraction_dual_amount} ;extrude {retraction_dual_amount}mm of feed stock
G92 E0 ;Zero the extruded length again
;Add Clear Nozzle (By LYN @CreatBot)
M83 ;set E value is relative
G1 F400 X10 Z0.4 ;move down the Z
M221 T0 S300 ;set flow is 300%
G1 F200 X30 E+8 ;extrude amount filament to clean the hotend
M221 T0 S100 ;reset flow is 100%
M82 ;set E value is absolute
G92 E0 ;zero the extruded length again
;Add End
G1 F{travel_speed}
;Put printing message on LCD screen
M117 Printing....
```

End.gcode

```
;End GCode
M104 T0 S0 ;extruder heater off
M104 T1 S0 ;extruder heater off
;M190 S50 ;Uncomment this can heat bed for easy remove model after printing
M140 S0 ;heated bed heater off (if you have it)
G91 ;relative positioning
G1 E-1 F300 ;retract the filament a bit before lifting the nozzle, to release some of the pressure
G1 Z+0.5 E-5 X-20 Y-20 F{travel_speed} ;move Z up a bit and retract filament even more
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops, so the head is out of the way
M84 X Y E ;steppers off
G90 ;absolute positioning
M117 Print finished.
;{profile_string}
```

7.5.3.2. Consumo de Material

Cada impresión 3D se realiza en un tiempo aproximado de 52 min y consume 5,56 m de filamento equivalente a 16 g.

7.5.4. Buge de Brazos

Cada dispositivo requiere dos buges de este tipo y se utiliza con fines de vincular los perfiles que conforman el brazo para evitar el juego entre la pared exterior del tubo interno y el interior del tubo externo, sumado a la estética. La pieza se modela en el software de diseño paramétrico, con las dimensiones representadas en el plano 12.

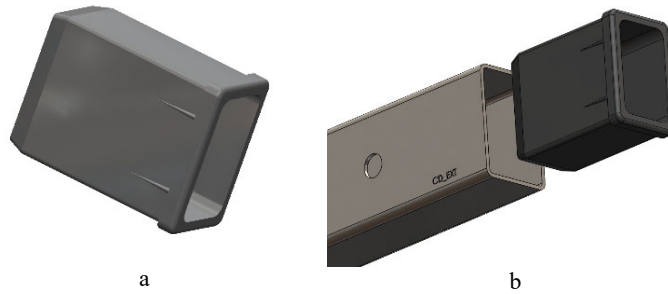


Imagen 7.14. a) Modelo 3D buge de brazos, b) Conjunto.
 Fuente: Elaboración propia.

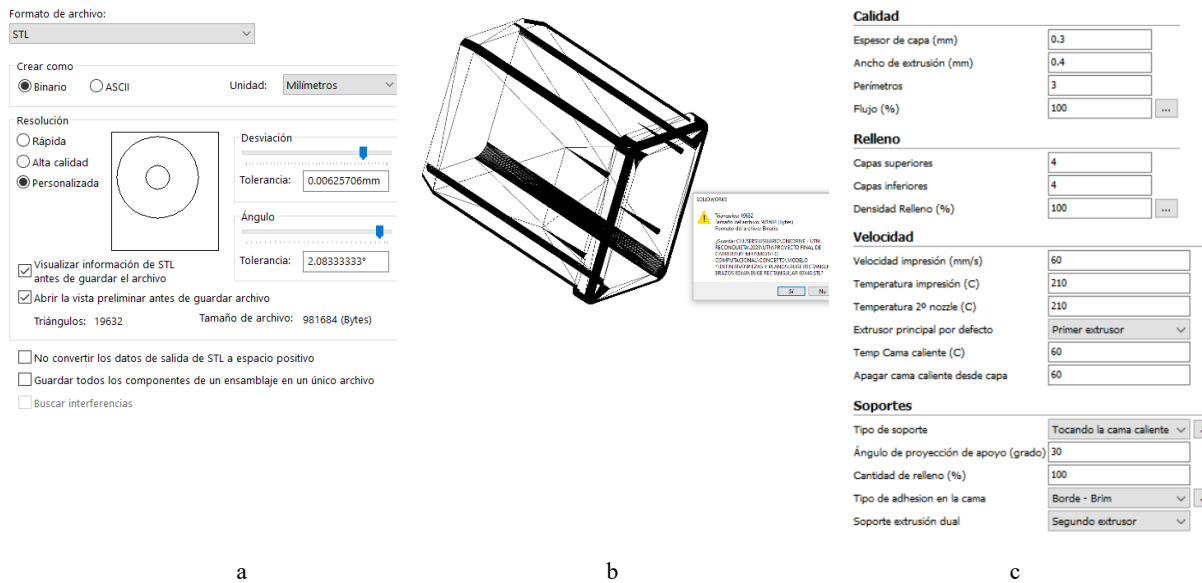


Imagen 7.15. a) Formato de archivo; b) Generación de STL para buge de brazo; c) Configuración Slicer.
 Fuente: Elaboración propia.



Imagen 7.16. Interface Slicer para buge de brazo.
 Fuente: Elaboración propia.



7.5.4.1. Líneas de Código para I3D para Buge de Brazo

Stard.gcode

```
;SoftWare Version: {version}
;Sliced at: {day} {date} {time}
;Basic settings: Layer height: {layer_height} Walls: ({extrusionWidth}*{shellCount}) Fill: {fill_density}
;Print time: {print_time}
;Filament used: {filament_amount}m {filament_weight}g
;Filament cost: {filament_cost}
;Update machine setting (For FW.Version < V4.2, you can comment them if your version > V4.2)
M201 X2000 Y2000 Z100 E3000 ;Maximal acceleration
M204 P1500 R1500 T2000 ;Default acceleration for Print, Retract, Travel
M205 X15 ;Jerk
M500
;Update end
G21 ;metric values
G90 ;absolute positioning
M107 ;start with the fan off
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops
G28 Z0 ;move Z to min endstops
G0 F{travel_speed} X0 Y0 ;Add Clear Nozzle (By LYN @CreatBot)
G1 Z15.0 F{travel_speed} ;move the platform down 15mm
T1 ;Switch to the 2nd extruder
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E{retraction_dual_amount} ;extrude {retraction_dual_amount}mm of feed stock
G92 E0 ;zero the extruded length again
G1 F200 E-{retraction_dual_amount}
T0 ;Switch to the first extruder
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E{retraction_dual_amount} ;extrude {retraction_dual_amount}mm of feed stock
G92 E0 ;zero the extruded length again
;Add Clear Nozzle (By LYN @CreatBot)
M83 ;set E value is relative
G1 F400 X10 Z0.4 ;move down the Z
M221 T0 S300 ;set flow is 300%
G1 F200 X30 E+8 ;extrude amont filament to clean the hotend
M221 T0 S100 ;reset flow is 100%
M82 ;set E value is absolute
G92 E0 ;zero the extruded length again
;Add End
G1 F{travel_speed}
;Put printing message on LCD screen
M117 Printing...
```

End.gcode

```
;End GCode
M104 T0 S0 ;extruder heater off
M104 T1 S0 ;extruder heater off
;M190 S50 ;Uncomment this can heate bed for easy remove model after printing
M140 S0 ;heated bed heater off (if you have it)
G91 ;relative positioning
G1 E-1 F300 ;retract the filament a bit before lifting the nozzle, to release some of the pressure
G1 Z+0.5 E-5 X-20 Y-20 F{travel_speed} ;move Z up a bit and retract filament even more
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops, so the head is out of the way
M84 X Y E ;steppers off
G90 ;absolute positioning
M117 Print finished.
;{profile_string}
```

7.5.4.2. Consumo de Material

Cada impresión 3D se realiza en un tiempo aproximado de 2' 22" y consume 16,79 m de filamento equivalente a 50 g.

7.5.5. Soporte Brazo de Movimiento

Cada dispositivo requiere dos soportes de este tipo y se utiliza con fines de vincular el brazo de movilidad con el mástil, brindando la posibilidad de fácil desmontaje. Este elemento, a diferencia de los anteriores, se fabricará con PETG atendiendo a las solicitudes mecánicas. La pieza se modela en Solidworks, con las dimensiones representadas en el plano 22.

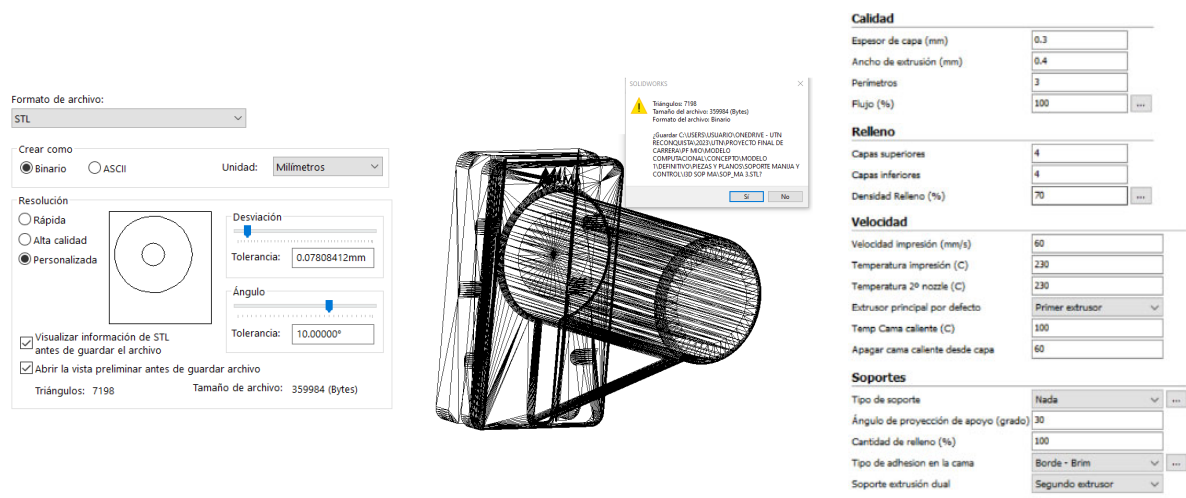


Imagen 7.17. a) Formato de archivo; b) Generación de STL; c) Configuración Slicer.
Fuente: Elaboración propia.

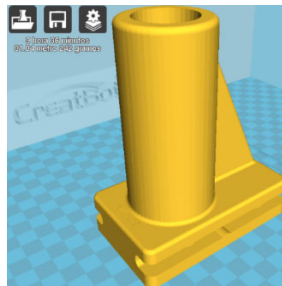


Imagen 7.19. Interface Slicer para soporte brazo de movimiento.
Fuente: Elaboración propia.

7.5.5.1. Líneas de Código para I3D para Buge de Brazo

Stard.gcode

```

;SoftWare Version: {version}
;Sliced at: {day} {date} {time}
;Basic settings: Layer height: {layer_height} Walls: ((extrusionWidth)*(shellCount)) Fill: {fill_density}
;Print time: {print_time}
;Filament used: {filament_amount}m {filament_weight}g
;Filament cost: {filament_cost}
;Update machine setting (For FW.Version < V4.2, you can comment them if your version > V4.2)
M201 X2000 Y2000 Z100 E3000 ;Maximal acceleration
M204 F1500 R1500 T2000 ;Default acceleration for Print, Retract, Travel
M205 X15 ;Jerk
M500
;Update end
G21 ;metric values
G90 ;absolute positioning
M107 ;start with the fan off
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops
G28 Z0 ;move Z to min endstops
G0 F{travel_speed} X0 Y0 ;Add Clear Nozzle (By LYN @CreatBot)
G1 Z15.0 F{travel_speed} ;move the platform down 15mm
T1 ;Switch to the 2nd extruder
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E{retraction_dual_amount} ;extrude {retraction_dual_amount}mm of feed stock
G92 E0 ;zero the extruded length again
G1 F200 E{retraction_dual_amount}
T0 ;Switch to the first extruder
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E{retraction_dual_amount} ;extrude {retraction_dual_amount}mm of feed stock
G92 E0 ;zero the extruded length again
;Add Clear Nozzle (By LYN @CreatBot)
M83 ;set E value is relative
G1 F400 X10 Z0.4 ;move down the Z
M221 T0 S300 ;set flow is 300%
G1 F200 X30 E+8 ;extrude amount filament to clean the hotend
M221 T0 S100 ;reset flow is 100%
M82 ;set E value is absolute
G92 E0 ;zero the extruded length again
;Add End
G1 F{travel_speed}
;Put printing message on LCD screen
M117 Printing....
    
```




End.gcode

```
;End GCode
M104 T0 S0           ;extruder heater off
M104 T1 S0           ;extruder heater off
;M190 S50           ;Uncomment this can heat bed for easy remove model after printing
M140 S0             ;heated bed heater off (if you have it)
G91                 ;relative positioning
G1 E-1 F300         ;retract the filament a bit before lifting the nozzle, to release some of the pressure
G1 Z+0.5 E-5 X-20 Y-20 F{travel_speed} ;move Z up a bit and retract filament even more
G28 X0 Y0           ;move X/Y to min endstops, so the head is out of the way
M84 X Y E           ;steppers off
G90                 ;absolute positioning
M117 Print finished.
;{profile_string}
```

7.5.5.2. Consumo de Material

Cada impresión 3D se realiza en un tiempo aproximado de 9'36" y consume 81,04 m de filamento equivalente a 242 g.

7.6. Unión por Soldadura

El proceso de unión por soldadura se realiza con sistema por arco eléctrico, con electrodo revestido de rutilo.

Los parámetros se calcularon se calcularon en el capítulo N°6, y las especificaciones se adjuntan: Ver Anexo D.

Soldadura Mástil opción 2					
Cód-Pieza	Dimensión	Cant.	Plano	Imágenes	
				frente	dorso
Cód-P-01	0,42184	1	19		
Cód-P-02	0,35472	1	19		
Cód-P-03	0,255	1	19		
Cód-P-31	0,756	1	32		
Cód-P-32	0,075	2	32		
Cód-P-33	0,075	4	32		
Cód-P-34	0,1496	1	24		
Cód-P-35	0,1188	1	25		
Cód-P-37	0,08	1	26		
Cód-P-38	0,04	4	26		
Cód-P-39	0,4	1	30		
Cód-P-41	0,085	2	27		
Cód-P-42	0,135	1	28		
Cód-P-43	0,095	1	28		

Tabla 7.12. Detalle de unión por soldadura eléctrica de componentes de mástil 2.

Fuente: Elaboración propia.



Soldadura Mástil opción 2					
Cód-Pieza	Dimensión	Cant.	Plano	Imágenes	
				frente	dorso
Cód-P-08	1	1	29		
Cód-P-33	0,075	4	32		
Cód-P-36	0,15	1	29		
Cód-P-38	0,04	2	26		
Cód-P-40	0,4	2	30		

Tabla 7.13. Detalle de unión por soldadura eléctrica de componentes de mástil 1.
Fuente: Elaboración propia.

Soldadura conjunto brazo					
Cód-Pieza	Dimensión	Cant.	Plano	Imágenes	
				frente	dorso
Cód-P-06	0,5	2	16		
Cód-P-07	0,5	2	16		
Cód-P-09	0,2375	1	13		
Cód-P-10	0,2565	1	16		
Cód-P-12	0,2	1	16		
Cód-P-13	0,35	1	16		
Cód-P-16	0,2565	1	16		
Cód-P-17	0,0365	1	17		
Cód-P-21	0,10837	1	21		
Cód-P-26	0,012	2	3		

Tabla 7.14. Detalle de unión por soldadura eléctrica de conjunto brazo.
Fuente: Elaboración propia.



Soldadura base/patas				
Cód-Pieza	Dimensión	Cant.	Plano	Imágenes
Cód-P-04	0,67182	2	14	
Cód-P-05	0,7	2	14	
Cód-P-11	0,35045	1	4	
Cód-P-14	0,06734	2	5	
Cód-P-15	0,09	2	3	
Cód-P-19	0,1656	2	15	
Cód-P-22	0,9729	2	14	
Cód-P-28	0,04	2	4	
Cód-P-30	0,0254	2	15	

Tabla 7.15. Detalle de unión por soldadura base/patas.
Fuente: Sistemas de doblado.

7.7. Recubrimiento

El proceso de pintado seleccionado corresponde al de pulverización de fluido de recubrimiento con aire comprimido, el que utiliza una pistola aerográfica de compresor y sistema de filtrado para eliminación de humedad y las partículas sólidas.

Las etapas del proceso se desarrollan en el orden que se detalla a continuación:

- A. Eliminación de escorias de soldadura y restos de partículas de desbaste.
- B. Eliminación de impurezas de la superficie como se detalla en tabla 7.1.
- C. Dos aplicaciones de película pulverizada de a de esmalte anti oxido diluido con aguarrás al 10% a temperatura ambiente.
- D. Una aplicación de película pulverizada de a de esmalte sintético diluido con aguarrás al 15% a temperatura ambiente.
- E. Dejar secar 3 hs y aplicar una segunda película pulverizada de a de esmalte sintético diluido con aguarrás al 10% a temperatura ambiente.
- F. Dejar secar 4 hs antes de la próxima manipulación.

7.8. Ensamblaje.

En esta etapa se procede según detalle en tabla 7.1, y especificaciones detalladas en planos de ensamblajes. Ver Anexo Planos.

El procedimiento de pruebas se detalla en tabla 7.16 , entendiéndose que el proyecto contempla una opción de columna fija para anclar al piso y otro de movimiento y traslado solo se aplica, se aclara que las pruebas de recorrido solo se aplica al que admite desplazamientos.



Pruebas		
De funcionamiento	En vacío	Se verifica libre movilidad de todos los componentes
		Se verifica correcto accionamiento del actuador
	En carga (120kg)	Se verifica libre movilidad de todos los componentes
		Se verifica correcto accionamiento del actuador
		Se realiza recorrido en superficie nivelada con coeficiente de fricción superior a 0,6, practicando maniobras de zigzag. Se inspecciona de forma visual si existen deformaciones plásticas.
		Se realiza recorrido en superficie desnivelada no menor a 10° y coeficiente de fricción superior a 0,6, practicando maniobras de zigzag. Se inspecciona de forma visual si existen deformaciones plásticas.
Ajustes	Se inspecciona de forma visual todos los elementos rosados	
	Se ajustan los elementos que requieran	
Eléctricas	Se verifica Funcionamiento y estado	LA40PL
		Parada de emergencia
		HB30
		CHL50
		BAL50
		Accesorios/Cables

Tabla 7.16. Pruebas del dispositivo.
Fuente: Sistemas de doblado.



8. COSTOS

En este capítulo se estudian, analizan y calculan los costos asociados a la manufactura de las versiones de dispositivos desarrolladas en el proyecto. Para esto, se consideran todos los valores referidos al USD oficial con fecha de actualización 11/10/2023, el que se expresa en la tabla 8.1.

Cotización del Dólar	
USD oficial	USD Blue
\$ 349,02	\$ 990,00

Tabla 8.1. Cotización USD.
Fuente: Banco Nación Argentina.

En el capítulo 7 se codificaron todos los componentes y acciones que impliquen un costo en el proyecto. Estos mismos se utilizan en la elaboración de las tablas de cómputos.

En principio se agrupan por categorías, las acciones y elementos utilizados para generar una base de datos para la determinación de los costos de fabricación de tres propuestas. Las que se detallan en las tablas 8.9, 8.10, 8.11.

8.1. Cómputos

Computo Aceros y polímeros							
Cód-Pieza	Descripción	Dimensión	Cant.	Precio Unitario \$	Precio Total		Plano
					\$	USD	
Cód-P-01	Tubo estructural 60x40x1,6mm	0,42184	1	3212,74	1355,26	3,88	19
Cód-P-02	Tubo estructural 60x40x1,6mm	0,35472	1	3212,74	1139,62	3,27	19
Cód-P-03	Tubo estructural 60x40x1,6mm	0,255	1	3212,74	819,25	2,35	19
Cód-P-04	Tubo estructural 40x30x1,6mm	0,67182	2	2251,12	3024,70	8,67	14
Cód-P-05	Tubo estructural 40x30x1,6mm	0,7	2	2251,12	3151,57	9,03	14
Cód-P-06	Tubo estructural 30x50x3,2mm	0,5	2	4833,33	4833,33	13,85	16
Cód-P-07	Tubo estructural 60x40x2mm	0,5	2	4288,33	4288,33	12,29	16
Cód-P-08	Tubo circular ø76,2x1,6 mm	1	1	4333,33	4333,33	12,42	29
Cód-P-09	Tubo estructural 30x50x1,6mm	0,2375	1	2579,01	612,51	1,75	13
Cód-P-10	Tubo estructural 20x40x1,6mm	0,2565	1	1901,42	487,72	1,40	16
Cód-P-11	Perfil U 60x40x2mm	0,35045	1	3833,33	1343,39	3,85	4
Cód-P-12	Perfil U 50x50x4mm	0,2	1	5166,67	1033,33	2,96	16
Cód-P-13	Perfil U 50x50x4mm	0,35	1	5166,67	1808,33	5,18	16
Cód-P-14	Perfil pleg. U 60x40x1,6mm	0,06734	2	3166,67	426,49	1,22	5
Cód-P-15	Planchuela 55x4,8 mm	0,09	2	1840,70	331,33	0,95	3
Cód-P-16	Planchuela 1 ½"x5/16"	0,2565	1	2591,29	664,67	1,90	16
Cód-P-17	Barra 40x35mm	0,0365	1	5333,33	194,67	0,56	17



Cód-P-18	Delrin ø1"	0,04	2	8500,00	680,00	1,95	7
Cód-P-19	Planchuela 4"x 1/8"	0,1656	2	2650,00	877,68	2,51	15
Cód-P-20	Caño circular ø31,7 x 1,6mm	0,65	2	2250,00	2925,00	8,38	23
Cód-P-21	Planchuela 1 1/4"x 1/8"	0,10837	1	1680,00	182,06	0,52	21
Cód-P-22	Planchuela 1 1/4"x 5/16"	0,9729	2	3450,00	6713,01	19,23	14
Cód-P-23	Planchuela 1 1/4" x 5/16"	0,11871	2	3450,00	819,10	2,35	14
Cód-P-24	Barra SAE 1045 ø1"	0,085	1	4750,00	403,75	1,16	27
Cód-P-25	Barra SAE 1045 ø1"	0,015	1	4750,00	71,25	0,20	27
Cód-P-26	Barra SAE 1045 ø1"	0,012	2	4750,00	114,00	0,33	3
Cód-P-27	Barra SAE 1045 ø1"	0,089	1	4750,00	422,75	1,21	27
Cód-P-28	Planchuela 1"x1/4"	0,04	2	1416,67	113,33	0,32	4
Cód-P-29	Planchuela 1"x1/4"	0,095	1	1416,67	134,58	0,39	28
Cód-P-30	Planchuela 1"x1/8"	0,0254	2	1590,00	80,77	0,23	15
Cód-P-31	Planchuela 1 1/2" x1/4"	0,756	1	2811,67	2125,62	6,09	32
Cód-P-32	Planchuela 1"x3/16"	0,075	2	1100,00	165,00	0,47	32
Cód-P-33	Planchuela 1"x3/16"	0,075	4	1100,00	330,00	0,95	32
Cód-P-34	Planchuela 4"x 1/4"	0,1496	1	7841,00	1173,01	3,36	24
Cód-P-35	Planchuela 4"x 1/4"	0,1188	1	7841,00	931,51	2,67	25
Cód-P-36	Planchuela 4 1/2" x 1/4"	0,15	1	8821,00	1323,15	3,79	29
Cód-P-37	Barra cuadrada 1 1/2"	0,08	1	15600,00	1248,00	3,58	26
Cód-P-38	Barra cuadrada 1 1/2"	0,04	4	15600,00	2496,00	7,15	26
Cód-P-39	Planchuela 3"x3/16"	0,4	1	4085,33	1634,13	4,68	30
Cód-P-40	Planchuela 3"x3/16"	0,4	2	4085,33	3268,27	9,36	30
Cód-P-41	Barra SAE 1045 ø30mm	0,085	2	5216,67	886,83	2,54	27
Cód-P-42	Barra SAE 1045 ø30mm	0,135	1	5216,67	704,25	2,02	28
Cód-P-43	Barra SAE 1045 ø30mm	0,095	1	5216,67	495,58	1,42	28
Subtotal					60166,49	172,39	

Tabla 8.2. Computo detallado de aceros y polímeros.

Fuente: Elaboración propia.

Computo /Ferretería/I3D					
Cód-Ferretería-I3D	Descripción	Cant.	Precio Unitario \$	Precio	
				\$	USD
Cód-FI-01	Fosfatizante	1,5	1600,00	2400,00	6,88
Cód-FI-02	Esmalte anti óxido	0,5	3318,12	1659,06	4,75
Cód-FI-03	Esmalte sintético	0,7	4196,59	2937,61	8,42
Cód-FI-04	Aguarrás	2	1450,00	2900,00	8,31
Cód-FI-05	Pernos de 1/2" de grado SAE 1, completos	6	200,00	1200,00	3,44
Cód-FI-06	Perno de acero 5/16-18 UNC-2A de la clase SAE 5.2	2	250,00	500,00	1,43



Cód-FI-07	B5/16-18 UNC-2A c/t/a	2	142,00	284,00	0,81
Cód-FI-08	½" de grado SAE 1 c/t/a	10	138,00	1380,00	3,95
Cód-FI-09	M8x15 c/t/a	2	45,00	90,00	0,26
Cód-FI-10	M6x10 c/a	2	38,00	76,00	0,22
Cód-FI-11	Electrodo Conarco 6010 3,25 mm	1,2	5782,85	6939,42	19,88
Cód-FI-12	Perno de bloqueo modelo K0631.5308	3	5058,00	15174,00	43,48
Cód-FI-13	Ruedas	4	5800,00	23200,00	66,47
Cód-FI-14	Filamento I3D	1	9500	9500,00	27,22
Cód-FI-15	Buje de bronce ø35 x 6mm (mecanizada)	4	355	1420,00	4,07
Cód-FI-16	Disco de corte 355x3,3	1	8614	8614,00	24,68
Cód-FI-17	Disco de desbaste abrasivo 180 mm	0,5	4422	2211,00	6,33
Cód-FI-18	Disco de corte 180 mm	0,5	1146	573,00	1,64
Cód-FI-19	Disco flap Zirconio 180 mm	0,5	8200	4100,00	11,75
Subtotal				78274,09	224,27

Tabla 8.3. Computo de ferretería/I3D.
Fuente: Elaboración propia.

Computo Sistema LIFT50					
Cód-Sistema.	Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio Total	
				\$	USD
Cód-S-01	Actuador lineal linak LA 40 PL	1	155000	155000,00	444,10
Cód-S-02	Batería BAL50	1	60000	60000,00	171,91
Cód-S-03	Caja de control COL50 MK2	1	45000	45000,00	128,93
Cód-S-04	Cargador CHL50	1	35000	35000,00	100,28
Cód-S-05	Mando de control HB30	1	5654,285	5654,29	16,20
Subtotal				300654,285	861,424231

Tabla 8.4. Computo de LIFT50.
Fuente: Elaboración propia.

Computo Mano de obra					
Cód-Mano de obra	Descripción	Cantidad hs	Precio Unitario \$	Precio Total	
				\$	USD
Cód-MO-01	Medición y Mecanizado	10	3500	35000,00	100,28
Cód-MO-02	Medición, Corte y Plegue	4	2300	9200,00	26,36
Cód-MO-03	Soldadura	12	2500	30000,00	85,95
Cód-MO-04	Preparación y Pintura	2	2000	4000,00	11,46
Cód-MO-05	Preparación y I3D	34	500	17000,00	48,71
Cód-MO-06	Armado	2	2500	5000,00	14,33
Subtotal				100200,00	287,09

Tabla 8.5. Computo de mano de obra.
Fuente: Elaboración propia.



Computo Varios					
Cód-Varios	Descripción	Cantidad unidades	Precio Unitario \$	Precio Total	
				\$	USD
Cód-V-01	Energía eléctrica	50	550	27500,00	\$ 78,79
Cód-V-02	Packing	1	8300	8300,00	\$ 23,78
Subtotal				35800,00	102,57

Tabla 8.6. Cómputos varios.

Fuente: Elaboración propia.

Cómputo Final Aceros y Polímeros						
Cód-Material	Descripción	Dimensión	Cant.	Precio Unitario \$	Precio Total	
					\$	USD
Cód-M-01	Tubo estructural 60x40x1,6 mm	1,03156	1	3212,74	3314,14	9,50
Cód-M-02	Tubo estructural 40x30x1,6 mm	2,74364	1	2251,12	6176,27	17,70
Cód-M-03	Tubo estructural 30x50x3,2 mm	1	1	4833,33	4833,33	13,85
Cód-M-04	Tubo estructural 60x40x2 mm	1	1	4288,33	4288,33	12,29
Cód-M-05	Tubo circular ø76,2mmx1,6 mm	1	1	4333,33	4333,33	12,42
Cód-M-06	Tubo estructural 30x50x1,6 mm	0,2375	1	2579,01	612,51	1,75
Cód-M-07	Tubo estructural 20x40x1,6 mm	0,2565	1	1901,42	487,72	1,40
Cód-M-08	Perfil U 60x40x2 mm	0,35045	1	3833,33	1343,39	3,85
Cód-M-09	Perfil U 50x50x4 mm	0,55	1	5166,67	2841,67	8,14
Cód-M-10	Perfil plegado U 60x40x1,6 mm	0,13468	1	3166,67	426,49	1,22
Cód-M-11	Planchuela 55x4,8 mm	0,18	1	1840,70	331,33	0,95
Cód-M-12	Planchuela 1 ½"x5/16"	0,2565	1	2591,29	664,67	1,90
Cód-M-13	Barra 40x35 mm	0,0365	1	5333,33	194,67	0,56
Cód-M-14	Delrin ø1"	0,08	1	8500,00	680,00	1,95
Cód-M-15	Planchuela 4"x 1/8"	0,3312	1	2650,00	877,68	2,51
Cód-M-16	Caño circular ø31,7 x 1,6 mm	1,3	1	2250,00	2925,00	8,38
Cód-M-17	Planchuela 1 1/4" x 1/8"	0,10837	1	1680,00	182,06	0,52
Cód-M-18	Planchuela 1 1/4"x 5/16"	2,18322	1	3450,00	7532,11	21,58
Cód-M-19	Barra SAE 1045 ø1"	0,213	1	4750,00	1011,75	2,90
Cód-M-20	Planchuela 1"x1/4"	0,175	1	1416,67	247,92	0,71
Cód-M-21	Planchuela 1"x1/8"	0,0508	1	1590,00	80,77	0,23
Cód-M-22	Planchuela 1 1/2" x1/4"	0,756	1	2811,67	2125,62	6,09
Cód-M-23	Planchuela 1"x3/16"	0,45	1	1100,00	495,00	1,42
Cód-M-24	Planchuela 4"x 1/4"	0,2684	1	7841,00	2104,52	6,03
Cód-M-25	Planchuela 4 1/2" x 1/4"	0,15	1	8821,00	1323,15	3,79
Cód-M-26	Barra cuadrada 1 1/2"	0,24	1	15600,00	3744,00	10,73
Cód-M-27	Planchuela 3"x3/16"	1,2	1	4085,33	4902,40	14,05



Cód-M-28	Barra SAE 1045 ø30mm	0,4	1	5216,67	2086,67	5,98
Subtotal					60166,49	172,39

Tabla 8.7. Cómputo final de aceros y polímeros.
Fuente: Elaboración propia.

8.2. Costo Final de Fabricación

Como se expresa en 8.1, se calculan los costos de fabricación las siguientes propuestas:

Nº	Propuestas
1	Un dispositivo de movimiento y traslado completo
2	Un dispositivo de movimiento y traslado completo
	Un dispositivo de columna fija para anclar al piso
3	Un dispositivo de movimiento y traslado completo
	Un dispositivo de columna fija para anclar al piso completo

Tabla 8.8. Propuestas.
Fuente: Elaboración propia

Las propuestas se detallan en las tablas 8.2; 8.3 y 8.4. y en Anexo Costos se especifican todos los componentes tenidos en cuenta para su cotización.

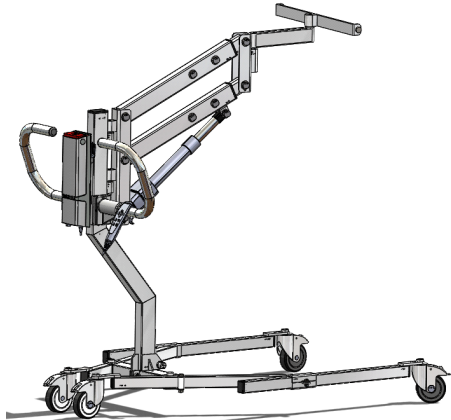
Propuesta N°1		
Dispositivo de movimiento y traslado completo	Costo	
	\$	USD
	450.218,18	1289,95
	/	
<p>Nota: completo significa que cuenta brazo con actuador lineal LA40PL y todos los componentes del sistema LIFT50 (COL50, BAL50, CHL50, HB30, cables y accesorios)</p>		

Tabla 8.9. Propuesta 1.
Fuente: Elaboración propia.



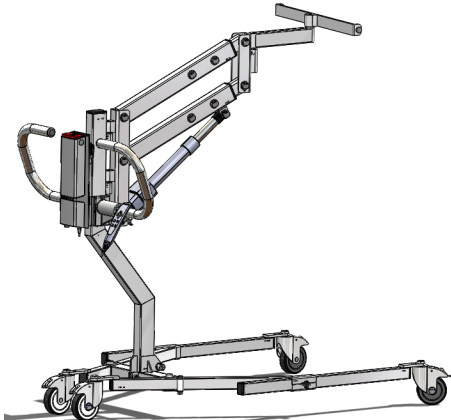
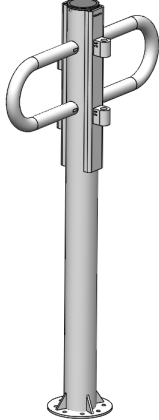
Propuesta N°2			
Un dispositivo de movimiento y traslado completo	Un dispositivo de columna fija para anclar al piso	Costos	
		\$	USD
		575094,86	1647,74
Nota: completo significa que cuenta brazo con actuador lineal LA40PL y todos los componentes del sistema LIFT50 (COL50, BAL50, CHL50, HB30, cables y accesorios)			

Tabla 8.10. Propuesta 2.
Fuente: Elaboración propia.

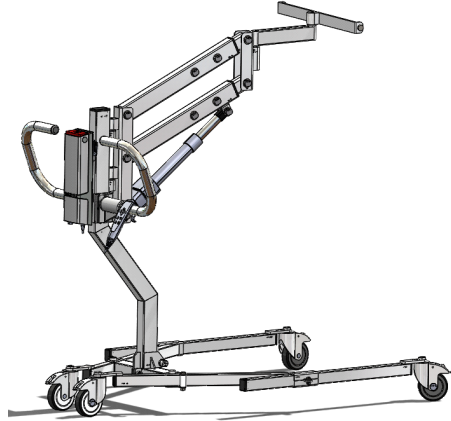
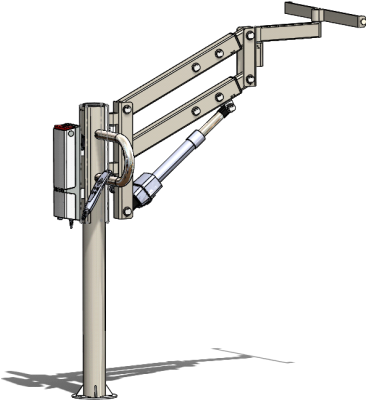
Propuesta N°3			
Dispositivo de movimiento y traslado completo	Dispositivo de columna fija para anclar al piso completo	Costo	
		\$	USD
		927.188,11	2656,55
Nota: completo significa que cuenta brazo con actuador lineal LA40PL y todos los componentes del sistema LIFT50 (COL50, BAL50, CHL50, HB30, cables y accesorios)			

Tabla 8.11. Propuesta 3.
Fuente: Elaboración propia.



En resumen, en este capítulo se generó una base de datos asociadas a los costos de fabricación de las siguientes propuestas:

- Propuesta 1: consta de un dispositivo de movimiento y traslado completo, que asciende a un costo de USD 1289,95.
- Propuesta 2: consta de un dispositivo de movimiento y traslado completo más una columna fija de anclar al piso, que asciende a un costo de USD 1647,74.
- Propuesta 3: consta de un dispositivo de movimiento y traslado completo más una columna fija de anclar al piso completa, que asciende a un costo de USD 2656,55.



9. CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente proyecto se diseña una alternativa de movilidad y traslado que puede ser utilizada no solo en hogares de cuidado de ancianos sino también en domicilios particulares. Esto se debe a que se tuvieron en cuenta parámetros que la hace totalmente adaptable a múltiples condiciones.

En principio, el dispositivo se pensó solo para el movimiento y traslado de adultos mayores. En la evolución del desarrollo del proyecto se consideraron variables que atienden a cubrir las necesidades de personas que cuenten con alguna dificultad motora y corresponda a un rango etario menor.

Como resultado del proyecto se enumeran las siguientes fortalezas/virtudes:

- Puede ser operado por un solo asistente.
- Por la implementación del sistema LIFT50 se limitan complicaciones en la operación.
- Cuenta con un mando de control HB30 que brinda al asistente la posibilidad de ubicarse a pocos centímetros del paciente, brindándole confianza y seguridad.
- Puede ser sincronizado y comandado mediante una aplicación.
- Es totalmente desarmable y puede ser trasladado en el baúl estándar de un automóvil.
- El peso aproximado del dispositivo de movilidad y traslado completo es de 40 kg.
- El peso aproximado del dispositivo de columna fija para anclar al piso completo es de 25 kg.
- La columna fija de anclaje a piso brinda la posibilidad de cubrir las necesidades de sectores donde se requiere, de forma permanente, el movimiento del paciente tanto para su higiene, cambio de posición y traslado a sillas de rueda/baño entre otras.
- Los materiales y elementos necesarios para la manufactura de los dispositivos se consiguen en empresas argentinas.
- La mano de obra requerida puede ser cubierta por técnicos electromecánicos con experiencia en herrería, tornería, pintura y electrónica.
- Incorporando al mismo dispositivo un sistema de apoyo e inmovilización de piernas y brazo de agarre, puede ser utilizado en bipedestación y rehabilitación.

Finalmente, se aclara que el proyecto cumple un fin social y no de comercialización, pero si existiera una entidad dispuesta a financiarlo se debería realizar la investigación de mercado pertinente y cálculos de comercialización para así obtener una idea acabada de rentabilidad.



Para concluir, cabe remarcar que, si bien existen dispositivos similares en el mercado, el presentado en este proyecto cuenta con detalles particulares que le permiten diferenciarse. Haciendo del mismo un producto capaz de satisfacer una necesidad específica de la sociedad de nuestra región.



10. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

Budynas, R y Nisbett, J.K. (2008). *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. Mc Graw Hill
Mott, R. L. (2006) *Diseño de elementos de máquinas*. (4° Edición). Pearson Educación.
México.

Norton R. L. (2011). *Diseño de máquinas*. (4° Edición). Pearson Educación.

Oliveri M. L. (2020). *Envejecimiento y atención a la dependencia en Argentina*. BID

Ringegni P. (2013). *Mecanismos y Elementos de Máquinas*. (6° Edición). U.N.L.P.

Sitios web

Biomedical Terapy.(s.f). *Maxi move combi bastidor móvil motorizado y bascula*.

<https://biomedical-therapy.com/tienda/equipamiento-geriatrico/grua-de-pacientes-pasivas/maxi-move-combi-bastidor-movil-motorizado-y-bascul/>

Dasault Sistemas (29 de julio 2023). *Informes de solidworks Simulation*

<https://blogs.solidworks.com/solidworkslatamyesp/solidworks-blog/simulacion/informes-de-solidworks-simulation/>

Dasault Sistemas (21 de setiembre 2023). *Validación de cordones de soldadura con solidworks simulation*.

https://https://blogs.solidworks.com/solidworkslatamyesp/solidworks-blog/simulacion/solidworks_simulation/validacion-de-cordones-de-soldadura-con-solidworks-simualtion/

E.A. (mayo 2023). *Entorno accesible*. Accesibilidad y Adecuación de Entornos.

<https://www.entornoaccesible.es/productos-y-servicios/movilizacion-de-personas/grua-de-techo/>

FENIN. Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria. (2011) *CTN111-Aparatos y dispositivos médicos y quirúrgicos*. UNE-EN 15986:2011.

[https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma?k=\(i:1104001\)](https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma?k=(i:1104001))

Hernández M. A. (s.f). *Rehabimedic*. Grúa para traslado de pacientes.

<https://www.rehabimedic.com/producto/grua-para-traslado-de-pacientes/>

Linak.(s.f). *Soluciones de actuador lineal de alta calidad*.

<https://www.linak.es/productos/actuadores-lineales/#/what-is-a-linear-actuator>

M.D. (junio 2023). *Mundo dependencia*. Productos.

<https://mundodependencia.com/category/gruas/>

Novotec. (s.f). Actuador Eléctrico LA40.



<https://www.novotecargentina.com/actuador-electrico-la40--det--LA40>

Reyes, R. (20 de abril de 2018). *Adulto mayor significad*. Adulto mayor inteligente.

<http://www.adultomayorinteligente.com/significado-de-adulto-mayor/>

Sánchez, C. (08 de febrero de 2019). *Normas APA* – (7ma edición).

<https://normas-apa.org/>



ANEXOS



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Reconquista

Proyecto Final
Mg. Ing. Elvio Daniel Antón – Esp. Ing. Gabriel P. Colman
Soto, Walter Ariel

Anexo A

Catálogo de productos ortopédicos.

- **Sillas de ruedas.**

Se cuenta con las sillas de ruedas estándar que se detallan en la Tabla.4.1,



SC - 9020PS

Para traslado. Plegable. Estructura del bastidor en caño de acero con revestimiento de níquel-cromo (cromadas)

- Apoya brazos acolchado desmontable
- Apoya pies desmontables, rebatibles y regulables
- Frenos de accionamiento manual, bilateral



SC - 9030A

Silla reforzada con doble cruceta. Estructura del bastidor en caño de acero con revestimiento de níquel-cromo (cromadas)

- Apoya brazos acolchado desmontable
- Apoya pies desmontables, rebatibles y regulables
- Frenos de accionamiento manual, bilateral
- Asiento rígido reforzado y acolchado.



SC - 9035A

Silla reclinable tipo camilla

- Apoyabrazos rebatibles
- Apoyapiés rebatibles, elevables y desmontables
- Respaldo reclinable
- Apoyacabeza desmontable
- Ruedas antivuelco





K7 20"

Silla reforzada estilo americano.

- Estructura de ceño pintado
- Doble cruceta, para hiperobesos.
- Apoyabrazos desmontables
- Apoyapiés rebatibles, elevables y desmontables
- Ruedas traseras de caucho.
- Ruedas delanteras neumáticas



72 cm 99 cm 52 cm 99 cm 56 cm



K7 24"

Silla reforzada estilo americano.

- Estructura de ceño pintado
- Doble cruceta, para hiperobesos.
- Apoyabrazos desmontables
- Apoyapiés rebatibles, elevables y desmontables
- Ruedas traseras de caucho.
- Ruedas delanteras neumáticas



82 cm 99 cm 52 cm 99 cm 56 cm



H008B

Silla reclinable tipo camilla

- Apoyabrazos desmontables
- Apoyapiés rebatibles, elevables y desmontables
- Apoya piernas elevable
- Apoyacabeza desmontable
- Ruedas antivuelco
- Respaldo reclinable



70 cm 29 cm 45 cm 126 cm 44 cm

Datos técnicos | Sillas de Ruedas

Modelo	Ancho de la silla	Ancho del asiento	Ancho plegado	Altura de la silla	Altura del asiento	Ø Rueda menor	Ø Rueda mayor	Peso Máximo	Packaging	Peso Neto / Bruto
SC9020P	66 cm	46 cm	29 cm	90 cm	50 cm	20 cm	60cm	100 kg	79*27*89	17/19 kg
SC9020PS	67 cm	46 cm	28 cm	86 cm	50 cm	20 cm	90 cm	100 kg	80*26*89	16/17 kg
SC9020A	64 cm	46 cm	29 cm	91 cm	50 cm	20 cm	60 cm	150 kg	80*24*89	17 / 19 kg
SC9026A	62 cm	49 cm	-	96 cm	46 cm	20 cm	60 cm	100 kg	94*22*92 cm	24/26 kg
H005	62 cm	48 cm	24 cm	92 cm	50 cm	20 cm	90 cm	100 kg	94*25*92 cm	18/21 kg
9000	64 cm	46 cm	26 cm	91 cm	51 cm	20 cm	60 cm	100 kg	82*26*92 cm	19/22 kg
H008P	70 cm	45 cm	29 cm	126 cm	44 cm	16 cm	60 cm	100kg	85*24*100 cm	28/32 kg
K7 (20)	72 cm	52 cm	29 cm	99 cm	56 cm	20 cm	60 cm	227 kg	92*20*94 cm	26/28 kg
K7 (24)	82 cm	62 cm	29 cm	99 cm	56 cm	20 cm	60 cm	227 kg	92*20*94 cm	26/28 kg
SC9001	67 cm	45 cm	29 cm	87 cm	49 cm	20 cm	59 cm	100 kg	99*21*88 cm	17/19 kg
1100	67 cm	44 cm	21 cm	88 cm	41 cm	16 cm	56 cm	100 kg	97*22*71 cm	17/19 kg
SC - 9580P	62 cm	46 cm	28 cm	94 cm	52 cm	20 cm	60 cm	120 kg	86*22*78 cm	14/16 kg

Datos técnicos | Andadores

Modelo	Altura	Ancho	Profundidad	Material	Color	Packaging	Peso
SC4045	80-90	60 cm	60 cm	Aluminio ultraliviano	Gris	80*62*18	-
SC4026-P	81-91 cm	59 cm	47 cm	Acero pintado	Verde	60*24*90	-
SC4001-W	80-90 cm	59 cm	47 cm	Aluminio ultraliviano	Gris	58*27*82	-
YU760	78-90 cm	59 cm	60 cm	Aluminio ultraliviano	Gris	56*20*82 cm	6,4 kg
SC4001	80-90 cm	64 cm	51 cm	Aluminio ultraliviano	Gris	58*27*80	-
YU790	77 - 90 cm	64,5 cm	49 cm	Aluminio ultraliviano	Gris	56*17*81 cm	6,4 kg
YU710	76-94cm	58 cm	49 cm	Aluminio ultraliviano	Gris	56*17*81 cm	6,4 kg
SC 5026A	79-92cm	66 cm	79 cm	Aluminio ultraliviano	Azul	66*29*27 cm	9 kg

- **Camas Ortopédicas.**

Se cuenta con camas ortopédicas las que se detallan en la Tabla.4.2,



SCMB03

Cama manual de 3 movimientos.
 Marco de cama flexible, antibacterial con doble pintura. Manivelas retractable de alta calidad, seguras e incorporadas a la estructura y de funcionamiento suave y tranquilo

Cabecera y piecera plásticas desmontables

Berandas de aluminio plegables

Ruedas con frenos de 5"

Incluye portasuero



80±5" 40±5" 38-68 cm



SCMB04

Cama manual de 4 movimientos.
 Marco de cama flexible, antibacterial con doble pintura. Manivelas retractable de alta calidad, seguras e incorporadas a la estructura y de funcionamiento suave y tranquilo

Cabecera y piecera plásticas desmontables

Berandas de aluminio plegables

Ruedas con frenos de 5"

Incluye portasuero



60±5" 35±5" 210 cm 15±0"

Datos técnicos | Camas Ortopédicas

Modelo	ANCHO	LARGO	ALTURA	LECHO	PESO MÁX	Packaging	PESO
SCMB02	98 cm	213 cm	49 cm	84*192 cm	226 kg	205*90*25 cm	55 kg
SCMB03	98 cm	213 cm	38 - 68 cm	84*192 cm	226 kg	205*90*25 cm	55 kg
SCMB04	98 cm	213 cm	38 - 68 cm	84*192 cm	226 kg	205*90*25 cm	55 kg
A21 E/M	95 cm	200 cm	54 - 74 cm	86*193 cm	227 kg	210*96*25 cm	60 kg
A20 E/M	95 cm	200 cm	62 cm	86*193 cm	227 kg	210*96*25 cm	55 kg
A25	95 cm	210 cm	60 cm	86*194 cm	227kg	212*96*25 cm	55 kg
A11 E/M	88 cm	210 cm	49 - 71 cm	86*193 cm	182 kg	230*90*50 cm	90 kg

- **Sillas de baño**

Se cuenta con las sillas de baño estándar que se detallan en la Tabla.4.3



Sillas de baño

SC - 6055B - KD

Estructura de aluminio, con tornillos de acero inoxidable. Totalmente desmontable. Con respaldo y apoyabrazos

- Terminación: Anodizado
- Color: Plateado.
