



PROYECTO FINAL

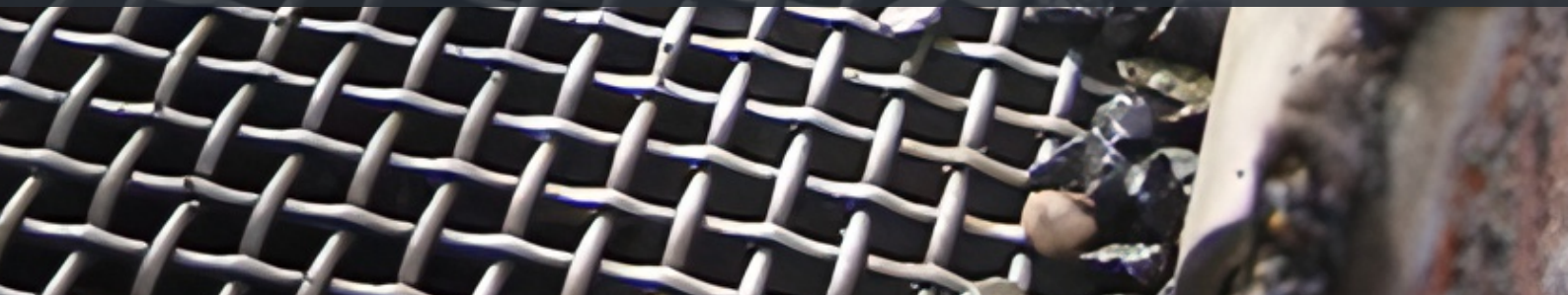
ZARANDA CIRCULAR

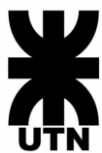
GARCIA MAXIMILIANO
MUROS JOSÉ FRANCISCO
PEREZ JAVIER DUHAM



UTN
SAN RAFAEL

2023





UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	v°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 1

RESUMEN

El siguiente proyecto se centra en el desarrollo de una zaranda circular para la separación de materiales en la industria de áridos de San Rafael, Mendoza, Argentina.

En el mismo, se realizó un análisis del proceso de separación, evaluando múltiples opciones de diseño y tecnología para optimizarlo. Esta zaranda circular se diseñó cumpliendo con los estándares necesarios para su aplicación en la separación de sólidos, buscando una separación más precisa y eficiente para reducir costos y mejorar la calidad del producto final. Además, se realizó un modelo matemático para poder determinar la correcta selección del motovibrador y el posterior diseño de los resortes, y a su vez, la verificación de la vida útil del motovibrador.

Se contempla un análisis económico detallado en el proyecto, en donde se evaluaron los ingresos, inversiones, costos fijos, mantenimiento y consumo eléctrico del motovibrador. Además, se llevó a cabo un análisis de reinversión y depreciación, así como la venta residual del equipo. Todo esto permitió realizar un análisis de la viabilidad financiera del proyecto, calculando indicadores clave como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) y el rendimiento financiero.

De esta forma, nos permitió desarrollar un enfoque integral del proyecto, buscando la eficiencia técnica de la zaranda circular y, a su vez, su viabilidad económica a largo plazo, asegurando que el proyecto sea beneficioso desde una perspectiva financiera y tecnológica.



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 2

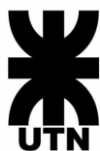
ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	4
INTRODUCCIÓN A ZARANDAS	5
IMPORTANCIA DEL PROYECTO	6
NECESIDAD REGIONAL	6
ALTERNATIVA A MÁQUINA COMERCIAL.....	7
NECESIDAD DE UNA ZARANDA CIRCULAR	8
OPORTUNIDAD DE MERCADO.....	9
COMPETENCIA.....	10
ANÁLISIS FODA	12
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	14
ESTUDIO TÉCNICO.....	15
DATOS OBTENIDOS.....	15
SELECCIÓN DE MALLAS.....	15
CÁLCULO DE RESORTES	17
ESTRUCTURA	23
CHAPAS.....	24
PRODUCTO TERMINADO	25
PARTES PRINCIPALES.....	26
ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO	28
INGRESOS	28
INVERSIÓN	30
COSTOS FIJOS	30
MANTENIMIENTO	30
CONSUMO ELÉCTRICO MOTOVIBRADOR	31
ANÁLISIS DE REINVERSIÓN	31
DEPRECIACIÓN.....	33
VENTA RESIDUAL	33
ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO	35
TASA DE DESCUENTO	35



