

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Diseño y Construcción de una Grúa de Piscina para
Personas Discapacitadas**

Daniel Esteban Calero Portero

Cristian Gonzalo Piedra Páez

Luis Angel Santana Toral

Pablo Andrés Soria Jaramillo

Ingeniería Mecánica

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la
obtención del título de
Ingeniero Mecánico

Quito, 19 de diciembre de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencia e Ingeniería

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

Diseño y Construcción de una Grúa de Piscina para Personas Discapacitadas

Cristian Gonzalo Piedra Páez

Pablo Andrés Soria Jaramillo

Luis Angel Santana Toral

Daniel Esteban Calero Portero

Alfredo Valarezo, PhD.

Director de tesis.

Quito, 19 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Cristian Gonzalo Piedra Páez

Código: 00207607

Cédula de identidad: 1724269632

Lugar y fecha: Quito, 17 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Pablo Andrés Soria Jaramillo

Código: 00207416

Cédula de identidad: 1004584981

Lugar y fecha: Quito, 17 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Luis Angel Santana Toral

Código: 00207891

Cédula de identidad: 0931159792

Lugar y fecha: Quito, 17 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Daniel Esteban Calero Portero

Código: 00203259

Cédula de identidad: 1722463401

Lugar y fecha: Quito, 17 de diciembre de 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

En el presente trabajo, se realizó el diseño, análisis y construcción de una grúa de piscina para personas discapacitadas con el fin de ayudarlas al momento de ingresar. Para esto, se realizó un proceso de diseño inicial, cálculos de estática y esfuerzos para cada componente, verificaciones de factores de seguridad adecuados para su construcción y, por último, la creación de un plan de manufactura, de operación y mantenimiento para la implementación de este. Como primera parte, dentro de esta investigación se diseñó un prototipo inicial que contiene componentes principales para el movimiento del sistema. El diseño completo dentro de este documento presenta un diseño final junto a otros componentes que permitirán que el giro del prototipo sea completamente autónomo. Dicho diseño se lo considera como plan a futuro con todos los subcomponentes añadidos. De igual manera, se trabaja de la mano con un software de diseño CAD que nos permite observar los cálculos realizados de una manera más real. Por último, realizado el análisis completo para la construcción, se tuvieron resultados esperados con respecto a la resistencia de la estructura para un peso de 110 kg y funcionamiento de las componentes de giro y movimiento vertical.

ABSTRACT

In the present work, the design, analysis and construction of a pool crane for disabled people was carried out in order to help them when entering the pool. For this, an initial design process was carried out, static and stress calculations for each component, verifications of adequate safety factors for its construction and, finally, the creation of a manufacturing, operation and maintenance plan for the implementation. As the first part, within this investigation, an initial prototype was designed that contains the main components for the movement of the system. The complete design within this document presents a final design together with other components that will allow the rotation of the prototype to be completely autonomous. Such design is considered as a plan for the future with all the subcomponents added. In the same way, we work hand in hand with CAD assisted design software that allows us to observe the calculations made in a more realistic way. Finally, after carrying out the complete analysis for the construction, the expected results were obtained with respect to the resistance of the structure for a weight of 110 kg and the functioning of the rotation and vertical movement components.

Keywords: efforts, safety factors, work cycles, crane, main arm, axis of rotation, manufacturing, motor, anchorage, regulations, CAD, simulation, plans.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
Declaración del problema y especificación del proyecto	18
Concepto de diseño y selección	20
Lista de requerimientos	22
Criterios ingenieriles	23
Ponderación de alternativas de diseño.....	25
Gestión de proyectos	27
Normas de ingeniería.....	28
DESARROLLO DEL TEMA.....	30
Selección de materiales y componentes	30
Selección de materiales	30
Selección de actuador electromecánico.....	31
Diseño de fabricación.....	34
Lista de manufactura	36
Cronogramas	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
Informe de diseño.....	38
Análisis de ingeniería (Cálculos estáticos, esfuerzos y subcomponentes)	41
Posición más crítica (brazos superiores a 90°).....	44
Posición de la grúa dentro de la piscina	48
Análisis de ingeniería (Simulaciones realizadas en Inventor)	51
Posición más crítica (brazos superiores a 90°).....	51
Posición de la grúa dentro de la piscina	55
Plan de prueba de prototipo y experimento de ingeniería para la verificación.....	56
Descripción de criterios ingenieriles	56

	11
Proceso de verificación.....	56
Resultados de proceso de verificación	60
Seguridad a través del diseño.....	61
Manual de mantenimiento y operación	63
CONCLUSIONES	65
Trabajo futuro	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXO A: Planos.....	73
ANEXO B: Cálculos detallados	109
Cálculos en la posición más crítica (90°).....	109
Brazo AB con silla	109
Brazo CD	112
Brazo EF.....	114
Brazo GH.....	117
Perfiles laterales de la base	121
Perfil central de la base.....	123
Perfil posterior de la base	125
Motor	127
Sistema de engranajes	128
Eje de giro.....	129
Sistema de anclajes.....	131
Velocidad de la silla bajada/subida	133
Rodamientos	134
Fatiga del eje de giro	138
Pasadores brazo AB-EF.....	144
Pasadores brazo GH-EF	145
Placas de unión CEG / agujeros superiores	146

	12
Placas de unión brazo AB.....	148
Placas de unión CEG / agujeros inferiores	149
Cálculos en la posición dentro de la piscina	151
Brazo AB con silla	151
Brazo CD	154
Brazo EF.....	156
Brazo GH.....	157
Análisis de soldadura.....	161
ANEXO C: Hojas de proceso.....	164
ANEXO D: Manual de mantenimiento y operación.....	193
Vista detallada del producto	193
Listado de partes de la grúa	193
Lista de elementos estructurales	194
Lista de componentes eléctricos	197
Guía de funcionamiento	198
ANEXO E: Minuta del proyecto	200

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ponderación de procesos	25
Tabla 2: Evaluaciones de peso específico para cada criterio	25
Tabla 3: Conclusión y solución prioritaria.....	26
Tabla 4. Presupuesto para el diseño de grúa realizado.	28
Tabla 5. Presupuesto de grúa en caso de considerar el plan a futuro	28
Tabla 6: Especificaciones de actuador electromecánico.....	31
Tabla 7: Trabajo de cada pulsador de control remoto.....	34
Tabla 8. Diagrama de Gantt con el detalle de las actividades que se realizaron.....	37
Tabla 9. Hoja de proceso subensamble brazo – perfiles para la silla	39
Tabla 10. Especificaciones del subensamble Brazo-Perfiles para la Silla.....	40
Tabla 11. Componentes y análisis realizados.....	41

Tabla 12. Resultados de la posición más crítica.....	44
Tabla 13. Resultados de la grúa dentro de la piscina.....	48
Tabla 14. Simulaciones en la posición más crítica	51
Tabla 15. Simulaciones de la grúa dentro de la piscina	55
Tabla 16. Pesos por subensambles.....	57
Tabla 17. Costos de cada opción de selección de material	58
Tabla 18. Tabla de resultado de análisis ROSA	59
Tabla 19. Resultados y aprobación de verificaciones.....	60
Tabla 20. Recomendaciones para plan futuro	68
Tabla 21: Esfuerzos permitidos según el material escogido y el espesor del cordón...	162
Tabla 22: Propiedades mínimas del tipo de suelda.....	163
Tabla 23: Estrés permitido por AISC code.	164
Tabla 24. Hoja de proceso unión Brazo CD-EF.....	164
Tabla 25. Especificaciones Unión Brazo CD-EF	165
Tabla 26. Hoja de proceso perfil AB 1000 mm (60x60x2) mm.....	166
Tabla 27.Especificaciones perfil AB 1000 mm (60x60x2) mm.....	166
Tabla 28. Hoja de proceso perfil A 500 mm (60x60x2) mm	167
Tabla 29. Especificaciones perfil A 500 mm (60x60x2) mm	167
Tabla 30. Hoja de proceso de soporte para silla principal	168
Tabla 31. Especificaciones de soporte para silla principal.....	168
Tabla 32. Hoja de proceso para soporte para silla secundario	169
Tabla 33. Especificaciones para soporte para silla secundario.....	170
Tabla 34. Hoja de proceso perfil EF 980 mm (60x60x2) mm	170
Tabla 35. Especificaciones perfil EF 980 mm (60x60x2) mm.....	171
Tabla 36. Hoja de proceso de placa para eslabones.....	172
Tabla 37. Especificaciones de placas para eslabones	173
Tabla 38. Hoja de proceso para perfil CD 1000 mm (60x60x2) mm	173
Tabla 39. Especificaciones para perfil CD 1000 mm (60x60x2) mm	174
Tabla 40. Hoja de proceso de ensamble eje soporte-perfil GH 1100 mm (60x60x2) mm	174
Tabla 41. Especificaciones de ensamble eje soporte - perfil GH 1100 mm (60x60x2) mm	175
Tabla 42. Hoja de procesos para perfil GH 1100 mm (60x60x2) mm	175
Tabla 43. Especificaciones para perfil GH 1100 mm (60x60x2) mm	176

Tabla 44. Hoja de proceso para ensamble de soporte para perfil GH.....	177
Tabla 45: Especificaciones para ensamble de soporte para perfil GH.....	178
Tabla 46. Hoja de proceso engrane Motor Nema.....	178
Tabla 47. Especificaciones engrane Motor Nema.....	179
Tabla 48. Hoja de proceso del engranaje del eje de Soporte para Perfil GH.....	179
Tabla 49. Especificaciones del engranaje del eje de Soporte para Perfil GH.....	180
Tabla 50. Hoja del proceso del Ensamble Placa de Tornillos para Media Luna Superior	180
Tabla 51. Especificaciones del ensamble Placa de Tornillos para Media Luna Superior	181
Tabla 52. Hoja de proceso placa de Unión CEG.....	182
Tabla 53. Especificaciones de la placa de Unión CEG.....	183
Tabla 54. Hoja de proceso ensamble base de caja.....	183
Tabla 55. Especificaciones del ensamble base de caja.....	184
Tabla 56. Hoja de proceso del ensamble Base.....	184
Tabla 57. Especificaciones del ensamble Base.....	185
Tabla 58. Hoja de proceso de la base 900mm 60x60x2.....	185
Tabla 59. Especificaciones de la base 900mm 60x60x2.....	186
Tabla 60. Hoja de proceso base 520mm 60x60x2.....	187
Tabla 61. Especificaciones base 520mm 60x60x2.....	187
Tabla 62. Hoja de proceso de la base 740mm 60x60x2.....	188
Tabla 63. Especificaciones de la base 740mm 60x60x2.....	188
Tabla 64. Hoja de proceso de la media luna inferior.....	189
Tabla 65. Especificaciones de la media luna inferior.....	189
Tabla 66. Hoja de proceso del ensamble Pistón con Manija.....	190
Tabla 67. Especificaciones del ensamble Pistón con Manija.....	191
Tabla 68. Hoja de proceso de las tuberías de acoples.....	191
Tabla 69. Especificaciones de las tuberías de acoples.....	192
Tabla 70. Componentes estructurales.....	194
Tabla 71. Elementos electrónicos.....	197
Tabla 72. Guía de funcionamiento de la grúa de piscina para discapacitados.....	198

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo CAD de grúa híbrida	20
Figura 2. Modelo CAD de grúa móvil	21
Figura 3. Modelo CAD de grúa fija.....	22
Figura 4. Grúa construida como prototipo inicial.....	27
Figura 5. Grúa en caso de considerar el plan a futuro	27
Figura 6: Actuador electromecánico y componentes.....	32
Figura 7: Relé de dos contactos conmutados y sus partes.....	33
Figura 8. Circuito de control para actuador electromecánico.....	33
Figura 9: Conexión de sistema de control para actuador.	33
Figura 10: Simbología para diagrama de procesos. (León, 2022) Diagrama de flujo	35
Figura 11: Diagrama de procesos.	35
Figura 12: Lista de manufactura.....	36
Figura 13: Cronograma de diseño.....	38
Figura 14: Cronograma de fabricación	38
Figura 15. Nomenclatura de cada uno de los perfiles	39
Figura 16. Posiciones principales del sistema.	57
Figura 17. Altura máxima del sistema	58
Figura 18. Articulaciones y movimientos principales del usuario.	58
Figura 19. Análisis ROSA.....	59
Figura 20. Análisis RULA.....	59
Figura 21. Sistema de anclaje ubicado en la parte posterior de la grúa para el plan a futuro.....	68
Figura 22. Sistema de engranajes para el plan a futuro	69
Figura 23. Motor Nema de 12 Nm para el plan a futuro.....	69
Figura 24. Nomenclatura de perfiles.....	109
Figura 25. Diagrama de fuerzas en barazo AB y silla.	110
Figura 26. Diagrama de fuerzas en brazo CD	113
Figura 27. Diagrama de cuerpo libre brazo EF	114
Figura 28. Diagrama de fuerzas columna-brazo GH	118
Figura 29. Pefiles laterales de la base	121
Figura 30: Base principal-Distancia Viga Transversal	123
Figura 31. Perfil posterior de la base	125

Figura 32. Motor en CAD	127
Figura 33. Sistema de engranajes	128
Figura 34. Eje de giro.....	129
Figura 35. Sistema de anclajes	131
Figura 36. Velocidades del sistema	133
Figura 37. Rodamiento en CAD	134
Figura 38. Eje de giro a fatiga	139
Figura 39. Pasadores brazo AB-EF.....	144
Figura 40. Pasadores brazo GH-EF	145
Figura 41. Placas de unión CEG.....	146
Figura 42. Placas de unión brazo AB.....	148
Figura 43. Placas de unión CEG.....	149
Figura 44: Nomenclatura de perfiles.....	151
Figura 45. Brazo AB con silla dentro de la piscina	152
Figura 46: Diagrama de fuerzas en brazo CD	154
Figura 47: Diagrama de cuerpo libre brazo EF	156
Figura 48. Brazo GH dentro de la piscina.....	158
Figura 49: Esfuerzos permitidos de acuerdo con el tipo de carga sometida (Shigleys, 2015)	161
Figura 50: Esquema junta soldada con placas y brazo AB	161
Figura 51. Vista detallada de los componentes de la grúa	193
Figura 52. Vista de Secciones de la Grúa.....	194
Figura 53. Detalle 1 de cada reunión	201
Figura 54. Detalle 2 de cada reunión	202
Figura 55. Detalle 3 de cada reunión	203

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Ecuador alrededor del 45,66% de personas discapacitadas están afectadas por una invalidez física, teniendo varias dificultades al momento de hacer sus actividades cotidianas. (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2022). Para poder superar estos obstáculos, generalmente se realizan diferentes sesiones de rehabilitación que ayudan a mejorar su calidad de vida y asegurar el correcto funcionamiento de su cuerpo.

De igual manera, se observa que actualmente en el país no existen industrias que se dediquen a la fabricación y diseño de dichos dispositivos, ya que la mayoría solo se dedica a la importación de insumos médicos, donde se encuentran las grúas para la movilidad de pacientes, lo que provoca que los costos de adquisición de dichas maquinarias sean caras y de difícil acceso. Existen varias empresas internacionales que construyen este tipo de equipos médicos, cuyos precios están en un rango de \$2000 a \$7000. Entre las empresas más relevantes están TRAUTWEIN, REVAL, Beka Hospitec, etc.

Por otro lado, se sabe que las grúas para personas discapacitadas suelen presentar problemas de corrosión en la estructura como tal y sus accesorios; además, el nivel de corrosión puede depender de la temperatura y la cantidad de cloro disuelto en el agua. Para ello, se utilizarán pinturas especiales que eviten la corrosión y la degradación del metal utilizado mediante una compactación y una modificación química, para una capa de protección o uso previo a otros acabados (Mireia & Lloveras, n.d.). Tomando este mismo principio también se debe encontrar una silla que soporte las condiciones a las que va a someterse; por ejemplo, debe poseer mangos de seguridad, diseño anti-vuelco y apertura suficiente para facilitar la evacuación del agua.

La grúa será diseñada y analizada mediante software computacional, para cumplir con los requerimientos establecidos. El diseño que será construido podrá ser utilizado

solo por una persona con un peso máximo de 110 kilogramos. La manipulación será hecha por una persona adulta que presente conocimiento del manejo de la grúa. Además, los materiales utilizados para la construcción del prototipo y producto final serán de origen local, con el fin de reducir costos y aumenta la accesibilidad del producto al cliente.

Asimismo, la grúa será diseñada a base de normativas seleccionadas para una completa garantía de seguridad del paciente y del dispositivo. Para ser más específicos, se tomarán la normativa “NTE INEN-ISO 10535 – REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO DE GRUAS PARA EL TRANSLADO DE PERSONCAS CON DISCAPACIDAD”.

Finalmente, dentro del presente documento se detallarán análisis de costos, riesgos, y la selección de diseño basado en criterios ingenieriles. También, se detallarán cálculos estructurales de diversos componentes manteniendo un factor de seguridad adecuado del diseño. Se mostrarán planos y simulaciones demostrando las respectivas dimensiones y el comportamiento de la grúa al someterse a varios esfuerzos, planes de manufactura, detalle de funcionamiento, entre otros.

Declaración del problema y especificación del proyecto

El objetivo del proyecto es el diseño de una grúa que facilite el traslado de cualquier persona discapacitada hacia la piscina, para luego poder ingresarla con el fin de realizar la rehabilitación. En el presente caso, el cliente principal es una persona discapacitada de aproximadamente 70 kilogramos de peso que solo presenta movilidad en la parte superior de su cuerpo. Este, ha detallado que necesita traslado desde la zona residencial hacia el sector de la piscina. De igual manera, se presenta una dificultad en el ingreso y salida de la piscina debido a que no se posee un método para poder realizarlo de una manera segura y controlada, evitando accidentes o lesiones.

Por otro lado, la meta principal del proyecto es, como se mencionó anteriormente, diseñar una grúa de piscina que facilite la rehabilitación o recreación en el agua. La razón principal es que para personas con discapacidades físicas se sugiere realizar rehabilitaciones en el agua, ya que, al momento de usar una piscina, se emplea el principio de Arquímedes, donde se reduce el peso aparente del cuerpo humano, facilitándole así al fisioterapeuta trabajar con el paciente (Armas & Proaño, 2016). Asimismo, otra ventaja es que en un medio acuático se facilita la ejecución de ejercicios complejos que fuera del agua resultarían más complicados de realizar y requerirían un mayor esfuerzo de ambas partes.

Asimismo, dentro de las restricciones principales del proyecto tenemos las siguientes:

- Material: la obtención y disponibilidad del material es de suma importancia para la realización del proyecto.
- Actuador electromecánico: la mayoría de las grúas en el mercado se manejan mediante actuadores hidráulicos por lo que la obtención de un sistema electromecánico se complica; además, el costo en el país es excesivo por lo que la mejor opción sería importar este componente.
- Sistema de engranajes: el sistema de engranajes que se requiere para el proyecto no se encuentra en el mercado por lo que se debe adquirir el material y maquinarlo de acuerdo con las especificaciones de diseño.
- Motor: el principal problema del motor es que se encuentra en el país a un costo excesivo por lo que la mejor opción, al igual que el actuador, sería importarlo.

- Presupuesto: el presupuesto de una grúa de piscina oscila entre los dos mil hasta siete mil dólares por lo que el presupuesto para la construcción es limitado.

Concepto de diseño y selección

A continuación, se consideran tres opciones de diseño:

- **Opción A: Grúa Híbrida**

La principal característica que presenta este tipo de grúa es el uso de un mecanismo capaz de tener un anclaje fijo y a la vez pueda moverse por medio de un sistema de ruedas con frenos. Este diseño busca tener una seguridad extra cerca de la piscina, por medio de un anclaje a tierra. Para el movimiento de la grúa, este será completamente autónomo, el movimiento longitudinal y rotacional se lo realizará por medio de un actuador electromecánico y un motor para su rotación; cabe destacar que estos sistemas contarán con un control para que el usuario pueda interactuar directamente con el movimiento.

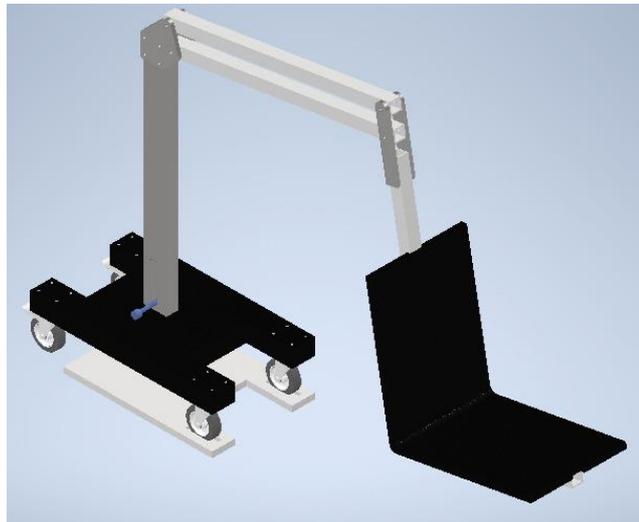


Figura 1. Modelo CAD de grúa híbrida

- **Opción B: Grúa Móvil**

Este diseño contará con un sistema de giro y extensión del brazo de grúa de manera autónoma; de igual manera, contará con un control para la interacción del usuario. La principal diferencia que existe en este diseño es que el sistema de seguridad será únicamente un mecanismo de frenos situados en las distintas ruedas y un contrapeso ubicado en la parte posterior. Para la movilidad completa de la grúa esta contará con un manubrio para poder trasladar la grúa de un lugar a otro.



Figura 2. Modelo CAD de grúa móvil

- **Opción C: Grúa Fija**

Este diseño presenta características similares a la grúa móvil e híbrida, es decir, que los sistemas de movimiento del brazo serán iguales, en base a un actuador electromecánico y un motor. La diferencia que tiene este diseño en comparación a los demás, es que el sistema de seguridad de la grúa es completamente fijo y tiene restricciones de movilidad. El sistema presenta un anclaje fijo al suelo capaz de soportar diversas cargas y restringir su movimiento, de manera que se pueda evitar posibles accidentes.



Figura 3. Modelo CAD de grúa fija

Lista de requerimientos

En la presente lista se establece que los principales requerimientos para el correcto funcionamiento de la grúa que satisfaga las necesidades del cliente son los siguientes:

- **Peso de la grúa:** 50 kilogramos. El peso dependerá de los factores ingenieriles tomados en cuenta, ya que este criterio variará directamente en base al diseño escogido para una mejor comodidad del usuario si se realiza de manera móvil o híbrida.
- **Peso máximo que soporta:** 110 kilogramos. Se establece dicho peso, debido a que la grúa debe soportar el peso de una persona de aproximadamente 70 kg, de manera que para garantizar su seguridad se asegura que la grúa soporte el doble de su peso.
- **Angulo de giro:** 120 grados. Se establece dicho parámetro, a causa de que al momento de fijar la grúa se necesita girar la misma para que la persona se pueda acomodar y asegurar en la silla sin correr el riesgo de caerse en la piscina.
- **Tipo de asiento:** Silla fija con arnés de seguridad. Se establece que en la silla se necesitará un arnés de seguridad para garantizar el bienestar de la persona que vaya a sentarse.

- Material de la estructura: Acero forjado. Se emplea en las secciones estructurales de la grúa, como son perfiles y placas. Por otro lado, el material acero inoxidable ASTM A304 es utilizado para las uniones del sistema y sus articulaciones, este tipo de material es resistente a esfuerzos de flexión y cortante.
- Alcance máximo con el brazo extendido y sumergido: 1.5 metros
- Recorrido del asiento: 1.2 metros
- Protección IP para el motor o protección impermeable: Pintura anticorrosiva mediante el método de pintura electrostática. Se emplea dicha pintura en el material que no cuente con gran resistencia al agua, cloro y a los distintos químicos que podamos encontrar en la piscina.
- Actuador lineal: Actuador HOMEND de 12V, fuerza de empuje/tracción de 6000 N y velocidad máxima de 4 mm/s. Se selecciona el actuador mediante la justificación necesaria de la fuerza resultante encontrada en los cálculos estáticos.
- Control análogo
- Baterías: Batería recargable de 12 V
- Motor eléctrico nema: Motor eléctrico nema de 12 Nm, escogido mediante al torque necesario para el giro del sistema mediante los cálculos encontrados.

Dentro de la siguiente sección se presentarán los criterios ingenieriles a tomar en cuenta para el tipo de grúa a diseñar, los criterios seleccionados fueron analizados en base a las necesidades que presenta el cliente.

Criterios ingenieriles

A continuación, se detallan los criterios ingenieriles que se deben tomar en consideración:

- **Peso:** Este criterio es importante en grúas móviles o híbridas, ya que para este tipo de equipos se necesitan de una persona encargada de su traslado, por lo cual no debe ser pesada y debe contar con un factor de seguridad aceptable.
- **Seguridad:** Es uno de los criterios más importantes ya que es esencial que el equipo sea seguro de manejar debido a que se está usando para personas discapacitadas, las cuales tienen movimientos limitados en mayor o menor porcentaje.
- **Costo:** El costo de manufactura es esencial ya que se tiene un presupuesto limitado para el diseño del equipo. Cada una de las grúas a seleccionar, tendrán distintos mecanismos que tendrán variabilidad en su precio.
- **Tamaño:** Con respecto a cada una de las grúas, el tamaño puede variar ya que los componentes cambian dependiendo el tipo de grúa seleccionada. Principalmente el tamaño debe cumplir con una altura mayor a la del cliente y también con respecto a las medidas de donde será utilizada.
- **Ergonomía de la estructura:** El criterio de ergonomía principalmente va enfocado al fácil manejo que tendrá el cliente con el sistema de la grúa seleccionada, ya que, al existir distintos tipos de grúas con diferentes características, es importante tomar en cuenta el posible transporte de la grúa para su almacenamiento.
- **Facilidad de manufactura:** Cada uno de los tipos de grúa, tienen similares partes, como pueden ser el brazo de elevación, actuador electromecánico, engranajes, etc. También presentan distintos métodos de manufactura, ya que se presentan partes móviles o partes fijas en cada uno de los tipos de grúa seleccionadas.
- **Comodidad para el usuario:** Este criterio principalmente va enfocado hacia el cliente, ya que no es lo mismo brindar seguridad en el traslado, como brindar comodidad. En este caso tendremos el criterio de comodidad muy en cuenta al

momento del anclaje a la silla en donde estará el usuario, evitando que la silla puede balancearse provocando incomodidades.

Ponderación de alternativas de diseño

A continuación, se presentan los diferentes cálculos realizados por medio de ponderaciones y evaluaciones de pesos específicos de todos los criterios previamente analizados y seleccionados.

Tabla 1: Ponderación de procesos

Seguridad > Tamaño = Comodidad > Ergonomía > Facilidad de manufactura > Peso = Costo

CRITERIO	Seguridad	Tamaño	Comodidad	Ergonomía	Manufactura	Peso	Costo	Suma+1	Ponderado del Criterio
Seguridad	1	1	1	1	1	1	1	7	0,25
Tamaño	0	0,5	1	1	1	1	1	5,5	0,196428571
Comodidad	0	0,5	1	1	1	1	1	5,5	0,196428571
Ergonomía	0	0	0	1	1	1	1	4	0,142857143
Manufactura	0	0	0	0	1	1	1	3	0,107142857
Peso	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1,5	0,053571429
Costo	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1,5	0,053571429
								28	1

Luego de la ponderación de los criterios, se procederá a analizar el peso que tiene cada uno de estos con respecto a las soluciones planteadas, por lo cual, cada una de las soluciones tendrán su diferente nivel de importancia con respecto a las demás frente a los criterios escogidos.

Tabla 2: Evaluaciones de peso específico para cada criterio

2.- Evaluación del peso específico del criterio 1: Seguridad

DISCUSIÓN -Evaluación de cuál de las alternativas posee mayor seguridad

solución B > solución C > solución A

CRITERIO	Solución A	Solución B	Solución C	Suma+1	Ponderado de la Calificación
Solución A	1	1	1	3	0,50
Solución B	0	1	1	2	0,33
Solución C	0	0	1	1	0,17
				6	1

3.- Evaluación del peso específico del criterio 2: Tamaño

DISCUSIÓN -Evaluación de cuál de las alternativas tiene el tamaño adecuado para la vivienda

solución C > solución A = solución B

CRITERIO	Solución A	Solución B	Solución C	Suma+1	Ponderado de la Calificación
Solución A	1	0,5	0	1,5	0,25
Solución B	0,5	1	0	1,5	0,25
Solución C	1	1	1	3	0,50
				6	1

4.- Evaluación del peso específico del criterio 3: Comodidad

DISCUSIÓN -Evaluación de cuál de las alternativas es más fácil de mover, guardar y utilizar

solución C > solución A > solución B

CRITERIO	Solución A	Solución B	Solución C	Suma+1	Ponderado de la Calificación
Solución A	1	1	0	2	0,33
Solución B	0	1	0	1	0,17
Solución C	1	1	1	3	0,50
				6	1

5.- Evaluación del peso específico del criterio 3: Ergonomía

DISCUSIÓN -Evaluación de cuál de las alternativas es más fácil de mover, guardar y utilizar

solución A > solución C > solución B

CRITERIO	Solución A	Solución B	Solución C	Suma+1	Ponderado de la Calificación	
Solucion A			1	1	3	0,50
Solucion B	0			0	1	0,17
Solucion C	0	1			2	0,33
				6		1,00

6.- Evaluación del peso específico del criterio 4: Manufactura

DISCUSIÓN -Evaluación de cuál de las alternativas es más fácil de construir

solución B > solución A > solución C

CRITERIO	Solución A	Solución B	Solución C	Suma+1	Ponderado de la Calificación	
Solucion A			0	1	2	0,33
Solucion B	1			1	3	0,50
Solucion C	0	0			1	0,17
				6		1

7.- Evaluación del peso específico del criterio 4: Peso

DISCUSIÓN -Evaluación de cuál de las alternativas es más liviana

solución B > solución C > solución A

CRITERIO	Solución A	Solución B	Solución C	Suma+1	Ponderado de la Calificación	
Solucion A			0	0	1	0,17
Solucion B	1			1	3	0,50
Solucion C	1	0			2	0,33
				6		1

8.- Evaluación del peso específico del criterio 4: Costo

DISCUSIÓN -Evaluación de cuál de las alternativas es más económica

solución A > solución C > solución B

CRITERIO	Solución A	Solución B	Solución C	Suma+1	Ponderado de la Calificación	
Solucion A			1	1	3	0,50
Solucion B	0			0	1	0,17
Solucion C	0	1			2	0,33
				6		1

Tabla 3: Conclusión y solución prioritaria

CRITERIO	SEGURIDAD	TAMAÑO	COMODIDAD	ERGONOMÍA	MANUFACTURA	PESO	COSTO	SUMA DE LOS PRODUCTOS	PRIORIDAD
Solucion A	0,125	0,04910714	0,06547619	0,053571429	0,035714286	0,008928571	0,026785714	0,36	1
Solucion B	0,083333333	0,04910714	0,032738095	0,017857143	0,053571429	0,026785714	0,008928571	0,27	3
Solucion C	0,041666667	0,09821429	0,098214286	0,035714286	0,017857143	0,017857143	0,017857143	0,33	2

Finalmente, luego de una toma de decisiones en base a los criterios ingenieriles se realizó el respectivo método de selección para analizar qué tipo de diseño de grúa es más conveniente y cumpla mayormente con lo detallado.

Se llegó a la conclusión de que la solución A, cumple con todos los criterios escogidos, siendo estos ingenieriles y seleccionados por el cliente. Es por esto por lo que, a la grúa híbrida se le dio prioridad 1, siendo así la opción más fiable para su diseño y construcción.

Gestión de proyectos

es importante considerar el presupuesto que se requiere para la realización de la grúa. Dentro del análisis se establecieron dos presupuestos distintos. El primero hace referencia al presupuesto del prototipo inicial, mientras que, el segundo detalla todo el presupuesto necesario para el diseño final. Para entender de mejor manera, se muestran los dos tipos de diseño mencionados:



Figura 4. Grúa construida como prototipo inicial



Figura 5. Grúa en caso de considerar el plan a futuro

Asimismo, se detallan los presupuestos necesarios:

Tabla 4. Presupuesto para el diseño de grúa realizado.

Cantidad	Objeto	Precio unitario	Precio*Cantidad
1	Actuador lineal de 12V y 16 in	70.28	70.28
1	Batería de 12V	17.65	17.65
1	Norma NTE INEN ISO 10535	12.1	12.1
1	Sistema eléctrico	3	3
1	Control remoto frecuencia 433 hz + receptor con rele de 12V	25	25
1	Arnés para la silla	10	10
1	Silla de aluminio para duchas	90	90
2	6 m de hierro forjado	30.25	60.5
1	Palanca de giro	15	15
2	Bocin de giro	20	40
1	Plancha 1m x 60cm x 4 mm	80	80
4	Ruedas con freno	5.19	20.76
1	Sistema de media luna para giro	85	85
1	Sistema de fijación con llave	8.25	8.25
1	Eje de giro	80	80
4	Pernos arandelas y tuercas 78mm	1.5	6
16	Pernos arandelas y tuercas	1.5	24
4	Pasadores especiales	1.5	6
1	Soldadura SMAW 1m	150	150
1	Pintura electrostática	60	60
TOTAL		766.22	863.54

Tabla 5. Presupuesto de grúa en caso de considerar el plan a futuro

Cantidad	Objeto	Precio unitario	Precio*Cantidad
1	Actuador lineal de 12V y 16 in	70.28	70.28
1	Batería de 12V	17.65	17.65
1	Norma NTE INEN ISO 10535	12.1	12.1
1	Sistema eléctrico	3	3
1	Control remoto frecuencia 433 hz + receptor con rele de 12V	25	25
1	Arnés para la silla	10	10
1	Silla de aluminio para duchas	90	90
2	6 m de hierro forjado	30.25	60.5
1	Palanca de giro	15	15
2	Bocin de giro	20	40
1	Plancha 1m x 60cm x 4 mm	80	80
4	Ruedas con freno	5.19	20.76
1	Sistema de media luna para giro	85	85
1	Sistema de fijación con llave	8.25	8.25
1	Eje de giro	80	80
4	Pernos arandelas y tuercas 78mm	1.5	6
16	Pernos arandelas y tuercas	1.5	24
4	Pasadores especiales	1.5	6
1	Soldadura SMAW 1m	150	150
1	Motor Nema de 12 Nm	190	190
1	Engranajes	140	140
1	Batería 24 V	120	120
1	Elementos electrónicos para automatización del motor	30	30
2	Sistema de anclajes	30	60
1	Pintura electrostática	60	60
TOTAL		1276.22	1403.54

Normas de ingeniería

Para asegurarnos que el diseño de la grúa cumpla con los principales estándares de seguridad se utilizó, repasó y analizó la norma “NTE INEN-ISO 10535 – REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO DE GRUAS PARA EL TRANSLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD”, donde se pudo observar varios parámetros

importantes que nos ayudaron a garantizar la seguridad del producto. En primer lugar, en el apartado 4.1.2 nos detallan varios factores ergonómicos que se deben cumplir en la grúa. Entre los más importantes están:

- 4.1.2 c) El diámetro de cualquier mango funcional y/o tirador que requieran una fuerza de accionamiento superior a 10 N debe estar entre los 17 mm y los 43 mm. En el diseño planteado el mango que se encarga del giro manual tiene un diámetro aproximado de 20 mm por lo que cumple con dicho parámetro.
- 4.1.2 e) En grúas manejadas desde una posición de pie, los controles accionados con las manos deben situarse a una altura entre 800 mm y 1 200 mm por encima del nivel del suelo.

Por otro lado, en el apartado 4.3.1 se comenta acerca de los requisitos de seguridad y funcionamiento, que más adelante se explicarán:

4.3.1.1 La grúa debe ser capaz de elevar a una persona de 110 kg de masa sin incluir la masa de ninguna unidad de soporte corporal. En nuestro caso se cumple con la indicación, ya que se plantea levantar a una persona de 60kg y de igual forma la estructura se diseñó para soportar un peso máximo de 110 kg.

4.3.1.5 Todos los cierres de seguridad que soporten cargas deben ser autobloqueantes o ir equipados con un dispositivo de bloqueo que prevenga el desprendimiento accidental. Para esto, en el caso del movimiento vertical, el control de mando tiene un botón de pare de emergencia y para el movimiento rotacional se tiene un sistema de anclaje en las medias lunas.

4.3.1.8 Todas las esquinas, aristas y superficies accesibles deben ser lisas, sin rebabas ni cantos afilados, excepto cuando sea necesario para alguna función específica de la grúa. Deben evitarse los salientes o equiparse con una protección adecuada para

evitar daños o lesiones. La estructura no consta de ninguna arista o filo cortante que pueda causar un accidente.

4.8.1.1 La velocidad de elevación o descenso no debe ser superior a 0,15 m/s cuando la grúa esté cargada, que para el caso del presente diseño se tiene una velocidad de 3.51 mm/s.

4.8.1.2 La velocidad de elevación o descenso no debe ser superior a 0,25 m/s cuando la grúa esté descargada que para el caso de la grúa se tiene una velocidad de 3.51 mm/s.

DESARROLLO DEL TEMA

Selección de materiales y componentes

Selección de materiales

Para el análisis de la selección de materiales para la construcción de la grúa, se utilizaron diferentes criterios ingenieriles en relación con las propiedades y al costo de los materiales. Estos criterios tomados en cuenta para la selección correcta son:

- Costos: El precio de los componentes metálicos dentro del mercado varían por distintos factores.
- Facilidad de obtención: Este factor es importante debido a que los materiales a escoger deberán tener una facilidad de obtención. (Salazar, 2007)
- Resistencia a la corrosión y oxidación (CBMETALBLOG, 2021)
- Maquinabilidad (Instituto Asteco , 2021)
- Soldabilidad (Tecnologías en Soldadura , 2021)

Mediante un análisis de cada uno de los criterios ingenieriles escogidos, se procedió a utilizar el material acero forjado para la construcción del diseño planteado. La principal justificación que se puede presentar para la toma de decisión de este material es

debido a su costo y a su rápida obtención. Ya que, los aceros ASTM A36 y ASTM A500, son perfiles estructurales más costosos debido a la falta de venta por unidades; es decir, solo se encuentra a la venta por metros. Como explicación con respecto al esfuerzo de fluencia que presenta, pese a que es el menor de los 3, el valor del esfuerzo es suficiente para poder soportar el peso seleccionado.

Con respecto a la corrosión y oxidación, es un material que puede tender a oxidarse durante el tiempo si se encuentra en lugares húmedos. Al ser un diseño para piscinas se expondrá constantemente al agua. Es por eso por lo que se decidió realizar un recubrimiento especial a toda la estructura mediante una pintura anticorrosiva mediante el método electrostático. Ayudándonos a proteger de estos factores que son importantes para el material.

Selección de actuador electromecánico

Para el dimensionamiento del actuador, el cual tendrá el objetivo de levantar la grúa y bajarla hacia la piscina, será analizado por medio de cálculos estáticos en el punto de mayor esfuerzo que este puede presentar.

La mínima fuerza necesaria que realiza el actuador debe ser 2405 N según el cálculo respectivo en el anexo B, necesitaremos un sistema de movimiento capaz de resistir esta fuerza y realizar un movimiento lento para mejorar la seguridad del sistema, es por esto que se tomó la decisión de obtener un actuador electromecánico con las siguientes especificaciones.

Tabla 6: Especificaciones de actuador electromecánico

Marca	HOMEND
Tipo	Actuador electromecánico
Fuerza máxima	6000 N
Elongación máxima	975 mm
Velocidad de recorrido	4 mm/s

Alimentación	12 V – 5A
Nivel de protección	IP44



Figura 6: Actuador electromecánico y componentes

Sistema de control para actuador electromecánico.

El principal objetivo de tener un sistema de control para el actuador de la grúa híbrida es realizar el funcionamiento de subida y bajada del sistema por medio de un método remoto a partir de un control para el fácil manejo del usuario y la máquina. El plan de control a utilizar es un componente denominado relé de dos contactos.

Este tipo de componente eléctrico es utilizado para tener el funcionamiento de un interruptor, haciendo que el paso de corriente esté accionado por medio de electricidad mediante un electroimán inducido por una bobina interna. Estos tipos de contactos son utilizados en diferentes industrias y son diseñados para realizar conmutaciones de cargas de hasta 30V DC y 10A (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, 2021).

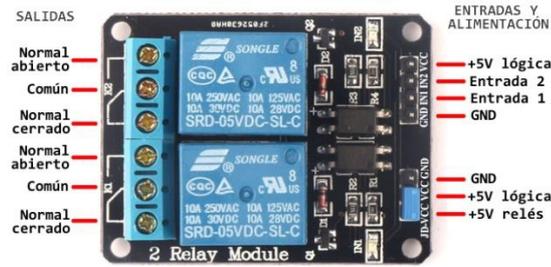


Figura 7: Relé de dos contactos conmutados y sus partes.

Para demostrar el funcionamiento del sistema, mediante el relé de dos contactos, se realizó el circuito de control del giro del motor del actuador, demostrando el giro de este para la elongación, contracción y "stop" en cualquier punto.

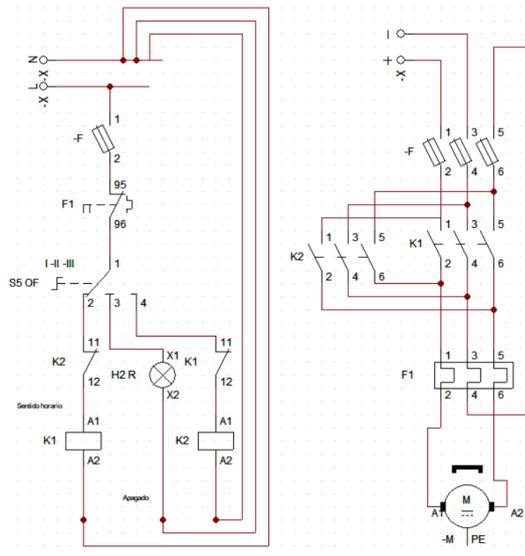


Figura 8. Circuito de control para actuador electromecánico.



Figura 9: Conexión de sistema de control para actuador.

Como se puede observar en la figura 13, el control utilizado para el sistema del actuador presenta 4 botones, mediante una programación con el relé de 2 contactos, se puede hacer que cada botón presente un respectivo trabajo. En la presente tabla se mencionará cada función que realizarán los botones del control remoto.

Tabla 7: Trabajo de cada pulsador de control remoto.

Denominación de Pulsador	Trabajo
A	Elongación de actuador hasta el punto máximo.
B	Contracción de actuador hasta punto mínimo.
D	Corte de corriente para "stop" de actuador (Cualquier punto)
C	Corte de corriente para "stop" de actuador (Cualquier punto)

Diseño de fabricación

Dentro de esta sección, se presentará el respectivo plan de manufactura que se tuvo al momento de realizar la construcción de cada una de las componentes que forman el diseño escogido.

Como primera parte para este plan de manufactura, se demostrará mediante un diagrama de procesos, todos los aspectos relevantes que tiene la operación de construcción del diseño de una manera sencilla y fácil de comprender. Para este diagrama de procesos se utilizó un tipo de nomenclatura específica en donde cada uno de los pasos a seguir dentro del proceso se pueden comprender. A continuación, se muestra dicha nomenclatura:



Figura 10: Simbología para diagrama de procesos. (León, 2022) Diagrama de flujo

Seguido de esto, se realizó el diagrama de flujo para el proceso de manufactura, representado en la siguiente figura.

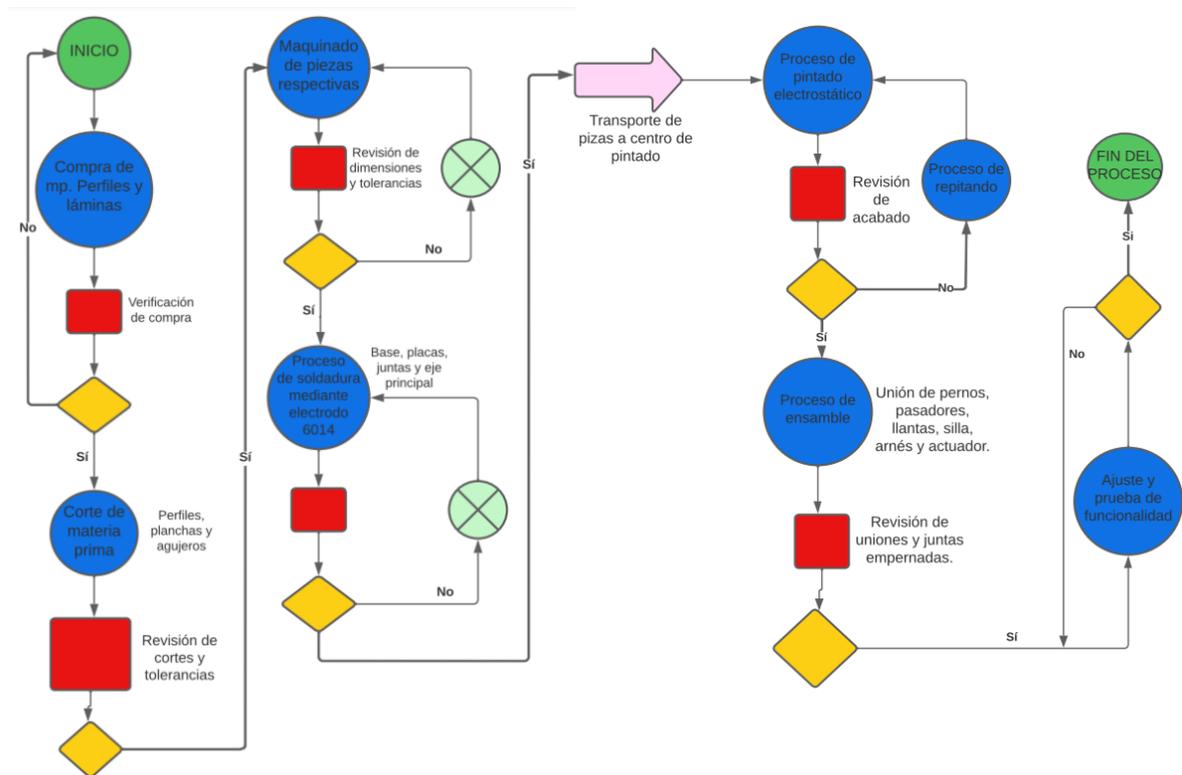


Figura 11: Diagrama de procesos.

Dentro del diagrama de procesos presentado, existen diferentes procesos de manufactura para cada uno de los elementos. Además, existen procesos que solo se realizan en diferentes componentes, como pueden ser soldadura, maquinado y pintura electrostática de piezas específicas. Asimismo, cada proceso que se realiza siempre termina en una correcta revisión de lo ejecutado para poder decidir que se aprueba y que

no, de esta manera, se continua con el proceso general. Cabe recalcar que el final del proceso de construcción termina cuando se realizan pruebas de funcionalidad y ajustes.

Para un resumen concreto de las piezas que necesitan entrar en cualquier proceso de construcción, se realizó una tabla en donde se expresan los elementos que están dentro de un proceso de manufactura. Las piezas o componentes prefabricados y comprados solo sirven para el ensamble de diversos subensambles que combinados generan el diseño completo del sistema.

Lista de manufactura

Subsistema	Componentes	Materiales	Proceso de manufactura	Herramientas	Tratamiento superficial		
Ensamble de base	Base 900 mm 60x60x2	Acero	Corte y perforación	Soldadura	Taladro y moladora	Pintura electrostática anticorrosiva	
	Base 740 mm 60x60x2	Acero	Corte		Moladora		
	Base de agujero 740 mm 120x60x2	Acero	Corte y perforación		Taladro y moladora		
	Base 520 mm 60x60x2	Acero	Corte		Moladora		
	Soporte para rodamientos	Acero	Mecanizado, fresado y perforado		Torno, fresa y taladrado		
	Tubería de acoples derecho e izquierdo	Acero	Mecanizado y perforado	Soldadura	Torno y fresa		SMAW
Brazos-Perfiles para sillas	Perfil AB 1000 mm 60x60x2	Acero	Corte, perforado y biselado	Soldadura	Moladora y taladro	Pintura electrostática anticorrosiva	
	Perfil A 500 mm 60x60x62	Acero	Corte, perforado y biselado		Moladora y taladro		
	Placas de unión CD-EF	Acero	Corte, perforado y biselado		Corte a láser y taladro		
	Ensamble soporte silla	Acero	Corte, perforado y biselado		Moladora y taladro		
Ensamble de perfil GH	Media Luna	Acero	Corte y perforado	Soldadura	Moladora y taladro	Pintura electrostática anticorrosiva	
	Eje de soporte	Acero A36	Torneado		Torno CNC	SMAW	Pintura electrostática anticorrosiva
	Placas de unión CEG	Acero	Corte y perforación		Corte a láser y taladro		
	Base de caja	Acero	Corte y fresado		Corte a láser y fresa		
	Engrane unión motor	Acero	Fresado		Fresadora CNC		
	Engrane unión eje	Acero	Fresado		Fresadora CNC		
	Base motor Nema	Aleación de aluminio	Fresado y perforación		Fresadora CNC	Pintura electrostática anticorrosiva	
	Perfil GH	Acero	Corte y perforación		Soldadura	Moladora y taladro	SMAW
Caja para relé y batería	Acrílico	Corte		Corte a laser y taladro			

Figura 12: Lista de manufactura

Cronogramas

Dentro de esta sección del plan de manufactura, se detallan tablas que expresan las fechas exactas en donde se realizan los procesos para componentes, subensambles, ensambles y pruebas. Con respecto al cronograma de diseño, se tienen diferentes fechas en las que se realizaron procesos generales de la construcción del producto.

Para la elaboración del proyecto, se realizó un diagrama de Gantt el cual permite establecer fechas para cada una de las actividades. A continuación, se muestra dicho cronograma:

Tabla 8. Diagrama de Gantt con el detalle de las actividades que se realizaron

Actividades	AGO		SEP				OCT				NOV				DIC		
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Selección del proyecto																	
Propuesta del proyecto seleccionado																	
Reunión con cliente																	
Selección de grúa a realizar																	
Análisis estructural (cálculos+CAD)																	
Revisión y aprobación de análisis estructural																	
Elaboración de grúa																	
Fase de pruebas																	
Elaboración de portafolio																	
Presentación final del proyecto																	

ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN
Cálculos y diseño	10/09/2022	28/09/2022
Diseño CAD	10/09/2022	28/09/2022
Constucción de elementos metálicos y mecánicos	31/09/2022	28/11/2022
Ensamble de componentes y pruebas de uso	30/11/2022	15/12/2022

Figura 13: Cronograma de diseño

De igual manera, se presentan diversas fechas en donde las componentes fueron construidas, pasando cada una por su proceso de fabricación, revisión y recubrimiento.

Subsistema	Componentes	Fechas específicas	Duración	Entidad de fabricación.	Indicadores de rendimiento
Ensamble de base	Base 900 mm 60x60x2	31/09/2022	2 días	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas y longitud de cordón de soldadura
	Base 740 mm 60x60x2	31/09/2022	2 días	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas y longitud de cordón de soldadura
	Base de agujero 740 mm 120x60x2	31/09/2022	2 días	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas y longitud de cordón de soldadura
	Base 520 mm 60x60x2	31/09/2022	2 días	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas y longitud de cordón de soldadura
	Soporte para rodamientos	N/A	N/A	Inventor	Tiempo de modelado
	Tubería de acoples derecho e izquierdo	N/A	N/A	Inventor	Tiempo de modelado
Brazos-Perfiles para sillas	Perfil AB 1000 mm 60x60x2	03/11/2022	2 días	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas y longitud de cordón de soldadura
	Perfil A 500 mm 60x60x2	03/11/2022	2 días	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas y longitud de cordón de soldadura
	Placas de unión CD-EF	03/11/2022	2 días	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas y longitud de cordón de soldadura
	Ensamble soporte silla	15/11/2022	1 día	Mobil motor tech	Alineación y ajuste de pernos
Ensamble de perfil GH	Media Luna	09/11/2022	1 día	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas, longitud de cordón de soldadura y alineación de agujeros
	Eje de soporte	10/11/2022	1 día	Mobil motor tech	Dimensiones y tiempo de maquinado
	Placas de unión CEG	11/11/2022	1 día	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas y ajuste de pernos y pasadores
	Base de caja	14/11/2022	1 día	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas y ajuste de pernos
	Engrane unión motor	N/A	N/A	Inventor	Tiempo de modelado
	Engrane unión eje	N/A	N/A	Inventor	Tiempo de modelado
	Base motor Nema	N/A	N/A	Inventor	Tiempo de modelado
	Perfil GH	03/11/2022	2 días	Mobil motor tech	Dimensiones cortadas, longitud de cordón de soldadura y ajuste de pernos
Caja para relé y batería	24/11/2022	2 días	DLab	Dimensiones cortadas	

Figura 14: Cronograma de fabricación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Informe de diseño

En la siguiente sección se presentan las hojas de procesos para varios elementos que constituyen la grúa. Aquí se detalla las dimensiones que deben tener las piezas, las

tolerancias, el maquinado, proceso térmico o soldadura que debe tener cada una de estas para garantizar el correcto montaje del proyecto. Posteriormente, se presenta una muestra de las partes, el resto se presenta en el Anexo C. Para poder entender la nomenclatura que se le dio a cada uno de los perfiles y componentes se muestra la siguiente imagen.