- Regulable en altura



42 - 55 cm



40 cm



15

Datos técnicos | Sillas de baño

Modelo	Ancho	Profundidad	Altura	Material	Peso máximo	Packaging	Peso
SC 6020D	32 cm	32 cm	38-55 cm	Aluminio	100 kg	42*34*38	2 Kg
SC 6025B	50cm	31 cm	48-51 cm	Aluminio	100 kg	54*52*41	2,4 Kg
SC 6055 B- KD	40 cm	33 cm	42-55 cm	Aluminio	136 kg	43*16*35	2,5-3,5 kg



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Reconquista

Proyecto Final
Mg. Ing. Elvio Daniel Antón – Esp. Ing. Gabriel P. Colman
Soto, Walter Ariel

Anexo B



- **Características del piso, Coeficiente de fricción.**

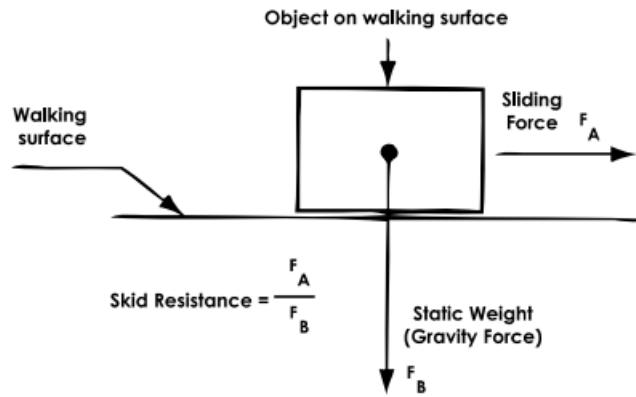
ASTM C 1028-96 Standard Test Method for Determining the Static Coefficient of Friction

This test method covers the measurement of static coefficient of friction of ceramic tile or other surfaces under both wet and dry conditions while utilizing Neolite heel assemblies. This test method can be used in the laboratory or in the field.

ADAAG states that slip resistance is based on the frictional force necessary to keep a shoe heel or crutch tip from slipping on a walking surface under conditions likely to be found on the surface.

A4.5.1 Ground and floor surfaces along accessible routes in accessible rooms and spaces including floors, walks, ramps, stairs, and curb ramps shall be stable, firm, and slip resistant and shall comply with Appendix.

4.5. The Appendix recommends a minimum coefficient of friction for dry surfaces of 0.6 for accessible routes and 0.8 for ramps.



Static Coefficient of Friction Test

Test	Dry	Wet
	Static (lbs.)	Static (lbs.)
#1		
Average	46.25	41.50
C.O.F.	0.91	0.81
#2		
Average	47.75	41.50
C.O.F.	0.94	0.81
#3		
Average	45.75	41.25
C.O.F.	0.90	0.81
Overall Average	46.58	41.42
Average C.O.F.	0.92	0.81



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Reconquista

Proyecto Final
Mg. Ing. Elvio Daniel Antón – Esp. Ing. Gabriel P. Colman
Soto, Walter Ariel

Anexo C



• Factor de Seguridad

Característica			B=			
			mb	b	r	p
A=mb	C=	mb	1.1	1.3	1.5	
		b	1.2	1.45	1.7	1.7
		r	1.3	1.6	1.9	1.95
		p	1.4	1.75	2.1	2.2
A=b	C=	mb	1.3	1.55	1.8	2.45
		b	1.45	1.75	2.05	2.05
		r	1.6	1.95	2.3	2.35
		p	1.75	2.15	2.55	2.65
A=r	C=	mb	1.5	1.8	2.1	2.95
		b	1.7	2.05	2.4	2.4
		r	1.9	2.3	2.7	2.75
		p	2.1	2.55	3.0	3.1
A=p	C=	mb	1.7	2.15	2.4	3.45
		b	1.95	2.35	2.75	3.15
		r	2.2	2.65	3.1	3.55
		p	2.45	2.95	3.45	3.95

Características de factor de seguridad A, B y C.

Características		D=		
		ns	s	ms
E=	ns	1.0	1.2	1.4
	s	1.0	1.3	1.5
	ms	1.2	1.4	1.6

Características de factor de seguridad D y E.

nsx= factor de seguridad que involucra características A, B, y C	E=impacto económico
A = Calidad de los materiales, destreza, mantenimiento e inspección	mb=muy bien
B = control sobre la carga aplicada a la parte	b=bien
C = exactitud del análisis del esfuerzo, información experimental o experiencia con dispositivos similares	r=regular
nsy= factor de seguridad que involucre las características D y E	p=pobre
D= peligro para el personal	



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Reconquista

Proyecto Final
Mg. Ing. Elvio Daniel Antón – Esp. Ing. Gabriel P. Colman
Soto, Walter Ariel

Anexo D

EQUIVALENCIAS DE NORMAS

Equivalent Standards

USO <i>Use</i>	NORMA <i>Standards</i>			
	USA	ARGENTINA	BRASIL <i>Brazil</i>	EUROPA <i>Europe</i>
ESTRUCTURALES <i>Structural</i>	ASTM A 500 ASTM A 513 tipo 1 y 2	IRAM IAS U500 - 228 IRAM IAS U500 - 2592	NBR 8261	
MECÁNICOS <i>Mechanical</i>	ASTM A 513 tp. 3, 4, 5, e 6 ASTM A 513 tipo 1 y 2	IRAM 228 IRAM 2592	ABNT EB 349 NBR 5599 ABNT EB 952 NBR 6591	DIN 2393 DIN 2394



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tensile Properties

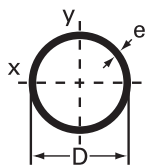
DENOMINACIÓN DEL TUBO <i>Tube Denomination</i>	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MÍNIMA R (MPA) <i>Tensile Strength Minimum</i>	LÍMITE DE FLUENCIA MÍNIMO RE (MPA) <i>Yield Strength</i>		ALARGAMIENTO DE ROTURA MÍNIMO LO = 50 mm <i>Elongation in 50 mm (%)</i>	
		SECCIÓN CIRCULAR <i>Circular Section</i>	SECCIÓN CUADRADO Y RECTANGULAR <i>Square and rectangular section</i>	SECCIÓN CIRCULAR <i>Circular section</i>	SECCIÓN CUADRADO Y RECTANGULAR <i>Square and rectangular section</i>
TE - 20	310	228	269	15	13
TE - 22	363	216	225	12	10
TE - 30	490	294	303	10	8
TE - 36	510	353	364	9	7



TUBOS REDONDOS

Round Tubes

DIMENSIÓN Size D		ESPESOR Thickness e	PESO Weight	AREA DE LA SECCIÓN Sectional Area	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius
Pulg. Inches	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
5/8"	15.87	0.80	0.297	0.379	0.110	0.138	0.538
		0.90	0.332	0.423	0.121	0.153	0.535
		1.10	0.401	0.510	0.143	0.180	0.528
		1.20	0.434	0.553	0.153	0.192	0.525
		1.60	0.563	0.717	0.188	0.237	0.512
3/4"	19.05	0.80	0.360	0.459	0.195	0.205	0.652
		0.90	0.403	0.513	0.216	0.227	0.648
		1.10	0.487	0.620	0.255	0.268	0.642
		1.20	0.528	0.673	0.274	0.288	0.638
		1.60	0.689	0.877	0.343	0.360	0.625
7/8"	22.22	0.80	0.423	0.538	0.315	0.283	0.765
		0.90	0.473	0.603	0.349	0.315	0.761
		1.10	0.573	0.730	0.416	0.374	0.755
		1.20	0.622	0.792	0.447	0.403	0.751
		1.60	0.814	1.036	0.564	0.508	0.738
1"	25.40	0.80	0.485	0.618	0.477	0.376	0.878
		0.90	0.544	0.693	0.530	0.417	0.875
		1.10	0.659	0.840	0.633	0.498	0.868
		1.20	0.716	0.912	0.682	0.537	0.865
		1.60	0.939	1.196	0.867	0.682	0.851
1 1/8"	28.57	0.80	0.548	0.698	0.686	0.480	0.991
		0.90	0.614	0.782	0.763	0.534	0.988
		1.10	0.745	0.949	0.914	0.640	0.981
		1.20	0.810	1.032	0.986	0.690	0.978
		1.60	1.064	1.356	1.260	0.882	0.964
1 1/4"	31.75	0.80	0.611	0.778	0.949	0.598	1.105
		0.90	0.685	0.872	1.058	0.666	1.101
		1.10	0.831	1.059	1.269	0.799	1.094
		1.20	0.904	1.152	1.371	0.863	1.091
		1.60	1.190	1.516	1.759	1.108	1.077
		2.00	1.467	1.869	2.116	1.333	1.064
1 1/2"	38.10	0.80	0.736	0.937	1.661	0.872	1.331
		0.90	0.826	1.052	1.854	0.973	1.328
		1.10	1.004	1.279	2.231	1.171	1.321
		1.20	1.092	1.391	2.414	1.267	1.317
		1.60	1.440	1.835	3.118	1.637	1.304
		2.00	1.781	2.268	3.775	1.982	1.290
		2.50	2.195	2.796	4.534	2.380	1.273



DIMENSIÓN Size D		ESPESOR Thickness e	PESO Weight	AREA DE LA SECCIÓN Sectional Area	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius
Pulg. Inches	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
1 5/8"	41.27	0.80	0.798	1.017	2.122	1.028	1.444
		0.90	0.896	1.141	2.370	1.148	1.441
		1.10	1.090	1.388	2.854	1.383	1.434
		1.20	1.186	1.511	3.091	1.498	1.430
		1.60	1.565	1.994	4.002	1.939	1.417
		2.00	1.937	2.467	4.857	2.354	1.403
		2.50	2.390	3.045	5.852	2.836	1.386
1 3/4"	44.44	0.80	0.861	1.097	2.660	1.197	1.557
		0.90	0.966	1.231	2.973	1.338	1.554
		1.10	1.176	1.498	3.584	1.613	1.547
		1.20	1.280	1.630	3.884	1.748	1.544
		1.60	1.690	2.153	5.039	2.268	1.530
		2.00	2.093	2.667	6.129	2.758	1.516
1 7/8"	47.62	0.80	0.924	1.177	3.285	1.380	1.671
		0.90	1.037	1.321	3.673	1.542	1.667
		1.10	1.262	1.608	4.432	1.861	1.660
		1.20	1.374	1.750	4.804	2.018	1.657
		1.60	1.816	2.313	6.245	2.623	1.643
		2.00	2.250	2.866	7.610	3.196	1.629
		2.50	2.782	3.544	9.214	3.870	1.612
2"	50.80	0.80	0.986	1.257	4.001	1.575	1.784
		0.90	1.108	1.411	4.475	1.762	1.781
		1.10	1.348	1.718	5.404	2.218	1.774
		1.20	1.468	1.870	5.861	2.307	1.770
		1.60	1.941	2.473	7.630	3.004	1.757
		2.00	2.407	3.066	9.313	3.666	1.743
		2.50	2.978	3.793	11.298	4.448	1.726
		3.20	3.756	4.785	13.867	5.460	1.702
2 1/4"	57.15	0.90	1.248	1.590	6.409	2.243	2.007
		1.10	1.521	1.937	7.751	2.712	2.000
		1.20	1.656	2.109	8.411	2.943	1.997
		1.60	2.192	2.792	10.980	3.842	1.983
		2.00	2.720	3.465	13.437	4.702	1.969
		2.50	3.369	4.292	16.356	5.724	1.952
2 1/2"	63.50	3.20	4.759	6.062	28.144	8.864	2.155
		4.00	5.869	7.477	33.856	10.663	2.128
		4.75	6.882	8.767	38.780	12.214	2.103
3"	76.20	0.90	1.671	2.129	15.737	4.035	2.687
		1.20	2.220	2.827	20.255	5.316	2.677
		1.60	2.944	3.750	26.583	6.977	2.663
		2.00	3.660	4.662	32.705	8.584	2.649

TUBOS REDONDOS

Round Tubes

DIMENSIÓN Size D		ESPESOR Thickness e	PESO Weight	AREA DE LA SECCIÓN Sectional Area	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius
Pulg. Inches	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
3"	76.20	3.20	5.761	7.339	49.890	13.094	2.607
		4.75	8.370	10.662	69.611	18.271	2.555
3 1/2"	88.90	1.60	3.445	4.388	42.596	9.583	3.116
		2.00	4.286	5.460	52.527	11.817	3.102
		2.50	5.327	6.786	64.551	14.522	3.084
		3.20	6.763	8.615	80.678	18.150	3.060
		4.75	9.858	12.557	113.579	25.552	3.007
		6.35	12.927	16.468	143.730	32.335	2.954
4"	101.60	1.60	3.946	5.027	64.016	12.602	3.569
		2.00	4.913	6.258	79.076	15.566	3.555
		2.50	6.110	7.783	97.386	19.171	3.537
		3.20	7.765	9.892	122.083	24.032	3.513
		4.75	11.345	14.452	173.020	34.059	3.460
		6.35	14.916	19.002	220.473	43.400	3.406
4 1/2"	114.30	1.60	4.447	5.665	91.630	16.033	4.022
		2.00	5.539	7.056	113.336	19.831	4.008
		2.50	6.893	8.781	139.811	24.464	3.990
		3.20	8.768	11.169	175.676	30.739	3.966
		4.75	12.833	16.348	250.269	43.792	3.913
		6.35	16.905	21.535	320.628	56.103	3.859
5"	127.00	1.60	4.948	6.303	126.224	19.878	4.475
		2.00	6.165	7.854	156.290	24.613	4.461
		2.50	7.676	9.778	193.056	30.403	4.443
		3.20	9.770	12.446	243.031	38.273	4.419
		4.75	14.321	18.243	347.661	54.750	4.365
		6.35	18.894	24.069	447.319	70.444	4.311
5 1/2"	139.70	3.20	10.772	13.722	325.722	46.632	4.872
		4.75	15.808	20.138	467.531	66.934	4.818
		6.35	20.883	26.602	603.666	86.423	4.764

Productos factibles de producción. Consultar disponibilidad en stock.

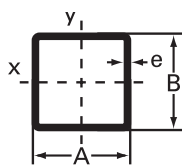
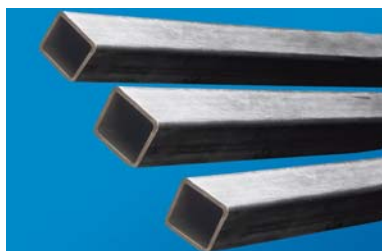
Products under production. Please consult stock availability.



TUBOS CUADRADOS

Square Tubes

DIMENSIÓN Size	ESPESOR Thickness e	RADIO Radius	PESO Weight	AREA DE LA SECCIÓN Sectional Area	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius
A x B	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
125 x 125	0.80	1.20	0.285	0.374	0.086	0.137	0.479
	0.90	1.35	0.317	0.418	0.094	0.151	0.475
	1.10	1.65	0.377	0.502	0.110	0.175	0.468
	1.20	1.80	0.406	0.542	0.117	0.187	0.464
15 x 15	0.80	1.20	0.348	0.454	0.153	0.204	0.581
	0.90	1.35	0.388	0.508	0.169	0.225	0.577
	1.10	1.65	0.464	0.612	0.198	0.264	0.569
	1.20	1.80	0.501	0.662	0.212	0.282	0.566
20 x 20	1.60	2.40	0.639	0.858	0.260	0.347	0.551
	0.80	1.20	0.474	0.614	0.378	0.378	0.785
	0.90	1.35	0.529	0.688	0.419	0.419	0.781
	1.10	1.65	0.636	0.832	0.497	0.497	0.773
25 x 25	1.20	1.80	0.689	0.902	0.534	0.534	0.769
	1.60	2.40	0.890	1.178	0.670	0.670	0.754
	2.00	3.00	1.076	1.440	0.787	0.787	0.739
	0.80	1.20	0.599	0.774	0.757	0.605	0.989
30 x 30	0.90	1.35	0.670	0.868	0.841	0.673	0.985
	1.10	1.65	0.809	1.052	1.003	0.803	0.977
	1.20	1.80	0.877	1.142	1.081	0.865	0.973
	1.60	2.40	1.141	1.498	1.373	1.098	0.958
40 x 40	2.00	3.00	1.390	1.840	1.635	1.308	0.943
	0.80	1.20	0.725	0.934	1.329	0.886	1.193
	0.90	1.35	0.811	1.048	1.480	0.987	1.189
	1.10	1.65	0.982	1.272	1.773	1.182	1.181
45 x 45	1.20	1.80	1.066	1.382	1.914	1.276	1.177
	1.60	2.40	1.392	1.818	2.451	1.634	1.161
	2.00	3.00	1.704	2.240	2.942	1.961	1.146
	2.50	3.75	2.075	2.750	3.495	2.330	1.127
50 x 50	0.80	1.20	0.976	1.254	3.214	1.607	1.601
	0.90	1.35	1.094	1.408	3.588	1.794	1.597
	1.10	1.65	1.327	1.712	4.320	2.160	1.589
	1.20	1.80	1.443	1.862	4.677	2.339	1.585
50 x 50	1.60	2.40	1.895	2.458	6.050	3.025	1.569
	2.00	3.00	2.332	3.040	7.337	3.668	1.553
	2.50	3.75	2.860	3.750	8.828	4.414	1.534
	3.20	4.80	3.560	4.710	10.712	5.356	1.508
50 x 50	1.10	1.65	1.500	1.932	6.208	2.759	1.793
	1.20	1.80	1.631	2.102	6.727	2.990	1.789
	1.60	2.40	2.146	2.778	8.731	3.881	1.773
	2.00	3.00	2.646	3.440	10.624	4.722	1.757
50 x 50	2.50	3.75	3.252	4.250	12.839	5.706	1.738
	3.20	4.80	4.062	5.350	15.672	6.965	1.711
	1.10	1.65	1.673	2.152	8.579	3.432	1.997
	1.20	1.80	1.819	2.342	9.303	3.721	1.993
50 x 50	1.60	2.40	2.397	3.098	12.107	4.843	1.977



DIMENSIÓN Size	ESPESOR Thickness e	RADIO Radius	PESO Weight	AREA DE LA SECCIÓN Sectional Area	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius
A x B	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
50 x 50	2.00	3.00	2.960	3.840	14.771	5.908	1.961
	2.50	3.75	3.645	4.750	17.911	7.165	1.942
	3.20	4.80	4.564	5.990	21.970	8.788	1.915
	4.00	6.00	5.562	7.360	26.153	10.461	1.885
	4.75	7.13	6.445	8.598	29.663	11.865	1.857
60 x 60	1.60	2.40	2.900	3.738	21.261	7.087	2.385
	2.00	3.00	3.588	4.640	26.064	8.682	2.369
	2.50	3.75	4.430	5.750	31.745	10.582	2.350
	3.20	4.80	5.569	7.270	39.218	13.073	2.323
	4.00	6.00	6.818	8.960	47.070	15.690	2.292
	4.75	7.13	7.936	10.498	53.802	17.934	2.264
70 x 70	5.15	7.73	8.512	11.299	57.155	19.052	2.249
	1.60	2.40	3.402	4.378	34.153	9.758	2.793
	2.00	3.00	4.216	5.440	41.961	11.989	2.777
	2.50	3.75	5.215	6.750	51.328	14.665	2.758
	3.20	4.80	6.574	8.550	63.736	18.210	2.730
	4.00	6.00	8.074	10.560	76.947	21.985	2.699
	4.75	7.13	9.428	12.398	88.438	25.268	2.671
	5.15	7.73	10.129	13.359	94.227	26.922	2.656
80 x 80	6.35	9.53	12.148	16.167	110.250	31.500	2.611
	1.60	2.40	3.904	5.018	51.423	12.856	3.201
	2.00	3.00	4.844	6.240	63.315	15.829	3.185
	2.50	3.75	6.000	7.750	77.661	19.415	3.166
	3.20	4.80	7.579	9.830	96.805	24.201	3.138
	4.00	6.00	9.330	12.160	117.385	29.346	3.107
	4.75	7.13	10.919	14.298	135.472	33.868	3.078
	5.15	7.73	11.747	15.419	144.658	36.165	3.063
90 x 90	6.35	9.53	14.142	18.707	170.379	42.595	3.018
	1.60	2.40	4.407	5.568	73.710	16.380	3.610
	2.00	3.00	5.472	7.040	90.910	20.202	3.594
	2.50	3.75	6.785	8.750	111.745	24.832	3.574
	3.20	4.80	8.584	11.110	139.704	31.045	3.546
	4.00	6.00	10.586	13.760	169.982	37.774	3.515
	4.75	7.13	12.411	16.198	196.803	43.734	3.486
	5.15	7.73	13.364	17.479	210.508	46.780	3.470
100 x 100	6.35	9.53	16.135	21.247	249.216	55.381	3.425
	1.60	2.40	4.909	6.298	101.655	20.331	4.018
	2.00	3.00	6.100	7.840	125.545	25.109	4.002
	2.50	3.75	7.570	9.750	154.578	30.916	3.982
	3.20	4.80	9.588	12.390	193.713	38.743	3.954
	4.00	6.00	11.842	15.360	236.339	47.268	3.923
	4.75	7.13	13.902	18.098	274.332	54.866	3.893
	5.15	7.73	14.981	19.539	293.837	58.767	3.878
	6.35	9.53	18.129	23.787	349.299	69.860	3.832

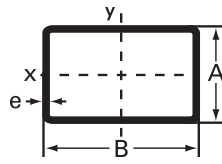
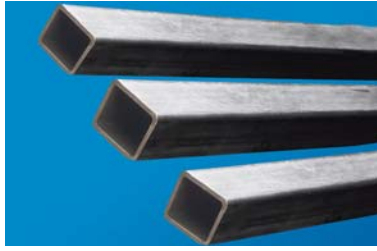
Productos factibles de producción. Consultar disponibilidad en stock.

Products under production. Please consult stock availability.

TUBOS RECTANGULARES

Rectangular tubes

DIMENSIÓN Size		ESPESOR Thickness e	RADIO Radius	PESO Weight	AREA DE LA SECCIÓN Sectional Area	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius
A	B	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
						X - X			Y - Y		
10.00	20.00	0.80	1.20	0.348	0.454	0.076	0.038	0.408	0.231	0.092	0.712
		0.90	1.35	0.388	0.508	0.083	0.042	0.404	0.255	0.102	0.708
		1.10	1.65	0.464	0.612	0.096	0.048	0.397	0.300	0.120	0.700
		1.20	1.80	0.501	0.662	0.102	0.051	0.393	0.321	0.129	0.697
		1.60	2.40	0.639	0.858	0.123	0.061	0.378	0.398	0.159	0.681
15.00	25.00	0.80	1.20	0.474	0.614	0.234	0.117	0.617	0.522	0.209	0.922
		0.90	1.35	0.529	0.688	0.258	0.129	0.613	0.580	0.232	0.918
		1.10	1.65	0.636	0.832	0.305	0.152	0.605	0.689	0.276	0.910
		1.20	1.80	0.689	0.902	0.326	0.163	0.601	0.741	0.296	0.906
		1.60	2.40	0.890	1.178	0.405	0.202	0.586	0.934	0.374	0.891
		2.00	3.00	1.076	1.440	0.470	0.235	0.571	1.104	0.442	0.876
20.00	30.00	0.80	1.20	0.599	0.774	0.526	0.263	0.824	0.988	0.395	1.129
		0.90	1.35	0.670	0.868	0.583	0.292	0.820	1.099	0.440	1.125
		1.10	1.65	0.809	1.052	0.693	0.347	0.812	1.313	0.525	1.117
		1.20	1.80	0.877	1.142	0.746	0.373	0.808	1.416	0.567	1.113
		1.60	2.40	1.141	1.498	0.941	0.471	0.793	1.805	0.722	1.098
		2.00	3.00	1.390	1.840	1.113	0.556	0.778	2.157	0.863	1.083
20.00	40.00	0.80	1.20	0.725	0.934	0.673	0.337	0.849	1.984	0.794	1.457
		0.90	1.35	0.811	1.048	0.748	0.374	0.845	2.212	0.885	1.453
		1.10	1.65	0.982	1.272	0.890	0.445	0.837	2.655	1.062	1.445
		1.20	1.80	1.066	1.382	0.958	0.479	0.833	2.870	1.148	1.441
		1.60	2.40	1.392	1.818	1.213	0.606	0.817	3.690	1.476	1.425
		2.00	3.00	1.704	2.240	1.438	0.719	0.801	4.446	1.778	1.409
		2.50	3.75	2.075	2.750	1.682	0.841	0.782	5.307	2.123	1.389
20.00	50.00	0.80	1.20	0.850	1.094	0.821	0.410	0.866	3.448	1.379	1.775
		0.90	1.35	0.953	1.228	0.912	0.456	0.862	3.850	1.540	1.771
		1.10	1.65	1.155	1.492	1.087	0.543	0.854	4.633	1.853	1.762
		1.20	1.80	1.254	1.622	1.171	0.585	0.849	5.015	2.006	1.758
		1.60	2.40	1.644	2.138	1.484	0.742	0.833	6.483	2.593	1.741
		2.00	3.00	2.018	2.640	1.763	0.882	0.817	7.855	3.142	1.725
		2.50	3.75	2.467	3.250	2.068	1.034	0.798	9.443	3.777	1.705
30.00	40.00	0.80	1.20	0.850	1.094	1.670	0.835	1.235	2.599	1.040	1.541
		0.90	1.35	0.953	1.228	1.861	0.931	1.231	2.900	1.160	1.537
		1.10	1.65	1.155	1.492	2.232	1.116	1.223	3.488	1.395	1.529
		1.20	1.80	1.254	1.622	2.412	1.206	1.219	3.774	1.510	1.525
		1.60	2.40	1.644	2.138	3.097	1.549	1.204	4.870	1.948	1.509
		2.00	3.00	2.018	2.640	3.727	1.864	1.188	5.891	2.356	1.494
		2.50	3.75	2.467	3.250	4.443	2.221	1.169	7.068	2.827	1.475
30.00	50.00	0.80	1.20	0.976	1.254	2.011	1.006	1.266	4.417	1.767	1.876
		0.90	1.35	1.094	1.408	2.242	1.121	1.262	4.935	1.974	1.872
		1.10	1.65	1.327	1.712	2.692	1.346	1.254	5.948	2.379	1.864

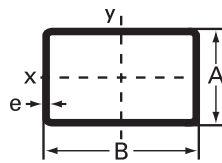
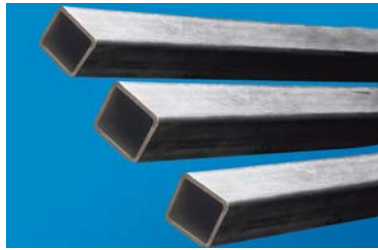


DIMENSIÓN Size		ESPESOR Thickness e	RADIO Radius	PESO Weight	AREA DE LA SECCIÓN Sectional Area	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius
A	B	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
						X - X		Y - Y			
30.00	50.00	1.20	1.80	1.443	1.862	2.910	1.455	1.250	6.444	2.578	1.860
		1.60	2.40	1.895	2.458	3.743	1.871	1.234	8.358	3.343	1.844
		2.00	3.00	2.332	3.040	4.513	2.256	1.218	10.161	4.064	1.828
		2.50	3.75	2.860	3.750	5.391	2.695	1.199	12.266	4.906	1.809
		3.20	4.80	3.560	4.710	6.474	3.237	1.172	14.950	5.980	1.782
20.00	60.00	0.80	1.20	0.976	1.254	0.968	0.484	0.879	5.460	2.184	2.086
		0.90	1.35	1.094	1.408	1.076	0.538	0.874	6.101	2.440	2.082
		1.10	1.65	1.327	1.712	1.284	0.642	0.866	7.357	2.943	2.073
		1.20	1.80	1.443	1.862	1.383	0.692	0.862	7.972	3.189	2.069
		1.60	2.40	1.895	2.458	1.756	0.878	0.845	10.345	4.138	2.052
		2.00	3.00	2.332	3.040	2.089	1.044	0.829	12.585	5.034	2.035
		2.50	3.75	2.860	3.750	2.453	1.227	0.809	15.203	6.081	2.013
30.00	60.00	1.10	1.65	1.500	1.932	3.151	1.576	1.277	9.265	3.706	2.190
		1.20	1.80	1.631	2.102	3.408	1.704	1.273	10.046	4.019	2.186
		1.60	2.40	2.146	2.778	4.389	2.194	1.257	13.074	5.230	2.170
		2.00	3.00	2.646	3.440	5.298	2.649	1.241	15.950	6.380	2.153
		2.50	3.75	3.252	4.250	6.339	3.169	1.221	19.339	7.735	2.133
		3.20	4.80	4.062	5.350	7.629	3.814	1.194	23.715	9.486	2.105
40.00	50.00	1.10	1.65	1.500	1.932	5.153	2.576	1.633	7.264	2.906	1.939
		1.20	1.80	1.631	2.102	5.581	2.790	1.629	7.874	3.149	1.935
		1.60	2.40	2.146	2.778	7.231	3.615	1.613	10.232	4.093	1.919
		2.00	3.00	2.646	3.440	8.782	4.391	1.598	12.466	4.986	1.904
		2.50	3.75	3.252	4.250	10.589	5.294	1.578	15.089	6.035	1.884
40.00	60.00	3.20	4.80	4.062	5.350	12.884	6.442	1.552	18.460	7.384	1.857
		1.10	1.65	1.673	2.152	5.985	2.993	1.668	11.173	4.469	2.279
		1.20	1.80	1.819	2.342	6.484	3.242	1.664	12.121	4.848	2.275
		1.60	2.40	2.397	3.098	8.411	4.205	1.648	15.803	6.321	2.259
40.00	60.00	2.00	3.00	2.960	3.840	10.227	5.114	1.632	19.315	7.726	2.243
		2.50	3.75	3.645	4.750	12.349	6.174	1.612	23.474	9.390	2.223
		3.20	4.80	4.564	5.990	15.057	7.528	1.585	28.883	11.553	2.196
30.00	70.00	4.00	6.00	5.562	7.360	17.801	8.900	1.555	34.505	13.802	2.165
		4.75	7.13	6.445	8.598	20.060	10.030	1.527	39.266	15.707	2.137
		1.10	1.65	1.673	2.152	3.611	1.806	1.295	13.547	5.419	2.509
		1.20	1.80	1.819	2.342	3.906	1.953	1.291	14.699	5.880	2.505
		1.60	2.40	2.397	3.098	5.035	2.517	1.275	19.179	7.672	2.488
30.00	70.00	2.00	3.00	2.960	3.840	6.083	3.042	1.259	23.459	9.384	2.472
		2.50	3.75	3.645	4.750	7.286	3.643	1.239	28.536	11.415	2.451
		3.20	4.80	4.564	5.990	8.784	4.392	1.211	35.156	14.062	2.423
		4.00	6.00	5.562	7.360	10.249	5.124	1.180	42.057	16.823	2.390
		4.75	7.13	6.445	8.598	11.407	5.703	1.152	47.920	19.168	2.361

TUBOS RECTANGULARES

Rectangular tubes

DIMENSIÓN Size		ESPESOR Thickness e	RADIO Radius	PESO Weight	AREA DE LA SECCIÓN Sectional Area	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius
A	B	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
						X - X		Y - Y			
40.00	80.00	1.60	2.40	2.900	3.738	10.772	5.386	1.698	31.751	12.701	2.915
		2.00	3.00	3.588	4.640	13.118	6.559	1.681	38.974	15.590	2.898
		2.50	3.75	4.430	5.750	15.870	7.935	1.661	47.620	19.048	2.878
		3.20	4.80	5.569	7.270	19.401	9.701	1.634	59.034	23.614	2.850
		4.00	6.00	6.818	8.960	23.006	11.503	1.602	71.134	28.454	2.818
		4.75	7.13	7.936	10.498	25.998	12.999	1.574	81.606	32.642	2.788
		5.15	7.73	8.512	11.299	27.450	13.725	1.559	86.861	34.744	2.773
60.00	80.00	1.60	2.40	3.402	4.378	26.720	13.360	2.471	41.587	16.635	3.082
		2.00	3.00	4.216	5.440	32.777	16.388	2.455	51.145	20.458	3.066
		2.50	3.75	5.215	6.750	40.016	20.008	2.435	62.641	25.056	3.046
		3.20	4.80	6.574	8.550	49.552	24.776	2.407	77.919	31.168	3.019
		4.00	6.00	8.074	10.560	59.635	29.818	2.376	94.259	37.704	2.988
		4.75	7.13	9.428	12.398	68.337	34.169	2.348	108.539	43.416	2.959
		5.15	7.73	10.129	13.359	72.695	36.347	2.333	115.759	46.304	2.944
40.00	100.00	1.60	2.40	3.402	4.378	13.132	6.566	1.732	55.175	22.070	3.550
		2.00	3.00	4.216	5.440	16.009	8.004	1.715	67.913	27.165	3.533
		2.50	3.75	5.215	6.750	19.391	9.695	1.695	83.266	33.306	3.512
		3.20	4.80	6.574	8.550	23.746	11.873	1.666	103.726	41.490	3.483
		4.00	6.00	8.074	10.560	28.211	14.106	1.634	125.683	50.273	3.450
		4.75	7.13	9.428	12.398	31.936	15.968	1.605	144.941	57.976	3.419
		5.15	7.73	10.129	13.359	33.750	16.875	1.589	154.704	61.882	3.403
50.00	90.00	1.60	2.40	3.402	4.378	19.606	9.803	2.116	48.701	19.480	3.335
		2.00	3.00	4.216	5.440	23.993	11.996	2.100	59.929	23.971	3.319
		2.50	3.75	5.215	6.750	29.203	14.602	2.080	73.453	29.381	3.299
		3.20	4.80	6.574	8.550	36.009	18.004	2.052	91.463	36.585	3.271
		4.00	6.00	8.074	10.560	43.123	21.562	2.021	110.771	44.308	3.239
		4.75	7.13	9.428	12.398	49.186	24.593	1.992	127.690	51.076	3.209
		5.15	7.73	10.129	13.359	52.193	26.096	1.977	136.262	54.505	3.194
50.00	100.00	1.60	2.40	3.653	4.698	21.481	10.740	2.138	62.921	25.169	3.660
		2.00	3.00	4.530	5.840	26.298	13.149	2.122	77.518	31.007	3.643
		2.50	3.75	5.607	7.250	32.026	16.013	2.102	95.151	38.060	3.623
		3.20	4.80	7.076	9.190	39.519	19.759	2.074	118.724	47.490	3.594
60.00	100.00	1.60	2.40	3.904	5.018	32.178	16.089	2.532	70.668	28.267	3.753
		2.00	3.00	4.844	6.240	39.507	19.754	2.516	87.123	34.849	3.737
		2.50	3.75	6.000	7.750	48.286	24.143	2.496	107.036	42.815	3.716
		3.20	4.80	7.579	9.830	59.887	29.944	2.468	133.722	53.489	3.688
		4.00	6.00	9.330	12.160	72.201	36.100	2.437	162.569	65.027	3.656
		4.75	7.13	10.919	14.298	82.783	41.436	2.408	188.071	75.228	3.627



DIMENSIÓN Size		ESPESOR Thickness e	RADIO Radius	PESO Weight	AREA DE LA SECCIÓN Sectional Area	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Elastic Modulus	RADIO DE GIRO Gyration Radius
A	B	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
						X - X			Y - Y		
60.00	100.00	5.15	7.73	11.747	15.419	88.234	44.117	2.392	201.082	80.433	3.611
		6.35	9.53	14.142	18.707	103.013	51.507	2.347	237.746	95.098	3.565
40.00	120.00	1.60	2.40	3.904	5.018	15.493	7.746	1.757	87.353	34.941	4.172
		2.00	3.00	4.844	6.240	18.899	9.450	1.740	107.731	43.092	4.155
		2.50	3.75	6.000	7.750	22.911	11.456	1.719	132.411	52.965	4.133
		3.20	4.80	7.579	9.830	28.090	14.045	1.690	165.519	66.208	4.103
		4.00	6.00	9.330	12.160	33.417	16.708	1.658	201.353	80.541	4.069
		4.75	7.13	10.919	14.298	37.874	18.937	1.628	233.070	93.228	4.038
		5.15	7.73	11.747	15.419	40.051	20.025	1.612	249.265	99.706	4.021
		6.35	9.53	14.142	18.707	45.807	22.903	1.565	294.952	117.981	3.971
60.00	120.00	2.00	3.00	5.472	7.040	46.238	23.119	2.563	138.582	54.233	4.388
		2.50	3.75	6.785	8.750	56.557	28.279	2.542	166.932	66.773	4.368
		3.20	4.80	8.584	11.110	70.222	35.111	2.514	209.185	83.674	4.339
		4.00	6.00	10.586	13.760	84.766	42.383	2.482	255.198	102.079	4.307
		4.75	7.13	12.411	16.198	97.408	48.704	2.452	296.198	118.479	4.276
		5.15	7.73	13.364	17.479	103.774	51.887	2.437	317.242	126.897	4.260
		6.35	9.53	16.135	21.247	121.376	60.688	2.390	377.056	150.822	4.213
50.00	150.00	2.00	3.00	6.100	7.840	37.825	18.912	2.196	213.265	85.306	5.216
		2.50	3.75	7.570	9.750	46.141	23.070	2.175	263.016	105.206	5.194
		3.20	4.80	9.588	12.390	57.068	28.534	2.146	330.358	132.143	5.164
		4.00	6.00	11.842	15.360	68.579	34.290	2.113	404.099	161.640	5.129
		4.75	7.13	13.902	18.098	78.471	39.236	2.082	470.192	188.077	5.097
		5.15	7.73	14.981	19.539	83.407	41.704	2.066	504.267	201.707	5.080
		6.35	9.53	18.129	23.787	96.873	48.437	2.018	601.726	240.690	5.030
60.00	140.00	2.00	3.00	6.100	7.840	52.969	26.484	2.599	198.121	79.248	5.027
		2.50	3.75	7.570	9.750	64.828	32.414	2.579	244.328	97.731	5.006
		3.20	4.80	9.588	12.390	80.557	40.279	2.550	306.869	122.748	4.977
		4.00	6.00	11.842	15.360	97.331	48.666	2.517	375.347	150.139	4.943
		4.75	7.13	13.902	18.098	111.943	55.972	2.487	436.720	174.688	4.912
		5.15	7.73	14.981	19.539	119.313	59.657	2.471	468.361	187.344	4.896
		6.35	9.53	18.129	23.787	139.739	69.869	2.424	558.860	223.544	4.847
80.00	120.00	2.00	3.00	6.100	7.840	87.657	43.828	3.344	163.433	65.373	4.566
		2.50	3.75	7.570	9.750	107.703	53.852	3.324	201.453	80.581	4.546
		3.20	4.80	9.588	12.390	134.575	67.288	3.296	252.851	101.140	4.517
		4.00	6.00	11.842	15.360	163.635	81.818	3.264	309.043	123.617	4.486
		4.75	7.13	13.902	18.098	189.338	94.669	3.235	359.326	143.730	4.456
		5.15	7.73	14.981	19.539	202.455	101.228	3.219	385.219	154.088	4.440
		6.35	9.53	18.129	23.787	239.439	119.720	3.173	459.160	183.664	4.394

Productos factibles de producción. Consultar disponibilidad en stock.

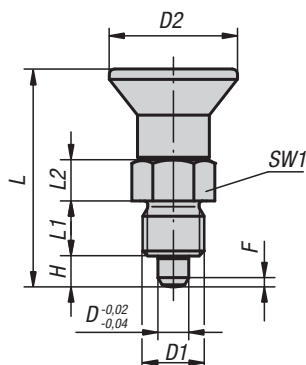
Products under production. Please consult stock availability.

Pernos de bloqueo

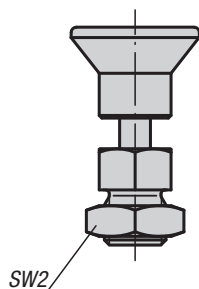
versión corta



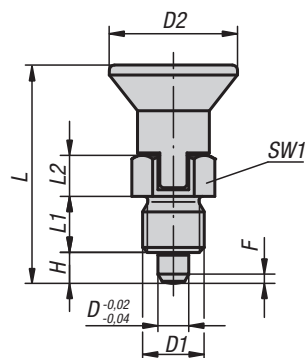
Forma A
sin ranura de bloqueo
sin contratuerca



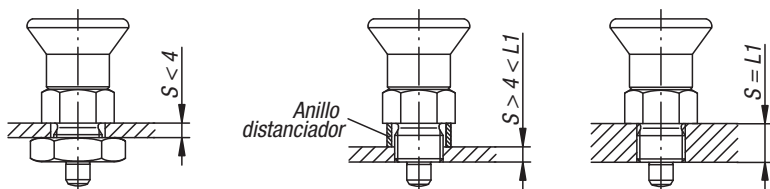
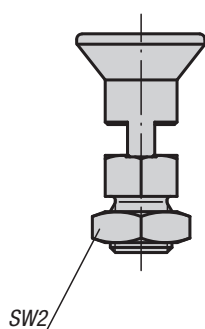
Forma B
sin ranura de bloqueo
con contratuerca



Forma C
sin ranura de bloqueo
con contratuerca



Forma D
con ranura de bloqueo
con contratuerca



Material:

Versión de acero:
Clavija de bloqueo endurecida:
Clase de resistencia 5.8.

Versión de acero inoxidable:
Clavija de bloqueo no endurecida:
Casquillo roscado 1.4305.
Clavija de bloqueo 1.4305.

Botón de maniobra de termoplástico gris antracita.

Versión:

Versión de acero:
Clavija de bloqueo endurecida, pulida y bruñida.

Versión de acero inoxidable:
Clavija de bloqueo no endurecida, pulida y con acabado natural.

Ejemplo de pedido:

K0631.16206

Indicación:

Los pernos de bloqueo se aplican para impedir el cambio de la posición de bloqueo por fuerzas transversales. El perno solo puede colocarse en otra posición de bloqueo una vez que se haya desacoplado manualmente. Para evitar que la clavija de bloqueo rebote cuando sea necesario desacoplarla tras un periodo de tiempo prolongado, se utilizará la forma C o la forma D.

A petición:

Modelos especiales.

Accesorios:

Anillos distanciadores K0665

KIPP Perno de bloqueo, versión corta, acero, clavija de bloqueo endurecida

Referencia Forma A	Referencia Forma B	Referencia Forma C	Referencia Forma D	D	D1	D2	L	L1	L2	H	SW1	SW2	F x 30°	Fuerza del muelle inicial F1 aprox. N	Fuerza del muelle final F2 aprox. N
K0631.5903	K0631.6903	K0631.7903	K0631.8903	3	M6x0,75	14	25,5	6	5	3,5	8	-/10/-/10	0,8	4	10
K0631.5004	K0631.6004	K0631.7004	K0631.8004	4	M8x1	18	29,5	6	6	4	10	-/13/-/13	1	4	12
K0631.5105	K0631.6105	K0631.7105	K0631.8105	5	M10x1	21	34,5	8	7	5	13	-/17/-/17	1,3	5	12
K0631.5206	K0631.6206	K0631.7206	K0631.8206	6	M12x1,5	25	41,7	10	8	6	14	-/19/-/19	1,8	6	14
K0631.5308	K0631.6308	K0631.7308	K0631.8308	8	M16x1,5	33	54	12	10	8	19	-/24/-/24	2,3	14	28
K0631.5410	K0631.6410	K0631.7410	K0631.8410	10	M20x1,5	33	61	15	12	10	22	-/30/-/30	2,8	15	32

KIPP Perno de bloqueo, versión corta, acero inoxidable, clavija de bloqueo no endurecida

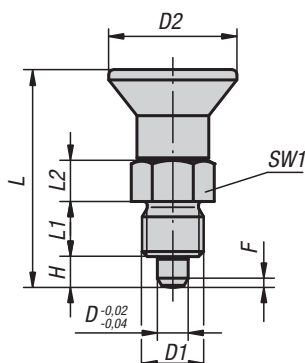
Referencia Forma A	Referencia Forma B	Referencia Forma C	Referencia Forma D	D	D1	D2	L	L1	L2	H	SW1	SW2	F x 30°	Fuerza del muelle inicial F1 aprox. N	Fuerza del muelle final F2 aprox. N
K0631.15903	K0631.16903	K0631.17903	K0631.18903	3	M6x0,75	14	25,5	6	5	3,5	8	-/10/-/10	0,8	4	10
K0631.15004	K0631.16004	K0631.17004	K0631.18004	4	M8x1	18	29,5	6	6	4	10	-/13/-/13	1	4	12
K0631.15105	K0631.16105	K0631.17105	K0631.18105	5	M10x1	21	34,5	8	7	5	13	-/17/-/17	1,3	5	12
K0631.15206	K0631.16206	K0631.17206	K0631.18206	6	M12x1,5	25	41,7	10	8	6	14	-/19/-/19	1,8	6	14
K0631.15308	K0631.16308	K0631.17308	K0631.18308	8	M16x1,5	33	54	12	10	8	19	-/24/-/24	2,3	14	28
K0631.15410	K0631.16410	K0631.17410	K0631.18410	10	M20x1,5	33	61	15	12	10	22	-/30/-/30	2,8	15	32

Pernos de bloqueo

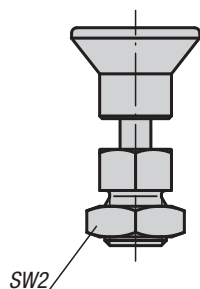
versión corta



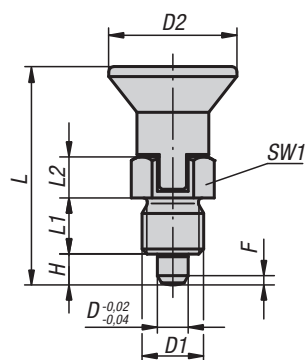
Forma A
sin ranura de bloqueo
sin contratuerca



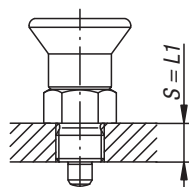
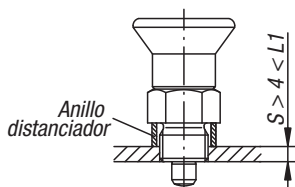
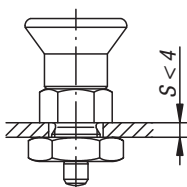
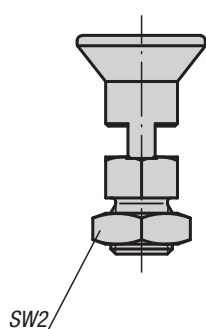
Forma B
sin ranura de bloqueo
con contratuerca



Forma C
sin ranura de bloqueo
con contratuerca



Forma D
con ranura de bloqueo
con contratuerca



Material:

Versión de acero:
Clavija de bloqueo endurecida:
Clase de resistencia 5.8.

Versión de acero inoxidable:
Clavija de bloqueo no endurecida:
Casquillo roscado 1.4305.
Clavija de bloqueo 1.4305.

Botón de maniobra termoplástico rojo.

Versión:

Versión de acero:
Clavija de bloqueo endurecida, pulida y bruñida.

Versión de acero inoxidable:
Clavija de bloqueo no endurecida, pulida y con acabado natural.

Ejemplo de pedido:

K0631.1620684

Indicación:

Los pernos de bloqueo se aplican para impedir el cambio de la posición de bloqueo por fuerzas transversales. El perno solo puede colocarse en otra posición de bloqueo una vez que se haya desacoplado manualmente. Para evitar que la clavija de bloqueo rebote cuando sea necesario desacoplarla tras un periodo de tiempo prolongado, se utilizará la forma C o la forma D.

A petición:

Modelos especiales.