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 3

FLUJO DE FONDOS	35
VAN - TIR	36
PRI	36
PUNTO DE EQUILIBRIO.....	37
CONCLUSIÓN.....	38
POSIBILIDAD DE MEJORAS.....	39
AGRADECIMIENTOS	40
REFERENCIAS	41
ANEXOS.....	43
GRANULOMETRÍA.....	44
MEMORIAS DE CÁLCULO.....	47
FLUJO DE FONDOS.....	88
PLANOS.....	90
INFORMES SIMULACIÓN	98



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 4

INTRODUCCIÓN

El motivo primordial de esta iniciativa consiste en concebir una zaranda circular eficiente en la separación de materiales, que resulte sencilla de operar y mantener, y que se adapte a las exigencias particulares de la industria específica de separación de áridos. Para lograrlo, se llevará a cabo un minucioso análisis de las distintas etapas del proceso de separación de materiales, evaluando diversas opciones de diseño y tecnología con miras a optimizar dicho proceso.

La zaranda circular es una herramienta de amplio uso en diversas industrias para la separación de materiales sólidos y líquidos. Gracias a su diseño y tecnología, esta máquina ofrece una alta capacidad de procesamiento y una precisa separación de los materiales. En el marco de este proyecto final de carrera de ingeniería electromecánica, se emprenderá el diseño y desarrollo de una zaranda circular que cumpla con los estándares y requisitos necesarios para su aplicación en el sector de separación de sólidos.

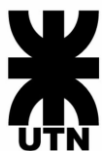
Asimismo, un aspecto crucial para tener en cuenta será la optimización del proceso de separación de materiales, buscando un diseño que permita una separación más eficiente y precisa, lo que se traducirá en la reducción de costos y en la mejora de la calidad del producto final.

Este proyecto final de ingeniería electromecánica busca concebir y desarrollar una zaranda circular de eficiencia y calidad preeminentes, que satisfaga los estándares y requisitos para su aplicación en distintos ámbitos industriales. Representará una oportunidad para aplicar los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo de la carrera, contribuyendo al avance tecnológico e innovación en el campo de la separación de materiales.

Adicionalmente, se otorgará una especial atención a la seguridad y ergonomía en el diseño de la zaranda circular, considerando las normativas y regulaciones de seguridad de la industria, así como la facilidad de uso y manipulación para el operario.

En este proyecto final de ingeniería electromecánica también se realizará un análisis comparativo de diferentes tecnologías disponibles en el mercado para la construcción de la zaranda circular. Se evaluarán aspectos como costos, disponibilidad y durabilidad de los materiales, seleccionando aquellos que mejor se ajusten a las necesidades del proyecto.

Por lo cual, este proyecto final de carrera se enfocará en el diseño de una zaranda circular eficiente, segura, que satisfaga las necesidades específicas de diferentes industrias. Constituirá un desafío que requerirá la aplicación de conocimientos técnicos, habilidades y creatividad para alcanzar los objetivos propuestos.



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 5

INTRODUCCIÓN A ZARANDAS

La zaranda, también conocida como criba, es un equipo utilizado para separar materiales sólidos en función de su tamaño. Consiste en una superficie perforada o una malla de alambre que permite el paso de partículas de tamaño adecuado mientras retiene las partículas más grandes. La malla de la zaranda es la superficie perforada o el entramado de alambre que conforma la zaranda, diseñada con aberturas de diferentes tamaños para permitir la clasificación de los materiales según su tamaño. La apertura de la malla es el tamaño de las aberturas en la superficie de la zaranda, expresado generalmente en unidades de medida como milímetros o pulgadas, y determina el tamaño máximo de las partículas que pueden pasar a través de la zaranda.

En el proceso de separación por tamaño, las partículas más grandes que el tamaño de la apertura de la malla se retienen en la zaranda, mientras que las partículas más pequeñas pasan a través de ella. La eficiencia de la zaranda se mide en términos de la cantidad de partículas correctamente clasificadas en comparación con el total de partículas procesadas. Además, el sobretamaño se refiere a las partículas más grandes que la apertura de la malla y se retienen, mientras que el sub-tamaño son las partículas más pequeñas que atraviesan la zaranda.