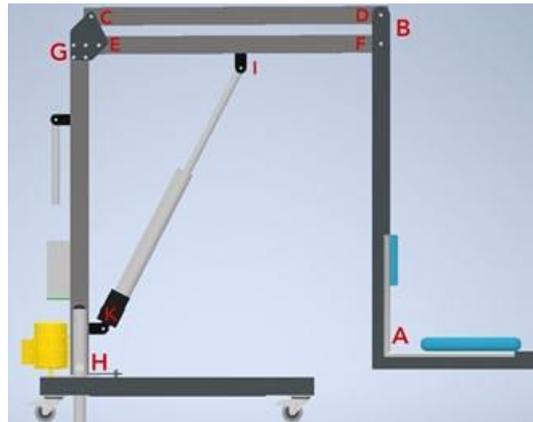


Figura 15. Nomenclatura de cada uno de los perfiles

Tabla 9. Hoja de proceso subensamble brazo – perfiles para la silla

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Subensamble Brazo-Perfiles para la Silla
Número de plano	4

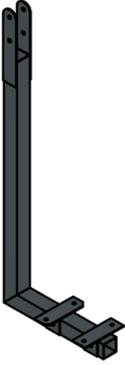
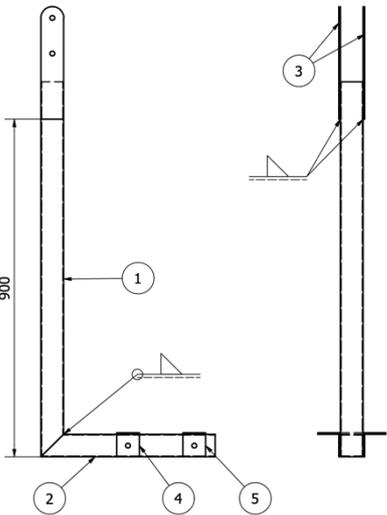
Esquema general	
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
Tolerancia	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Todos los integrantes

Tabla 10. Especificaciones del subensamble Brazo-Perfiles para la Silla

Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Acero forjado	Se realiza una soldadura SMAW en las piezas como se indica en el plano.	Soldadura

Análisis de ingeniería (Cálculos estáticos, esfuerzos y subcomponentes)

En el presente proyecto es de suma importancia realizar el análisis de toda la estructura y sus respectivos subsistemas. Es por esto que se realizaron los cálculos considerando conceptos básicos de estática, esfuerzos por flexión, esfuerzos por tensión, relación de engranajes, entre otros.

En la siguiente tabla se detallan todos los componentes principales y subcomponentes que se tomaron en cuenta al momento de realizar los cálculos con el respectivo detalle de análisis.

Tabla 11. Componentes y análisis realizados

Posición	Componente	Análisis realizado
Posición más crítica (ángulo de los brazos superiores a 90°)	Brazo AB con silla	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Brazo CD	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Brazo EF	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Brazo GH	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Perfiles laterales de la base	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Perfil central de la base	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Perfil posterior de la base	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Motor	Determinar el torque que se necesita para girar la grúa
	Sistema de engranajes	Cálculo para disminuir la velocidad y aumentar el torque de giro
	Eje de giro	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos

		Factor de seguridad
	Sistema de anclajes	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Velocidad de la silla	Determinar la velocidad de bajada/subida de la silla
	Rodamientos	Determinar las especificaciones técnicas de los rodamientos necesarios
	Fatiga del eje de giro	Cálculo de fatiga del eje de giro
	Pasadores brazo AB-EF	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Pasadores brazo GH-EF	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Placas de unión CEG / agujeros superiores	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Placas de unión brazo AB	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
	Placas de unión CEG / agujeros inferiores	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad
Posición dentro de la piscina	Brazo AB con silla	Cálculos estáticos
	Brazo CD	Cálculos estáticos
	Brazo EF	Cálculos estáticos
	Brazo GH	Cálculos estáticos Cálculos de esfuerzos Factor de seguridad

Para poder entender de mejor manera los cálculos existen algunos conceptos clave que se detallan a continuación:

- Cálculos estáticos: el análisis estático permite analizar cada una de las estructuras con sus respectivas tensiones y deformaciones; además, se considera un estado estacionario para las fuerzas, rotaciones, cargas externas, entre otros (Beer y Johnston, 2010). Esto va a ayudar a encontrar el factor de seguridad para cada uno de los componentes y determinar si el diseño en cuestión cumple con los parámetros adecuados.

- Factor de seguridad (η): este factor determina que tan seguro será el diseño final o el producto que se realiza (Ríos y Roncancio, 2007). Es importante mencionar que un factor de seguridad adecuado para el diseño del proyecto es de mínimo 1.2.
- Fatiga: este fenómeno es uno de los más estudiados en el área de ingeniería debido a que en muchos casos los sistemas o máquinas fallan por la acción de esfuerzos repetitivos o fluctuantes. Es decir, el esfuerzo máximo se encuentra por debajo de la resistencia última del material (Moreno, junio de 2013).

También, es importante detallar el significado que tiene cada una de las variables y sus respectivas ecuaciones en donde aplique.

- M : momento
- R_x : reacción de la fuerza en el eje “x”
- R_y : reacción de la fuerza en el eje “y”
- I : inercia
- F : fuerza aplicada
- V : fuerza cortante
- A : área
- c : distancia del centro a la fuerza aplicada
- η : factor de seguridad
- θ : ángulo de la fuerza
- T : torque
- V_y : velocidad en el eje “y”
- S_y : límite elástico
- S_{ut} : resistencia a la tracción

- $X_i; Y_i$: valores dependientes de la geometría del rodamiento
- σ : esfuerzo por flexión

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

- σ : esfuerzo por tensión o compresión

$$\sigma_{t-c} = \frac{F}{A}$$

- τ : esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{V}{A}$$

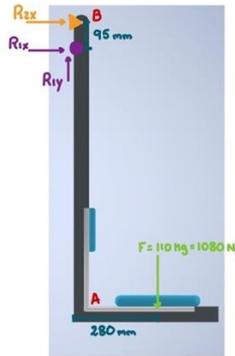
- F_e : fuerza equivalente

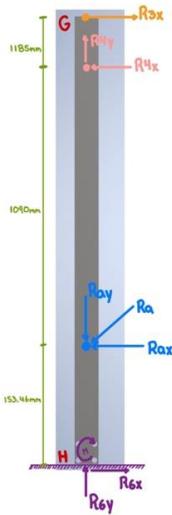
$$F_e = X_i V F_r + Y_i F_A$$

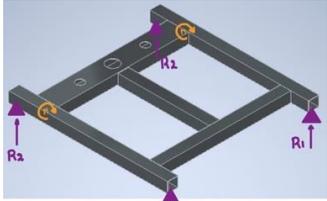
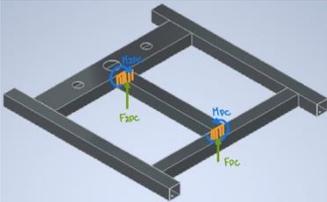
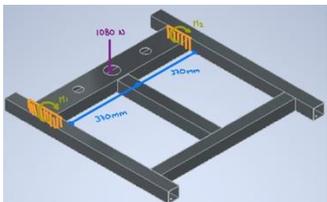
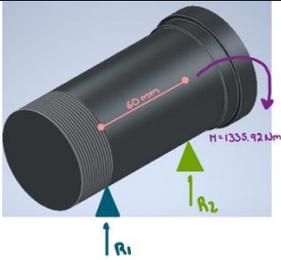
Estas son las variables más importantes; sin embargo, en el Anexo B se muestran más de las mismas. Considerando todo lo antes mencionado se realizan los cálculos necesarios con todo su procedimiento detallado en el anexo mencionado. Para resumir los resultados obtenidos se muestran las siguientes tablas.

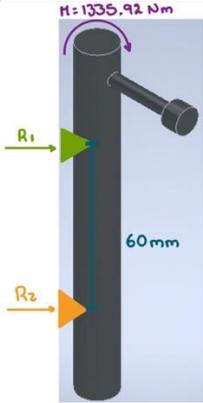
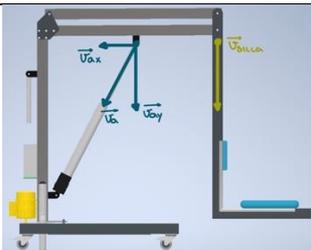
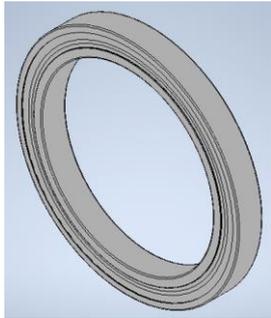
Posición más crítica (brazos superiores a 90°)

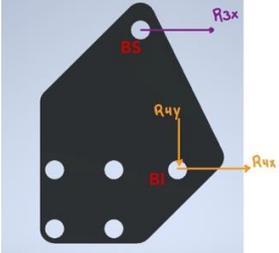
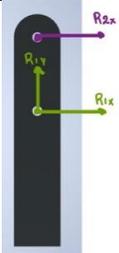
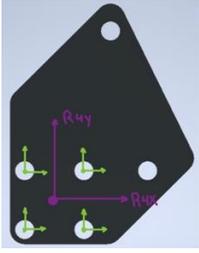
Tabla 12. Resultados de la posición más crítica

Componente	Imagen	Datos	Resultados
Brazo AB con silla		$F = 1080 \text{ N}$ $C = 30 \text{ mm}$ $I = 260458.667 \text{ mm}^4$ $A = 464 \text{ mm}^2$ Acero forjado Perfil 60x60x2 mm $S_y = 210 \text{ MPa}$	$M = 302.4 \text{ Nm}$ $R_{2x} = -3183.16 \text{ N}$ $R_{1y} = 1080 \text{ N}$ $R_{1x} = 3183.16 \text{ N}$ $\sigma_f = 34.83 \text{ MPa}$ $\tau = 6.86 \text{ MPa}$ $\eta = 6.03$

Brazo CD		$R2x = 3183.16 \text{ N}$ $C = 30 \text{ mm}$ $I = 260458.667 \text{ mm}^4$ $A = 464 \text{ mm}^2$ Acero forjado Perfil 60x60x2 mm $Sy = 210 \text{ MPa}$	$R3x = 3183.16 \text{ N}$ $\sigma_{t-c} = 6.86 \text{ MPa}$ $\eta = 30.61$
Brazo EF		$R1x = 3183.16 \text{ N}$ $R1y = 1080 \text{ N}$ $C = 30 \text{ mm}$ $I = 260458.667 \text{ mm}^4$ $A = 464 \text{ mm}^2$ Acero forjado Perfil 60x60x2 mm $Sy = 210 \text{ MPa}$	$\theta = 63.28^\circ$ $Ray = 2148.38 \text{ N}$ $Ra = 2405.22 \text{ N}$ $Rax = 1081.46 \text{ N}$ $R4y = -1068.38 \text{ N}$ $R4x = 2101.79 \text{ N}$ $\sigma_f = 57.22 \text{ MPa}$ $\sigma_{t-c} = 6.86 \text{ MPa}$ $\tau = 2.33 \text{ MPa}$ $\eta = 3.44$
Brazo GH		$R4y = 1068.38 \text{ N}$ $R4x = 2101.79 \text{ N}$ $Ra = 2405.22 \text{ N}$ $Rax = 1081.46 \text{ N}$ $Ray = 2148.38 \text{ N}$ $R3x = 3183.16 \text{ N}$ $C = 30 \text{ mm}$ $I = 260458.667 \text{ mm}^4$ $A = 464 \text{ mm}^2$ Acero forjado Perfil 60x60x2 mm $Sy = 210 \text{ MPa}$	$R6y = 1080 \text{ N}$ $R6x = -0.1 \text{ N}$ $V_{\text{Max}} = 3183.16 \text{ N}$ $M_{\text{Max}} = 1335.92 \text{ Nm}$ $\sigma_{t-c} = 2.32 \text{ MPa}$ $\sigma_f = 153.87 \text{ MPa}$ $\tau = 6.86 \text{ MPa}$ $\eta = 1.36$

Perfiles laterales de la base		$C = 30 \text{ mm}$ $I = 260458.667 \text{ mm}^4$ $A = 464 \text{ mm}^2$ Acero forjado Perfil 60x60x2 mm $S_y = 210 \text{ MPa}$	$M = 432 \text{ Nm}$ $R_2 = -480 \text{ N}$ $R_1 = 480 \text{ N}$ $\sigma_f = 49.75 \text{ MPa}$ $\eta = 4.22$
Perfil central de la base		$C = 30 \text{ mm}$ $I = 462378.667 \text{ mm}^4$ $A = 464 \text{ mm}^2$ Acero forjado Perfil 60x60x2 mm	$M_{pc} = M_{2pc} = 561.6 \text{ Nm}$ $\sigma_f = 64.68 \text{ MPa}$ $\eta = 3.25$
Perfil posterior de la base		$F = 1080 \text{ N}$ Acero forjado Perfil 120x60x2 mm $S_y = 210 \text{ MPa}$	$F_1 = F_2 = 540 \text{ N}$ $M_1 = M_2 = M$ $M_1 = -267.17 \text{ Nm}$ $\sigma_f = 153.34 \text{ MPa}$ $\eta = 1.37$
Motor		$\alpha = 0.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$	$T = 8.94 \text{ Nm}$
Sistema de engranajes		$Z_2 = 40; Z_1 = 24$	$T_2 = 4.91 \text{ Nm}$
Eje de giro		$M = 1335.92 \text{ Nm}$ $R_1 = 0.1 \text{ N}$ Acero forjado $S_y = 210 \text{ MPa}$	$R_2 = 22265.33 \text{ N}$ $\sigma_f = 108.86 \text{ MPa}$ $\eta = 1.93$

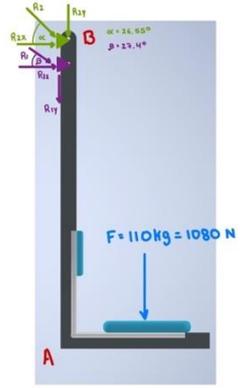
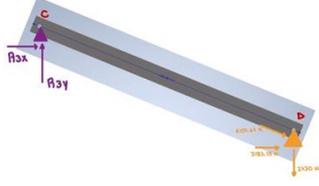
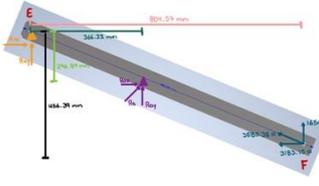
Sistema de anclajes		$M = 1335.92 \text{ Nm}$ Acero forjado $S_y = 210 \text{ MPa}$	$R_2 = 22265.33 \text{ N}$ $\sigma_f = 149.33 \text{ MPa}$ $\eta = 1.41$
Velocidad de la silla		$V_{\text{actuador}} = 4 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$	$V_{y\text{actuador}} = V_{\text{silla}}$ $V_{\text{silla}} = 3.51 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$
Rodamientos		$n = 0.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ $= 4.77 \text{ rpm}$ $F_{\text{radial}} = 0.1 \text{ N}$ $F_{\text{Axial}} = 1080 \text{ N}$ $a_f = 1.1$ $X_i = 0.56$ $Y_i = 1.63$ $V = 1$	$F_e = 1760.456 \text{ N}$ $C_{10} = 1.79 \text{ kN}$ Rodamientos necesarios: <i>Angular contact</i> $D_{\text{interior}} = 10 \text{ mm}$ $D_{\text{exterior}} = 30 \text{ mm}$ $\text{Ancho} = 9 \text{ mm}$ $C_{10} = 4.94 \text{ kN}$ $C_o = 1.12 \text{ kN}$
Fatiga del eje de giro		Acero forjado $S_{ut} = 240 \text{ MPa}$ $= 34.81 \text{ kpsi}$ $S_y = 210 \text{ MPa}$ $T = 4.472 \text{ Nm}$ $D = 50 \text{ mm}$ $d = 49 \text{ mm}$ $r = 0.5 \text{ mm}$	$\tau_{\text{max}} = 0.19 \text{ MPa}$ $\sigma_{t-cx} = 0.57 \text{ MPa}$ $\sigma_{\text{aconc}} = 1.083 \text{ MPa}$ $\tau_{M\text{conc}} = 0.37 \text{ MPa}$ $S_e = 82.68 \text{ MPa}$ $\sigma_{\text{rev}} = 75.10 \text{ MPa}$ $\sigma'_a = 1.27 \text{ MPa}$ $\sigma'_M = 0.64 \text{ MPa}$ $\eta = 51.08$

Pasadores brazo AB-EF		Acero inoxidable 304 $S_y = 230 \text{ MPa}$	$A = 78.54 \text{ mm}^2$ $\tau = 6.87 \text{ MPa}$ $\eta = 33.48$
Pasadores brazo GH-EF		Acero inoxidable 304 $S_y = 230 \text{ MPa}$	$A = 78.54 \text{ mm}^2$ $\tau = 6.80 \text{ MPa}$ $\eta = 33.81$
Placas de unión CEG / agujeros superiores		Hierro forjado $S_y = 210 \text{ MPa}$	$\sigma_b = 39.78 \text{ MPa}$ $\eta = 5.28$
Placas de unión brazo AB		Hierro forjado $S_y = 210 \text{ MPa}$	$\sigma_b = 13.5 \text{ MPa}$ $\eta = 15.55$
Placas de unión CEG / agujeros inferiores		Hierro forjado $S_y = 210 \text{ MPa}$ $R_{4y} = 1068.38 \text{ N}$ $R_{4x} = 2101.79 \text{ N}$	Considerando R_{4y} $T = 1.69 \text{ MPa}$ $\eta = 124.26$ Considerando R_{4x} $T = 3.34 \text{ MPa}$ $\eta = 62.87$

Posición de la grúa dentro de la piscina

Tabla 13. Resultados de la grúa dentro de la piscina

Componente	Imagen	Datos	Resultado
------------	--------	-------	-----------

Brazo AB con silla		$F = 1080 \text{ N} = 110 \text{ kg}$ $C = 30 \text{ mm}$ $I = 260458.667 \text{ mm}^4$ $A = 464 \text{ mm}^2$ <i>Acero forjado</i> <i>Perfil 60x60x2 mm</i> $S_y = 210 \text{ MPa}$	$\alpha = 26.55$ $\beta = 27.4$ $M = 302.4 \text{ Nm}$ $R1 = 3585.38 \text{ N}$ $R1y = 1650 \text{ N}$ $R1x = 3183.15 \text{ N}$ $R2x = -3183.15 \text{ N}$ $R2y = -2730 \text{ N}$ $R2 = -6107.67 \text{ N}$
Brazo CD		$R2x = 3183.15 \text{ N}$ $R2y = 2730 \text{ N}$ $C = 30 \text{ mm}$ $I = 260458.667 \text{ mm}^4$ $A = 464 \text{ mm}^2$ <i>Acero forjado</i> <i>Perfil 60x60x2 mm</i> $S_y = 210 \text{ MPa}$	$R3x = -3183.15 \text{ N}$ $R3y = 2730 \text{ N}$
Brazo EF		$R1x = 3183.16 \text{ N}$ $R1y = 1650 \text{ N}$ $C = 30 \text{ mm}$ $I = 260458.667 \text{ mm}^4$ $A = 464 \text{ mm}^2$ <i>Acero forjado</i> <i>Perfil 60x60x2 mm</i> $S_y = 210 \text{ MPa}$	$R4y = -3757.71 \text{ N}$ $R4x = 2024.43 \text{ N}$

Brazo GH		$R4y = 3757.71 \text{ N}$ $R4x = 2024.43 \text{ N}$ $Ra = 2405.22 \text{ N}$ $Rax = 1158.72 \text{ N}$ $Ray = 2107.71 \text{ N}$ $R3x = 3183.15 \text{ N}$ $R3y = 2730 \text{ N}$ $C = 30 \text{ mm}$ $I = 260458.667 \text{ mm}^4$ $A = 464 \text{ mm}^2$ <i>Acero forjado</i> <i>Perfil 60x60x2 mm</i> $Sy = 210 \text{ MPa}$	$R6y = 131.01 \text{ N}$ $R6x = 0 \text{ N}$ $\sigma_{t-c} = 0.28 \text{ MPa}$ $\sigma_f = 137.68 \text{ MPa}$ $\eta = 1.52$
----------	--	---	--

Como se observa de los resultados, el componente más crítico de todo el sistema es el brazo principal GH; este, cuenta con un factor de seguridad de 1.36. Además, se observa que al momento de ingresar la grúa en la piscina el factor de seguridad del mismo componente aumenta a 1.52 por lo que la seguridad aumentará en todo el sistema.

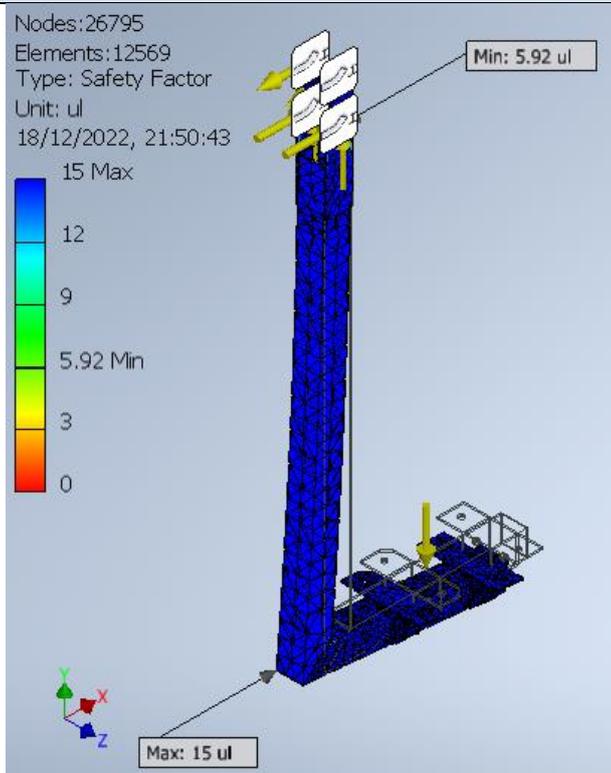
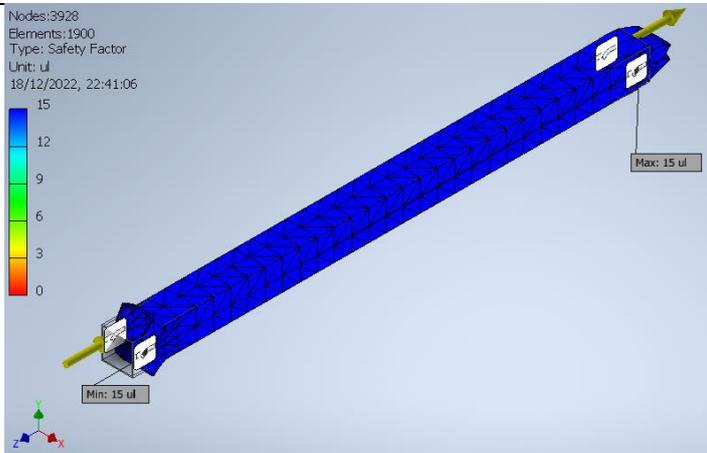
Por otro lado, otros puntos importantes a considerar es que el motor necesario para lograr girar la grúa requiere un torque mínimo de 8.94 Nm; el eje de giro debe tener un diámetro de 50 mm para soportar la carga y tener un factor de seguridad de 1.93, y la velocidad máxima de subida/bajada de la silla es de 3.51 mm/s. Este último valor es importante considerar debido a que la norma NTE INEN ISO 10535 establece que la velocidad de subida y bajada máxima debe ser de 250 mm/s; por lo que, la velocidad es la correcta.

Análisis de ingeniería (Simulaciones realizadas en Inventor)

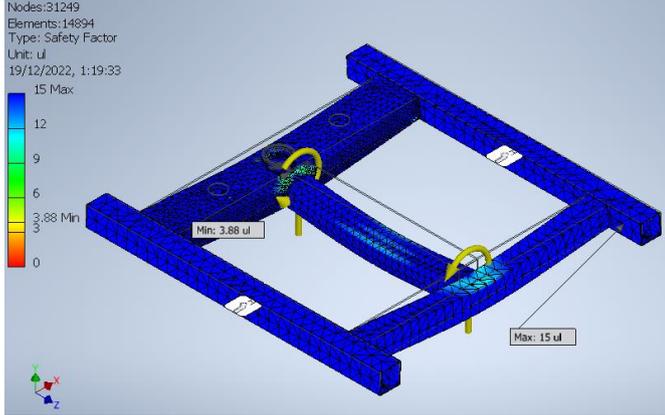
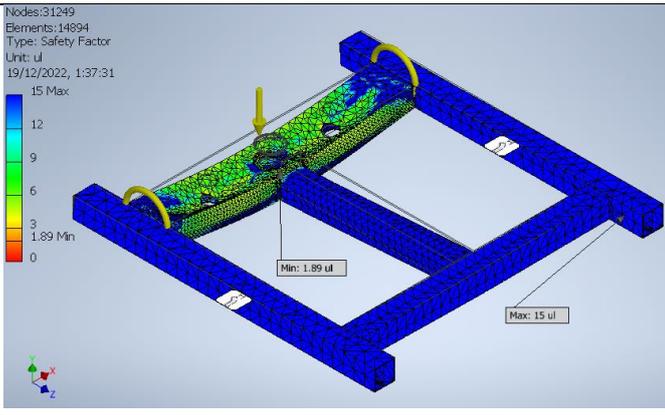
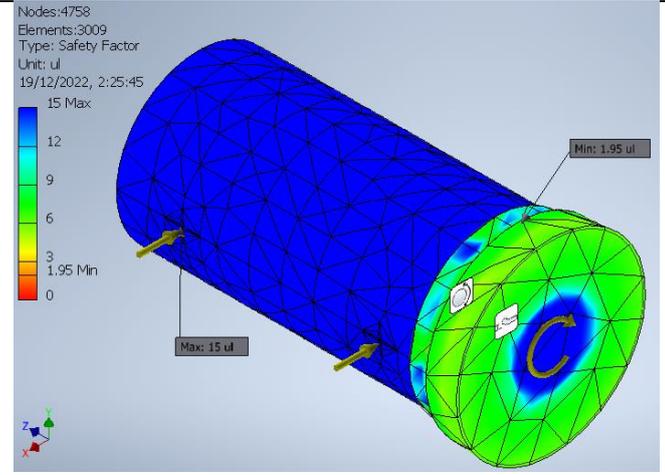
En este punto, se realizan las respectivas simulaciones con el fin de corroborar que los factores de seguridad encontrados en la sección anterior sean los correctos. Para esto, se detallan las siguientes tablas.

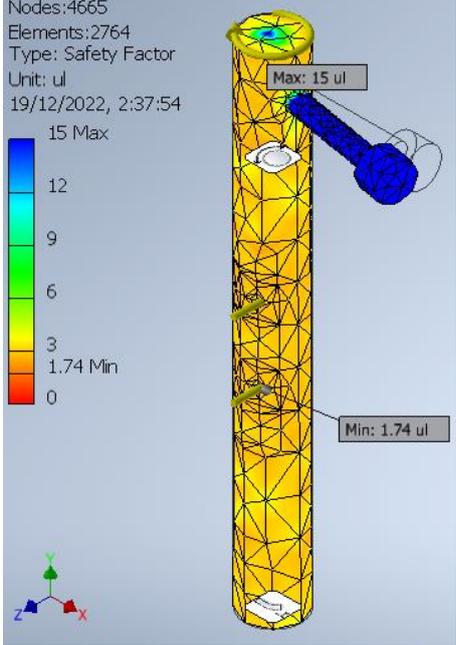
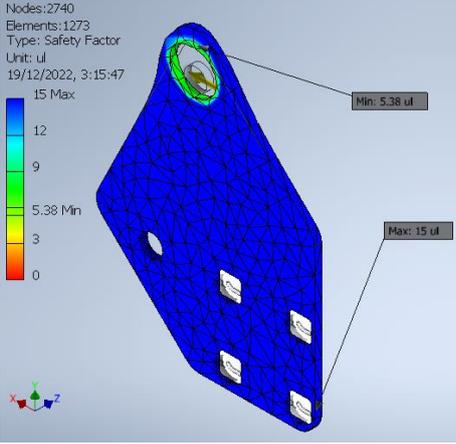
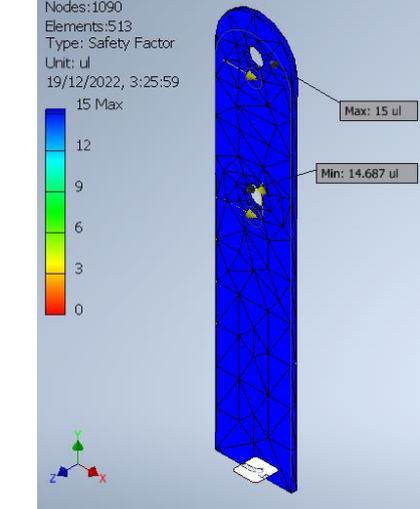
Posición más crítica (brazos superiores a 90°)

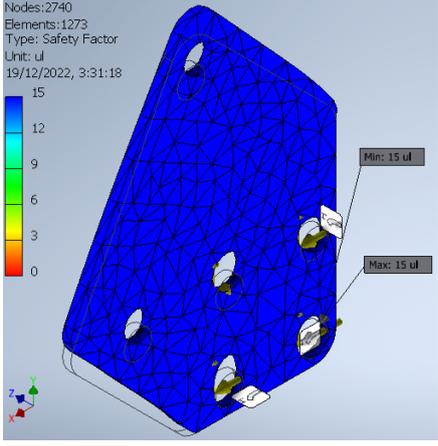
Tabla 14. Simulaciones en la posición más crítica

Componente	Imagen	Resultados
<p>Brazo AB con silla</p>		<p>$\eta = 5.92$</p>
<p>Brazo CD</p>		<p>$\eta = 15$</p>

<p>Brazo EF</p>		<p>$\eta = 4.07$</p>
<p>Brazo GH</p>		<p>$\eta = 1.81$</p>
<p>Perfiles laterales de la base</p>		<p>$\eta = 4.94$</p>

<p>Perfil central de la base</p>		<p>$\eta = 3.88$</p>
<p>Perfil posterior de la base</p>		<p>$\eta = 1.89$</p>
<p>Eje de giro</p>		<p>$\eta = 1.95$</p>

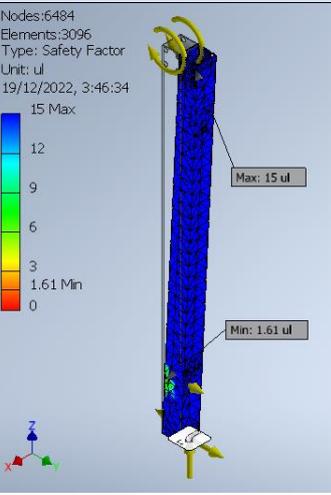
<p>Sistema de anclajes</p>	 <p>Nodes: 4665 Elements: 2764 Type: Safety Factor Unit: ul 19/12/2022, 2:37:54</p> <p>15 Max 12 9 6 3 1.74 Min 0</p> <p>Max: 15 ul Min: 1.74 ul</p>	<p>$\eta = 1.74$</p>
<p>Placas de unión CEG / agujeros superiores</p>	 <p>Nodes: 2740 Elements: 1273 Type: Safety Factor Unit: ul 19/12/2022, 3:15:47</p> <p>15 Max 12 9 5.38 Min 3 0</p> <p>Min: 5.38 ul Max: 15 ul</p>	<p>$\eta = 5.38$</p>
<p>Placas de unión brazo AB</p>	 <p>Nodes: 1090 Elements: 513 Type: Safety Factor Unit: ul 19/12/2022, 3:25:59</p> <p>15 Max 12 9 6 3 0</p> <p>Max: 15 ul Min: 14.687 ul</p>	<p>$\eta = 14.687$</p>

<p>Placas de unión CEG / agujeros inferiores</p>		<p>$\eta = 15$</p>
--	--	-------------------------------

Considerando los valores mostrados de las simulaciones en la posición más crítica, se puede observar que el brazo GH es el componente que posee el menor factor de seguridad con un valor de 1.81. Comparándolo con los cálculos a mano se puede concluir que ambos valores son los correctos y cumplen con el requisito de factor de seguridad mínimo de 1.2. Además, tomando en cuenta los otros resultados, se puede afirmar que, tanto en las simulaciones como en los cálculos realizados en la sección anterior, los factores de seguridad son similares y están bien calculados.

Posición de la grúa dentro de la piscina

Tabla 15. Simulaciones de la grúa dentro de la piscina

Componente	Imagen	Resultado
<p>Brazo GH</p>		<p>$\eta = 1.61$</p>

Al igual que en los cálculos a mano, el factor de seguridad del componente más crítico aumenta. Es por esto por lo que solo se analizó este componente.

Plan de prueba de prototipo y experimento de ingeniería para la verificación

El principal objetivo del plan de prueba de prototipo es la recolección de evidencias que permiten concluir que el diseño y la construcción de la grúa híbrida de piscina para personas discapacitadas satisface los requisitos y los criterios ingenieriles solicitados. En donde se presentarán los elementos a verificar, sus evidencias y la aprobación del cumplimiento de los criterios seleccionados.

Descripción de criterios ingenieriles

- Peso
- Seguridad
- Costo
- Tamaño
- Ergonomía de la estructura

Proceso de verificación

Peso: Para el peso de la estructura, se utilizó una balanza en donde el diseño de la grúa se lo separó por cuatro partes, las cuales son:

1. Base (Subensamble A)
2. Columna principal (Subensamble B)
3. Brazos de extensión de grúa, placas de unión con columna principal y actuador electromecánico. (Subensamble C)
4. Silla, brazo de unión para silla y placas de unión con brazos de extensión de grúa. (Subensamble D)

Realizando la toma de peso para cada subensamble y sumándolos, tenemos un peso respectivo de 64.5 kg. Teniendo un peso promedio para cada subensamble de:

Tabla 16. Pesos por subensambles.

Sumensamble	Peso
A	21,5 kg
B	12,68 kg
C	15,36 kg
D	14,96 kg

Seguridad: Para el análisis de la seguridad de la estructura, se realizó una prueba de funcionamiento del sistema de movimiento con una persona de un peso aproximado de 70 kg. Esta prueba se realizó con movimientos cíclicos mientras el usuario estaba usando el sistema. Se realizaron 60 ciclos de trabajo desde su posición más alta a su posición más baja.



Figura 16. Posiciones principales del sistema.

Costo: Para el análisis de costos especialmente en la selección de materiales, se realizó las dos alternativas de selección pensadas. Por último, se escogió una de las dos opciones presentadas por diferentes criterios ingenieriles. Pero el análisis de costos resulta en una mejor opción el material acero forjado.

Tabla 17. Costos de cada opción de selección de material

COSTOS			
Opción 1	Perfil estructural 6 metros (60 mm x 60 mm x 2mm) ASTM A 500	Láminas (1220 mm x 2440 mm x 4mm) ASTM A 36	Total:
	40,5	140	180,5
Opción 2	Perfil estructural 6 metros (60 mm x 60 mm x 2mm) Hierro Forjado	Láminas (1220 mm x 2440 mm x 4mm) Hierro Forjado	Total:
	30,25	80	110,25

Tamaño: Con respecto al criterio de tamaño, teníamos principalmente una altura máxima de paso para la grúa de 1.20 metros para su correcta movilidad en la residencia del cliente. Tomando en cuenta esto cuando el sistema de articulación está a 90 grados respecto al perfil principal de giro, tenemos una altura de 1.13 m.



Figura 17. Altura máxima del sistema

Ergonomía de la estructura: Se realiza un análisis ergonómico de la silla empleada dentro del sistema, además, se procede a realizar un análisis ergonómico por medio de la herramienta denominada RULA. A continuación, se detallan los resultados:



Figura 18. Articulaciones y movimientos principales del usuario.

Figura 19. Análisis ROSA

Tabla 18. Tabla de resultado de análisis ROSA

		SECTION A SCORE							6
		Arm Rest and Back Support							
		2	3	4	5	6	7	8	9
seat pan height / depth	2	2	2	3	4	5	6	7	8
	3	2	2	3	4	5	6	7	8
	4	3	3	3	4	5	6	7	8
	5	4	4	4	4	5	6	7	8
	6	5	5	5	5	6	7	8	9
	7	6	6	6	7	8	8	8	9
	8	7	7	7	8	8	9	9	9
	9	8	8	8	9	9	9	9	9

RULA Employee Assessment Worksheet

Task Name: **Uso de grúa para piscinas**

Date: 15/12/2022

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:
Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:
Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:
If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Scores

Table A		Wrist Score			
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	2	1	2	1	2
2	3	3	3	3	3
3	4	4	4	4	4
4	5	5	5	5	5
5	6	6	6	6	6
6	7	7	7	7	7
7	8	8	8	8	8
8	9	9	9	9	9

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:
Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Table C		Neck, Trunk, Leg Score					
Wrist / Arm Score	Neck	Trunk	Leg Score	Posture B Score	Muscle Use Score	Force / Load Score	Wrist & Arm Score
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	2	3	4	5	6	8
3	3	3	3	4	5	6	9
4	4	4	4	5	6	7	10
5	5	5	5	6	7	8	11
6	6	6	6	7	8	9	12
7	7	7	7	8	9	10	13
8	8	8	8	9	10	11	14
9	9	9	9	10	11	12	15

Scoring: (final score from Table C)
1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

Figura 20. Análisis RULA

Con respecto a los resultados encontrados en las herramientas ergonómicas utilizadas, tenemos distintos resultados para el método ROSA y RULA. Para la herramienta ROSA, tenemos un resultado de 6, es decir, que el diseño de la silla utilizado para el usuario estudiado necesita tener investigación más profunda acerca de su ergonomía. Para la herramienta RULA, tenemos un resultado de 4, esto quiere decir que la posición que presenta el usuario dentro del sistema es mala y tiene riesgos altos de que se produzcan trastornos musculoesqueléticos.

Resultados de proceso de verificación

En seguida, se muestran los resultados del proceso de verificación:

Tabla 19. Resultados y aprobación de verificaciones

Criterio ingenieril	Resultado	Aprobación
Peso	Luego de realizar un proceso de pesado de las componentes. Tenemos un resultado de 64,5 kg. El peso establecido en los requerimientos del proyecto tenemos un peso de 50 kilogramos, dando un peso mas alto de lo previsto.	Aprueba: SI () NO (X)
Seguridad	Se realizó un análisis mediante una prueba del funcionamiento del sistema de subida y bajada mediante un actuador electromecánico. Las pruebas se hicieron en 60 ciclos seguidos del funcionamiento con un peso aproximado de 70 kg.	Aprueba: SI (X) NO ()
Tamaño	Se midió la altura total del sistema en el punto más crítico, teniendo un ángulo de 90 grados con respecto a la columna principal. Dandonos una altura máxima de 1,13 m.	Aprueba: SI (X) NO ()
Ergonomia de la estructura	Se usaron herramientas ergonomicas para poder analizar la probabilidad de poder sufrir transtornos musculoesqueléticos por posturas incorrectas al momento de sus uso. Además se realizo análisis ergonomico del diseño de la silla. Presentado resultados que expresan que se debe realizar un estudio mas a profundidad.	Aprueba: SI (X) NO ()

Tamaño	Se midió la altura total del sistema en el punto más crítico, teniendo un ángulo de 90 grados con respecto a la columna principal. Dandonos una altura máxima de 1,13 m.	Aprueba: SI (X) NO ()
Ergonomia de la estructura	Se usaron herramientas ergonomicas para poder analizar la probabilidad de poder sufrir transtornos musculoesqueléticos por posturas incorrectas al momento de sus uso. Además se realizo análisis ergonomico del diseño de la silla. Presentado resultados que expresan que se debe realizar un estudio mas a profundidad.	Aprueba: SI (X) NO ()

Seguridad a través del diseño

Para garantizar la seguridad del usuario y del operador se definieron varios elementos que permitieron disminuir todo tipo de riesgo. Entre los más destacados están:

Elementos de seguridad			
Elemento	Descripción	IMÁGENES E ILUSTRACIÓN	UBICACIÓN
1. Sistema de freno	La grúa cuenta con cuatro llantas que permiten movilizarla desde un punto A hasta un punto B. Para evitar cualquier tipo de accidente cada una cuenta con un sistema de freno que nos permite pararla cuando sea necesario.		En la sección inferior de la grúa.
2. Sistema de fijación de rotación de las media lunas.	Al momento de realizar el movimiento rotacional de la grúa, se tiene un sistema de fijación por medio de una llave que nos permite fijar la grúa dependiendo de la posición requerida		En la sección inferior de la grúa.
3. Control del movimiento vertical de la grúa.	Se utilizó un control que permite manejar el movimiento vertical de los brazos superiores de la grúa. Aquí se empleó dos botones de pare de emergencia para que en el		Control de mando

	<p>caso que se necesite frenar dicho movimiento, se pulsen y la estructura se detendrá automáticamente.</p>		
<p>4. Actuador electromecánico de 6000 [N]</p>	<p>Se empleó un actuador de 6000 [N] con la finalidad de sobredimensionar ese factor, ya que es uno de los elementos más críticos de la estructura, de manera que al seleccionar un actuador con mayor fuerza se aumenta el factor de seguridad de la grúa.</p>		---
<p>5. Arnés de seguridad</p>	<p>Se implementó un arnés en la silla donde va a estar el usuario, con la final de mantener la estabilidad y reforzar la seguridad al momento que alguien se sienta ahí.</p>		---
<p>6. Caja de seguridad para los elementos electrónicos.</p>	<p>Debido a que ciertas partes de la estructura van a estar en constante contacto con el agua, se empleó una caja de seguridad donde está la batería de 12 V que alimenta al actuador, con</p>		<p>En la parte inferior de la estructura.</p>

	la finalidad de evitar cualquier tipo de accidente eléctrico.		
--	---	--	--

Manual de mantenimiento y operación

Guía de funcionamiento de la grúa de piscina para discapacitados			
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACIÓN	UBICACIÓN
7. Inmovilizar las ruedas por medio del mecanismo de freno	<p>7.1. Empujar la placa hacia abajo para poner el freno. Ver Fig. 1e.</p> <p>NOTA: Esto se lo debe realizar en las cuatro ruedas.</p>		En la sección inferior de la grúa.
8. Introducir/Retirar el cerrojo del sistema de fijación de rotación de las media lunas.	<p>8.1. Girar la llave y empujar para anclar el pasador en el sistema de fijación de las media lunas. Ver Fig. 2e.</p> <p>NOTA: Este sistema nos permite girar la grúa con un ángulo máximo de 180° y</p>		En la sección inferior de la grúa.

	<p>depende de la necesidad del usuario.</p>		
<p>9. Movimiento rotacional de la grúa.</p>	<p>9.1. Alzar la palanca del costado de la grúa para posteriormente moverla según la necesidad del giro. Ver Fig. 3e.</p> <p>NOTA: Se puede girar hasta un ángulo máximo de 180° que dependerá de la necesidad del usuario.</p>	 	<p>En la parte posterior de la grúa.</p>
<p>10. Movimiento vertical de la grúa.</p>	<p>10.1. Mediante el control de mando seleccionar la opción de subida o bajada de los brazos superiores de la grúa dependiendo de la necesidad. Ver Fig 4e.</p> <p>NOTA: El botón A nos permite subir y el botón B nos permite bajar los</p>		<p>Control de mando</p>

	<p>brazos superiores de la grúa.</p> <p>NOTA: En el caso de alguna emergencia aplastar el botón de PARE del control. (Ver Fig. 5e).</p>		
--	--	--	--

CONCLUSIONES

Se pudo notar que los resultados en el presente proyecto fueron satisfactorios porque se cumplieron la mayoría de los criterios ingenieriles planteados al inicio del proyecto. Por ejemplo, en el requisito de seguridad, la grúa cuenta con varios elementos de soporte, fijación y/o pare y un manual de mantenimiento y operación que garantiza el correcto uso de la máquina.

Por otro lado, también se cumplió el tema de costo de manufactura, ya que como se detalló en el apartado de selección de materiales y componentes se escogió el acero forjado para la construcción de la estructura de la grúa. Se cortó las placas solicitadas, mediante corte laser para obtener una buena precisión y las perforaciones se las realizó con un taladro y fresadora, según lo convenga, para evitar cualquier tipo de inconveniente. Para corroborar que la elección del material fue correcta se realizaron cálculos donde se demostró que con dicho material ningún elemento de la grúa falla, ya que todos los valores de los factores de seguridad calculados dieron más que 1.3, que fue el valor mínimo establecido para el presente proyecto.

De igual manera, en la facilidad y eficiencia de manufactura se notó que la construcción y ensamble de la grúa fue un total éxito, ya que además de haber cumplido con la mayoría de los parámetros solicitados por el cliente también se realizaron varias pruebas del prototipo, donde se usó la grúa durante 60 ciclos y no se presentó ningún tipo de error o falla.

Por otro lado, como se mencionó en los cálculos para la implementación a futuro de un sistema de giro automatizado se necesitará un motor con un torque mínimo de 8.94 Nm, un sistema reductor de engranajes con la finalidad de sacrificar un poco la velocidad con la finalidad de obtener más torque y el eje de giro debe tener un diámetro mínimo de 50 mm para que pueda soportar a su totalidad la carga.

Asimismo, el análisis ergonómico de la silla y del usuario empleando el método ROSA determino que el diseño de la silla utilizado para el usuario estudiado necesita tener investigación más profunda acerca de su ergonomía. Para la herramienta RULA, tenemos un resultado de 4, esto quiere decir que la posición que presenta el usuario dentro del sistema no es óptima y tiene riesgos altos de que se produzcan trastornos musculoesqueléticos.

Tomando en consideración el objetivo principal del proyecto, se puede concluir que la grúa seleccionada es la ideal y que los resultados alcanzados son los permisibles. Esto debido a que, por el momento, únicamente se tiene la construcción de un prototipo inicial; sin embargo, se realizó el diseño CAD del prototipo final con el objetivo de implementar el plan a futuro detallado en la sección correspondiente.

Otro punto importante que se puede mencionar es que se cumplieron en su mayoría los requerimientos establecidos por el cliente. En otras palabras, los aspectos de peso máximo de carga, ángulo de giro, tipo de asiento, material, alcance, recorrido y protección impermeable se alcanzaron sin ningún problema; sin embargo, el peso de la

grúa propuesto en los requerimientos fue de 50 kilogramos y el peso real del prototipo es de 64.5 kilogramos por lo que este no se cumple. Es importante mencionar que a pesar de no haber cumplido con el peso requerido, el sistema cuenta con un método de manejo sencillo que permite al operador trasladar la grúa de un punto a otro sin ningún problema.

Finalmente, tomando en consideración los cálculos y simulaciones realizadas, se puede concluir que el sistema cumple con todos los requerimientos de seguridad manteniendo un factor de seguridad de mínimo 1.2. Además, se concluye que el diseño como tal entra en regla cumpliendo parámetros de la norma NTE INEN-ISO 10535, ingenieriles y del cliente.

Trabajo futuro

Como se ha mencionado dentro del presente informe, el prototipo realizado no cuenta con algunos subcomponentes que son importantes para mejorar la experiencia y comodidad del usuario. Sin embargo, se presenta el diseño final para un posible trabajo futuro. Es importante mencionar algunos puntos importantes como recomendaciones y subcomponentes faltantes. Estos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 64. Componentes faltantes del diseño

Componentes faltantes en el presente diseño
Motor de giro
Sistema de anclajes
Sistema de engranajes

Tabla 20. Recomendaciones para plan futuro

Recomendaciones
Verificar y considerar los cálculos realizados para los componentes faltantes
La grúa es completamente desmontable, en caso de realizar cambios, desensamblar la misma siguiendo las instrucciones de ensamble
Considerar el presupuesto para el diseño final en caso de implementarlo sin cambios
Automatizar el movimiento de giro para facilitar el uso al usuario y al operador
Considerar el debido mantenimiento de las partes faltantes
Considerar si los componentes faltantes se los puede adquirir de manera local o se deben importar

Como se menciona en la tabla 68, para el prototipo final se deberá instalar un sistema de anclaje para mejorar la seguridad de la grúa, con el objetivo de que se pueda fijar en el suelo y así disminuir el riesgo de que el sistema se caiga al momento de que una persona la utilice. Para entender de mejor manera, se presenta la siguiente imagen donde se muestra el diseño en CAD del anclaje:

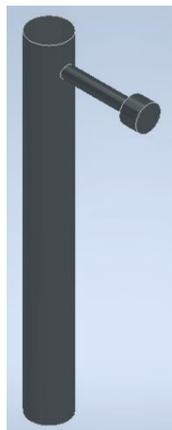


Figura 21. Sistema de anclaje ubicado en la parte posterior de la grúa para el plan a futuro

Asimismo, para el giro rotacional se plantea implementar un sistema de giro automático para la grúa. Aquí se utilizará un sistema reductor de engranajes con una

relación de 11/20, con modulo dos y con numero de dientes $Z_2 = 40$ y $Z_1 = 24$ respectivamente. Esto se lo realizará con la finalidad de ganar más torque al costo de perder un poco de velocidad, que en este caso no es importante ya que la velocidad de rotación tiene que ser baja para garantizar la seguridad del usuario. El sistema de engranajes respectivo se muestra a continuación:



Figura 22. Sistema de engranajes para el plan a futuro

De igual manera, para que dicho sistema funcione se optó por usar un motor Nema de 12 Nm para impulsar el sistema reductor de engranajes y que el giro se realice de manera automática. Este motor se puede encontrar en el mercado nacional al precio que se muestra en la tabla 6 y se muestra a continuación:



Figura 23. Motor Nema de 12 Nm para el plan a futuro

Finalmente, considerando estos componentes faltantes, se debe decidir si conviene adquirirlos de manera local o importarlos. En el caso del sistema de engranajes

y el sistema de anclajes se debería adquirirlos y maquinarlos nacionalmente debido a que no es complicado encontrar el material y darle el debido proceso. Sin embargo, para el motor detallado, se debería considerar la importación con el fin de reducir los costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aceromafe. (30 de 06 de 2022). ACEROMAFE. Obtenido de

<https://www.aceromafe.com/placa-a36-especificaciones/>

Armas, J., & Proaño, L. (2016). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR HIDRÁULICO PARA FACILITAR EL INGRESO DE PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA DE HASTA 100 KG DE PESO A PISCINAS DE RECREACIÓN.*

Beer y Johnston. (2010). *Mecánica vectorial para ingenieros: estática. México: McGrawHill.*

CBMETALBLOG. (10 de 06 de 2021). *CBMETAL* . Obtenido de

<https://www.cbmetal.com.pe/blog/corrosion-de-metal/>

Estadísticas de Discapacidad – Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades.
(2022). <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>

Flores, O. M. (22 de 09 de 2018). *Minería en Línea* . Obtenido de

<https://mineriaenlinea.com/2018/07/como-determinan-los-mercados-los-precios-de-los-metales/>

Guma. (s.f.). *Guma*. Obtenido de <https://www.guma.es/producto-acero-acero/tubo-de-acero-cuadrado/>

ImportAceros. (s.f.). *ImportAceros*. Obtenido de

<https://www.importaceros.com/ecuador-quito/tubo-cuadrado-estructural-y-grandes-dimensiones/>

Instituto Asteco . (17 de 11 de 2021). *INSTITUO ASTECO*. Obtenido de

<https://institutoasteco.com/asteco/maquinabilidad/>

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (2021)

EL RELÉ. <http://platea.pntic.mec.es/>

Laizhou Weiben Machinery CO. LTD. (2013). *Laizhou Weiben Machinery CO. LTD.*

Obtenido de <http://www.wb-machinery.com/es/mechanical-properties-of-cast-iron-2.html>

Mireia, M., & Lloveras, J. (n.d.). *SISTEMA PARA EL ACCESO AL AGUA DE UNA*

PISCINA, PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA

Moreno, J. (junio de 2013). Simulación de fatiga en uniones adhesivas desde la

perspectiva de la mecánica de la fractura. Recuperado de

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19390/u670471.pdf?sequence=1>

Reliance Foundry. (05 de 10 de 2022). *Reliance Foundry*. Obtenido de

<https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-forjado-vs-acero-fundido-es>

Ríos, L. y Roncancio, E. (2007). Análisis y desarrollo de un programa de selección

rápida de factores de seguridad, para diseño de elementos mecánicos.