Accesorios:

Anillos distanciadores K0665



KIPP Perno de bloqueo, versión corta, acero, clavija de bloqueo endurecida

Referencia Forma A	Referencia Forma B	Referencia Forma C	Referencia Forma D	D	D1	D2	L	L1	L2	H	SW1	SW2	F x 30°	Fuerza del muelle inicial F1 aprox. N	Fuerza del muelle final F2 aprox. N
K0631.590384	K0631.690384	K0631.790384	K0631.890384	3	M6x0,75	14	25,5	6	5	3,5	8	-/10/-/10	0,8	4	10
K0631.500484	K0631.600484	K0631.700484	K0631.800484	4	M8x1	18	29,5	6	6	4	10	-/13/-/13	1	4	12
K0631.510584	K0631.610584	K0631.710584	K0631.810584	5	M10x1	21	34,5	8	7	5	13	-/17/-/17	1,3	5	12
K0631.520684	K0631.620684	K0631.720684	K0631.820684	6	M12x1,5	25	41,7	10	8	6	14	-/19/-/19	1,8	6	14
K0631.530884	K0631.630884	K0631.730884	K0631.830884	8	M16x1,5	33	54	12	10	8	19	-/24/-/24	2,3	14	28
K0631.541084	K0631.641084	K0631.741084	K0631.841084	10	M20x1,5	33	61	15	12	10	22	-/30/-/30	2,8	15	32

KIPP Perno de bloqueo, versión corta, acero inoxidable, clavija de bloqueo no endurecida

Referencia Forma A	Referencia Forma B	Referencia Forma C	Referencia Forma D	D	D1	D2	L	L1	L2	H	SW1	SW2	F x 30°	Fuerza del muelle inicial F1 aprox. N	Fuerza del muelle final F2 aprox. N
K0631.1590384	K0631.1690384	K0631.1790384	K0631.1890384	3	M6x0,75	14	25,5	6	5	3,5	8	-/10/-/10	0,8	4	10
K0631.1500484	K0631.1600484	K0631.1700484	K0631.1800484	4	M8x1	18	29,5	6	6	4	10	-/13/-/13	1	4	12
K0631.1510584	K0631.1610584	K0631.1710584	K0631.1810584	5	M10x1	21	34,5	8	7	5	13	-/17/-/17	1,3	5	12
K0631.1520684	K0631.1620684	K0631.1720684	K0631.1820684	6	M12x1,5	25	41,7	10	8	6	14	-/19/-/19	1,8	6	14
K0631.1530884	K0631.1630884	K0631.1730884	K0631.1830884	8	M16x1,5	33	54	12	10	8	19	-/24/-/24	2,3	14	28
K0631.1541084	K0631.1641084	K0631.1741084	K0631.1841084	10	M20x1,5	33	61	15	12	10	22	-/30/-/30	2,8	15	32

RUEDAS DE NYLON

Reforzadas - Eje con buje



Horquillas reforzadas estampadas - Doble hilera de bolillas



>BASE GIRATORIA

Código	∅						Eje	kg
1020	100	37	129	105x85	80x60	10x9	Buje	140
1022	125	37	154	105x85	80x60	10x9	Buje	150



>BASE GIRATORIA CON FRENO

Código	∅						Eje	kg
1025	100	37	129	105x85	80x60	10x9	Buje	140
1027	125	37	154	105x85	80x60	10x9	Buje	150



>BASE FIJA

Código	∅						Eje	kg
1030	100	37	129	105x85	80x60	10x9	Buje	140
1032	125	37	154	105x85	80x60	10x9	Buje	150



>RUEDA SOLA

Código	∅					Eje	kg
1037	100	37	15	50		Buje	140
1038	125	37	15	50		Buje	150

RUEDAS HOSPITALARIAS

Ruedas de pp y pvc - Horquillas de nylon con ruleman



Horquillas estampadas - Doble hilera de bolillas y guardahilos



>AGUJERO PASANTE

Código	∅				Eje	kg
2460	100	32	135	13	Ruleman	70
2461	125	32	162	13	Ruleman	80



>AGUJERO PASANTE CON FRENO

Código	∅				Eje	kg
2465	100	32	135	13	Ruleman	70
2466	120	32	162	13	Ruleman	80

Conarco 13 A

E6013. Electrodo rutílico, para soldadura em chapas finas y soldadura de filete.

Aspectos destacados

- Electrodo de revestimiento rutílico con muy buena terminación de cordón y fácil desprendimiento de escoria.
- Es el electrodo más usado en chapa fina y soldadura de filete.
- Se lo utiliza en carrocerías de vehículos, carpintería metálica, conductos de ventilación, estructuras livianas, carrocerías de vagones y aplicaciones similares.
- Pueden utilizarse con transformador cuya tensión de vacío (OCV) resulte 50 V.

Especificaciones

Clasificaciones	AWS A5.1 : E6013
Aprobaciones	AWS A5.1 : E6013

Las aprobaciones se basan en la ubicación de la fábrica. Póngase en contacto con ESAB para obtener más información.

Teste Charpy

Resultado soldado

Temperatura de prueba - Soldado

>60 J

20 °C

Composición química

C

Mn

Si

0.08 %

0.39 %

0.29 %

De forma similar, el segundo momento polar del área de la soldadura 2 respecto de su centroide es

$$J_{G2} = \frac{bt_2^3}{12} + \frac{t_2b^3}{12} \tag{c}$$

El centroide G del grupo de soldaduras se ubica en

$$\bar{x} = \frac{A_1x_1 + A_2x_2}{A} \quad \bar{y} = \frac{A_1y_1 + A_2y_2}{A}$$

Usando de nuevo la figura 9-13, se observa que las distancias r_1 y r_2 desde G_1 y G_2 hasta G son, respectivamente

$$r_1 = [(\bar{x} - x_1)^2 + \bar{y}^2]^{1/2} \quad r_2 = [(y_2 - \bar{y})^2 + (x_2 - \bar{x})^2]^{1/2}$$

Ahora, mediante el teorema de los ejes paralelos, se determina que el segundo momento polar del área del grupo de soldaduras es

$$J = (J_{G1} + A_1r_1^2) + (J_{G2} + A_2r_2^2) \tag{d}$$

Ésta es la cantidad que debe usarse en la ecuación (9-5). La distancia r se mide desde G y el momento M se calcula con respecto a G .

El procedimiento inverso se tiene cuando se conoce el esfuerzo cortante permisible y se desea encontrar el tamaño de la soldadura. El procedimiento usual consiste en calcular un tamaño de soldadura probable y luego hacer iteraciones.

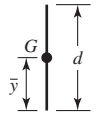
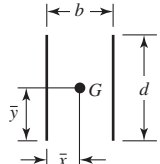
Observe en las ecuaciones (b) y (c) las cantidades t_1^3 y t_2^3 , respectivamente, que son los cubos de los anchos de las soldaduras. Estas cantidades son pequeñas y pueden despreciarse. Con esto se tienen los términos $t_1d^3/12$ y $t_2d^3/12$, que hacen lineales a J_{G1} y J_{G2} en el ancho de la soldadura. La igualación de los anchos de soldadura t_1 y t_2 a la unidad conduce a la idea de considerar a cada soldadura de filete como una línea. El segundo momento del área resultante es un *segundo momento polar unitario del área*. La ventaja de considerar al tamaño de la soldadura como una línea radica en que el valor de J_u es el mismo, sin que importe el tamaño de la soldadura. Como el ancho de la garganta de una soldadura de filete es de $0.707h$, la relación entre J y el valor unitario es

$$J = 0.707hJ_u \tag{9-6}$$

en donde J_u se determina mediante métodos convencionales de un área con un ancho unitario. Cuando se consideren soldaduras en grupos, como en la figura 9-12, se debe emplear la fórmula de transferencia de J_u . En la tabla 9-1 se listan las áreas de las gargantas y los segundos momentos polares del área unitaria de las soldaduras de filete más comunes. El ejemplo que sigue es característico de los cálculos que se realizan de manera normal.

Tabla 9-1

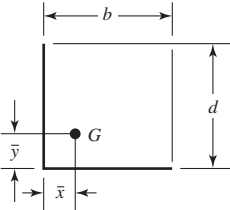
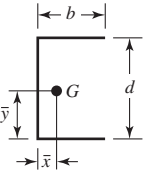
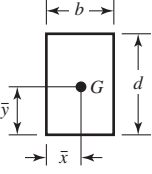
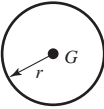
Propiedades torsionales de las soldaduras de filete*

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar unitario del área
1. 	$A = 0.707 hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
2. 	$A = 1.414 hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$

(continúa)

Tabla 9-1

Propiedades torsionales de las soldaduras de filete* (continuación)

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar unitario del área
3. 	$A = 0.707h(b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b + d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b + d)}$	$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$
4. 	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$
5. 	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$
6. 	$A = 1.414 \pi hr$		$J_u = 2\pi r^3$

* G es el centroide del grupo de soldaduras; h es el tamaño de la soldadura; el plano del par de torsión está en el plano de la página; todas las soldaduras son de ancho unitario.

EJEMPLO 9-1

Una carga de 50 kN se transmite de un accesorio soldado a un canal de acero de 200 mm, como se ilustra en la figura 9-14. Estime el esfuerzo máximo en la soldadura.

Solución³

- a) Marque con letras los extremos y las esquinas de cada soldadura. Algunas veces conviene marcar cada soldadura de un conjunto mediante un número. Vea la figura 9-15.
- b) Estime el esfuerzo cortante primario τ' . Como se muestra en la figura 9-14, cada placa está soldada al canal por medio de tres soldaduras de filete de 6 mm. En la figura 9-15 se ve que la carga se dividió a la mitad y solo se consideró una placa individual. De acuerdo con el caso 4 de la tabla 9-1, el área de la garganta es

$$A = 0.707(6)[2(56) + 190] = 1\,280 \text{ mm}^2$$

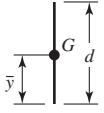
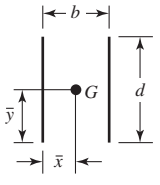
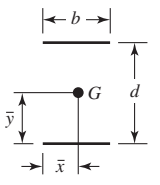
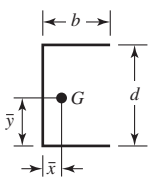
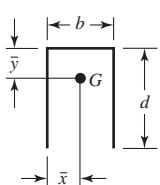
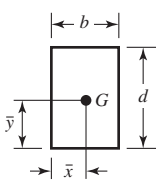
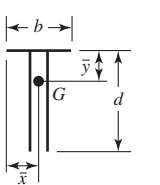
En consecuencia, el esfuerzo cortante primario es

$$\tau' = \frac{V}{A} = \frac{25(10)^3}{1280} = 19.5 \text{ MPa}$$

³ Estamos en deuda con el profesor George Piotrowski, de la Universidad de Florida por los pasos detallados que aquí se presentan de su método del análisis de la soldadura. R.G.B., J.K.N.

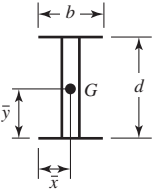

Tabla 9-2

Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete*

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
1. 	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
2. 	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
3. 	$A = 1.414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
4. 	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
5. 	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
6. 	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
7. 	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

(continúa)

Tabla 9-2Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete* (*continuación*)

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
8. 	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
9. 	$A = 1.414\pi hr$		$I_u = \pi r^3$

* I_u , segundo momento de área, se toma respecto de un eje horizontal que pasa por G , el centroide del grupo de soldaduras, siendo h el tamaño de la soldadura; el plano del par flexionante es normal al plano de la página y paralelo al eje y ; todas las soldaduras son del mismo tamaño.

9-5

Resistencia de las uniones soldadas

Por lo general, la correspondencia entre las propiedades del electrodo y las del metal de base no es tan importante como la rapidez y la habilidad del operador y la apariencia de la unión terminada. Las propiedades de los electrodos varían mucho, pero en la tabla 9-3 se listan las propiedades mínimas de algunas clases de electrodos.

Al diseñar componentes soldadas es preferible seleccionar un acero que proporcione una soldadura rápida y económica, aunque quizá requiera un sacrificio de otras cualidades, como la maquinabilidad. En condiciones apropiadas, todos los aceros se pueden soldar, pero se obtendrán mejores resultados si se eligen aceros con una especificación UNS entre G10140 y G10230. Dichos aceros tienen una resistencia a la tensión en la condición laminada en caliente, en el intervalo de 60 a 70 kpsi.

El diseñador puede elegir factores de seguridad o esfuerzos permisibles de trabajo con más confianza si está consciente de los valores que otros han empleado. Uno de los mejores estándares que se pueden usar es el código para la construcción de edificios de la American Institute of Steel Construction (AISC).⁴ En la actualidad, los esfuerzos permisibles se basan en el límite elástico del material, en vez de la resistencia última; asimismo, el código permite usar una variedad de aceros estructurales ASTM, con límites elásticos que varían de 33 a 50 kpsi. A condición de que la carga sea la misma, el código permite el mismo esfuerzo en el metal de aporte y en el de base. Para estos aceros ASTM, $S_y = 0.5S_u$. En la tabla 9-4 se listan las fórmulas especificadas por el código para calcular estos esfuerzos permisibles en varias condiciones de carga. Los factores de seguridad implicados se calculan con facilidad. Para tensión, $n = 1/0.60 = 1.67$. Para cortante, $n = 0.577/0.40 = 1.44$, al emplear la teoría de la energía de distorsión como el criterio de falla.

Es importante observar que, con frecuencia, el material del electrodo es el material presente más fuerte. Si una barra de acero AISI 1010 se suelda a una de acero 1018, el metal de aporte en realidad es una mezcla del material del electrodo y de los aceros 1010 y 1018. Además, en una barra estirada en frío soldada sus propiedades son sustituidas por las pro-

⁴ Para obtener una copia, escriba al AISC, 400 N. Michigan Ave., Chicago, IL 60611, o consulte en internet www.aisc.org.

Tabla 9-3

Propiedades mínimas del metal de aporte

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

* Sistema de numeración del código de especificaciones de la American Welding Society (AWS) para electrodos. En este sistema se usa como prefijo la letra E, en un sistema de numeración de cuatro o cinco dígitos en el cual los primeros dos o tres números designan la resistencia aproximada a la tensión. El último dígito incluye variables en la técnica de soldadura, como la fuente de corriente. El penúltimo dígito indica la posición de la soldadura, por ejemplo, plana, vertical o sobre la cabeza. El conjunto completo de especificaciones se puede obtener solicitándolo a la AWS.

Tabla 9-4

Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	<i>n</i> *
Tensión	A tope	0.60 <i>S_y</i>	1.67
Aplastamiento	A tope	0.90 <i>S_y</i>	1.11
Flexión	A tope	0.60-0.66 <i>S_y</i>	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	0.60 <i>S_y</i>	1.67
Cortante	A tope o de filete	0.30 <i>S_{ut}</i> [†]	

* El factor de seguridad *n* se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.

† El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de 0.40*S_y* del metal base.

propiedades de una barra laminada en caliente, en la vecindad de la soldadura. Por último, al recordar que el metal de aporte, por lo general, es el más fuerte, verifique los esfuerzos en los metales base.

El código AISC para puentes, así como el código AWS, incluye esfuerzos permisibles cuando hay cargas de fatiga. El diseñador no tendrá dificultad para usar estos códigos, pero su naturaleza empírica tiende a ocultar el hecho de que se establecieron mediante el mismo conocimiento de la falla por fatiga ya analizado en el capítulo 6. Por supuesto, en el caso de las estructuras consideradas por estos códigos, los esfuerzos reales *no pueden* exceder los esfuerzos permisibles; de otra manera, el diseñador resulta legalmente responsable. Pero en general, los códigos tienden a ocultar el margen de seguridad real implicado.

Se sugiere que se utilicen los factores de concentración de esfuerzo de fatiga que se presentan en la tabla 9-5. Dichos factores se deben emplear para el metal base, así como para el metal de aporte. En la tabla 9-6 se proporciona información de carga constante y los tamaños mínimos de los filetes.

Tabla 9-5

Factores de concentración del esfuerzo, *K_f*

Tipo de soldadura	<i>K_f</i>
A tope reforzada	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes paralelos, en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

Tabla 9-6

Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete

Nivel de resistencia del metal de aporte (EXXX)												
	60*	70*	80	90*	100	110* 120						
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial												
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0 36.0						
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal												
$\dagger f =$	12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h 25.45h						
Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal												
Tamaño del cateto h, pulg	1	7/8	3/4	5/8	1/2	7/16	3/8	5/16	1/4	3/16	1/8	1/16
	12.73	11.14	9.55	7.96	6.37	5.57	4.77	3.98	3.18	2.39	1.59	0.795
	14.85	12.99	11.14	9.28	7.42	6.50	5.57	4.64	3.71	2.78	1.86	0.930
	16.97	14.85	12.73	10.61	8.48	7.42	6.36	5.30	4.24	3.18	2.12	1.06
	19.09	16.70	14.32	11.93	9.54	8.35	7.16	5.97	4.77	3.58	2.39	1.19
	21.21	18.57	15.92	13.27	10.61	9.28	7.95	6.63	5.30	3.98	2.65	1.33
	23.33	20.41	17.50	14.58	11.67	10.21	8.75	7.29	5.83	4.38	2.92	1.46
	25.45	22.27	19.09	15.91	12.73	11.14	9.54	7.95	6.36	4.77	3.18	1.59

* En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AISC-AWS Task Committee.

$\dagger f = 0.707h_{T_{perm}}$

Programa B: tamaño mínimo de soldadura de filete, h

Esesor del material de la parte unida más gruesa, pulg	Tamaño de la soldadura, pulg
*Hasta $\frac{1}{4}$ inclusive	$\frac{1}{8}$
Mayor que $\frac{1}{4}$	Hasta $\frac{1}{2}$
Mayor que $\frac{1}{2}$	Hasta $\frac{3}{4}$
\dagger Mayor que $\frac{3}{4}$	Hasta $1\frac{1}{2}$
Mayor que $1\frac{1}{2}$	Hasta $2\frac{1}{4}$
Mayor que $2\frac{1}{4}$	Hasta 6
Mayor que 6	$\frac{5}{8}$

No se debe exceder el espesor de la parte más delgada.

* El tamaño mínimo para aplicaciones en puentes no puede ser menor a $\frac{3}{16}$ pulg.

\dagger Para tamaño mínimo del filete de soldadura, el programa no puede ser mayor que la soldadura de filete de $\frac{5}{16}$ pulg por cada $\frac{3}{4}$ pulg de material.

Tabla 11-6 Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero

Número de grado de la SAE	Intervalo del tamaño del diám. ext. (in)	Resistencia de prueba mínima (kpsi)	Resistencia a la fluencia mínima (kpsi)	Resistencia a la tensión mínima (kpsi)	Material
1	0.25–1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
2	0.25–0.75	55	57	74	bajo o medio carbono
2	0.875–1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
4	0.25–1.5	65	100	115	medio carbono, forjado en frío
5	0.25–1.0	85	92	120	medio carbono, Q&T*
5	1.125–1.5	74	81	105	medio carbono, Q&T
5.2	0.25–1.0	85	92	120	martensita al bajo carbono, Q&T
7	0.25–1.5	105	115	133	aleación al medio carbono, Q&T
8	0.25–1.5	120	130	150	aleación al medio carbono, Q&T
8.2	0.25–1.0	120	130	150	martensita al bajo carbono, Q&T

* Templado y revenido

con marcas (o sin ellas) sobre la cabeza. La tabla 11-6 presenta información sobre la resistencia para varios grados SAE de pernos y la tabla 11-7 muestra información similar para pernos métricos. Las marcas en la cabeza, para cada grado o clase, se ilustran en las figuras 11-19 y 11-20.

Grado SAE

1



2



4



5



5.2



7



8



8.2



11.7 SUJETADORES PRECARGADOS A LA TENSIÓN

Una de las aplicaciones fundamentales de pernos y tuercas es sujetar piezas para mantenerlas juntas en situaciones donde las cargas aplicadas someten el(los) perno(s) a tensión, como se indica en la figura 11-21. Es una práctica común precargar la junta apretando el(los) perno(s) con un torque suficiente para crear cargas de tensión aproximadas a su resistencia de prueba. Para ensambles cargados estáticamente, se utiliza algunas veces una precarga que genera un esfuerzo en el perno tan alto como el 90% de la resistencia de prueba. Para ensambles cargados dinámicamente (carga de fatiga), se usa comúnmente una precarga del 75% o más de la resistencia de prueba. Suponiendo que los pernos tienen el tamaño adecuado para las cargas aplicadas, estas precargas altas hacen muy improbable que los pernos se rompan durante el servicio, si no se rompen

Tabla 11-7 Especificaciones métricas y resistencias para pernos de acero

Número de clase	Intervalo del tamaño del diám. ext. (mm)	Resistencia de prueba mínima (MPa)	Resistencia a la fluencia mínima (MPa)	Resistencia a la tensión mínima (MPa)	Material
4.6	M5–M36	225	240	400	bajo o medio carbono
4.8	M1.6–M16	310	340	420	bajo o medio carbono
5.8	M5–M24	380	420	520	bajo o medio carbono
8.8	M3–M36	600	660	830	medio carbono, Q&T
9.8	M1.6–M16	650	720	900	medio carbono, Q&T
10.9	M5–M36	830	940	1 040	martensita al bajo carbono, Q&T
12.9	M1.6–M36	970	1 100	1 220	aleación, templada y revenida

FIGURA 11-19

Marcas en las cabezas de pernos SAE

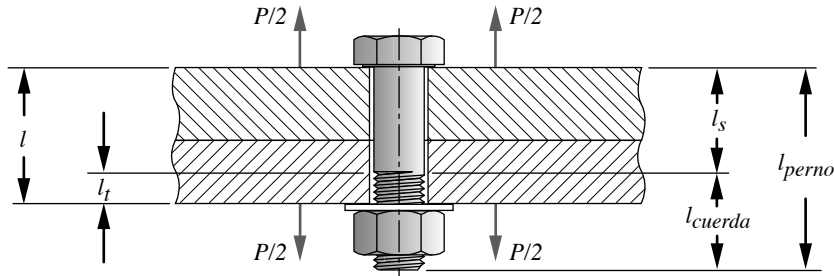


FIGURA 11-21
Ensamble con perno en tensión

mientras se someten a tensión (se aprietan). Las razones de esto son sutiles y requieren del conocimiento de cómo interactúan las elasticidades del perno y de los elementos sujetos, cuando el perno se aprieta y cuando una carga externa se aplica posteriormente.

La figura 11-22 ilustra un perno que sujeta un resorte, el cual es análogo al material sujetado de la figura 11-21. Siempre que se sujeta un material, éste tiene una constante de resorte y se comprime cuando se aprieta el perno. (El perno, que también es elástico, se estira cuando se aprieta.) Para propósitos de ilustración, en la figura 11-22a se muestra el resorte como si fuera el material sujetado para exagerar su compresión. Por el mismo motivo, también se postula un método inusual de sometimiento a la tensión de este perno específico. Suponga que se extravía la llave y por ende se pidió a Crusher Casey sujetar esa tuerca y jalarla hacia abajo con una fuerza de 100 lb, mientras se coloca un pedazo de acero entre la tuerca y la estructura para que sirva de tope, como se indica en (b). El perno tiene ahora sobre él 100 lb de precarga de tensión y el resorte (es decir, el material) recibe 100 lb de precarga por compresión. Esta precarga se conserva en el montaje, incluso después de que Crusher se haya ido (c). La situación descrita en (c) es idéntica a la que resultaría si la tuerca se aprieta convencionalmente para comprimir el resorte la misma cantidad.

La figura 11-22d muestra una carga nueva de 90 lb que se aplica al perno. Observe que la tensión en el perno todavía es de 100 lb y así continuará, a pesar de la carga externa aplicada, hasta que la carga exceda la precarga de 100 lb en este caso. La figura 11-22e

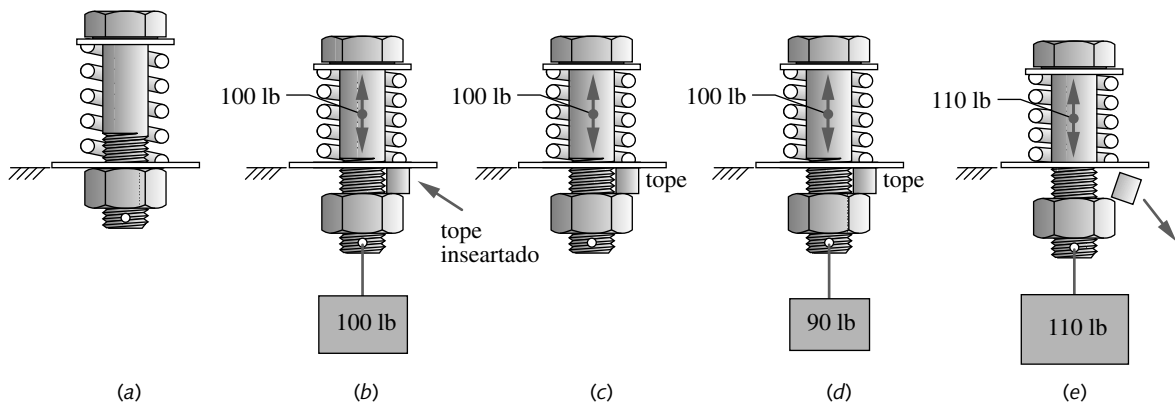


FIGURA 11-22
Precarga en un ensamble con perno

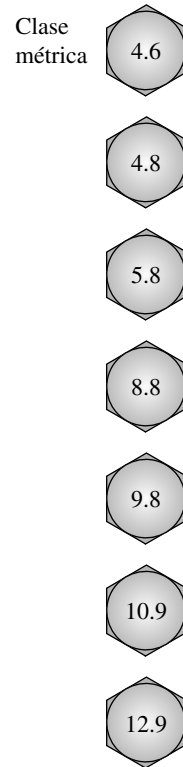


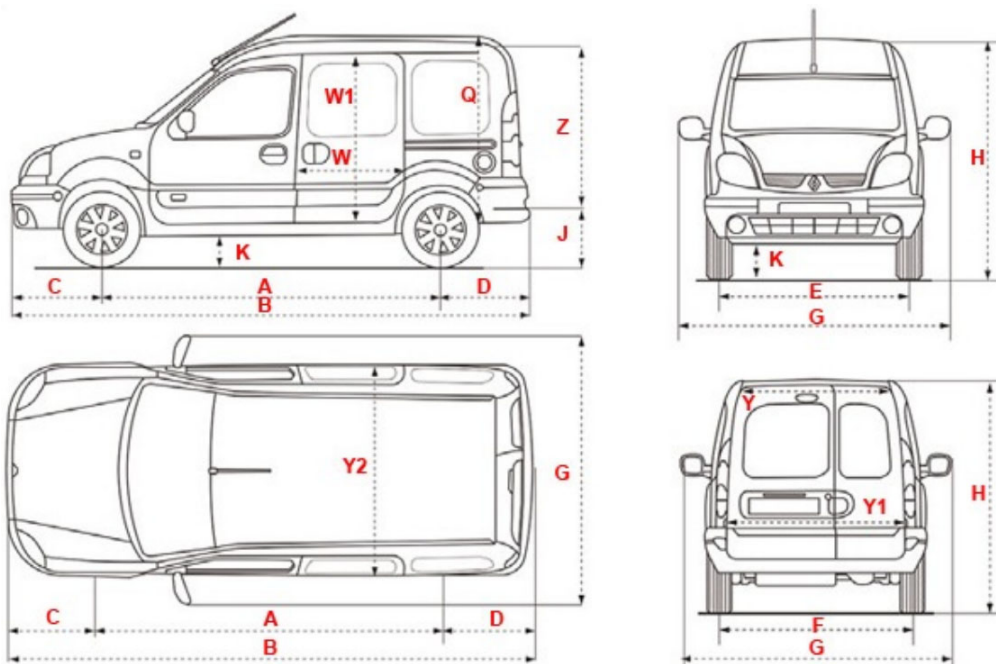
FIGURA 11-20
Marcas en la cabeza, tornillos métricos



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Reconquista

Proyecto Final
Mg. Ing. Elvio Daniel Antón – Esp. Ing. Gabriel P. Colman
Soto, Walter Ariel

Anexo E



Cotas	Detalle	(mm)
A	Distancia entre ejes	2600
B	Largo total	4010
C	Voladizo delantero	707
D	Voladizo trasero	708
E	Trocha delantera	1400
F	Trocha trasera	1415
G	Ancho total sin/con espejos	1672/2030
H	Altura total en orden de marcha	1860
J	Altura al piso de carga	625
K	Despeje en orden de marcha	205
Q	Altura interior en zona de carga	1257
W	Ancho al acceso de la puerta lateral corrediza	619
W1	Alto al acceso de la puerta lateral corrediza	1093
Y	Ancho mínimo al acceso del portón trasero	1069
Y1	Ancho máximo al acceso del portón trasero	1219
Y2	Ancho entre pasarruedas	1172
Z	Alto al acceso de las puertas traseras	1166



Anexo F

Ficha de datos técnicos PLA

Ultimaker

Denominación química	Ácido poliláctico
Descripción	El filamento de PLA Ultimaker ofrece una experiencia de impresión 3D sencilla gracias a su fiabilidad y buena calidad superficial. Nuestro PLA está fabricado con materiales orgánicos y renovables. Es seguro, fácil de utilizar en la impresión y se adecua a una amplia gama de aplicaciones para usuarios nuevos y experimentados.
Características principales	El PLA ofrece una buena resistencia a la tracción y calidad superficial, facilita el trabajo a altas velocidades de impresión, simplifica el uso en entornos domésticos y de oficina y permite la creación de piezas de alta resolución. Existe una amplia gama de opciones de color disponibles.
Aplicaciones	Herramientas domésticas, juguetes, proyectos educativos, objetos de exposición, prototipado, modelos arquitectónicos y también métodos de fundición a la cera perdida para crear piezas de metal.
No adecuado para	Aplicaciones en contacto con alimentos e in vivo. Uso prolongado en exteriores o aplicaciones en las cuales la parte impresa está expuesta a temperaturas superiores a 50 °C.

Especificaciones del filamento

	<u>Valor</u>	<u>Método</u>
Diámetro	2,85 ± 0,10 mm	-
Desviación de redondez máxima	0,10 mm	-
Peso neto del filamento	350 g / 750 g	-
Longitud del filamento	~44 m / ~95 m	-

Información sobre el color

<u>Color</u>	<u>Código de color</u>
PLA verde	RAL 6018
PLA negro	RAL 9005
PLA plata metalizado	RAL 9006
PLA blanco	RAL 9010
PLA transparente	n.p.
PLA naranja	RAL 2008
PLA azul	RAL 5002
PLA magenta	RAL 4010
PLA rojo	RAL 3020
PLA amarillo	RAL 1003
PLA blanco nacarado	RAL 1013

<u>Propiedades mecánicas (*)</u>	<u>Moldeo por inyección</u>		<u>Impresión 3D</u>	
	Valor típico	Método de ensayo	Valor típico	Método de ensayo
Módulo de elasticidad a la tracción	-	-	2346,5 MPa	ISO 527 (1 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la deformación	-	-	49,5 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la rotura	-	-	45,6 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Alargamiento a la deformación	-	-	3,3 %	ISO 527 (50 mm/min)
Alargamiento a la rotura	-	-	5,2 %	ISO 527 (50 mm/min)
Resistencia a la flexión	-	-	103,0 MPa	ISO 178
Módulo de flexión	-	-	3150,0 MPa	ISO 178
Resistencia a la prueba de impacto Izod, con mella (a 23 °C)	-	-	5,1 kJ/m ²	ISO 180
Resistencia a la prueba de impacto Charpy (a 23 °C)	-	-	-	-
Dureza	-	-	83 (Shore D)	Durómetro

<u>Propiedades térmicas</u>	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ensayo</u>
Índice de fluidez (MFR)	6,09 g/10 min	ISO 1133 (210 °C, 2,16 kg)
Deformación térmica (HDT) a 0,455 MPa	-	-
Deformación térmica (HDT) a 1,82 MPa	-	-
Transición vítrea	~60 °C	ISO 11357
Coefficiente de expansión térmica	-	-
Temperatura de fusión	145-160 °C	ISO 11357
Contracción térmica	-	-

<u>Otras propiedades</u>	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ensayo</u>
Gravedad específica	1,24	ASTM D1505
Clasificación de llama	-	-

(*) Ver las notas.



Anexo G

LA40

The LA40 is a low noise and powerful actuator which is available in a 1,500 N, 4,000 N, 6,000 N and an 8,000 N version.

With the LA40, LINAK offers a new durable actuator with high speed/high performance and mechanical endstop for first failure safety making it the right choice for the future market. The LA40 versions are rated up to IPX6 Washable DURA™, except for the LA40 PL version which is rated up to IPX6.

The LA40 8,000 N is available in three versions:

- Standard
- High Performance (HP)
- Patient Lift (PL)

Based on the extensive knowledge and experience from previous actuator families, LINAK has developed new gear and braking principles that improve the efficiency of the LA40. These innovative solutions are covered by several patents. Equipped with a socket for exchangeable cables, the LA40 has the same flexibility as previous families, and existing minifit cables can be used.

The LA40 family has a very smooth design, enlarging their field of application due to easy cleanability and mounting flexibility.

The LA40 is designed for a wide range of applications within both the medical and beds market such as e.g. care and hospital beds, couches, and dental chairs. The LA40 can be ordered with an optional spline function (push only) and/or quick release.

LA40 8,000 N range:

- The standard version runs 8,000 N from 0-50 mm stroke length with a subsequent decreasing load on the rest of the stroke length
- The High Performance version can perform 8,000 N on full stroke length
- The Patient Lift version can perform 8,000 N on full stroke length.



Features & Options:

- Load in push: 1,500 N, 4,000 N, 6,000 N and an 8,000 N
- Load in pull:
 - LA40 Std. + LA40 HP without spline, up to 2,000 N
 - LA40 PL (not suitable for pull)
- Housing colour: Light grey, RAL 7035
- Protection class:
 - IPX6, IPX6 Washable DURA™ (manual lowering only IPX6)
- Motor: Std. motor (B), HP motor (G), PL motor (F)
- Stroke length:

Standard and High Performance version:

- 1,500 N: 50 - 405 mm (in steps of 5 mm)
(from 410 - 600 mm stroke is only for special articles)
- 4,000 N: 50 - 300 mm (in steps of 5 mm)
- 6,000 N: 50 - 200 mm (in steps of 5 mm)
- 8,000 N: 50 - 250 mm (in steps of 5 mm)

Patient Lift version:

- 8000 N: 50 - 300 mm (in steps of 5 mm) with SF 2.0
- 6000 N: 50 - 400 mm (in steps of 5 mm) with SF 2.0
(in accordance with ISO 10535)

Longer stroke lengths are possible - please contact your nearest sales office.

This may have influence on the safety factor.

- Minimum built-in dimensions:
Standard and High Performance version:
 Stroke + 170 mm
 With mechanical spline, stroke + 180 mm
 With QR, stroke + 180 mm
 With mechanical spline and QR, stroke + 190 mm
 With ratchet spline and QR, stroke + 180 mm
 With QR Damper, add 15 mm to BID for all QR versions
Patient Lift version:
 Stroke + 274 mm; $S \leq 300$ mm
 Stroke + 294 mm; $S \leq 400$ mm
- Positioning options: Dual Hall with power switches & dual Hall analogue, encoded with signal switches (16 pulses per rev.)
 Potentiometer input 0-5 Volt
- Quick release: Internal, only for LA40 Standard versions
- Quick release Damper: Internal, only for LA40 Standard versions
- Manual lowering: Only for Patient Lift version
- Noise level: ≤ 50 dB (A)
- Nut: Guided spindle nut for Standard and High Performance
 Non-guided spindle nut for Patient Lift version (ML)
- Safety nut: Standard
- Spline: Mechanical spline
 Ratchet spline (for Standard, PL, HP and QR versions only)
 - Required activation force during inward operation: 50-100 N
 - For QR versions:
 Force required to manually activate spline (actuator not in operation): Static pull force = 300-550 N
- Built-in electrical limit switch: Signal switch or power switch
- Built-in endstop: Mechanical (for safety only)
- Exchangeable cable: Minifit plug
- Safety factor is: Up to 2.5
 Beds = 2.0
 Medical = 2.5 (Standard and HP versions) in accordance with norms
 Medical = 2.0 (PL version) in accordance with norms
- Weight: > 2.0 kg (depending on version and specification)
- Static bending moment: No side load allowed
- Feedback type: None, dual hall (digital or encoded dual hall) Potentiometer (only for QR version)

Usage:

- Duty cycle: 10%, 2 minutes continuous use, followed by 18 minutes not in use
- Usage temperature: 5 °C to 40 °C
- Storage temperature: -10 °C to 50 °C
- Compatibility: Compatible with LINAK control boxes. Please contact LINAK.
- Relative humidity: 20% to 80% - non-condensing
- Atmospheric pressure: 700 to 1,060 hPa
- Height above sea level: Max. 3,000 meters
- Flammability rating: UL94V-2
- Approvals: IEC 60601-1, ANSI/AAMI ES60601-1, CAN/CSA-C22.2 No 60601-1

Technical specification

Actuator type	Motor type	Power Supply	Spindle pitch (mm)	Max. load Push (N)	Self-locking Push (N)	Max. load pull without spline (N)	Typical speed at 0/max. load (mm/sec.)	Typical current at full load (Amps)
LA40 Std.	Standard (B)	24 VDC	3	8,000	8,000	2,000	4.1/2.5	5.5
LA40 Std.	Standard (B)	33 VDC	3	8,000	8,000	2,000	5.5/4.0	5.5
LA40 Std.	Standard (B)	24 VDC	4	8,000	8,000	2,000	5.5/3.0	6.1
LA40 Std.	Standard (B)	33 VDC	4	8,000	8,000	2,000	7.3/5.0	6.3
LA40 HP	HP motor (G)	33 VDC	4	8,000	8,000	2,000	9.2/6.5	7.5
LA40 PL	PL motor (F)	24 VDC	4	8,000	8,000	-	9.3/6.1	9.0
LA40 Std.	Standard (B)	24 VDC	4	6,000	6,000	2,000	5.5/3.6	5.1
LA40 Std.	Standard (B)	33 VDC	4	6,000	6,000	2,000	7.3/5.6	5.0
LA40 Std.	QR	24V DC	5	4,000	4,000	-	6.5/5.2	3.5
LA40 Std.	QR	33V DC	5	4,000	4,000	-	9.0/7.5	3.7
LA40 Std.	Standard (B)	24V DC	5	4,000	4,000	2,000	6.5/5.2	3.5
LA40 Std.	Standard (B)	33V DC	5	4,000	4,000	2,000	9.0/7.5	3.7
LA40 Std.	Standard (B)	24V DC	9	1,500	1,500	1,500	11.9/10.4	2.3
LA40 Std.	Standard (B)	33V DC	9	1,500	1,500	1,500	16.3/14.9	2.3



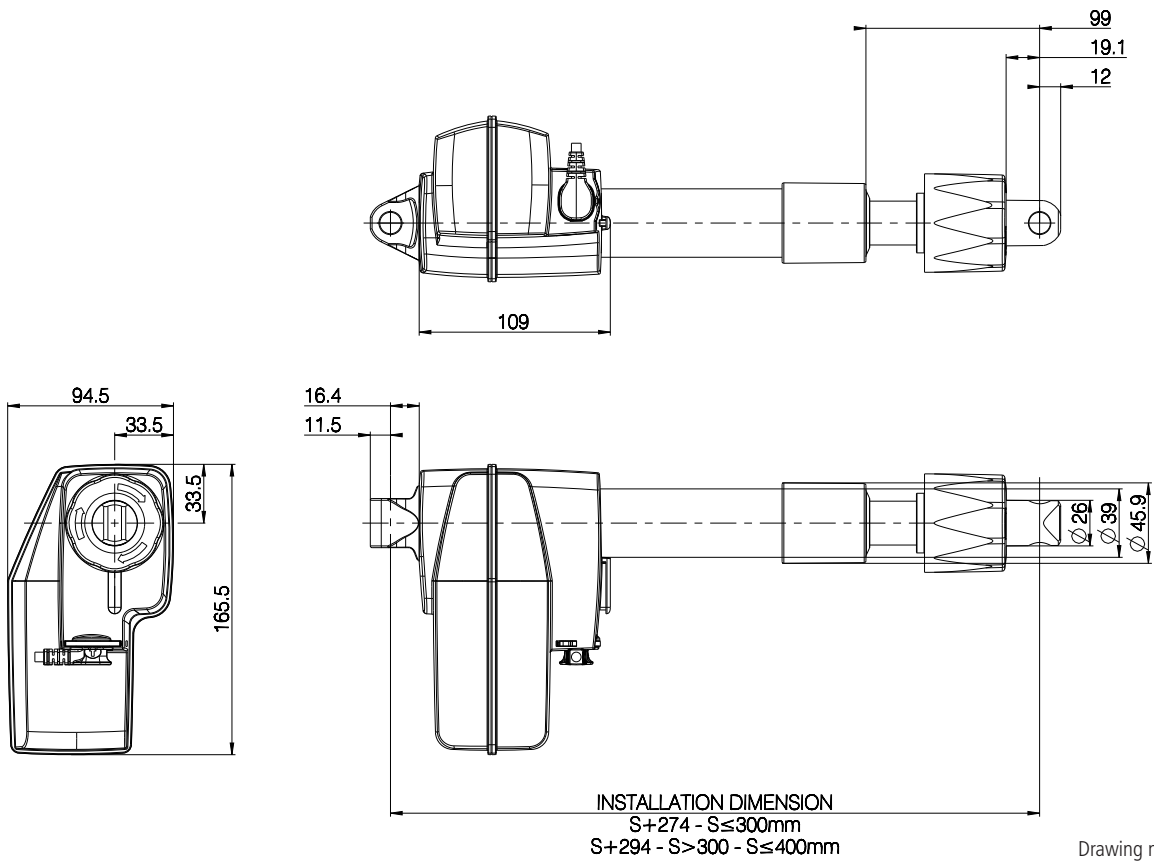
Please note that extension of the built-in dimension may reduce the safety factor.