En algunas zarandas, se utiliza la vibración para mejorar la eficiencia de clasificación. La amplitud es la distancia máxima que se desplaza la zaranda durante la vibración, y la frecuencia es la cantidad de ciclos de vibración por unidad de tiempo. Estos parámetros influyen en el rendimiento y la precisión de la clasificación de la zaranda.

Partes de una Zaranda:

- Estructura principal: Es el marco o armazón que sostiene todas las partes de la zaranda y proporciona estabilidad.
- Malla: Es la superficie perforada o tejida que permite que los materiales pasen a través de ella. La malla puede tener diferentes tamaños de aberturas según el tamaño de los materiales que se desean separar
- Bandeja de alimentación: Es el área donde se introduce el material en la zaranda para comenzar el proceso de tamizado.
- Motovibrador: En las zarandas vibratorias, hay un motor y un mecanismo de vibración que agitan la zaranda, ayudando a mover los materiales a lo largo de la malla y facilitando la separación.
- Soportes y resortes: Estos componentes mantienen la zaranda en su lugar y permiten que se mueva ligeramente para acomodar las vibraciones generadas durante el proceso de tamizado
- Salida de productos: Después de que los materiales pasan a través de la malla, se dividen en diferentes fracciones según su tamaño. Cada fracción se recoge en una salida separada, que puede estar equipada con tolvas o recipientes para recolectar los materiales tamizados.
- Sistema de ajuste: Algunas zarandas tienen un sistema de ajuste que permite cambiar la inclinación o el ángulo de la zaranda para controlar mejor el flujo de los materiales y optimizar la separación.

- **Bandeja de recolección:** En algunas aplicaciones, puede haber una bandeja o área destinada a recolectar los materiales más finos o residuos que pasan a través de la malla.

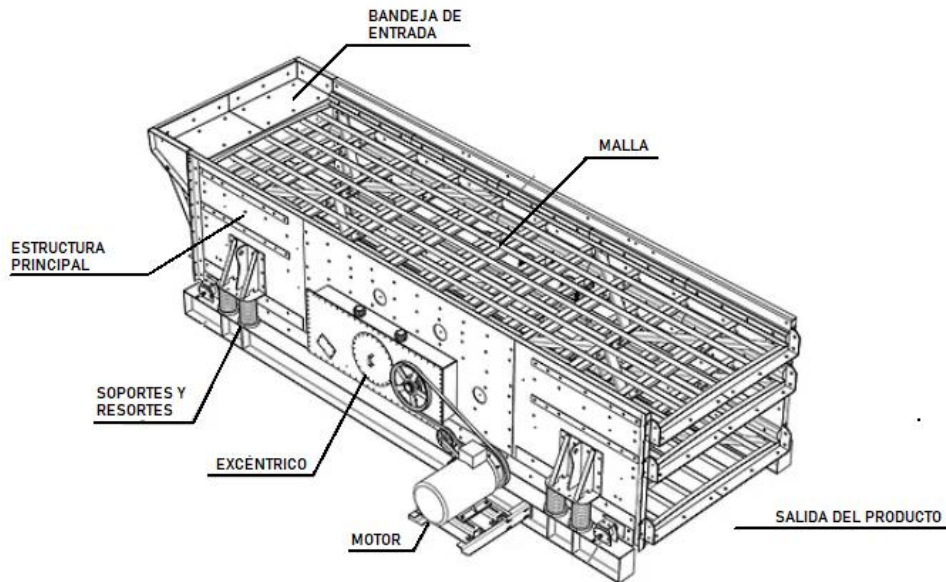


FIGURA 1 - ZARANDA RECTANGULAR INCLINADA DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO, MOVIMIENTO LINEAL Y DE VARIAS MALLAS.

Las zarandas se pueden clasificar en función de varios criterios, como el tipo de zaranda, su posición de montaje y otros factores.

IMPORTANCIA DEL PROYECTO

NECESIDAD REGIONAL

En la zona de San Rafael, la arena es un recurso natural ampliamente utilizado en la construcción, tanto en obras civiles como en la fabricación de hormigón y otros materiales. Y el ripio es una forma común de material encontrado en las canteras y depósitos naturales. Sin embargo, el ripio en sí mismo no cumple con las especificaciones necesarias para ser utilizado directamente como arena en aplicaciones de construcción. Por lo tanto, se requiere el proceso de zarandeo para obtener la arena necesaria.