Recuperado de

<https://201.131.90.33/index.php/revistaciencia/article/view/5405/2895>

Salazar, R. V. (2007). *La Gestion de los Materiales en la Construcción* . Ciudad de

México : Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

SUMITEC . (s.f.). *SUMITEC Suministros Técnicos S.A.* Obtenido de

<https://www.sumiteccr.com/acero/estructural/AE09.pdf>

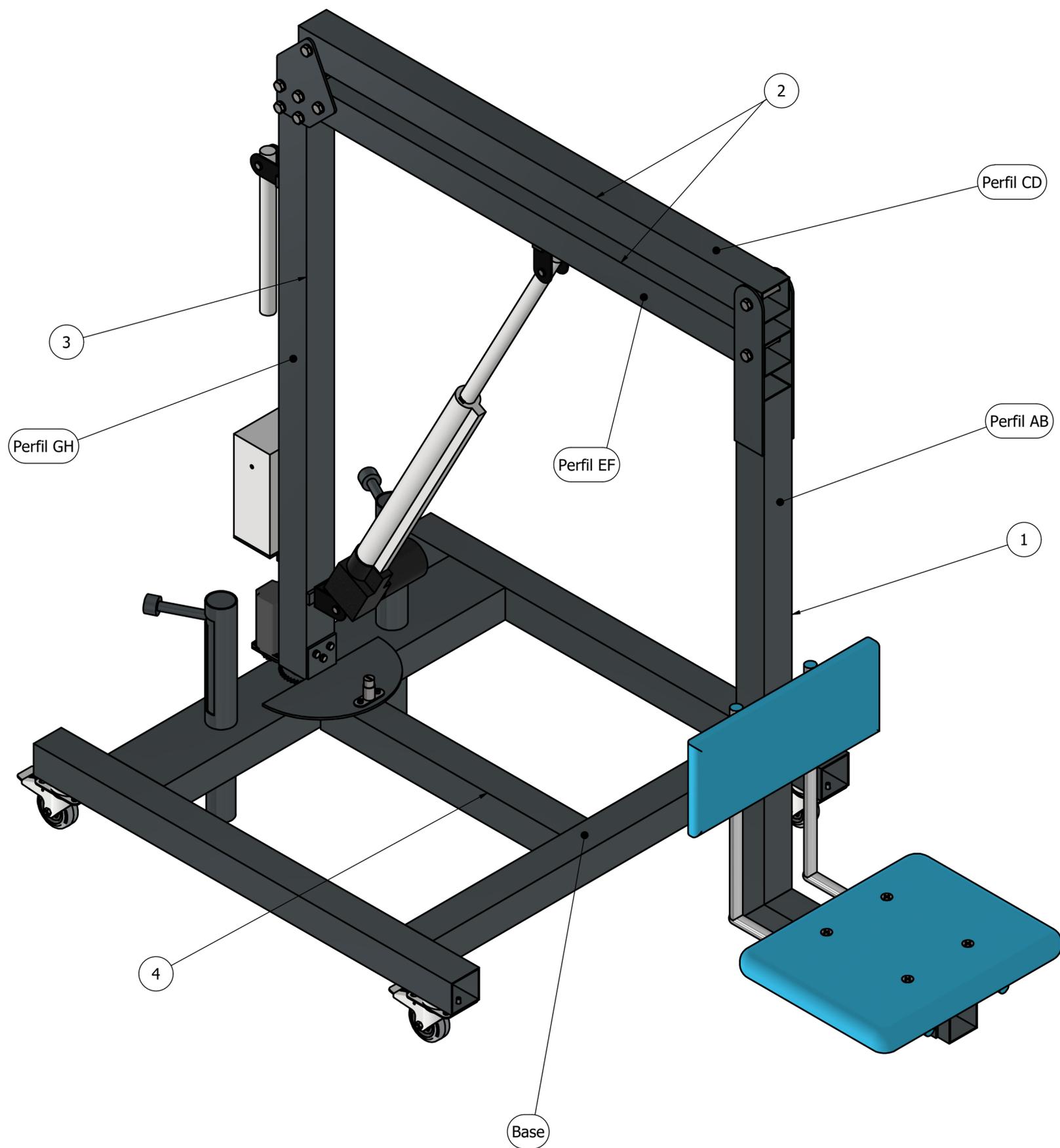
Tecnologías en Soldadura . (25 de 10 de 2021). *TECNOLOGÍAS EN SOLDADURA* .

Obtenido de <https://tecnologiasensoldadura.com.mx/que-es-la-soldabilidad-en-metales/>

YIZENG. (25 de 06 de 2020). *YIZENG*. Obtenido de

<http://www.czyzindustry.com/info/a500-carbon-steel-structural-tubing-47046798.html>

ANEXO A: Planos



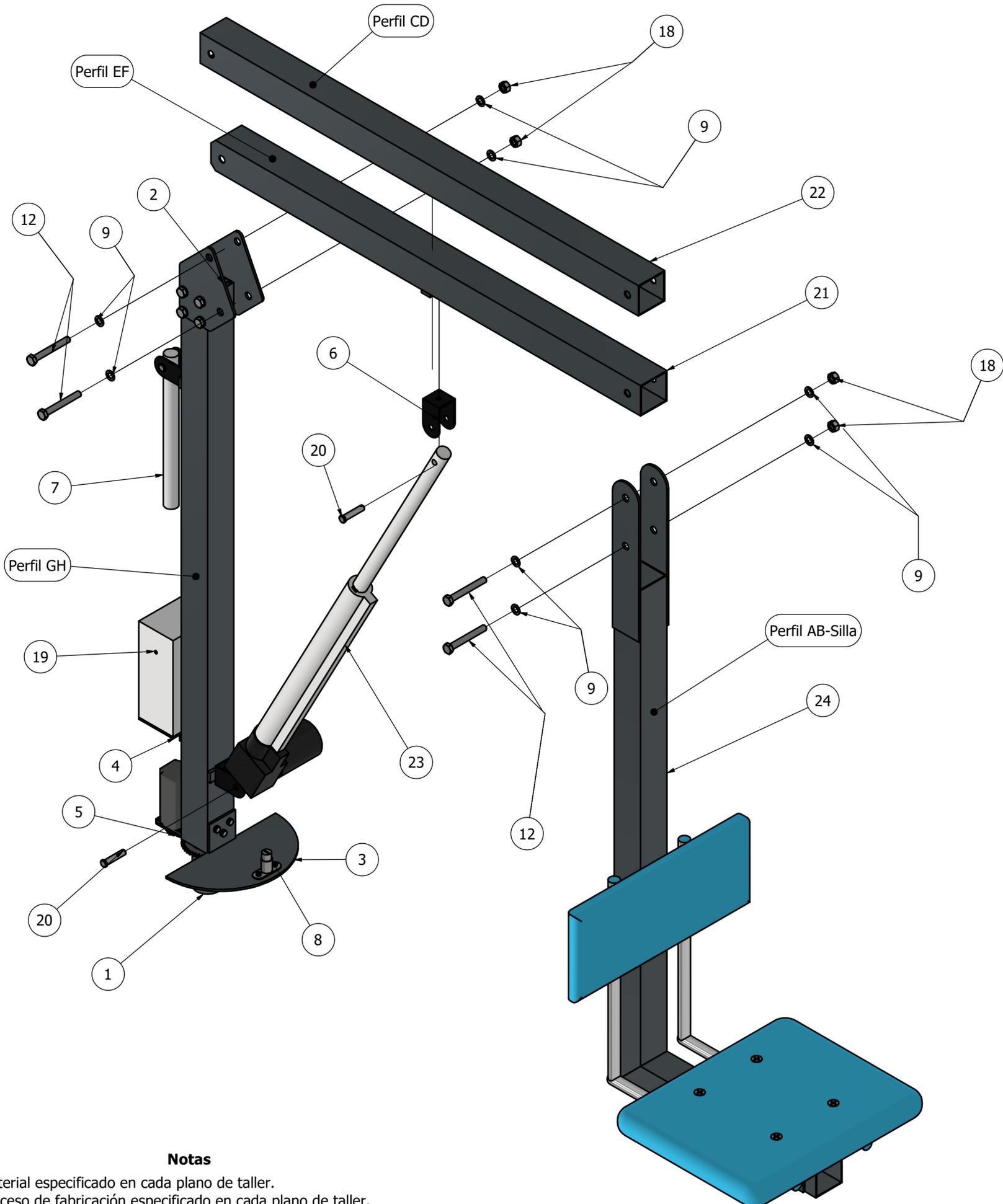
Notas

- Material especificado en cada plano de taller.
- Proceso de fabricación especificado en cada plano de taller.
- Soldadura especificado en cada plano de subensamblable.
- Elementos de fijación especificados en cada plano de subensamblable.
- Unión de piezas armadas especificado en cada plano de subensamblable.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Ensamble de Perfil AB (Brazo Silla)	
2	1	Ensamble de perfiles CD-EF (Horizontales)	
3	1	Ensamble de perfil GH (Vertical)	
4	1	Ensamble de Base	

Tolerancia	Peso 62,5 kg	
Fecha	Nombre	
Dibujado 6/12/2022	Luis A. Santana	Escala 1 : 5
Revisado 6/12/2022	Alfredo Valarezo	
Aprobado 14/12/2022	Alfredo Valarezo	

	Código EG001	Trat. Superficial	Hoja 1
--	-----------------	-------------------	-----------

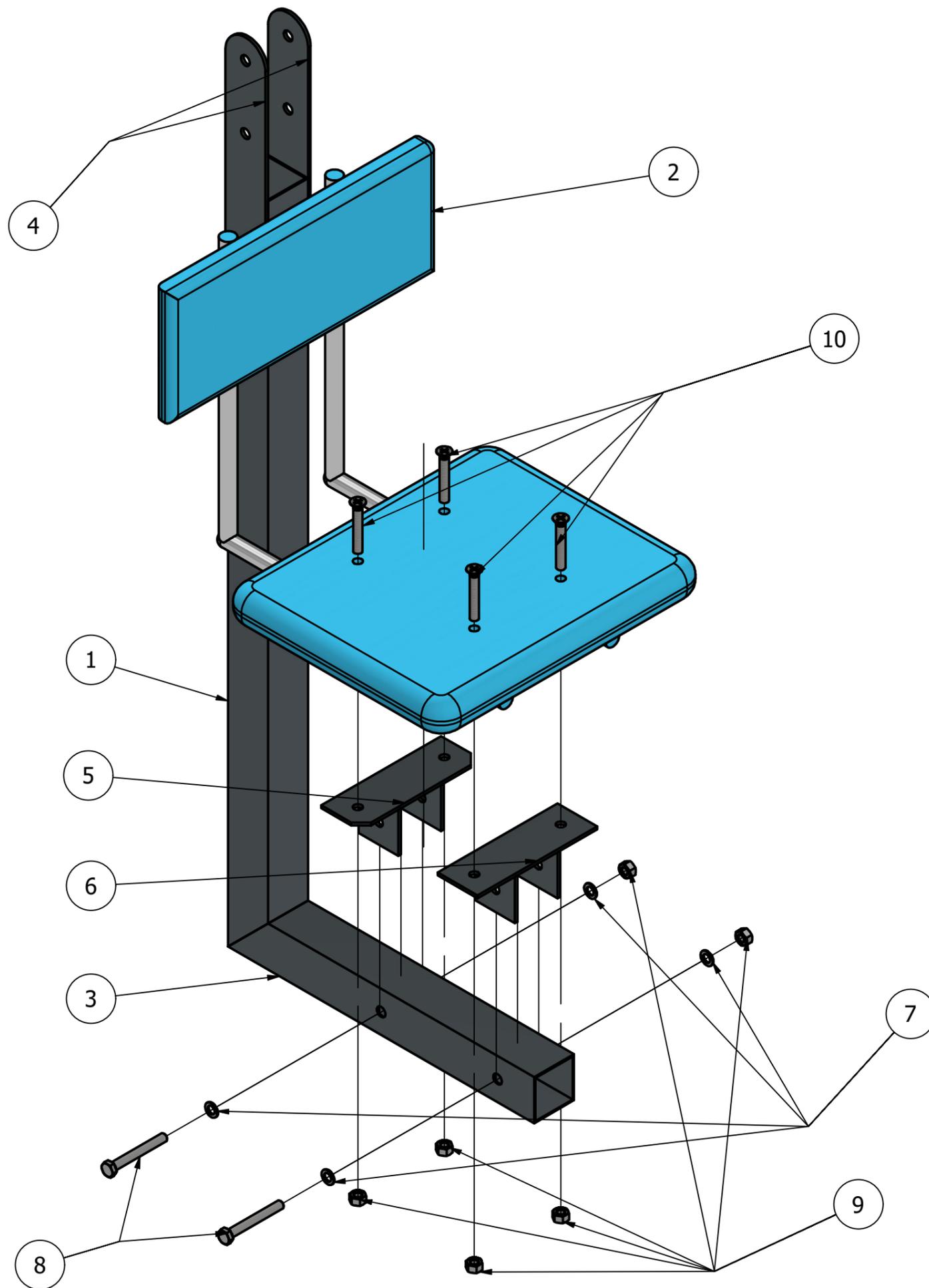


Notas

- Material especificado en cada plano de taller.
- Proceso de fabricación especificado en cada plano de taller.
- Soldadura especificado en cada plano de subensamble.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Ensamble Eje Soporte-Perfil GH con Engrane 1100 mm 60x60x2	
2	2	Placa de Union CEG	
3	1	Ensamble Placa de Tornillos para Media Luna Superior	
4	1	Ensamble Base de Caja	
5	1	Ensamble Base de Tornillo con Motor Nema	
6	3	Piezas Union Actuador	
7	1	Brazo	
8	1	Eje de seguridad	
9	16	AS 1237 - 10	Flat metal washers for general engineering purposes (metric series)
10	2	AS 1237 - 8	Flat metal washers for general engineering purposes (metric series)
11	5	AS 1237 - 6	Flat metal washers for general engineering purposes (metric series)
12	8	AS 1110 - M10 x 80	ISO metric hexagon precision bolts and screws
13	6	AS 1110 - M6 x 12	ISO metric hexagon precision bolts and screws
14	1	AS 1110 - M8 x 12	ISO metric hexagon precision bolts and screws
15	1	AS 1427 - M6 x 16	Pozidriv ISO metric machine screws
16	2	AS 1427 - M4 x 10	Pozidriv ISO metric machine screws
17	2	ANSI B18.2.4.2M - M4x0,7	Metric Hex Nuts Styles 2
18	8	ANSI B18.2.4.2M - M10x1,5	Metric Hex Nuts Styles 2
19	1	Ensamble Caja	
20	3	ANSI B18.8.1 - PIN. CLEVIS. 0,375 x 1,75	
21	1	Ensamble Perfil EF 980mm 60x60x2	
22	1	Perfil CD 1000mm 60x60x2	
23	1	Ensamble Actuador Electromecanico con Piston	
24	1	Ensamble de Componentes Extraibles Brazo-Perfiles para la Silla	

Tolerancia	Peso			
	35,1 kg			
Dibujado	Fecha	Nombre	Ensamble de Componentes Extraibles del Perfil GH-CD-EF-AB Silla	Escala
Revisado	6/12/2022	Luis A. Santana		1 : 5
Aprobado	6/12/2022	Alfredo Valarezo		
	14/12/2022	Alfredo Valarezo		
		Código	Trat. Superficial	Hoja
		ECEPGH-CD-EF007		2



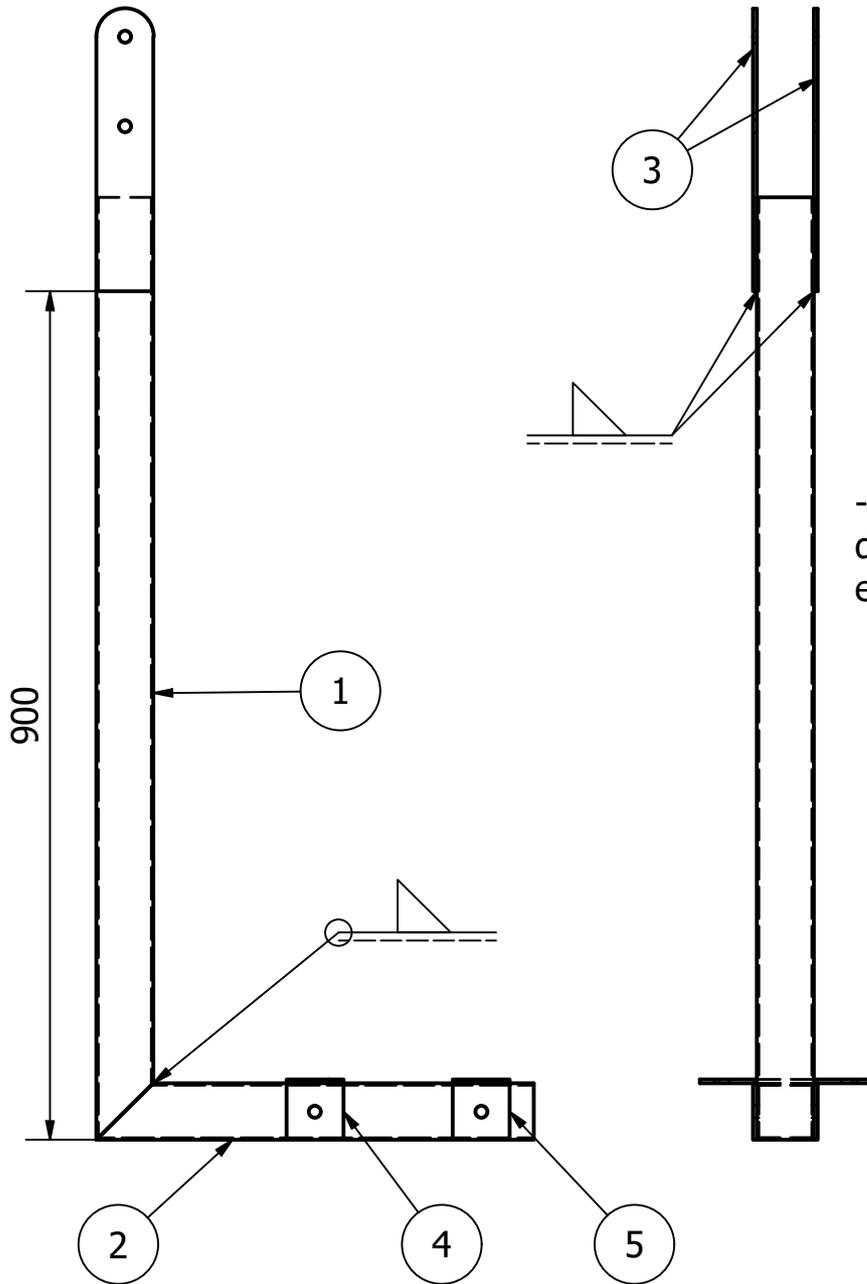
Notas

- Material especificado en cada plano de taller.
- Proceso de fabricación especificado en cada plano de taller.
- Soldadura especificado en cada plano de subensamble.
- Unión de piezas armadas especificado en cada plano de subensamble.

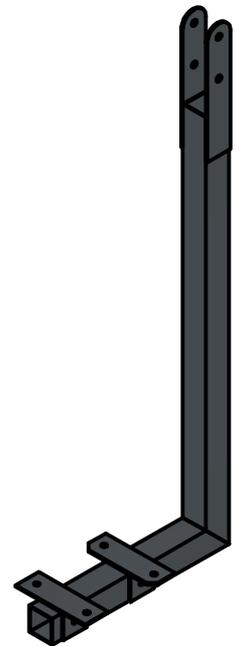
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Perfil AB 1000mm 60x60x2	
2	1	Silla	
3	1	Perfil A 460mm 60x60x2	
4	2	Union Brazo CD-EF	
5	1	Ensamble Soporte Silla 1	
6	1	Ensamble Soporte Silla 2	
7	4	AS 1237 - 10	Flat metal washers for general engineering purposes (metric series)
8	2	AS 1110 - M10 x 80	ISO metric hexagon precision bolts and screws
9	6	ANSI B18.2.4.2M - M10x1,5	Metric Hex Nuts Styles 2
10	4	AS 1427 - M10 x 65	Pozidriv ISO metric machine screws

Tolerancia		Peso 15,3 kg			
Fecha		Nombre			
Dibujado	6/11/2022	Luis A. Santana		Ensamble de Componentes Extraibles Brazo-Perfiles para la Silla	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
		Código EDCEB-PS001	Trat. Superficial		Hoja 3

Escala
1 : 5

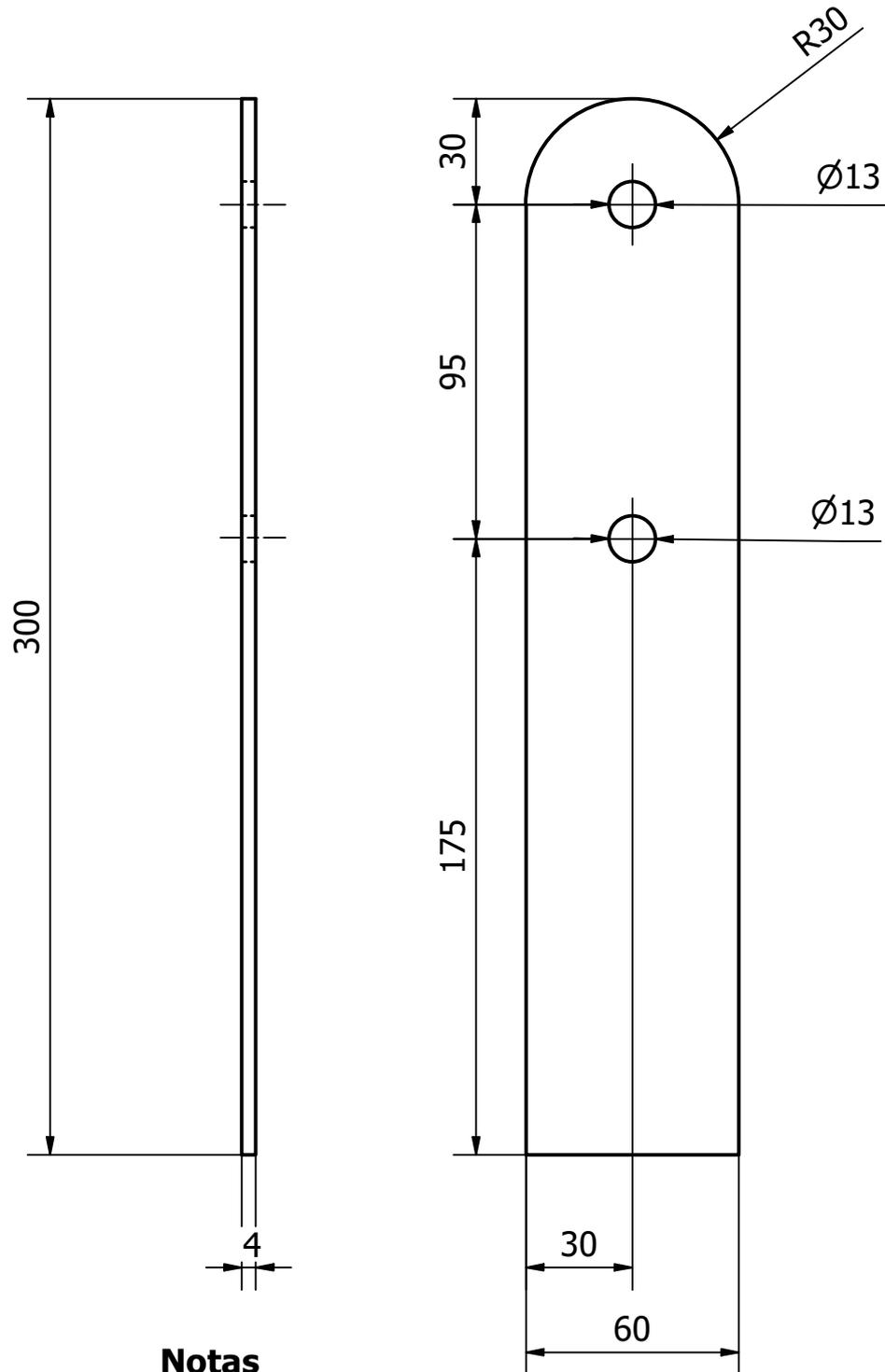


Notas
 -Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Perfil AB 1000mm 60x60x2	
2	1	Perfil A 460mm 60x60x2	
3	2	Union Brazo CD-EF	
4	1	Ensamble Soporte Silla 1	
5	1	Ensamble Soporte Silla 2	

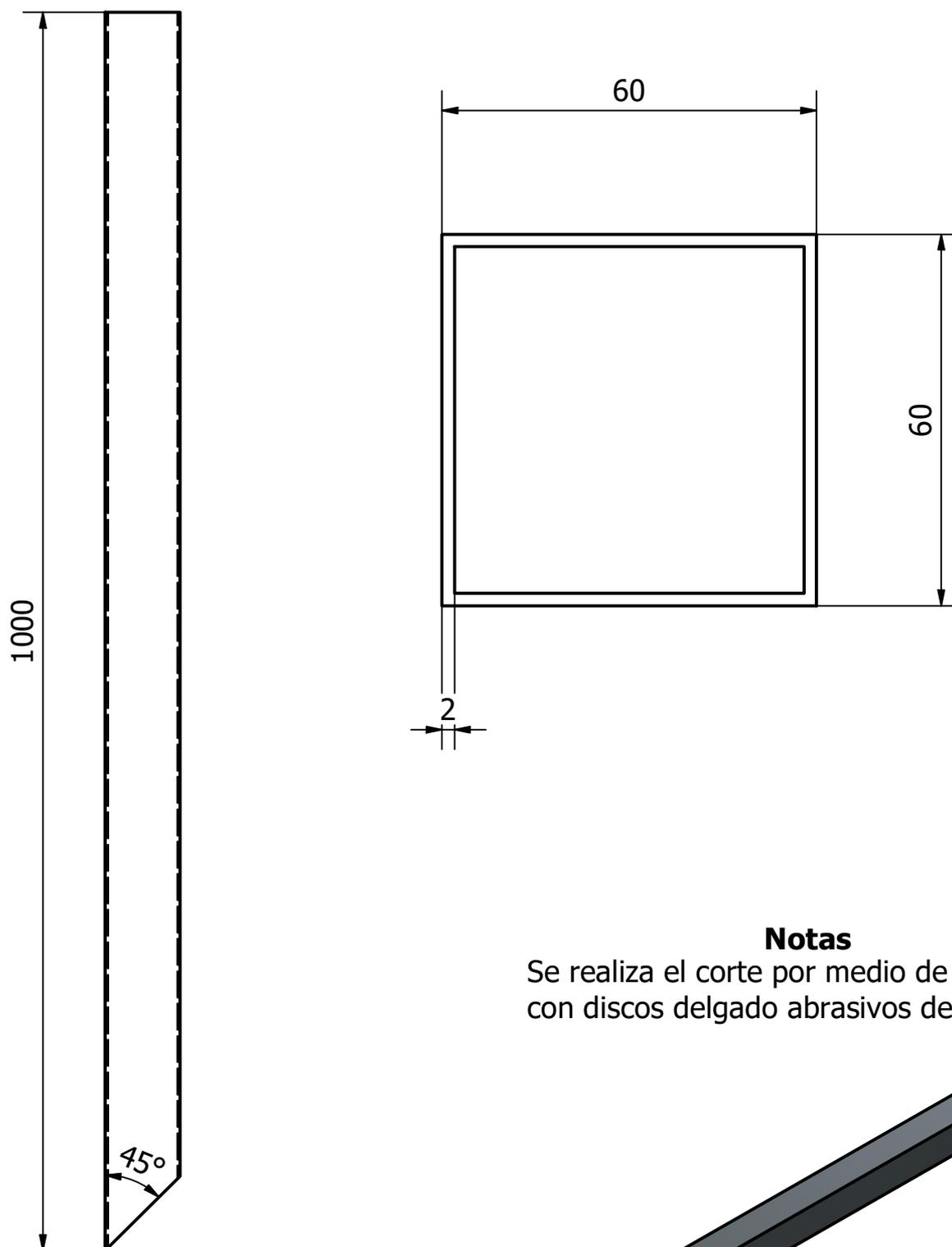
Tolerancia	Peso 7,1 kg		
Fecha	Nombre	Subensamble Brazo-Perfiles para la Silla	Escala
Dibujado	Luis A. Santana		1 : 8
Revisado	Alfredo Valarezo		
Aprobado	Alfredo Valarezo		
		Código EAB-PS003	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada
			Hoja 4



Notas

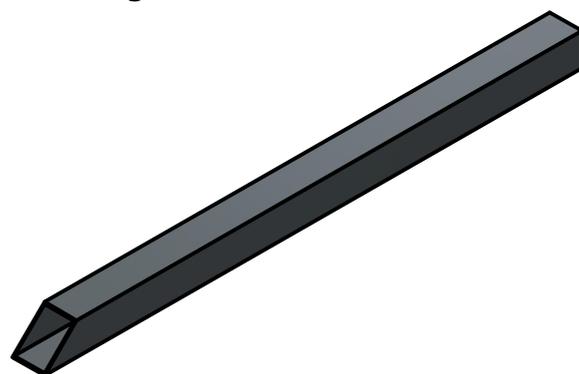
- Se realiza la forma de la pieza y agujeros por medio de corte laser
- Cantidad a fabricar: Dos piezas.

Tolerancia $\pm 0,5$		Peso 0,5 kg	Platina de 300X60x4mm de Hierro Forjado		
Fecha		Nombre		Escala	
Dibujado	9/11/2022	Luis A. Santana		1 :2	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código AUBCD-EF003	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 5

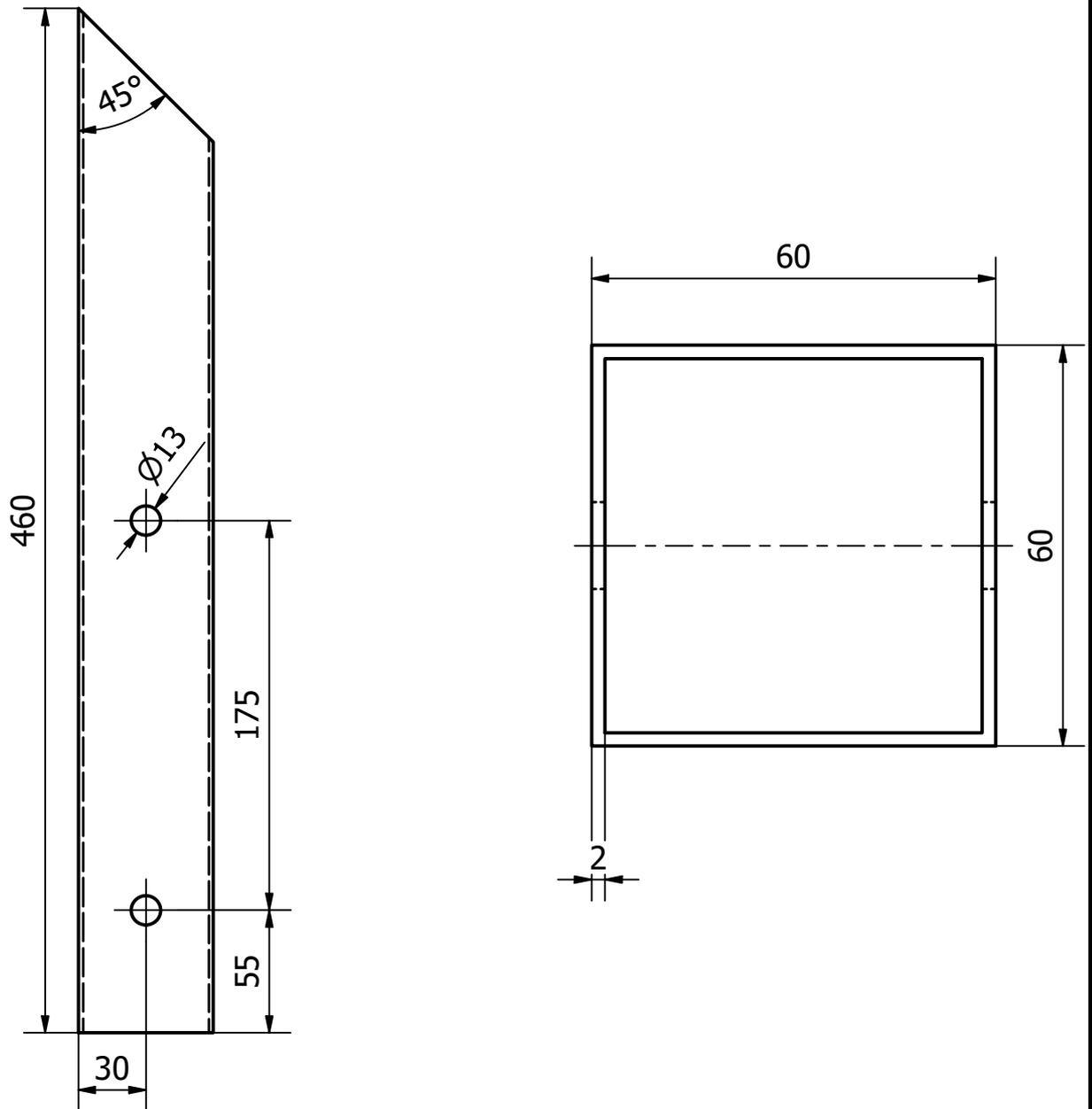


Notas

Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte.

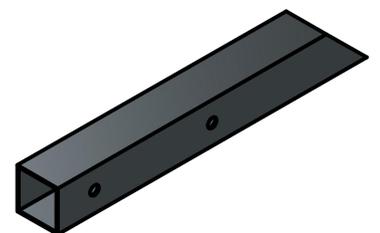


Tolerancia $\pm 0,5$		Peso 3,5 kg	Tubo Cuadrado de 60x60x2mm de Hierro Forjado		
	Fecha	Nombre	Perfil AB 1000mm 60x60x2	Escala	
Dibujado	9/11/2022	Luis A. Santana		1 : 5	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código APAB002	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 6



Notas

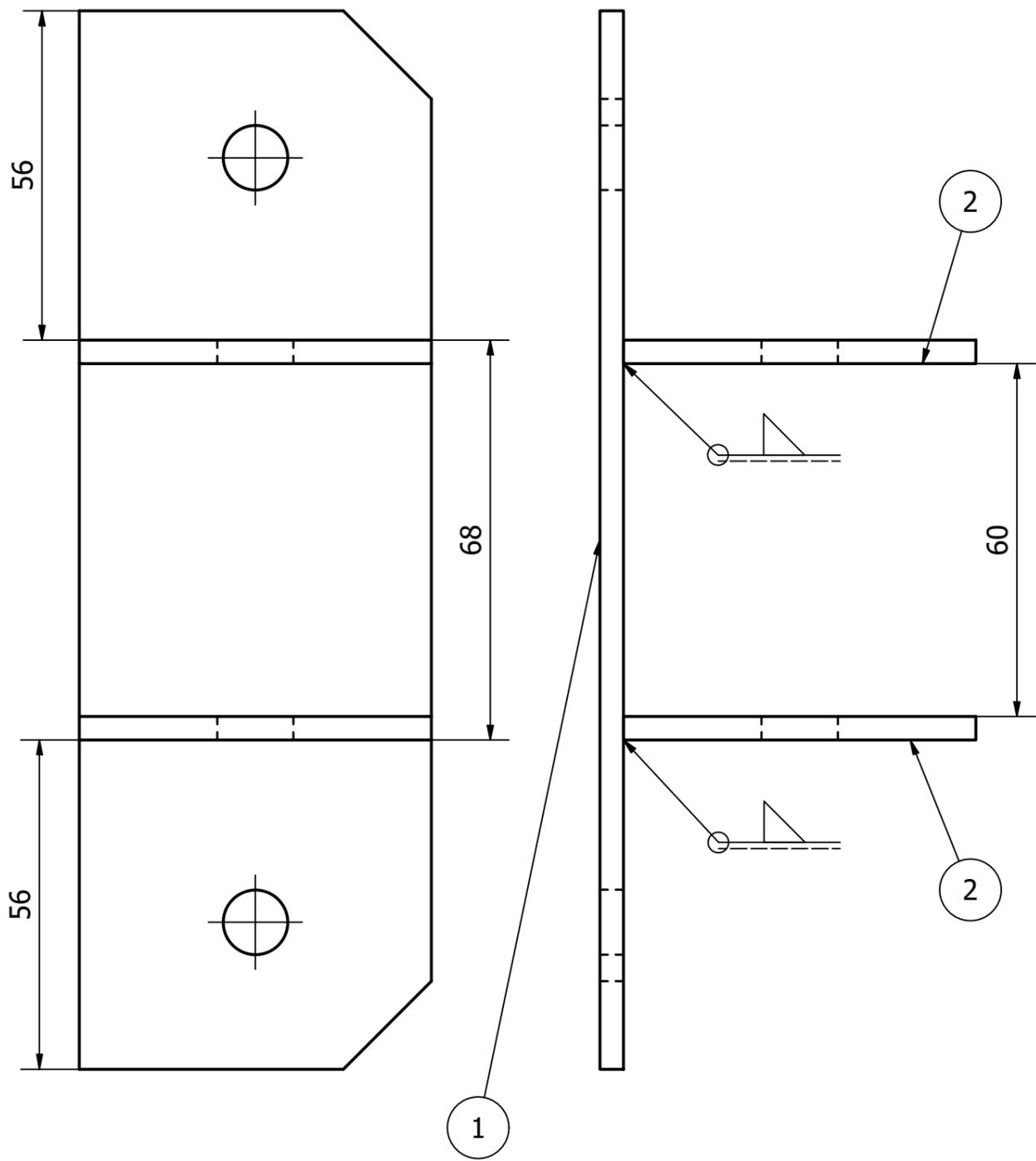
- Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte.
- Los agujeros son de tipo pasantes y se realizan por medio de fresadora.



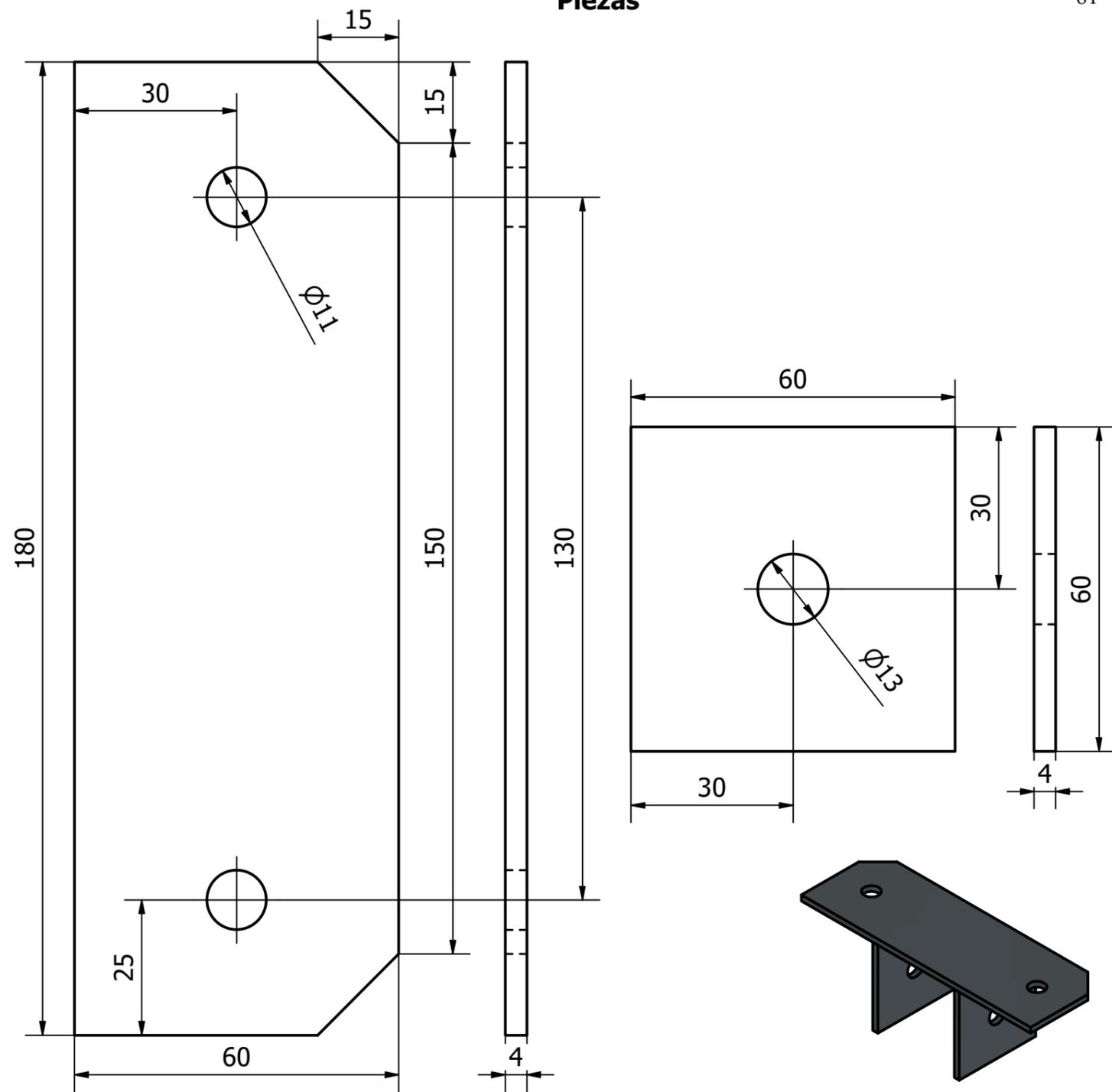
Tolerancia ± 0,5		Peso 1,5 kg	Tubo Cuadrado de 60x60x2mm de Hierro Forjado	
Fecha		Nombre		Escala
Dibujado	9/11/2022	Luis A. Santana		1 : 3
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo		
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo		
		Código	Trat. Superficial	Hoja
		APA001	Pintura Electroestática Texturizada	7



Ensamble de Piezas

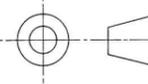


Piezas

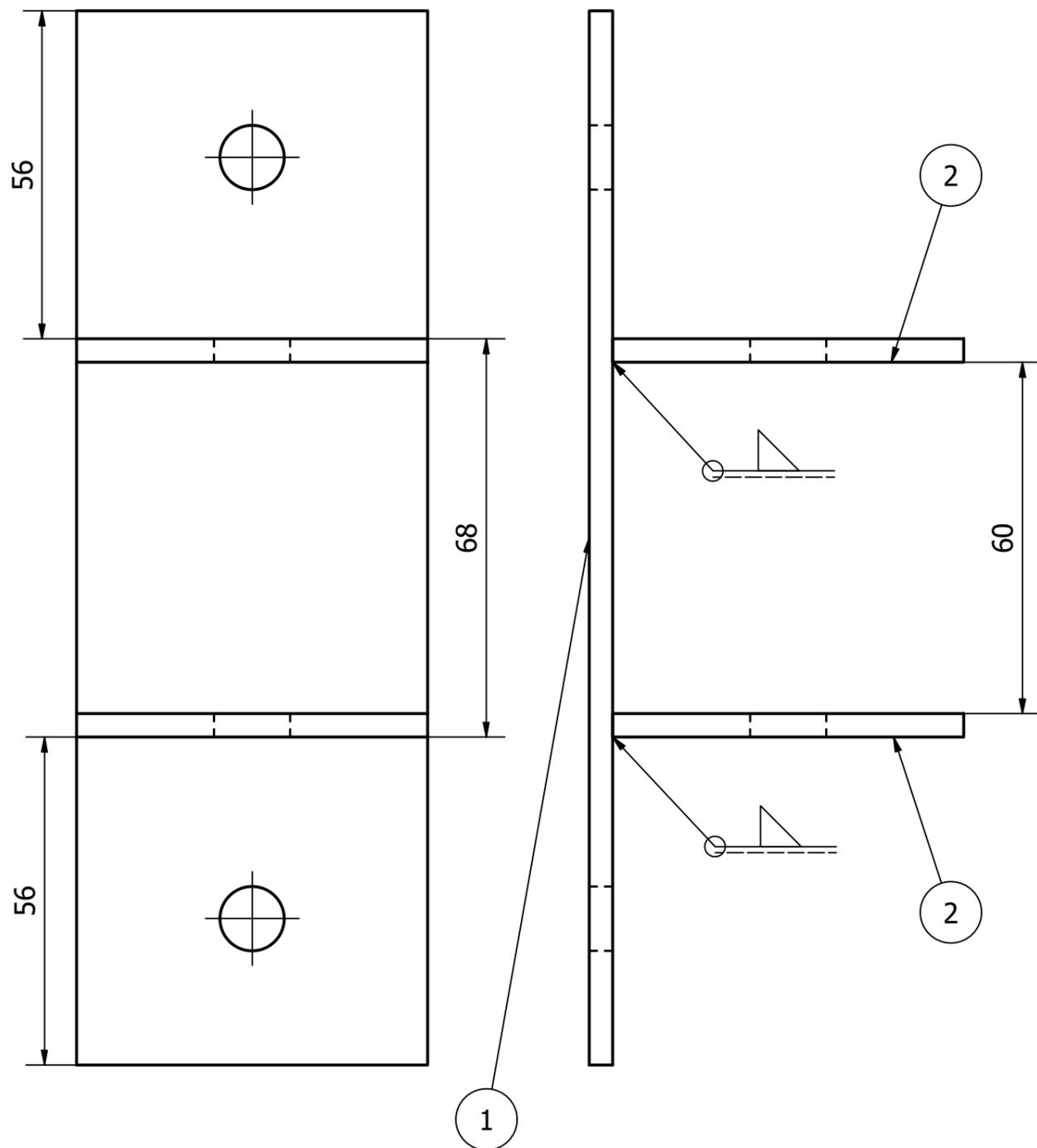


Notas

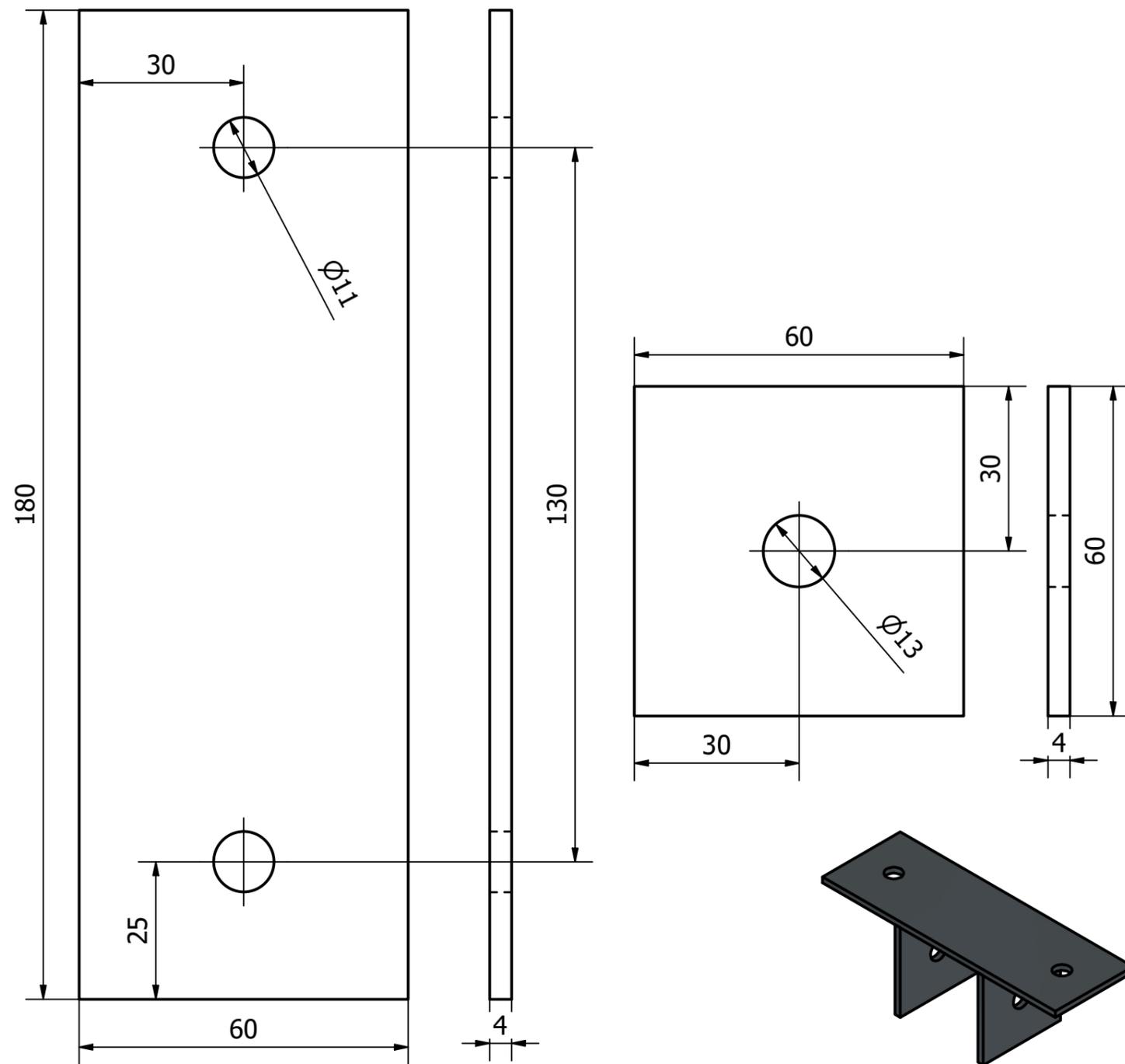
- Material de Soporte de Silla 1: Platina de 180X60x4 mm de Hierro Forjado.
- Material de Soporte Silla Laterales: Platina de 60X60x4 mm de Hierro Forjado.
- Se realiza la forma de las piezas y agujeros por medio de corte laser.
- Se necesitan fabricar dos piezas de "Soporte Silla Laterales".
- Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Soporte de Silla 1	
2	2	Soporte Silla Laterales	
Tolerancia	Peso	Platina de Hierro Forjado	
	0,5 kg		
	Fecha	Nombre	Subensamble Soporte Silla 1
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo	
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo	
		Código	Trat. Superficial
		EASS1001	Pintura Electrostatica Texturizada
			 Escala 1 : 1 Hoja 8

Ensamble de Piezas

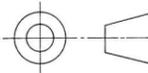


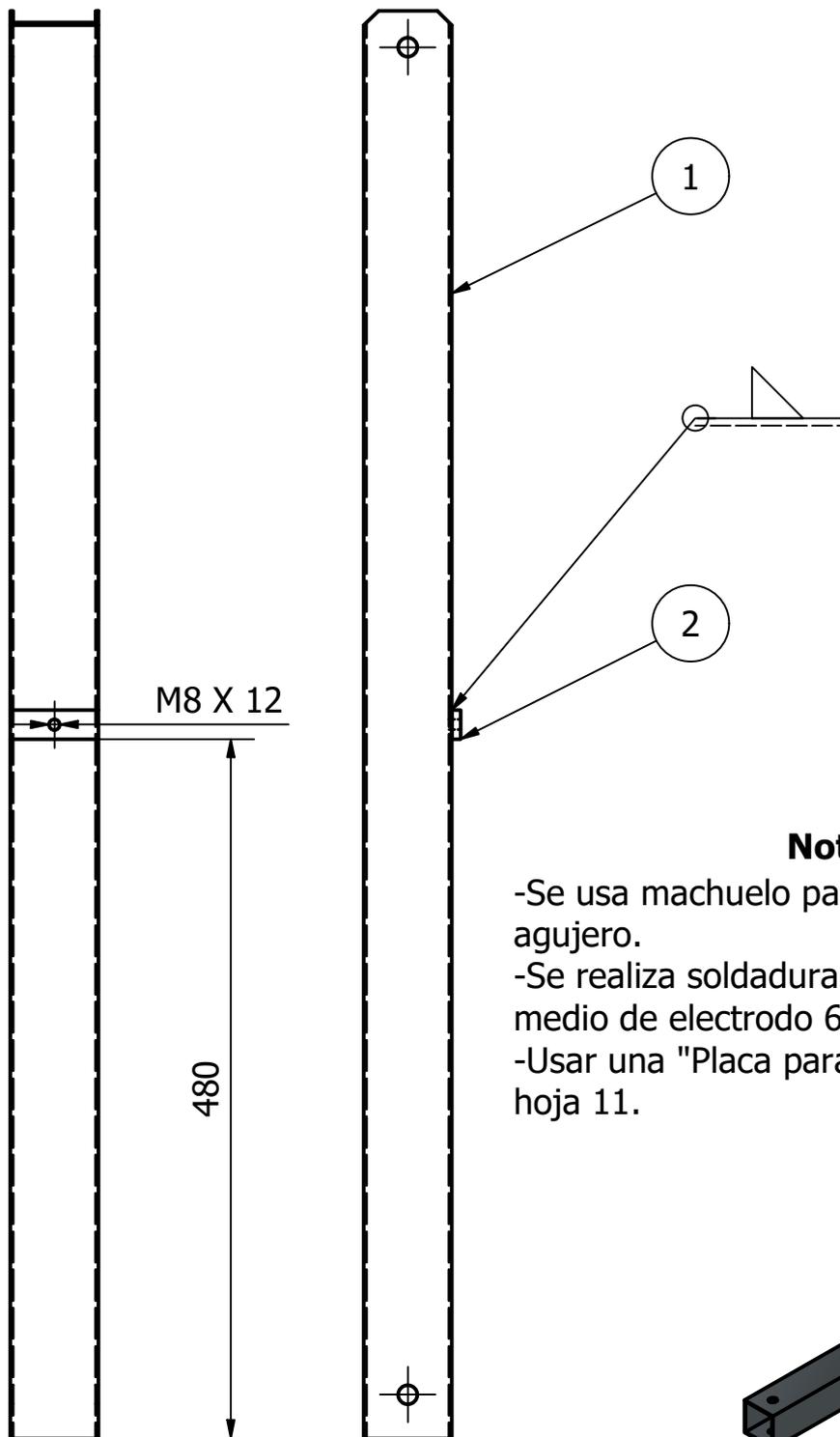
Piezas



Notas

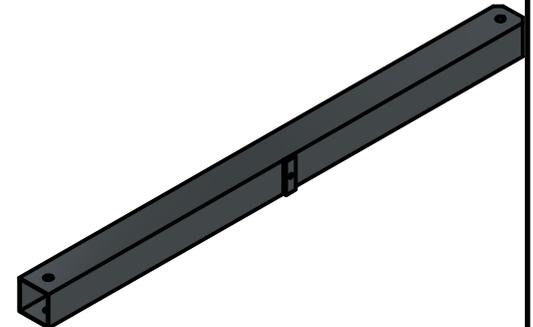
- Material de Soporte de Silla 2: Platina de 180X60x4 mm de Hierro Forjado.
- Material de Soporte Silla Laterales: Platina de 60X60x4 mm de Hierro Forjado.
- Se realiza la forma de las piezas y agujeros por medio de corte laser.
- Se necesitan fabricar dos piezas de "Soporte Silla Laterales".
- Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Soporte de Silla 2	
2	2	Soporte Silla Laterales	
Tolerancia	Peso	Platina de Hierro Forjado	
	0,5 kg		
	Fecha	Nombre	Subensamble Soporte Silla 2
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo	
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo	
		Código	Trat. Superficial
		EASS2002	Pintura Electrostatica Texturizada
			
			Escala
			1 : 1
			Hoja
			9



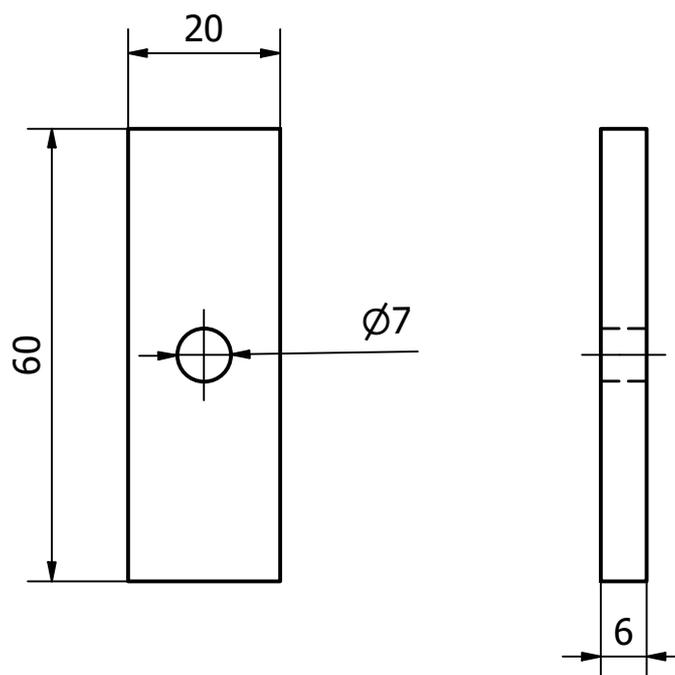
Notas

- Se usa machuelo para hacer la rosca en el agujero.
- Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.
- Usar una "Placa para Eslabones" del plano hoja 11.