LA40

Ordering example:

Actuator type:		LA		QR	Std.	HP	PL
	40						
Spindle pitch:	040	030 = 3 mm	Only available for 8000 N version Standard			X	
		040 = 4 mm	Available for 4000 N without QR, 6000 N and all 8000 N HP/PL versions		X	X	X
		050 = 5 mm	Only available for 4000 N version	X	X		
		090 = 9 mm	Only available for 1500 N version			X	
Stroke length:	200	xxx = xxx mm	1500 N: From 50-405 mm in steps of 5 mm		X		
			4000 N: From 50-300 mm in steps of 5 mm	X	X		
			6000 N: From 50-200 mm in steps of 5 mm			X	
			8000 N: From 50-250 mm in steps of 5 mm		X	X	
			8000 PL: From 50-400 mm in steps of 5 mm				X
Safety:	0A	0A = Safety Nut		X	X		
		0D = Mech. Spline + Safety nut	Only available for 4000 N	X	X		
		0K = Ratchet Spline + Safety Nut	Only available for "Quick Release": 1 = QR.		X		
		0L = Ratchet Spline + Safety Nut	Only available for High Performance and Patient Lift versions			X	X
Feedback:	00	00 = None (F1)	Possible with any end stop type	X	X	X	X
		0H = Dual Hall, digital (F2)	Not available for QR version. Only possible with end stop type: 0 = Power switch (E1)		X	X	X
		0M = Dual Hall, encoded (F3)	Not available for QR version. Only possible with end stop type: 2 = Encoded (E3)		X	X	X
		0P = Potentionmeter (F6)	Only available for QR version. Not possible with end stop type: 2 = Encoded (E3) Max. possible stroke length is 280 mm (spindle pitch 5 mm)	X			
Platform:	0	0 = None (P0)		X	X	X	X
Motor type:	B	B = 24 VDC Normal		X	X		
		G = 24 VDC High performance				X	
		F = 24VDC Patient Lift (only 24VDC)					X
Endstop:	0	0 = Power switch (E1)	JUMBO + 3rd party control boxes	X	X	X	X
		1 = Signal switch (E2)	LINAK control boxes (analogue + OpenBus)	X	X	X	
		2 = Encoded (E3)	LINAK control boxes (analogue + OpenBus)	X	X	X	
IP degree:	6	6 = IPX6		X	X	X	X
		W = IPX6 Washable DURATM		X	X	X	
Colour:	+	+ = Light Grey RAL 7035		X	X	X	X
Back fixture:	1	1 = With slot Ø10,2	Only available for ≤ 6000 N version			X	
		2 = With slot Ø12,2	Only available for ≤ 6000 N version			X	
		3 = Solid Ø10,2	Only available for QR and 8000 N version	X	X		
		4 = Solid Ø12,2	8000 N version			X	
		6 = With slot Ø 10,2	Only available for 8000 N High performance + Patient lift versions			X	X
		7 = With slot Ø 12,2	Only available for 8000 N High performance + Patient lift versions			X	X
		8 = Solid Ø10.2 Long Hole	Only available for 4000N with QR Damper			X	
Back fixture rotation:	0	1 = Standard *)		X	X	X	X
		2 = Turned 90°		X	X	X	X
Piston Rod:	D	C = Steel Ø12.2 (Solid)	Not possible for HP version	X	X		
		D = Steel Ø12.2 (With Slot)	Not possible for QR version		X	X	
		F = ML Ø12.2	Only for manual lowering option				X
		G = ML Ø12.2 (With slot)	Only for manual lowering option *) please note in system spec. if other colour (red) is requested				X
Bushings:	A	A = No Bushings		X	X	X	X
		B = Plastic bushings with Ø 10.2 hole in piston rod		X	X	X	X
Brake:	1	1 = Brake in push		X	X	X	X
Install. Dim:	370	xxx = xxx mm	Standard + High performance (HP):	BID = SL + 170 (minimum BID = SL + 170)	X	X	
			Standard with mech. spline:	BID = SL + 180 (minimum BID = SL + 180)		X	
			QR:	BID = SL + 180 (minimum BID = SL + 180)	X		
			QR with ratchet spline:	BID = SL + 180 (minimum BID = SL + 180)	X		
			QR with mech. spline:	BID = SL + 190 (minimum BID = SL + 190)	X		
			QR with Damper	Add 15mm BID to all QR versions	X		
			ML with ratchet spline:	BID = SL + 274 (SL ≤ 300)			X
			ML with ratchet spline:	BID = SL + 294 (300 < SL ≤ 400)			X
Option load	1	1 = 6000 N version				X	
		2 = 8000 N version (8000 N – 5500 N)				X	
		3 = 1500 N version				X	
		4 = 4000 N version			X	X	
		6 = 8000 N version (full stroke)				X	X
Fire Category:	2	2 = V2		X	X	X	X
Option Lowering:	0	0 = None		X	X	X	
		1 = QR	Only available for 4000 N version		X		
		2 = QR with damper	Only Available for 4000 N version		X		
		J = Manual lowering (ML)	Not possible for QR				X
Not Used	0	0 = Not specified		X	X	X	X
Safety factor	0	0 = 2.0	Bed applications	X	X	X	
		1 = 2.0 PL	Patient lifts				X
		2 = 2.5	Medical applications	X	X	X	

LA40 Patient Lift

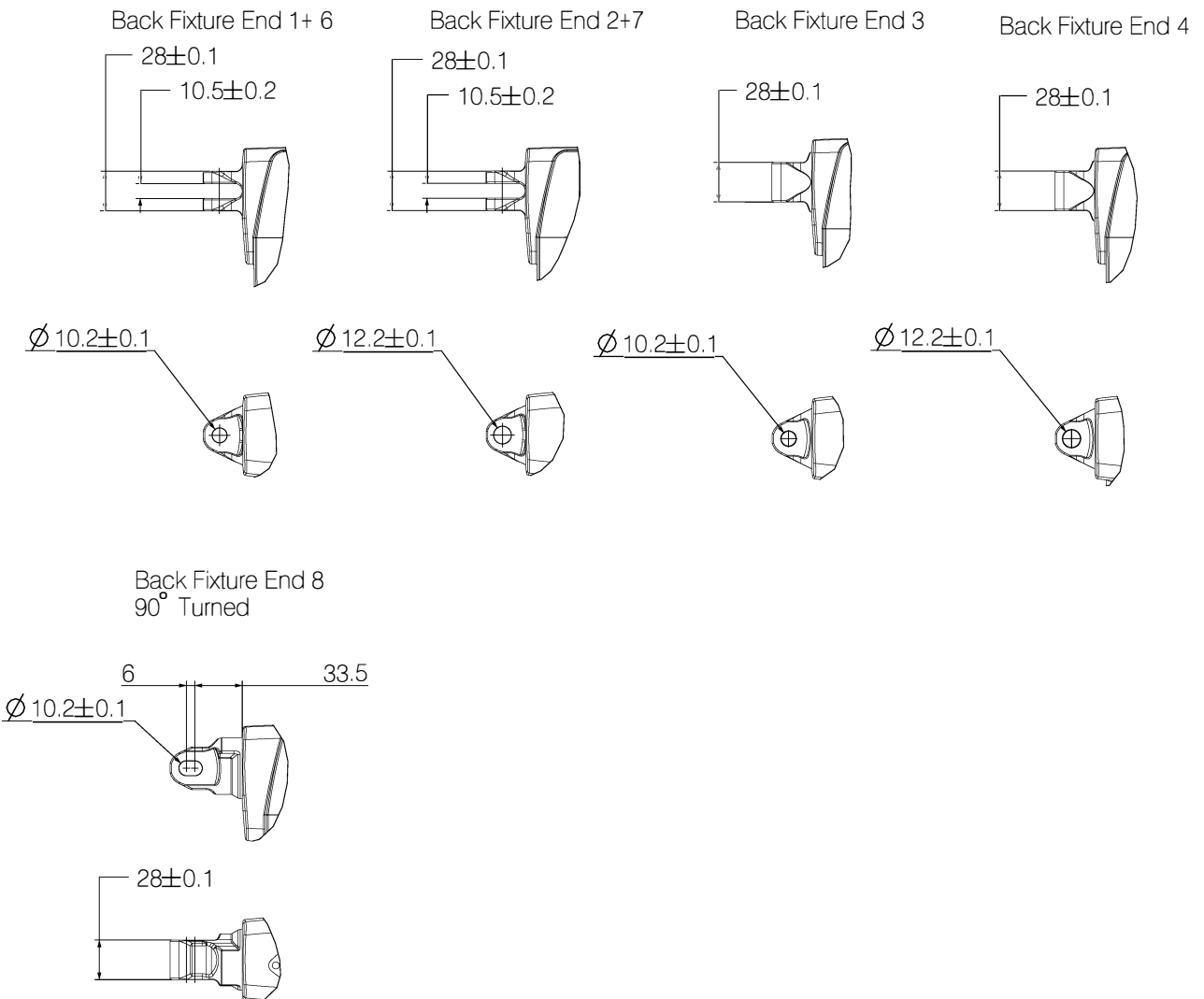


Drawing no.: 0404022

Details on back fixture:

Back fixture (for further details see ordering example)							
	End 1	End 2	End 3	End 4	End 6	End 7	End 8
1,500 N	X	X					
4,000 N with QR			X				X
4,000 N with QR + Damper							X
4,000 N without QR	X	X					
6,000 N	X	X					
8,000 N Standard			X	X			
8,000 N HP					X	X	
8,000 N PL					X	X	

Back fixture overview - shown in standard orientation, also available in 90°

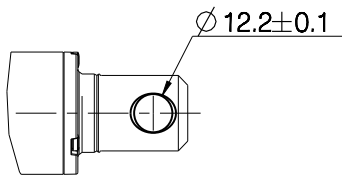
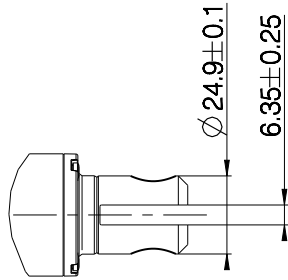


Details on piston rod eyes:

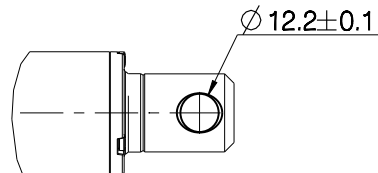
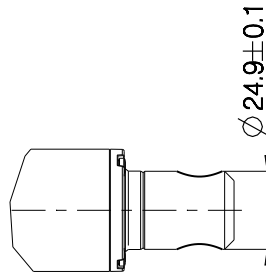
Piston rod eyes							
	End 1	End 2	End 3	End 4	End 5 Manual lowering	End 6	End 7
1,500 N	X	X	X	X			
4,000 N with QR		X		X			
4,000 N without QR	X	X	X	X			
6,000 N	X	X	X	X			
8,000 N Standard		X		X			
8,000 N HP						X	X
8,000 N PL					X		

Piston rod eyes for LA40 Standard:

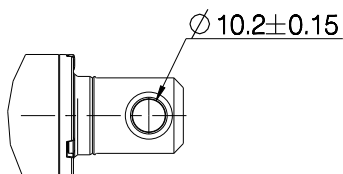
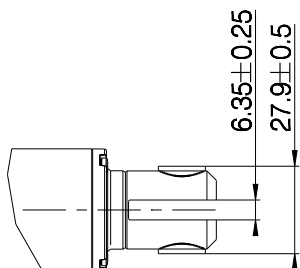
End 1 (Type D)
With slot, no bushings



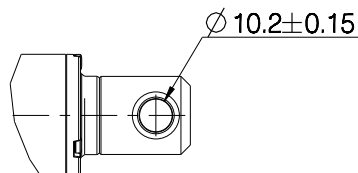
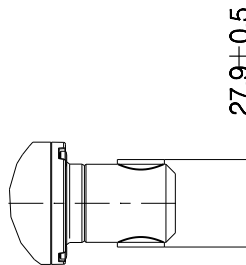
End 2 (Type C)
Solid, no bushings



End 3 (Type D + option B)
With slot, with bushings

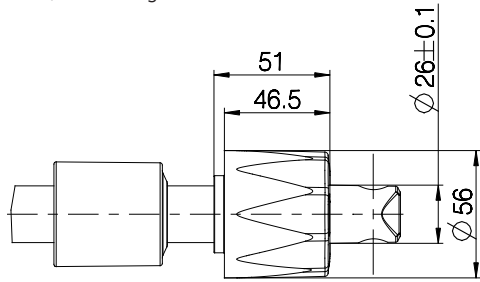


End 4 (Type C + option B)
Solid, with bushings

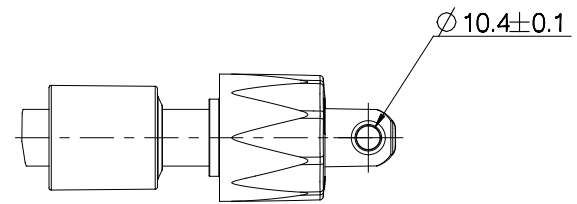
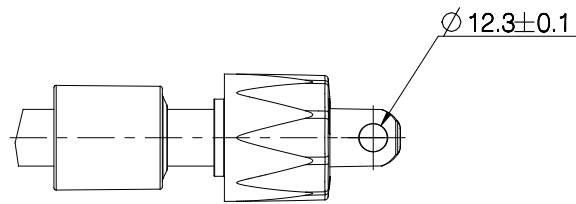
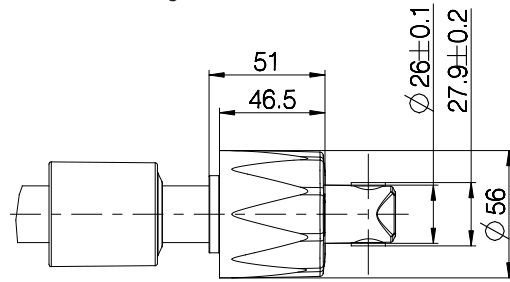


Piston rod eyes for LA40 HP and PL:

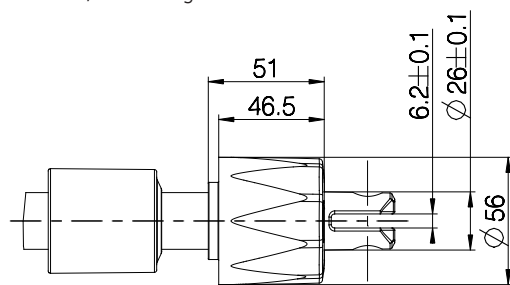
End 5 (Type F)
Solid, no bushings



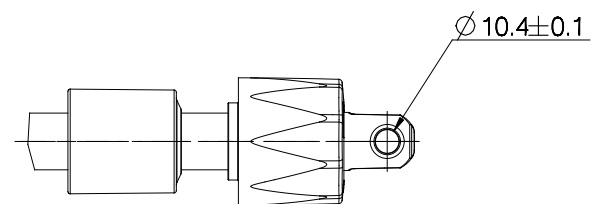
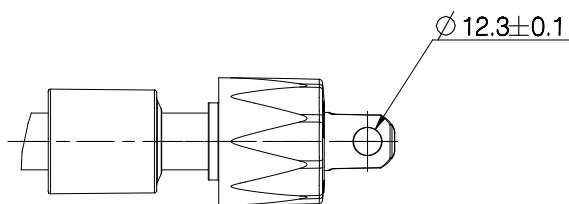
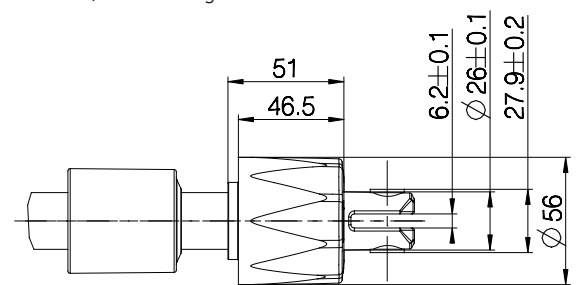
End 5 (Type F)
Solid, with bushings



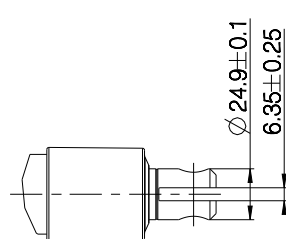
End 5 (Type G)
With slot, no bushings



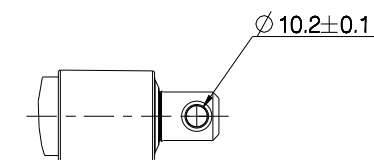
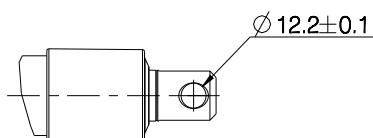
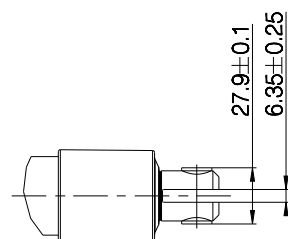
End 5 (Type G)
With slot, with bushings



End 6 (Type D)
With slot, no bushings



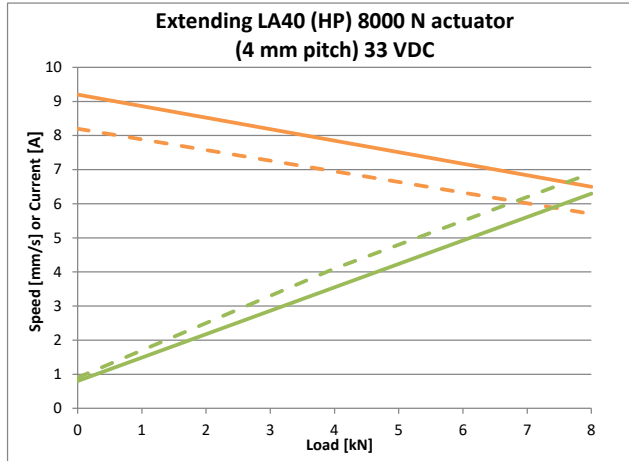
End 7 (Type D)
With slot, with bushings



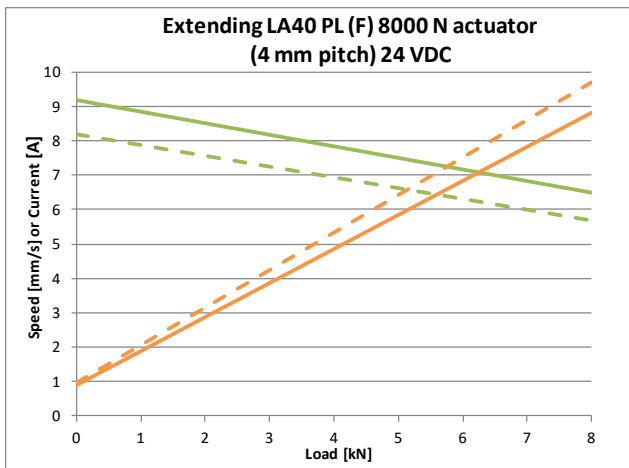
Load curves



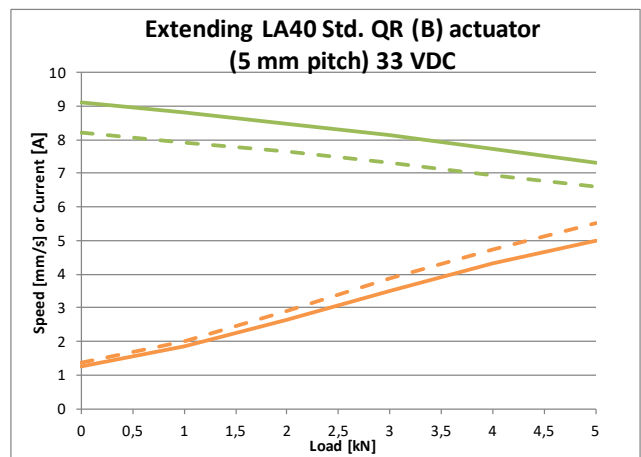
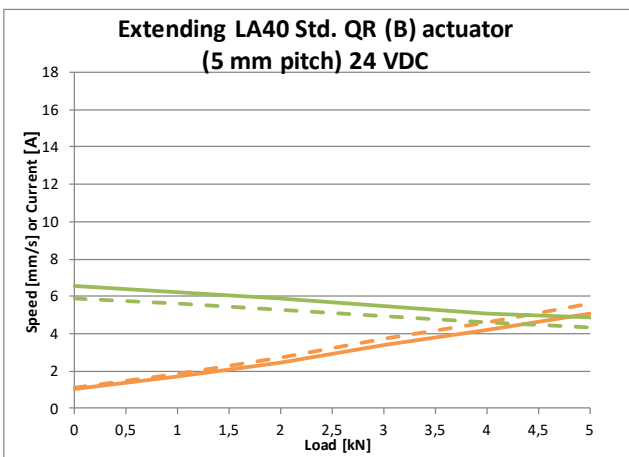
LA40 HP, motor type G:



LA40 PL, motor type F:



LA40 Standard, motor type QR:



Copyright © LINAK 2022.06. MA-M9-02-568-Z. Chapter 5.22

LINAK® accepts no responsibility for possible errors or inaccuracies in catalogues, brochures, and other material. LINAK reserves the right to change its products without prior notice. LINAK cannot guarantee product availability and reserves the right to discontinue the sale of any product. The user is responsible for determining the suitability of LINAK products for a specific application. All sales are subject to the 'Standard Terms of Sale and Delivery', available on LINAK websites.

LINAK and the LINAK logotype are registered trademarks of LINAK A/S. All rights reserved.

BAL50

The BAL50 Li-Ion battery pack is a part of the LIFT50 product series specially developed for patient lifts.

LIFT50 is a complete system consisting of the control box COL50, a battery BAL50 and an external charger CHL50 in a flexible solution. Combined with one or more actuators and a hand control, you have a complete system for modern patient lifts and sit-to-stand lifts.

The BAL50 is a next generation Li-Ion battery technology for high performance and improved return on investment (ROI) due to long lifetime. Packaged in a light, small and ergonomic package for fast and single-handed battery exchange.

The environmental footprint of lithium ion batteries is low due to less waste as only one battery is to be scrapped instead of previously 5 batteries. This also means that less transportation is necessary because of the lower battery weight which is only half the weight of lead acid batteries.



Feature highlights:

- LINAK Li-Ion battery
- Small and light-weight in an ergonomic package for fast and single-handed battery exchange.
- Readily available emergency stop – Brand new concept
- Li-Ion batteries will give you much faster return on investment (ROI)
- IPX6 Washable

Features and options:

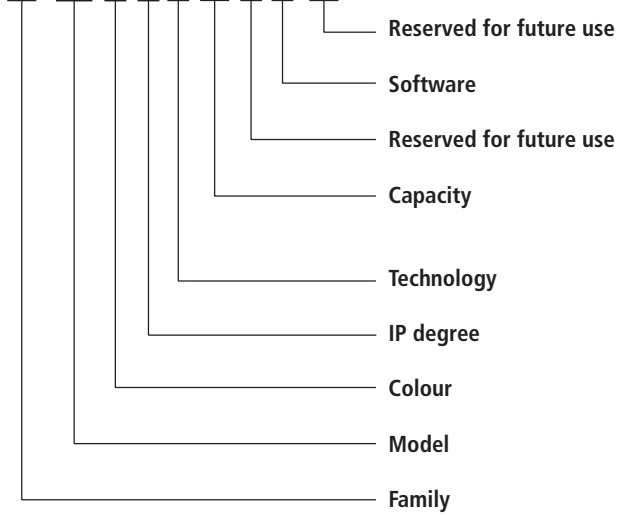
- Capacity: 2.85 Ah
- Weight: 0.9 kg
- Cycles per charge (lifts/lowerings): Approx. 40 cycles*
- Charging time (approx.): 4 hours
- Chemistry: NMC
- Energy: 73.25 Wh
- Voltage: 25.70 V
- IP rating: IPX6 Washable**
- Colour: Signal white RAL 9003

* Number of lifts and lowerings with a fully charged battery under the following conditions: Normal speed (COL50 and LA44), thrust up to 6,000 N
Stroke: S = 200 mm. The actuator does not reach the end position at any time.

** IPX6 Washable can only be guaranteed if a minimum interval of 24 hours between each wash is observed.

**Ordering example
BAL50**

BA L50 D 9 B 29 0 S 000



S = Standard software

2.9 Ah
Ampere-hour (Ah) rounded down to the nearest whole point number

B = Li-Ion (NMC)

9 = IPX6 Washable

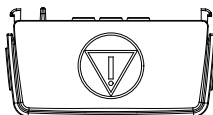
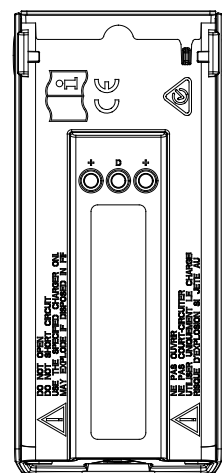
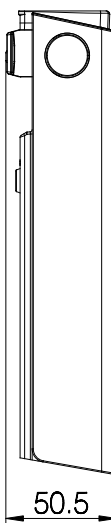
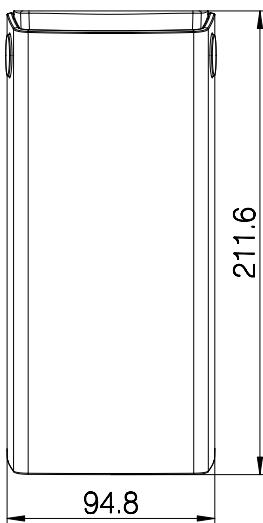
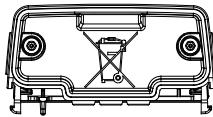
D = White RAL 9003

L50 = LIFT™ 50 series

BA = Battery Box

Remark: NMC = LiNiMnCoO₂ = Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide

Dimension drawing



Drawing no.: 1039w4000

Introduction



The control box COL50 MK2 is a part of the LIFT50 product series specially developed for various applications, for instance patient lifts.

LIFT50 is a complete system consisting of the control box COL50 MK2, a battery BAL50 and an external charger CHL50 in a flexible solution. Combined with one or more actuators and a hand control, you have a complete system for modern application design, such as patient lifts.

The control box COL50 MK2 contains a series of features which meet the patient's and caregiver's need for a safe and comfortable lift. It is equipped with 3 channels, Bluetooth®, redundant controls and speed-boosting for faster positioning, and can be programmed to run while on mains and several actuators in parallel.

Combine this with next generation of Li-Ion battery technology for high performance and improved return on investment (ROI) due to long lifetime. Packaged in a light, small and ergonomic package for fast and single-handed battery exchange.

The streamlined design with a clean bright surface makes it easy to integrate the LIFT50 design into the OEM application design.

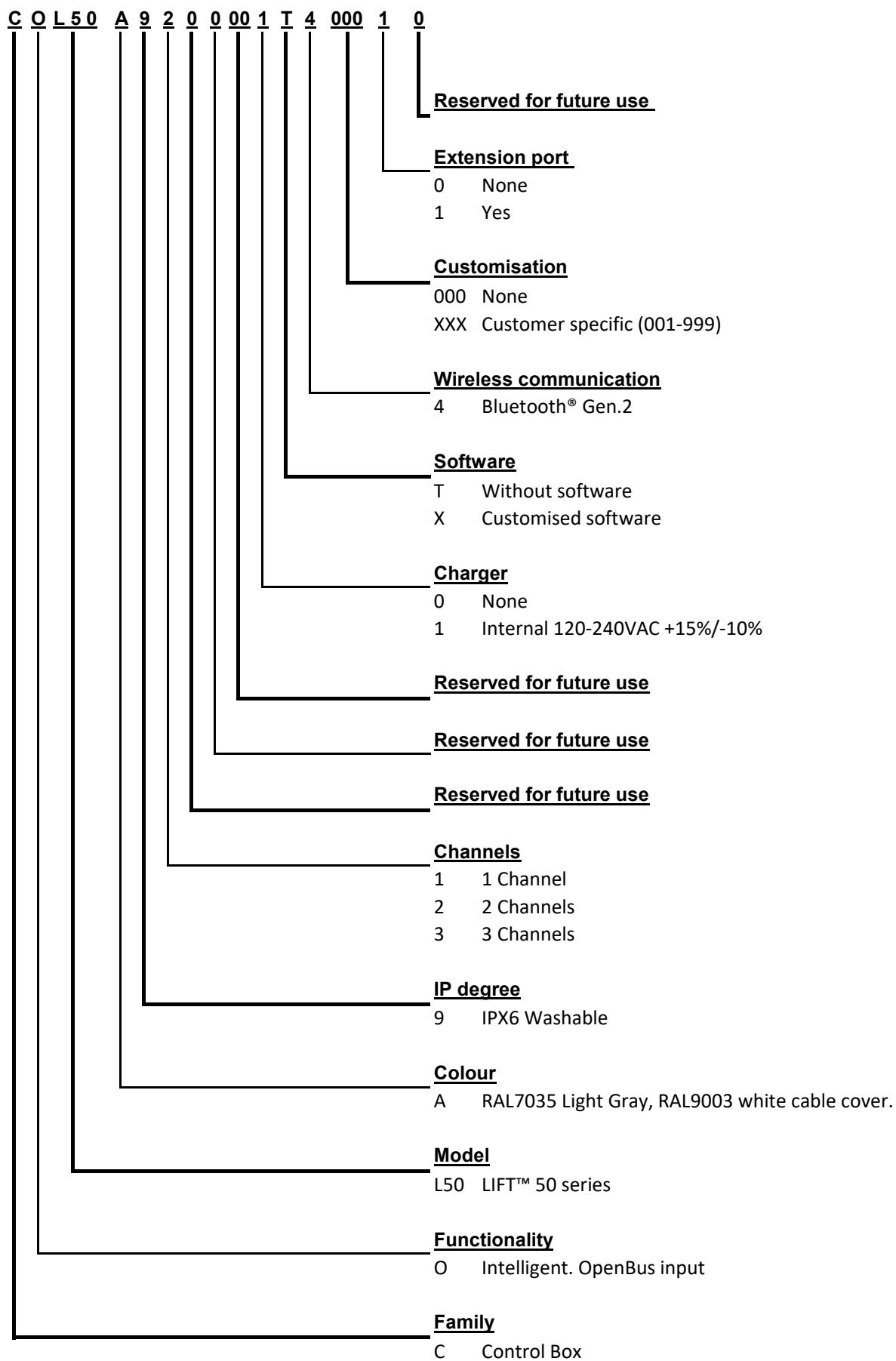
Feature highlights

- Compact modern design
- 3 channels
- Software configurable
- Optional to run while connected to mains
- Parallel drive
- Speed Boost
- Redundant controls
- IPX6 Washable

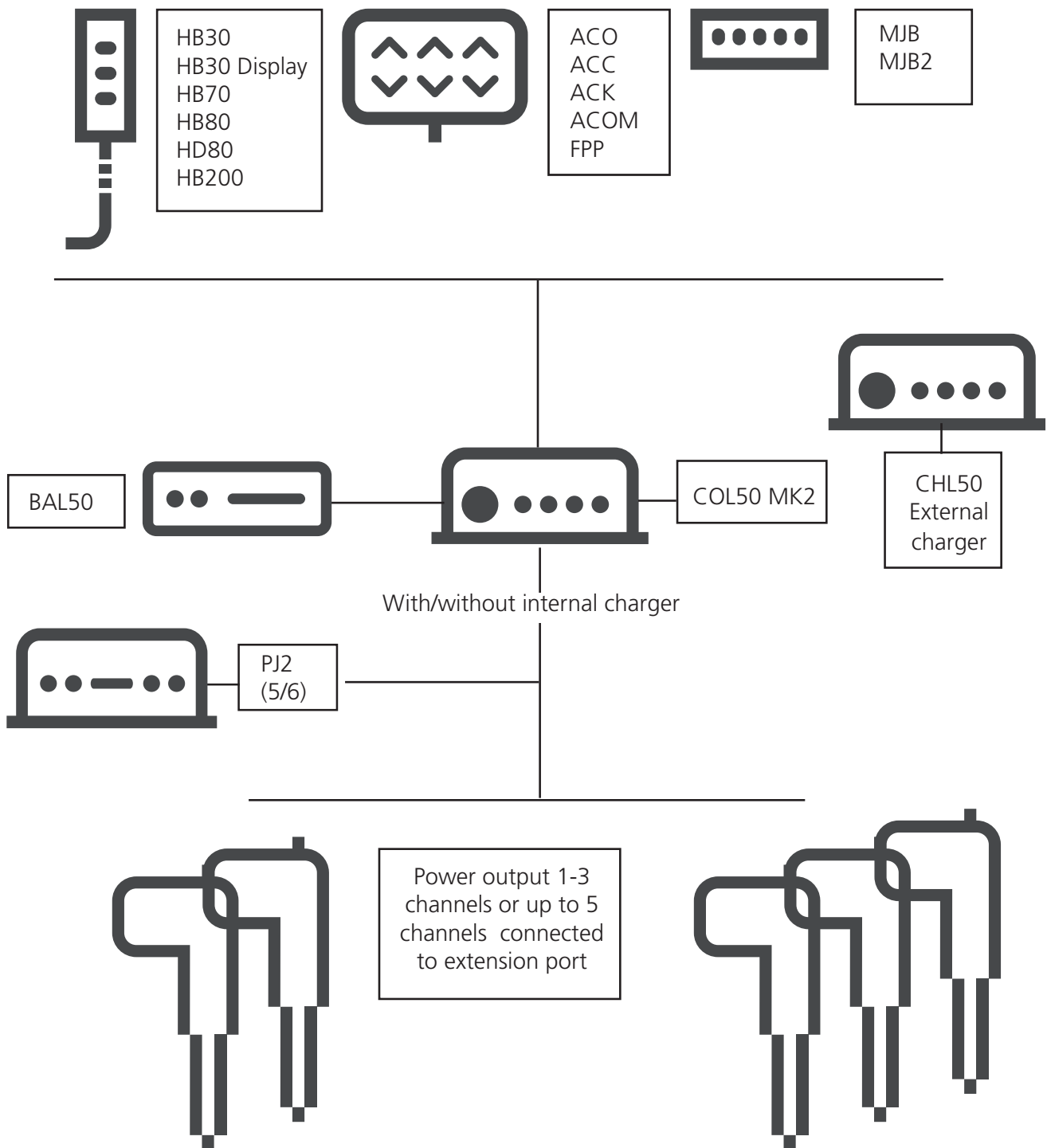
Usage

With internal charger:	Nominal current draw max. 350 mA (depending on input voltage) Power consumption (standby) max. 0.5 W power (depending on input voltage) Input voltage range: 120-240 VAC (50/60 Hz) Power consumption (charging) max. 30 W (depending on input voltage)
Duty cycle:	Max. 10% or 2 min. continuous use followed by 18 min. without use
Operating temperature:	+5 °C to +40 °C
Storage temperature:	-10 °C to +50 °C
Relative humidity:	20% to 80% - non-condensing
Atmospheric pressure:	700 to 1060 hPa
Meters above sea level:	Max. 3000 meters
Approvals:	- EN IEC 60601-1 - ANSI/AAMI ES60601-1 - CAN/CSA-C22.2 NO. 60601-1 - EN IEC 60601-1-2 - RED (EU) - FCC ID (US) - IC ID (Canada) - Telec (Japan)

Ordering example



System overview



Cable mounting and cable cover

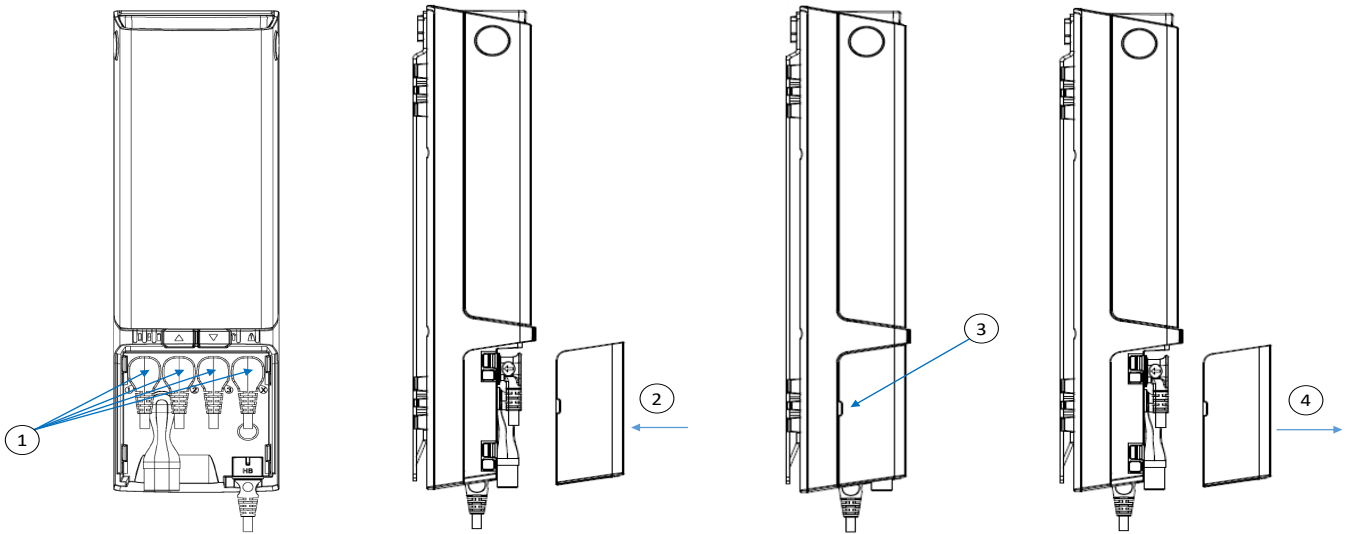
COL50 MK2 has a uniquely designed cable cover which also works as an integrated cable cover when closed.

To close cable cover

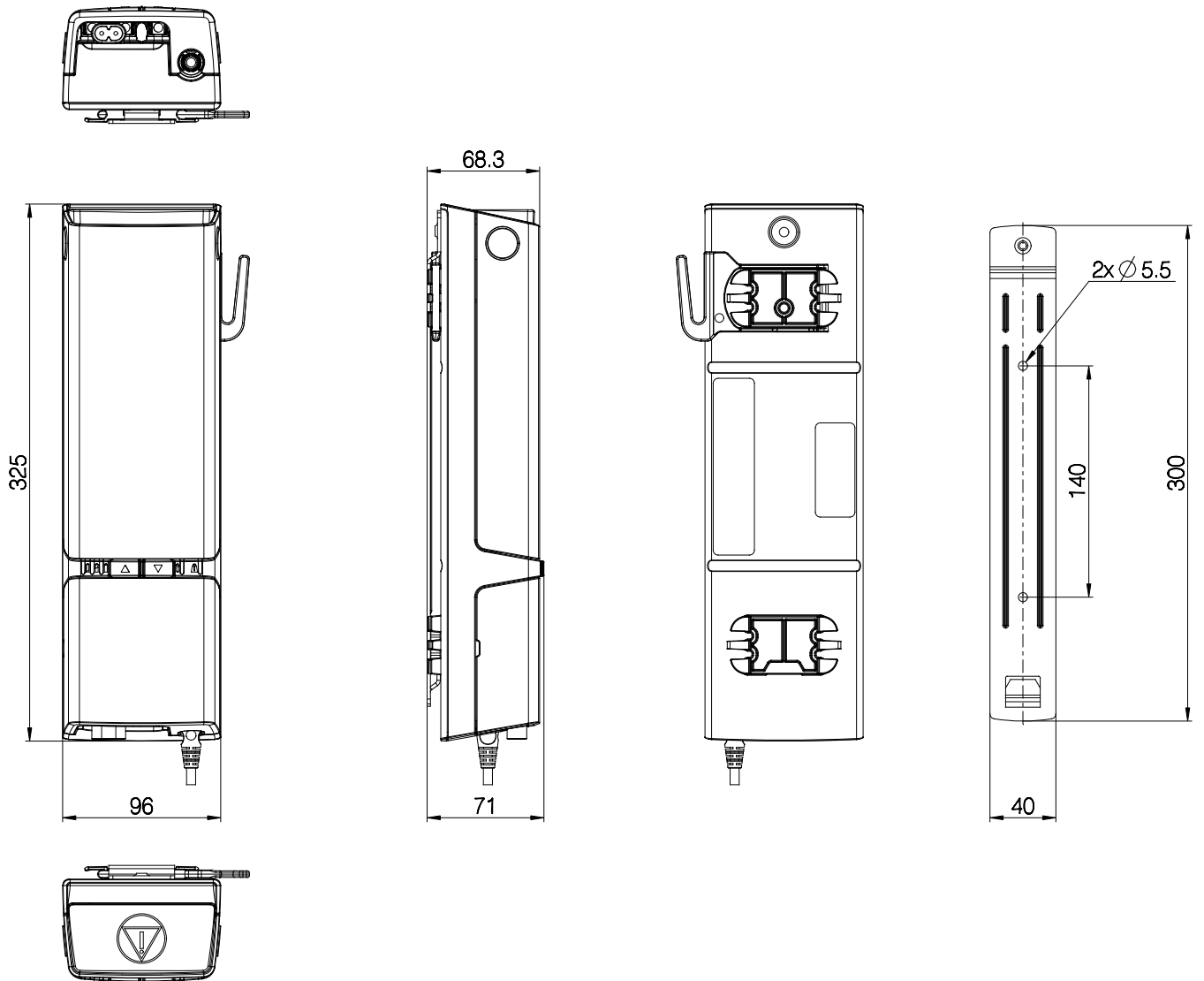
- 1) Mount cable plugs in control box (1)
- 2) Push cable cover directly over designated snaps (2)

To open cable cover

- 3) Insert flat head screwdriver in groove (3). Move screwdriver handle carefully towards the back of COL50 MK2. Cable cover is released
- 4) Pull cable cover straight out (4)

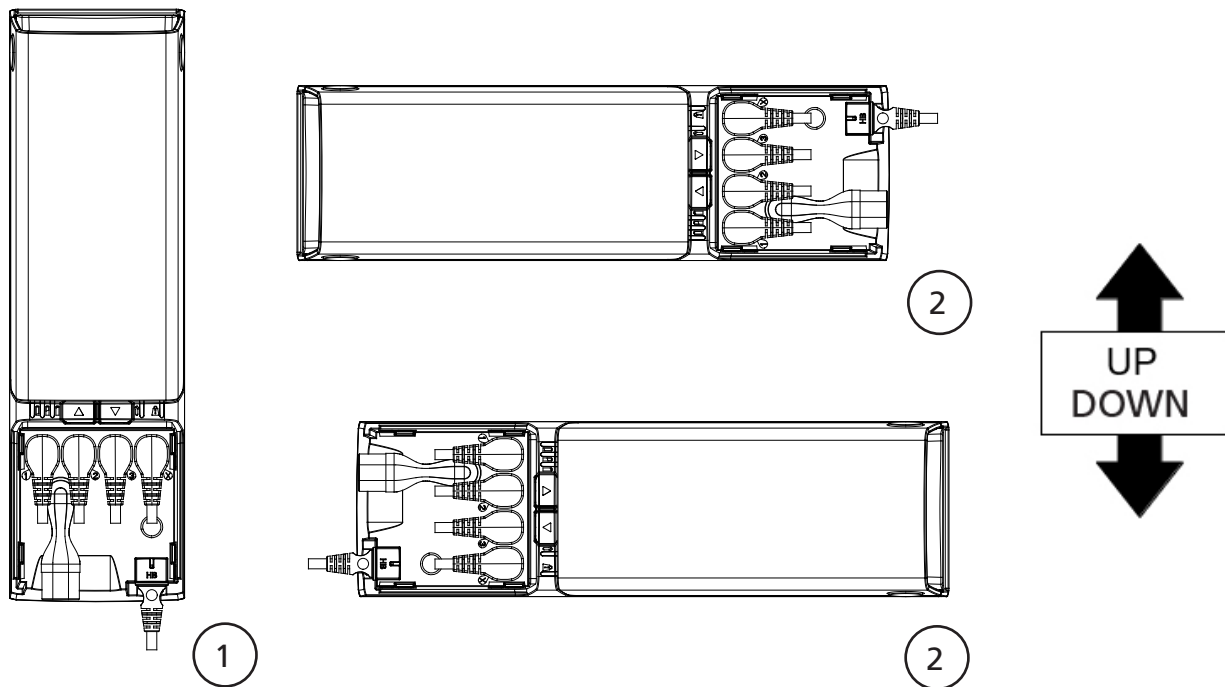


Dimension drawing



Drawing no. 1039w4000

LIFT50 position for maintaining IP degree



Drawing no. 1039w4000

LIFT50 can be mounted as shown on the pictures above:

- Battery upwards, cable outlets downwards (see illustration 1)
- Control box lying on either side, seen from the front (see illustrations 2)

Cables and blind plugs must be inserted correctly in the control box to maintain the IP degree in cleaning situations.

CHL50

The CHL50 charger is an important part of the LIFT50 family. It functions as a wall charger when mounted on the wall, but also as a more mobile charger simply placed horizontally on its back on any surface.

The CHL50 is equipped with universal power input for worldwide use and is provided with very visible charging indicators.



Features and Options:

Functional and elegant design with ergonomic battery handling

- Charging time BAL50 battery pack: Approx. 4 hours
- Mains voltage: 100-240 VAC/50-60 Hz
- LED indication: Visible LED indicators
- Charging current: Approx. 650 mA
- Protection class: IPX4 (only when mounted vertically)
- Colour: Signal white RAL 9003
- Mains cable: Exchangeable mains cable

Usage:

- Usage temperature: +5 °C to 40 °C
- Storage temperature: -10 °C to 50 °C
- Relative humidity: 20% to 80% - non-condensing
- Atmospheric pressure: 700 to 1060 hPa
- Height above sea level: Max. 3000 meters
- Nominal current draw: Max. 350 mA
- Power consumption (standby): < 0.5 W
- Power consumption (charging): Max. 25 W
- Approvals: IEC 60601-1
ANSI/AAMI ES60601-1
CAN/CSA-22.2 No. 60601-1
IEC 60601-1-2
PSE

HB30

The HB30 hand control is designed for better user experience and ergonomic fit for the hands of caregivers. The compact size ensures one hand operation. The HB30 is especially suitable for patient lifts and other MEDLINE® and CARELINE® applications like couches, tables and chairs for treatment and examination. The HB30 is available in an analogue version and an OpenBus™ version.