El zarandeo de ripio consiste en pasar el material a través de una serie de tamices o zarandas con diferentes tamaños de malla. Este proceso permite separar las partículas de mayor tamaño del ripio, dejando solo las partículas más finas que constituyen la arena deseada. La arena resultante es más uniforme en tamaño y textura, lo que la hace adecuada para su uso en diversas aplicaciones de construcción. Se puede apreciar en la Figura 1 el proceso de zarandeo.

Al obtener arena a través del zarandeo de ripio, se aprovecha un recurso local abundante y se reduce la necesidad de importar arena de otras regiones. Esto tiene ventajas económicas y ambientales significativas. En términos económicos, la producción local de arena a partir de recursos existentes genera empleo y contribuye al desarrollo económico de la zona. Desde el punto de vista ambiental, se reduce la huella de carbono asociada con el transporte de arena a largas distancias.



FIGURA 2 - FORMA TÍPICO DE SEPARACIÓN DE ÁRIDOS

Además, al realizar el zarandeo de ripio, también se pueden obtener otros productos útiles, como gravilla y piedra triturada, que pueden ser utilizados en diferentes aplicaciones de construcción. Esto aumenta la eficiencia y el valor agregado de la extracción de materiales en la zona.

Por lo cual, la necesidad de zarandeo de ripio para obtener arena en la zona de San Rafael, Mendoza, se basa en la demanda de este recurso en la industria de la construcción, la disponibilidad local de ripio y la posibilidad de obtener arena de calidad mediante el proceso de zarandeo. Esta práctica permite aprovechar los recursos naturales de la región, generar empleo y reducir la dependencia de la importación de arena de otras áreas.

ALTERNATIVA A MÁQUINA COMERCIAL

Centrarse en el diseño de una zaranda circular en lugar de adquirir una zaranda circular comercial permitirá la personalización del equipo a las necesidades específicas del cliente o industria en la que se utilizará. Una zaranda circular comercial puede ser adecuada para ciertos procesos de separación de materiales, pero no necesariamente para todos. Además, puede haber limitaciones en cuanto a la capacidad de procesamiento, la precisión en la separación de materiales y la durabilidad del equipo.

En cambio, un proyecto de diseño de zaranda circular permitirá la evaluación de diferentes opciones y tecnologías para optimizar el proceso de separación de materiales y personalizar la zaranda circular a las necesidades específicas de la industria en la que se utilizará. Además, el proyecto permitirá la incorporación de características adicionales de seguridad y ergonomía, así como la consideración de la eficiencia energética y el impacto ambiental. Otra gran ventaja de este proyecto es el análisis y desarrollo del modelo matemático del funcionamiento de la zaranda, lo que permitirá, entre una gran variedad de ventajas, el modularidad del diseño.

Otra ventaja de llevar a cabo dicho proyecto es que permitirá la adquisición de experiencia práctica en el campo de la ingeniería electromecánica. El proyecto requerirá de la aplicación de conocimientos



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	v°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 8

teóricos y prácticos, lo que permitirá a los estudiantes adquirir habilidades valiosas en el diseño y la construcción de maquinarias complejas.

También hay que tener en cuenta que, a veces, los equipos comerciales pueden no estar disponibles en el mercado debido a factores como la ubicación geográfica, la disponibilidad y los plazos de entrega.

Por último, el proyecto de diseño de esta zaranda circular puede ser una oportunidad para la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de la separación de materiales. Al diseñar una zaranda circular personalizada, nos permite encontrar soluciones innovadoras para problemas específicos de la industria y contribuir al avance tecnológico en el campo.