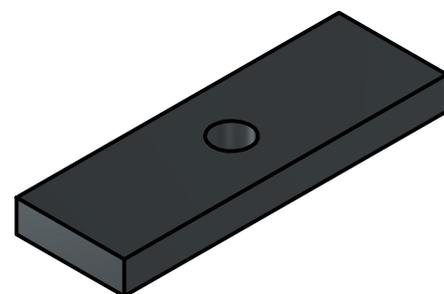
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Perfil EF 1000mm 60x60x2	
2	1	Placa para Eslabones	

Tolerancia	Peso 3,5 kg		
Fecha	Nombre	Subensamble Perfil EF 980mm 60x60x2	Escala
Dibujado 6/12/2022	Luis A. Santana		1 : 5
Revisado 6/12/2022	Alfredo Valarezo		
Aprobado 14/12/2022	Alfredo Valarezo		
		Código EBPEF001	Trat. Superficial Pintura Electrostatica Texturizada
			Hoja 10



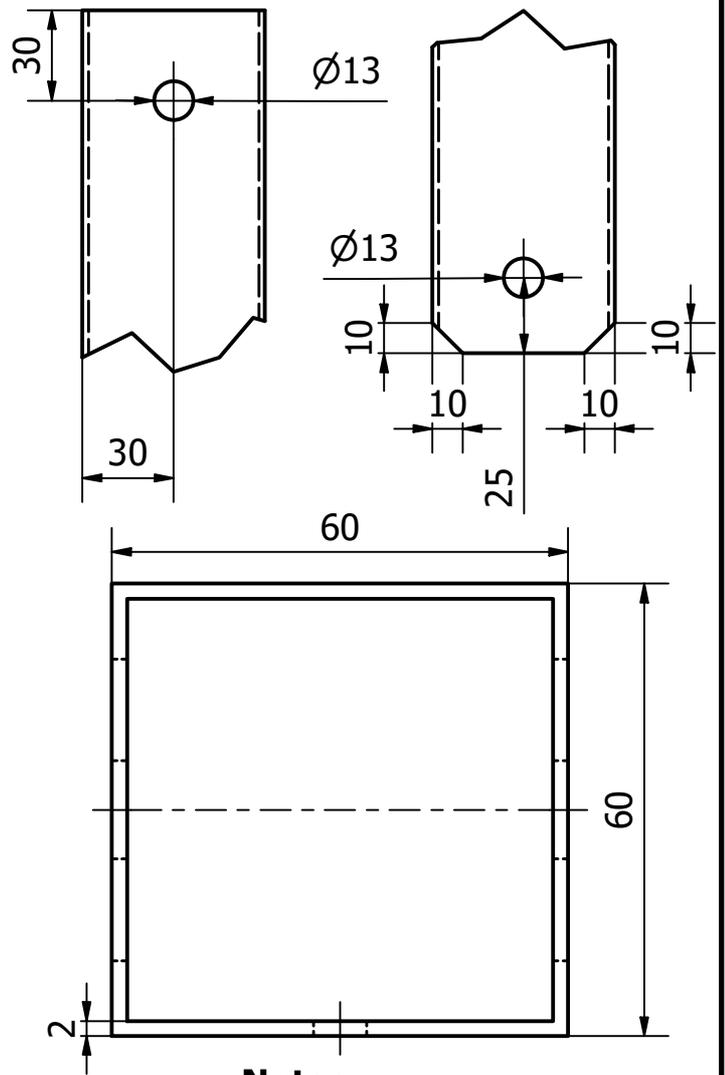
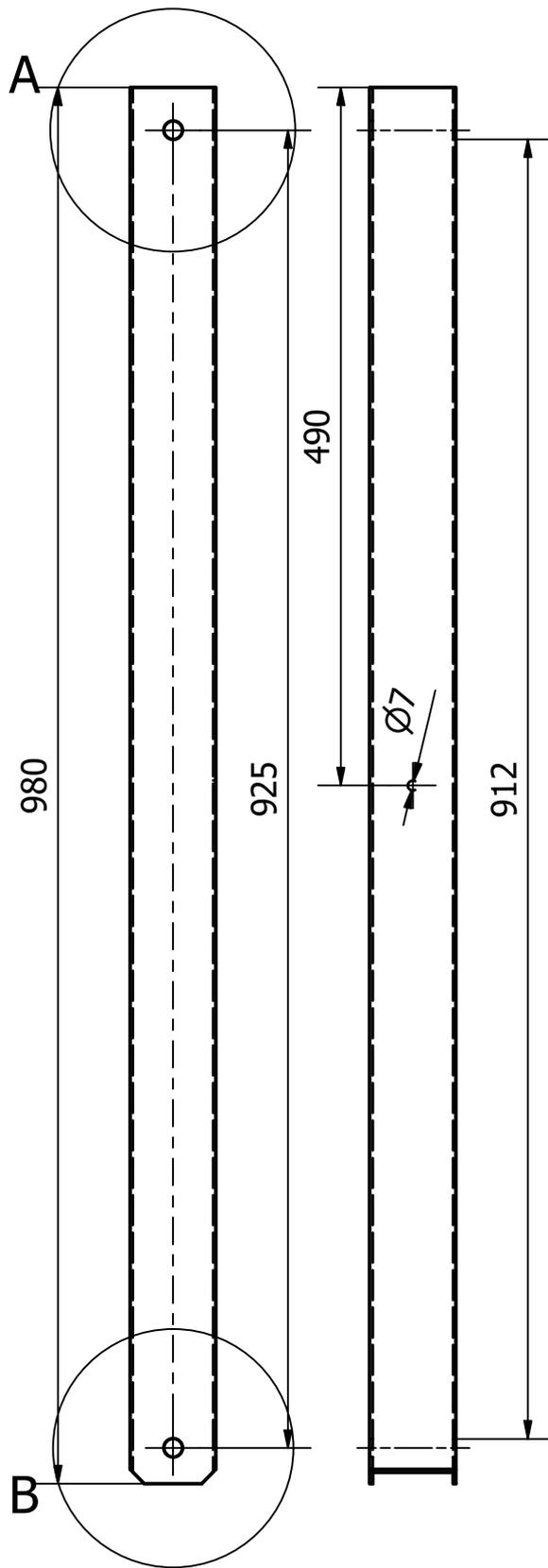
Notas

- Se realiza la forma de la pieza y agujeros por medio de corte laser
- Se necesitan fabricar tres de estas piezas.
- *Plano Hoja 10 (Uno)
- *Plano Hoja 16 (Dos)



Tolerancia $\pm 0,5$		Peso 0,1 kg	Platina 60X20x6mm de Hierro Forjado		
	Fecha	Nombre	Placa para Eslabones		Escala
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana			1 : 1
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código PE0008	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 11

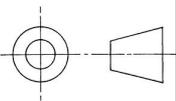
A (0,40 : 1) B (0,40 : 1) §



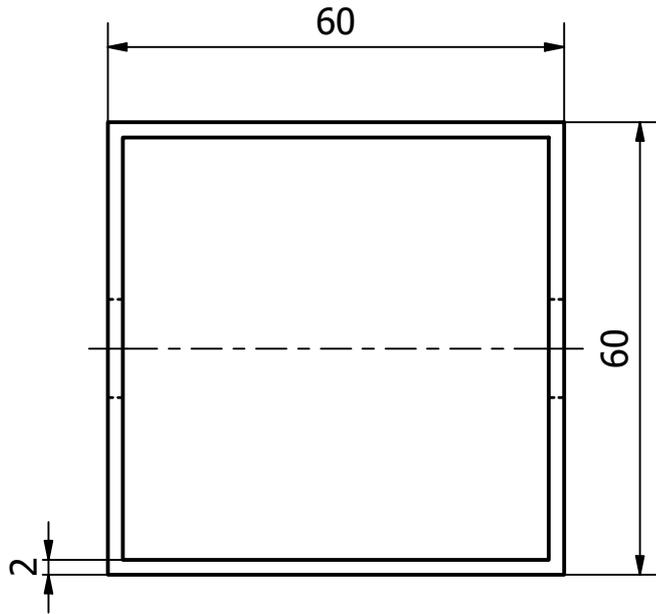
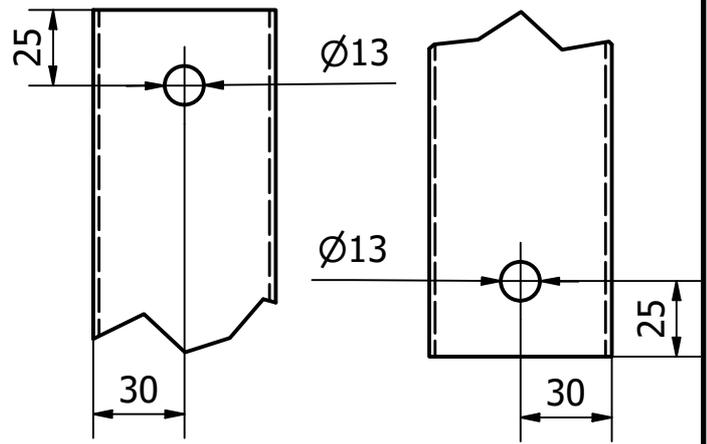
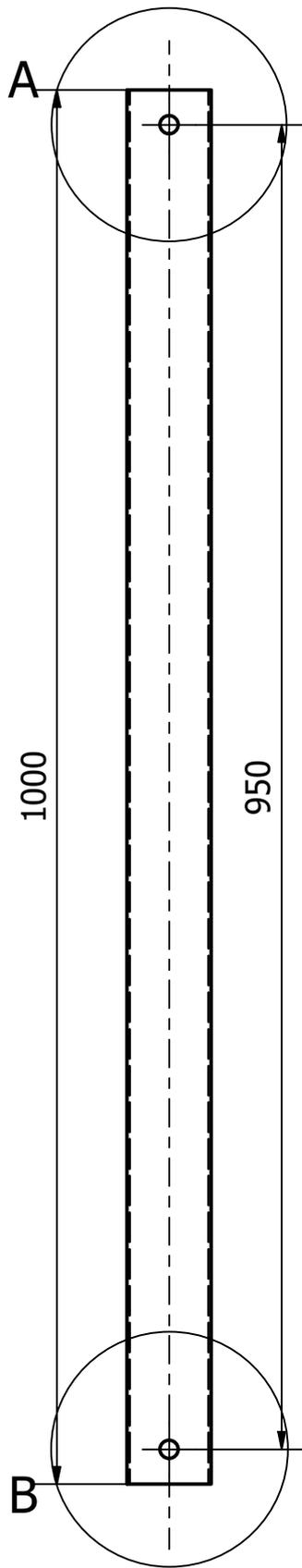
Notas

- Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte.
- Los agujeros de $\varnothing 13$ son de tipo pasantes.
- El agujero de $\varnothing 7$ no es pasante.
- Los agujeros se realizan por medio de fresadora.



Tolerancia $\pm 1,0$		Peso 3,5 kg	Tubo Cuadrado de 60x60x2mm de Hierro Forjado	
Fecha		Nombre	Perfil EF 980mm 60x60x2	Escala
Dibujado	9/11/2022	Luis A. Santana		1 : 5
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo		
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo		
		Código BPEF002	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 12

A (0,40 : 1) B (0,40 : 186)

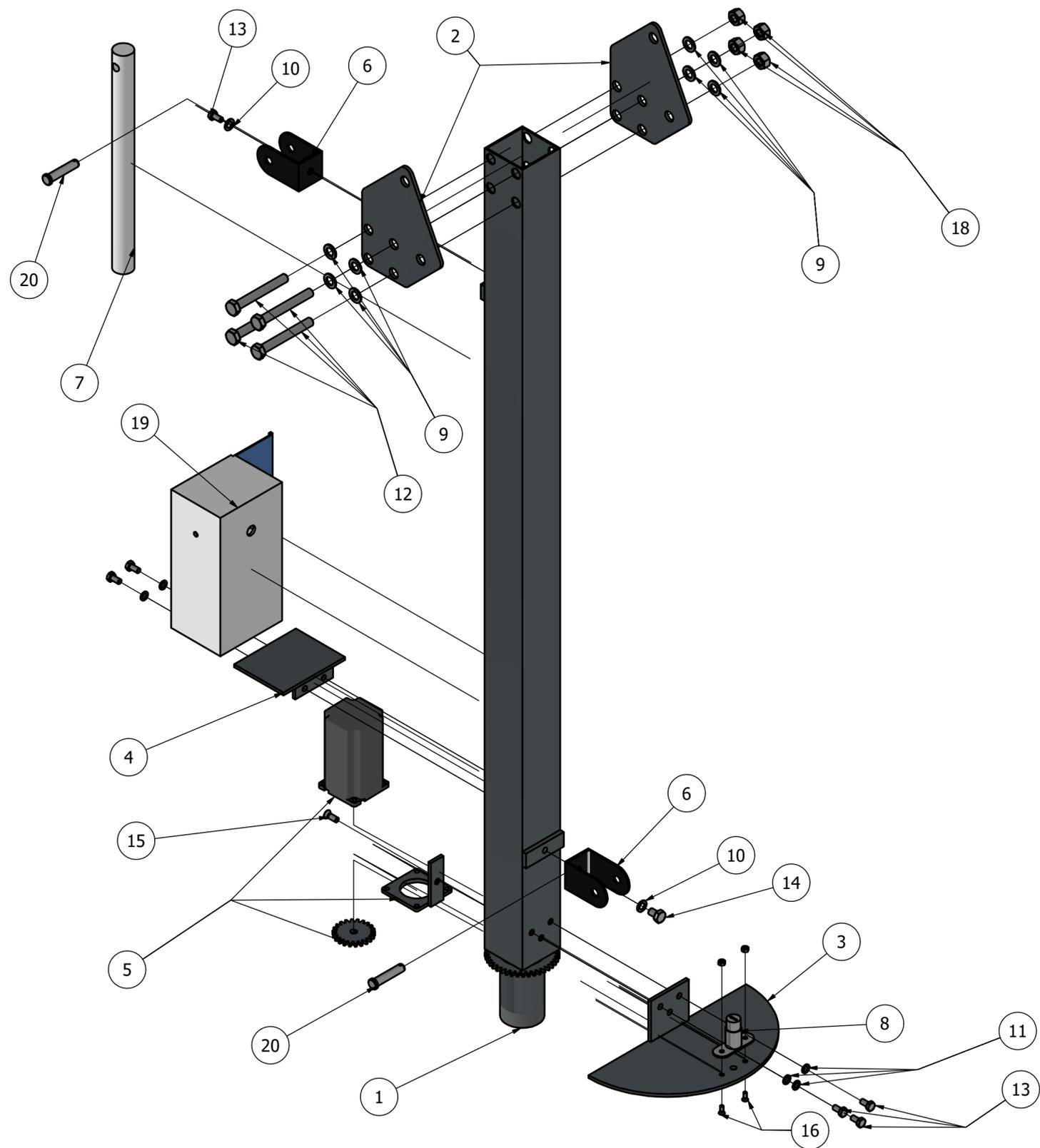


Notas

- Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte.
- Los agujeros son de tipo pasantes y se realizan por medio de fresadora.



Tolerancia ± 1,0		Peso 3,6 kg	Tubo Cuadrado de 60x60x2mm de Hierro Forjado		
	Fecha	Nombre	Perfil CD 1000mm 60x60x2	Escala	
Dibujado	9/11/2022	Luis A. Santana		1 : 5	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código BPCD001	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 13



Notas

- Material especificado en cada plano de taller.
- Proceso de fabricación especificado en cada plano de taller.
- Soldadura especificado en cada plano de subensamble.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Ensamble Eje Soporte-Perfil GH con Engrane 1100 mm 60x60x2	
2	2	Placa de Union CEG	
3	1	Ensamble Placa de Tornillos para Media Luna Superior	
4	1	Ensamble Base de Caja	
5	1	Ensamble Base de Tornillo con Motor Nema	
6	2	Piezas Union Actuador	
7	1	Brazo	
8	1	Eje de seguridad	
9	8	AS 1237 - 10	Flat metal washers for general engineering purposes (metric series)
10	2	AS 1237 - 8	Flat metal washers for general engineering purposes (metric series)
11	5	AS 1237 - 6	Flat metal washers for general engineering purposes (metric series)
12	4	AS 1110 - M10 x 80	ISO metric hexagon precision bolts and screws
13	6	AS 1110 - M6 x 12	ISO metric hexagon precision bolts and screws
14	1	AS 1110 - M8 x 12	ISO metric hexagon precision bolts and screws
15	1	AS 1427 - M6 x 16	Pozidriv ISO metric machine screws
16	2	AS 1427 - M4 x 10	Pozidriv ISO metric machine screws
17	2	ANSI B18.2.4.2M - M4x0,7	Metric Hex Nuts Styles 2
18	4	ANSI B18.2.4.2M - M10x1,5	Metric Hex Nuts Styles 2
19	1	Ensamble Caja	
20	2	ANSI B18.8.1 - PIN. CLEVIS. 0,375 x 1,75	
Tolerancia		Peso 11,0 kg	
Dibujado	Fecha	Nombre	Ensamble de Componentes Extraibles del Perfil GH
Revisado	6/12/2022	Luis A. Santana	
Aprobado	6/12/2022	Alfredo Valarezo	
	14/12/2022	Alfredo Valarezo	
		Código ECECPGH001	Trat. Superficial
			Hoja 14



Escala
1 : 4

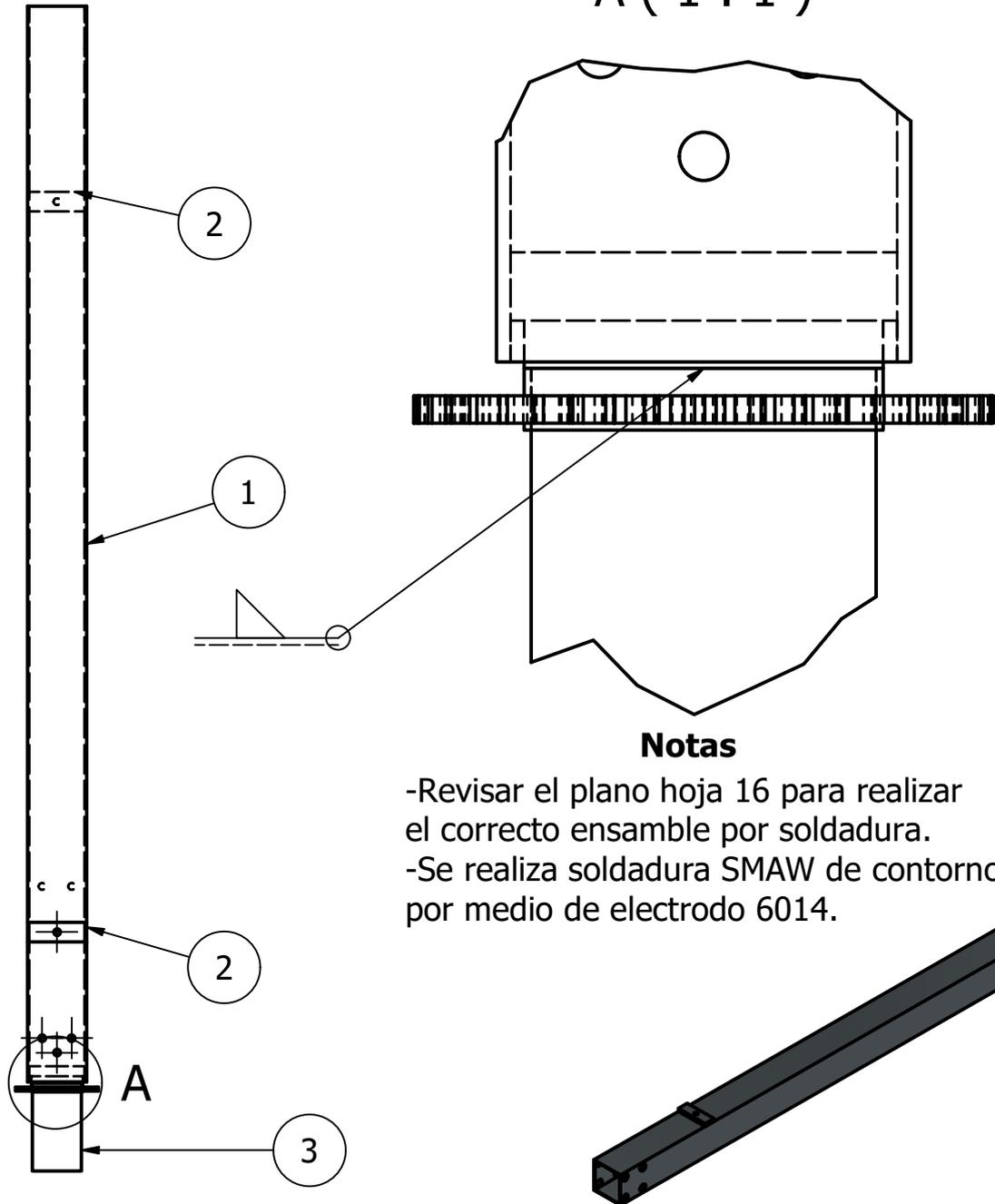


Código
ECECPGH001

Trat. Superficial

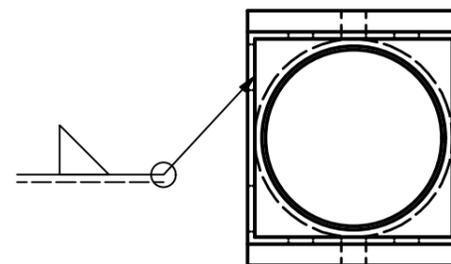
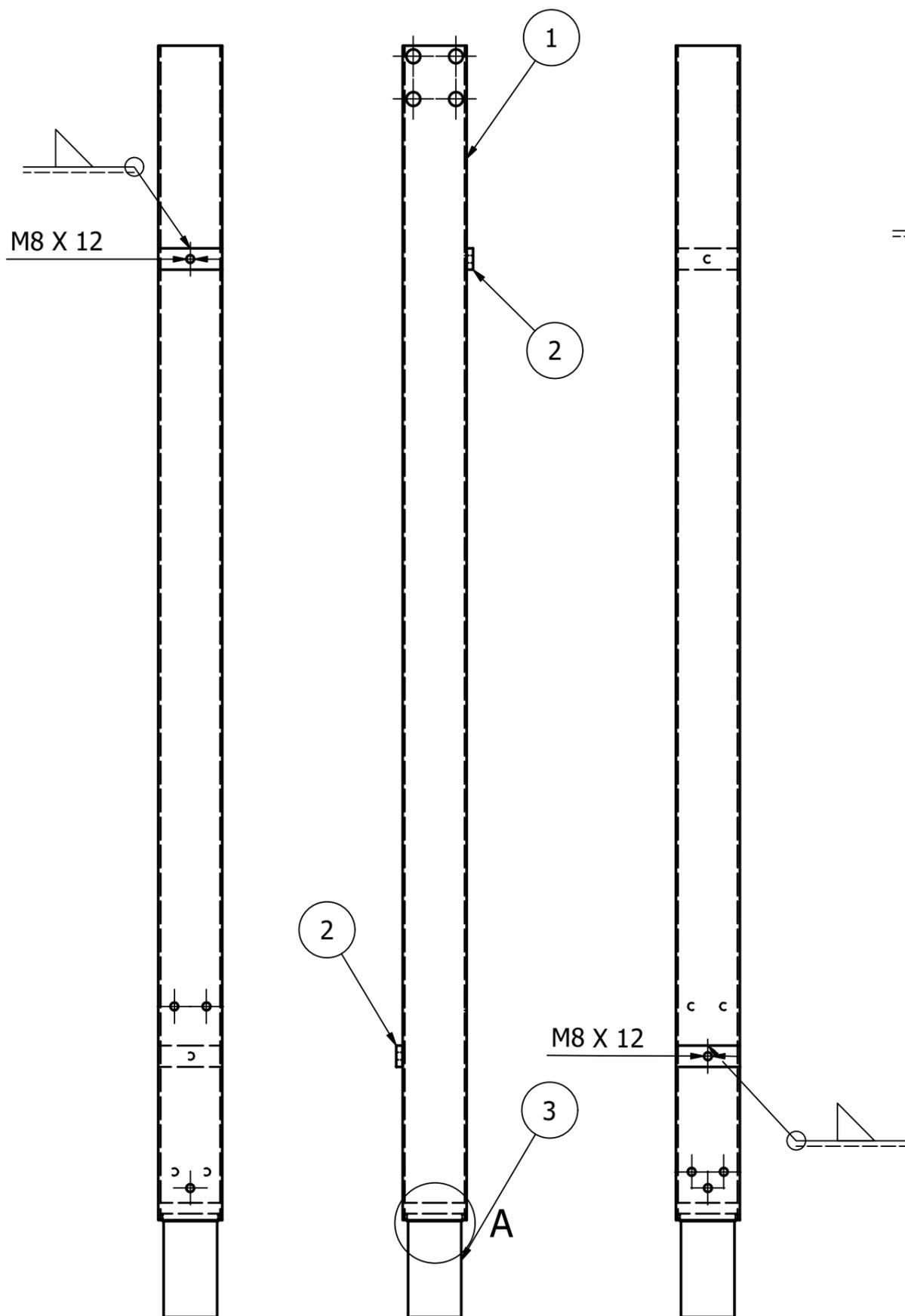
Hoja
14

A (1 : 1)

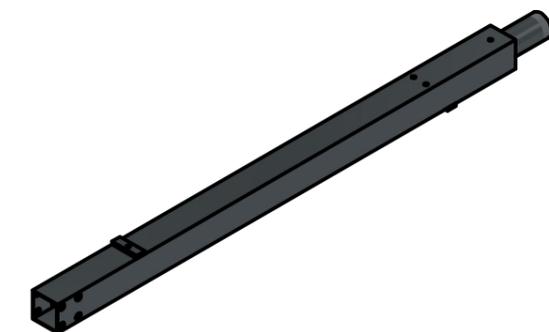
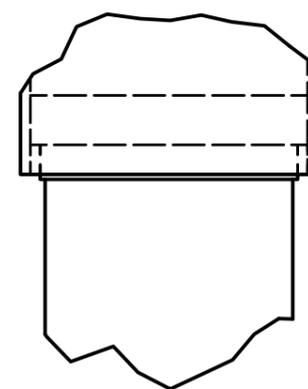


PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Perfil GH 1200mm 60x60x2	
2	2	Placa para Eslabones	
3	1	Ensamble de Soporte para Perfil GH con Engrane	

Tolerancia		Peso 5,8 kg		
Fecha	Nombre		Subensamble Eje Soporte-Perfil GH 1100 mm 60x60x2	
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana	Escala 1 : 7	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo		
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo		
		Código ECES-PGHE002	Trat. Superficial	Hoja 15



A (0,70 : 1)

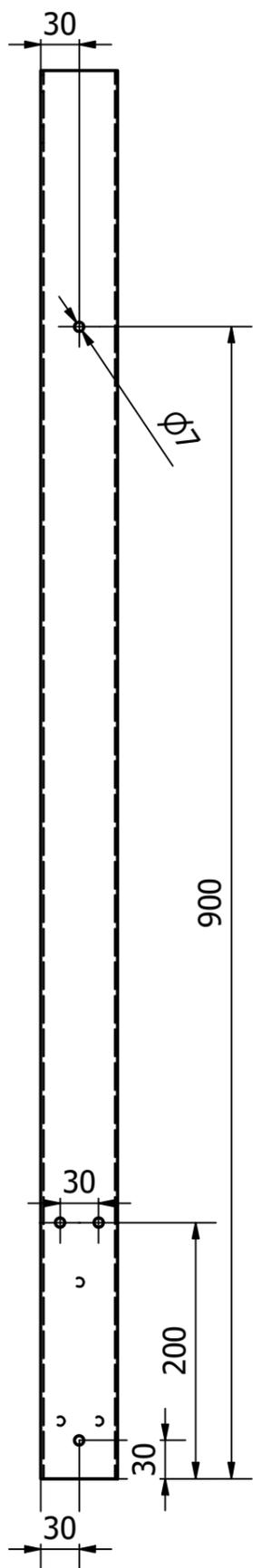


Notas

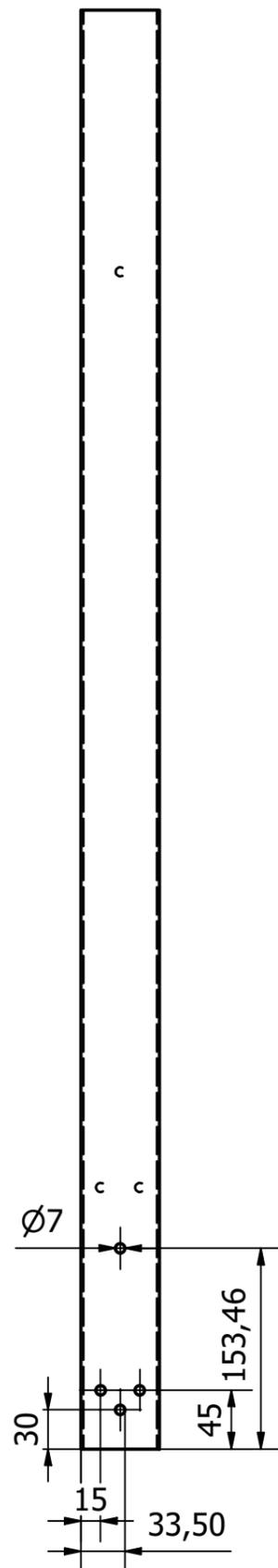
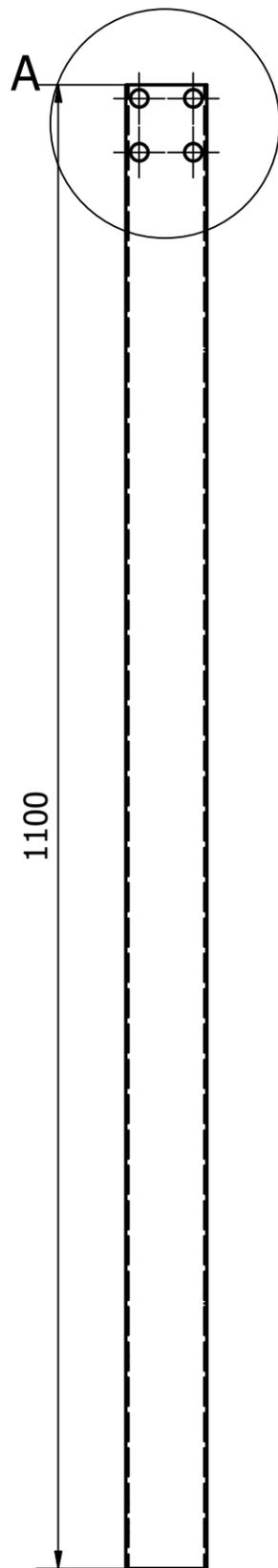
- Primero soldar el "Subensamble de soporte para perfil GH" hoja 18. Luego revisar plano hoja 15.
- Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.
- Se usa machuelo para hacer la rosca en el agujero de Ø8.
- Usar dos "Placa para Eslabones" del plano hoja 11.

PARTS LIST				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	
1	1	Perfil GH 1200mm 60x60x2		
2	2	Placa para Eslabones		
3	1	Subensamble de Soporte para Perfil GH		
Tolerancia		Peso 5,7 kg		
Fecha		Nombre		
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana	Subensamble Eje Soporte-Perfil GH 1100 mm 60x60x2	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo		
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo		
		Código ECES-PGH001	Trat. Superficial	
			Hoja 16	

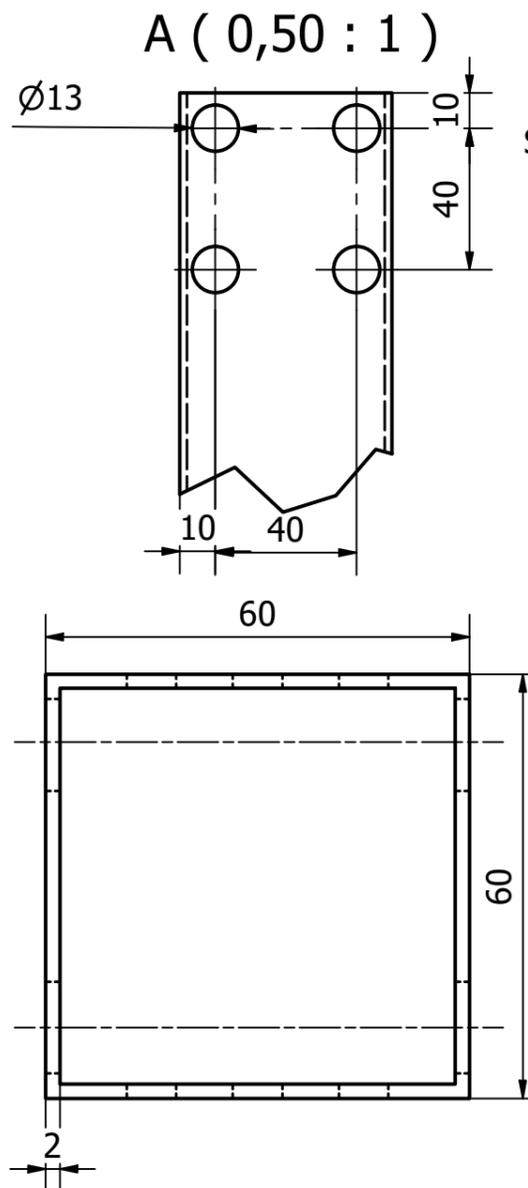
Escala
1 : 5



Se realizan cuatro agujeros de Ø7.



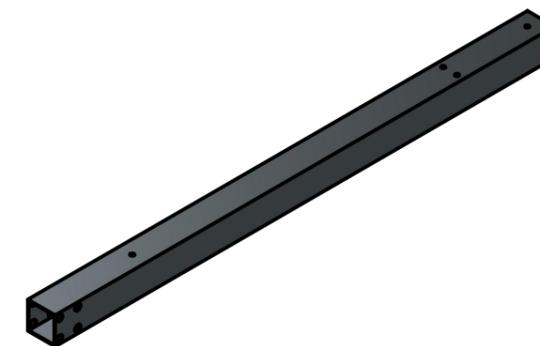
Se realizan cuatro agujeros de Ø7.



Se realizan cuatro agujeros de Ø13.

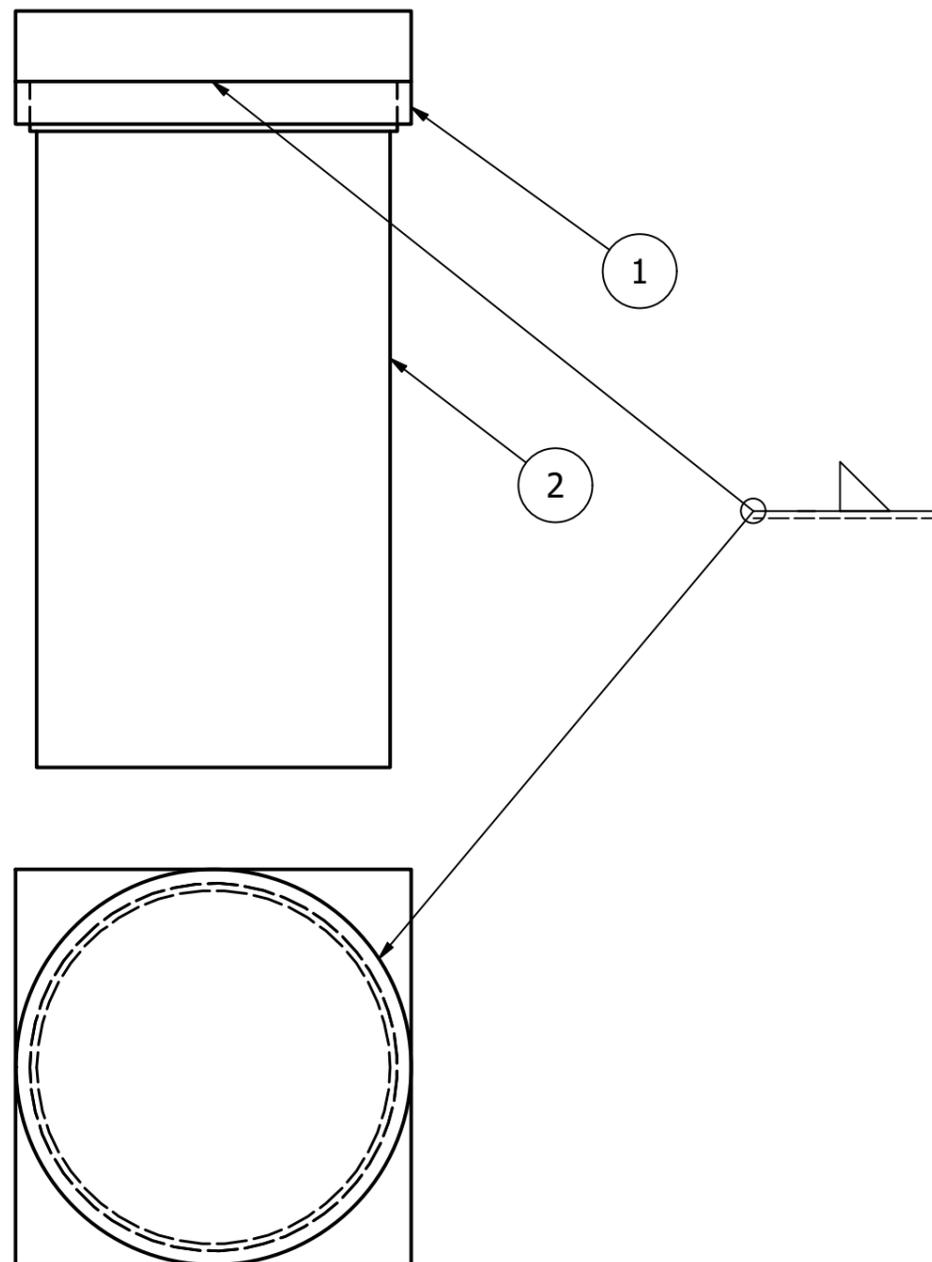
Notas

- Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte.
- Los agujeros de Ø13 son de tipo pasantes.
- Los agujeros de Ø7 no son pasantes.
- Los agujeros se realizan por medio de fresadora.

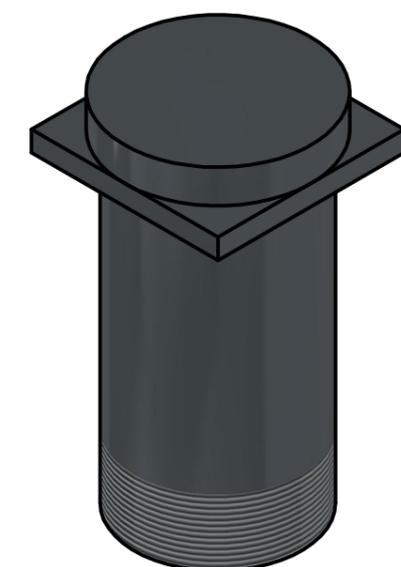
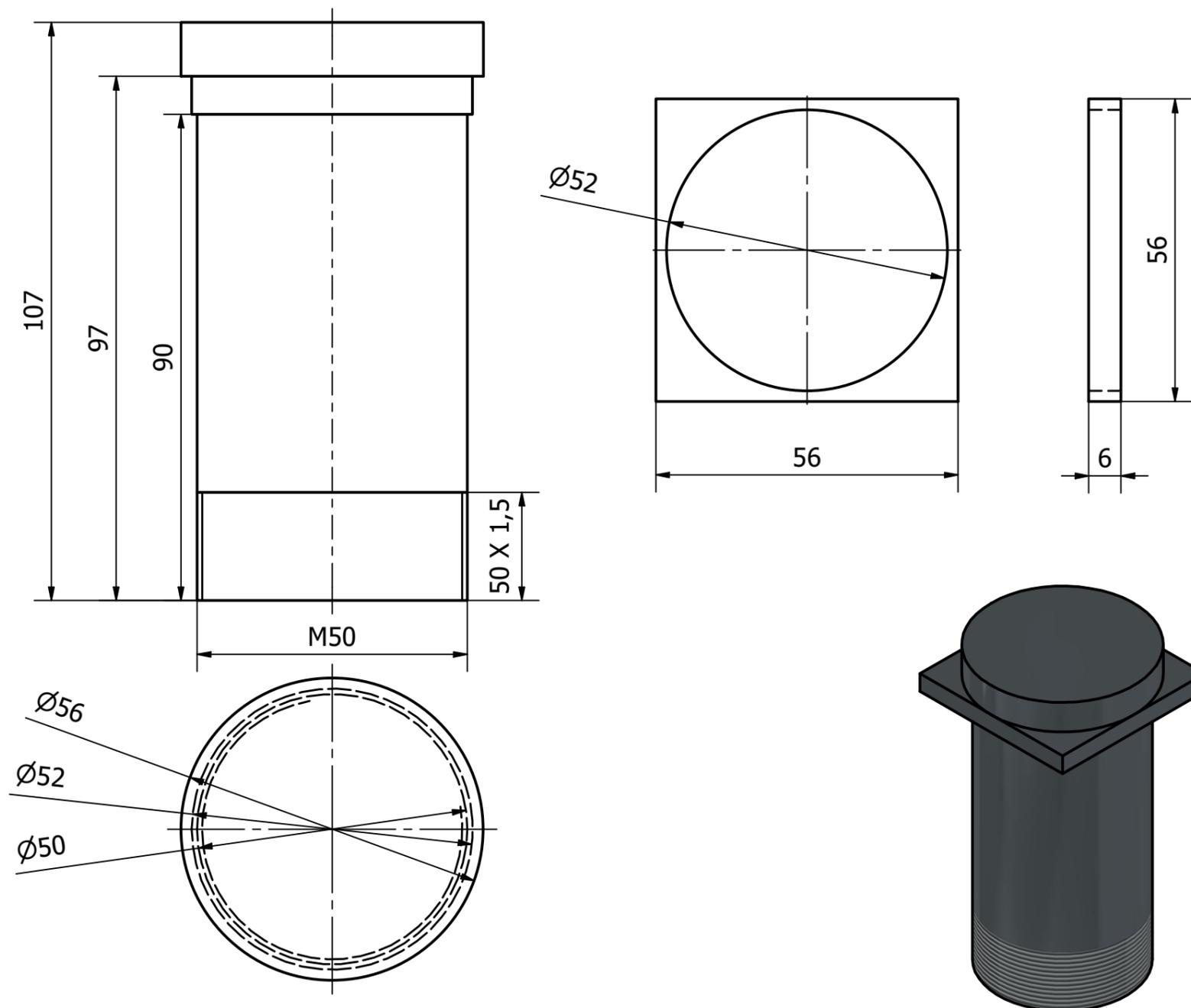


Tolerancia ± 1,0	Peso 3,9 kg	Tubo Cuadrado de 60x60x2mm de Hierro Forjado	
Dibujado 6/11/2022 Luis A. Santana	Fecha 6/11/2022	Perfil GH 1100mm 60x60x2	Escala 1 : 5
Revisado 6/12/2022 Alfredo Valarezo	Nombre Alfredo Valarezo		
Aprobado 14/12/2022 Alfredo Valarezo			
		Código CPGH002	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada
			Hoja 17