The HB30 hand control provides further benefits in use due to:

- Anti-slip coating on the back to prevent dropping
- Exchangeable cable for long lasting usage
- Essential information about battery state, overload occurrence and service always at hand



Features and Options:

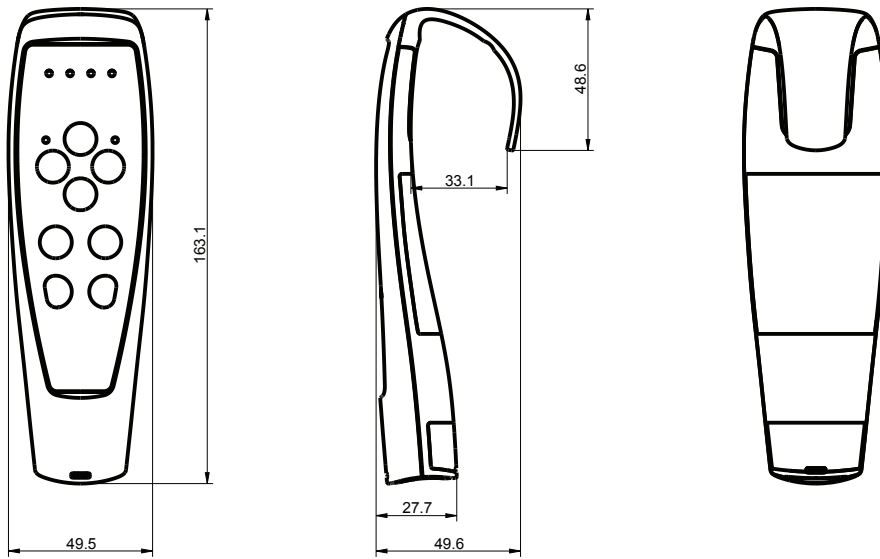
- Hand control for up to 4 actuators
- Housing colour: Light grey (RAL 7035)
- Rubbery material colours: Dark grey (RAL 7037)
- Protection class: IPX4 or IPX6
- Number of buttons: Up to 8
- Indications:
 - Optional diode for indicating battery charging needed (supported by CBJ1/2)
 - Optional diodes for battery level (3 stage), service need and overload information (supported by CBJC 1st and 2nd generation)
- Front cover: Standard or customised
- Cable: Exchangeable
- Button type: Easy touch tactile switches
- Attach: Via hook or magnet
 - Option: anti-slip rubber hook

Usage:

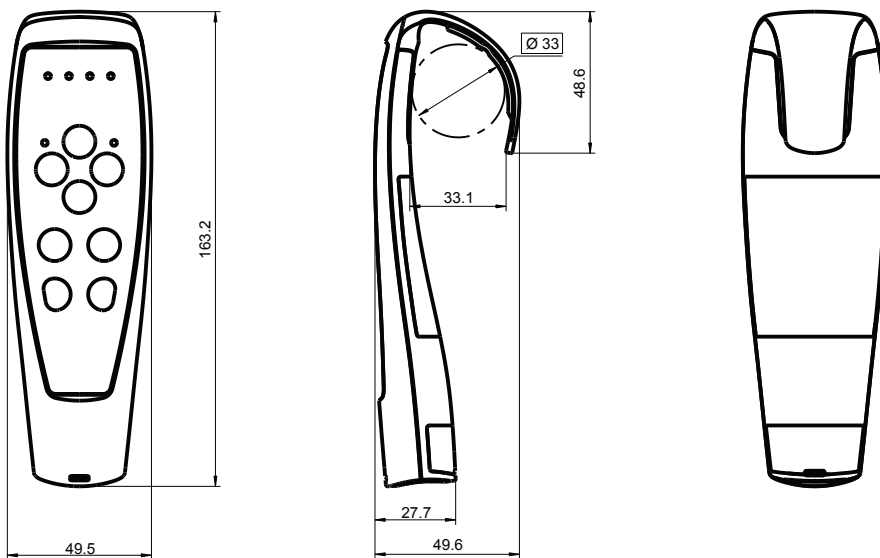
- Usage temperature: 5 °C to 40 °C
- Storage temperature -10 °C to +50 °C
- Compatibility: Analogue JUMBO Systems
Analogue JUMBO systems with diode and OpenBus JUMBO versions
All OpenBus control boxes
CAL40, CAL40+ and COL50
- Approvals: IEC60601-1
ANSI/AAMI ES60601-1
CAN/CSA-22.2 No 60601-1

Dimensions (mm):

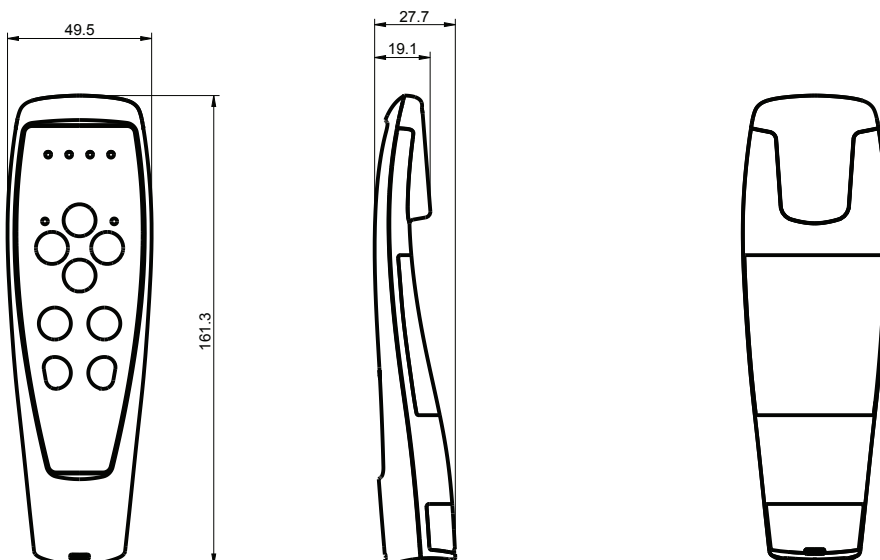
Dimension for housing with hook



Dimension for housing with anti-slip rubber hook



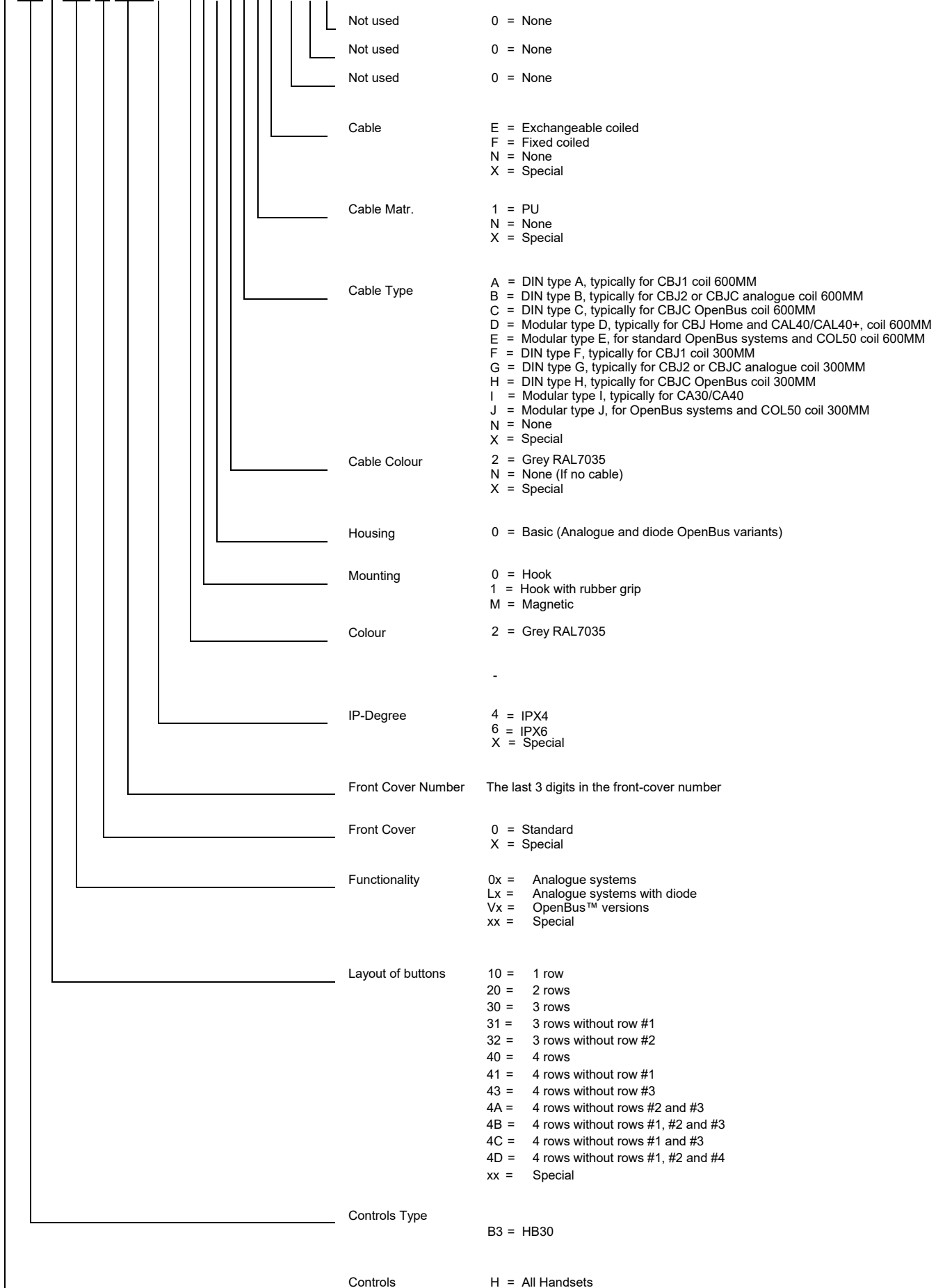
Dimension for housing with magnet



HB30

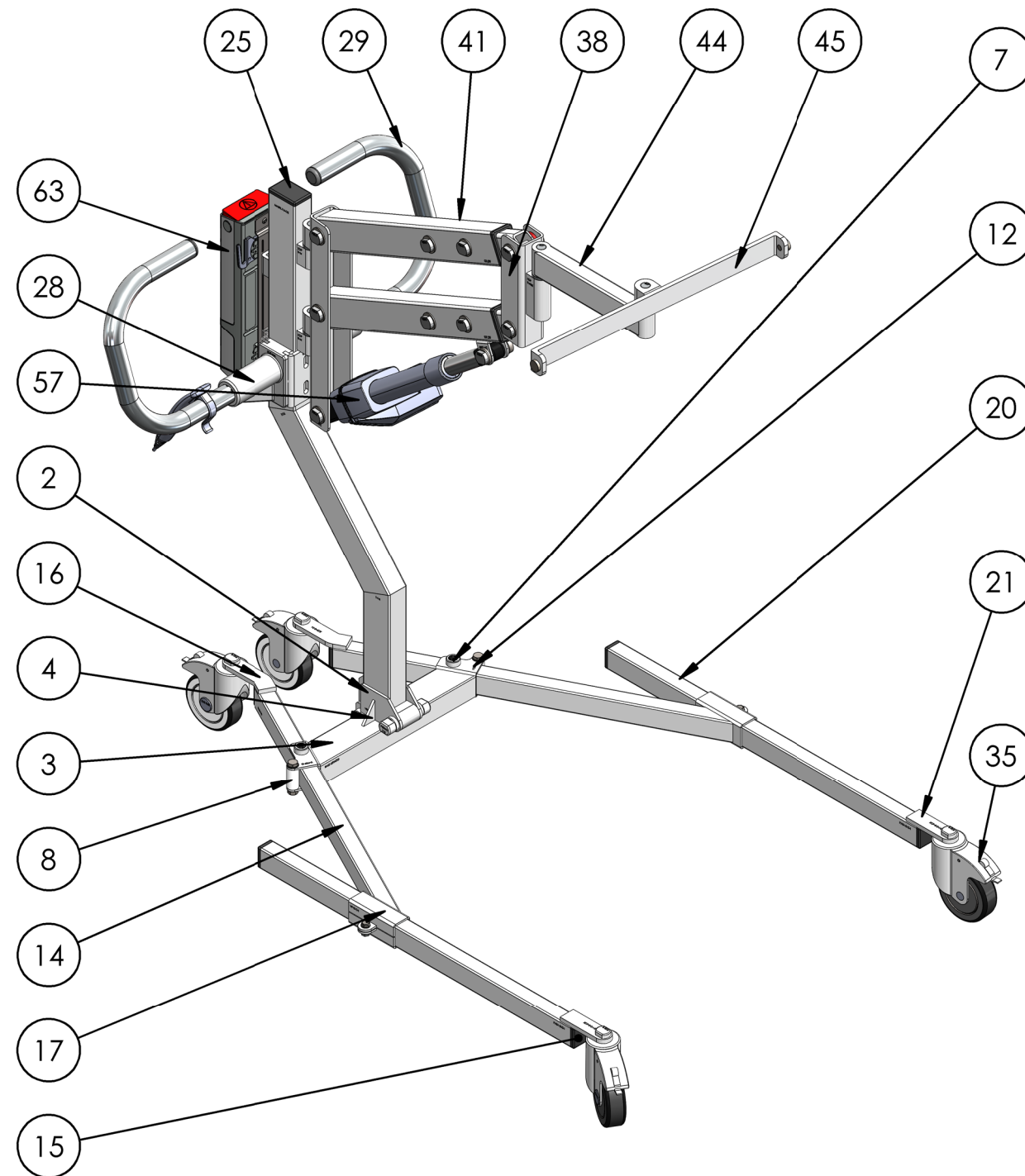
Ordering example:

H B 3 20 0 B 0 0 0 6 - 2 0 0 N N N N 0 0 0




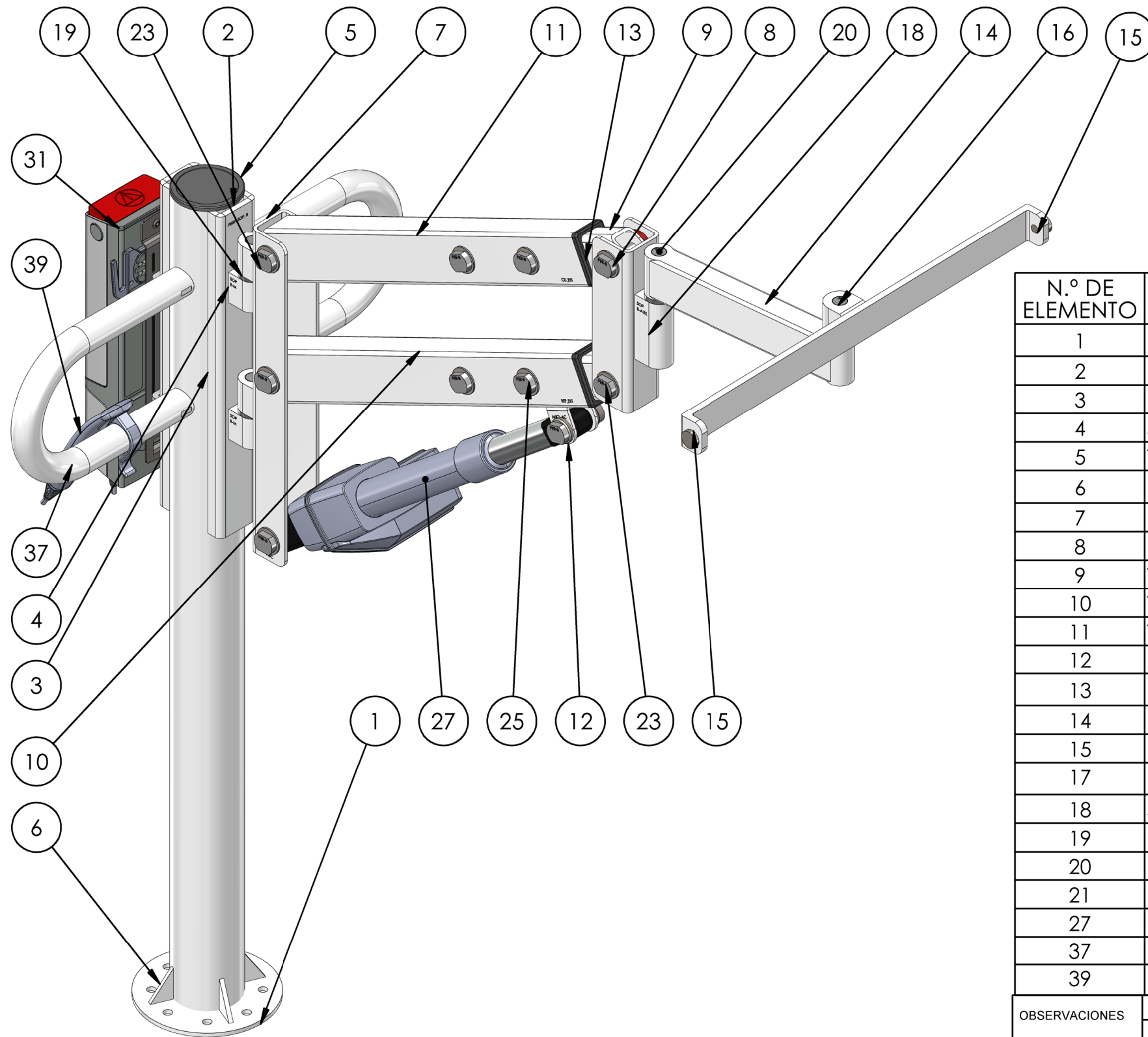


Anexo Planos





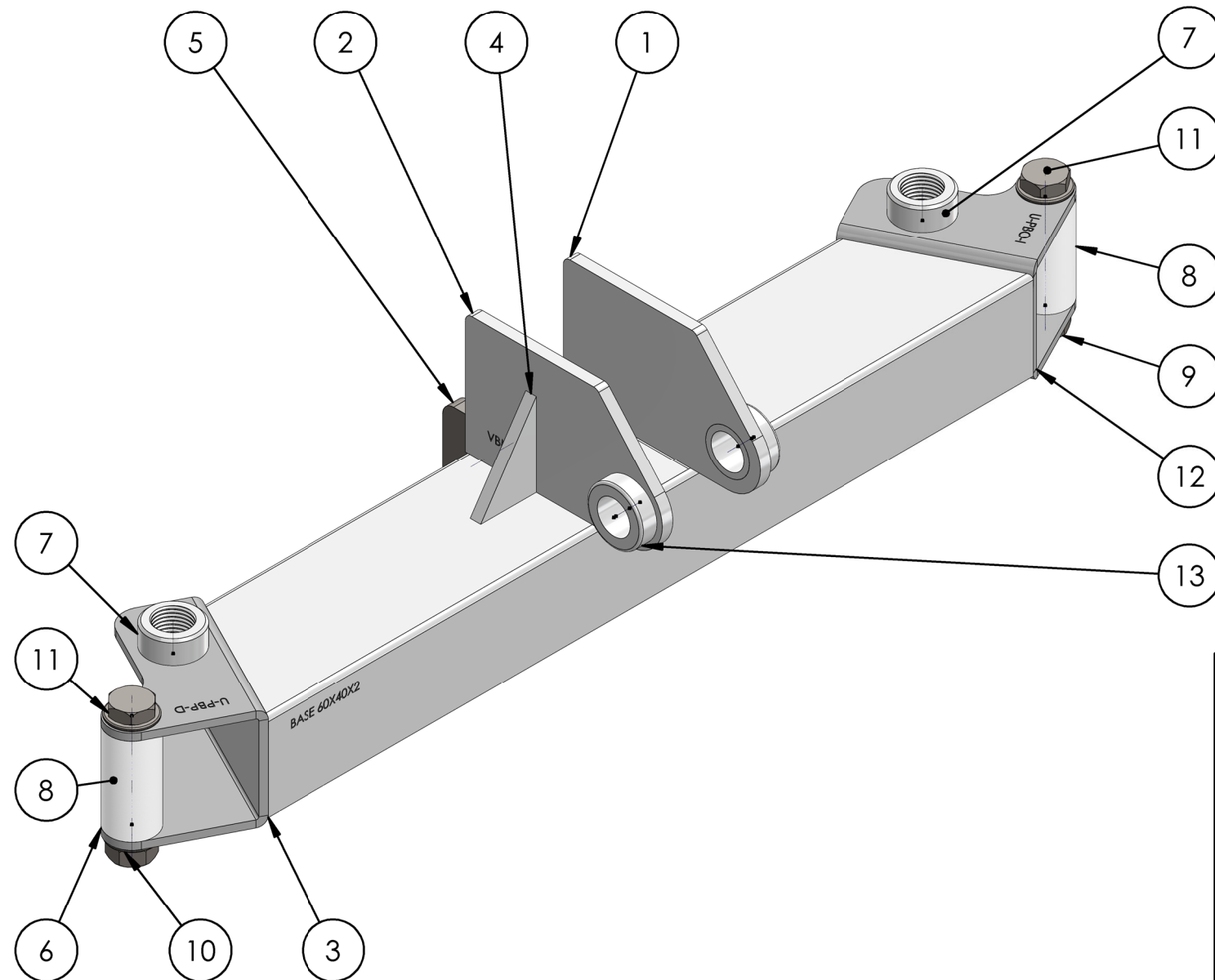
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
2	VÍNCULO DE UNION Y ARTICULACIÓN	Ref. Plano N°18	1
3	PERFIL BASE SOPORTE MÁSTIL	Ref. Plano N° 4	1
4	NERVIO	Ref. Plano N°32	2
6	VÍNCULO DE UNIÓN ENTRE PATA TRASERA Y DELANTERA	Ref. Plano N°15	1
7	ALOJAMIENTO PERNO DE BLOQUEO	Ref. Plano N°6	3
8	RODILLO DESLIZANTE	Ref. Plano N°7	2
12	VÍNCULO DE UNIÓN ENTRE BASE Y PATAS	Ref. Plano N° 5	1
14	PATA TRASERA	Ref. Plano N° 14	1
15	REGATONES	Ref. Plano N° 36	6
16	SopORTE rueda trasera derecha	Ref. Plano N°14	1
17	VÍNCULO DE UNIÓN ENTRE PATA TRASERA Y DELANTERA	Ref. Plano N°15	2
20	PATA DELANTERA	Ref. Plano N°14	2
21	SopORTE rueda delantera derecha	Ref. Plano N°14	2
22	TUBO 40X60X1.6 INF	Ref. Plano N°19	1
23	TUBO 40X60X1.6 INT	Ref. Plano N°19	1
24	TUBO 40X60X1.6 SUP	Ref. Plano N°19	1
25	REGATONES	Ref. Plano N°36	1
28	SOPORTE BRAZO DE MOVIMIENTO	Ref. Plano N° 22	2
29	BRAZO DE MOVIMIENTO	Ref. Plano N°23	2
37	U_50X50X4_ABC	Ref. Plano N°16	1
38	U_50X50X4_DF	Ref. Plano N°16	1
39	TUBO_30X50X3.2_BEF_INTSLDPRT	Ref. Plano N°16	2
40	TUBO_40X60X2_BEF_EXT	Ref. Plano N°16	1
41	TUBO_40X60X2_CD_EXT	Ref. Plano N°16	1
44	BARRA AUXILIAR	Ref. Plano N°13	1
45	PERCHA	Ref. Plano N°17	1
57	LA40-HP-STEP2	Ref. Plano N°20	1
69	HB30_MAGNET	Cap. N°6	1

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala:	Denominación:		
1:10	DISPOSITIVO DE MOVIMIENTO Y TRASLADO COMPLETO			
 Formato A3				
				Fecha: 26/09/2023
				Plano: N° 1





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BRIDA/TUBO COLUMNA OPCIÓN 1	Ref. Plano N°29	1
2	COLUMNA OPCIÓN 1	Ref. Plano N°31	1
3	PERFIL SOPORTE OPCIÓN 1	Ref. Plano N°30	2
4	SOPOORTE BRAZO MÁSTIL	Ref. Plano N°26	4
5	TAPA COLUMNA 3IN	Ref. Plano N°11	1
6	NERVIO BASE/MÁSTIL	Ref. Plano N°32	4
7	U_50X50X4_ABC	Ref. Plano N°16	1
8	U_50X50X4_DF	Ref. Plano N°16	1
9	TUBO_30X50X3.2_BEF_INTSLDPRT	Ref. Plano N°16	2
10	TUBO_40X60X2_BEF_EXT	Ref. Plano N°16	1
11	TUBO_40X60X2_CD_EXT	Ref. Plano N°16	1
12	ANCLAJE SUPERIOR ACTUADOR LINEAL	Ref. Plano N°21	1
13	BUJE DE BRAZO	Ref. Plano N°07	2
14	BARRA AUXILIAR	Ref. Plano N°13	1
15	PERCHA OPCIÓN 2	Ref. Plano N°17	1
17	PERNO SOPORTE	Imagen 6.13	2
18	SOPORTE EXTREMO B AUX	Ref. Plano N°26	1
19	PERNOS BRAZO MASTIL	Ref. Plano N°27	2
20	PERNO BARRA AUXILIAR	Ref. Plano N°28	1
21	PERNO DE PERCHA	Ref. Plano N°28	1
27	LA40-HP	Ref. Plano N°20	1
37	BRAZO DE MOVILIDAD COLUMNA FIJA	Ref. Plano N°35	2
39	MANDO DE CONTROL HB30	Cap. N°6	1

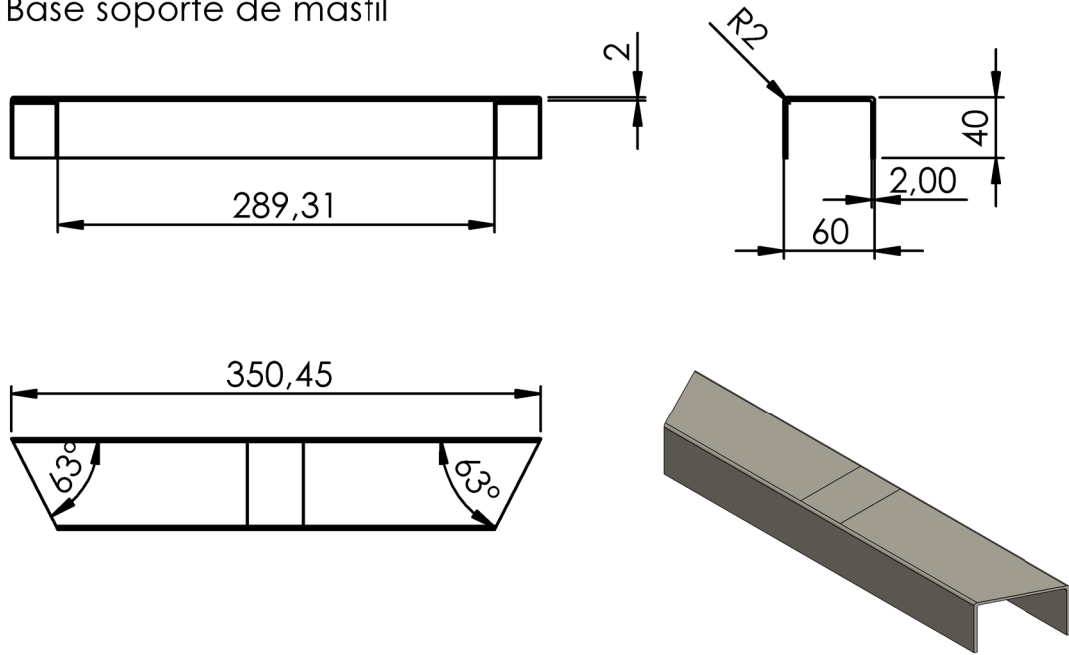
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
	1:5	DISPOSITIVO DE MOVIMIENTO A COLUMNA FIJA COMPLETO			
	Formato A3			Fecha: 26/09/2023	
				Plano: N°2	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	VÍNCULO DE UNIÓN Y ARTICULACIÓN	Ref. Plano N°3	1
2	VÍNCULO DE UNIÓN Y ARTICULACIÓN	Ref. Plano N°18	1
3	BASE SOPORTE MÁSTIL	Ref. Plano N° 4	1
4	NERVIO	Ref. Plano N°32	2
5	SOPORTE ALOJAMIENTO PERNO DE BLOQUEO DE MÁSTIL	Ref. Plano N° 4	2
6	VÍNCULO DE UNIÓN ENTRE BASE Y PATAS	Ref. Plano N° 5	1
7	ALOJAMIENTO PERNO DE BLOQUEO	Ref. Plano N°6	2
8	RODILLO DESLIZANTE	Ref. Plano N°7	2
9	TUERCA M8	Cap. N°6	2
10	ARANDELA M8	Cap. N°6	4
11	BULÓN M8	Cap. N°6	2
12	VÍNCULO DE UNIÓN ENTRE BASE Y PATAS	Ref. Plano N° 5	1
13	BUJE DE ARTICULACIÓN	Ref. Plano N°13	2

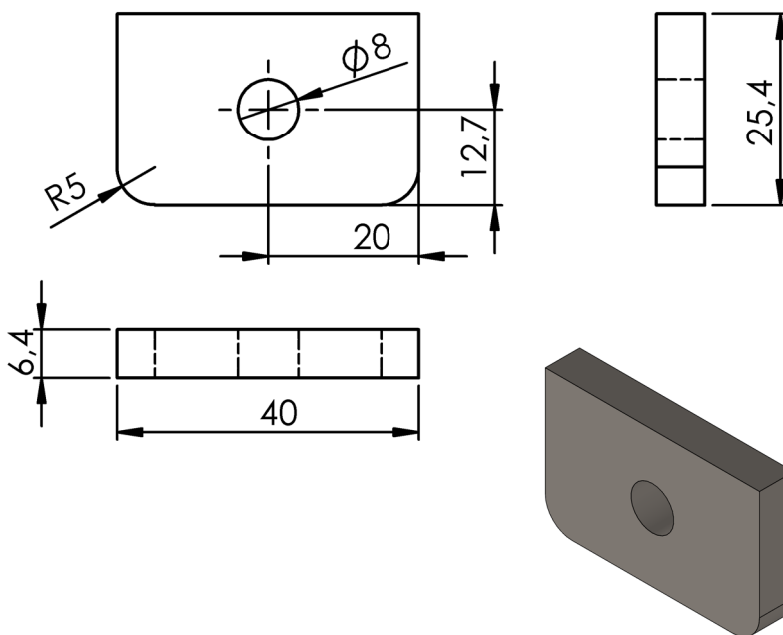
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing.Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing.Anton E.	
	Escala: 1:2	Denominación:		 U.T.N F.R.Rq
	COMPONENTES DE CONJUNTO BASE/VÍNCULOS		Fecha: 26/09/2023	
Formato A3			Plano: N°3	

Base soporte de mástil





Escala 1:5

Soporte alojamiento de perno de bloqueo de mástil

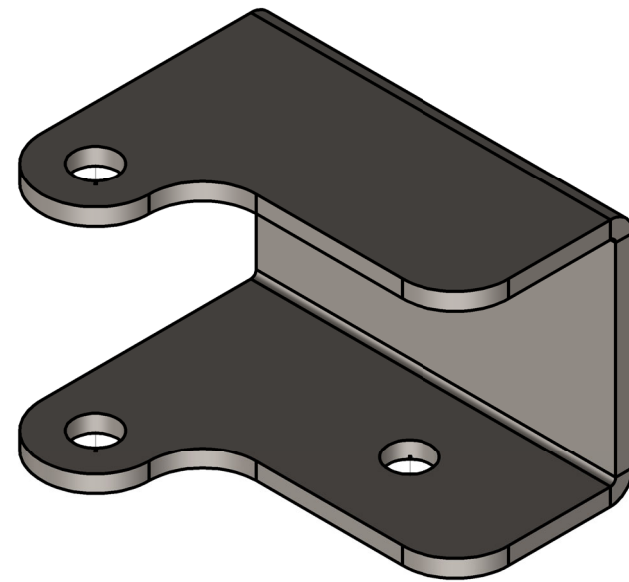
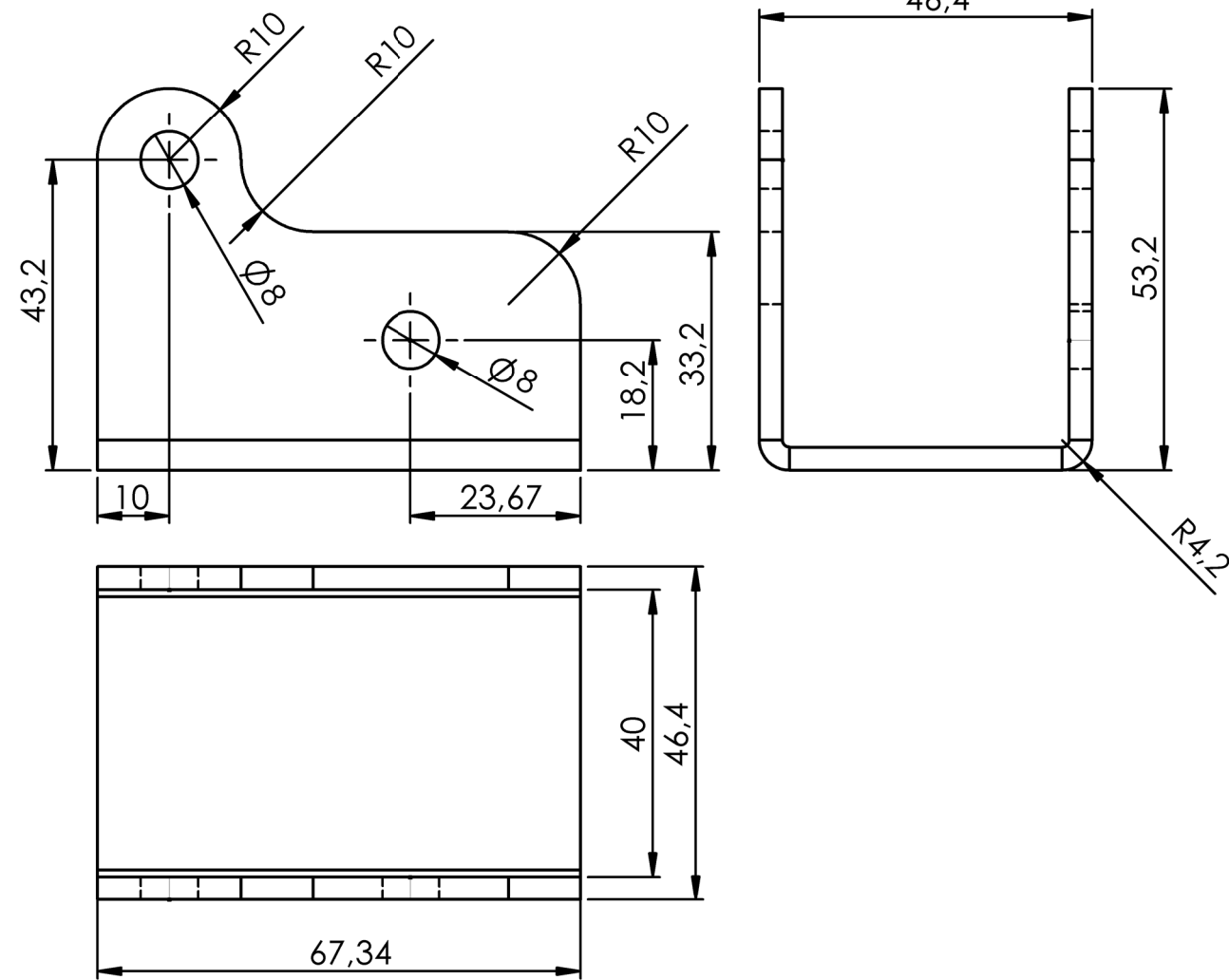


Escala 1:1

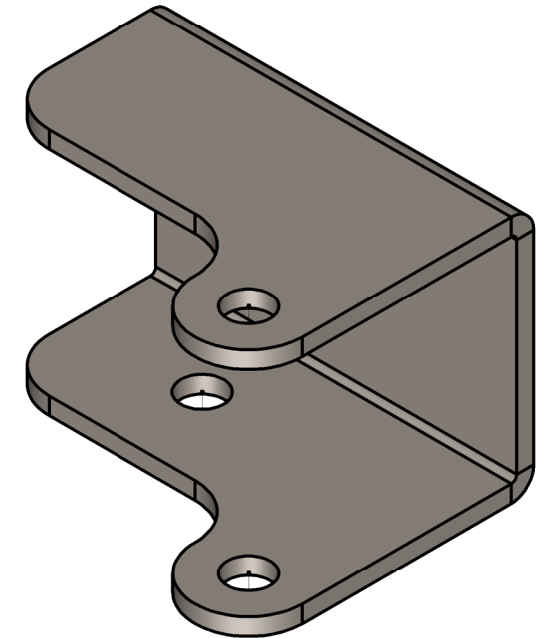
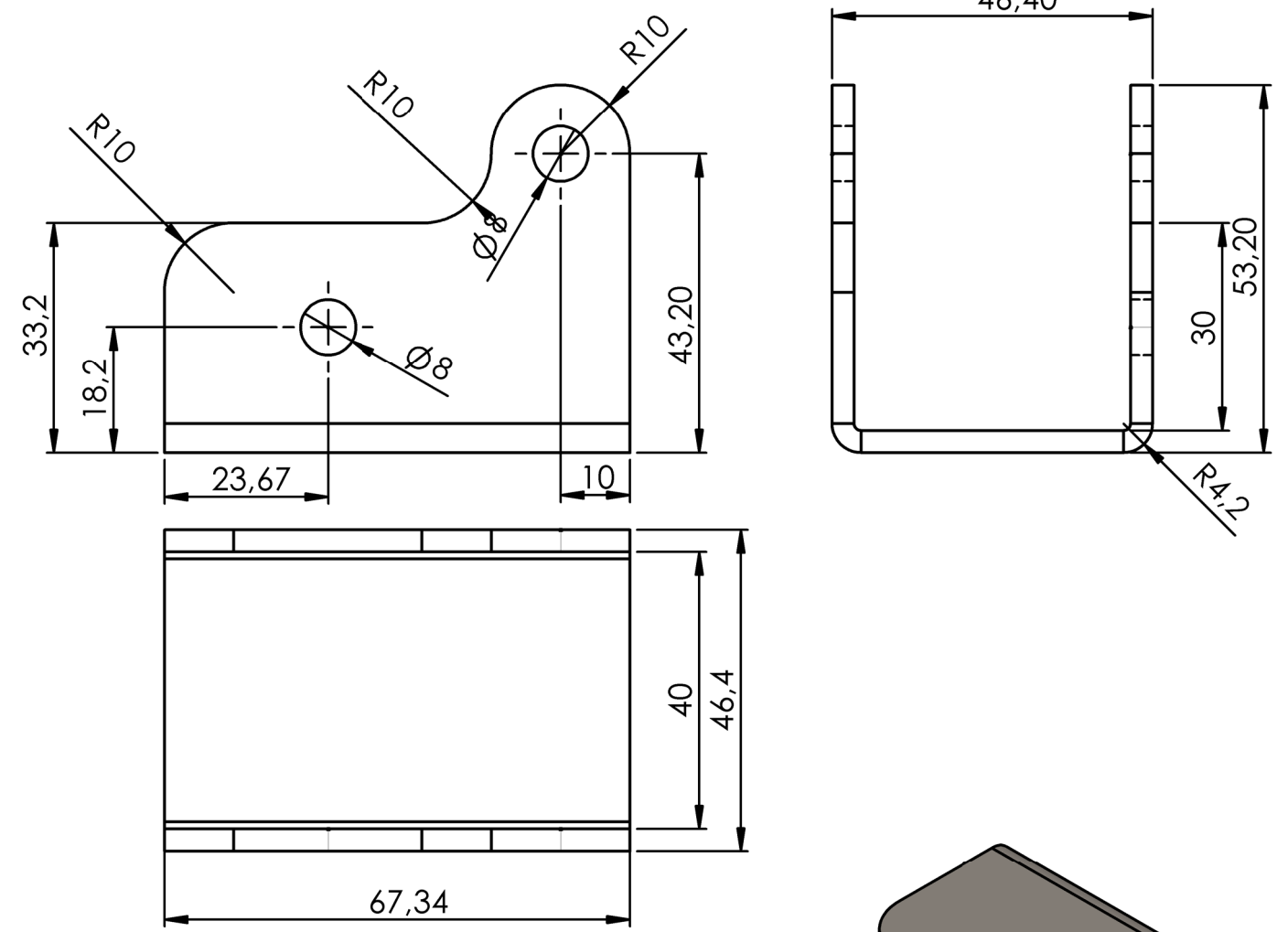
Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala: 1:5 1:1	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
	PERFIL BASE SOPORTE DE MÁSTIL Y SOPORTE ALOJAMIENTO PERNO DE BLOQUEO			Fecha: 26/09/2023	
Formato				Plano: N°4	


VÍNCULO DERECHO

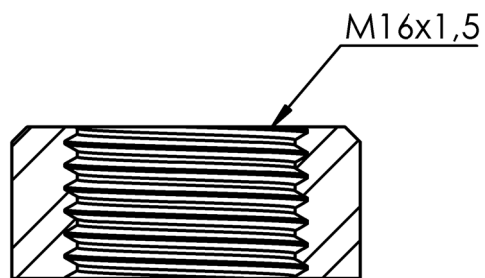
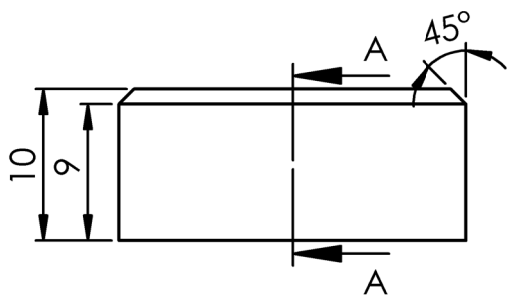


VÍNCULO IZQUIERDO

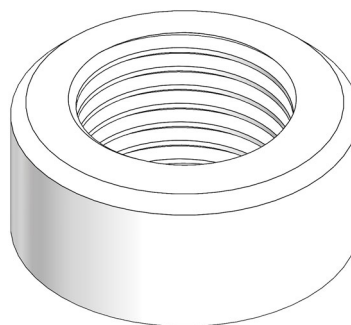
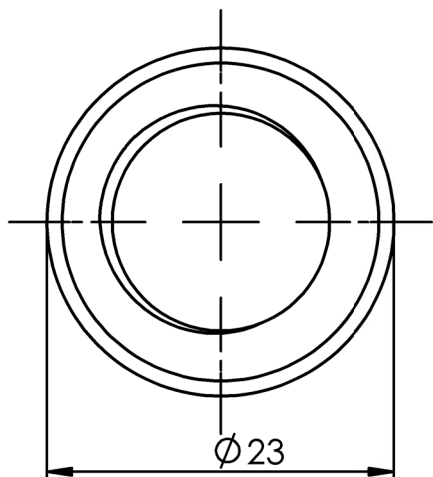


Medidas en mm



OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
1:1	VÍNCULOS DE INIÓN ENTRE BASE Y PATAS			
 Formato A3				
				Fecha: 26/09/2023
				Plano: N° 5

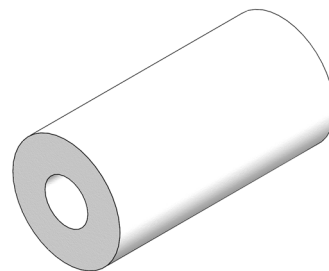
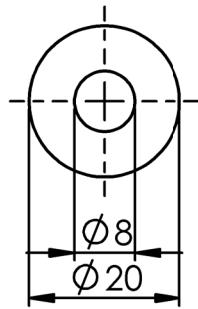
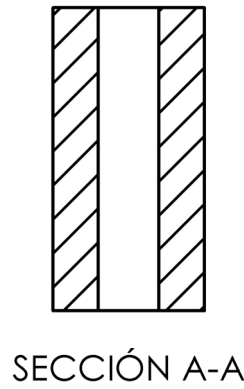
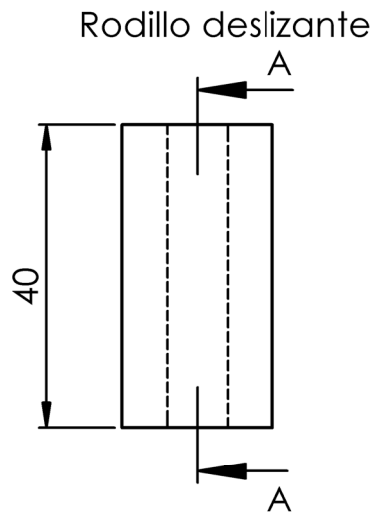


SECCIÓN A-A

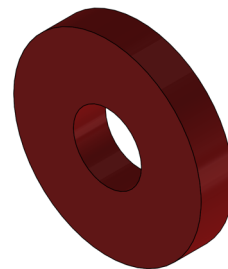
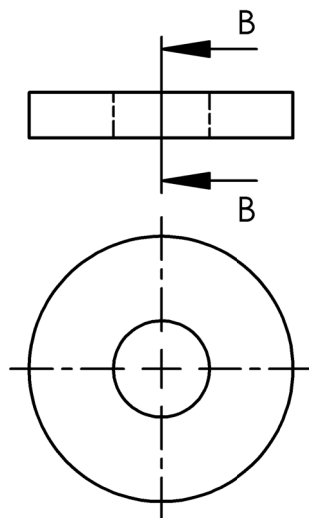


Medidas en mm



OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala: 2:1	Denominación: ALOJAMIENTO PERNO DE BLOQUEO			 U.T.N F.R.Rq
				Fecha: 26/0/2023	
Formato A4				Plano: N°6	

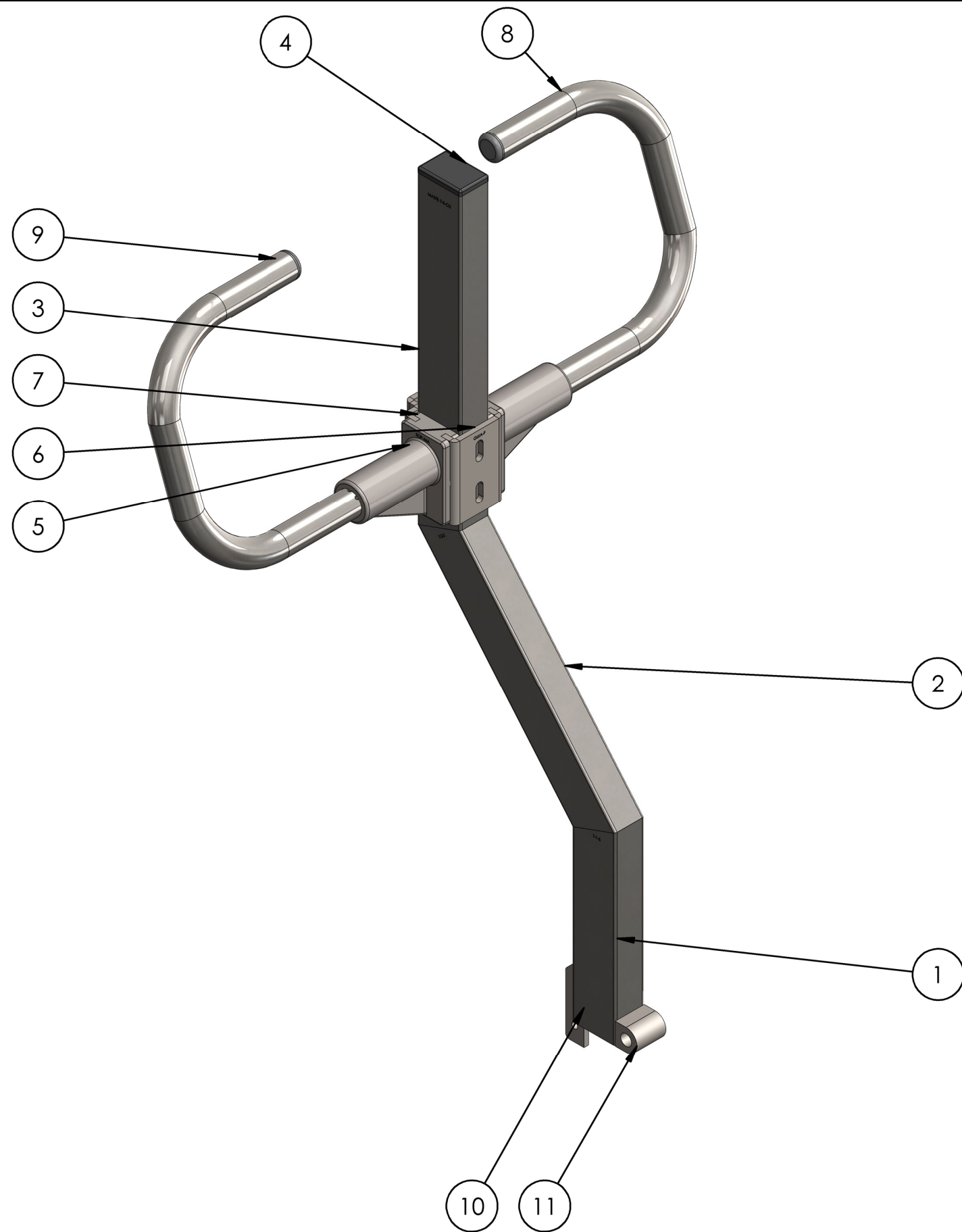


Buje interno de brazo



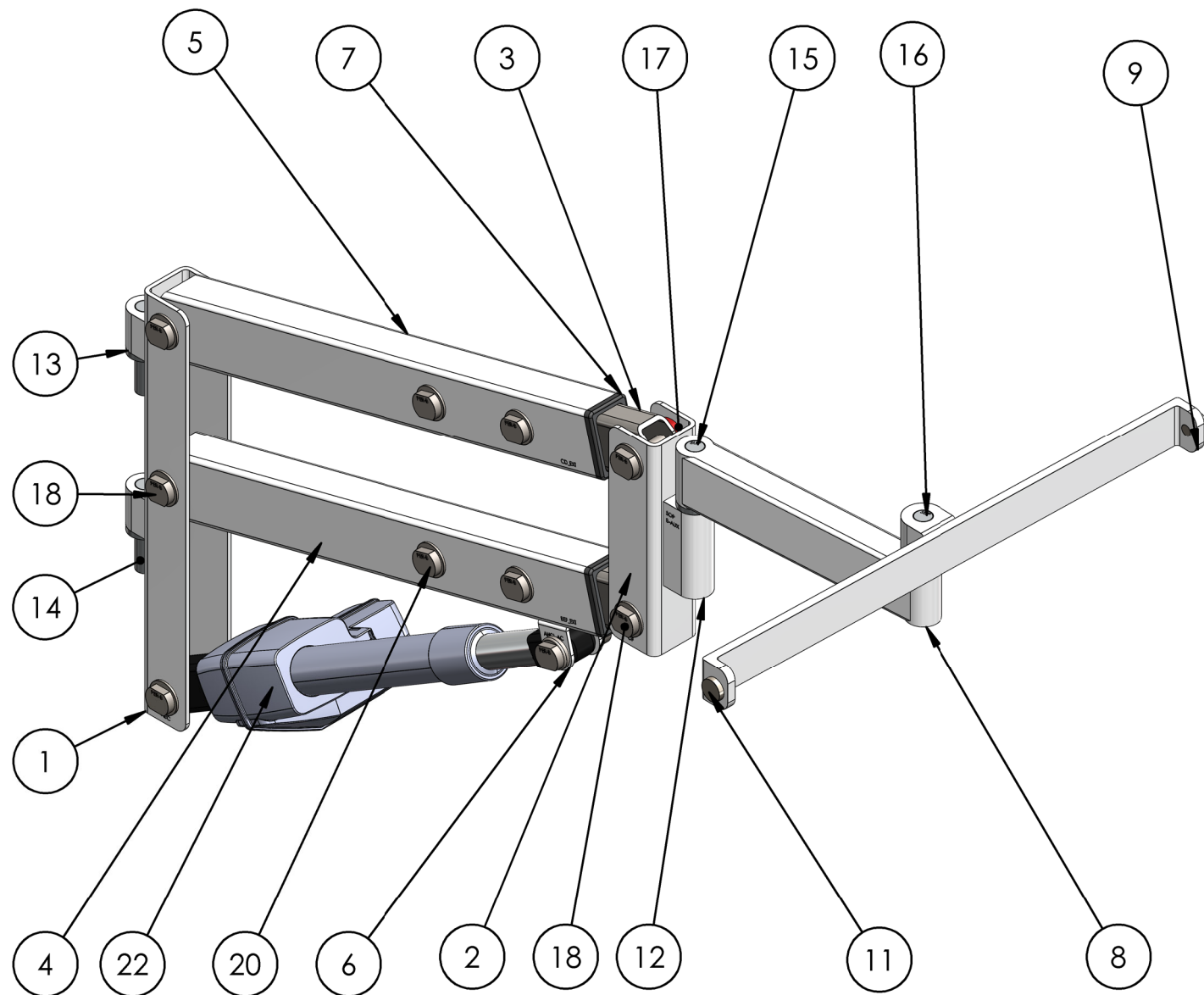
Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E..		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E..		