NECESIDAD DE UNA ZARANDA CIRCULAR

La elección de una zaranda circular en comparación con otros tipos de zarandas para clasificar ripio y arena depende de varios factores, incluyendo el tamaño de partícula, la capacidad de procesamiento, el espacio disponible y los requisitos específicos de su aplicación. Aquí hay algunas razones por las cuales es necesario considerarse una zaranda circular:

1. **Movimiento circular uniforme:** Las zarandas circulares utilizan un movimiento circular que ayuda a distribuir uniformemente los materiales sobre la superficie de la malla, lo que mejora la eficiencia de la clasificación.
2. **Mayor eficiencia de clasificación:** El movimiento circular permite una mayor capacidad de procesamiento y una clasificación más precisa en comparación con zarandas lineales o vibratorias.
3. **Menos obstrucción:** La acción circular reduce la posibilidad de que los materiales se atasquen en la malla, lo que puede ser un problema común en otras zarandas.
4. **Menos desgaste:** El movimiento circular también ayuda a reducir el desgaste de la malla y otros componentes de la zaranda, lo que puede llevar a una vida útil más larga y costos de mantenimiento más bajos. Las zarandas circulares suelen estar diseñadas para manejar materiales abrasivos como el ripio y la arena, lo que las hace más duraderas en condiciones adversas.
5. **Versatilidad:** Pueden utilizarse para una amplia gama de tamaños de partículas, lo que los hace adecuados para clasificar tanto ripio como arena.
6. **Costos:** En algunos casos, las zarandas circulares pueden ser una opción más económica en términos de inversión inicial y costos de operación en comparación con otros tipos de zarandas más especializadas.
7. **Ajustabilidad:** La inclinación de la zaranda circular se puede ajustar según las necesidades de clasificación, lo que permite adaptarse a diferentes tipos de materiales.



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 9

8. **Menos ruido:** Suelen generar menos ruido en comparación con otras zarandas vibratorias, lo que puede ser beneficioso en entornos de trabajo sensibles al ruido.
9. **Facilidad de mantenimiento:** La simplicidad de diseño de una zaranda circular puede facilitar el mantenimiento y las reparaciones, lo que reduce el tiempo de inactividad.
10. **Compatibilidad con sistemas de lavado:** Si es necesario lavar el ripio y la arena durante el proceso de clasificación, las zarandas circulares pueden integrarse fácilmente en sistemas de lavado debido a su diseño eficiente.

OPORTUNIDAD DE MERCADO

Se pudo apreciar que para realizar este proceso de zarandeo se requiere de dos etapas, una es el tirado del ripio en bruto y la siguiente es recoger la arena zarandeada y cárgala al camión. Lo que conlleva a tiempos muertos de producción debido a que se utiliza una maquina en el peor de los casos y en caso contrario se utilizan dos máquinas operando simultáneamente.

Por lo cual, la utilización de una zaranda circular reducirá significativamente los costos de mano de obra y el tiempo requerido para el proceso de tamizado y carga del material. Al reducir los tiempos de traslado del material desde la cantera a las zarandas, se optimiza la eficiencia y se disminuyen los gastos asociados, como los salarios de los operarios y los costos de operación de los equipos adicionales.

Además, se reduce el tiempo de carga y se agilizan las operaciones de extracción y transporte de los productos finales, lo que resulta en un aumento de la producción y una mejora en la capacidad de respuesta a la demanda del mercado.

Otro aspecto que considerar es la calidad del producto final obtenido a través de la zaranda circular. Al estar incluida una zaranda motorizada, se minimiza la contaminación y la pérdida de material durante la transferencia, lo que contribuye a mantener la integridad y la homogeneidad de la carga. Esto es especialmente relevante cuando se trata de materiales delicados o de alto valor, como minerales o productos clasificados según su tamaño y calidad.

También se puede apreciar que, al reducir el proceso de transporte, se reducen los desplazamientos de vehículos y, por lo tanto, se disminuye el consumo de combustible. Este ahorro puede ser considerable, especialmente en operaciones de zarandeo de gran escala donde se manejan volúmenes significativos de material. La reducción en los costos de combustible no solo tiene un impacto positivo en el presupuesto operativo, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de los combustibles fósiles.

A su vez, permite reducir la necesidad de mano de obra para el proceso de carga del material. Con el sistema de descarga directa, el material se vierte directamente en el camión mediante una operación más automatizada y eficiente. Esto elimina la necesidad de que un operario. La reducción de un operario puede tener un impacto significativo en el presupuesto operativo a largo plazo y mejorar la eficiencia general del proceso de zarandeo.



Además de los beneficios económicos y operativos, la implementación de una zaranda circular con descarga directa al camión también puede tener impactos positivos desde el punto de vista ambiental. Al reducir la necesidad de transporte adicional, se disminuye la emisión de gases contaminantes y se minimiza la huella de carbono asociada con la operación de equipos y vehículos.