Ensamble de Piezas

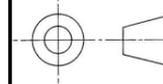


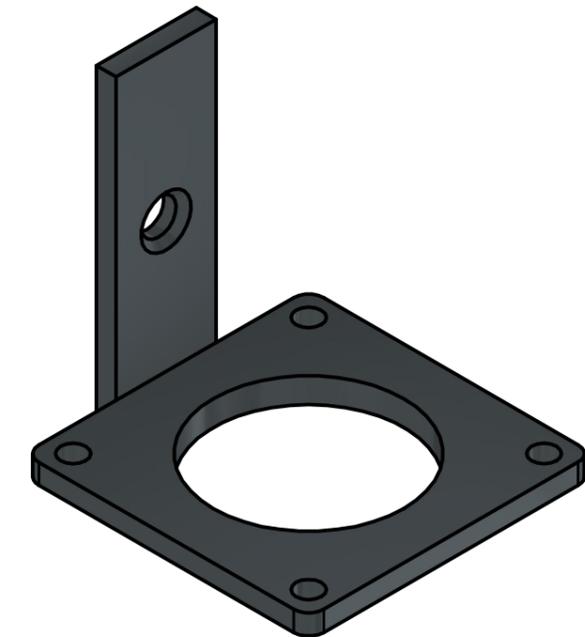
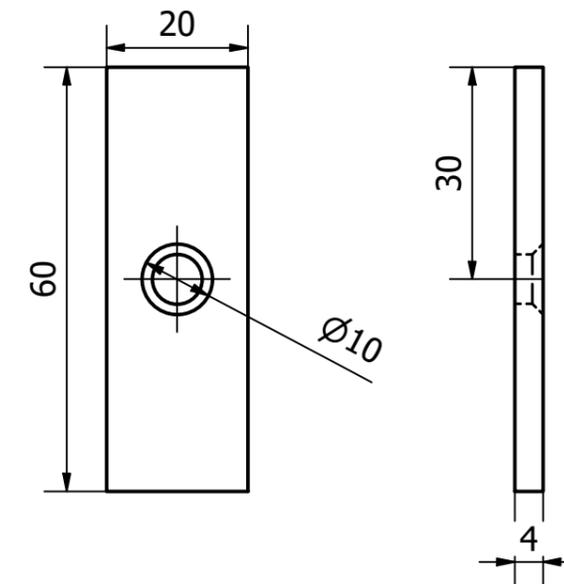
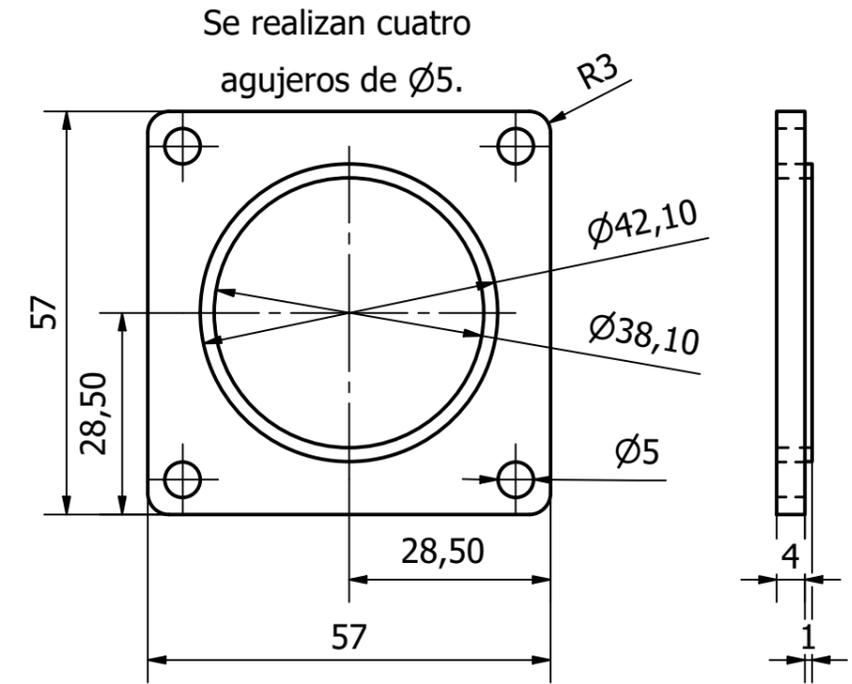
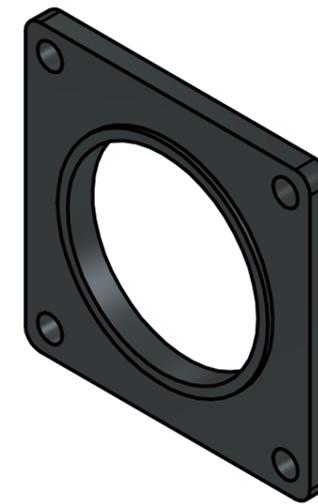
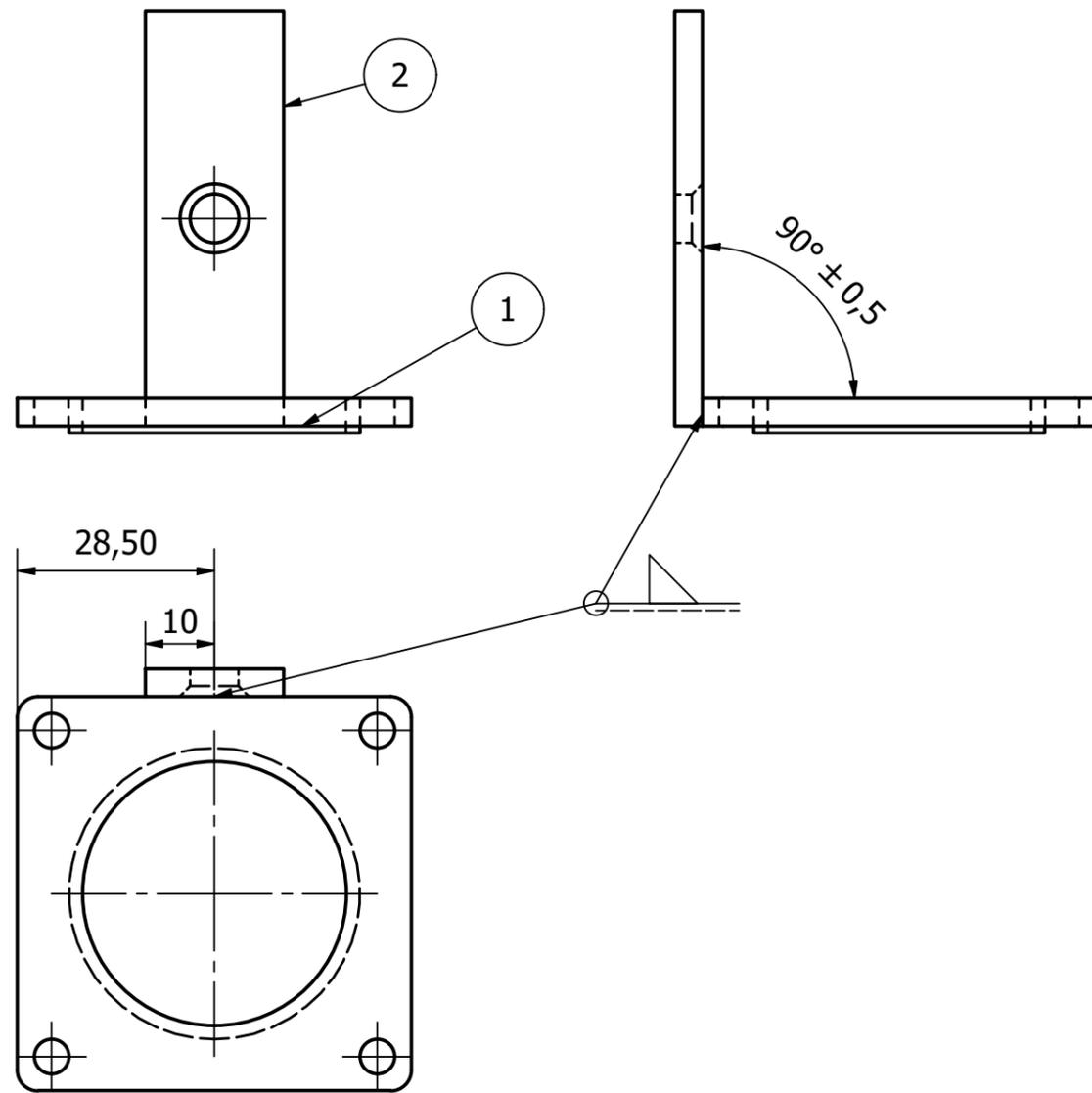
Piezas



Notas

- Material del Eje: Cilindro de Ø56 x H107 de Acero A36.
- Material de Placa: Platina de 56x6 mm de Hierro Forjado.
- Se realiza la forma de la "Placa de Relleno Perfil GH" con su agujero por medio de corte laser.
- Se realiza el "Eje de Soporte para Perfil GH" por medio de torno.
- Se realiza la rosca del "Eje de Soporte para Perfil GH" por medio de torno.
- Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Placa de Relleno Perfil GH	
2	1	Eje de Soporte para Perfil GH	
Tolerancia		Peso	
		1,7 kg	
Fecha		Nombre	
Dibujado	22/11/2022	Luis A. Santana	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo	
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo	
		Código	Trat. Superficial
		ECSPGH001	
			 Escala 1 : 1 Hoja 18



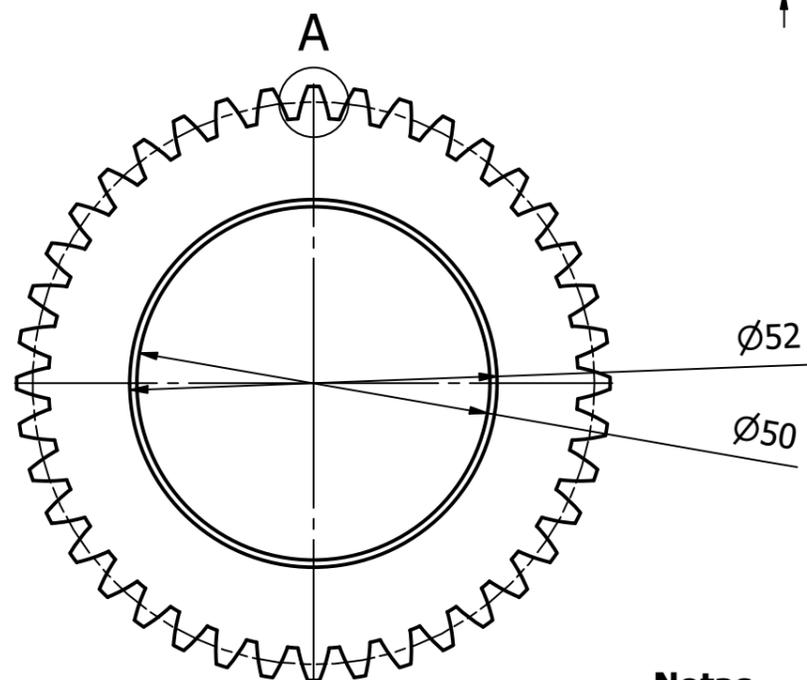
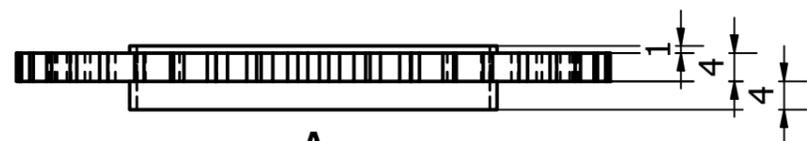
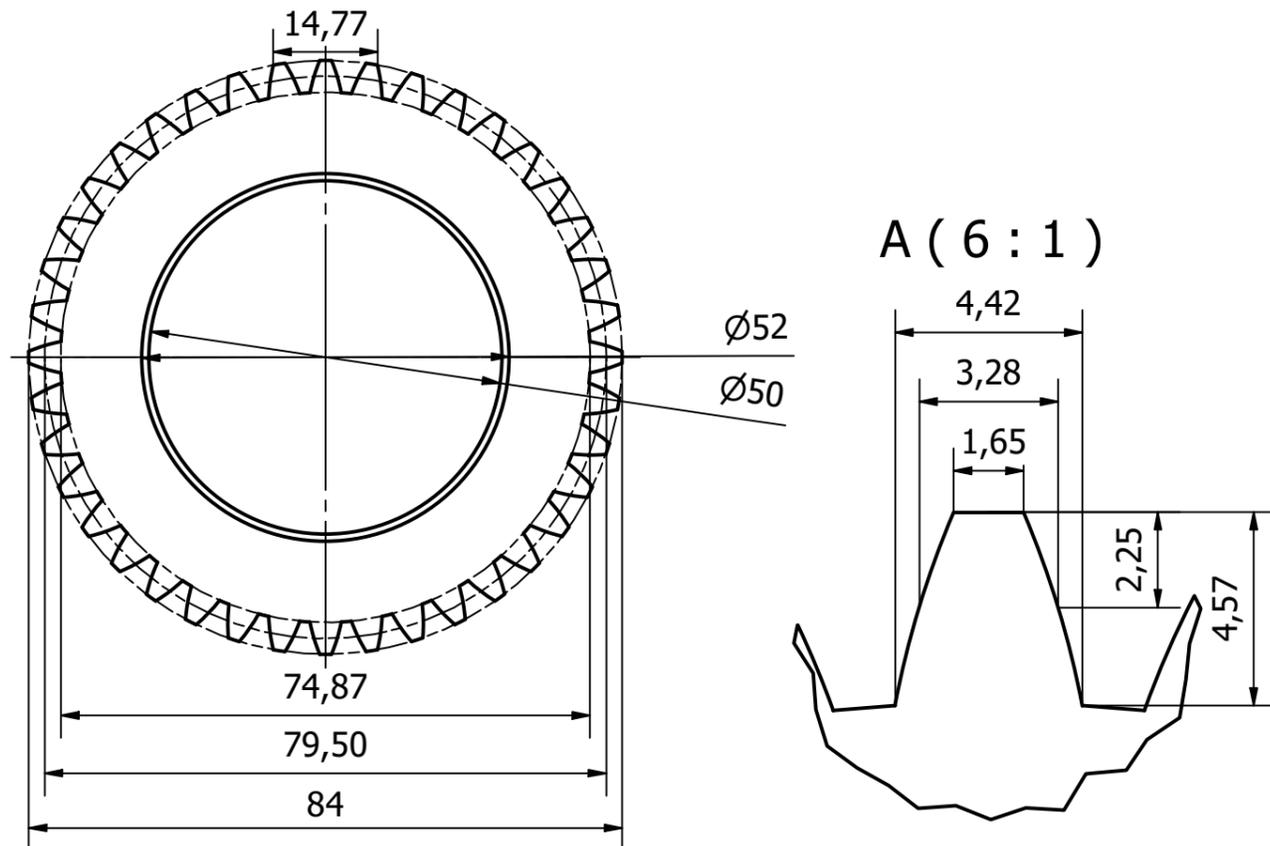
Notas

- Material del Base Motor Nema: Platina de 57x57x6 mm de Hierro Forjado.
- Material de Base de Tornillo para Motor Nema: Platina de 60x20x4 mm de Hierro Forjado.
- Se realiza la forma de la "Base Motor Nema" con sus agujero por medio de corte laser.
- Se usa la fresadora para disminuir el espesor de la "Base Motor Nema".
- Se realiza la forma de la "Base de Tornillo para Motor Nema" con corte laser.
- Se realiza un avellanado a 45° y profundida de 1,50mm.
- Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.

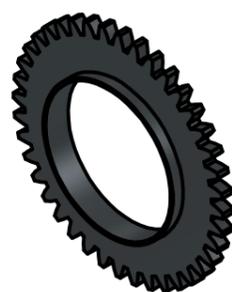
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Base Motor Nema	
2	1	Base de Tornillo para Motor Nema	
Tolerancia		Peso	
		0,1 kg	
Fecha		Nombre	
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo	
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo	
Subensamble Base de Tornillo para Motor Nema		Escala	
		1 : 1	
Código		Trat. Superficial	
ECBTMN001		Hoja	
		19	



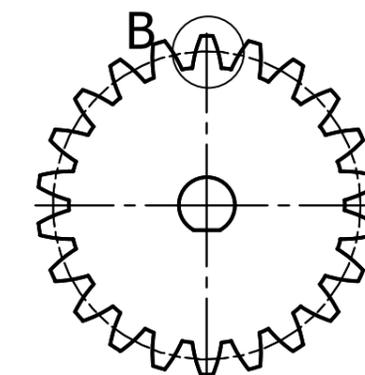
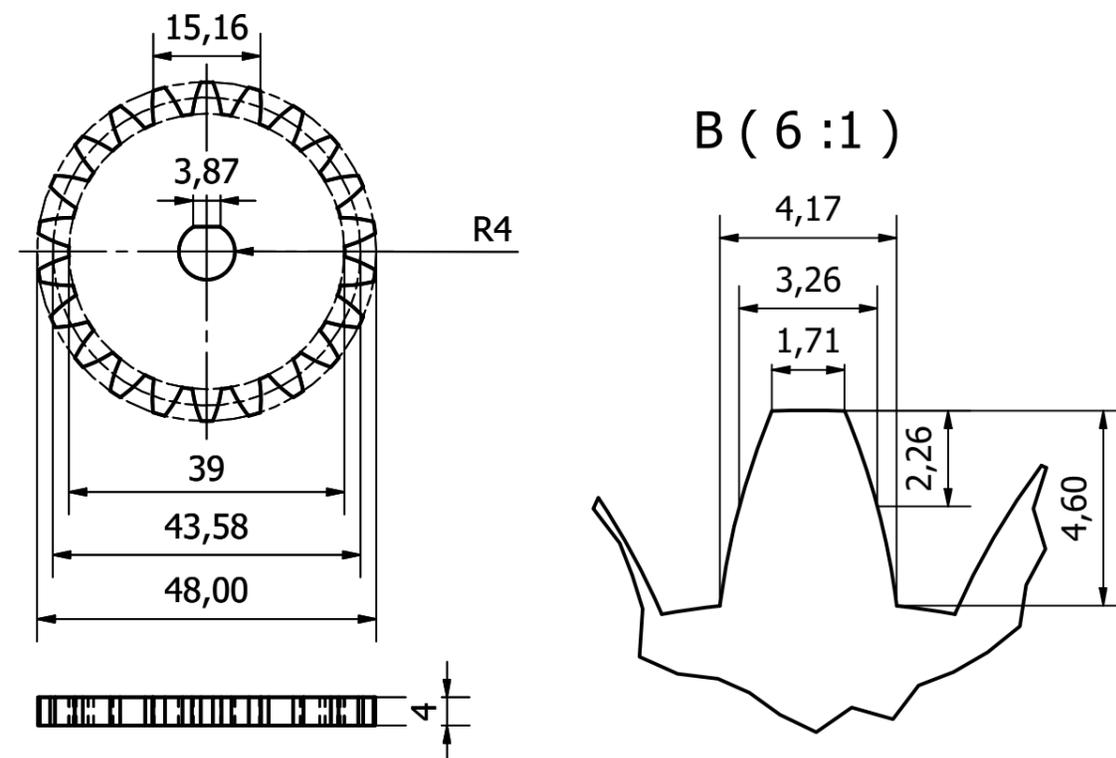
Engrane Eje Soporte para Perfil GH



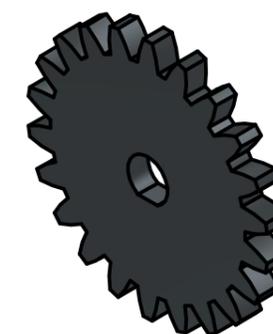
Número de Dientes: 40
 Peso: 0,1 kg
 Módulo: 2



Engrane Motor Nema



Número de Dientes: 22
 Peso: 0,1 kg
 Módulo: 2

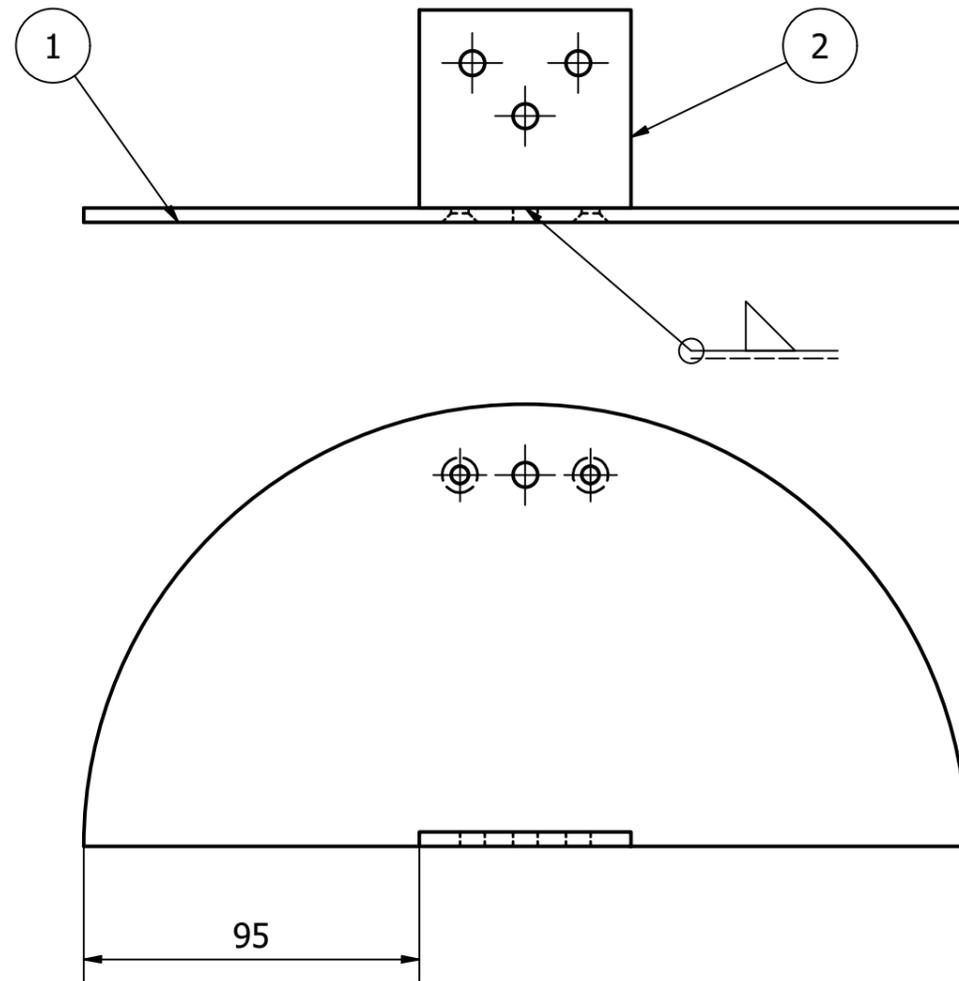


Notas

- Material de Engrane Eje Soporte para Perfil GH: Platina de 84x84x8 mm de Hierro Forjado.
- Material de Engrane Motor Nema: Platina de 64x64x4 mm de Hierro Forjado.
- Se realizan los engranes por medio de fresadora CNC.

Tolerancia ± 0,1	Peso	Hierro Forjado	
Dibujado	Fecha	Engrane Eje de Soporte para Perfil GH/Motor Nema	
Revisado	Nombre		
Aprobado	Nombre		
		Código CEESPGH002	Trat. Superficial Cementado
		Escala 1 : 1	
		Hoja 20	

Ensamble de Piezas

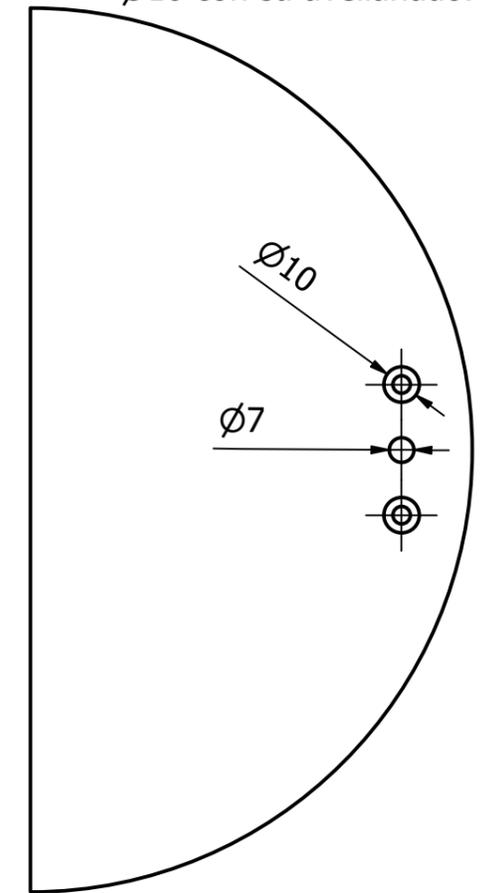
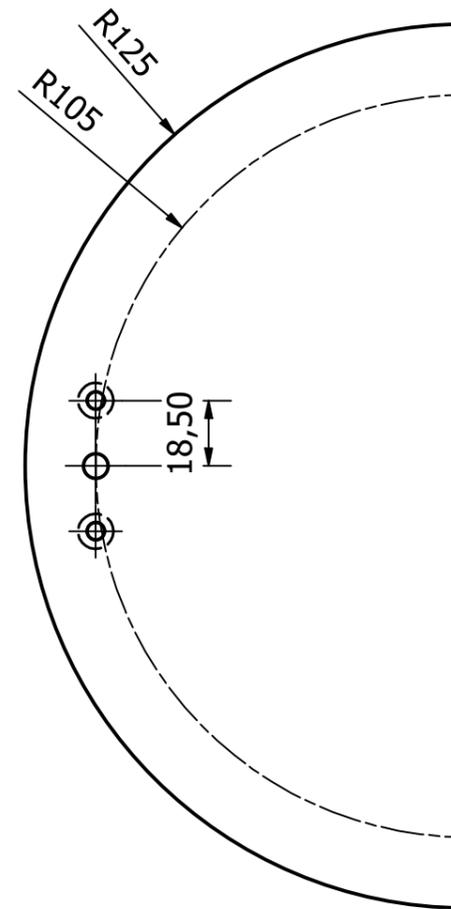


Notas

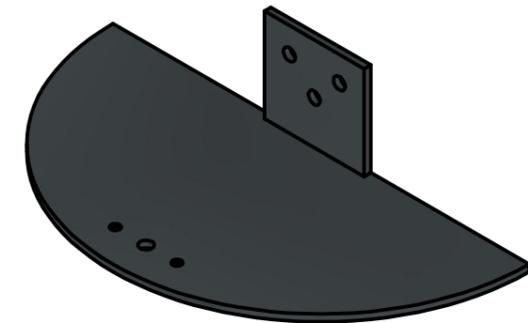
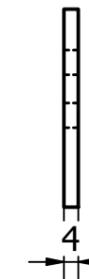
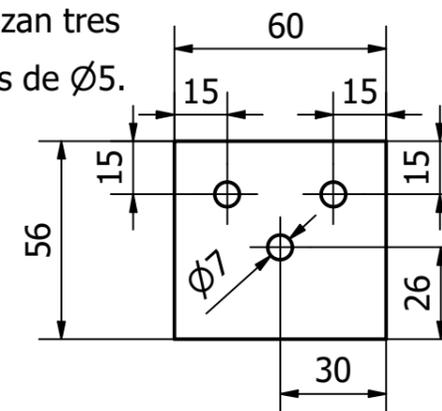
- Material de Media Luna Superior: Platina de $\varnothing 125 \times 4$ mm de Hierro Forjado.
- Material de Placa de Tornillos para Media Luna Superior: Platina de 60×4 mm de Hierro Forjado.
- Se realiza la forma de la "Media Luna Superior" por medio de corte laser.
- Se realiza un avellanado a 45° y profundida de 1,50mm.
- Se realiza la forma de la "Placa de Tornillos para Media Luna Superior" y sus agujeros con corte laser.
- Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.

Piezas

Se realizan dos agujeros de $\varnothing 10$ con su avellanado.

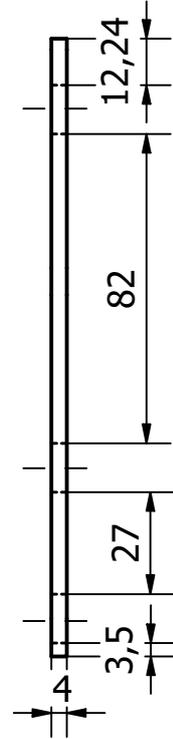
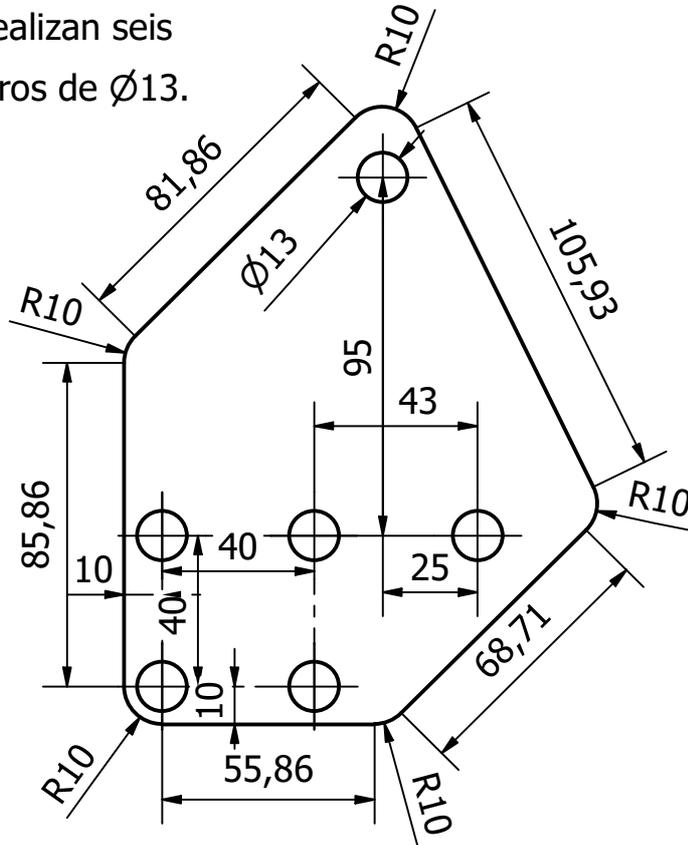


Se realizan tres agujeros de $\varnothing 5$.



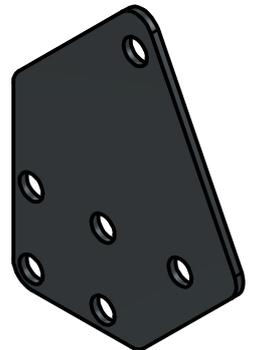
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Media Luna Superior	
2	1	Placa de Tornillos para Media Luna Superior	
Tolerancia	Peso	Platina de Hierro Forjado	
	0,9 kg		
	Fecha	Nombre	Subensamble Placa de Tornillos para Media Luna Superior
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo	
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo	
		Código	Trat. Superficial
		EPTMLS001	Pintura Electroestática Texturizada
			Hoja
			21

Se realizan seis agujeros de $\varnothing 13$.

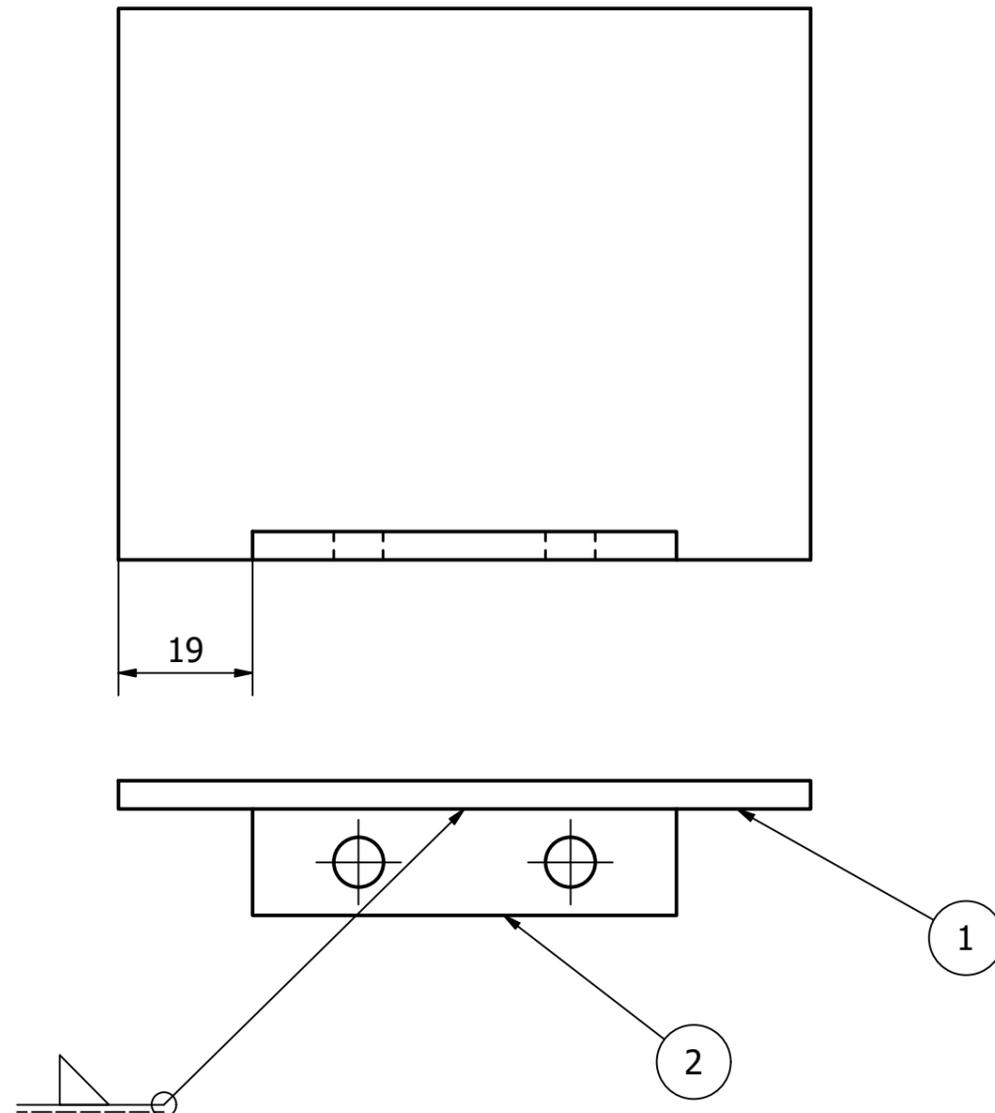


Notas

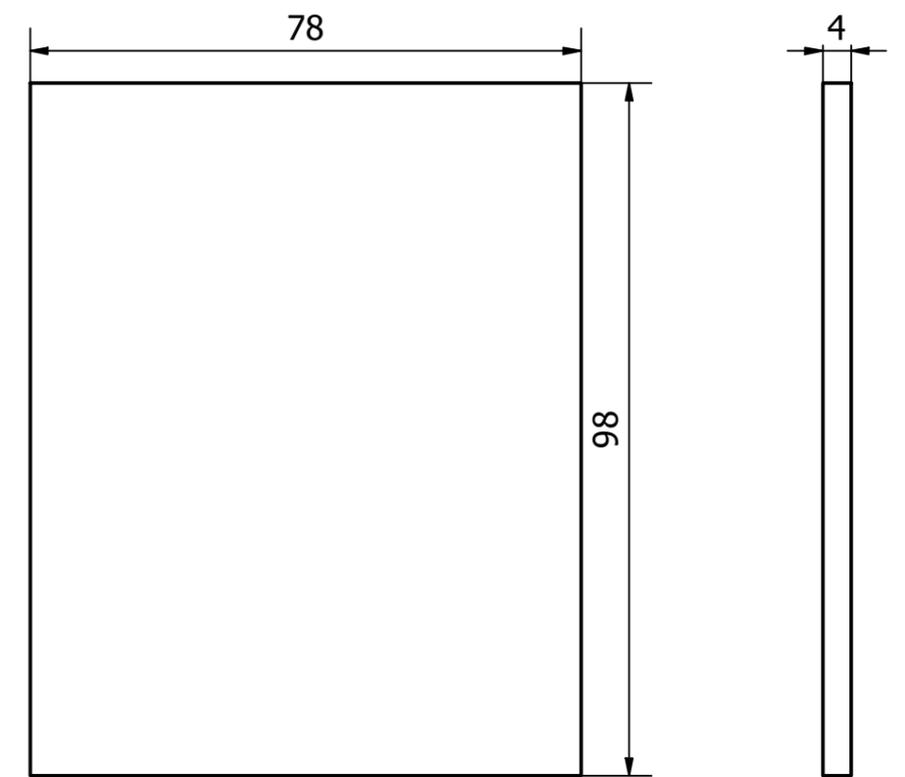
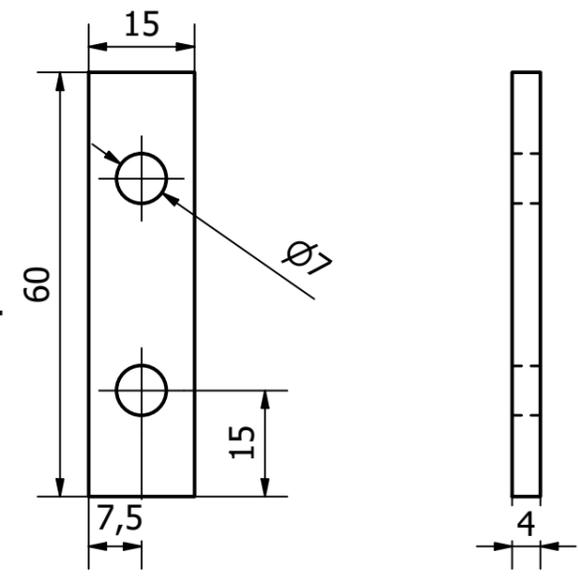
- Se realiza la forma de la pieza y agujeros por medio de corte laser.
- Cantidad a fabricar: Dos piezas.



Tolerancia $\pm 0,5$		Peso 0,4 kg	Platina de 164x125x4mm de Hierro Forjado		
Fecha		Nombre		Escala	
Dibujado	6/11/2022	Luis A. Santana		1 : 2	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código CPUCEG001	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 22



Se realizan dos agujeros de $\varnothing 7$.



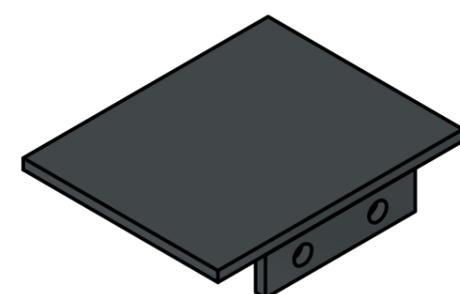
Notas

-Material de Base de Caja: Platina de 98x78x4 mm de Hierro Forjado.

-Material de Base de Caja Tornillos: Platina de 60x15x4 mm de Hierro Forjado.

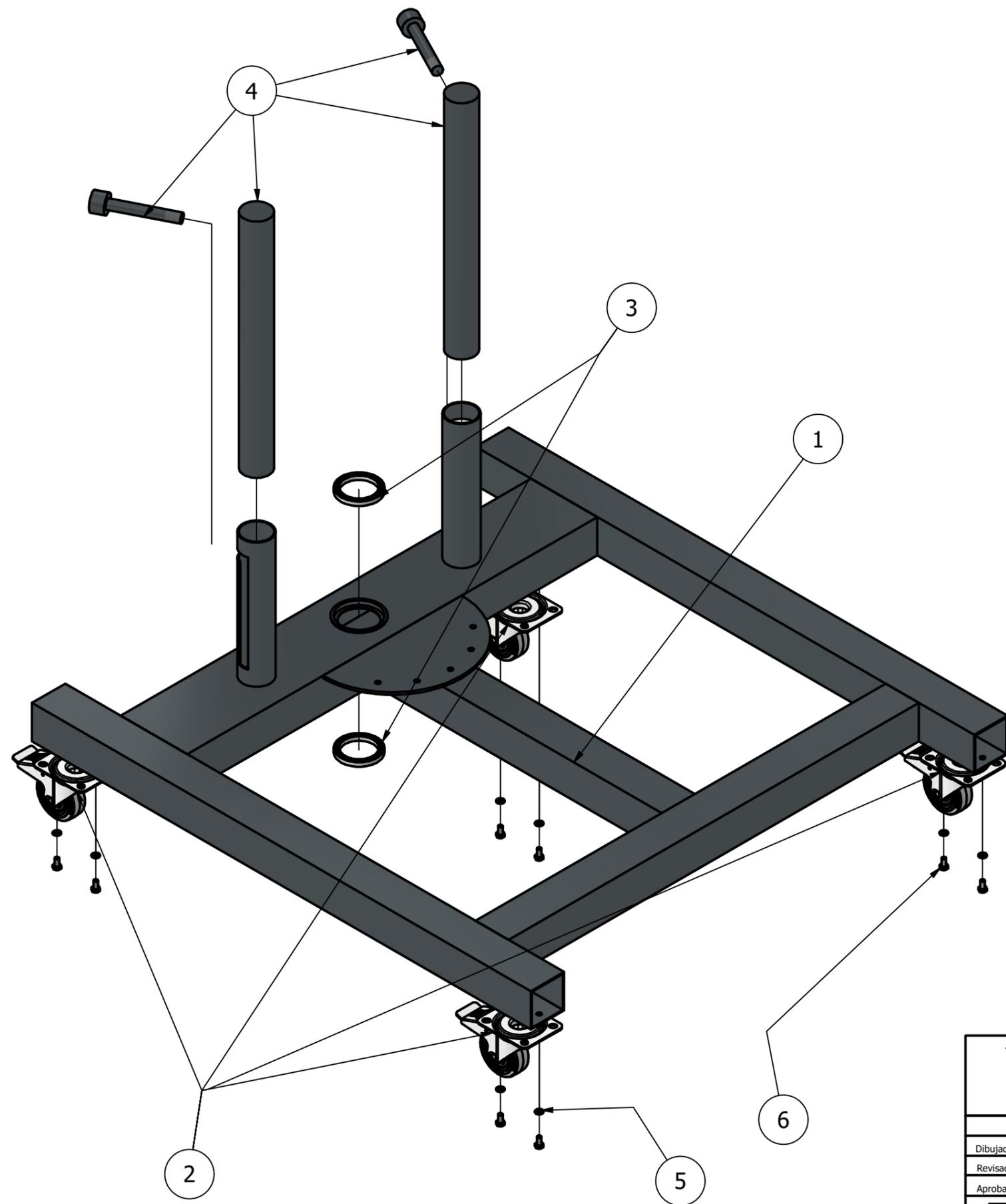
-Se realizan las formas de las piezas y agujeros por medio de corte laser

-Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Base de Caja	
2	1	Base de Caja Tornillos	
Tolerancia		Peso	Platina de Hierro Forjado
		0,3 kg	
Fecha		Nombre	Subensamble Base de Caja
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo	
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo	
Código		Trat. Superficial	Hoja
EBC001		Pintura Electroestática Texturizada	23



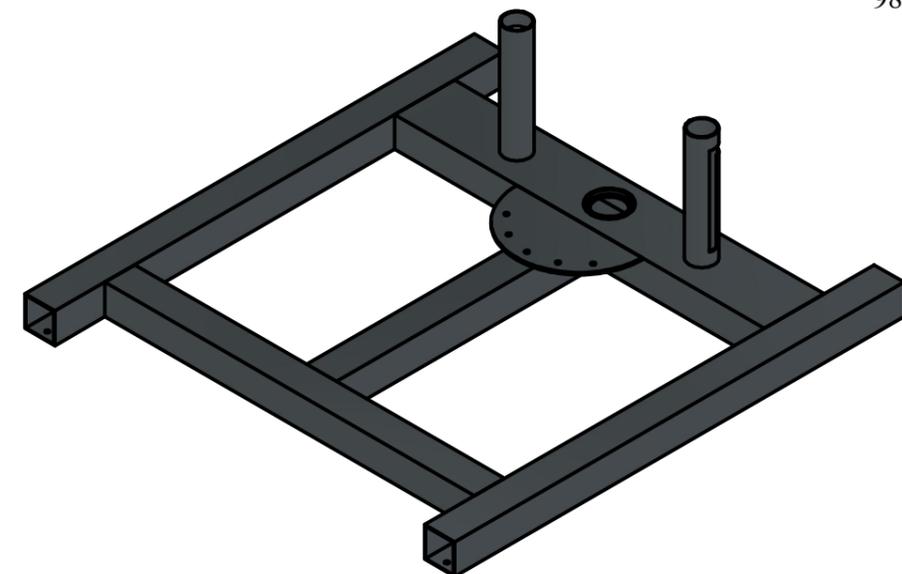
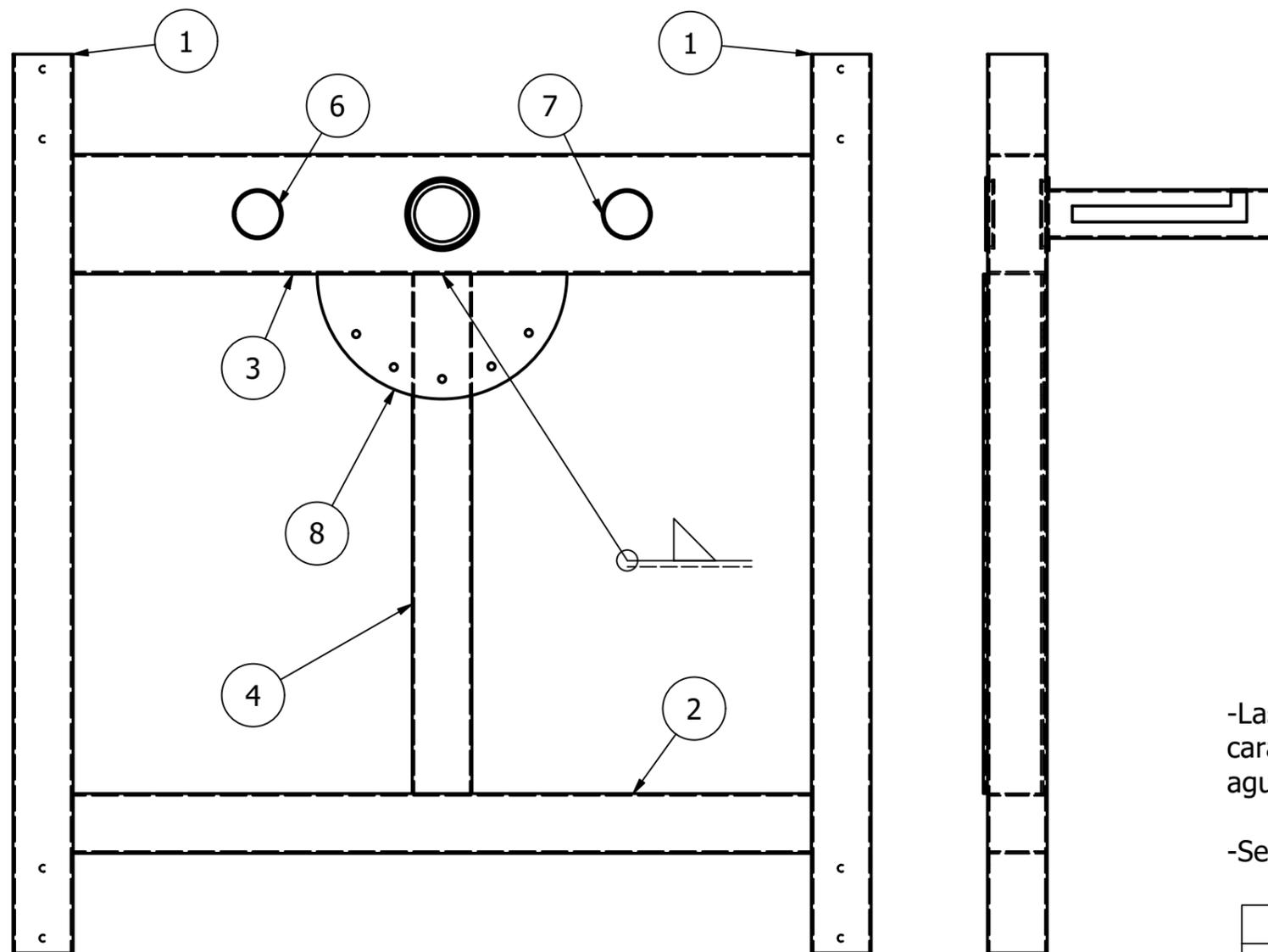


Notas

- Material especificado en cada plano de taller.
- Proceso de fabricación especificado en cada plano de taller.
- Soldadura especificado en cada plano de subensamble.
- Unión de piezas armadas especificado en cada plano de subensamble.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Ensamble Base por Partes con Soporte para Rodamientos y Acoples	
2	4	60 mm	
3	2	SKF_61810-2RS1	BB1_001_101-Deep groove ball bearings
4	2	Ensamble Piston con Manija	
5	8	AS 1237 - 6	Flat metal washers for general engineering purposes (metric series)
6	8	AS 1110 - M6 x 12	ISO metric hexagon precision bolts and screws

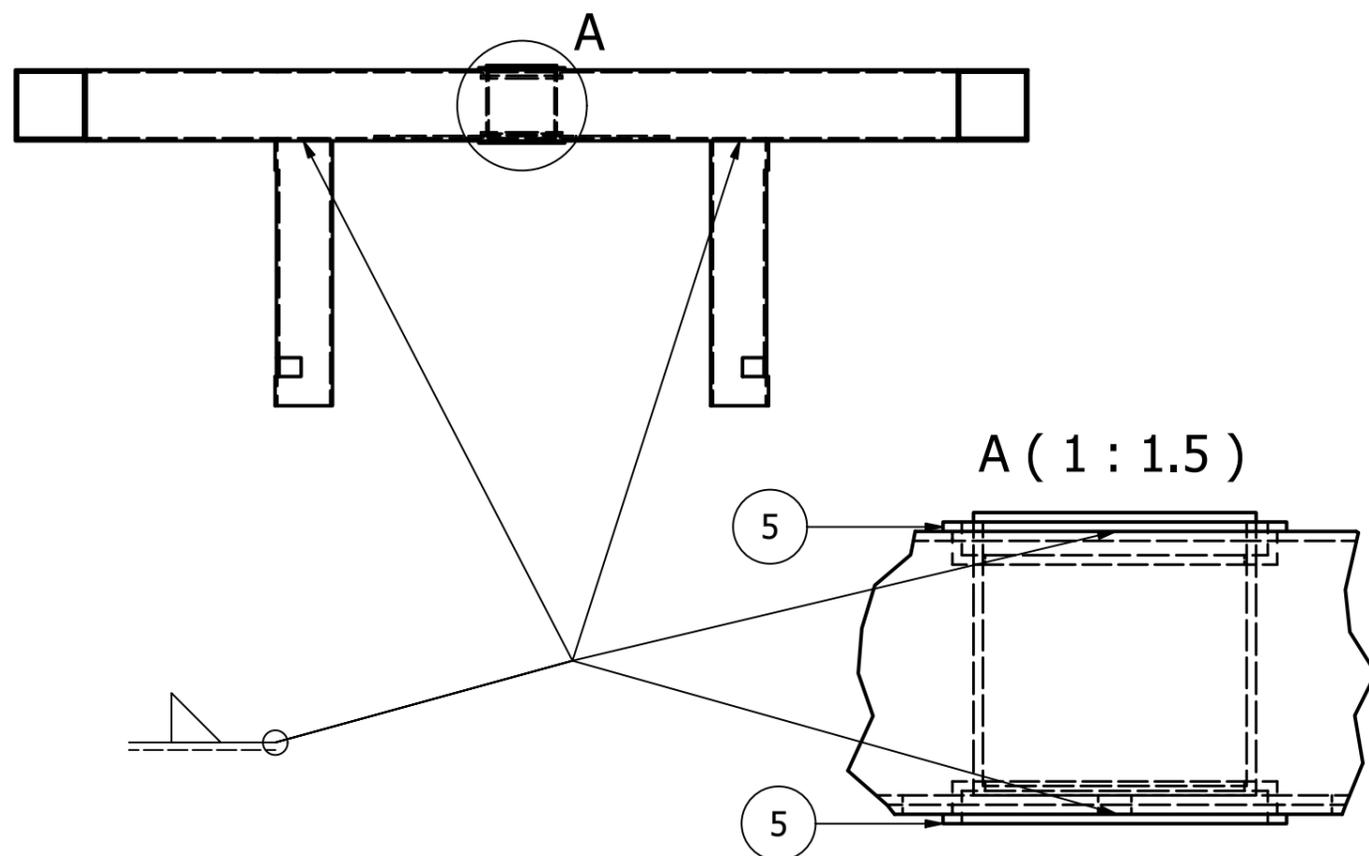
Tolerancia	Peso		
	27,4 kg		
	Fecha	Nombre	Ensamble de Componentes Extraíbles de la Base
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo	
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo	Escala
		Código	Hoja
		EDCEB001	24
		Trat. Superficial	



Notas

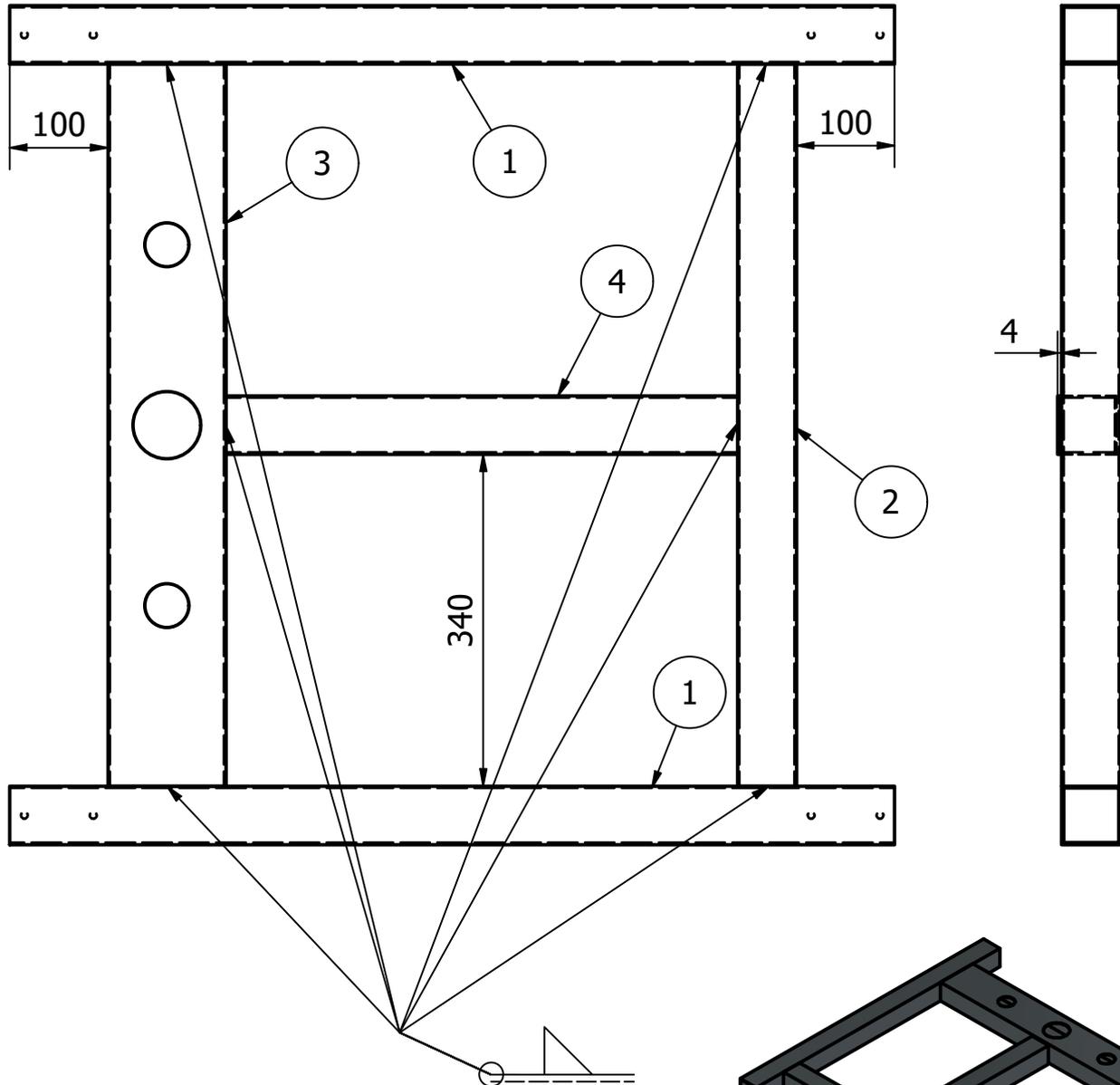
-Las Tuberías de Acoples Derecho e Izquierdo, hoja 34-35, deben ser soldadas en la cara del perfil "Base con Agujeros 740mm" opuesta al perfil "Base 900mm" con agujeros para las ruedas.

-Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.



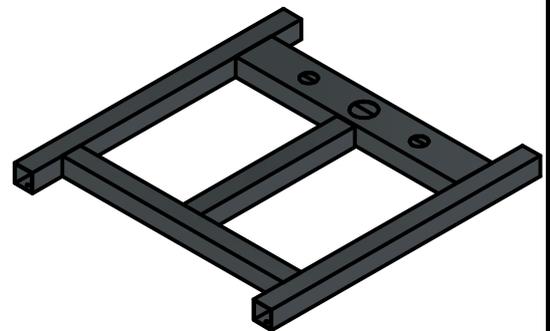
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	Base 900mm 60x60x2	
2	1	Base 740mm 60x60x2	
3	1	Base con Agujero 740mm 120x60x2	
4	1	Base 520mm 60x60x2	
5	2	Soporte para Rodamientos	
6	1	Tubería de Acoples Derecho	
7	1	Tubería de Acoples Izquierdo	
8	1	Media Luna Inferior	

Tolerancia	Peso	Subensamble Base por Partes con Soporte para Rodamientos y Acoples	
	16,5 kg		
Dibujado	Fecha	Nombre	Escala
Revisado	11/11/2022	Luis A. Santana	1 : 6
Aprobado	6/12/2022	Alfredo Valarezo	
	14/12/2022	Alfredo Valarezo	
		Código	Trat. Superficial
		EDBPSRA003	Hoja
			25

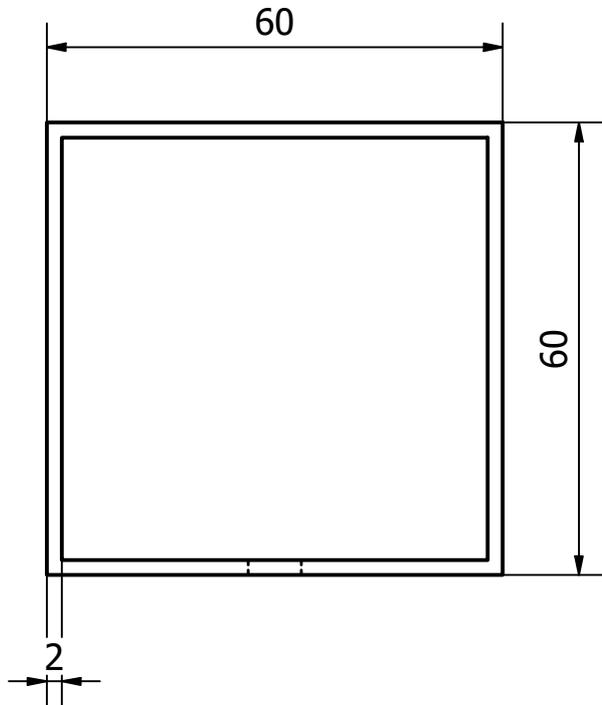
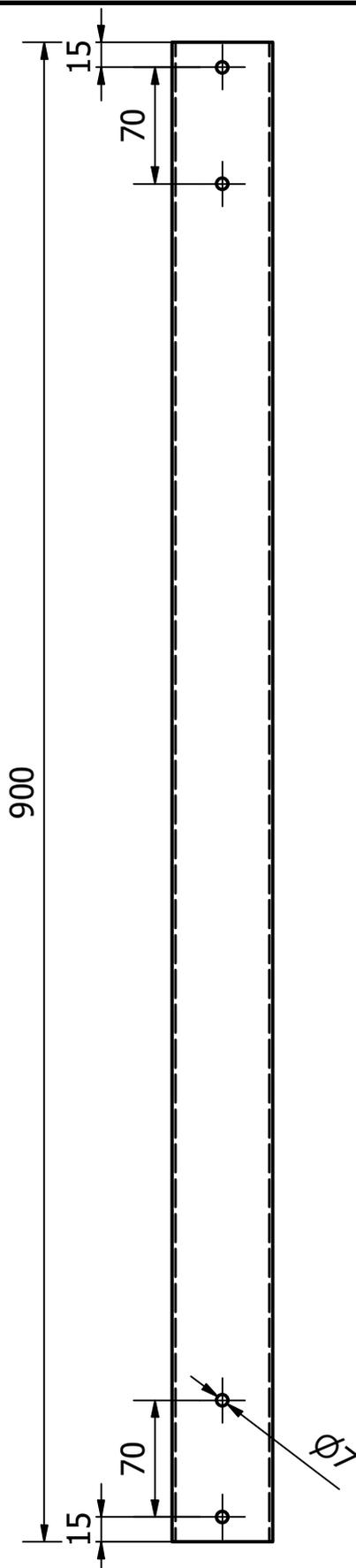


Notas

-Se realiza soldadura SMAW de contorno por medio de electrodo 6014.

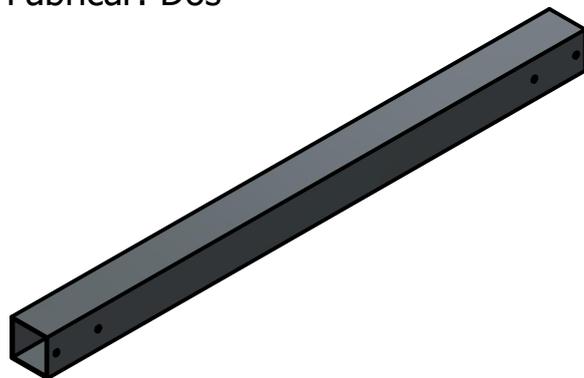


PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	Base 900mm 60x60x2	
2	1	Base 740mm 60x60x2	
3	1	Base con Agujero 740mm 120x60x2	
4	1	Base 520mm 60x60x2	
Tolerancia		Peso	
		14,7 kg	
Fecha		Subensamble Base por Partes	
Nombre			
Dibujado	6/11/2022 Luis A. Santana		
Revisado	6/12/2022 Alfredo Valarezo		
Aprobado	14/12/2022 Alfredo Valarezo	Escala	
		1 : 7	
		Código	Trat. Superficial
		EDBP001	Pintura Electroestática Texturizada
		Hoja	
		26	

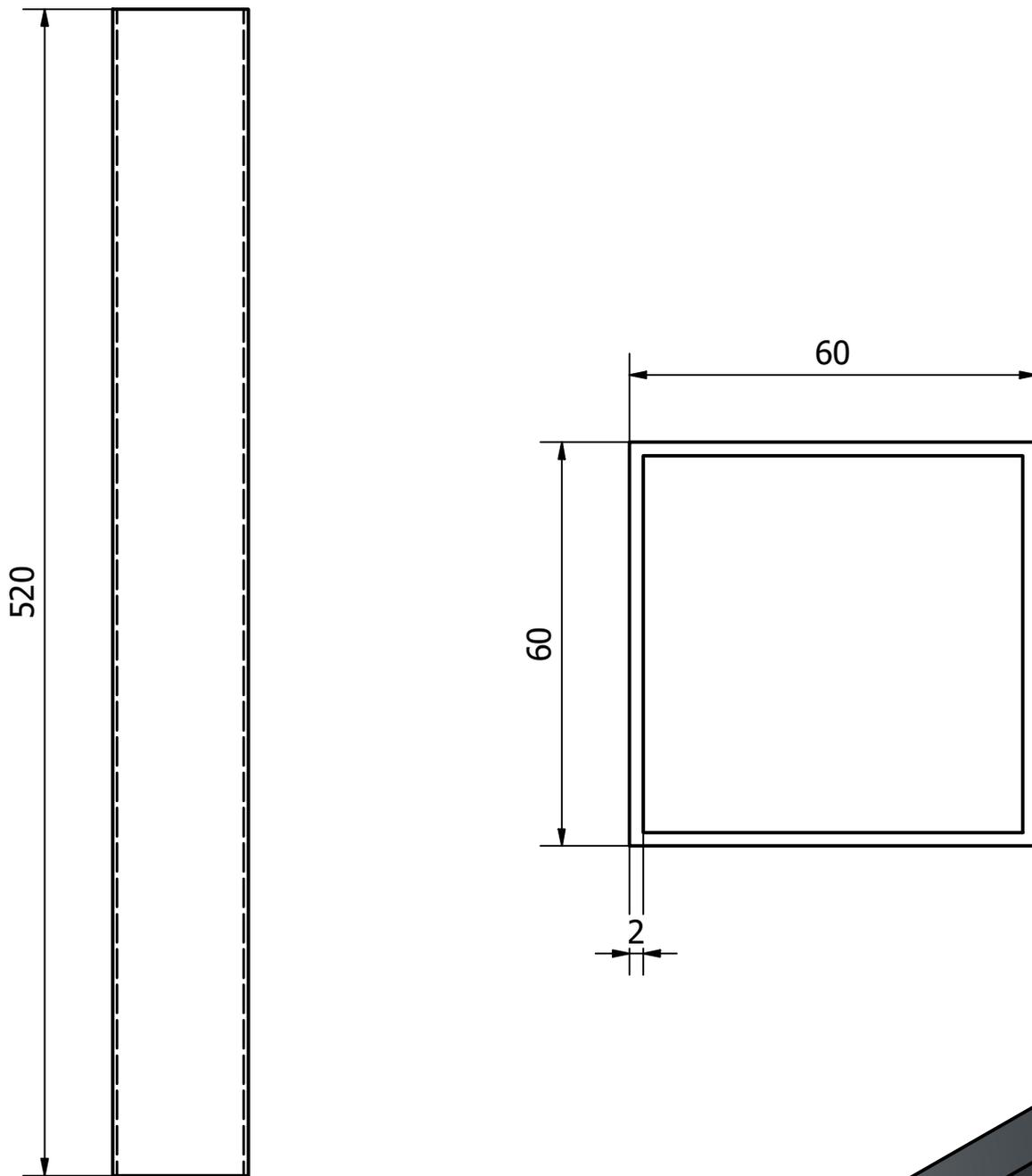


Notas

- Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte.
- Los agujeros son de tipo pasantes y se realizan por medio de fresadora.
- Cantidad a Fabricar: Dos

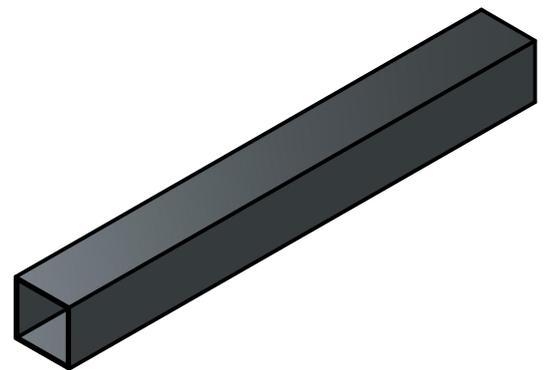


Tolerancia $\pm 1,0$		Peso 3,2 kg	Tubo Cuadrado de 60x60x2mm de Hierro Forjado		
	Fecha	Nombre	Base 900mm 60x60x2	Escala	
Dibujado	6/11/2022	Luis A. Santana		1 : 4	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código DB900001	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 27

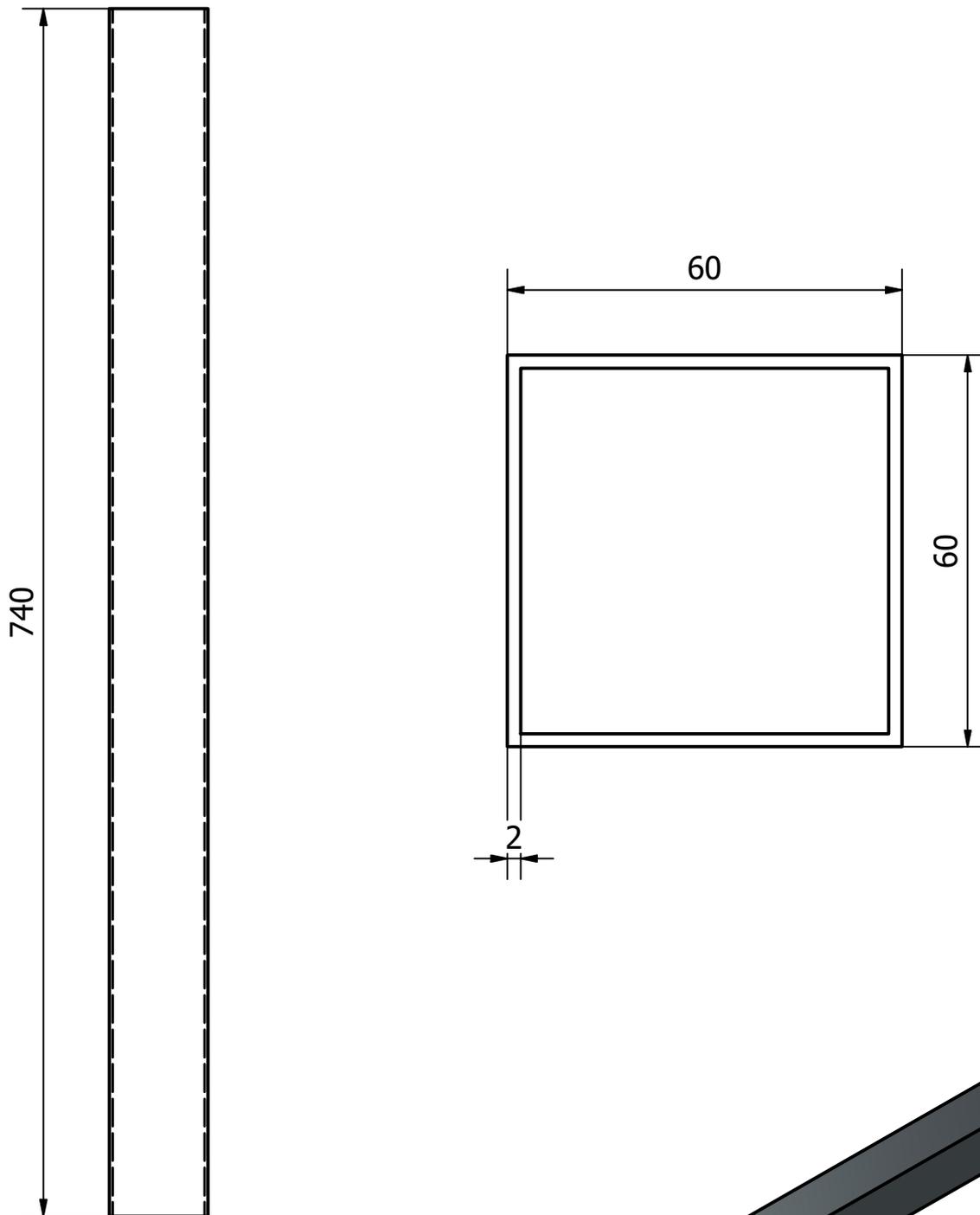


Notas

Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte.

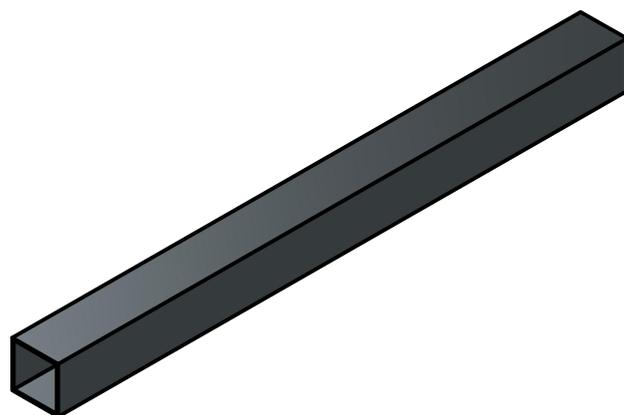


Tolerancia ± 1,0		Peso 1,9 kg	Tubo Cuadrado de 60x60x2mm de Hierro Forjado		
	Fecha	Nombre	Base 520mm 60x60x2	Escala	
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana		1 : 3	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código DB520002	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 28

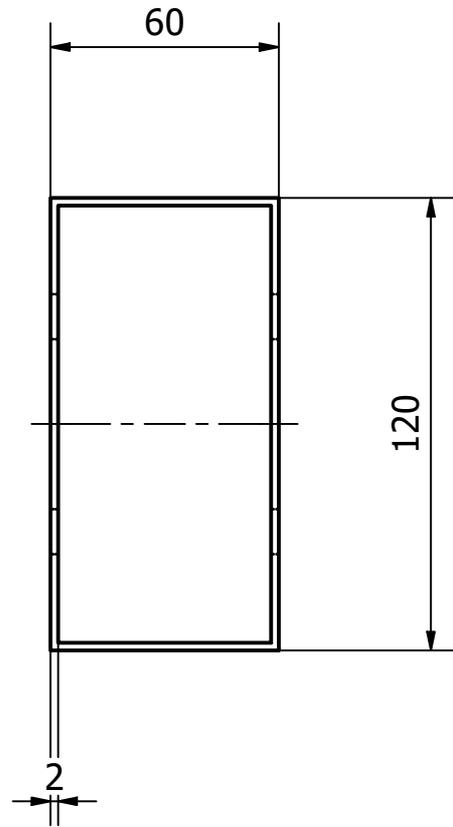
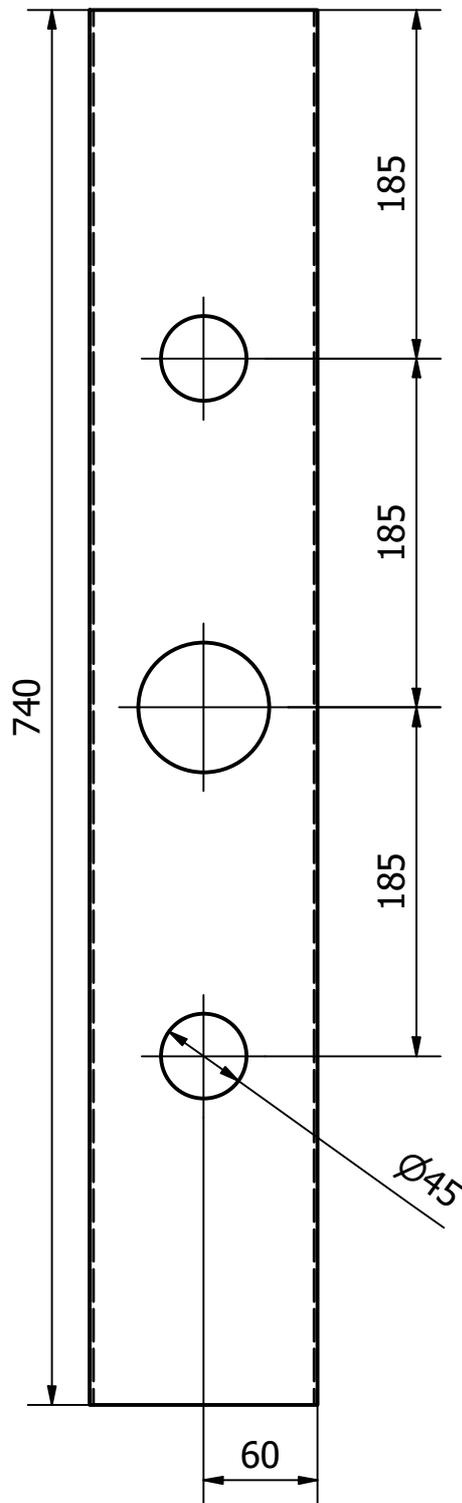


Notas

Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte.

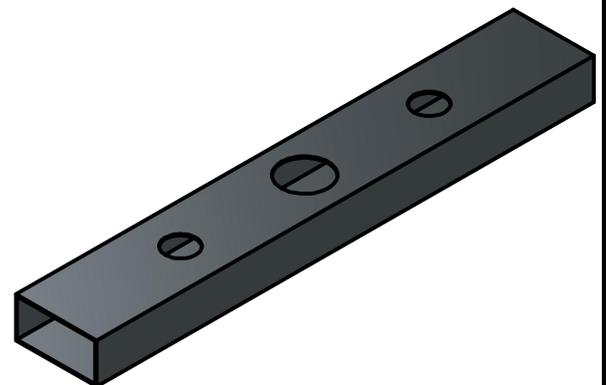


Tolerancia ± 1,0		Peso 2,6 kg	Tubo Cuadrado de 60x60x2mm de Hierro Forjado		
	Fecha	Nombre	Base 740mm 60x60x2	Escala	
Dibujado	6/11/2022	Luis A. Santana		1 : 4	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código DB740003	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 29

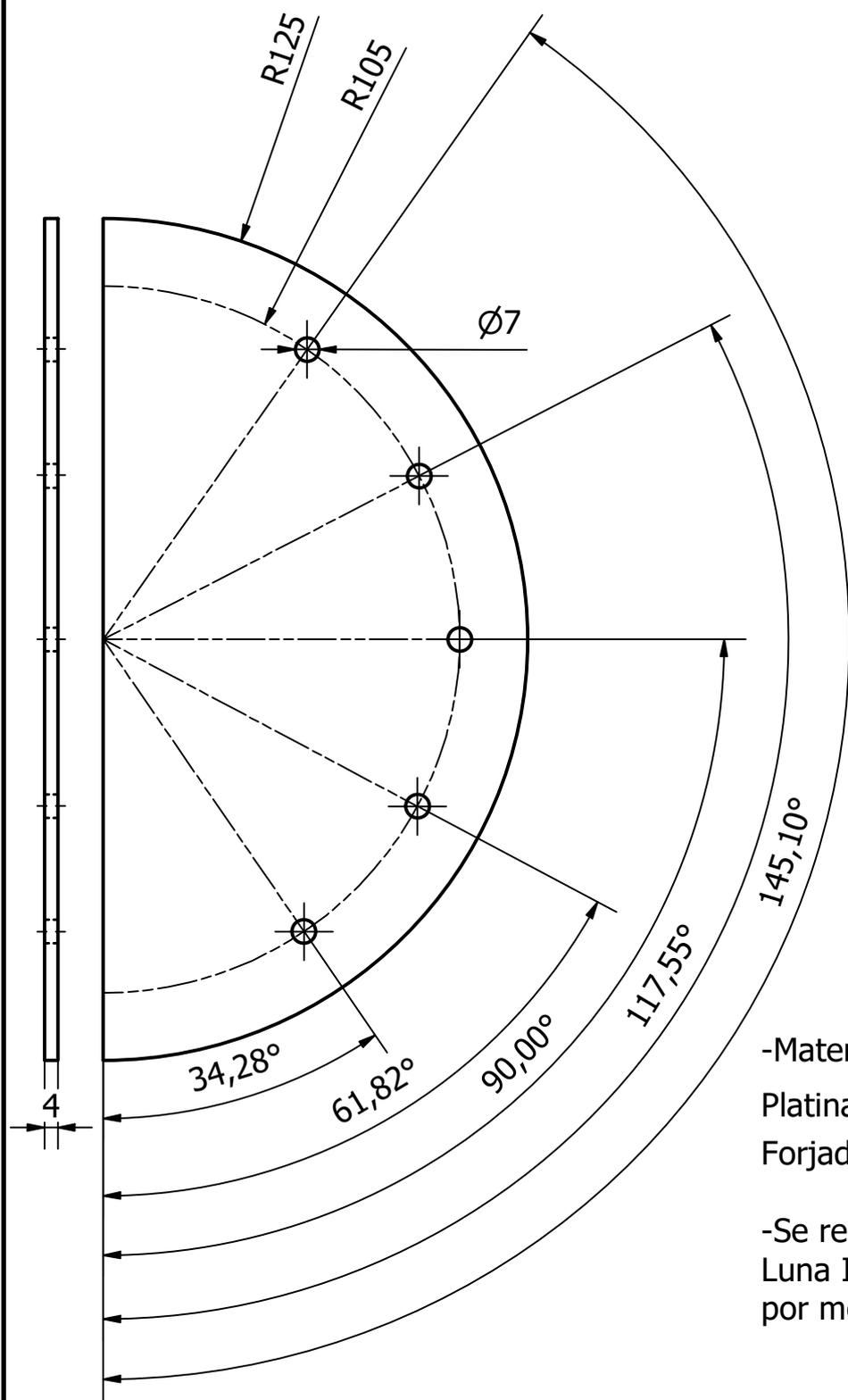


Notas

- Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte.
- Los agujeros son de tipo pasantes y se realizan por medio de fresadora.



Tolerancia ± 1,0		Peso 3,8 kg	Tubo Cuadrado de 120x60x2mm de Hierro Forjado	
	Fecha	Nombre	Base con Agujero 740mm 120x60x2	Escala
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana		1 : 4
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo		
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo		
			Código DBA740004	Trat. Superficial Pintura Electrostatica Texturizada
				Hoja 30



Se realizan cinco agujeros de Ø7.

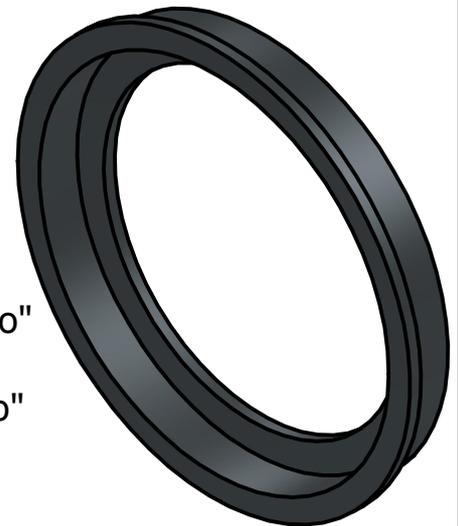
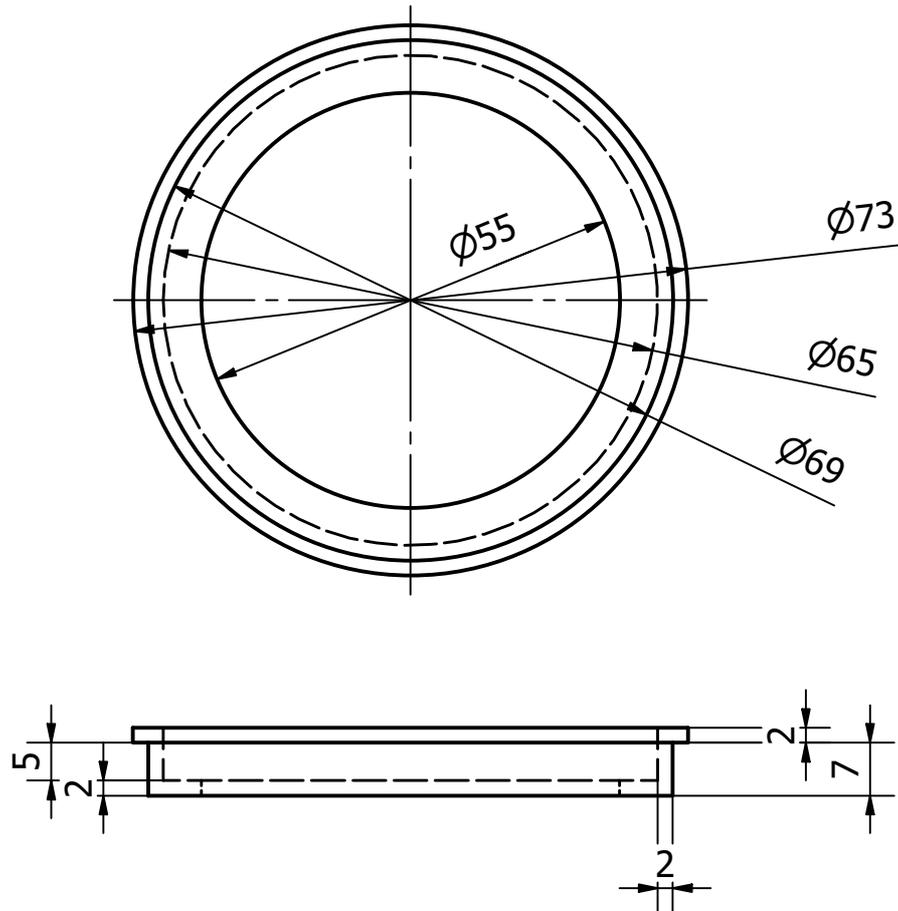
Notas

-Material de Media Luna Inferior:
Platina de Ø125x4 mm de Hierro Forjado.

-Se realiza la forma de la "Media Luna Inferior" con sus agujeros por medio de corte laser.



Tolerancia ± 0,5		Peso 0,8 kg	Platina de Hierro Forjado		
	Fecha	Nombre	Media Luna Inferior		Escala
Dibujado	17/11/2022	Luis A. Santana			1 : 2
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código CMLI001	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 31



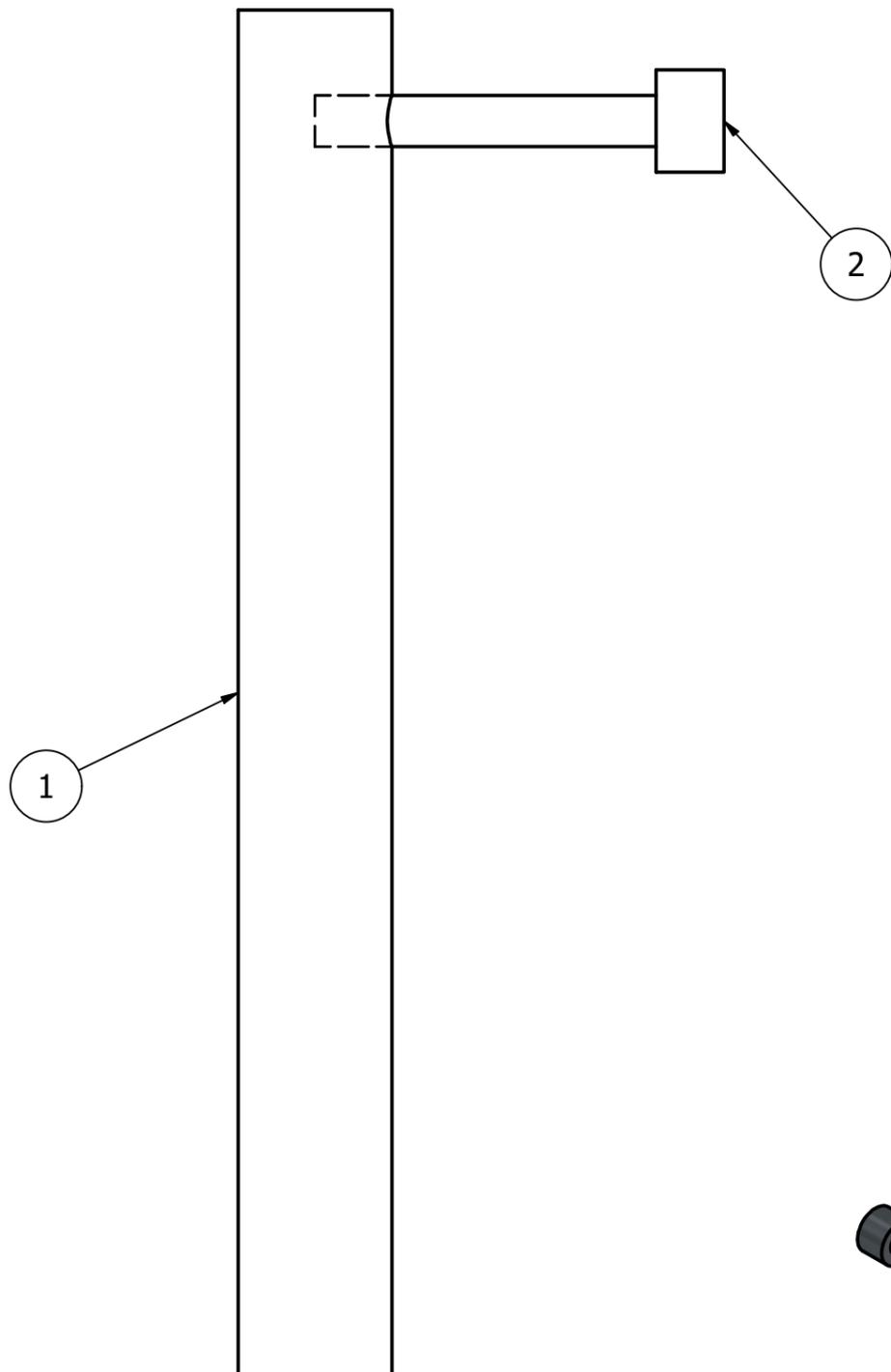
Notas

- Se realiza la forma exterior del "Soporte para Rodamiento" por medio de torno.
- Se realiza la forma interior del "Soporte para Rodamiento" por medio de fresadora CNC.

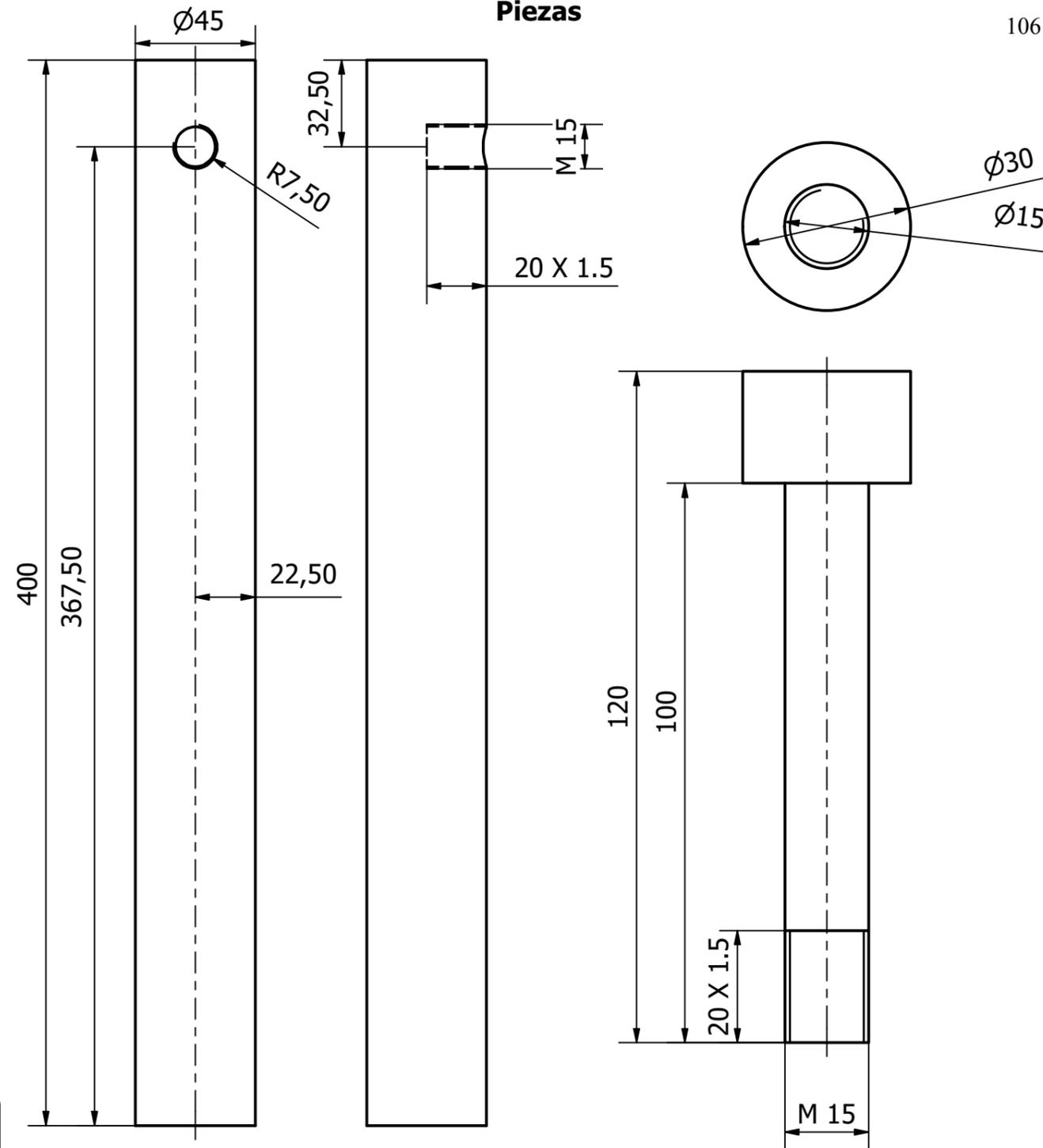
-Cantidad a Fabricar: Dos.

Tolerancia $\pm 0,1$		Peso 0,1 kg	Cilindro de $\phi 73$ x H16 de Hierro Forjado		
	Fecha	Nombre	Soporte para Rodamientos		Escala
Dibujado	6/12/2022	Luis A. Santana			1 : 1
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código	Trat. Superficial	Hoja
			DSR005	Pintura Electroestática Texturizada	32

Ensamble de Piezas



Piezas

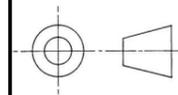


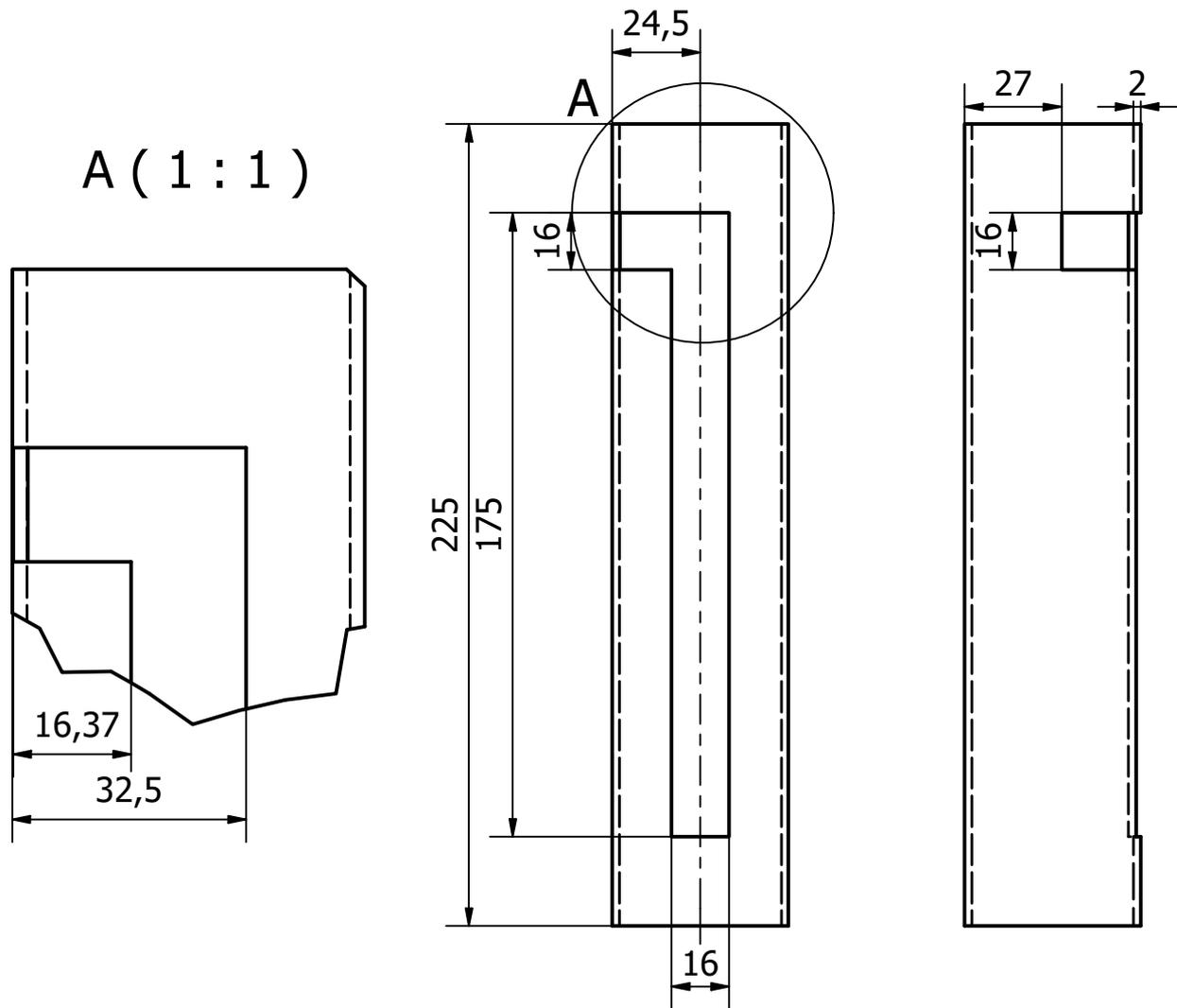
Notas

- Cantidad a Fabricar: Dos de cada uno.
- Se realiza el "Piston" por medio de torno.
- Se realiza el agujero $\varnothing 15$ por medio de fresadora.
- Se usa machuelo para hacer la rosca en el agujero.
- Se realiza la "Manija de Piston" por medio de torno.
- Se realiza la rosca por medio de torno.
- Primero se debe insertar el piston dentro de la Tuberia de Acople Derecho e Izquierdo, hoja 34-35, para luego proceder a atornillar la manija.



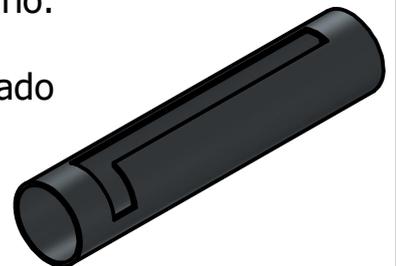
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Piston	
2	1	Manija de piston	
Tolerancia		Peso	Cilindro de $\varnothing 45$ x H800mm de Acero A36
		5,1 kg	
Fecha		Nombre	Subensamble Piston con Manija
Dibujado	6/11/2022	Luis A. Santana	
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo	
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo	
Código		Trat. Superficial	Hoja
EDPM002		Pintura Electrostatica Texturizada	33



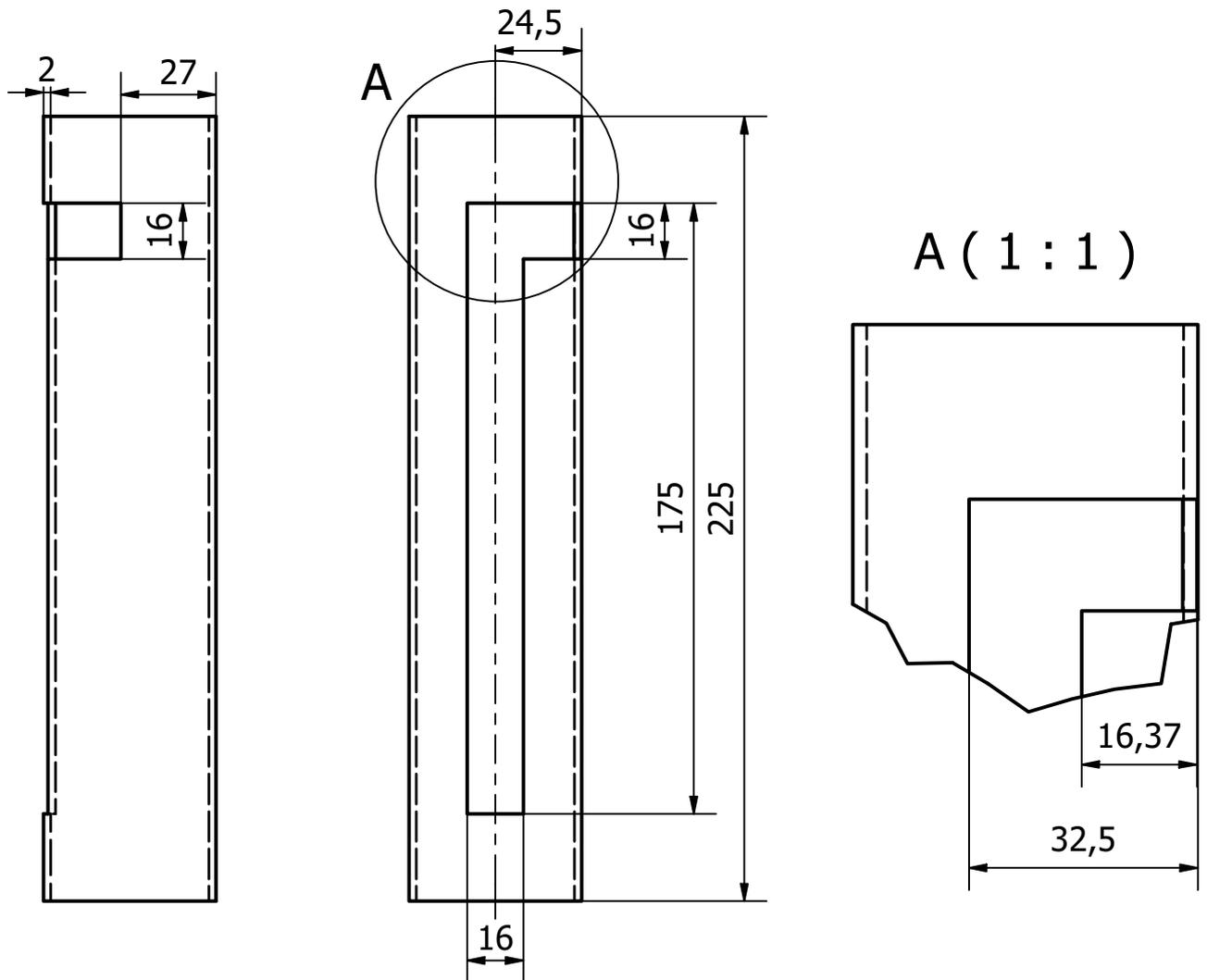


Notas

- Se necesitan cortar dos de estas piezas con la misma longitud.
- El segundo acople, hoja 35, tiene corte hacia el lado contrario.
- Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte para obtener la longitud del acople.
- Se realiza la guía de 16mm por medio de fresadora.

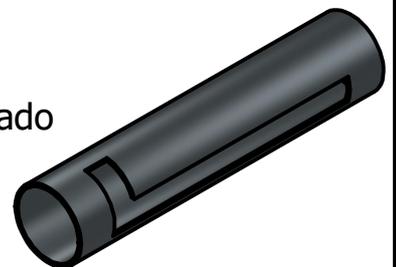


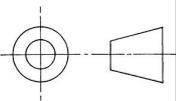
Tolerancia $\pm 0,5$		Peso 0,5 kg	Tubo de $\varnothing 49 \times 225$ mm de Hierro Forjado		
	Fecha	Nombre	Tubería de Acoples Derecho		Escala
Dibujado	13/10/2022	Luis A. Santana			1 : 2
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código DTAD006	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 34



Notas

- Se realiza el corte por medio de amoladora con discos delgado abrasivos de corte para obtener la longitud del acople.
- Se realiza la guía de 16mm por medio de fresadora.



Tolerancia ± 0,5		Peso 0,5 kg	Tubo de Ø49x225mm de Hierro Forjado		
	Fecha	Nombre	Tuberia de Acoples Izquierdo		Escala
Dibujado	13/10/2022	Luis A. Santana			1 : 2
Revisado	6/12/2022	Alfredo Valarezo			
Aprobado	14/12/2022	Alfredo Valarezo			
			Código DTAI007	Trat. Superficial Pintura Electroestática Texturizada	Hoja 35

ANEXO B: Cálculos detallados

Para empezar, se deben realizar los cálculos necesarios para el diseño y la construcción de la grúa híbrida. En los mismos se debe considerar una fuerza de 1080 N en el punto en donde la persona se sube al sistema; es decir, los brazos superiores deben encontrarse a 90° . Además, se debe analizar el sistema cuando la grúa está completamente dentro del agua. Para entender de mejor manera el procedimiento de los cálculos realizados se establece una nomenclatura para cada una de las uniones y perfiles, como se muestra a continuación:

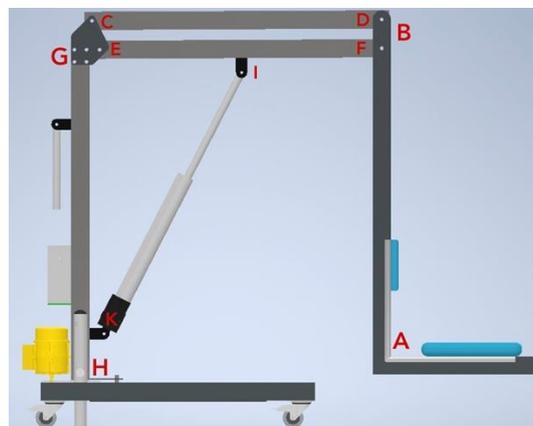


Figura 24. Nomenclatura de perfiles

Como se mencionó anteriormente, el peso máximo que va a soportar la grúa es de 110 kg o lo que equivale a 1080 N. Por lo que este requerimiento será necesario en los cálculos estáticos, cálculos de esfuerzos y factores de seguridad de cada uno de los componentes.

Cálculos en la posición más crítica (90°)

Brazo AB con silla

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo, las fuerzas y las reacciones que existen en el perfil. Además, se especifican los datos que se conocen.

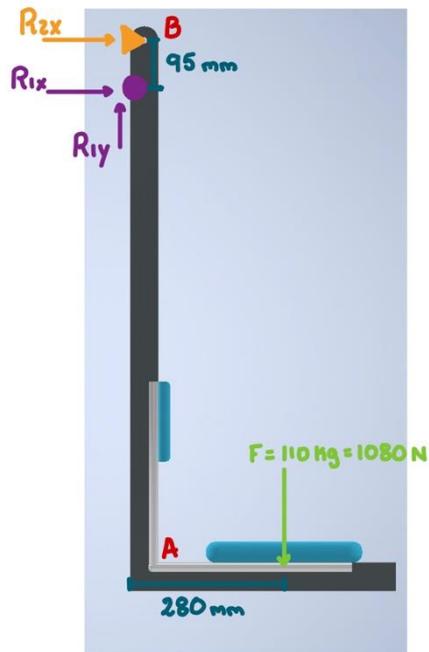


Figura 25. Diagrama de fuerzas en brazo AB y silla.

Datos

$$F = 1080 \text{ N} = 110 \text{ kg}$$

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$A = 464 \text{ mm}^2$$

Acero

Perfil 60x60x2 mm

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero, se calcula el momento que ejerce la fuerza de 110 kg.

$$M = 1080 * (280 \times 10^{-3})$$

$$M = 302.4 \text{ Nm}$$

Luego, se realiza la sumatoria de momentos en el punto R1.

$$\sum M_{R1} = 0$$

$$-R2x * (95x10^{-3}) - M = 0$$

$$-R2x * (95x10^{-3}) - 302.4 = 0$$

$$R2x = -3183.16 \text{ N}$$

A continuación, se realiza la sumatoria de fuerzas en el eje “y”.

$$\sum Fy = 0$$

$$R1y - F = 0$$

$$R1y - 1080 = 0$$

$$R1y = 1080 \text{ N}$$

Después, se calcula la sumatoria de fuerzas en el eje “x”.

$$\sum Fx = 0$$

$$R2x + R1x = 0$$

$$-3183.16 + R1x = 0$$

$$R1x = 3183.16 \text{ N}$$

Con estos valores, se procede a encontrar los esfuerzos que ocurren en el perfil.

El esfuerzo por flexión se calcula de la siguiente manera.

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_f = \frac{302.4 \times 10^3 * 30}{260458.667}$$

$$\sigma_f = 34.83 \text{ MPa}$$

Por otro lado, el esfuerzo cortante se calcula de la siguiente manera.

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\tau = \frac{3183.16}{464}$$

$$\tau = 6.86 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El factor de seguridad es calculado mediante la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles.

$$\sigma' = \sigma = 34.83 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\eta = \frac{210}{34.83}$$

$$\eta = 6.03$$

Brazo CD

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo, las fuerzas y las reacciones que existen en el perfil. Además, se especifican los datos que se conocen.