Escala: 1:1	Denominación:				 U.T.N F.R.Rq
 Formato	RODILLO DESLIZANTE Y BUJE INTERNO DE BRAZO			Fecha: 26/09/2023	
				Plano: N° 7	



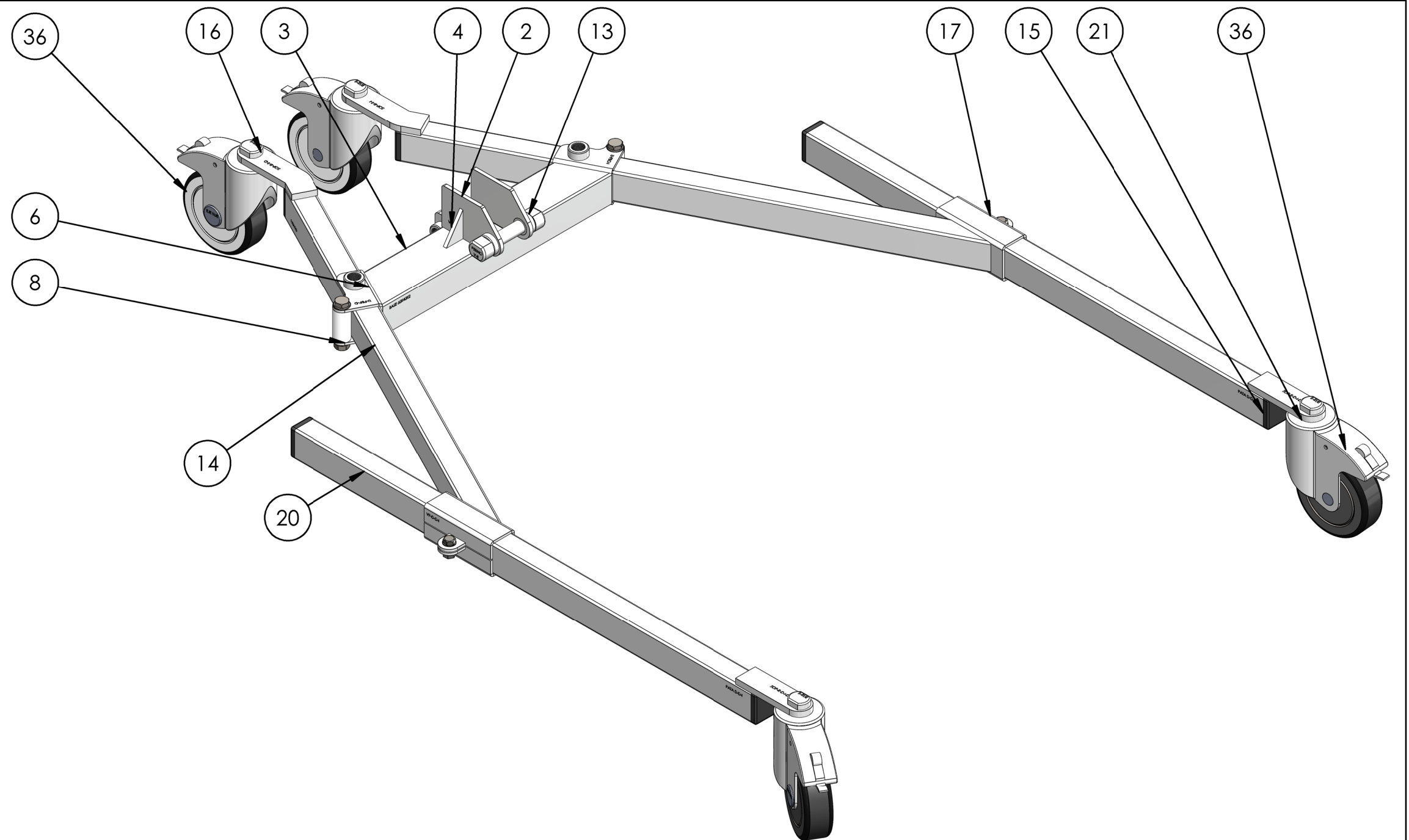
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	TUBO 40X60X1.6 INF	TRAMO INFERIOR Ref. Plano N°19	1
2	TUBO 40X60X1.6 INT	TRAMO INTERMEDIO Ref. Plano N°19	1
3	TUBO 40X60X1.6 SUP	TRAMO SUPERIOR Ref. Plano N°19	1
4	REGATON 60X40	IMPRESIÓN 3D	1
5	Plegada S_S		1
6	Plegada S_SF		1
7	SOP_MA 3	IMPRESIÓN 3D	2
8	Manija	TUBO CIRCULAR DOBLADO	2
9	REGATON 31_7	REGATÓN CIRCULAR DE 31,7 mm	2
10	PLANCHUELA DE BLOQUEO DE MASTIL	REF. PLANO N°4	1
11	BUGE DE MASTIL	ARTICULACIÓN DE MÁSTIL	1

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala:	Denominación:		
	1:5	COMPONENTES CONJUNTO MÁSTIL		
				U.T.N F.R.Rq
				Fecha: 26/09/2023
				Plano: N° 08





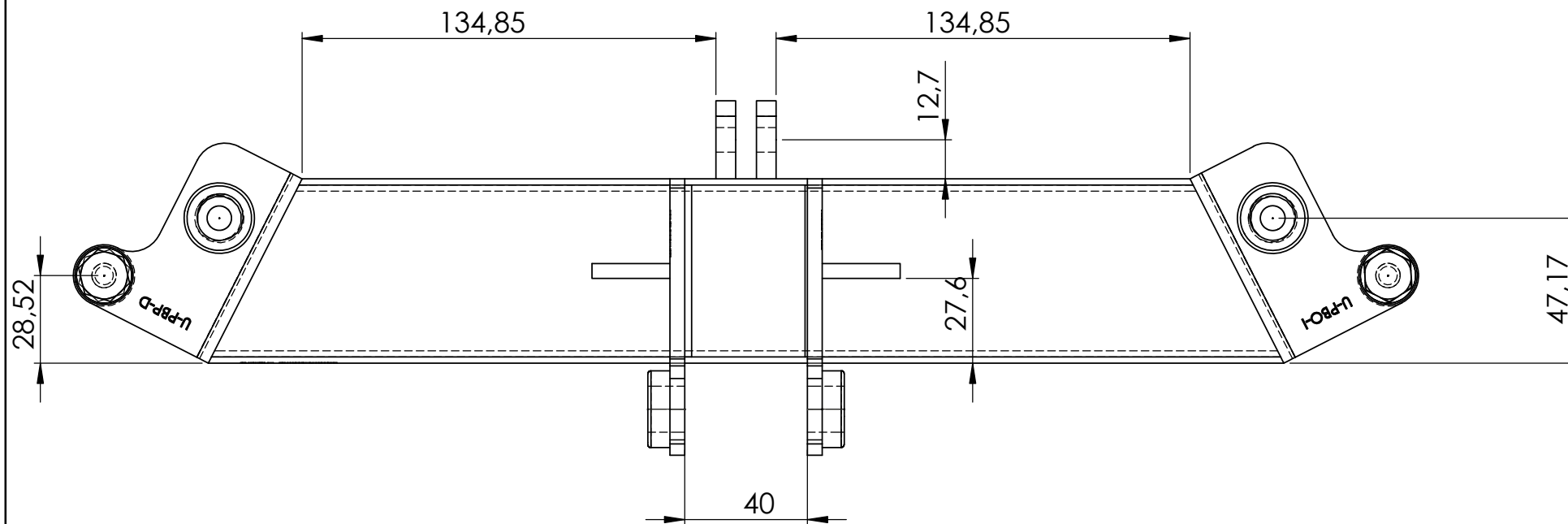
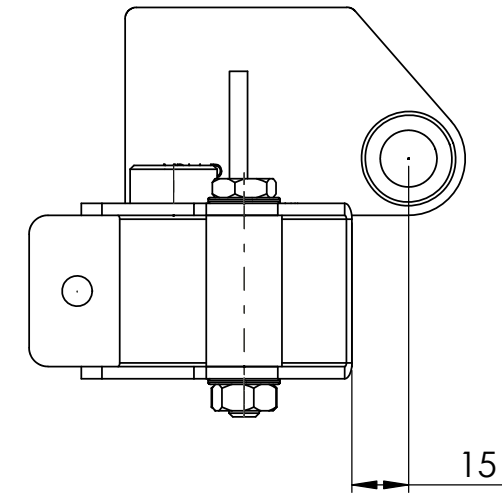
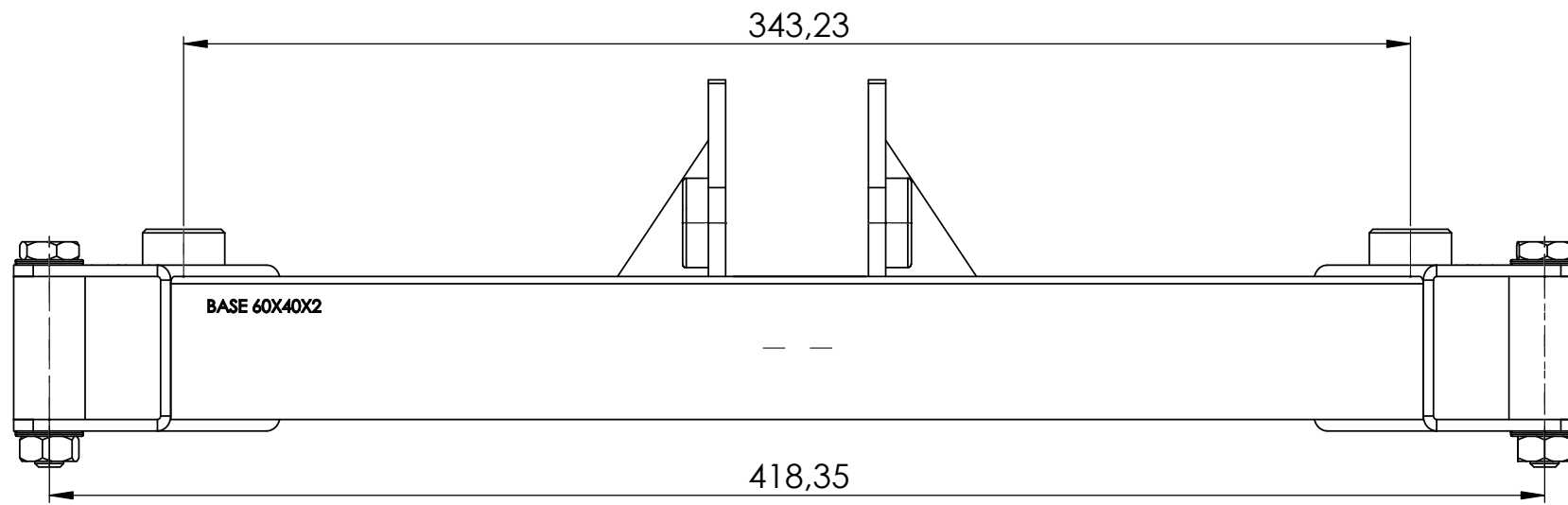
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	U_50X50X4_ABC	Ref. Plano N°16	1
2	U_50X50X4_DF	Ref. Plano N°16	1
3	TUBO_30X50X3.2_BEF_INTSLDPRT	Ref. Plano N°16	2
4	TUBO_40X60X2_BEF_EXT	Ref. Plano N°16	1
5	TUBO_40X60X2_CD_EXT	Ref. Plano N°16	1
6	ANCLAJE SUPERIOR ACTUADOR LINEAL	Ref. Plano N°21	1
7	BUJE DE BRAZO	Ref. Plano N°12	2
8	BARRA AUXILIAR	Ref. Plano N°13	1
9	PERCHA	Ref. Plano N°17	1
11	PERNO SOPORTE	Imagen 6.13	2
12	SOPORTE EXTREMO B AUX	Ref. Plano N° 26	1
13	SOP BRA MAST	Ref. Plano N° 26	2
14	PERNOS BRAZO MASTIL	Ref. Plano N° 27	2
15	PERNO BARRA AUXILIAR	Ref. Plano N° 28	1
16	PERNO DE PERCHA	Ref. Plano N° 28	1
17	BUJE INTERNO DE BRAZO	Ref. Plano N° 7	4
18	PERNO DE ARTICULACION DE BRAZO	Cap. N° 6	5
19	ARANDELA PERNO DE ARTICULACION DE BRAZO	Cap. N° 6	18
20	PERNO CORTO DE ARTICULACION DE BRAZO	Cap. N° 6	5
22	LA40-HP-STEP2	Ref. Plano N°20	1

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala:	Denominación:		
	1:5	COMPONENTES DE CONJUNTO BRAZO		
				U.T.N F.R.Rq
				Fecha: 26/09/2023
Formato A3				Plano: N°9





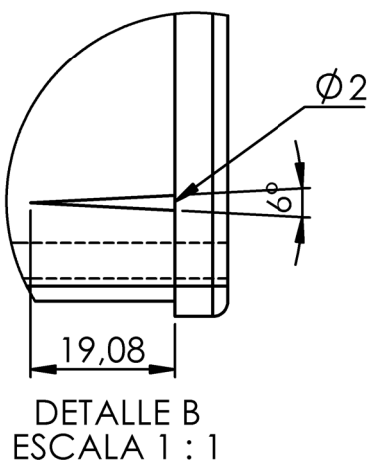
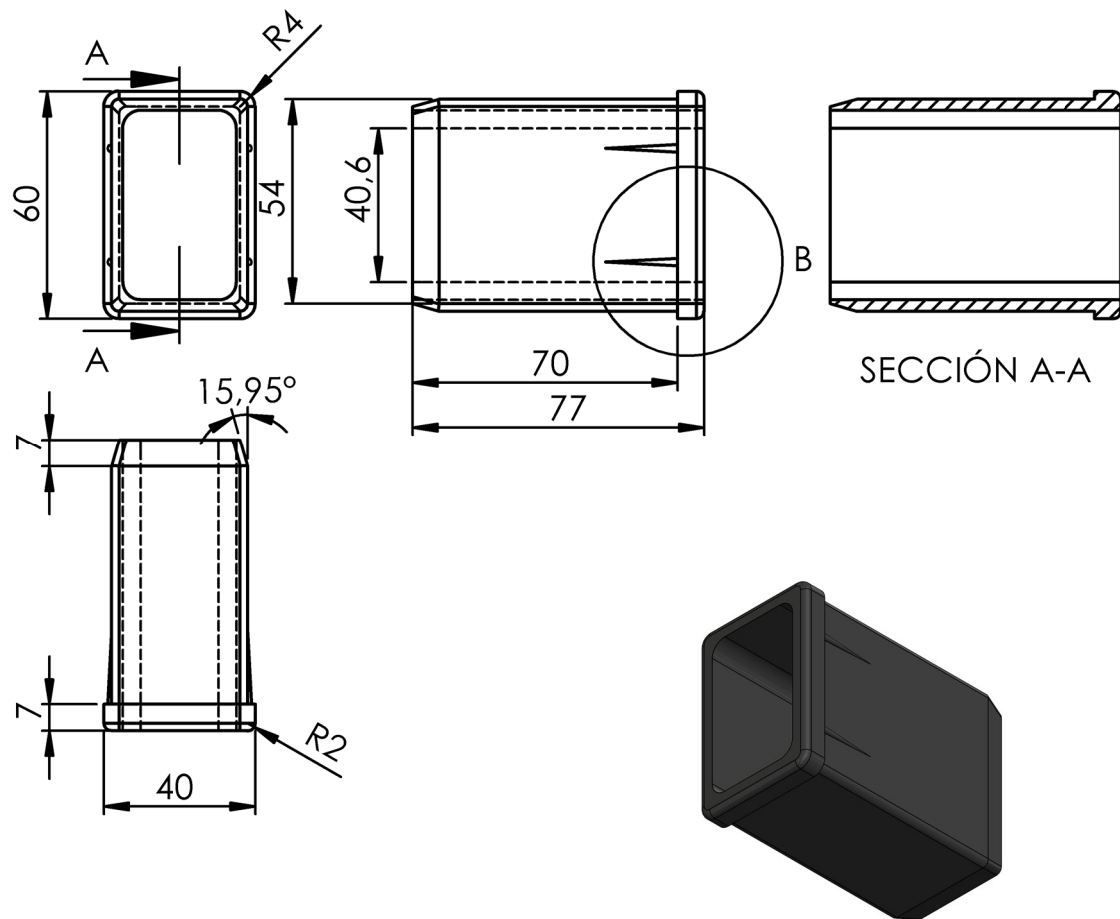
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
2	PERFIL BASE SOPORTE MÁSTIL	Ref. Plano N°18	1
3	PERFIL BASE SOPORTE MÁSTIL	Ref. Plano N° 4	1
4	NERVIO	Ref. Plano N°32	2
6	VÍNCULO DE UNIÓN ENTRE PATA TRASERA Y DELANTERA	Ref. Plano N°15	1
7	ALOJAMIENTO PERNO DE BLOQUEO	Ref. Plano N°6	3
8	RODILLO DESLIZANTE	Ref. Plano N°7	2
12	VÍNCULO DE UNIÓN ENTRE BASE Y PATAS	Ref. Plano N° 5	1
14	PATA TRASERA	Ref. Plano N° 14	1
15	REGATONES	Ref. Plano N° 36	6
16	SOPORTE RUEDA TRASERA	Ref. Plano N°14	1
17	VÍNCULO DE UNIÓN ENTRE PATA TRASERA Y DELANTERA	Ref. Plano N°15	2
20	PATA DELANTERA	Ref. Plano N° 14	2
21	SOPORTE RUEDA DELANTERA	Ref. Plano N°14	2
36	RUEDA D100	Cap. N°6	4

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
1:5	CONJUNTO BASE/VÍNCULOS/PATAS			
 Formato A3				
Fecha: 26/09/2023				
Plano: N° 10				





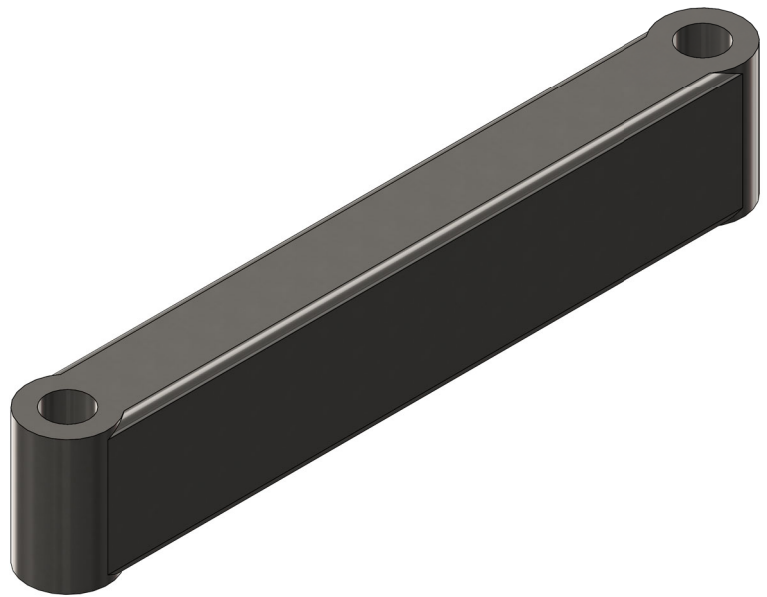
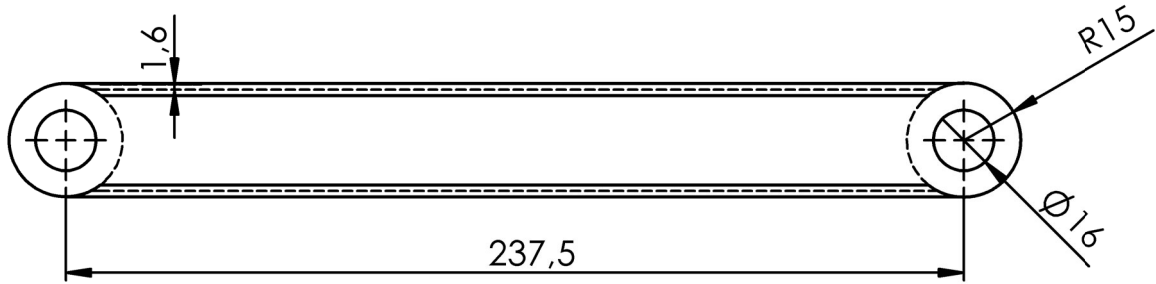
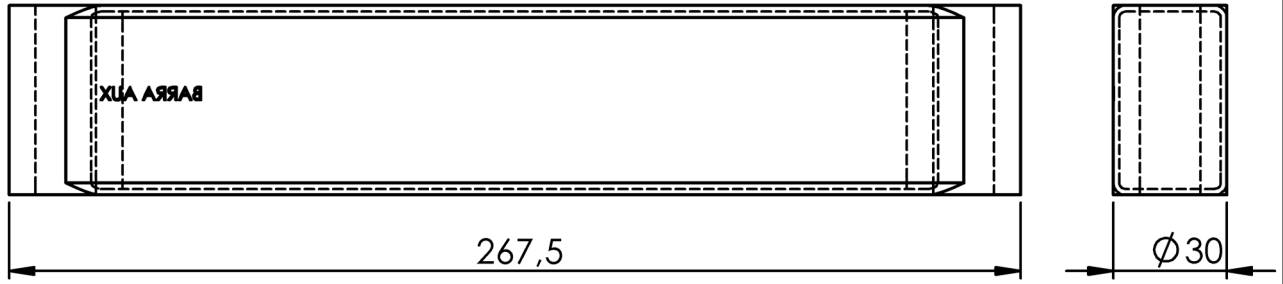
Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
1:2	CONJUNTO BASE/VÍNCULOS			
 Formato A3				
				Fecha: 26/09/2023
				Plano: N°11





Medidas en mm

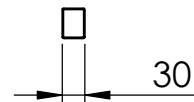
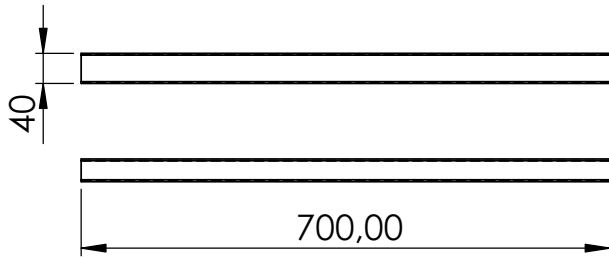
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala: 1:2	Denominación: BUJE DE BRAZO			 U.T.N F.R.Rq
 Formato A4				Fecha: 26/0/2023	
				Plano: N° 12	



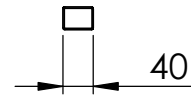
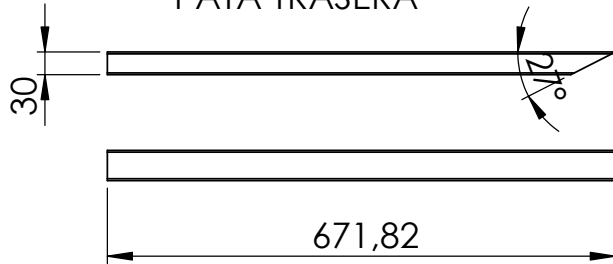
Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala: 1:5	Denominación: BARRA AUXILIAR			 U.T.N F.R.Rq
				Fecha: 26/09/2023	
Formato A4				Plano: N°13	

PATA DELANTERA

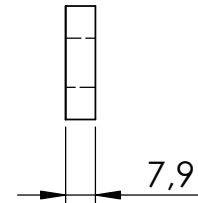
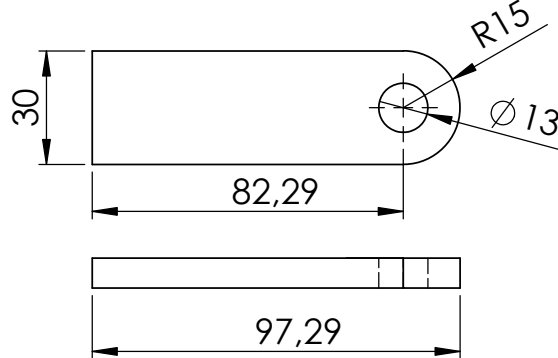


PATA TRASERA

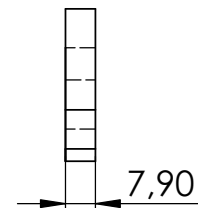
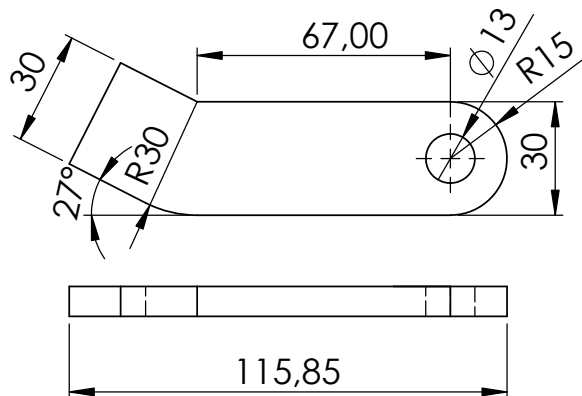


ESC.: 1:10

SOPORTE RUEDA DELANTERA




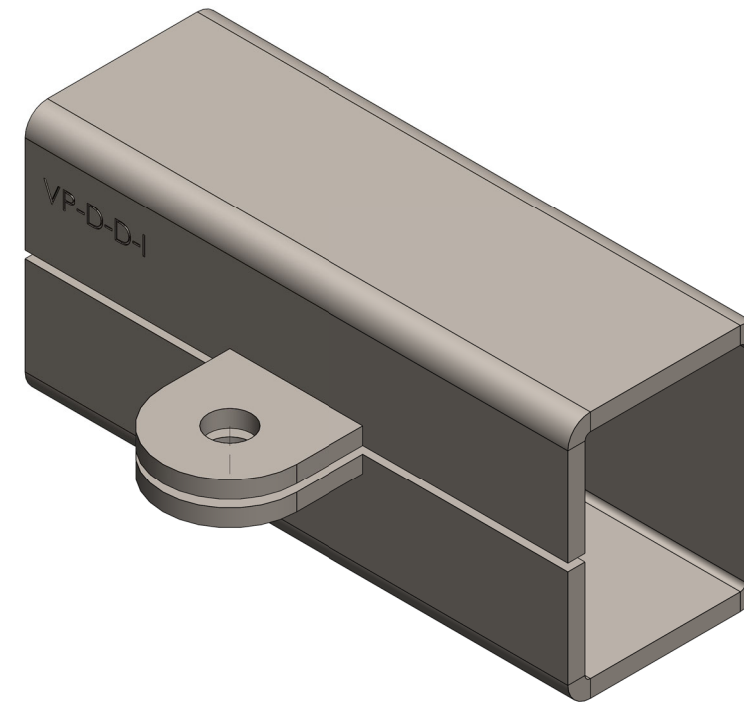
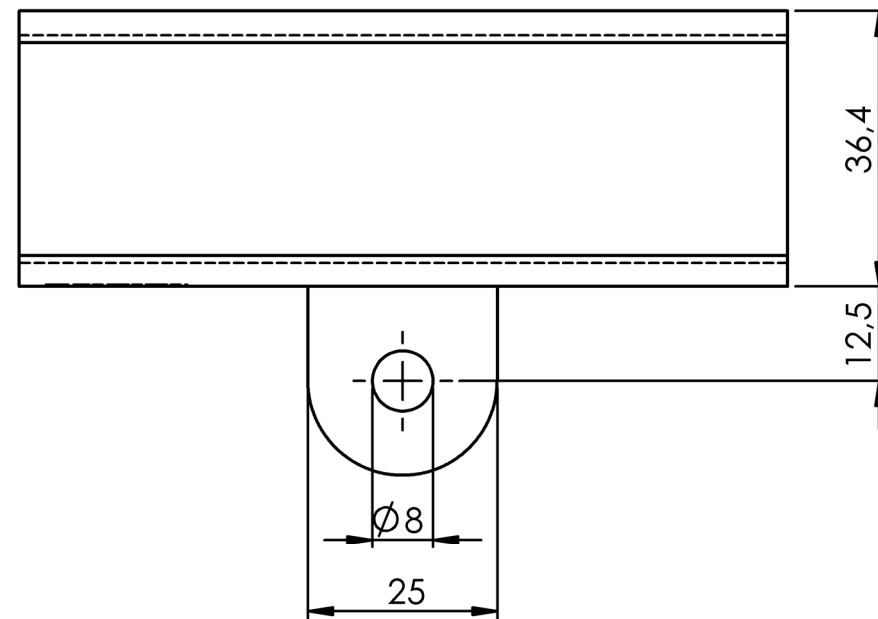
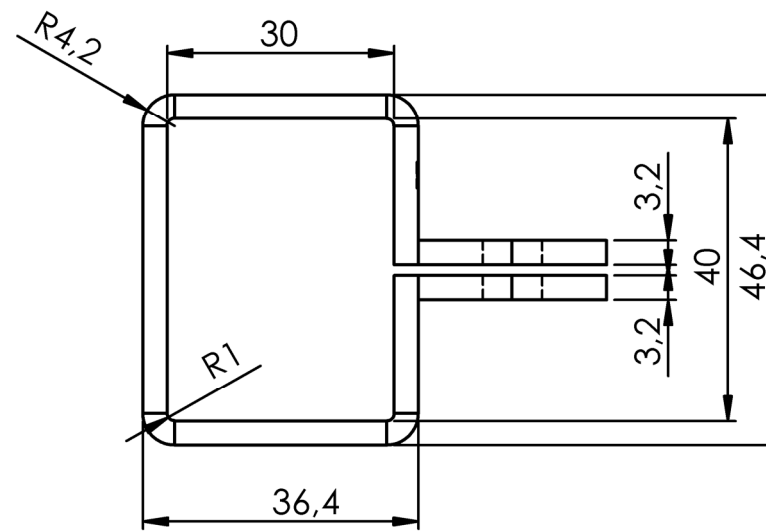
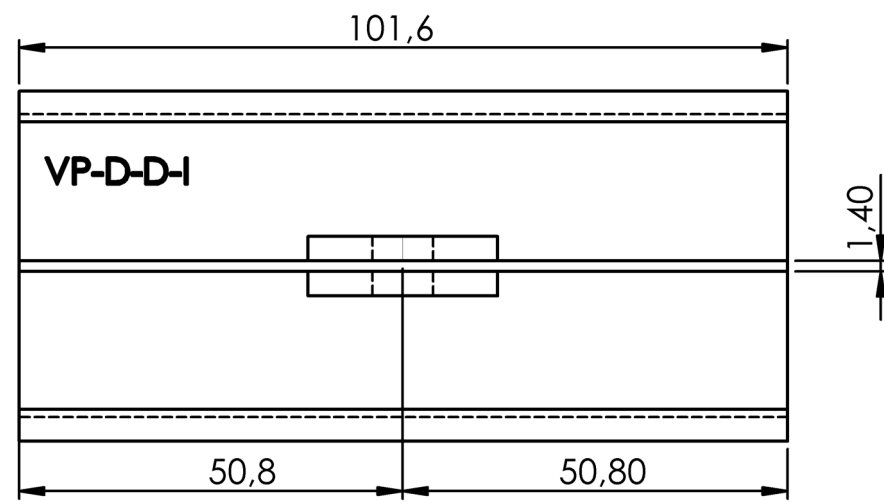
SOPORTE RUEDA TRASERA



ESC.: 1:2

Medidas en mm

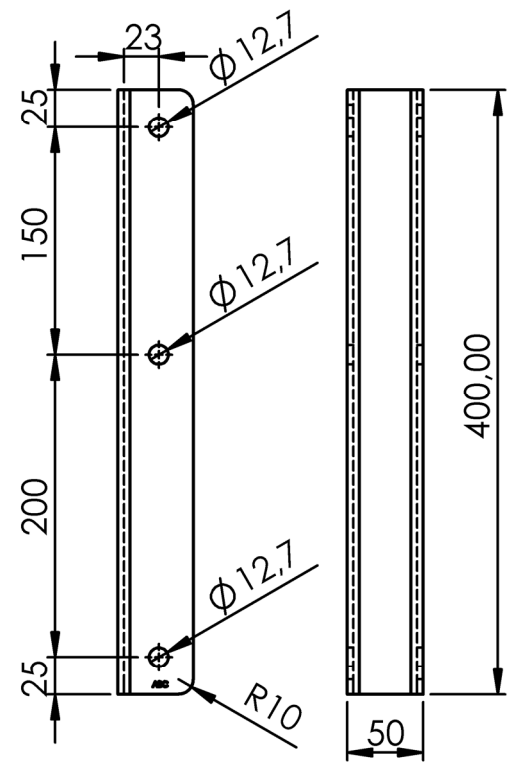
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala: 1:10 1:2	Denominación: PATAS DELANTERA/TRASERAS Y SOPORTES DE RUEDAS		
				
Formato A4				



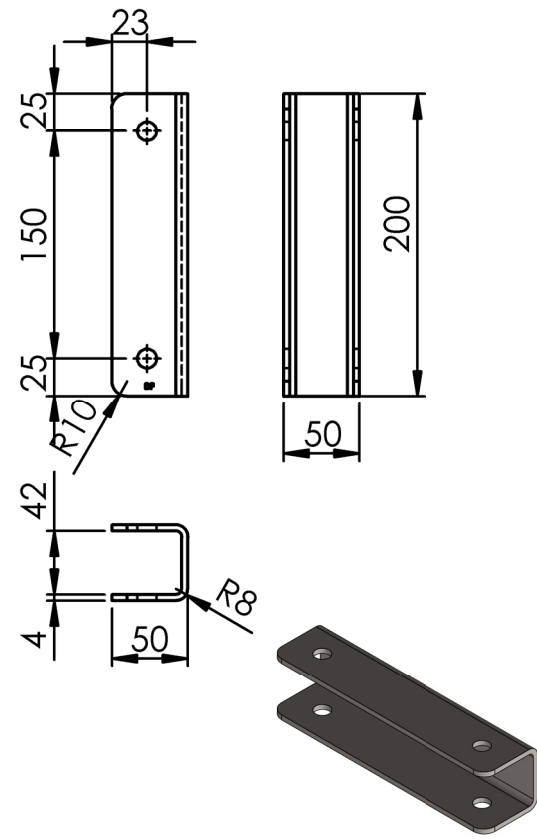
Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala:	Denominación:		
	1:1	VÍNCULO DE UNIÓN ENTRE PATA TRASERA Y DELANTERA		
Formato A3				Fecha: 26/09/2023
				Plano: N° 15

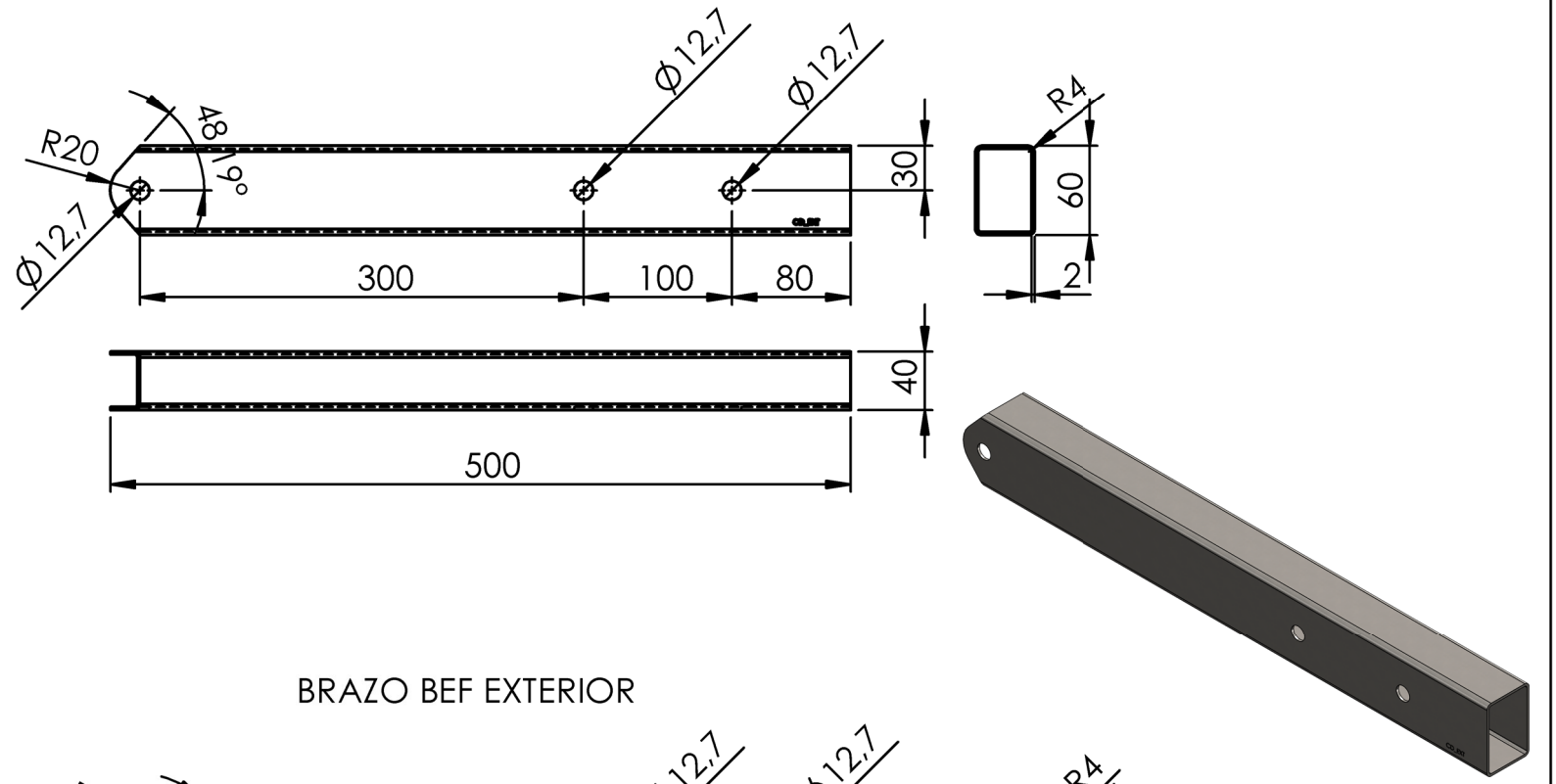
BASTIDOR ABC



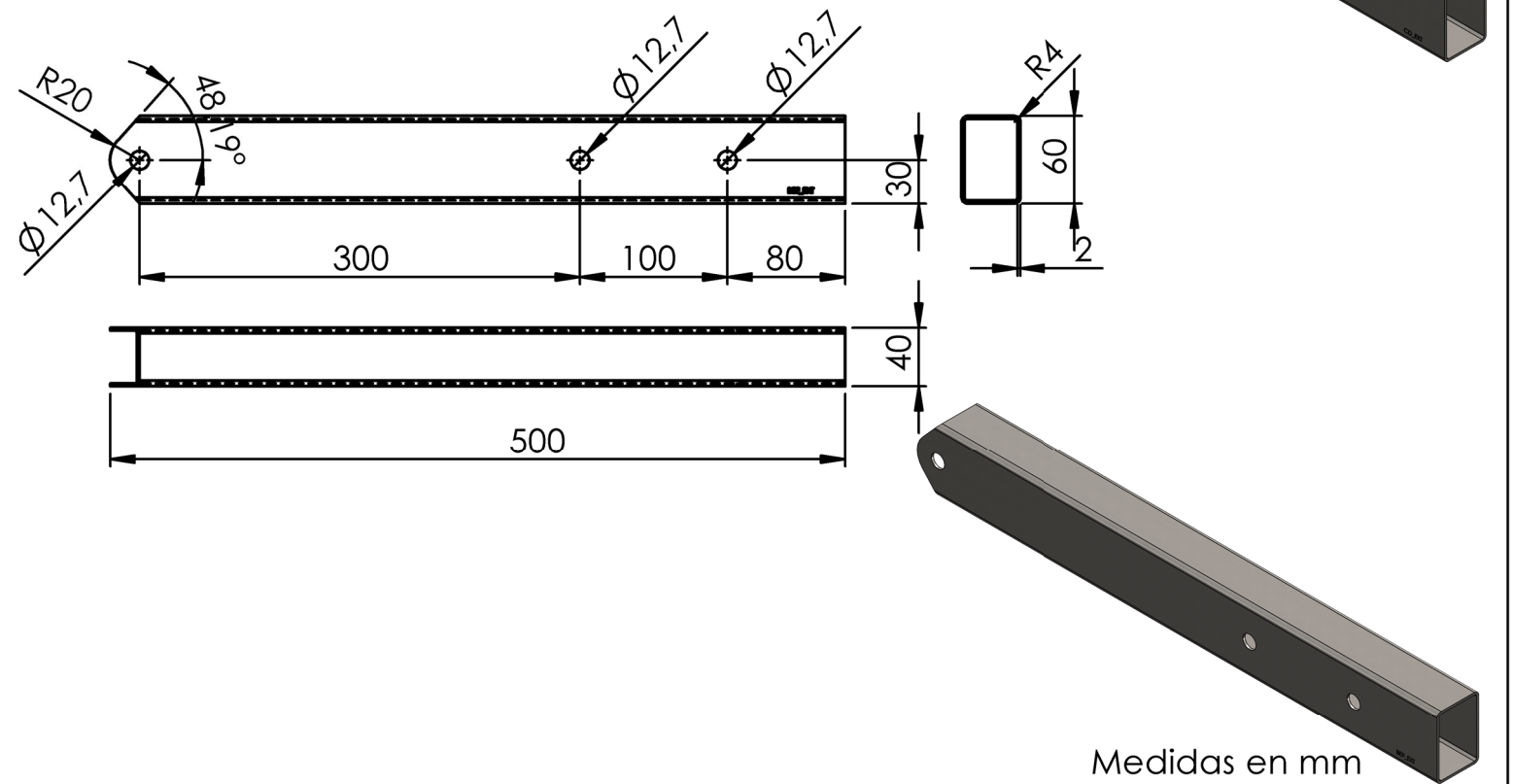
BASTIDOR DF



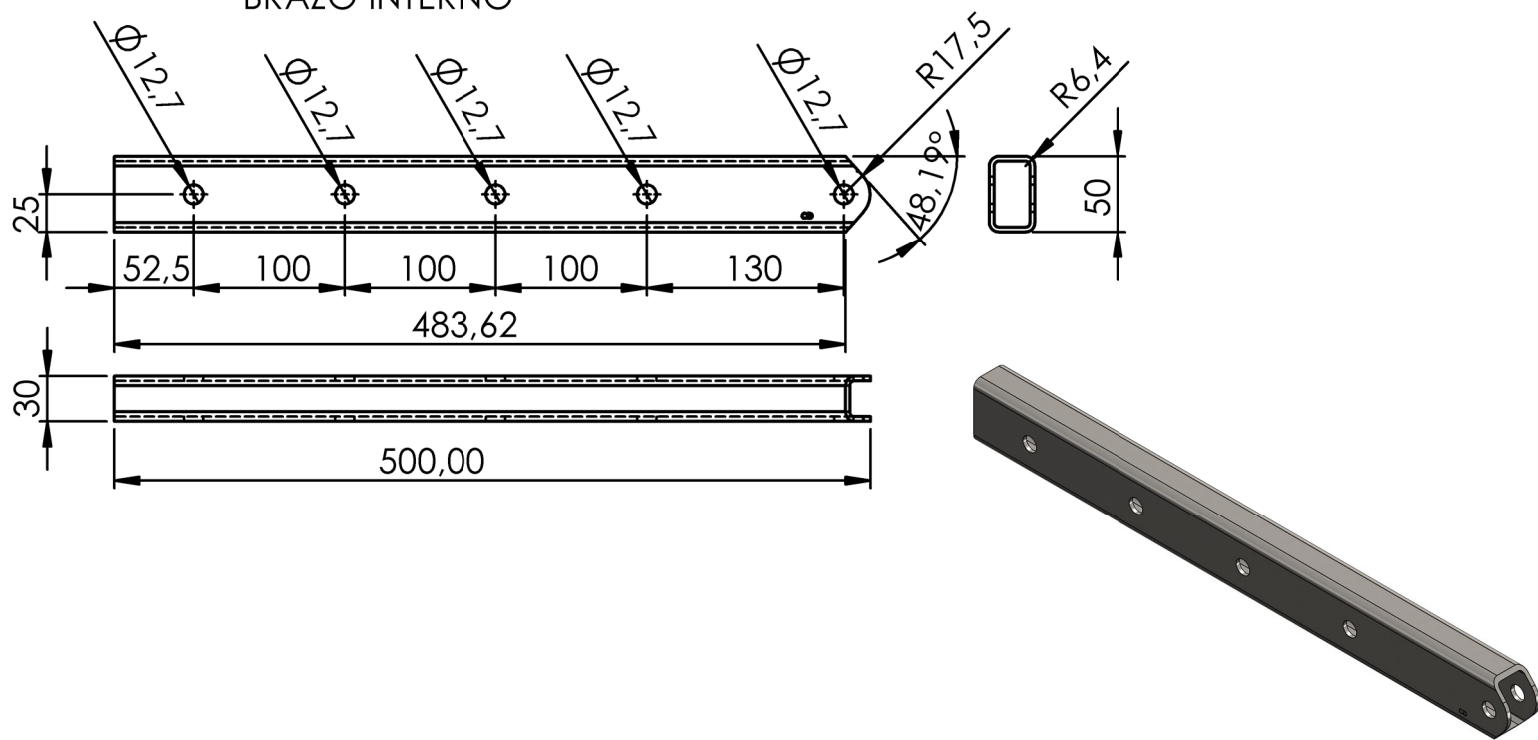
BRAZO CD EXTERIOR





BRAZO BEF EXTERIOR



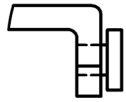
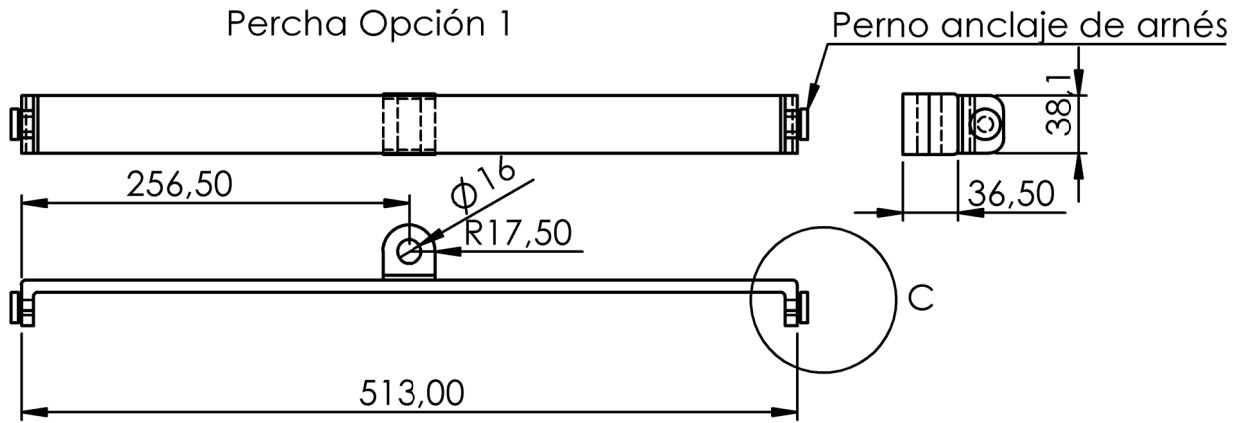
BRAZO INTERNO



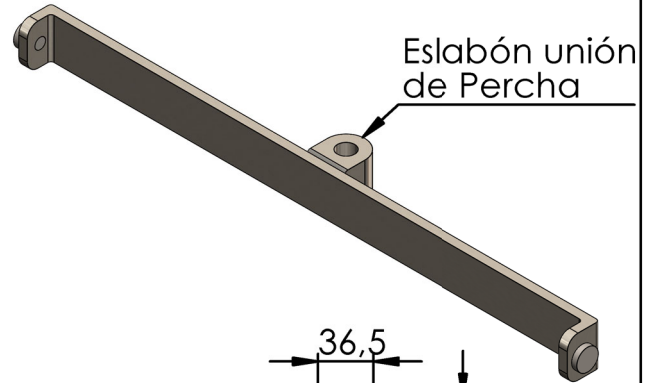
Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
1:5	BASTIDORES, BRAZOS EXTERNOS E INTERNOS			
 Formato A3				
	Fecha: 26/09/2023			
	Plano: N° 16			

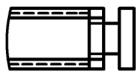
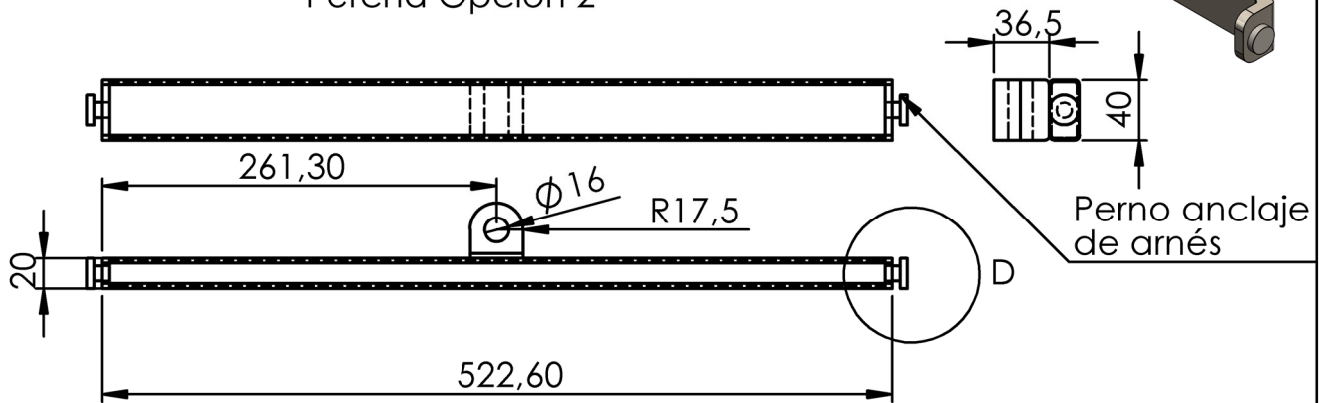
Percha Opción 1