Por lo cual se puede concluir, que la implementación de una zaranda circular no solo optimiza el proceso de tamizado y carga del material, sino que también con lleva ahorros sustanciales en términos de costos de combustible y mano de obra. Estos ahorros adicionales fortalecen la viabilidad económica del proyecto y mejoran la rentabilidad de las operaciones de zarandeo. Al considerar los beneficios económicos, operativos y ambientales, la adopción de esta tecnología se convierte en una opción aún más atractiva para las empresas que buscan mejorar la eficiencia y reducir los costos en sus procesos de producción.

COMPETENCIA

Si bien existen diversas empresas dedicadas a este rubro consideramos que las siguientes son las más relevantes.

EMPRESA N° 1

Vibración Industrial Friedburg S.A¹ desde 1960. Dedicada al manejo de productos sólidos, polvos y granulados. Cuentan con personal técnico para la elección del producto adecuado.

Productos:

- Vibradores
- Zarandas circulares
- Transportadores vibratorios
- Equipos para fundición
- Elevadores vibratorios
- Mesas compactadoras

Segmento de mercado:

Separación de minerales: para la fabricación de lijas, pinturas en polvo, de pinturas líquidas y soluciones vinílicas, polvos de PVC.

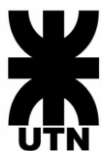
Farmacéuticas: Tamizado de drogas.

Jaboneras: jabones en polvo.

Alimenticias: Fideos, galletas, harinas, separación del jugo de la pulpa y la semilla, leche en polvo.

Ubicación: Diag. 154 N°5812, Loma Hermosa, Provincia de Buenos Aires

¹ <https://www.friedburgsa.com.ar>



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 11

EMPRESA N°2

Vibrotech² es una empresa dedicada al manejo de productos sólidos, polvos y granulados. Dedicada a la vibración industrial, tecnologías para el transporte, clasificación, compactación y dosificación de productos sólidos a granel. Cuentan con personal técnico para la elección del producto adecuado.

Productos:

- Zarandas vibratorias
- Antivibratorios
- Motovibradores
- Vibradores neumáticos.

Segmento de mercado: Principalmente productos alimenticios.

Clientes: Empresas de gran envergadura como Felfort, Nestle, Bagley, Celusal, Arcor, etc.

Ubicación: O'Gorman 3370, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Ambas competidoras tienen un enfoque principalmente en industrias diferentes, siendo su fuerte en alimentos y farmacéuticos. Esto significa que sus productos están diseñados para cumplir con requisitos de calidad y regulaciones específicas de esos sectores, además carecen de adaptación a las necesidades específicas de ripieras y áridos.

La distancia geográfica de estas competidoras podría resultar en una ventaja. Al estar más cerca de nuestros clientes potenciales, podremos ofrecer tiempos de entrega más cortos y un servicio más eficiente.

Los competidores tienen experiencia en la fabricación de zarandas, pero su falta de experiencia en el sector de ripieras y áridos podría ser una oportunidad. El conocimiento específico de las necesidades y desafíos de este mercado nos permitiría diseñar productos más adecuados y eficientes.

Como conclusión destacamos que las empresas competidoras se enfocan en industrias diferentes y están ubicadas a una distancia significativa. Esto nos podría brindar una ventaja en términos de adaptación rápida a las necesidades del mercado de ripieras y áridos, así como la capacidad de ofrecer un servicio más cercano y personalizado a nuestros clientes.

² <https://vibrotech.com.ar>

ANÁLISIS FODA

Teniendo en cuenta lo analizado se tiene:



FIGURA 3 - ANÁLISIS FODA

FORTALEZAS

- Conocimiento técnico: el equipo de trabajo cuenta con conocimientos específicos para resolver las diversas dificultades que se presenten.
- Menor costo: en general, las zarandas circulares son más económicas que las lineales o rectangulares.
- Ahorro de espacio: las zarandas circulares requieren menos espacio que las lineales o rectangulares, lo que las hace ideales para su uso en espacios reducidos. Debido a que se le puede añadir la cantidad de pisos que sea necesario y solo está limitado por la altura de la misma
- Eficiencia: La zaranda circular es una herramienta eficiente para la separación de sólidos y líquidos. Su diseño permite una alta capacidad de procesamiento de materiales. Permite una separación más precisa de los materiales debido a su diseño y tecnología. Es fácil de operar y mantener.
- Versatilidad: las zarandas circulares pueden utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones y son adecuadas para tamizar una gran variedad de materiales. Puede ser utilizada en una amplia variedad de industrias como la alimentaria, química, farmacéutica, entre otras.
- Higiene: reduce la polución del aire de partículas dispersas debido al diseño compacto.