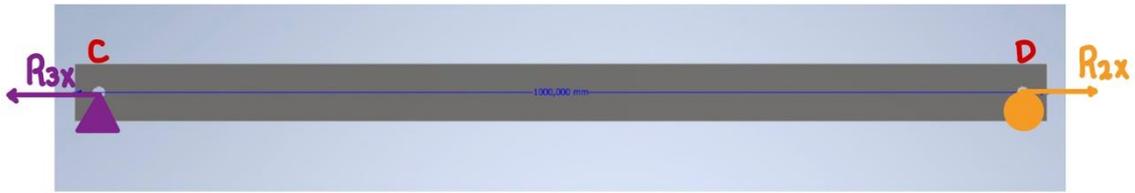


Figura 26. Diagrama de fuerzas en brazo CD

Datos

$$R2x = 3183.16 \text{ N}$$

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$A = 464 \text{ mm}^2$$

Acero

Perfil 60x60x2 mm

$$Sy = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero se realiza la sumatoria de fuerzas en el eje "x".

$$\sum F_x = 0$$

$$-R3x + R2x = 0$$

$$-R3x + 3183.16 = 0$$

$$R3x = 3183.16 \text{ N}$$

Luego, se encuentra el valor del esfuerzo por tensión.

$$\sigma_{t-c} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{t-c} = \frac{3183.16}{464}$$

$$\sigma_{t-c} = 6.86 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El factor de seguridad es calculado mediante la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\eta = \frac{210}{6.86}$$

$$\eta = 30.61$$

Brazo EF

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo, las fuerzas y las reacciones que existen en el perfil. Además, se especifican los datos que se conocen.



Figura 27. Diagrama de cuerpo libre brazo EF

Datos

$$R1x = 3183.16 \text{ N}$$

$$R1y = 1080 \text{ N}$$

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$A = 464 \text{ mm}^2$$

Acero

Perfil 60x60x2 mm

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero se realiza el cálculo para conocer el ángulo que existe en la parte del actuador (KI).

$$\cos \theta = \frac{465 \text{ mm}}{1034.32 \text{ mm}}$$

$$\theta = 63.28^\circ$$

Luego, se realiza la sumatoria de momentos en el punto E para conocer el valor de la reacción del actuador en el eje “y”.

$$\sum M_E = 0$$

$$-1080 * (925 \times 10^{-3}) + R_{ay} * (465 \times 10^{-3}) = 0$$

$$R_{ay} = 2148.38 \text{ N}$$

Luego, se encuentran los valores faltantes de la fuerza del actuador.

$$R_a = \frac{R_{ay}}{\sin(63.28)} = \frac{2148.38}{\sin(63.28)}$$

$$R_a = 2405.22 \text{ N}$$

$$R_{ax} = R_a * \cos(63.28) = 2405.22 * \cos(63.28)$$

$$R_{ax} = 1081.46 \text{ N}$$

Seguido de esto, se realiza la sumatoria de fuerzas en el eje “y”.

$$\sum F_y = 0$$

$$R4y + Ray - R1y = 0$$

$$R4y + 2148.38 - 1080 = 0$$

$$R4y = -1068.38 \text{ N}$$

Después, se realiza la sumatoria de fuerzas en el eje “x”.

$$\sum F_x = 0$$

$$R4x + Rax - R1x = 0$$

$$R4x + 1081.46 - 3183.16 = 0$$

$$R4x = 2101.79 \text{ N}$$

Con estos valores, se procede a encontrar los esfuerzos que ocurren en el perfil.

El esfuerzo por flexión se calcula de la siguiente manera.

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_f = \frac{496.5 \times 10^3 * 30}{260458.667}$$

$$\sigma_f = 57.22 \text{ MPa}$$

El esfuerzo por tensión se calcula con la siguiente fórmula.

$$\sigma_{t-c} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{t-c} = \frac{3183.16}{464}$$

$$\sigma_{t-c} = 6.86 \text{ MPa}$$

Finalmente, el valor del esfuerzo cortante que existe en el brazo EF se calcula a continuación.

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\tau = \frac{1080}{464}$$

$$\tau = 2.33 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El factor de seguridad es calculado mediante la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = (57.22^2 - 57.22(6.86) + 6.86^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 60.94 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\eta = \frac{210}{60.94}$$

$$\eta = 3.44$$

Brazo GH

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo, las fuerzas y las reacciones que existen en el perfil. Además, se especifican los datos que se conocen.

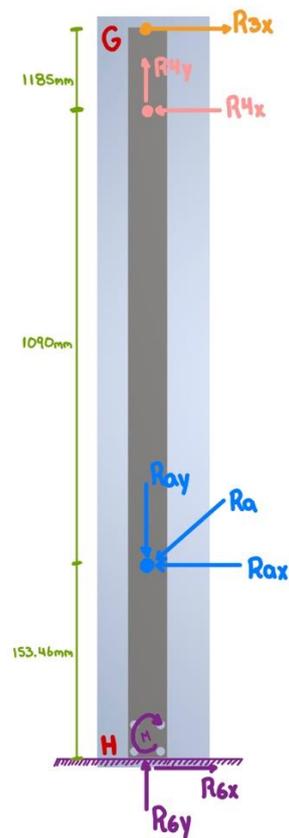


Figura 28. Diagrama de fuerzas columna-brazo GH

Datos

$$R_{4y} = 1068.38 \text{ N}$$

$$R_{4x} = 2101.79 \text{ N}$$

$$R_a = 2405.22 \text{ N}$$

$$R_{ax} = 1081.46 \text{ N}$$

$$R_{ay} = 2148.38 \text{ N}$$

$$R_{3x} = 3183.16 \text{ N}$$

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$A = 464 \text{ mm}^2$$

Acero

Perfil 60x60x2 mm

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero, se realiza la sumatoria de fuerzas en el eje “y”.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{4y} - R_{ay} + R_{6y} = 0$$

$$1068.38 - 2148.38 + R_{6y} = 0$$

$$R_{6y} = 1080 \text{ N}$$

Luego, se calculan las fuerzas en el eje “x”.

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{6x} - R_{4x} - R_{ax} + R_{3x} = 0$$

$$3183.16 - 2101.79 - 1081.46 + R_{6x} = 0$$

$$R_{6x} = -0.1 \text{ N}$$

$$V_{\text{Max}} = 3183.16 \text{ N}$$

$$M_{\text{Max}} = 1080 * (1.238) = 1335.92 \text{ Nm}$$

Con estos valores, se procede a encontrar los esfuerzos que ocurren en el perfil.

El esfuerzo por tensión se calcula de la siguiente manera.

$$\sigma_{t-c} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{t-c} = \frac{1080}{464}$$

$$\sigma_{t-c} = 2.32 \text{ MPa}$$

El esfuerzo por flexión es calculado de la siguiente manera.

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_f = \frac{1335.92 \times 10^3 (30)}{260458.667}$$

$$\sigma_f = 153.87 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El factor de seguridad es calculado mediante la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = (153.87^2 - 153.87(2.32) + 2.32^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 153.87 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\eta = \frac{210}{153.87}$$

$$\eta = 1.36$$

Perfiles laterales de la base

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo y las reacciones que existen en el perfil. Además, se especifican los datos que se conocen.

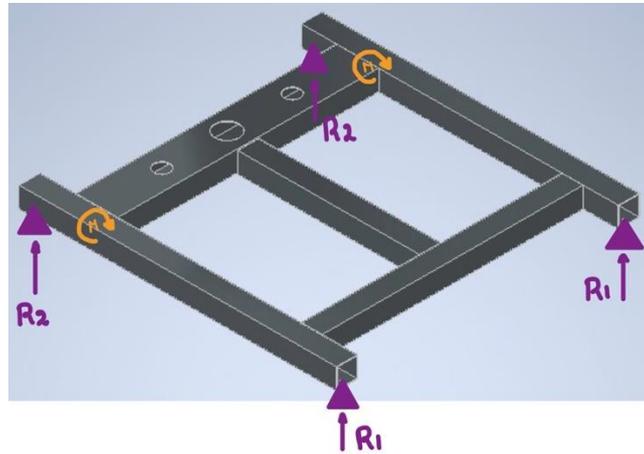


Figura 29. Pefiles laterales de la base

Datos

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$A = 464 \text{ mm}^2$$

Acero

Perfil 60x60x2 mm

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero, se calcula el momento que existe en cada uno de los perfiles.

$$M = 1080 * (400 \times 10^{-3})$$

$$M = 432 \text{ Nm}$$

Luego, se realiza la sumatoria de momentos para determinar el valor de las reacciones.

$$\sum M = 0$$

$$M + R2 * (900 \times 10^{-3}) = 0$$

$$432 + R2 * (900 \times 10^{-3}) = 0$$

$$R2 = -480 \text{ N}$$

$$R1 = 480 \text{ N}$$

Con estos valores, se procede a encontrar los esfuerzos que ocurren en el perfil.

El esfuerzo por flexión se calcula de la siguiente manera.

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_f = \frac{432 \times 10^3 (25)}{260458.667}$$

$$\sigma_f = 49.75 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El factor de seguridad es calculado mediante la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles:

$$\sigma' = \left(\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \sigma_x$$

$$\sigma' = 49.75 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\eta = \frac{210}{49.75}$$

$$\eta = 4.22$$

Perfil central de la base

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo, las fuerzas y las reacciones que existen en el perfil. Además, se especifican los datos que se conocen.

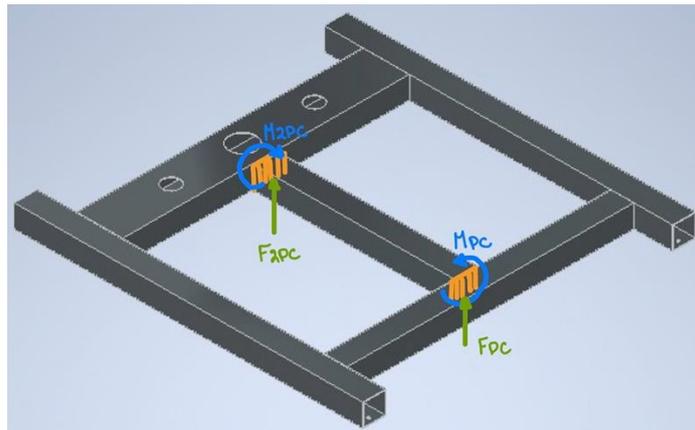


Figura 30: Base principal-Distancia Viga Transversal

Datos

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$I = 462378.667 \text{ mm}^4$$

$$A = 464 \text{ mm}^2$$

Acero

Perfil 60x60x2 mm

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento

Procedimiento

Primero, se calcula el valor de los momentos que existen.

$$M_{pc} = 1080 * (0.520)$$

$$M_{pc} = 561.6 \text{ Nm}$$

$$M_{pc} = M2_{pc} = 561.6 \text{ Nm}$$

Con estos valores, se procede a encontrar los esfuerzos que ocurren en el perfil.

El esfuerzo por flexión se calcula de la siguiente manera.

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_f = \frac{561.6 \times 10^3 (30)}{260458.667}$$

$$\sigma_f = 64.68 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El factor de seguridad es calculado mediante la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \sigma_x$$

$$\sigma' = 64.68 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\eta = \frac{210}{64.68}$$

$$\eta = 3.25$$

Perfil posterior de la base

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo, las fuerzas y las reacciones que existen en el perfil. Además, se especifican los datos que se conocen.

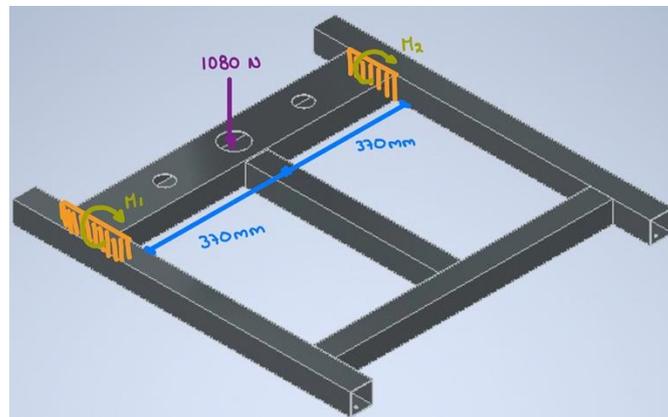


Figura 31. Perfil posterior de la base

Datos

$$F = 1080 \text{ N}$$

Acero

Perfil 120x60x2 mm

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

$$F_1 = F_2 = 540 \text{ N}$$

$$M_1 = M_2 = M$$

Luego, se procede a determinar las condiciones de la curva elástica y encontrar el momento con las ecuaciones que se detallan.

$$x = 0 \text{ cuando } y = 0 \rightarrow C_2 = 0$$

$$\frac{dy}{dx} = 0 \rightarrow C1 = 0$$

$$x = 740 \text{ mm} \rightarrow y = 0$$

$$x = 370 \rightarrow \frac{dy}{dx} = 0$$

$$\text{Ecuación 1: } EI \frac{d^2y}{dx^2} = -M1 - F1x - 1080(x - 370x10^{-3})$$

$$\text{Ecuación 2: } EI \frac{dy}{dx} = -M1x - \frac{F1x^2}{2} - 1080 \left(\frac{x^2}{2} - 3.70x10^{-3}x \right) + C1$$

$$\text{Ecuación 3: } EIy = -\frac{M1x^2}{2} - \frac{F1x^3}{6} - 1080 \left(\frac{x^3}{6} - \frac{3.70x10^{-3}x^2}{2} \right) + C1x + C2$$

Utilizando la ecuación 2 y reemplazando las condiciones iniciales se obtiene lo siguiente.

$$EI \frac{dy}{dx} = -M1x - \frac{F1x^2}{2} - 1080 \left(\frac{x^2}{2} - 3.70x10^{-3}x \right) + C1$$

$$0 = -\frac{M1(740x10^{-3})^2}{2} - \frac{540(740x10^{-3})^3}{6} - 1080 \left(\frac{(0.74)^3}{6} - \frac{3.70x10^{-3}(0.74)^2}{2} \right)$$

$$M1 = -267.17 \text{ Nm}$$

Con estos valores, se procede a encontrar los esfuerzos que ocurren en el perfil.

El esfuerzo por flexión se calcula de la siguiente manera.

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_f = \frac{267.17x10^3(30)}{462378.667}$$

$$\sigma_f = 153.34 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El factor de seguridad es calculado mediante la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \sigma_x$$

$$\sigma' = 153.34 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\eta = \frac{210}{153.34}$$

$$\eta = 1.37$$

Una vez analizada la estructura general se debe realizar los cálculos de los subcomponentes tales como motor, sistema de engranajes, pasadores, eje de giro, entre otros. A continuación, se detallan los respectivos cálculos.

Motor

Para el cálculo del motor es necesario considerar la velocidad de giro máxima que va a tener el sistema. En este caso, la velocidad requerida es de 0.5 rad/s.

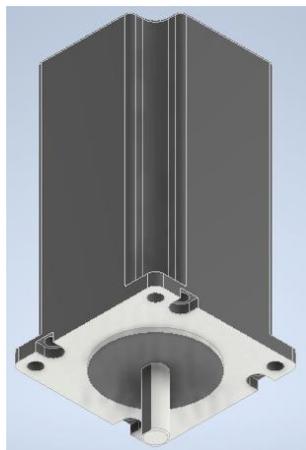


Figura 32. Motor en CAD

Datos

$$\omega = 0.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Ahora, se detalle el procedimiento.

Procedimiento

A continuación, se calcula el torque necesario del motor para la velocidad detallada previamente.

$$\sum T = I\alpha$$

$$T = (I_1\alpha) + (I_2\alpha) + (I_3\alpha) + (I_4\alpha)$$

$$T = \alpha(I_1 + I_2 + I_3 + I_4)$$

$$T = 0.5 * (17.89)$$

$$T = 8.94 \text{ Nm}$$

Sistema de engranajes

Para el sistema de engranajes se va a requerir un sistema donde se cumpla la relación 11/20.



Figura 33. Sistema de engranajes

Este sistema se utiliza como sistema reductor donde la velocidad va a disminuir y el torque será mayor. Los datos son los siguientes.

Datos

$$Z2 = 40; Z1 = 22$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

$$T2 = T1 * \frac{Z1}{Z2}$$

$$T2 = 8.94 * \left(\frac{22}{40}\right)$$

$$T2 = 4.91 \text{ Nm}$$

Eje de giro

En esta parte se va a determinar el factor de seguridad que tiene el componente denominado “eje de giro” de 50 mm de diámetro de acero.

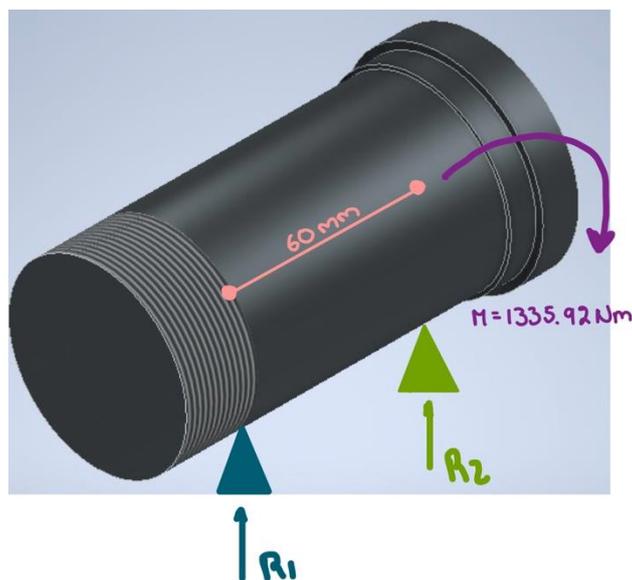


Figura 34. Eje de giro

Datos

$$M = 1335.92 \text{ Nm}$$

$$R1 = 0.1 \text{ N}$$

Acero

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero, se realiza la sumatoria de momentos para determinar el valor de R2.

$$\sum M_A = 0$$

$$-M + R2 * (60 \times 10^{-3}) = 0$$

$$R2 = 22265.33 \text{ N}$$

Luego, se calcula el esfuerzo por flexión que existe en el eje de giro.

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_f = \frac{1335.92 \times 10^3 (25)}{\frac{1}{4} \pi (25)^4}$$

$$\sigma_f = 108.86 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El factor de seguridad es calculado mediante la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \sigma_x$$

$$\sigma' = 108.86 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\eta = \frac{210}{108.86}$$

$$\eta = 1.93$$

Sistema de anclajes

El sistema de anclajes va a comportarse de la misma manera que el eje de giro por lo que el procedimiento es el mismo. Se va a determinar el factor de seguridad para los anclajes de acero.

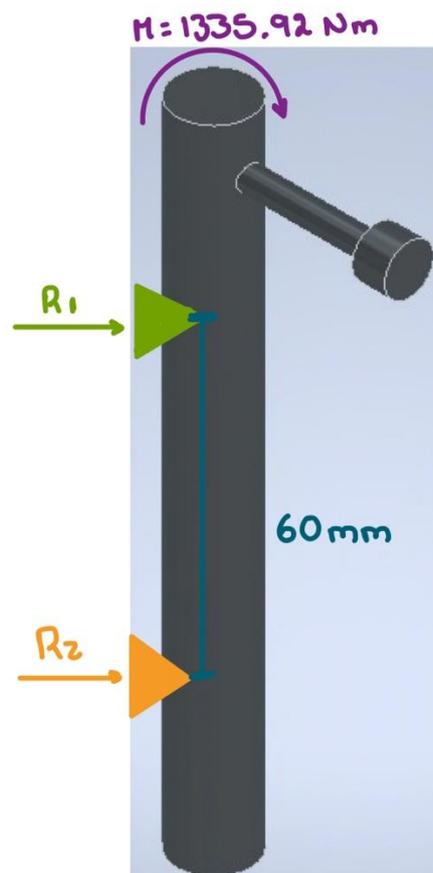


Figura 35. Sistema de anclajes

Datos

$$M = 1335.92 \text{ Nm}$$

Acero

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero, se realiza la sumatoria de momentos para determinar el valor de R2.

$$\sum M_1 = 0$$

$$-M + R_2 * (60 \times 10^{-3}) = 0$$

$$R_2 = 22265.33 \text{ N}$$

Luego, se calcula el valor del esfuerzo por flexión que existe en los sistemas de anclajes.

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_f = \frac{1335.92 \times 10^3 (22.5)}{\frac{1}{4} \pi (22.5)^4}$$

$$\sigma_f = 149.33 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El factor de seguridad es calculado mediante la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \sigma_x$$

$$\sigma' = 149.33 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\eta = \frac{210}{149.33}$$

$$\eta = 1.41$$

Velocidad de la silla bajada/subida

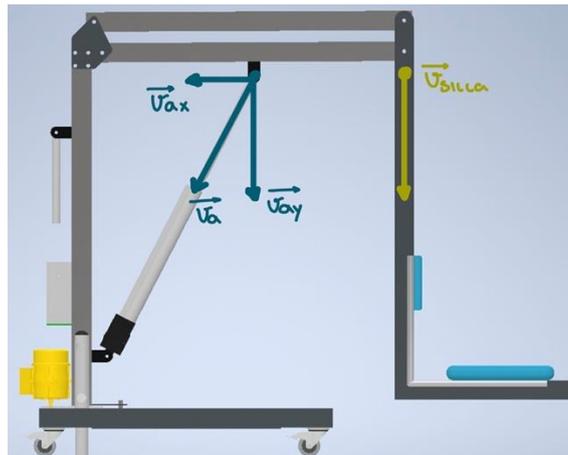


Figura 36. Velocidades del sistema

Considerando el sistema se puede afirmar que la velocidad máxima de bajada de la silla va a ser igual a la velocidad en la componente “y” del actuador.

Datos

$$V_{actuador} = 4 \frac{mm}{s}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Se calcula los valores de las componentes de la velocidad del actuador para conocer la velocidad a la que va a bajar la silla.

$$V_{xactuador} = 4 \cos 61.20 = 1.93 \frac{mm}{s}$$

$$Vy_{actuador} = 4 \text{sen}61.20 = 3.51 \frac{mm}{s}$$

$$Vy_{actuador} = V_{silla} = 3.51 \frac{mm}{s}$$

Rodamientos

Para el cálculo de rodamientos es necesario conocer los valores de la fuerza radial, fuerza axial y velocidad de giro. Además, es necesario considerar ciertos valores que se encuentran en tablas del libro “Diseño en ingeniería mecánica” de Shigley.

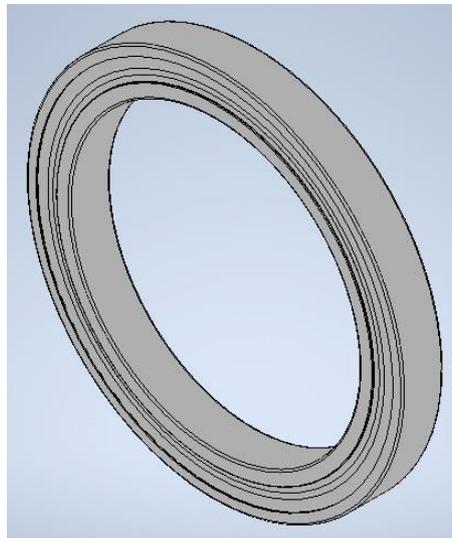


Figura 37. Rodamiento en CAD

Datos

$$n = 0.5 \frac{rad}{s} = 4.77 \text{ rpm}$$

$$F_{radial} = 0.1 \text{ N}$$

$$F_{Axial} = 1080 \text{ N}$$

El siguiente dato se obtiene de la tabla indicada. Este valor corresponde al factor de carga que en este caso es engranajes de precisión.

Tipo de aplicación	Factor de carga
Engranajes de precisión	1.0-1.1
Engranajes comerciales	1.1-1.3
Aplicaciones con sellos deficientes en los cojinetes	1.2
Maquinaria sin impactos	1.0-1.2
Maquinaria con impactos ligeros	1.2-1.5
Maquinaria con impactos moderados	1.5-3.0

$$a_f = 1.1$$

Para el siguiente dato se debe considerar la tabla que se muestra a continuación considerando $\frac{F_a}{C_0} = 0.070$. Estos valores son dependientes de la geometría del rodamiento.

F_a/C_0	e	$F_a/(VF_i) \leq e$		$F_a/(VF_i) > e$	
		X_1	Y_1	X_2	Y_2
0.014*	0.19	1.0	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.0	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.0	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.0	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.0	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.0	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.0	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.0	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.0	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.0	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.0	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.0	0	0.56	1.00

* Utilice 0.014 si $F_a/C_0 < 0.014$.

$$X_i = 0.56$$

$$Y_i = 1.63$$

Finalmente, se debe considerar el valor de “V” para un rodamiento autoalineante.

$$V = 1$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero, se calcula el valor de la fuerza equivalente.

$$F_e = X_i V F_r + Y_i F_A$$

$$F_e = (0.56 * 1 * 0.1) + (1.63 * 1080)$$

$$F_e = 1760.456 \text{ N}$$

Luego, es necesario encontrar el valor de la carga nominal del catálogo C_{10} considerando la siguiente fórmula.

$$C_{10} = a_f F_D \left(\frac{X_D}{X_D + (\theta - X_O)(1 - R_D)^b} \right)^{\frac{1}{a}}$$

Para poder aplicar la fórmula detallada es importante conocer datos obtenidos del libro mencionado anteriormente. El primer valor hace referencia a la vida en horas del rodamiento. En este caso se utilizará rodamientos donde se tendrá una máquina de servicio intermitente donde la operación confiable es de gran importancia.

Tipo de aplicación	Vida, kh
Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente	Hasta 0.5
Motores de aeronaves	0.5-2
Máquinas de operación corta o intermitente, donde la interrupción del servicio resulta de poca importancia	4-8
Máquinas de servicio intermitente donde una operación confiable es de gran importancia	8-14
Máquinas para servicio de 8 h, que no siempre se usan completamente	14-20
Máquinas para servicio de 8 h, que se utilizan plenamente	20-30
Máquinas para servicio continuo las 24 h	50-60
Máquinas para un servicio continuo de 24 h, donde la confiabilidad es de suma importancia	100-200

$$L = 8000 \text{ horas}$$

Después, se encuentra el valor de los ciclos de vida deseados con la siguiente fórmula.

$$L_D = 60nL$$

$$L_D = 60 * (4.77) * (8000)$$

$$L_D = 2.28 \times 10^6 \text{ ciclos}$$

Como siguiente paso, se considera la tabla mostrada a continuación para conocer la vida nominal en horas del fabricante, el valor garantizado o mínimo de la variante (X_o) y otros parámetros.

$$L_R = 10^6$$

Fabricante	Vida nominal, revoluciones	Parámetros de Weibull de vidas nominales		
		x_o	θ	b
1	$90(10^6)$	0	4.48	1.5
2	$1(10^6)$	0.02	4.459	1.483

$$X_o = 0.02$$

$$\theta = 4.459$$

$$b = 1.483$$

Se determina también que el factor de confiabilidad va a ser del 95%.

$$R_D = 95\%$$

Con estos datos se determina el valor de X_D .

$$X_D = \frac{L_D}{L_R}$$

$$X_D = \frac{2.28 \times 10^6}{10^6}$$

$$X_D = 2.28$$

Es importante mencionar que en este caso el valor de a va a ser de 3 debido a que se utiliza rodamientos de bolas. Con estos detalles el valor de C_{10} sería:

$$C_{10} = (1.1)(1760.456) \left(\frac{2.28}{2.28 + (4.459 - 0.02)(1 - 0.95)^{\frac{1}{1.483}}} \right)^{\frac{1}{a}}$$

$$C_{10} = 1793.74 \text{ N} = 1.79 \text{ kN}$$

Considerando este valor se puede determinar los rodamientos necesarios de la tabla que se muestra a continuación.

Diámetro interior, mm	DE, mm	Ancho, mm	Radio del entalle, mm	Diámetro del hombro, mm		Clasificaciones de carga, kN			
				d_s	d_h	Ranura profunda		Contacto angular	
						C_{10}	C_0	C_{10}	C_0
10	30	9	0.6	12.5	27	5.07	2.24	4.94	1.12
12	32	10	0.6	14.5	28	6.89	3.10	7.02	3.05
15	35	11	0.6	17.5	31	7.80	3.55	8.06	3.65
17	40	12	0.6	19.5	34	9.56	4.50	9.95	4.75
20	47	14	1.0	25	41	12.7	6.20	13.3	6.55
25	52	15	1.0	30	47	14.0	6.95	14.8	7.65
30	62	16	1.0	35	55	19.5	10.0	20.3	11.0
35	72	17	1.0	41	65	25.5	13.7	27.0	15.0
40	80	18	1.0	46	72	30.7	16.6	31.9	18.6
45	85	19	1.0	52	77	33.2	18.6	35.8	21.2
50	90	20	1.0	56	82	35.1	19.6	37.7	22.8
55	100	21	1.5	63	90	43.6	25.0	46.2	28.5
60	110	22	1.5	70	99	47.5	28.0	55.9	35.5
65	120	23	1.5	74	109	55.9	34.0	63.7	41.5
70	125	24	1.5	79	114	61.8	37.5	68.9	45.5
75	130	25	1.5	86	119	66.3	40.5	71.5	49.0
80	140	26	2.0	93	127	70.2	45.0	80.6	55.0
85	150	28	2.0	99	136	83.2	53.0	90.4	63.0
90	160	30	2.0	104	146	95.6	62.0	106	73.5
95	170	32	2.0	110	156	108	69.5	121	85.0

En conclusión, los rodamientos necesarios son:

Angular contact

Diámetro interior = 10 mm

Diámetro exterior = 30 mm

Ancho = 9 mm

$C_{10} = 4.94 \text{ kN}$

$C_0 = 1.12 \text{ kN}$

Cabe recalcar que, a pesar de requerir estos rodamientos para que el giro sea seguro, se deben utilizar rodamientos de diámetro interior mínimo igual a 50 mm debido a que el eje de giro debe encajar perfectamente.

Fatiga del eje de giro

En este punto se va a calcular la fatiga que sufre el componente más crítico; es decir, el eje de giro.



Figura 38. Eje de giro a fatiga

Datos

Acero

$$S_{ut} = 240 \text{ MPa} = 34.81 \text{ kpsi}$$

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

$$T = 4.472 \text{ Nm}$$

$$D = 50 \text{ mm}$$

$$d = 49 \text{ mm}$$

$$r = 0.5 \text{ mm}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero, se debe calcular el T máximo y el σ_x .

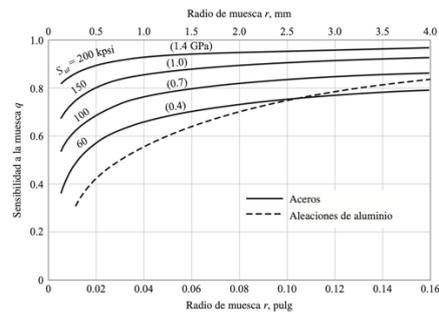
$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J} = \frac{4.472 \times 10^3 \left(\frac{49}{2}\right)}{\pi \left(\frac{49^4}{32}\right)}$$

$$\tau_{max} = 0.19 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t-cx} = \frac{F}{A} = \frac{1080}{\pi \left(\frac{49^4}{32} \right)}$$

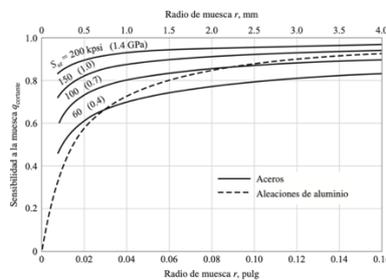
$$\sigma_{t-cx} = 0.57 \text{ MPa}$$

Para el siguiente paso, es importante obtener algunos datos de figuras ya establecidas. El valor de sensibilidad de la muesca es el siguiente.



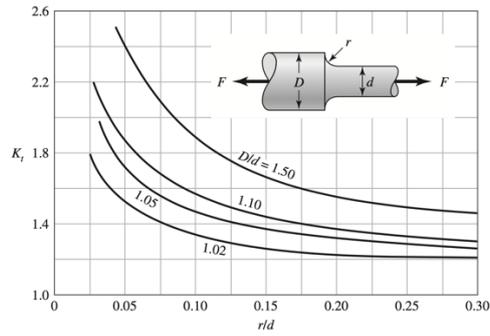
$$q = 0.5$$

Por otro lado, el valor de sensibilidad de la muesca a cortante es el siguiente.

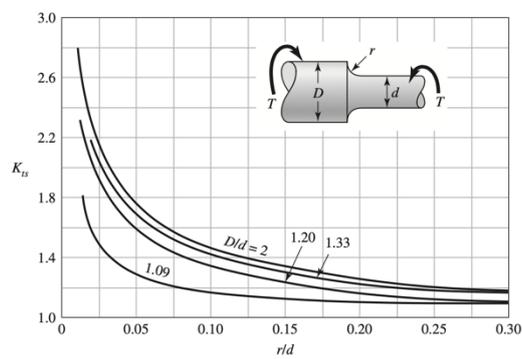


$$q_s = 0.52$$

También se debe considerar el factor de concentración del esfuerzo estático (k_t) y el factor de concentración del esfuerzo cortante estático (k_{ts}).



$$k_t = 2.8$$



$$k_{ts} = 2.7$$

Ahora, se calcula el factor de concentración del esfuerzo por fatiga y su respectivo esfuerzo.

$$k_f = 1 + q(k_t - 1)$$

$$k_f = 1 + 0.5(2.8 - 1)$$

$$k_f = 1.9$$

$$\sigma_{aconc} = k_f * \sigma_x$$

$$\sigma_{aconc} = 1.9 * 0.57$$

$$\sigma_{aconc} = 1.083 \text{ MPa}$$

Luego, se encuentra el factor de concentración del esfuerzo cortante por fatiga y su respectivo esfuerzo.

$$k_{fs} = 1 + q_s(k_{ts} - 1)$$

$$k_{fs} = 1 + 0.52(2.7 - 1)$$

$$k_{fs} = 1.884$$

$$T_{Mconc} = k_{fs} * T_M$$

$$T_{Mconc} = 1.884 * 0.19$$

$$T_{Mconc} = 0.37 \text{ MPa}$$

Para el siguiente paso es importante considerar y determinar los factores modificadores de diseño.

$$\text{Factor de superficie: } k_a = aS_{ut}^b = 4.51(240)^{-0.265} = 0.98$$

$$\text{Factor de tamaño: } k_b = 1.24d^{-0.107} = 1.24(49)^{-0.107} = 0.81$$

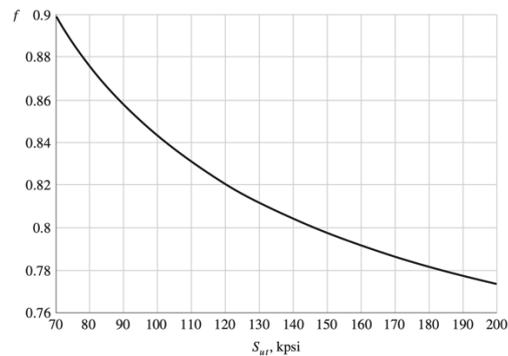
$$\text{Factor de carga por flexión: } k_c = 1$$

$$\text{Factor de temperatura: } k_d = 1$$

$$\text{Factor de confiabilidad al 95\%: } k_e = 0.868$$

$$\text{Factores de efectos varios: } k_f = 1$$

Además, se debe considerar la fracción de resistencia a la fatiga considerando la siguiente figura.



$$f = 0.9$$

Luego, se calcula el límite de resistencia a la fatiga en rotación.

$$Se' = 0.5Sut = 120 \text{ MPa}$$

Después, se utiliza la ecuación de Marín para encontrar el límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica y se calcula el σ reversible.

$$Se = ka * kb * kc * kd * ke * kf * Se'$$

$$Se = 82.68 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{(fSut)^2}{Se} = \frac{(0.9(240))^2}{82.68} = 564.29$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{(fSut)^2}{Se} = -\frac{1}{3} \log \frac{(0.9(240))^2}{82.68} = -0.139$$

$$\sigma_{rev} = aN^b = 564.29 * (2 \times 10^6)^{-0.139}$$

$$\sigma_{rev} = 75.10 \text{ MPa}$$

Finalmente, se encuentra el esfuerzo de Von Mises para carga axial, torsión y flexión.

$$\sigma'_a = \left(\left(\sigma_{aconc-flexion} + \frac{\sigma_{aconc-axial}}{0.85} \right)^2 + 3(T_{aconc})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma'_a = \left(\left(\frac{1.083}{0.85} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} = 1.27 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_M = (3(0.37)^2)^{\frac{1}{2}} = 0.64 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

El factor de seguridad es calculado mediante la teoría de Goodman:

$$\eta = \frac{1}{\frac{\sigma'_a}{\sigma_{rev}} + \frac{\sigma'_M}{S_{ut}}}$$

$$\eta = \frac{1}{\frac{1.27}{75.10} + \frac{0.64}{240}}$$

$$\eta = 51.08$$

Pasadores brazo AB-EF

En este apartado se analiza el comportamiento que van a tener los pasadores que se encuentran en la placa de unión de los brazos AB y EF.

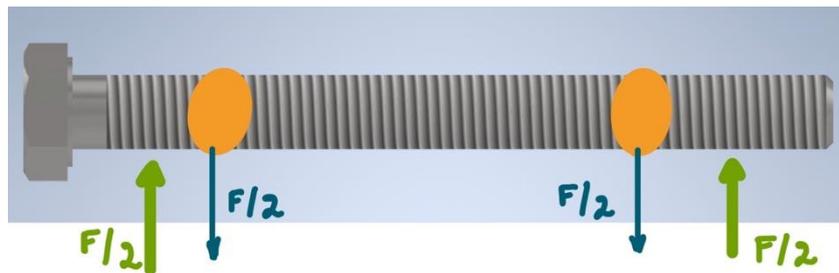


Figura 39. Pasadores brazo AB-EF

Datos

Acero inoxidable 304

$$S_y = 230 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Como primer punto, se analiza el área de los pasadores.

$$A = \pi * r^2 = \pi * 5^2$$

$$A = 78.54 \text{ mm}^2$$

Luego, se encuentra el esfuerzo cortante al que van a estar sometidos.

$$\tau = \frac{F}{2\pi r^2} = \frac{1080}{2\pi(5)^2}$$

$$\tau = 6.87 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

Finalmente, se calcula el factor de seguridad.

$$\eta = \frac{S_y}{T} = \frac{230}{6.87}$$

$$\eta = 33.48$$

Pasadores brazo GH-EF

En este apartado se analiza el comportamiento que van a tener los pasadores que se encuentran en la placa de unión de los brazos GH y EF.

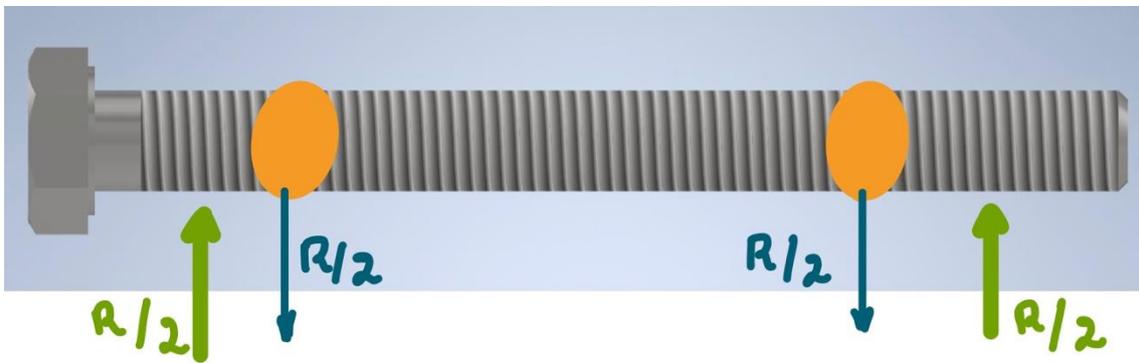


Figura 40. Pasadores brazo GH-EF

Datos

Acero inoxidable 304

$$S_y = 230 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

$$A = \pi * r^2 = \pi * 5^2$$

$$A = 78.54 \text{ mm}^2$$

Luego, se encuentra el esfuerzo cortante al que van a estar sometidos.

$$\tau = \frac{F}{2\pi r^2} = \frac{1068.38}{2\pi(5)^2}$$

$$\tau = 6.80 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

Finalmente, se calcula el factor de seguridad.

$$\eta = \frac{S_y}{\tau} = \frac{230}{6.80}$$

$$\eta = 33.81$$

Placas de unión CEG / agujeros superiores

Es necesario realizar el análisis de la placa de unión CEG. En este punto se analizan los agujeros superiores que se unen a los brazos CD y EF.

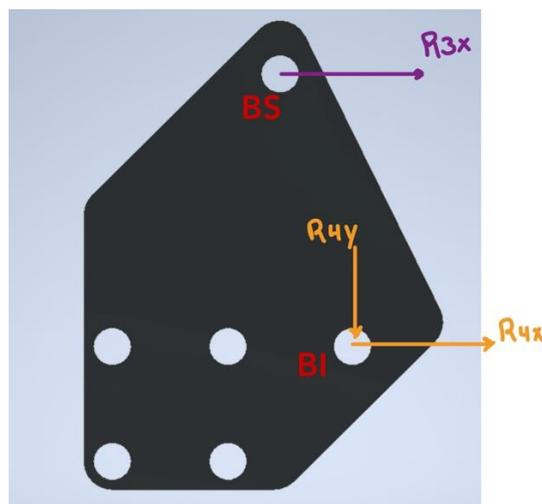


Figura 41. Placas de unión CEG

Primero, se realiza el análisis del agujero que se une con el brazo CD.

- **Agujero BS**

Datos

Acero

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

El procedimiento es el siguiente.

Procedimiento

Se calcula el esfuerzo que va a soportar el agujero.

$$\sigma_b = \frac{\frac{P1}{2}}{A} = \frac{1591.57}{4 * 10}$$

$$\sigma_b = 39.78 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

Finalmente, se calcula el factor de seguridad respectivo.

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_b} = \frac{210}{39.78}$$

$$\eta = 5.28$$

Por otro lado, se realiza el análisis del agujero que se une con el brazo EF.

- **Agujeros BI**

Datos

Acero

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

El procedimiento es el siguiente.

Procedimiento

Se calcula el esfuerzo que va a soportar el agujero.

$$\sigma_b = \frac{P2}{A} = \frac{1068.38}{4 * 10}$$

$$\sigma_b = 13.36 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

Finalmente, se calcula el factor de seguridad respectivo.

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_b} = \frac{210}{13.36}$$

$$\eta = 15.72$$

Placas de unión brazo AB

También se necesita realizar el análisis de la placa de unión del brazo AB. En este punto se analizan los agujeros superiores que se unen a los brazos CD y EF.

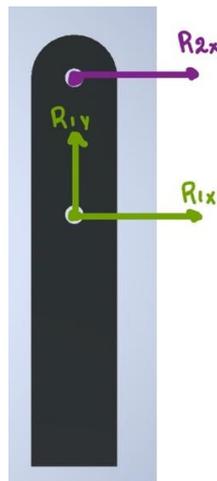


Figura 42. Placas de unión brazo AB

Datos

Acero

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

A continuación, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Se calcula el esfuerzo que van a soportar los agujeros.

$$\sigma_b = \frac{P}{\bar{Z}} = \frac{540}{4 * 10}$$

$$\sigma_b = 13.5 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

Finalmente, se calcula el factor de seguridad respectivo.

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_b} = \frac{210}{13.5}$$

$$\eta = 15.55$$

Placas de unión CEG / agujeros inferiores

Ahora, se analiza los agujeros inferiores de la placa de unión CEG. En estos cálculos es necesario considerar las fuerzas en el eje “x” y las fuerzas en el eje “y”.

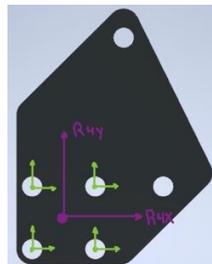


Figura 43. Placas de unión CEG

Datos

Acero

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

$$R_{4y} = 1068.38 \text{ N}$$

$$R_{4x} = 2101.79 \text{ N}$$

Primero, se calcula el esfuerzo y el factor de seguridad considerando las fuerzas en el eje “y”

Procedimiento considerando R4y

$$\tau = \frac{F}{2A} = \frac{1068.38}{2(78.54)}$$

$$\tau = 1.69 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad considerando R4y

$$\eta = \frac{S_y}{T} = \frac{210}{1.69}$$

$$\eta = 124.26$$

Luego, se realiza el cálculo considerando las fuerzas en el eje “x”

Procedimiento considerando R4x

$$\tau = \frac{F}{2A} = \frac{2101.79}{2(78.54)}$$

$$\tau = 3.34 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad considerando R4x

$$\eta = \frac{S_y}{\tau} = \frac{210}{3.34}$$

$$\eta = 62.87$$

Cálculos en la posición dentro de la piscina

Para entender de mejor manera el procedimiento de los cálculos realizados en la posición dentro de la piscina se establece una nomenclatura para cada una de las uniones y perfiles, como se muestra a continuación.

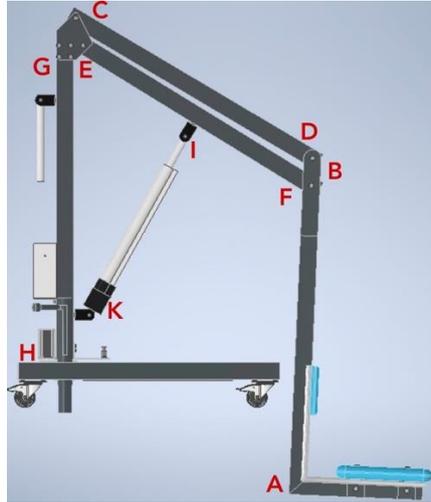


Figura 44: Nomenclatura de perfiles

Como se mencionó anteriormente, el peso máximo que va a soportar la grúa es de 110 kg o lo que equivale a 1080 N. Por lo que este requerimiento será necesario en los cálculos estáticos, cálculos de esfuerzos y factores de seguridad. Cabe recalcar que, en este caso, se determinará únicamente el factor de seguridad en el brazo GH que es el perfil más crítico.

Brazo AB con silla

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo, las fuerzas y las reacciones que existen en el perfil. Además, se especifican los datos que se conocen.

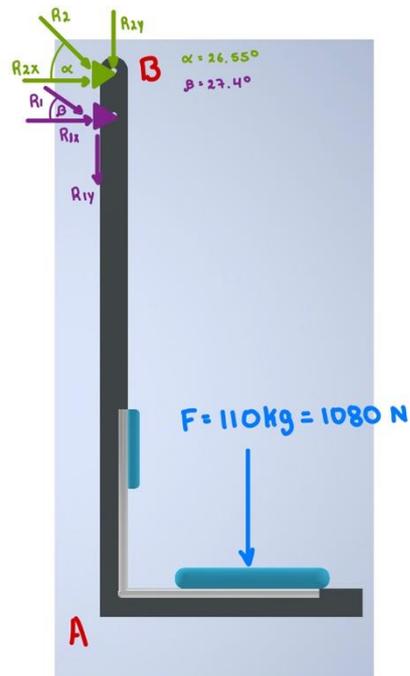


Figura 45. Brazo AB con silla dentro de la piscina

Datos

$$F = 1080 \text{ N} = 110 \text{ kg}$$

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$A = 464 \text{ mm}^2$$

Acero

Perfil 60x60x2 mm

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero, se debe determinar los valores de los ángulos de los brazos CD y EF.

$$\alpha = 26.55$$

$$\beta = 27.4$$

Luego, se calcula el valor del momento que ejerce la fuerza de 1080 N.

$$M = 1080 * (280 \times 10^{-3})$$

$$M = 302.4 \text{ Nm}$$

Seguido, se realiza la sumatoria de momentos para encontrar el valor de R1.

$$\sum M_F = 0$$

$$-M + R1x(95 \times 10^{-3}) = 0$$

$$-302.4 + R1x(95 \times 10^{-3}) = 0$$

$$-302.4 + R1 \cos (27.4)(95 \times 10^{-3}) = 0$$

$$R1 = 3585.38 \text{ N}$$

Con la ayuda de los ángulos se determinan los componentes en el punto 1.

$$R1y = R1 * \sin (27.4)$$

$$R1y = 3583.38 * \sin (27.4)$$

$$R1y = 1650 \text{ N}$$

$$R1x = R1 \cos (27.4)$$

$$R1x = 3585.38 * \cos (27.4)$$

$$R1x = 3183.15 \text{ N}$$

Después, se realiza la sumatoria de fuerzas en los ejes “x” y “y”.

$$\sum F_x = 0$$

$$R2x + R1x = 0$$

$$3183.15 + R2x = 0$$

$$R2x = -3183.15 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$-R2y - F - R1y = 0$$

$$-R2y - 1080 - 1650 = 0$$

$$R2y = -2730 \text{ N}$$

Ahora, se encuentran los valores restantes del punto 2.

$$R2y = R2 \sin (26.55)$$

$$R2 = -2730 / \sin (26.55)$$

$$R2 = -6107.67 \text{ N}$$

Brazo CD

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo, las fuerzas y las reacciones que existen en el perfil. Además, se especifican los datos que se conocen.

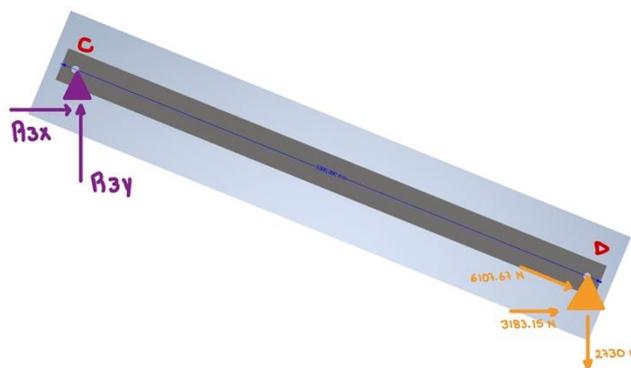


Figura 46: Diagrama de fuerzas en brazo CD

Datos

$$R2x = 3183.15 \text{ N}$$

$$R2y = 2730 \text{ N}$$

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$A = 464 \text{ mm}^2$$

Acero

Perfil 60x60x2 mm

$$Sy = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Se debe realizar la sumatoria en el eje “x” y en el eje “y” para encontrar los valores de las reacciones.

$$\sum F_x = 0$$

$$R3x + R2x = 0$$

$$R3x + 3183.15 = 0$$

$$R3x = -3183.15 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-R2y + R3y = 0$$

$$-2730 + R3y = 0$$

$$R3y = 2730 \text{ N}$$

Brazo EF

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo, las fuerzas y las reacciones que existen en el perfil. Además, es importante mencionar los datos que se conocen y que, debido a la cantidad de incógnitas, se utiliza la fuerza del actuador evaluada en la posición más crítica.

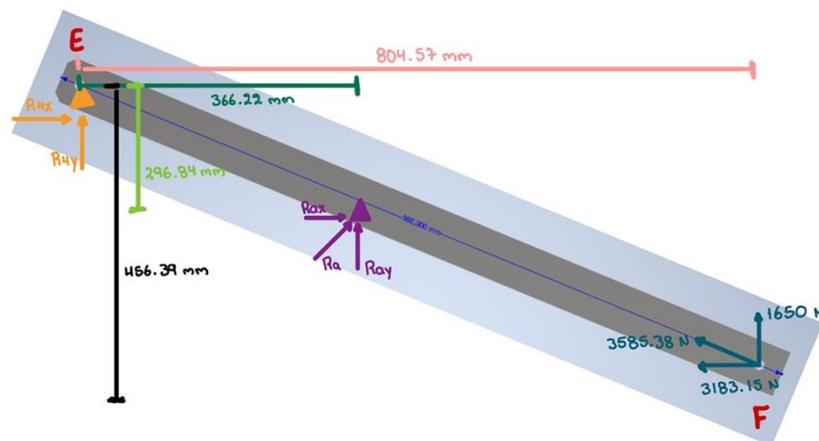


Figura 47: Diagrama de cuerpo libre brazo EF

Datos

$$R1x = 3183.16 \text{ N}$$

$$R1y = 1650 \text{ N}$$

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$A = 464 \text{ mm}^2$$

Acero

Perfil 60x60x2 mm

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Se realiza la sumatoria de fuerzas en los distintos ejes para conocer el valor de las reacciones en el punto 4.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{1y} + R_{ay} + R_{4y} = 0$$

$$1650 + 2107.71 + R_{4y} = 0$$

$$R_{4y} = -3757.71 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-R_{1x} + R_{ax} - R_{4x} = 0$$

$$-3183.15 + 1158.72 + R_{4x} = 0$$

$$R_{4x} = 2024.43 \text{ N}$$

Brazo GH

Como primer punto, se debe establecer los puntos de apoyo, las fuerzas y las reacciones que existen en el perfil. Además, se especifican los datos que se conocen.