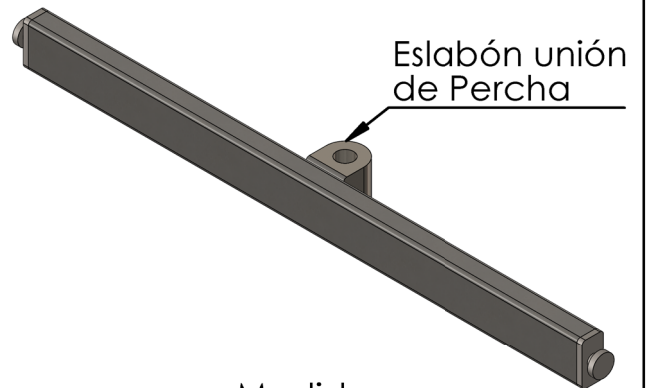
DETALLE C
ESCALA 2 : 5





Percha Opción 2



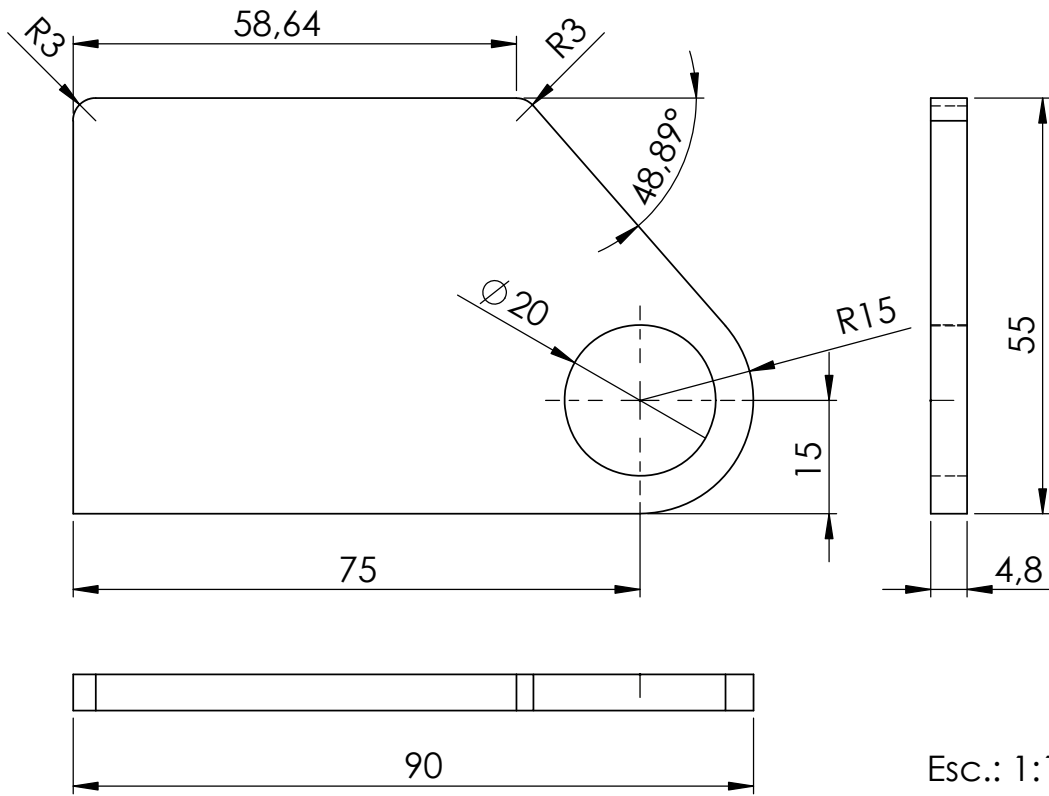
DETALLE D
ESCALA 2 : 5



Medidas en mm

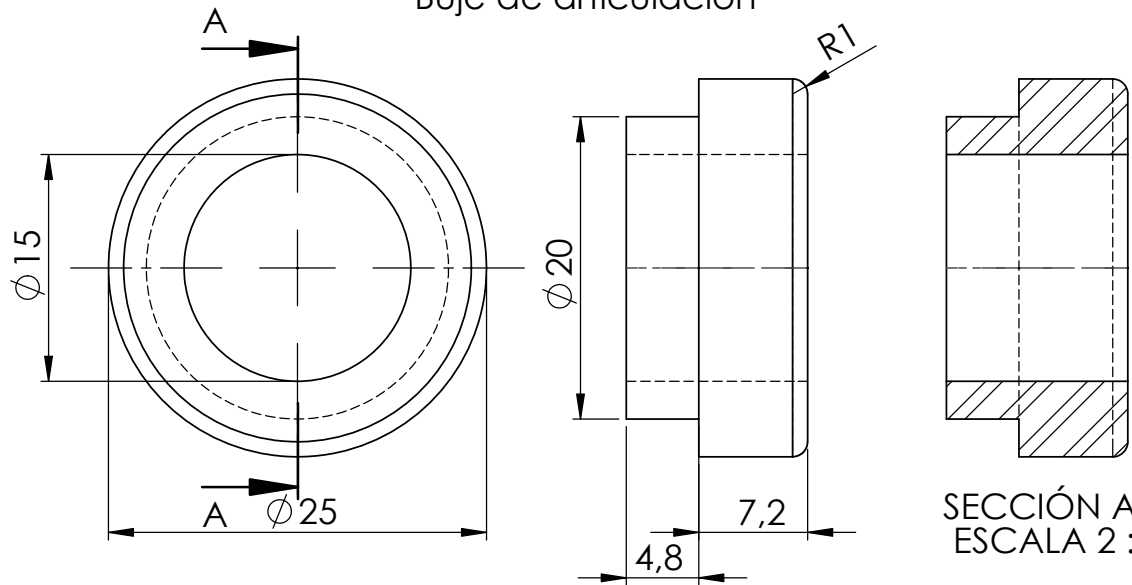
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala: 1:5	Denominación: PERCHAS			 U.T.N F.R.Rq
 Formato A4				Fecha: 26/09/2023	
				Plano: N° 17	

Vínculo de unión



Esc.: 1:1


Buje de articulación



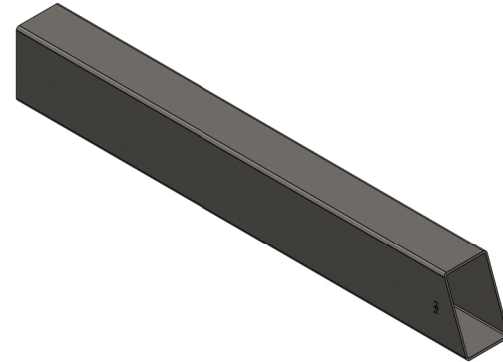
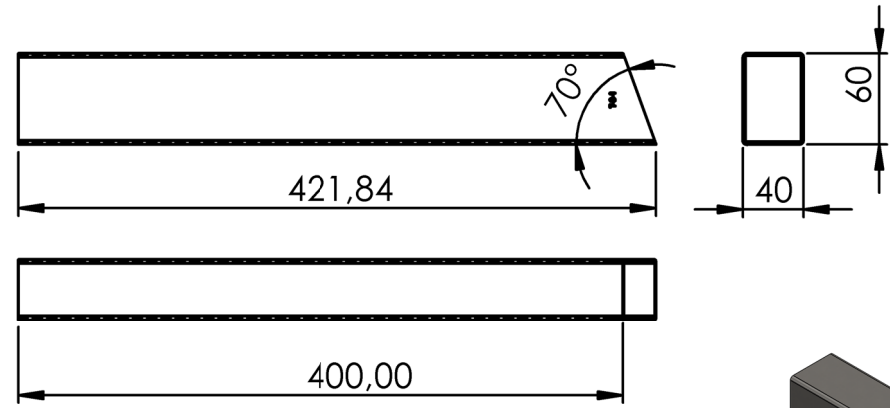
SECCIÓN A-A
ESCALA 2:1

Esc.: 2:1

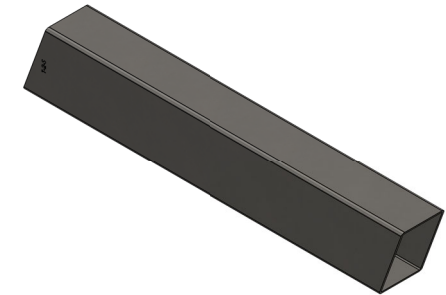
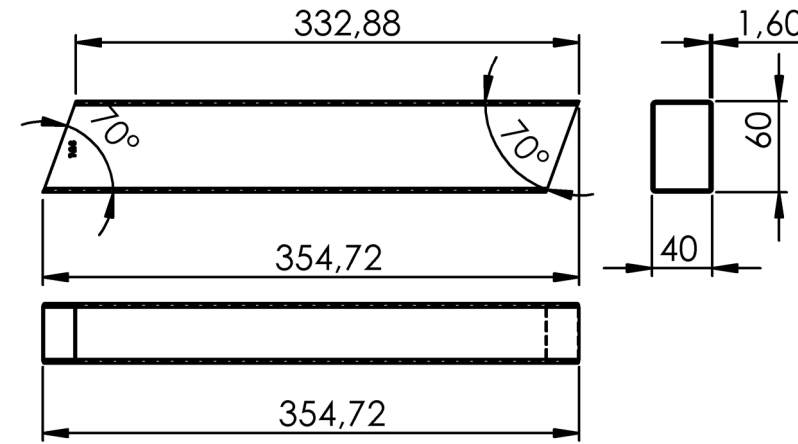
Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala: 1:1 2:1	Denominación: VÍNCULO DE UNIÓN Y ARTICULACIÓN DE OPCIÓN 2 Y BASE			 U.T.N F.R.Rq
				Fecha: 26/09/2023	
Formato A4				Plano: N° 18	

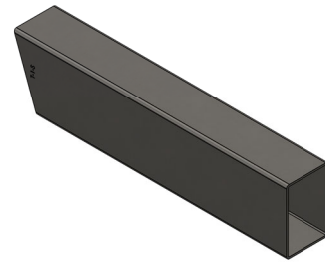
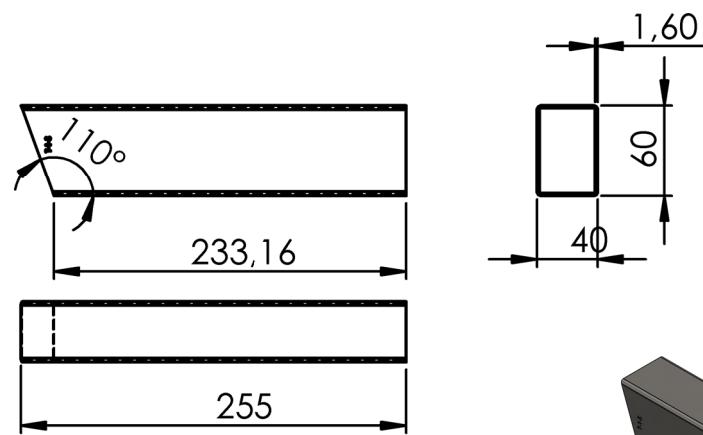
Tramo superior



Tramo intermedio

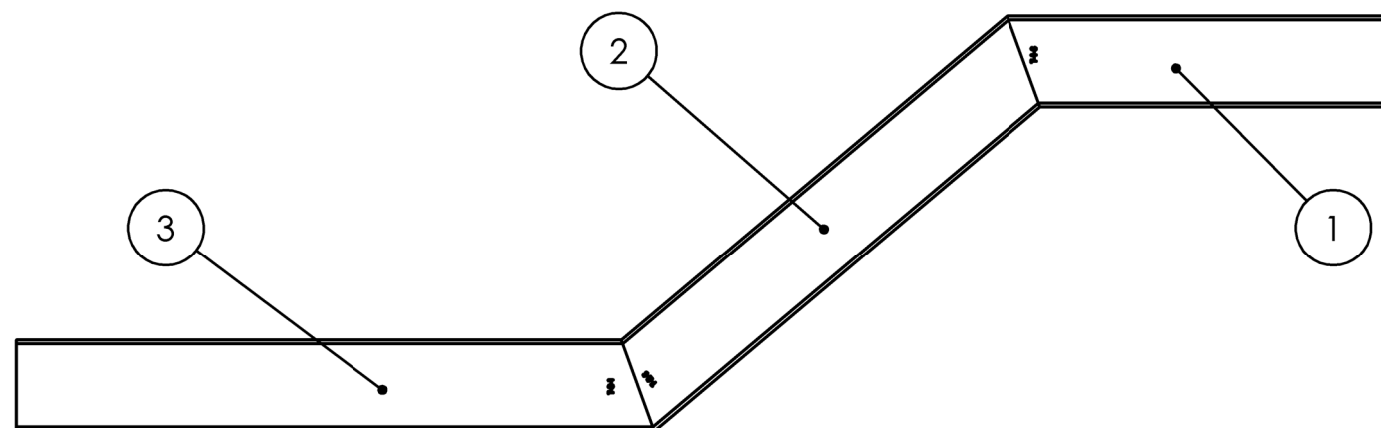


Tramo inferior





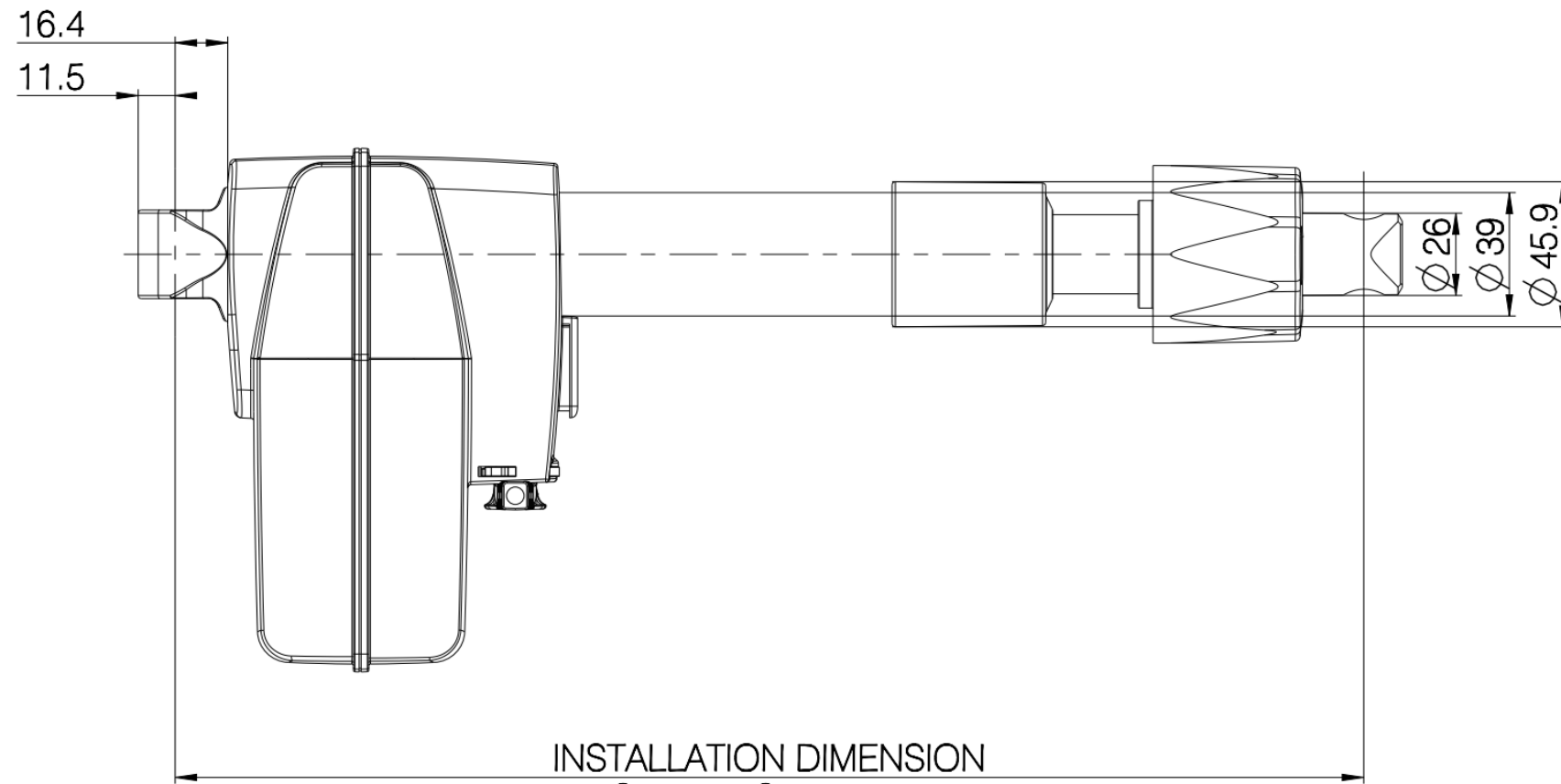
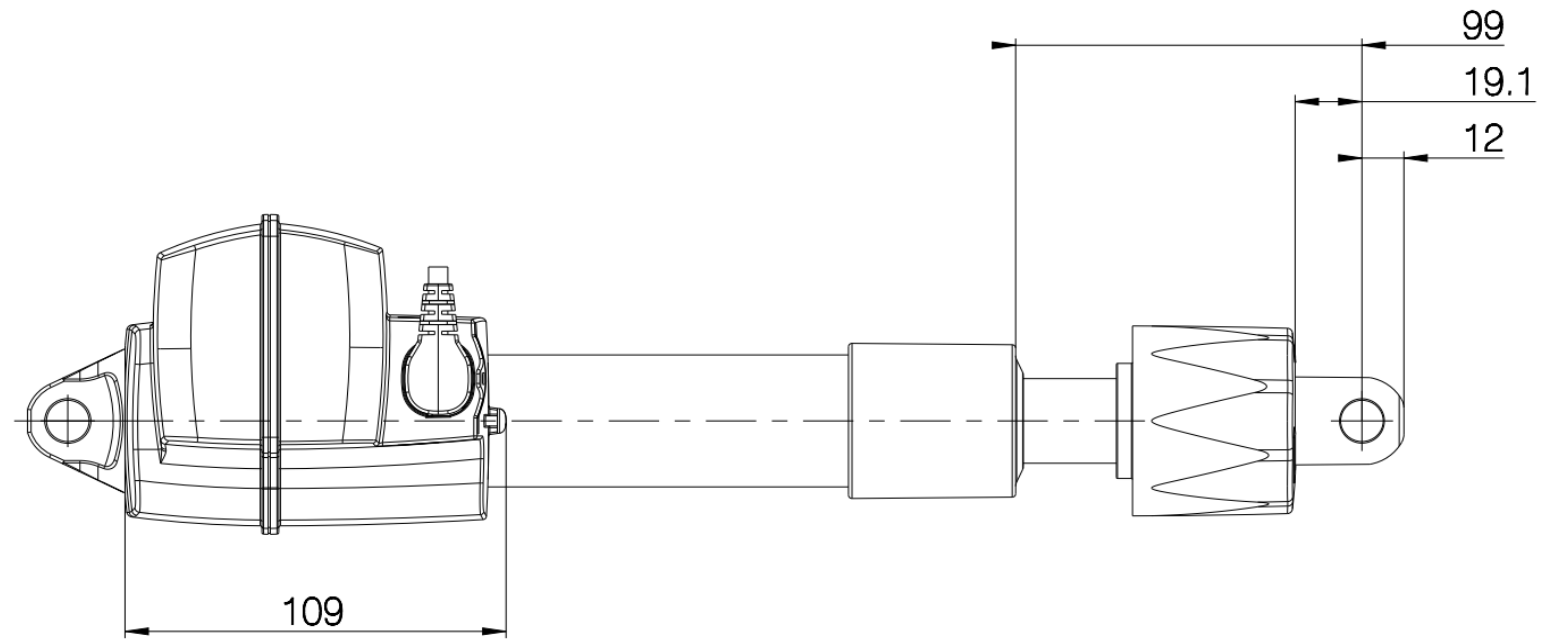
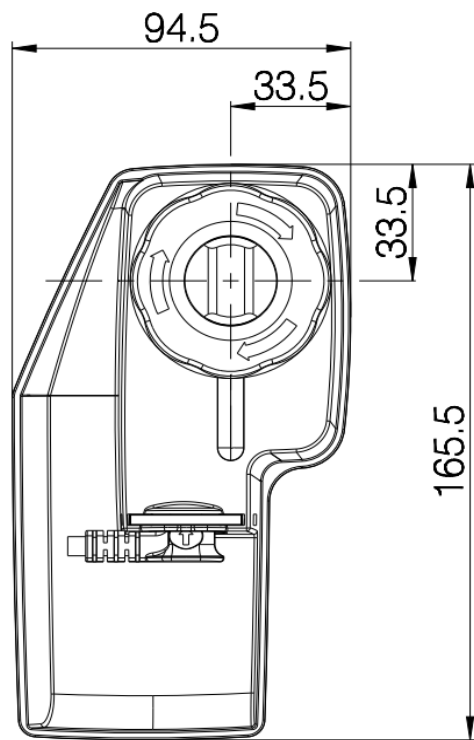
Medidas en mm

Unión de tramos





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	TUBO 40X60X1.6 INF	TRAMO INFERIOR	1
2	TUBO 40X60X1.6 INT	TRAMO INTERMED	1
3	TUBO 40X60X1.6 SUP	TRAMO SUPERIOR	1

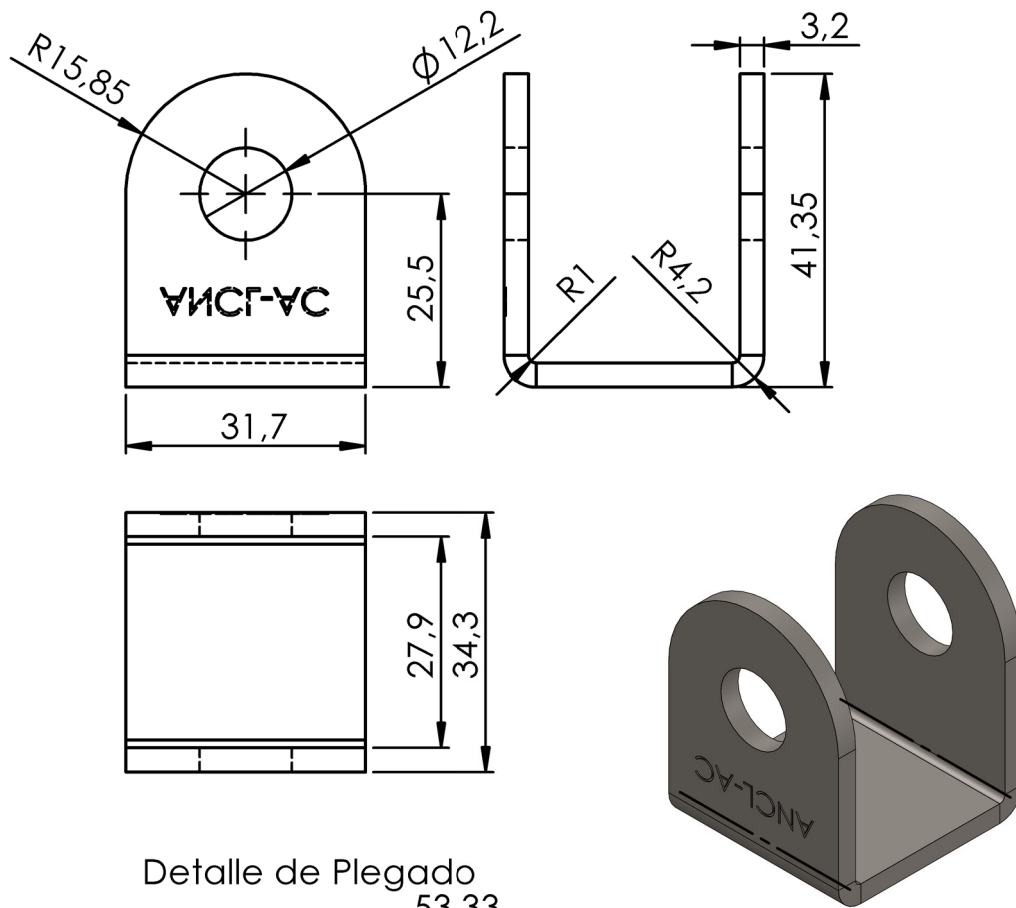
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala:	Denominación:		 U.T.N F.R.Rq
1:2	MÁSTIL OPCIÓN 2			
 Formato A3				
	Fecha: 26/09/2023			
	Plano: N°19			



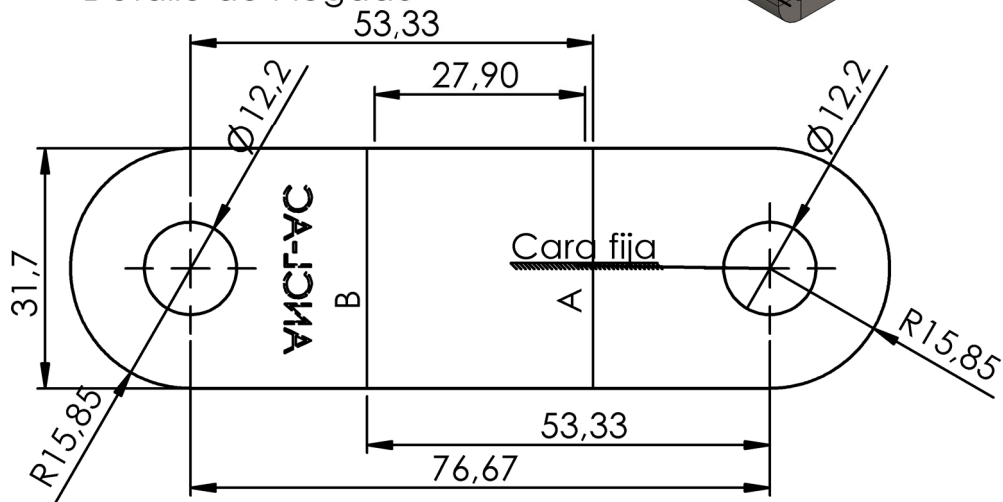
INSTALLATION DIMENSION
 S+274 - S≤300mm
 S+294 - S>300 - S≤400mm

Medidas en mm

OBSERVACIONES Ficha técnica	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
Escala: S/E	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
	ACTUADOR LINEAL LINAK LA40 PL			
		Fecha: 26/09/2023		
	Formato A3	Plano: N° 20		




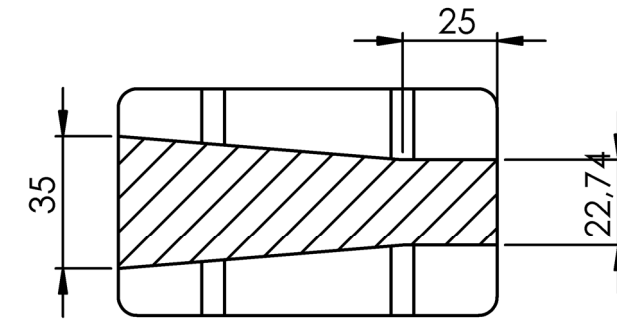
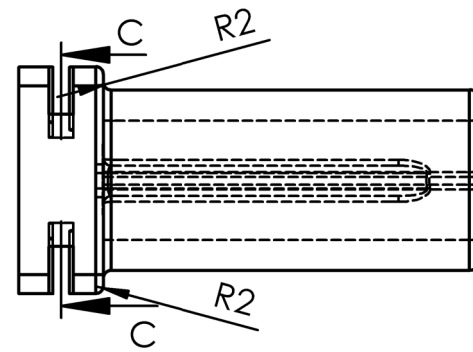
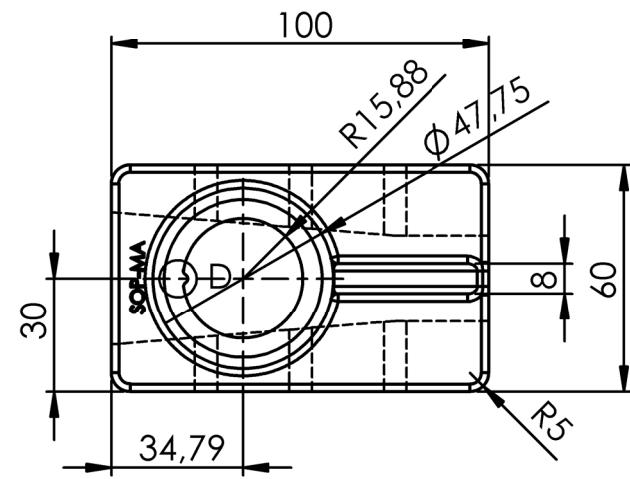
Detalle de Plegado



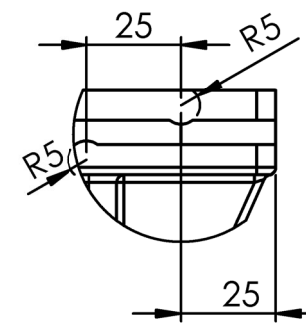
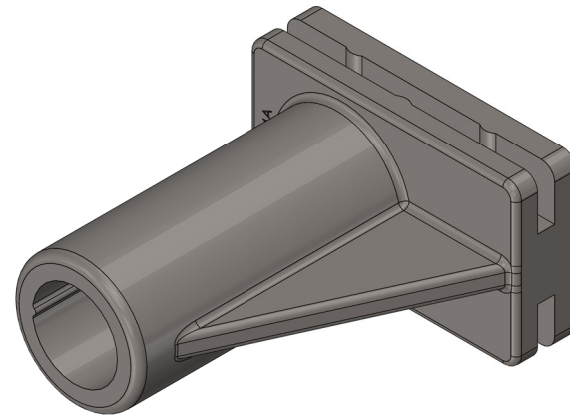
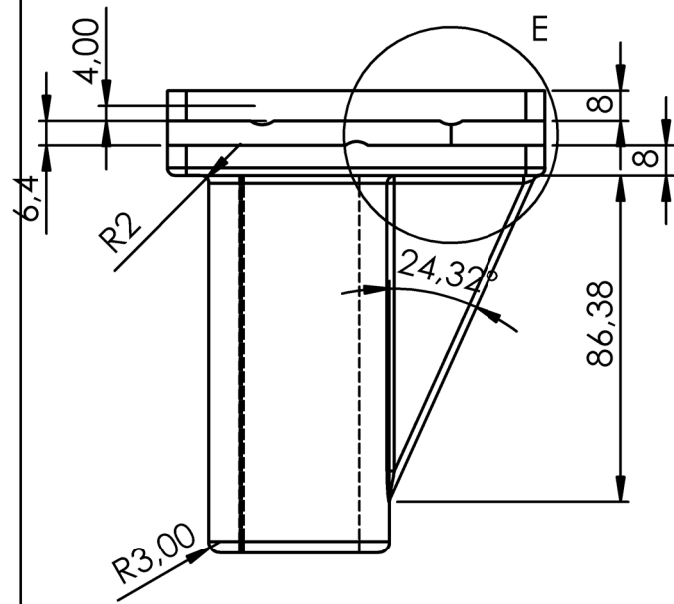
Medidas en mm

Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	1
B	HACIA ARRIBA	90°	1

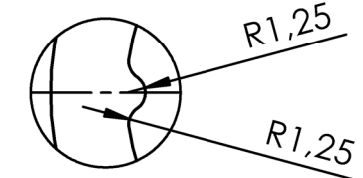
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala: 1:1	Denominación: ANCLAJE EXTREMO ACTUADOR LINEAL		
				
Formato A3				



SECCIÓN C-C




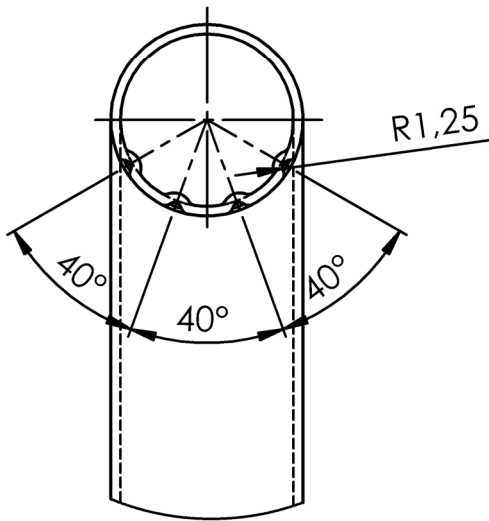
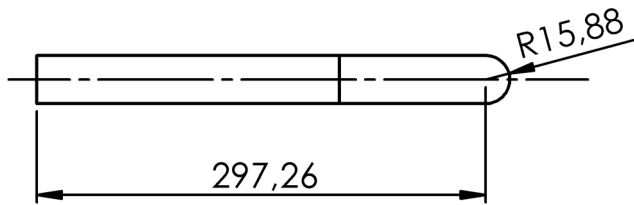
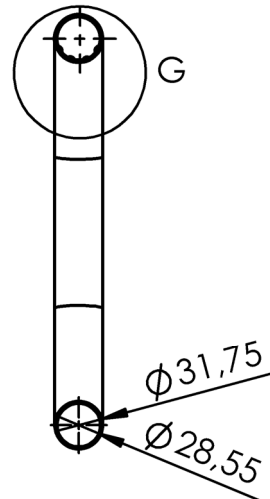
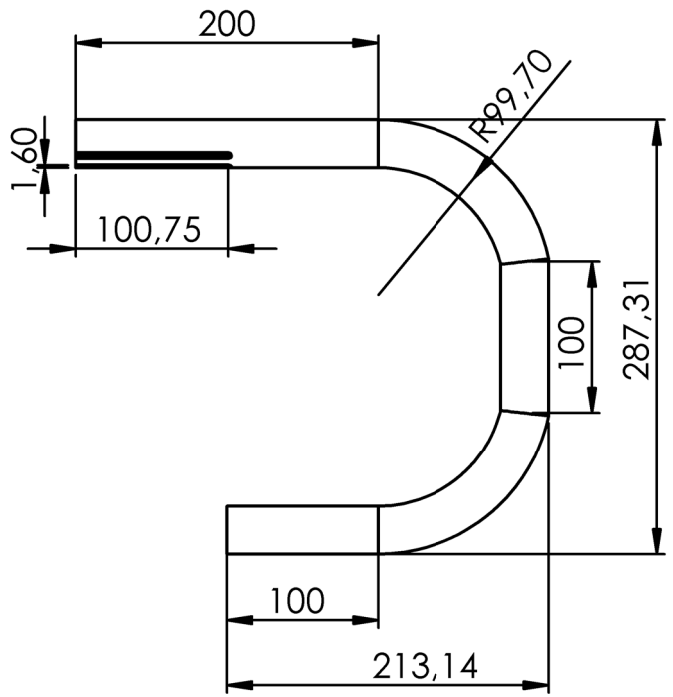
DETALLE E



DETALLE D
ESCALA 2 : 1



Medidas en mm

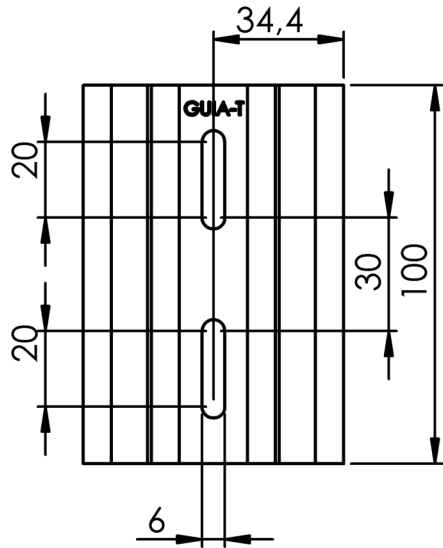
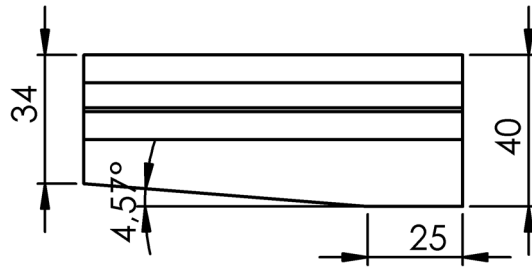
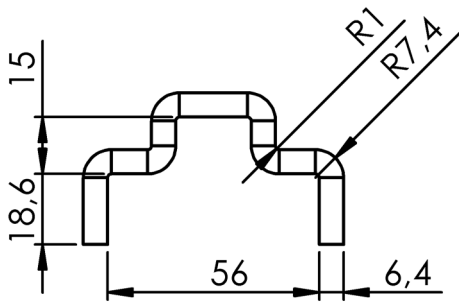
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala: 1:2	Denominación:		 U.T.N F.R.Rq
	SOPORTE BRAZO DE MOVIMIENTO		Fecha: 26/09/2023	
Formato A3			Plano: N° 22	



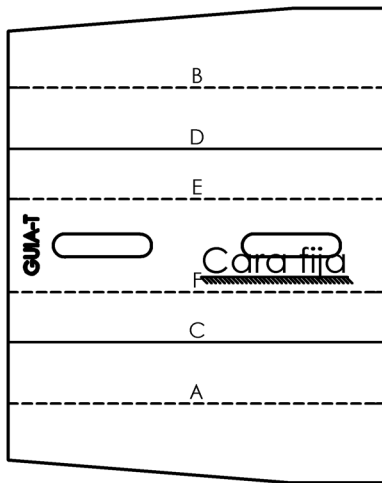
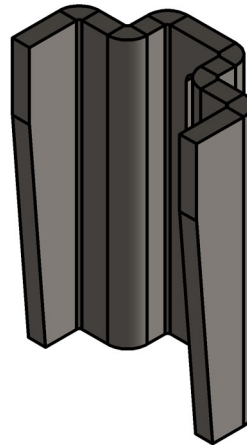
DETALLE G
ESCALA 4 : 5

Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala: 1:5	Denominación: BRAZO DE MOVIMIENTO			 U.T.N F.R.Rq
				Fecha: 26/09/2023	
Formato				Plano: N°23	





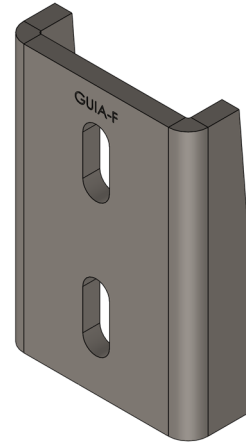
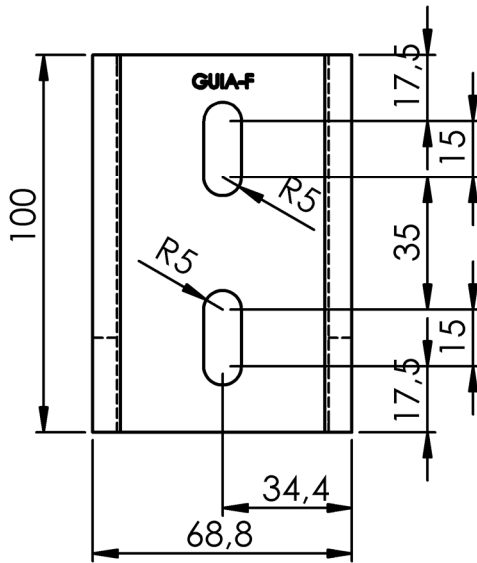
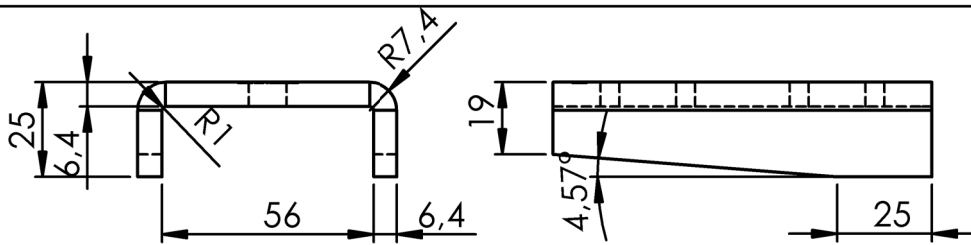
Detalle de plegado



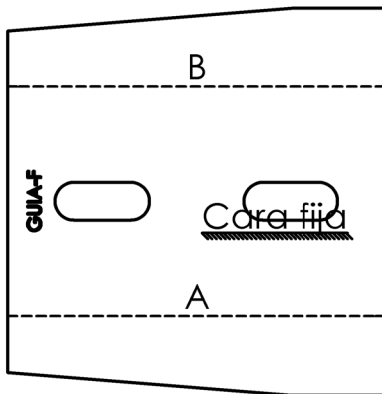
Medidas en mm

Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	90°	1
B	HACIA ABAJO	90°	1
C	HACIA ARRIBA	90°	1
D	HACIA ARRIBA	90°	1
E	HACIA ABAJO	90°	1
F	HACIA ABAJO	90°	1

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala: 1:2	Denominación: GUIA TRASERA DE SOPORTE DE BRAZO DE MOVIMIENTO		 U.T.N F.R.Rq
			Fecha: 26/09/2023	
Formato A4			Plano: N° 24	





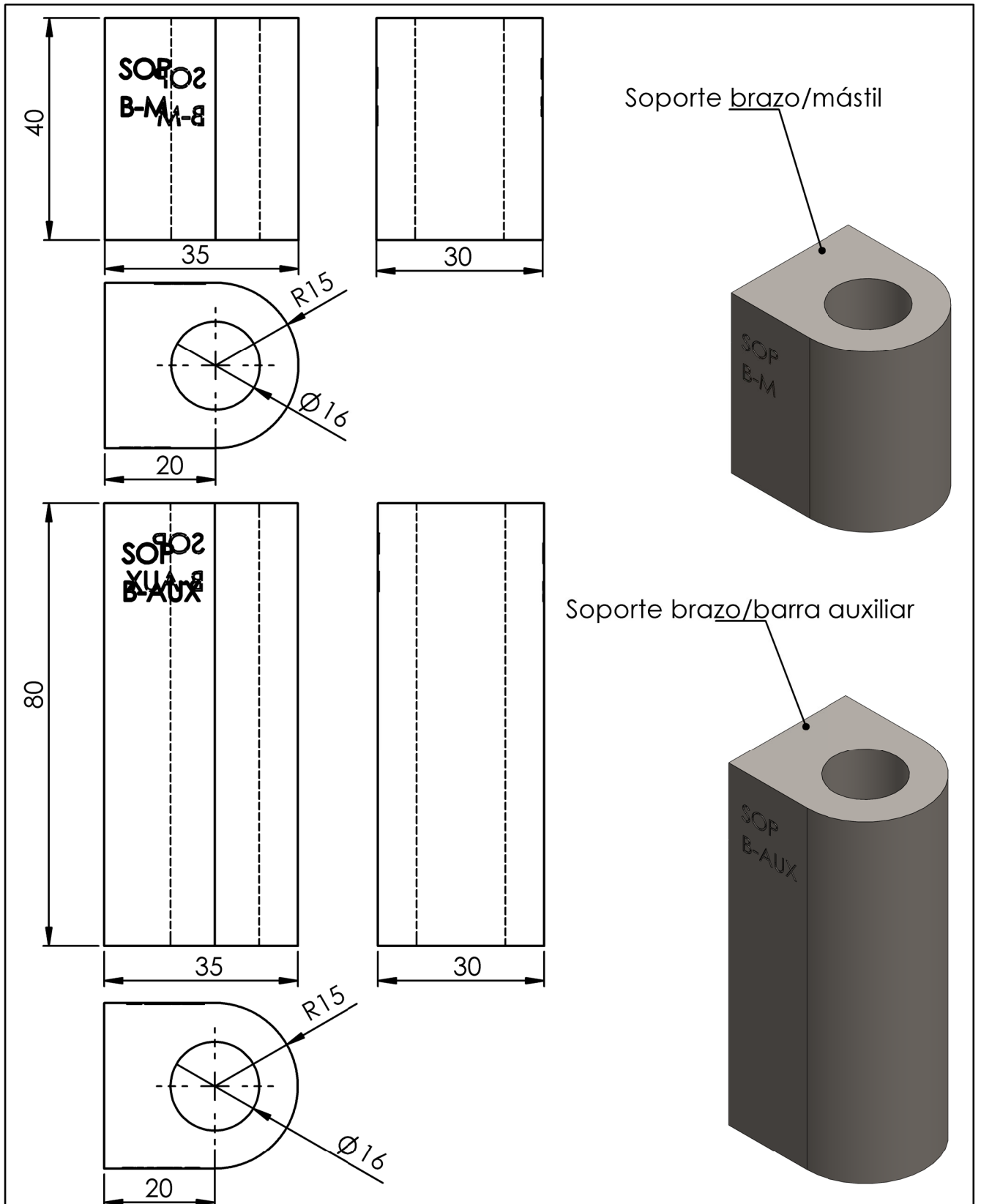
Detalle de plegado



Medidas en mm

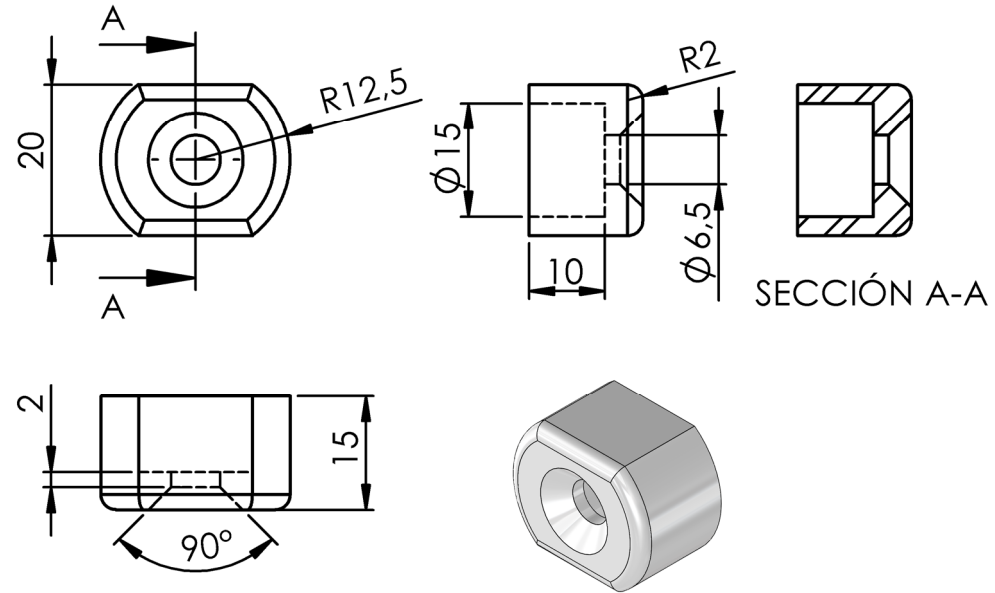
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	90°	1
B	HACIA ABAJO	90°	1

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala: 1:2	Denominación: GUIA DELANTERA DE SOPORTE DE BRAZO DE MOVIMIENTO		 U.T.N F.R.Rq
 Formato A4			Fecha: 26/09/2023	
			Plano: N° 25	

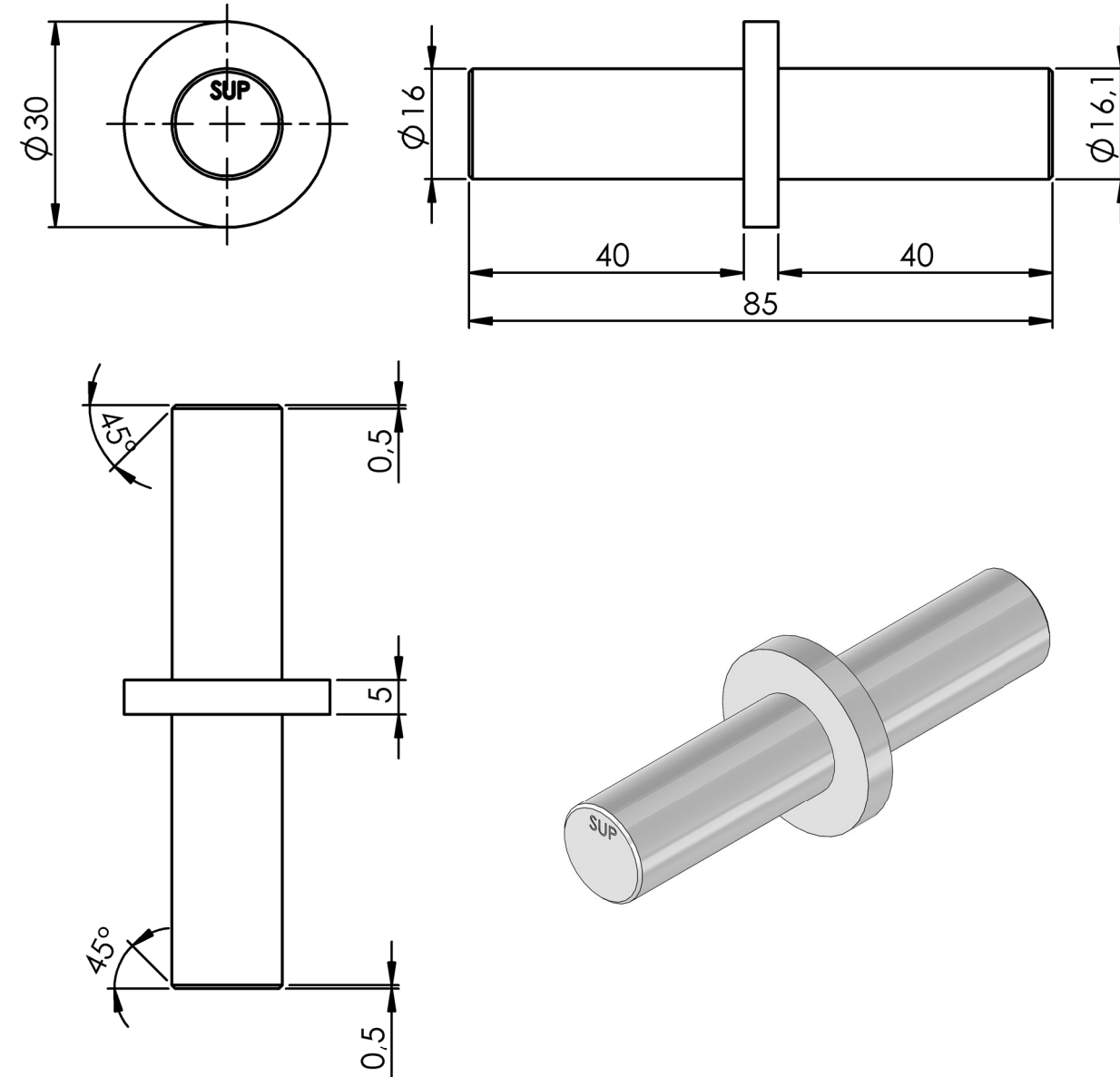


OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala: 1:1	Denominación:		
SOPORTES DE BRAZOS				 U.T.N F.R.Rq
 Formato A4				Fecha: 26/09/2023
				Plano: N° 26

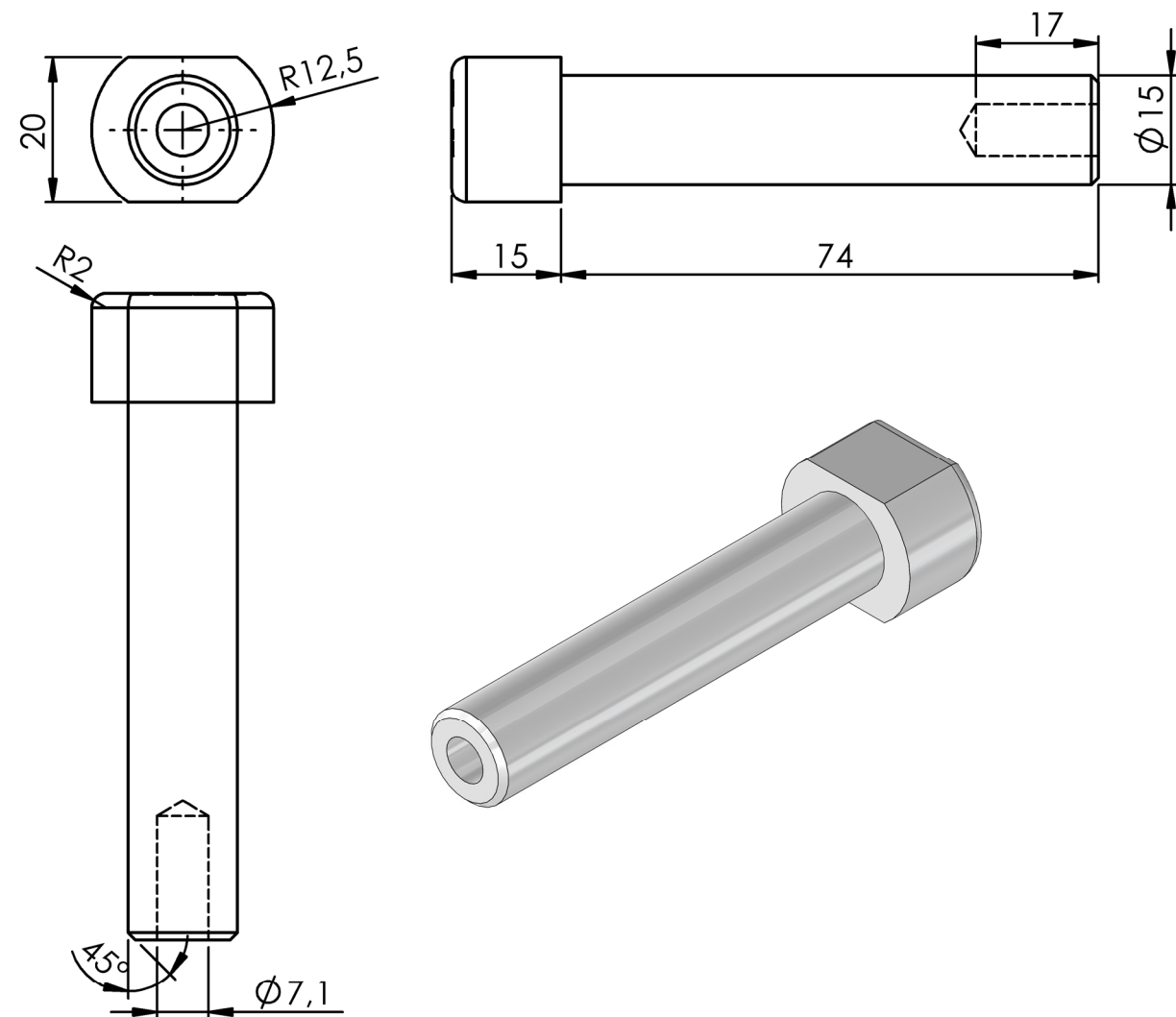
Tope de perno vínculo de unión base y mástil





Perno brazo/Mástil



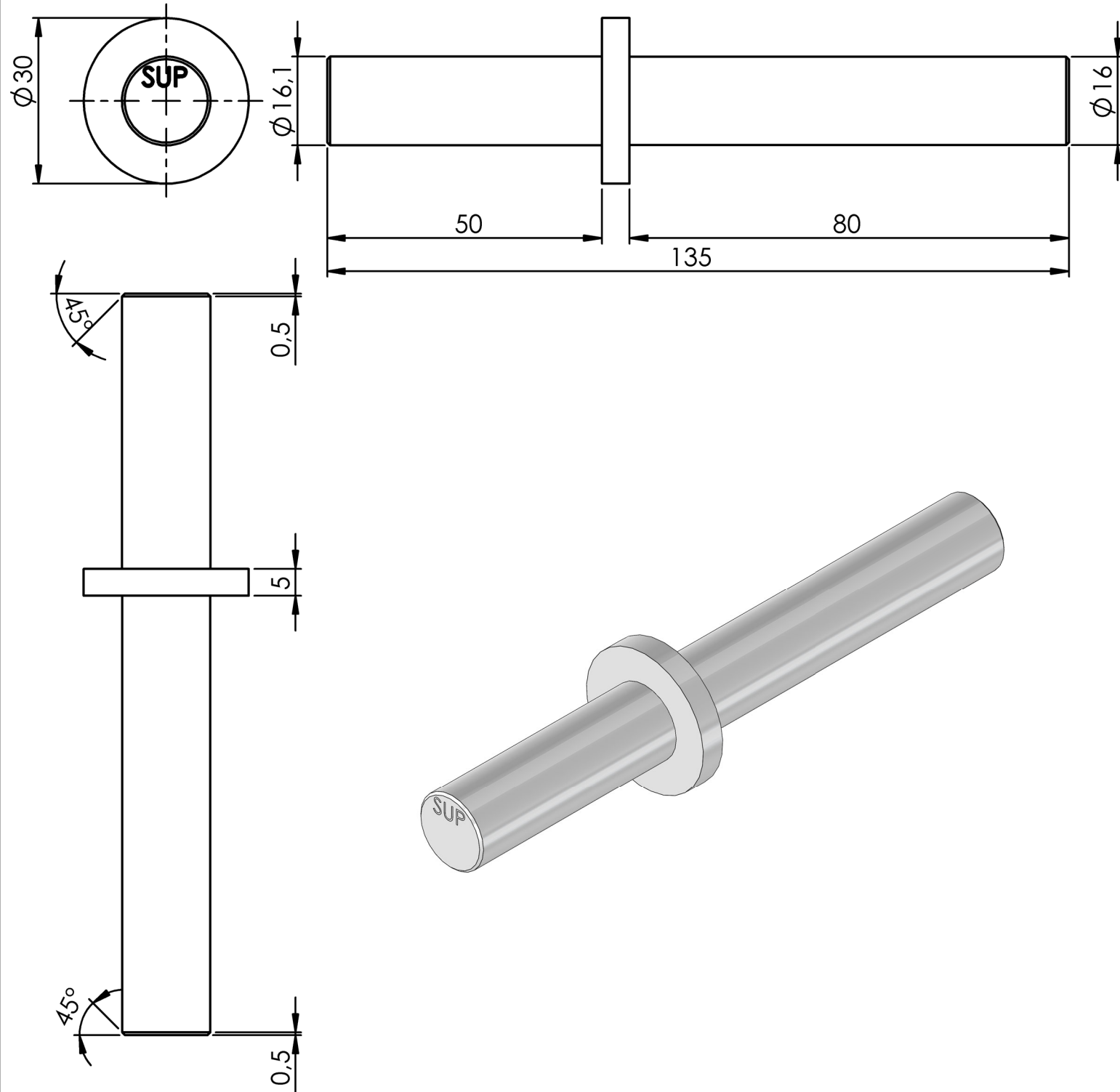
Perno vínculo de unión base y mástil



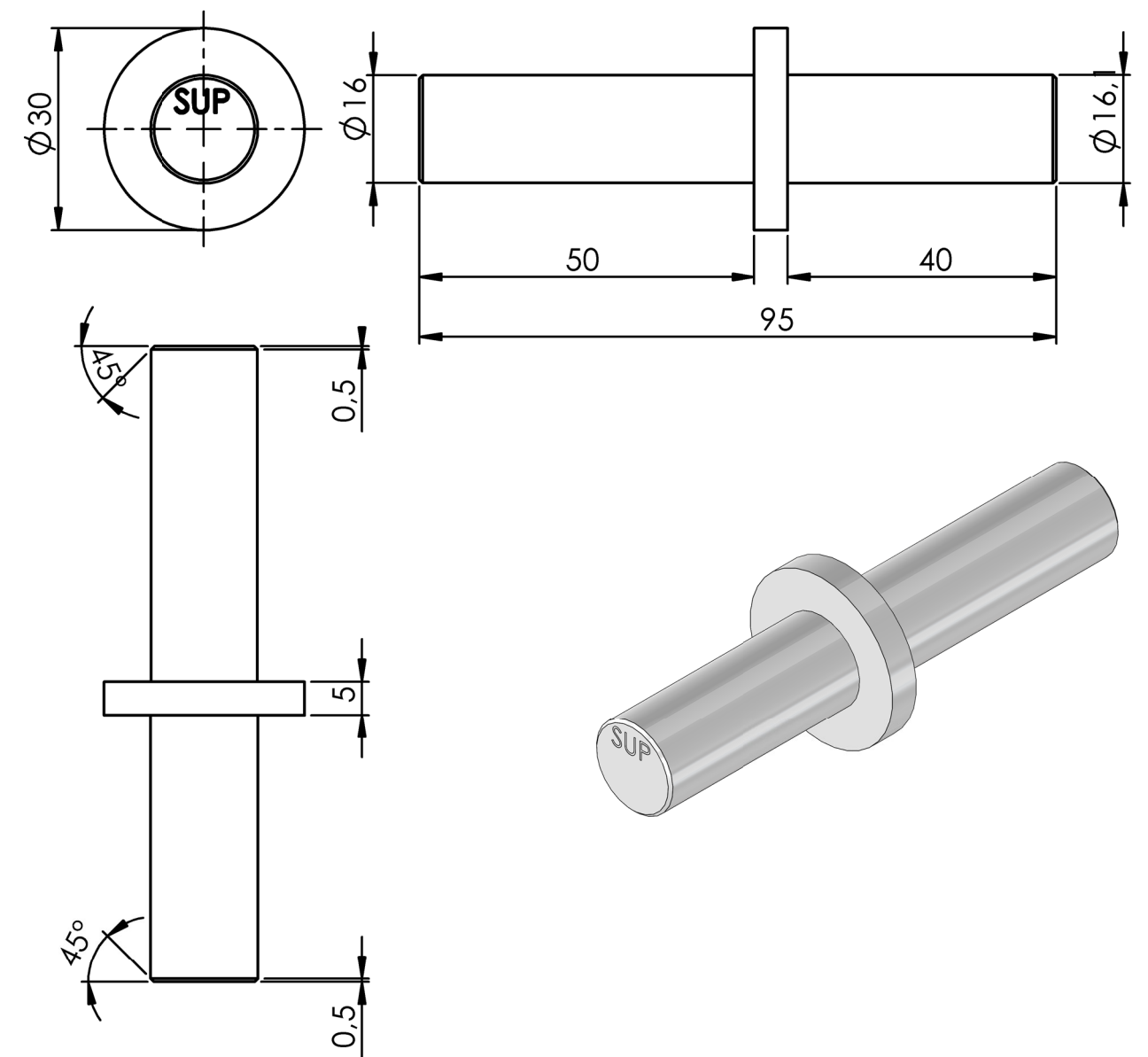
Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
1:1	PERNOS BRAZO/MÁSTIL Y BASE/MÁSTIL			
 Formato A3				
				Fecha: 26/09/2023
				Plano: N°27



Perno barra auxiliar



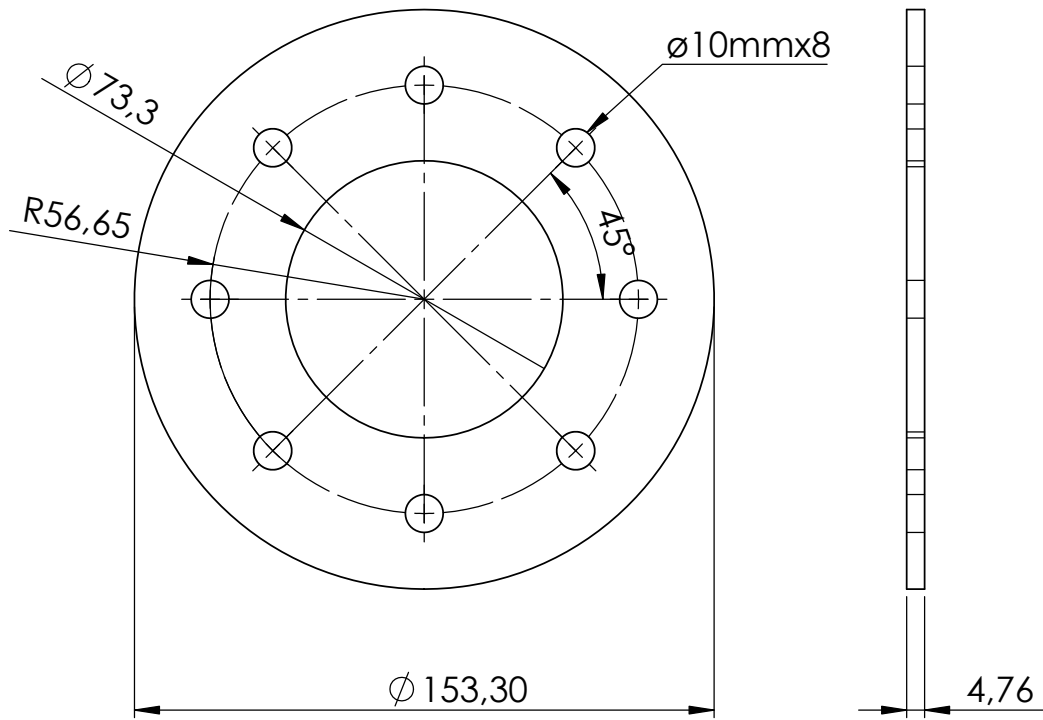
Perno percha/barra auxiliar



Medidas en mm

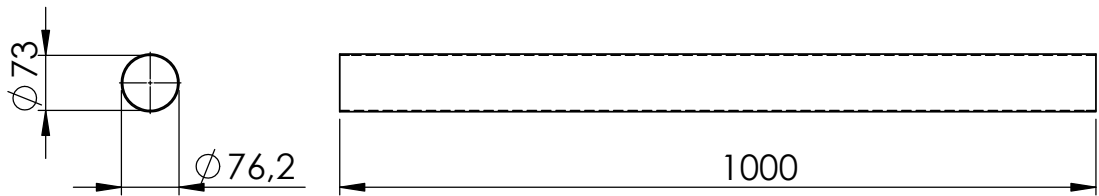
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
1:2	PERNOS BARRA AUXILIAR Y PERCHA			
 Formato A3				
				Fecha: 26/09/2023
				Plano: N°28

Brida base columna opción 1