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 13

OPORTUNIDADES

- Creciente demanda: La necesidad de separar y clasificar materiales se está volviendo cada vez más crucial en diferentes industrias, como la alimentaria, la minera, la química y la farmacéutica. Las zarandas circulares son una herramienta muy efectiva para realizar esta tarea, por lo que la creciente demanda de productos y materiales que requieren separación y clasificación puede representar una oportunidad de mercado para las zarandas circulares.
- Innovación: hay oportunidades para innovar y mejorar las zarandas circulares en términos de eficiencia, precisión, durabilidad y capacidad de procesamiento.
- Mantenimiento: La oferta de servicios de mantenimiento y reparación de zarandas circulares puede ser una oportunidad de negocio.

DEBILIDADES

- Dificultad en la construcción: su forma particular implica una ingeniería de construcción no tan habitual en comparación con las rectangulares. Implica rolado de chapas, cortes circulares tanto en mallas como tapas de la misma, formas cónicas.
- Puesta a punto de la vibración: la forma y posición de la malla (circular y horizontal al piso) dificulta la posibilidad de predecir la trayectoria de las partículas.
- Limitaciones de capacidad: las zarandas circulares pueden tener limitaciones en términos de capacidad de procesamiento en comparación con las zarandas lineales o rectangulares. El círculo forma un área menor que un paralelepípedo.
- Limpieza: La limpieza de la zaranda puede requerir un tiempo considerable debido a la acumulación de residuos.
- Mallas circulares: se requiere tener un proveedor que nos permita obtener mallas de dimensiones circulares.

AMENAZAS

- Competencia: existe una fuerte competencia en el mercado de las zarandas y separadores vibratorios, lo que puede afectar la demanda y los precios. La competencia en el mercado de la zaranda circular puede ser intensa debido a la amplia variedad de opciones disponibles. La implementación de nuevas tecnologías en la separación de materiales puede reducir la demanda de la zaranda circular.
- Falta de suministros: debido a las restricciones de importación.
- Economía: La inestabilidad económica puede disminuir la demanda de la zaranda circular en diferentes industrias.



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 14

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Por lo mencionado anteriormente se definen los siguientes objetivos del proyecto:

- Diseñar zaranda circular

El primer objetivo principal de este proyecto es desarrollar un diseño de zaranda circular que sea altamente eficiente en la separación de áridos, incluyendo ripio y arena. Este diseño deberá garantizar una alta capacidad de procesamiento y una separación precisa de los materiales, lo que contribuirá a la mejora de la calidad del producto final. La zaranda circular diseñada debe ser capaz de mantener un flujo de trabajo constante sin interrupciones significativas, lo que reducirá los tiempos de inactividad y aumentará la eficiencia operativa.

- Realizar análisis económico

Se llevará a cabo un análisis detallado de costos y beneficios para evaluar la viabilidad económica de implementar el nuevo sistema de zaranda circular en comparación con el sistema tradicional utilizado anteriormente. Esto incluirá la estimación de costos de adquisición, instalación y operación, así como la proyección de los posibles ahorros y mejoras en la eficiencia.



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 15

ESTUDIO TÉCNICO

DATOS OBTENIDOS

Caudal

Para determinar el caudal necesario se procedió a la consulta de distribuidores locales, de lo cual, se pudo obtener la siguiente información:

Cantidad de camiones por día	40
Volumen por camión (m^3)	5

Los distribuidores nos indicaron que esos valores eran lo que proporcionaban de arena, por lo cual, consideramos que debemos trabajar con la parte de finos, y se deberán seguir la normativa correspondiente.

Apertura de malla

Teniendo en cuenta la clasificación proporcionada por la norma IRAM - 10509³, establece que los materiales que pasen por la apertura de 4,75mm (3/16") se consideraran finos o arena.