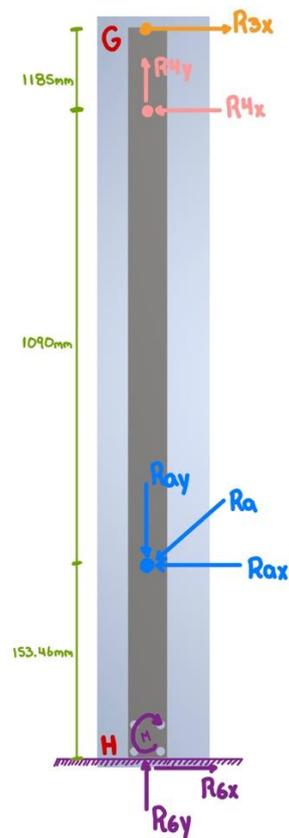


Figura 48. Brazo GH dentro de la piscina

Datos

$$R4y = 3757.71 \text{ N}$$

$$R4x = 2024.43 \text{ N}$$

$$Ra = 2405.22 \text{ N}$$

$$Rax = 1158.72 \text{ N}$$

$$Ray = 2107.71 \text{ N}$$

$$R3x = 3183.15 \text{ N}$$

$$R3y = 2730 \text{ N}$$

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$I = 260458.667 \text{ mm}^4$$

$$A = 464 \text{ mm}^2$$

Acero

Perfil 60x60x2 mm

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Ahora, se detalla el procedimiento.

Procedimiento

Primero, se realiza la sumatoria de fuerzas en los diferentes ejes para conocer las reacciones que existen.

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_{3y} + R_{4y} - R_{ay} + R_{6y} = 0$$

$$-2730 + 3757.71 - 2107.71 + R_{6y} = 0$$

$$R_{6y} = 131.01 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{6x} - R_{4x} - R_{ax} + R_{3x} = 0$$

$$R_{6x} - 2024.43 - 1158.72 + 3183.15 = 0$$

$$R_{6x} = 0 \text{ N}$$

Luego, se analizan los esfuerzos a los que va a estar sometido el brazo GH. El esfuerzo por tensión es el siguiente.

$$\sigma_{t-c} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{t-c} = \frac{131.01}{464}$$

$$\sigma_{t-c} = 0.28 \text{ MPa}$$

Por otro lado, el valor del esfuerzo por flexión es el siguiente.

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_f = \frac{1195.35 \times 10^3 (30)}{260458.667}$$

$$\sigma_f = 137.68 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

Finalmente, el factor de seguridad es calculado mediante la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles.

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = (137.68^2 - 137.68(0.28) + 0.28^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 137.54 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$\eta = \frac{210}{137.54}$$

$$\eta = 1.52$$

En esta posición, comparando con la posición de 90°, el perfil más crítico (brazo GH) aumenta su factor de seguridad por lo que los demás componentes también tendrán

un factor de seguridad mayor. Esta es la razón por la que no se realiza el análisis de todos los componentes debido a que no fallará.

Análisis de soldadura

Dentro de esta parte de análisis, se procederá a observar y analizar las diferentes juntas soldadas dentro de la estructura de la grúa híbrida. Especialmente en los puntos más críticos de la misma, siendo esta la parte de suelda de la base y juntas entre brazos y placas.

Type of Loading	Type of Weld	Permissible Stress	n^*
Tension	Butt	$0.60S_y$	1.67
Bearing	Butt	$0.90S_y$	1.11
Bending	Butt	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Simple compression	Butt	$0.60S_y$	1.67
Shear	Butt or fillet	$0.30S_{ut}^{\dagger}$	

Figura 49: Esfuerzos permitidos de acuerdo con el tipo de carga sometida (Shigleys, 2015)

Con respecto a todo el sistema, existen varias juntas soldadas para mantener una seguridad entre las uniones de diversos componentes, se determinarán cuáles son los puntos críticos de la soldadura.

Selección de puntos críticos.

- Uniones de Placas y Brazo AB

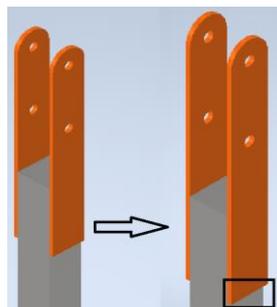


Figura 50: Esquema junta soldada con placas y brazo AB

Valores y condiciones por asumir:

Mediante las dimensiones establecidas de los materiales a soldar en la junta entre las placas de unión y el brazo AB, se tomará la medida adecuada para el proceso de soldadura y el tipo de electrodo a utilizarse.

Tabla 21: Esfuerzos permitidos según el material escogido y el espesor del cordón

Schedule A: Allowable Load for Various Sizes of Fillet Welds								Schedule B: Minimum Fillet Weld Size, <i>h</i>																	
Strength Level of Weld Metal (EXX)																									
	60*	70*	80	90*	100	110*	120																		
Allowable shear stress on throat, ksi (1000 psi) of fillet weld or partial penetration groove weld																									
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0																		
Allowable Unit Force on Fillet Weld, kip/linear in																									
$^1f =$	12.73 <i>h</i>	14.85 <i>h</i>	16.97 <i>h</i>	19.09 <i>h</i>	21.21 <i>h</i>	23.33 <i>h</i>	25.45 <i>h</i>																		
Leg Size <i>h</i> , in	Allowable Unit Force for Various Sizes of Fillet Welds kip/linear in																								
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45																		
7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27																		
3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09																		
5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91																		
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73																		
7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14																		
3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54																		
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95																		
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36																		
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77																		
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18																		
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59																		
<small>*Fillet welds actually tested by the joint AISC-AWS Task Committee. ¹<i>f</i> = 0.707<i>h</i> τ_{all}.</small>																									
								<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Material Thickness of Thicker Part Joined, in</th> <th>Weld Size, in</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*To 1/4 incl.</td> <td>1/8</td> </tr> <tr> <td>Over 1/4 To 1/2</td> <td>3/16</td> </tr> <tr> <td>Over 1/2 To 3/4</td> <td>1/4</td> </tr> <tr> <td>[†]Over 3/4 To 1 1/2</td> <td>5/16</td> </tr> <tr> <td>Over 1 1/2 To 2 1/4</td> <td>3/8</td> </tr> <tr> <td>Over 2 1/4 To 6</td> <td>1/2</td> </tr> <tr> <td>Over 6</td> <td>5/8</td> </tr> </tbody> </table>		Material Thickness of Thicker Part Joined, in	Weld Size, in	*To 1/4 incl.	1/8	Over 1/4 To 1/2	3/16	Over 1/2 To 3/4	1/4	[†] Over 3/4 To 1 1/2	5/16	Over 1 1/2 To 2 1/4	3/8	Over 2 1/4 To 6	1/2	Over 6	5/8
Material Thickness of Thicker Part Joined, in	Weld Size, in																								
*To 1/4 incl.	1/8																								
Over 1/4 To 1/2	3/16																								
Over 1/2 To 3/4	1/4																								
[†] Over 3/4 To 1 1/2	5/16																								
Over 1 1/2 To 2 1/4	3/8																								
Over 2 1/4 To 6	1/2																								
Over 6	5/8																								
<small>Not to exceed the thickness of the thinner part. *Minimum size for bridge application does not go below 3/16 in. [†]For minimum fillet weld size, schedule does not go above 3/16 in fillet weld for every 1/2 in material.</small>																									

Se tomó como el tamaño mínimo del filete de 1/8 in, debido a que el espesor de la placa utilizada tiene una medida de 4/25 in. Para reforzar la soldadura utilizada, consideraremos que el tamaño del filete será de 4/25 in.

Mediante esta condición, procederemos a calcular los esfuerzos generados en la soldadura. Además, estas cargas no serán cíclicas, por lo cual, no se tomará en cuenta cálculos de fatiga.

Mediante la fórmula 9.3 del libro de Shingley, se calcula el esfuerzo presente dentro de la junta soldada con las fuerzas previamente analizadas en el brazo AB (véase Fig.5)

$$\tau = \frac{P}{0.707 hl}$$

Donde:

P = Fuerza sometida en la soldadura.

h= Espesor de la placa.

l = Ancho de la placa.

$$\tau = \frac{540 N}{0.707 * 4 mm * 60 mm}$$

$$\tau = 3.18 MPa$$

Obteniendo este valor de esfuerzo cortante promedio, seleccionaremos el electrodo más conveniente y que se ajuste a los esfuerzos obtenidos, mediante la siguiente tabla.

Tabla 22: Propiedades mínimas del tipo de suelda.

AWS Electrode Number*	Tensile Strength kpsi (MPa)	Yield Strength, kpsi (MPa)	Percent Elongation
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

Se elige el electrodo E60xx debido a que tiene S_y alto a comparación con el esfuerzo cortante hallado. Se procede a encontrar el factor de seguridad de la suelda mediante la siguiente fórmula.

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

En donde S_{sy} se obtiene de la tabla 6, es igual a:

Tabla 23: Estrés permitido por AISC code.

Type of Loading	Type of Weld	Permissible Stress	n^*
Tension	Butt	$0.60S_y$	1.67
Bearing	Butt	$0.90S_y$	1.11
Bending	Butt	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Simple compression	Butt	$0.60S_y$	1.67
Shear	Butt or fillet	$0.30S_{ut}^\dagger$	

*The factor of safety n has been computed by using the distortion-energy theory.

†Shear stress on base metal should not exceed $0.40S_y$ of base metal.

$$S_{Sy} = 0.40 S_y$$

$$S_{Sy} = 0.40 * 210 \text{ MPa}$$

$$S_{Sy} = 84 \text{ MPa}$$

Mediante este cálculo, el factor de seguridad es de:

$$\eta = \frac{84 \text{ MPa}}{3.18 \text{ MPa}}$$

$$\eta = 26.42$$

ANEXO C: Hojas de proceso

Tabla 24. Hoja de proceso unión Brazo CD-EF

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Unión Brazo CD-EF
Número de plano	5

Esquema general	
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Luis Santana

Tabla 25. Especificaciones Unión Brazo CD-EF

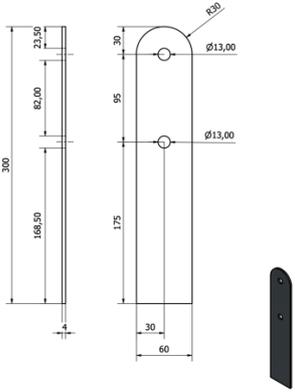
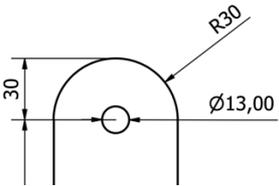
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor	Corte láser de una placa de acero forjado con las dimensiones detalladas. Dos agujeros de 13 mm de diámetro.	Cortadora láser Taladro
	Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor	Corte circular en un extremo de radio 30 mm.	Cortadora láser

Tabla 26. Hoja de proceso perfil AB 1000 mm (60x60x2) mm

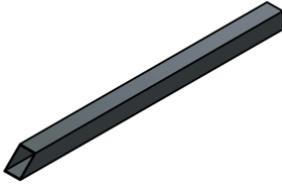
Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Perfil AB 1000mm (60x60x2) mm
Número de plano	6
Esquema general	
Tolerancia	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Cristian Piedra

Tabla 27. Especificaciones perfil AB 1000 mm (60x60x2) mm

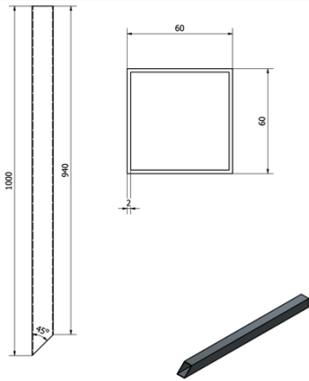
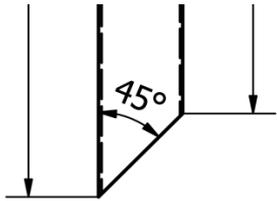
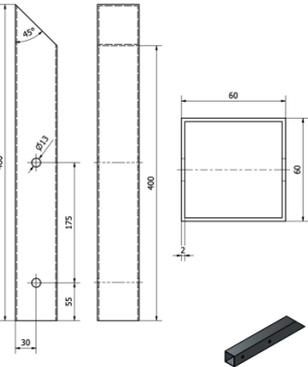
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Perfil de acero forjado 60x60x2 mm	Corte con amoladora del perfil seleccionado con 1000 mm de longitud.	Amoladora
	Perfil de acero forjado 60x60x2 mm	Chablán de 45° en un extremo para juntarlo con perfil A.	Esmeril

Tabla 28. Hoja de proceso perfil A 500 mm (60x60x2) mm

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Perfil A 500mm 60x60x2
Número de plano	7
Esquema general	
Tolerancia:	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Cristian Piedra

Tabla 29. Especificaciones perfil A 500 mm (60x60x2) mm

Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Perfil de acero forjado 60x60x2 mm	Corte con amoladora del perfil seleccionado con 460 mm de longitud. Agujeros de 13 mm de diámetro en el centro del perfil.	Amoladora Taladro

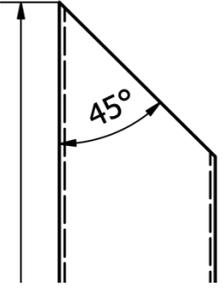
	Perfil de acero forjado 60x60x2 mm	Chaflán de 45° en un extremo para juntarlo con el perfil AB.	Esmeril
---	---------------------------------------	--	---------

Tabla 30. Hoja de proceso de soporte para silla principal

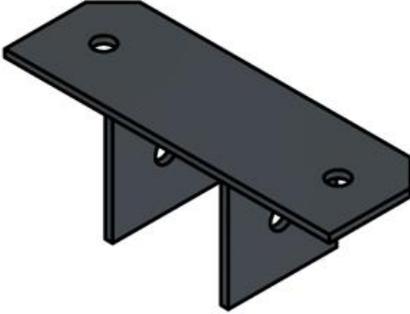
Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Soporte para la silla principal
Número de plano	8
Esquema general	
Tolerancia:	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Pablo Soria

Tabla 31. Especificaciones de soporte para silla principal

Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
---------	----------	-------------	--------------

	<p>Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor</p>	<p>Corte láser en una placa rectangular de 180x60 mm. Chablán realizado en dos esquinas. Dos agujeros de la placa de 11 mm de diámetro.</p>	<p>Cortadora láser Taladro</p>
	<p>Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor</p>	<p>Corte láser en una placa rectangular de 60x60 mm. Agujero en la placa de 13 mm de diámetro.</p>	<p>Cortadora láser Taladro</p>

Tabla 32. Hoja de proceso para soporte para silla secundario

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Soporte para silla secundario
Número de plano	9
Esquema general	
Tolerancia:	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Corte: ± 1 [mm]

Responsable de medidas	Pablo Soria
-------------------------------	-------------

Tabla 33. Especificaciones para soporte para silla secundario

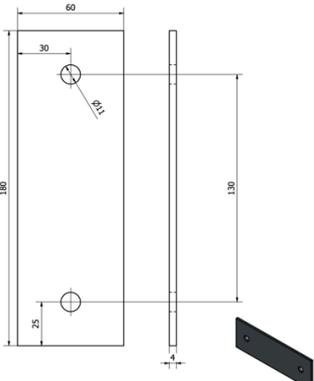
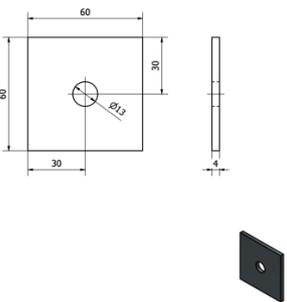
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor	Corte láser en una placa rectangular de 180x60 mm. Dos agujeros de la placa de 11 mm de diámetro.	Cortadora láser Taladro
	Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor	Corte láser en una placa rectangular de 60x60 mm. Agujero en el centro de la placa de 13 mm de diámetro.	Cortadora láser Taladro

Tabla 34. Hoja de proceso perfil EF 980 mm (60x60x2) mm

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Perfil EF 980mm 60x60x2
Número de plano	10

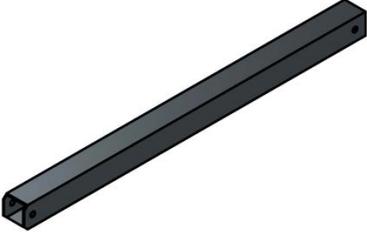
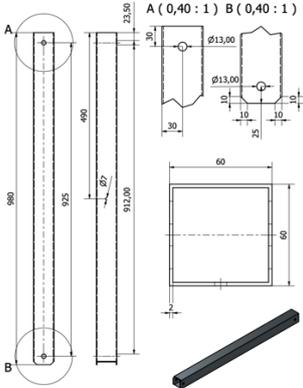
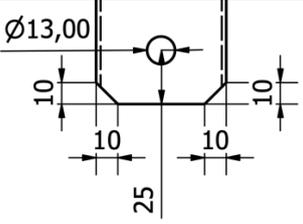
Esquema general	
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Daniel Calero

Tabla 35. Especificaciones perfil EF 980 mm (60x60x2) mm

Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Perfil de acero forjado 60x60x2 mm	Corte con amoladora del perfil seleccionado con 1000 mm de longitud. Agujeros de 13 mm de diámetro en los extremos.	Amoladora Taladro
	Perfil de acero forjado 60x60x2 mm	Chablán en un extremo del perfil.	Esmeril

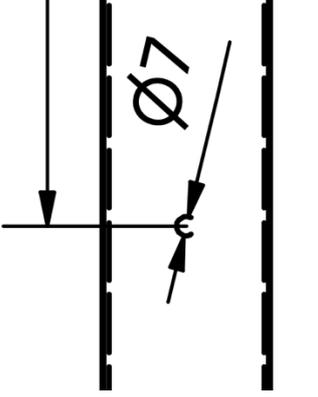
	Perfil de acero forjado 60x60x2 mm	Agujero de 7 mm de diámetro para la unión con los eslabones del actuador.	Taladro
---	------------------------------------	---	---------

Tabla 36. Hoja de proceso de placa para eslabones

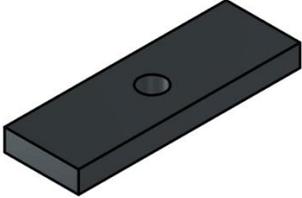
Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Placa para Eslabones
Número de plano	11
Esquema general	
Tolerancia:	Corte: ± 1 [mm]
	Agujero: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Luis Santana

Tabla 37. Especificaciones de placas para eslabones

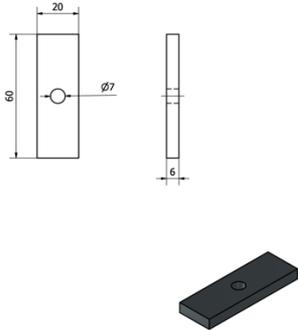
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Plancha de acero forjado de 6 mm de espesor	Corte láser de la placa con dimensiones de 60x20 mm. Agujero central de 7 mm de diámetro.	Cortadora láser Taladro

Tabla 38. Hoja de proceso para perfil CD 1000 mm (60x60x2) mm

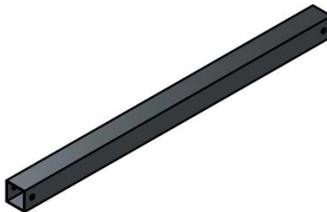
Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Perfil CD 1000mm 60x60x2
Número de plano	13
Esquema general	
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Cristian Piedra

Tabla 39. Especificaciones para perfil CD 1000 mm (60x60x2) mm

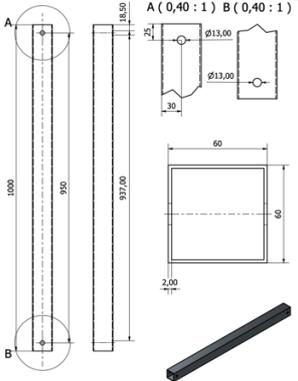
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	<p>Perfil de acero forjado 60x60x2 mm</p>	<p>Corte con amoladora del perfil seleccionado con 1000 mm de longitud. Agujeros de 13 mm de diámetro.</p>	<p>Amoladora Taladro</p>

Tabla 40. Hoja de proceso de ensamble eje soporte-perfil GH 1100 mm (60x60x2) mm

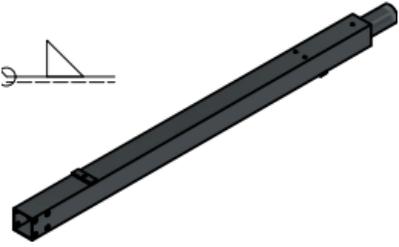
Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Ensamble Eje Soporte-Perfil GH 1100 mm 60x60x2
Número de plano	16
Esquema general	
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Todos los integrantes

Tabla 41. Especificaciones de ensamble eje soporte - perfil GH 1100 mm (60x60x2) mm

Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Acero forjado	Se realiza una soldadura SMAW en las piezas como se indica en el plano.	Soldadura

Tabla 42. Hoja de procesos para perfil GH 1100 mm (60x60x2) mm

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Perfil GH 1100 mm 60x60x2
Número de plano	17
Esquema general	
Tolerancia	Corte: ± 1 [mm]
	Agujero: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Daniel Calero

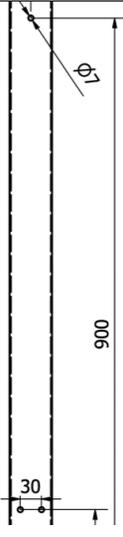
	Perfil de acero forjado 60x60x2 mm	Agujeros de 7 mm de diámetro para la unión con la base de tornillo del motor Nema y base de tornillos de la caja.	Taladro
---	------------------------------------	---	---------

Tabla 44. Hoja de proceso para ensamble de soporte para perfil GH

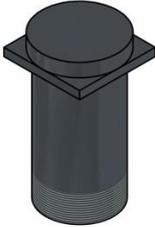
Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Ensamble de soporte para perfil GH
Número de plano	18
Esquema	
Tolerancia:	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Daniel Calero

Tabla 45: Especificaciones para ensamble de soporte para perfil GH

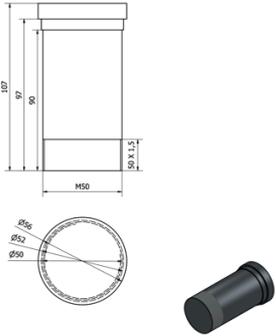
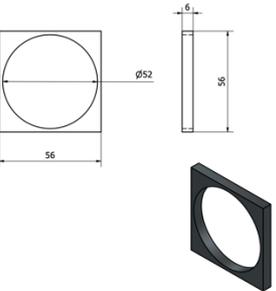
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Eje de giro de acero forjado de 50 mm de diámetro	Maquinado para obtener un eje de 50 mm de diámetro como soporte del perfil GH. Cuenta con tres diámetros distintos.	Torno CNC
	Plancha de acero forjado de 6 mm de espesor	Corte láser de la placa con dimensiones de 56x56 mm. Agujero central de 52 mm de diámetro.	Cortadora láser Taladro

Tabla 46. Hoja de proceso engrane Motor Nema

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Engrane Motor Nema
Número de plano	20

Esquema general	Número de Dientes: 22 
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Maquinado: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Daniel Calero

Tabla 47. Especificaciones engrane Motor Nema

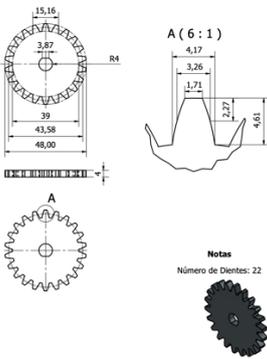
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
 <p>Notas Número de Dientes: 22</p>	Acero fundido	Fresado para obtener las dimensiones requeridas del engranaje. Se consideran 22 dientes. Agujero central.	Fresadora Taladro

Tabla 48. Hoja de proceso del engranaje del eje de Soporte para Perfil GH

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Engrane Eje de Soporte para Perfil GH
Número de plano	20

Esquema general	
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Maquinado: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Daniel Calero

Tabla 49. Especificaciones del engranaje del eje de Soporte para Perfil GH

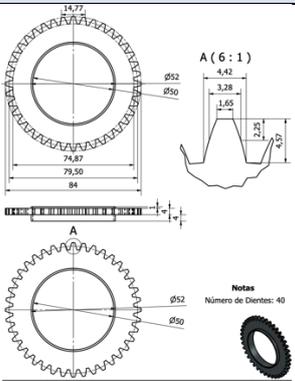
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Acero fundido	Fresado para obtener las dimensiones requeridas del engranaje central. Se consideran 40 dientes. Agujero central.	Fresadora Taladro

Tabla 50. Hoja del proceso del Ensamble Placa de Tornillos para Media Luna Superior

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022

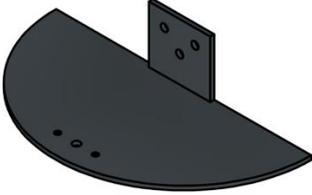
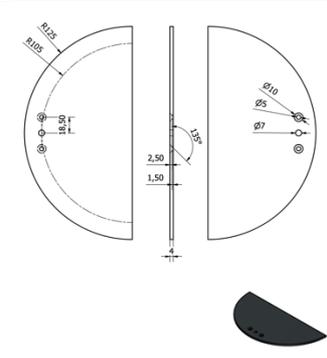
Proyecto	Ensamble Placa de Tornillos para Media Luna Superior
Número de plano	21
Esquema general	
Tolerancia:	Corte: ± 1 [mm]
	Agujero: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Pablo Soria

Tabla 51. Especificaciones del ensamble Placa de Tornillos para Media Luna Superior

Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor	Corte láser de una placa de acero forjado con una forma de medialuna con radio exterior de 125 mm.	Cortadora láser

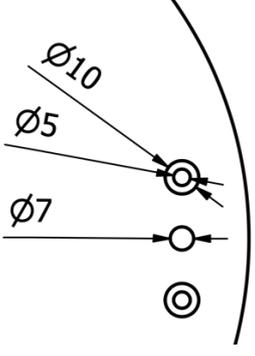
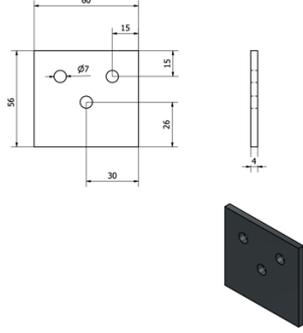
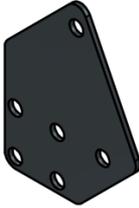
	<p>Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor</p>	<p>Agujero realizado en la media luna superior para la fijación en el giro. Agujeros cónicos realizados junto al agujero principal.</p>	<p>Taladro</p>
	<p>Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor</p>	<p>Corte láser de la placa con dimensiones de 56x60 mm. Agujeros de 7 mm de diámetro.</p>	<p>Cortadora láser Taladro</p>

Tabla 52. Hoja de proceso placa de Unión CEG

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Placa de Unión CEG
Número de plano	22
Esquema general	
Tolerancia	Corte: ± 1 [mm]
	Agujero: ± 0.5 [mm]

	Agujero: ± 0.5 [mm]
Responsable de medidas	Daniel Calero

Tabla 55. Especificaciones del ensamble base de caja

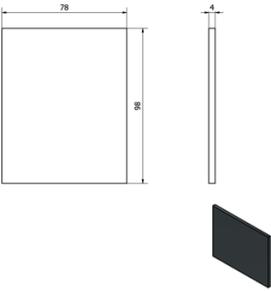
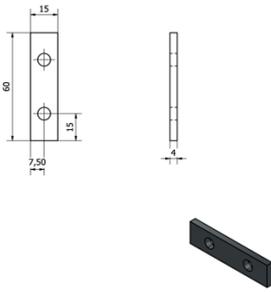
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor	Corte láser de la placa con dimensiones de 78x98 mm.	Cortadora láser
	Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor	Corte láser de la placa con dimensiones de 60x15 mm. Dos agujeros de 7 mm de diámetro.	Cortadora láser Taladro

Tabla 56. Hoja de proceso del ensamble Base

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Ensamble Base
Número de plano	25

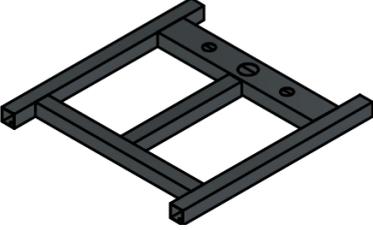
Esquema general	
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Todos los integrantes

Tabla 57. Especificaciones del ensamble Base

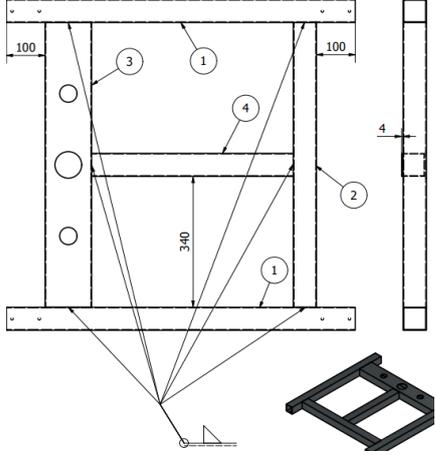
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Acero forjado	Se realiza una soldadura SMAW en las piezas como se indica en el plano.	Soldadura

Tabla 58. Hoja de proceso de la base 900mm 60x60x2

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Base 900mm 60x60x2

Número de plano	27
Esquema general	<p>Notas Se necesitan dos perfiles de 900mm</p> 
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Cristian Piedra

Tabla 59. Especificaciones de la base 900mm 60x60x2

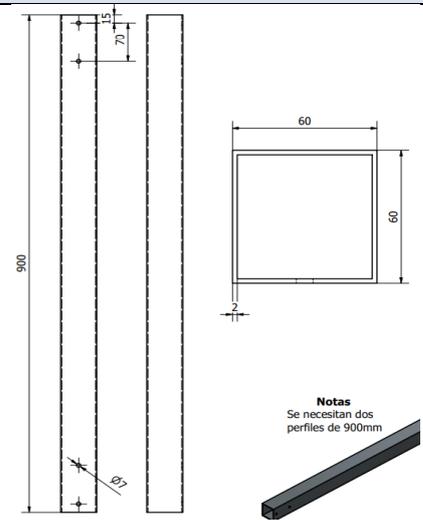
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
 <p>Notas Se necesitan dos perfiles de 900mm</p>	Perfil (60 x 60 x2) mm de acero forjado	Corte con amoladora del perfil seleccionado para obtener una longitud de 900 mm y perforación de 4 agujeros en las coordenadas indicadas	Amoladora, taladro y brocas.

Tabla 60. Hoja de proceso base 520mm 60x60x2

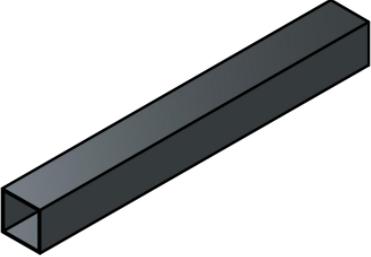
Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Base 520mm 60x60x2
Número de plano	28
Esquema general	
Tolerancia	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Cristian Piedra

Tabla 61. Especificaciones base 520mm 60x60x2

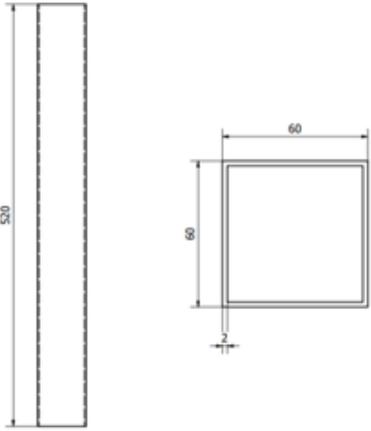
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Perfil (60 x 60 x2) mm de acero forjado	Corte con amoladora del perfil seleccionado para obtener una longitud de 520 mm	Amoladora

Tabla 62. Hoja de proceso de la base 740mm 60x60x2

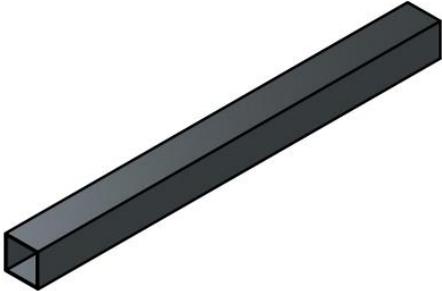
Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Base 740mm 60x60x2
Número de plano	29
Esquema general	
Tolerancia	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Cristian Piedra

Tabla 63. Especificaciones de la base 740mm 60x60x2

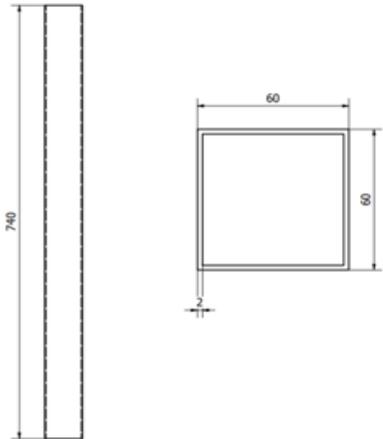
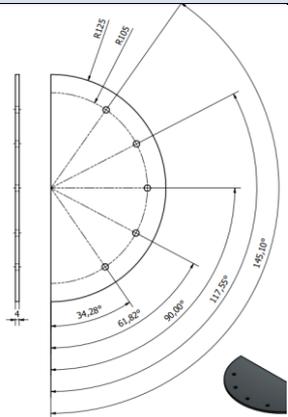
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Perfil (60 x 60 x2) mm de acero forjado	Corte con amoladora del perfil seleccionado para obtener una longitud de 740 mm	Amoladora

Tabla 64. Hoja de proceso de la media luna inferior

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Media Luna Inferior
Número de plano	31
Esquema general	
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Corte: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Pablo Soria

Tabla 65. Especificaciones de la media luna inferior

Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor	Corte láser de una placa de acero forjado con una forma de medialuna con radio exterior de 125 mm.	Cortadora láser

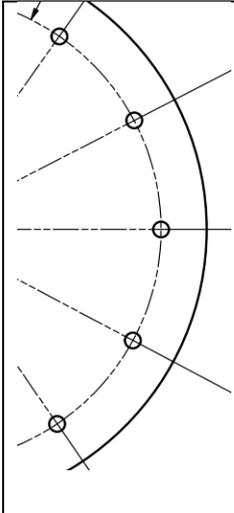
	<p>Plancha de acero forjado de 4 mm de espesor</p>	<p>Agujero realizado en la media luna inferior para la fijación en el giro. Agujeros pasantes realizados junto al agujero principal.</p>	<p>Taladro</p>
---	--	--	----------------

Tabla 66. Hoja de proceso del ensamble Pistón con Manija

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Ensamble Pistón con Manija
Número de plano	33
Esquema general	 <p>Notas Primero se debe insertar el piston dentro de la Tuberia de Acople Derecho e Izquierdo para luego proceder a atornillar la manija.</p>
Tolerancia	Maquinado: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Pablo Soria

Tabla 67. Especificaciones del ensamble Pistón con Manija

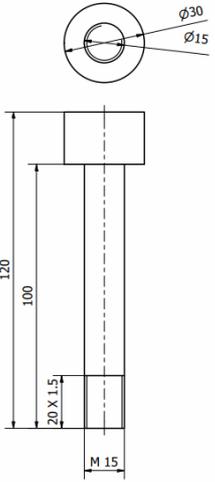
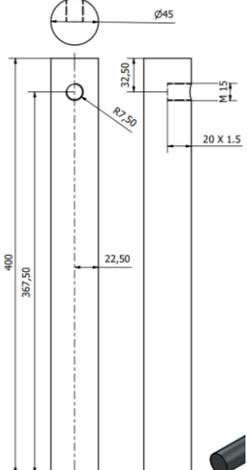
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Eje de (140 x 40) mm de diámetro	Desbaste del eje hasta obtener las medidas indicadas, de un diámetro exterior de 30 mm y una longitud de 120 mm.	Torneado.
	Eje de (420 x 40) mm de acero forjado.	Desbaste del eje hasta obtener las medidas indicadas, de un diámetro exterior de 45 mm, una longitud de 400 mm. y una perforación M15	Torno, taladro, broca y machuelo.

Tabla 68. Hoja de proceso de las tuberías de acoples

Hoja de proceso	
Fecha	13/10/2022
Proyecto	Tubería de Acoples
Número de plano	35

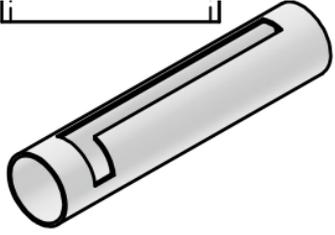
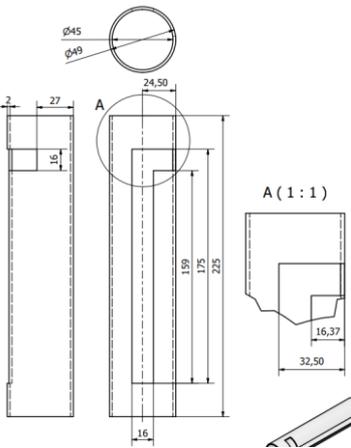
Esquema general	
Tolerancia	Agujero: ± 0.5 [mm]
	Maquinado: ± 1 [mm]
Responsable de medidas	Pablo Soria

Tabla 69. Especificaciones de las tuberías de acoples

Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Eje de (225 x 54) mm de acero forjado.	Desbaste del eje hasta obtener las medidas indicadas, de un diámetro exterior de 49 mm, una longitud de 225 mm.	Torneado

ANEXO D: Manual de mantenimiento y operación

Vista detallada del producto

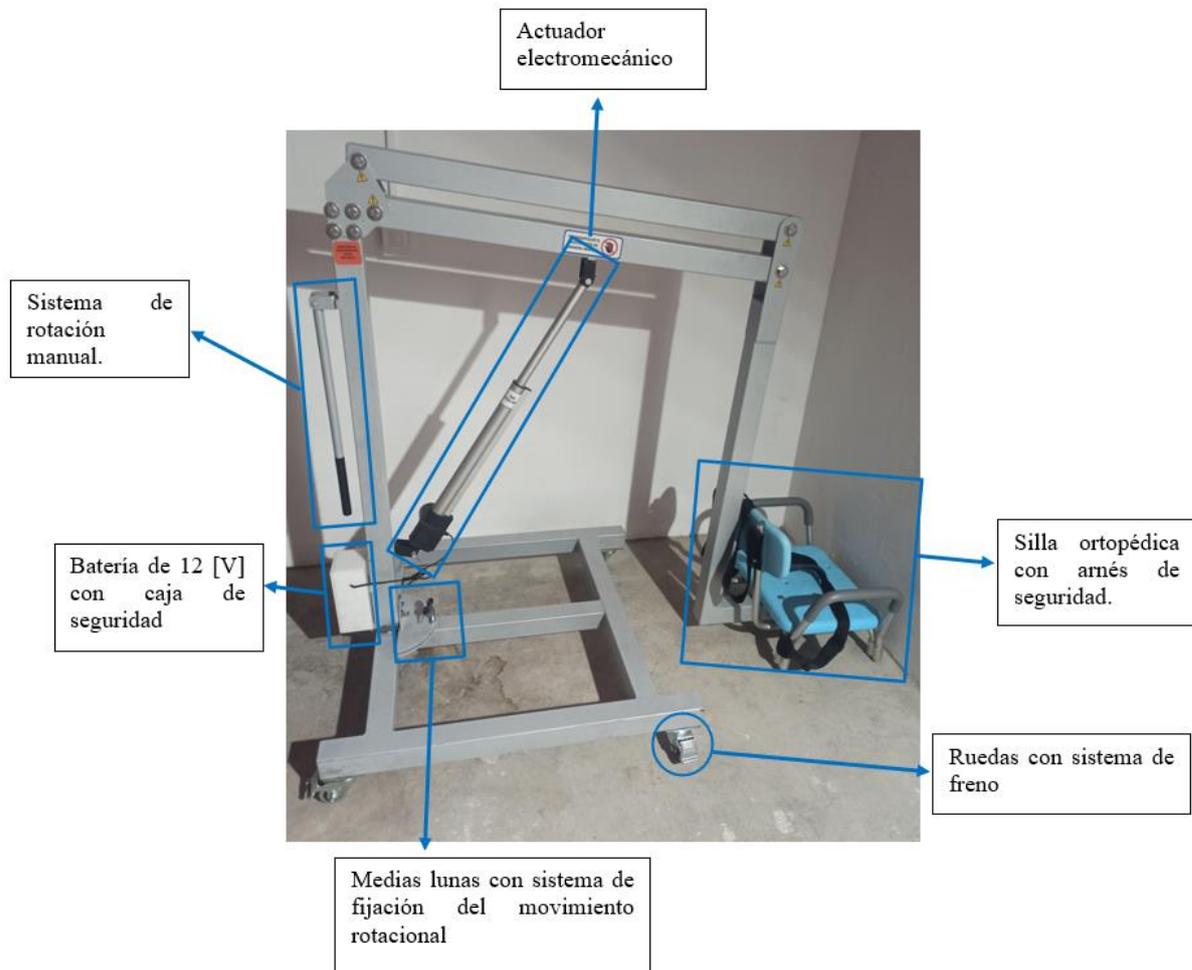


Figura 51. Vista detallada de los componentes de la grúa

Listado de partes de la grúa

De igual manera, se presenta el listado de todas las partes que constituyen la grúa. Para observar de mejor manera donde van las piezas y cuales son, se divide a la grúa en cuatro secciones como se muestra a continuación:

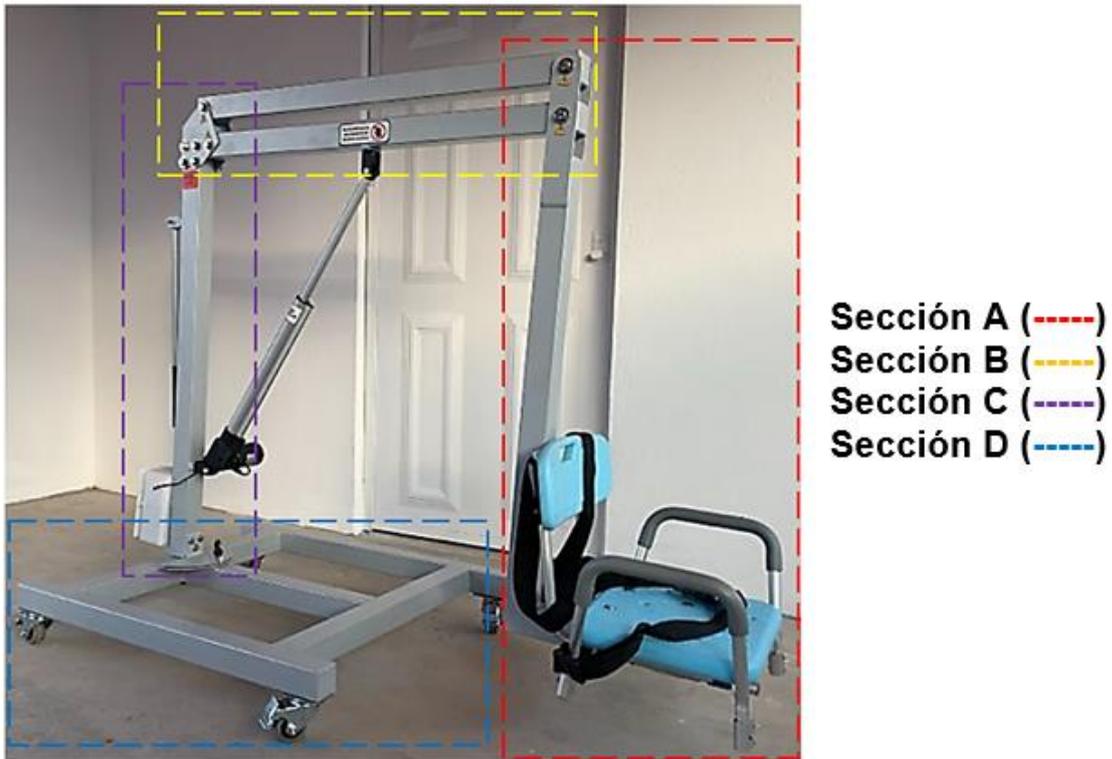
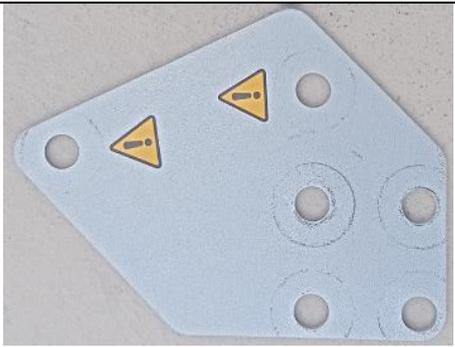


Figura 52. Vista de Secciones de la Grúa

Lista de elementos estructurales

Tabla 70. Componentes estructurales

Nombre	Cantidad	Imágenes e Ilustración	UBICACIÓN
1. Brazo para la Silla (Perfil AB)	Una unidad		Sección A
2. Soporte para la Silla 1	Una unidad		Sección A
3. Soporte para la Silla 2	Una unidad		Sección A

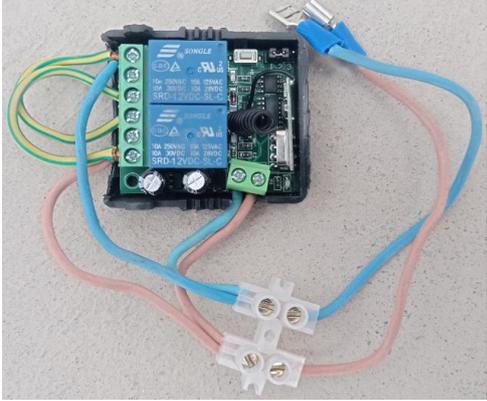
<p>4. Silla de ortopédica con arnés</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección A</p>
<p>5. Brazo de soporte superior (Perfil CD)</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección B</p>
<p>6. Brazo de soporte inferior (Perfil EF)</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección B</p>
<p>7. Eslabón de soporte</p>	<p>Tres unidades</p>		<p>Sección B Sección C</p>
<p>8. Placa de unión para brazos (Perfiles CD-EF-GH)</p>	<p>Dos unidades</p>		<p>Sección C</p>
<p>9. Brazo de soporte principal (Perfil GH)</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección C</p>
<p>10. Varilla de palanca</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección C</p>

<p>11. Caja para componentes electrónicos</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección C</p>
<p>12. Soporte para caja de componentes electrónicos</p>			<p>Sección C</p>
<p>13. Soporte de medialuna para sistema de fijación</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección C</p>
<p>14. Cerrojo de sistema de fijación</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección C</p>
<p>15. Base</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección D</p>

<p>16. Rueda</p>	<p>Cuatro unidades</p>		<p>Sección D</p>
-------------------------	------------------------	--	-------------------------

Lista de componentes eléctricos

Tabla 71. Elementos electrónicos

Nombre	Cantidad	Imágenes e Ilustración	UBICACIÓN
<p>1. Actuador electromecánico de 6000N</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección B-C</p>
<p>2. Batería recargable de 12v-5A</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección C (Dentro de la caja para componentes electrónicos)</p>
<p>3. Modulo relé de dos canales</p>	<p>Una unidad</p>		<p>Sección C (Dentro de la caja para componentes electrónicos)</p>

4. Control de transmisión inalámbrica de cuatro botones	Una unidad		Sección C
--	------------	--	------------------

Guía de funcionamiento

Ahora para asegurar el correcto uso de la máquina, con la finalidad de evitar cualquier tipo de daño, se explicará de la forma más clara y sencilla la guía de funcionamiento.

Tabla 72. Guía de funcionamiento de la grúa de piscina para discapacitados

Guía de funcionamiento de la grúa de piscina para discapacitados			
ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	IMÁGENES E ILUSTRACIÓN	UBICACIÓN
11. Inmovilizar las ruedas por medio del mecanismo de freno	<p>11.1. Empujar la placa hacia abajo para poner el freno. Ver Fig. 1e.</p> <p>NOTA: Esto se lo debe realizar en las cuatro ruedas.</p>		En la sección inferior de la grúa.

<p>12. Introducir/Retirar el cerrojo del sistema de fijación de rotación de las media lunas.</p>	<p>12.1. Girar la llave y empujar para anclar el pasador en el sistema de fijación de las media lunas. Ver Fig. 2e.</p> <p>NOTA: Este sistema nos permite girar la grúa con un ángulo máximo de 180° y depende de la necesidad del usuario.</p>		<p>En la sección inferior de la grúa.</p>
<p>13. Movimiento rotacional de la grúa.</p>	<p>13.1. Alzar la palanca del costado de la grúa para posteriormente moverla según la necesidad del giro. Ver Fig. 3e.</p> <p>NOTA: Se puede girar hasta un ángulo máximo de 180° que dependerá de la necesidad del usuario.</p>		<p>En la parte posterior de la grúa.</p>
<p>14. Movimiento vertical de la grúa.</p>	<p>14.1. Mediante el control de mando seleccionar la opción de subida o bajada de los brazos superiores</p>		<p>Control de mando</p>

	<p>de la grúa dependiendo de la necesidad. Ver Fig 4e.</p> <p>NOTA: El botón A nos permite subir y el botón B nos permite bajar los brazos superiores de la grúa.</p> <p>NOTA: En el caso de alguna emergencia aplastar el botón de PARE del control. (Ver Fig 5e).</p>		
--	---	--	--

ANEXO E: Minuta del proyecto

Detalle de cada reunión

Incluir referencias sobre el alcance en la introducción cuando se modifique por completo (empresas, precios)

19 de septiembre

- Preguntar sobre el detalle de la piscina
- Preguntar si habría la manera de ir a ver la piscina
- Realizar presupuesto previo para conocer todos los costos (material, brazo, motor, otros)
- Pedir en biblioteca que soliciten la norma ISO o ir directamente al INEN
- Coordinada la reunión a las 8 PM con el cliente

21 de septiembre

- Hacer listado con todos los materiales
- Conseguir la norma INEN
- Realizar el diseño inicial CAD
- Realizar la estática del diseño
- Investigar sobre las uniones

26 de septiembre

- Completar el presupuesto
- Completar el detalle del CAD (rotación, pistón, mecanismo de extensión del brazo)
- Incluir en el presupuesto la base de hormigón

3 de octubre

- Llevar laptop el 5 de octubre para clase de Inventor
- Corregir la hoja de riesgos para el 6 de octubre
- Hasta el 22 de octubre se pasan las facturas de los gastos (con factura a nombre de Alfredo)
- En la estática incluir el dimensionamiento del actuador, motor, engranaje, presentar el 20 de octubre
- Investigar la altura de la silla para poder conocer la extensión máxima del actuador
- **AVERIGUAR Y COMPRAR EL ACTUADOR QUE SE NECESITA**
- Reunion día martes 11 de octubre

Figura 53. Detalle 1 de cada reunión

16 de octubre

- Realizar el diagrama de procesos de las partes más importantes
- Investigar el precio de los dos rodamientos para que aguanten el peso
- Conseguir arandelas de duralón para poder reducir la fricción
- Modificar el perfil de la base para que sea el mismo que el Brazo 1
- Asegurarse que el eje esté siempre a 90 grados
- Colocar ruedas regulables

- URGENTE EL PRESUPUESTO

- Incluir batería en el presupuesto

20 de octubre

- Realizar los cálculos estáticos de los perfiles principales
- Realizar el prototipo en Inventor
- Averiguar el presupuesto del prototipo

1 de octubre

- Terminar los cálculos estáticos, determinar esfuerzos y factores de seguridad de los perfiles
- Determinar los subcomponentes necesarios para realizar el análisis (placas, pernos, eje de giro, anclajes, etc)
- Leer la norma que compramos para incluir en el documento
- Consultar el peso de la base de hormigón para ver si se le incluye en la presentación o no

6 de noviembre

- Comenzar con el corte de los perfiles
- Realizar los agujeros cuando estén cortados los perfiles
- Hacer el Excel con el presupuesto del diseño de construcción y el diseño final

15 de noviembre

- Continuar con la construcción
- Aprobación principal de los cálculos realizados
- Análisis de los subcomponentes
- Sistema de media luna para el giro
- Realización del documento final para el portafolio

28 de noviembre

- Planificación feria ingeniería mecánica
- Realización póster y presentación
- Detalles finales de la grúa
- Realizar el plan de manufactura

Figura 54. Detalle 2 de cada reunión

2-16 de diciembre

- Modificar el eje de giro de la grúa para poder sentar a alguien
- Realizar los planos del diseño CAD
- Finiquitar los diseños
- Completar el documento final con los cálculos
- completar el documento final con la información necesaria
- Hacer el manual de operación y mantenimiento

Figura 55. Detalle 3 de cada reunión