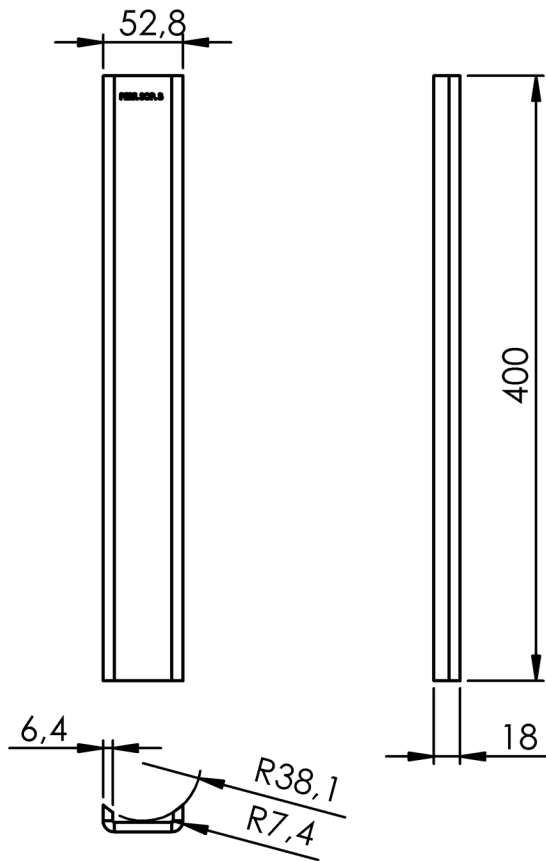
Esc. 1:2

Tubo columna opción 1

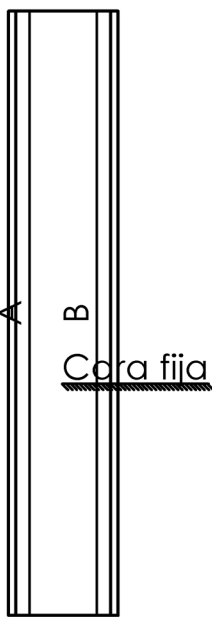


Esc. 1:10

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
	Escala: 1:2 1:10	Denominación: BRIDA/TUBO COLUMNA OPCIÓN 1		 U.T.N F.R.Rq
			Fecha: 26/09/2023	
Formato A4			Plano: N° 29	





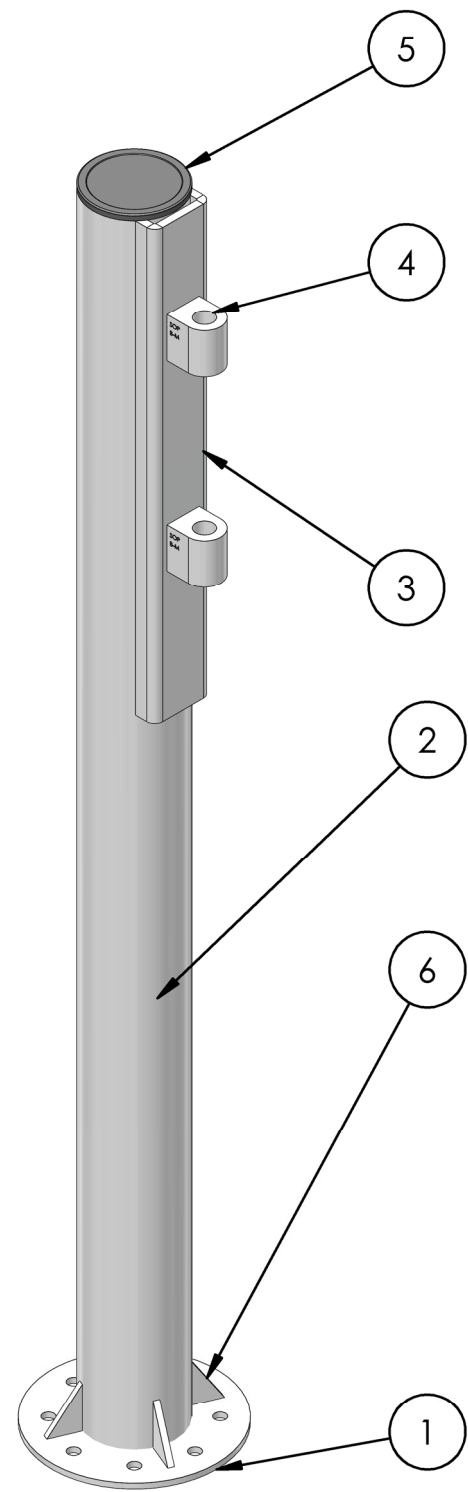
Detalle de plegado




Medidas en mm

Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	1
B	HACIA ARRIBA	90°	1

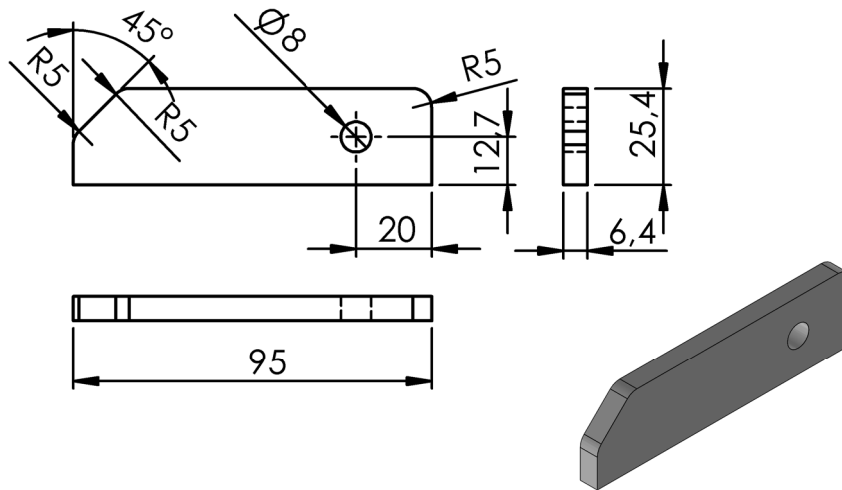
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	 U.T.N F.R.Rq
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala: 1:5	Denominación:			
 Formato A4	PERFIL SOPORTE BRAZO COLUMNA OPCIÓN 1-2		Fecha: 26/09/2023		
			Plano: N° 30		



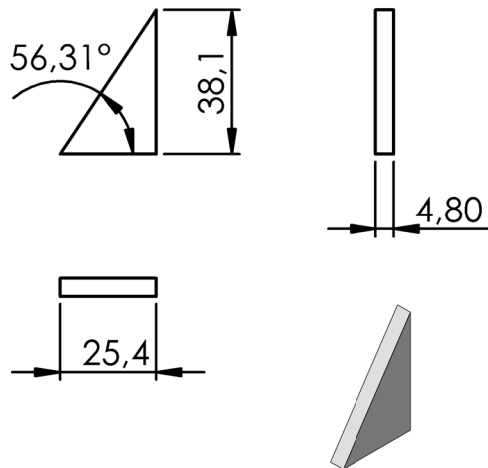
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BRIDA BASE COLUMNA	Ref. Plano N° 29	1
2	TUBO COLUMNA OPCIÓN 1	Ref. Plano N° 29	1
3	PERFIL SOPORTE BRAZO	Ref. Plano N° 30	1
4	SOPORTE BRAZO/MÁSTIL	Ref. Plano N° 26	2
5	TAPA COLUMNA 3IN	Ref. Plano N° 11	1
6	NERVIO BASE/MÁSTIL	Ref. Plano N° 28	4

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
	1:10	CONJUNTO COLUMNA OPCIÓN 1			
 Formato A3					
				Fecha: 26/09/2023	
				Plano: N°31	

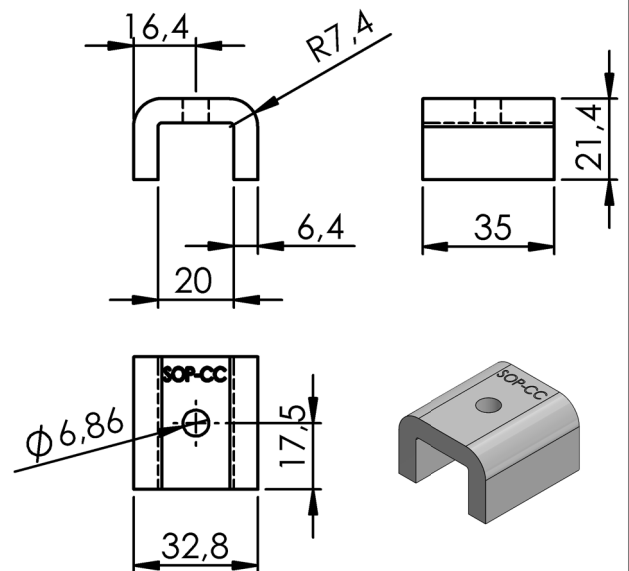
Vínculo de bloqueo base/mástil opción 2





Nervio base/mástil

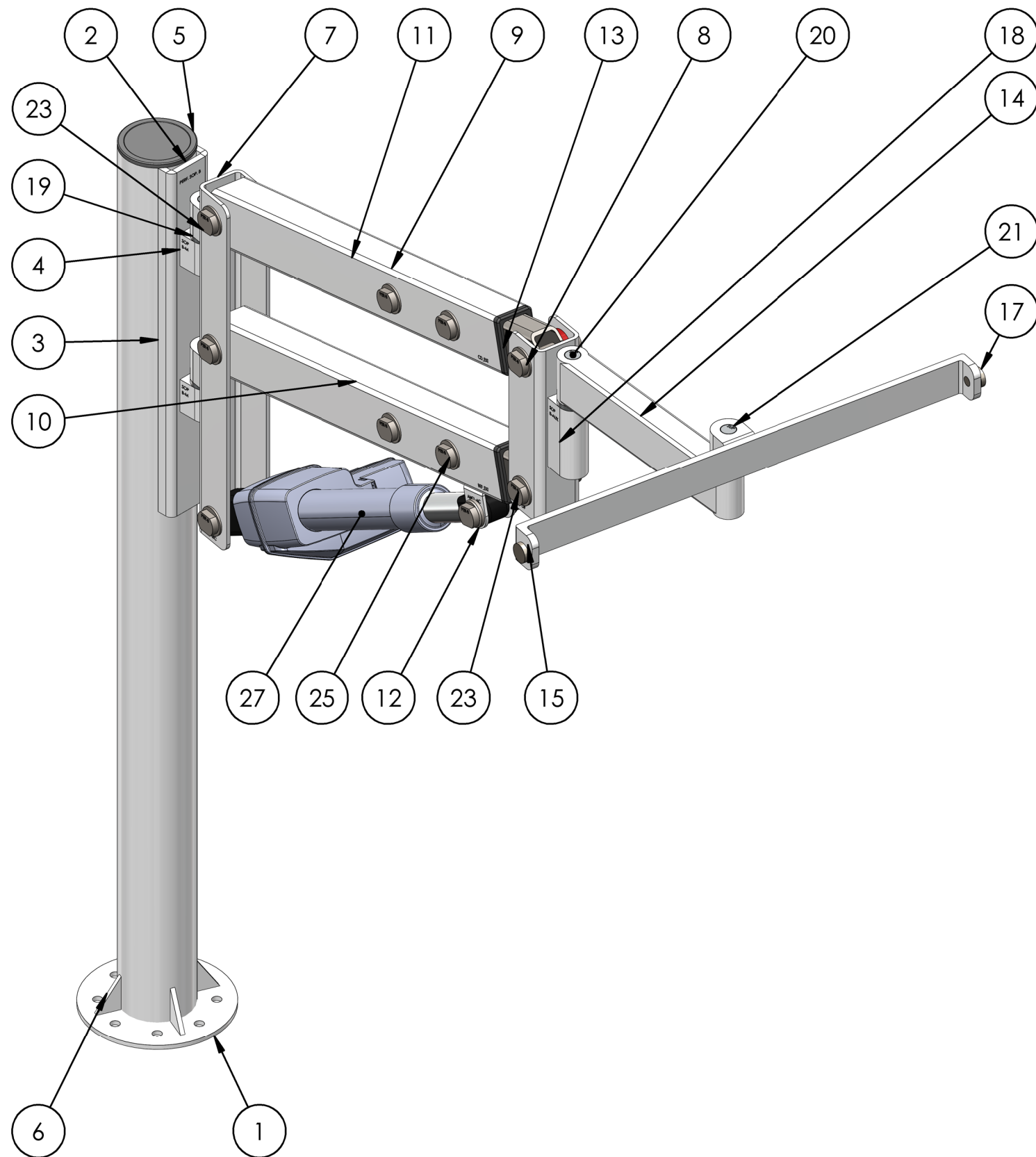


Soporte superior COL50 MK2





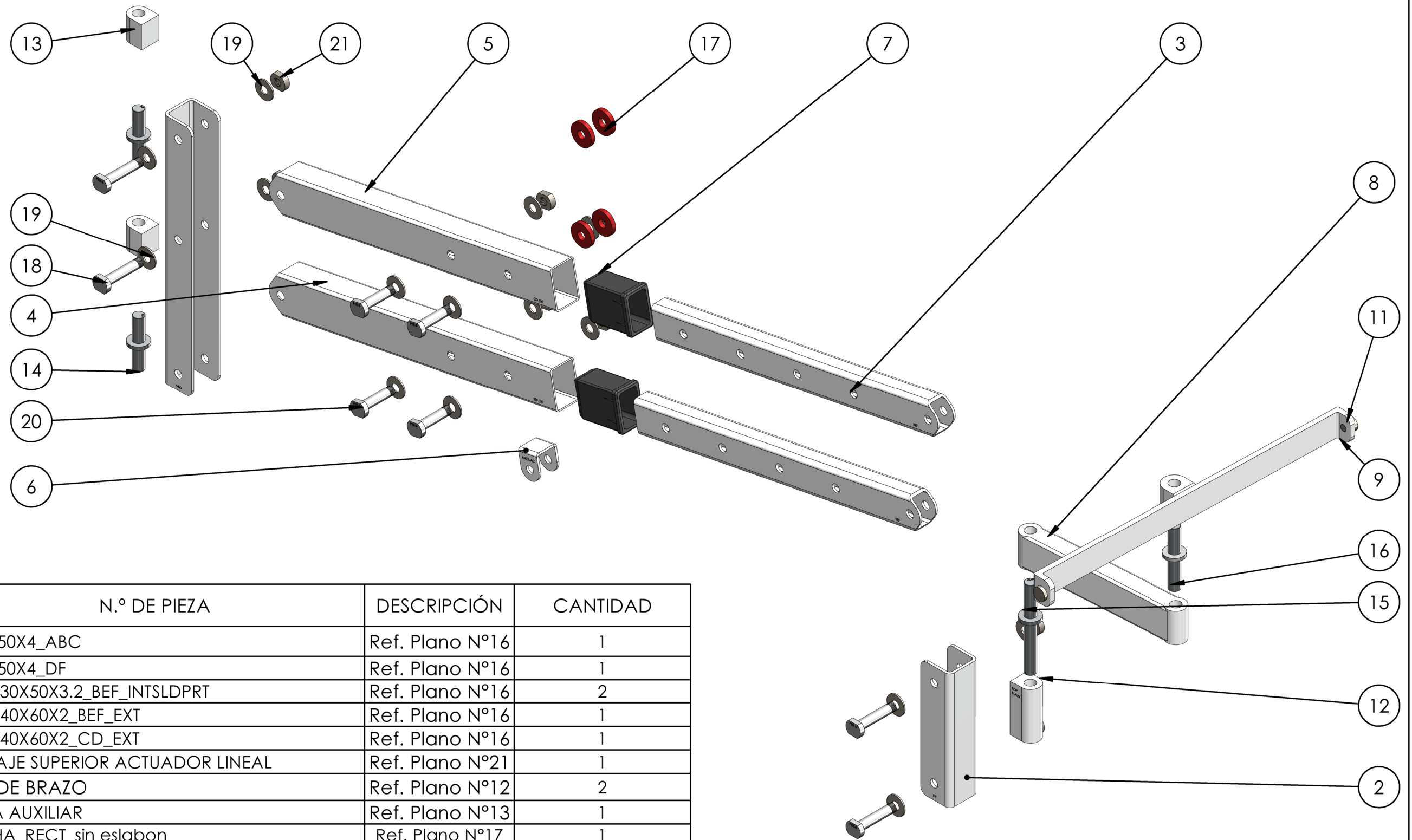
Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala: 1:2	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
	VÍNCULO DE BLOQUEO - NERVIO BASE/MÁSTIL- SOPORTE SUP COL MK2			Fecha: 26/09/2023	
Formato A4				Plano: N° 32	




N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BRIDA/TUBO COLUMNA OPCIÓN 1	Ref. Plano N° 29	1
2	COLUMNA OPCIÓN 1	Ref. Plano N° 31	1
3	PERFIL SOPORTE OPCIÓN 1	Ref. Plano N°30	1
4	SOPOORTE BRAZO MÁSTIL	Ref. Plano N°26	4
5	TAPA COLUMNA 3IN	Ref. Plano N°11	1
6	NERVIO BASE/MÁSTIL	Ref. Plano N°32	4
7	U_50X50X4_ABC	Ref. Plano N°16	1
8	U_50X50X4_DF	Ref. Plano N°16	1
9	TUBO_30X50X3.2_BEF_INTSLDPRT	Ref. Plano N°16	2
10	TUBO_40X60X2_BEF_EXT	Ref. Plano N°16	1
11	TUBO_40X60X2_CD_EXT	Ref. Plano N°16	1
12	ANCLAJE SUPERIOR ACTUADOR LINEAL	Ref. Plano N°21	1
13	BUJE DE BRAZO	Ref. Plano N°7	2
14	BARRA AUXILIAR	Ref. Plano N°13	1
15	PERCHA OPCIÓN 2	Ref. Plano N°17	1
17	PERNO SOPORTE	Imagen 6.13	2
18	SOPORTE EXTREMO B AUX	Ref. Plano N°26	1
19	PERNOS BRAZO MASTIL	Ref. Plano N°27	2
20	PERNO BARRA AUXILIAR	Ref. Plano N°28	1
21	PERNO DE PERCHA	Ref. Plano N°28	1
23	PERNO DE ARTICULACION DE BRAZO	Cap. N°6	5
24	ARANDELA PERNO DE ARTICULACION DE BRAZO	Cap. N°6	16
25	PERNO CORTO DE ARTICULACIÓN DE BRAZO	Cap. N°6	5
26	TUERCA PERNO BRAZO ARTICULACIÓN	Cap. N°6	10
27	LA40-HP	Ref. Plano N°20	1

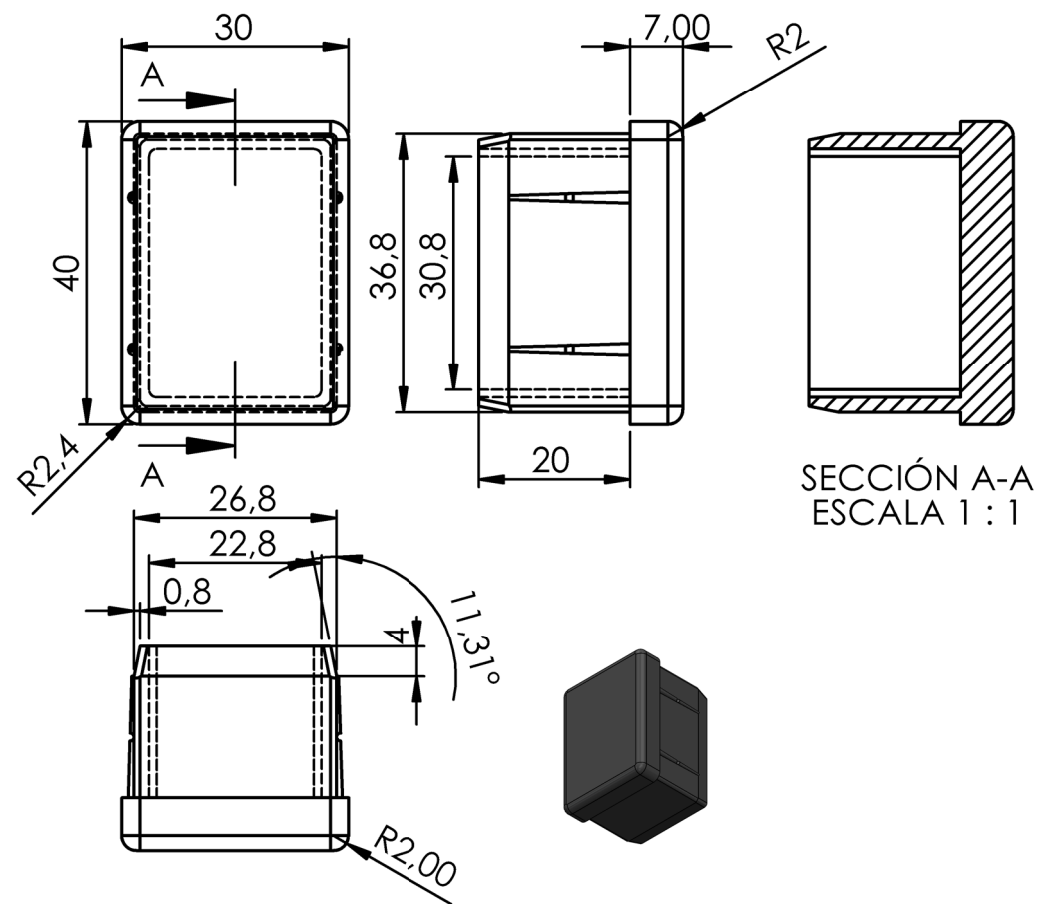
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
	1:10	CONJUNTO BRAZO/COLUMNA OPCIÓN 1			
				Fecha: 26/09/2023	
Formato A3				Plano: N°33	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	U_50X50X4_ABC	Ref. Plano N°16	1
2	U_50X50X4_DF	Ref. Plano N°16	1
3	TUBO_30X50X3.2_BEF_INTSLDPRT	Ref. Plano N°16	2
4	TUBO_40X60X2_BEF_EXT	Ref. Plano N°16	1
5	TUBO_40X60X2_CD_EXT	Ref. Plano N°16	1
6	ANCLAJE SUPERIOR ACTUADOR LINEAL	Ref. Plano N°21	1
7	BUJE DE BRAZO	Ref. Plano N°12	2
8	BARRA AUXILIAR	Ref. Plano N°13	1
9	PERCHA_RECT_sin eslabon_	Ref. Plano N°17	1
11	PERNO SOPORTE	Imagen 6.13	2
12	SOPORTE EXTREMO B AUX	Ref. Plano N°12	1
13	SOP BRA MAST	Ref. Plano N°26	2
14	PERNOS BRAZO MASTIL	Ref. Plano N°27	2
15	PERNO BARRA AUXILIAR	Ref. Plano N°28	1
16	PERNO DE PERCHA	Ref. Plano N°28	1
17	BUJE INTERNO DE BRAZO	Ref. Plano N°7	4
18	PERNO DE ARTICULACION DE BRAZO	Cap. N°6	4
19	ARANDELA PERNO DE ARTICULACION DE BRAZO	Cap. N°6	16
20	PERNO CORTO DE ARTICULACION DE BRAZO	Cap. N°6	4
21	TUERCA PERNO BRAZO ARTICULACION	Cap. N°6	8

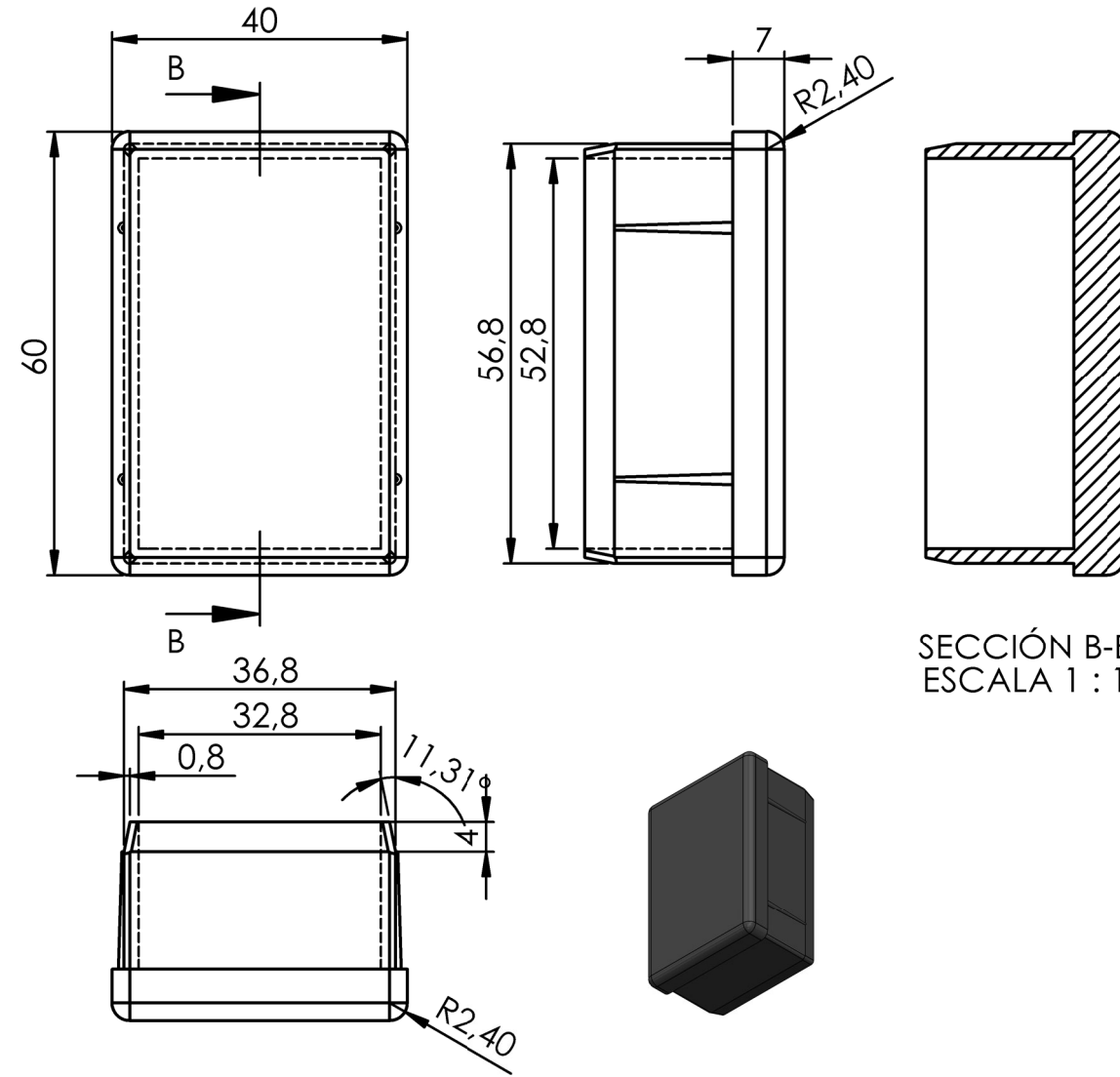
OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
1:10	VISTA EN EXCLUSIÓN DE CONJUNTO BRAZO			
 Formato A3	Fecha: 26/09/2023 Plano: N° 34			

REGAÓN 40X30



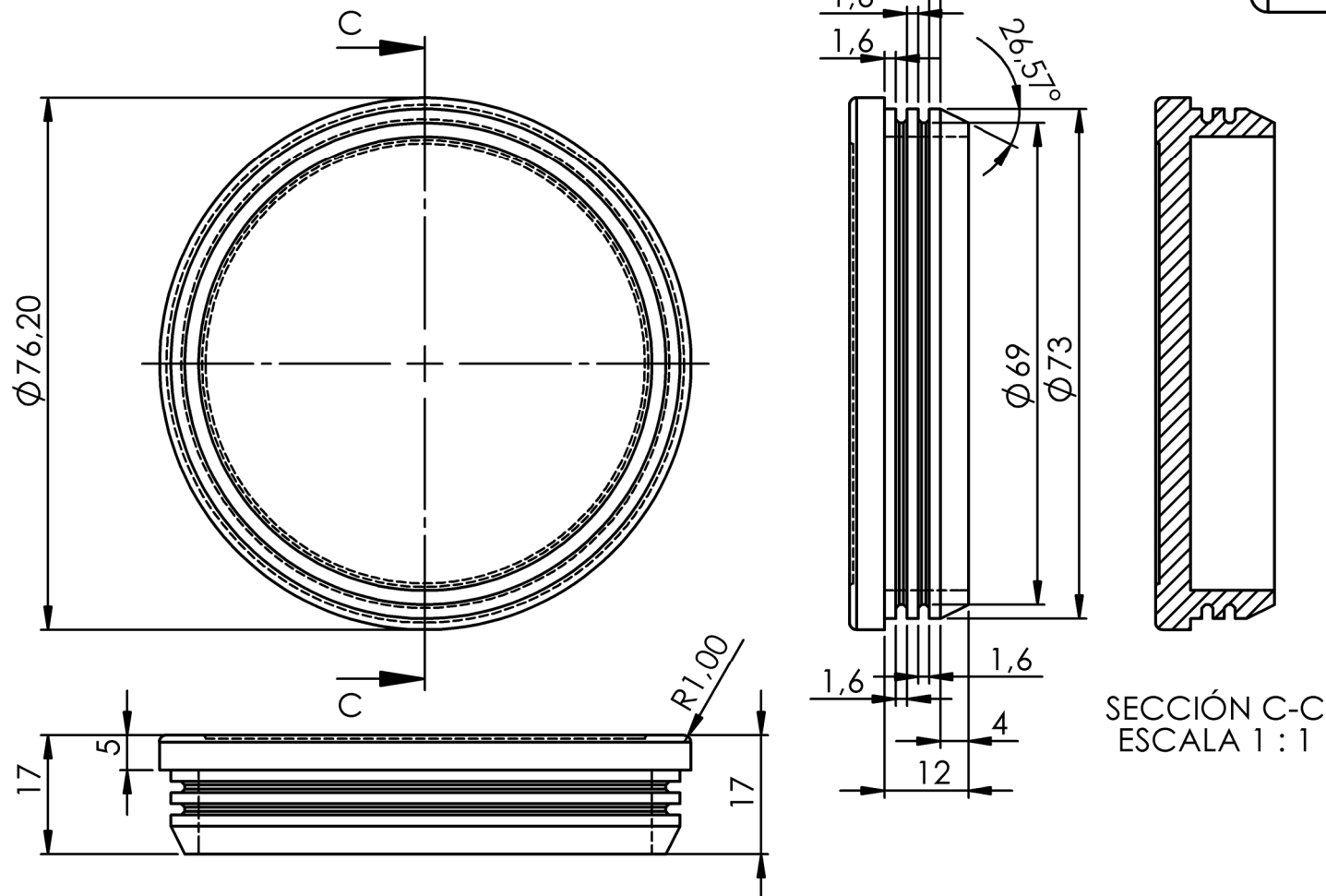
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1

REGATÓN 60X40





SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 1

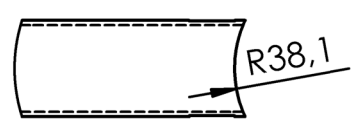
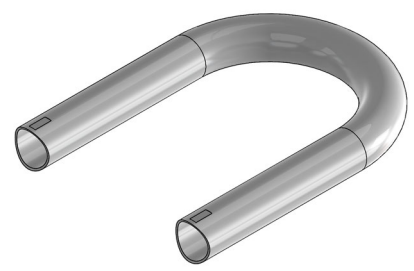
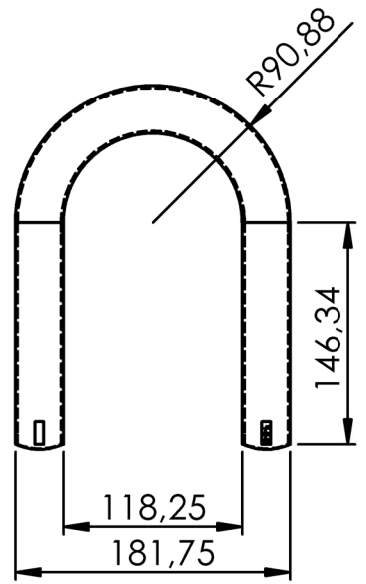
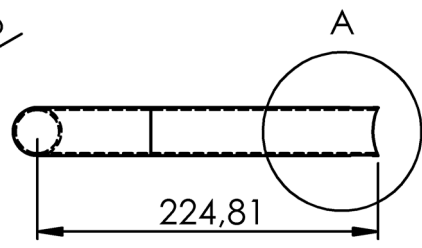
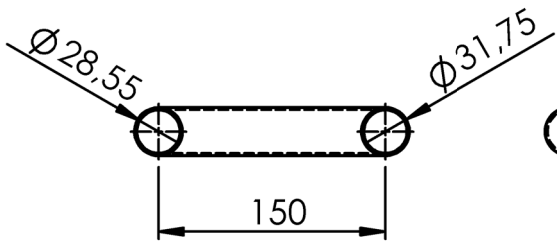
TAPASUPERIOR DE MÁSTIL OPCIÓN 1



SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 1



Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter	
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.	
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.	
Escala:	Denominación:			 U.T.N F.R.Rq
2:1	REGATONES			
 Formato A3				
				Fecha: 26/09/2023
				Plano: N° 35



DETALLE A
ESCALA 2 : 5

Medidas en mm

OBSERVACIONES	Proyectó	Fecha	Nombre	Ingeniería Electromecánica Proyecto Final	
	Dibujó	26/09/23	Prof. Soto Walter		
	Revisó		Mg. Ing. Anton E.		
	Aprobó		Mg. Ing. Anton E.		
	Escala: 1:5	Denominación: BRAZO DE MOVIMIENTO COLUMNA FIJA			 U.T.N F.R.Rq
				Fecha: 26/09/2023	
Formato A3				Plano: N°36	