Diámetro alambres

Según consultas a operadores locales utilizan un alambre de 6mm y realizan el reemplazo de las mismas cada 8 o 9 meses, por lo cual, para nuestro caso, debido a que se fabrican, para la apertura necesaria, con alambre de 2,5mm, consideramos que la durabilidad será de 5 meses.

SELECCIÓN DE MALLAS

Para cualquier análisis de malla se debe realizar un análisis granulométrico del lugar en donde se realiza la muestra⁴, en nuestro caso es el Rio Diamante, por parte de la facultad se nos proporcionó la misma⁵ de la cual fue posible obtener una curva regresiva para poder introducirla a los cálculos:

$$P_F(h) = 15,149 * \ln(h) + 39,516$$

Se debe tener en cuenta que el tamaño mayor es de 1 1/2" por lo cual, se considera que debe haber un zarandeo previo para rear piedras de un tamaño mayor, lo cual, es realizado por las empresas de la cantera para obtener el productor del ripio.

Por lo cual, debemos utilizar algún modelo de cálculo para obtener el área de zarandeo, para lo cual nos basamos en el estudio hecho por Sales y Galery⁶, el cual analiza tres métodos distintos de aproximación a los valores del área de zarandeo y realiza un análisis empírico.

Los métodos analizados fueron:

³ Norma IRAM 10.509 - Octubre 1982

⁴ Vibrating screens handbook - VSMA

⁵ ANEXOS - GRANULOMETRÍA

⁶ Comparative evaluation of three classical methods of vibrating screens - Sales y Galery

- Método Peter King (PKM): el cálculo se realiza en función del flujo másico de alimentación.
- Método Karra (KM): tiene en cuenta el flujo másico de material menor que pasa a través de la malla.
- Método Allis-Chalmers (ACM): tiene en cuenta el flujo volumétrico de alimentación.

De lo que se puede ver que, comparando los métodos a diversos tipos de materiales, de los cual se puede apreciar la siguiente imagen:

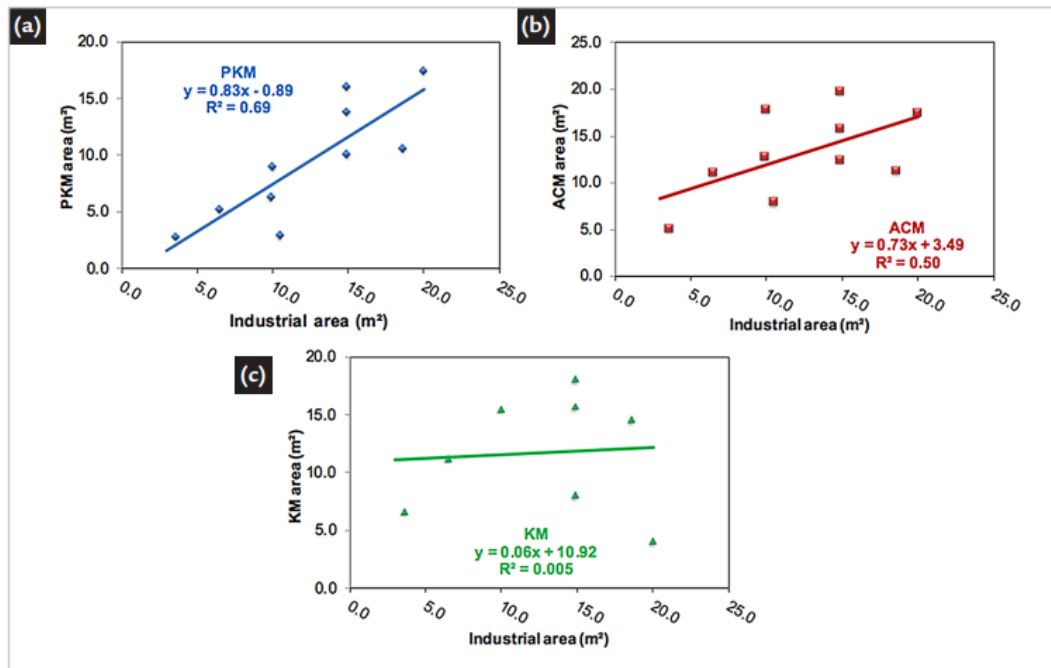


Figura 4 - Comparación métodos de cálculo área de malla⁷

Empíricamente los de los tres métodos el más fiable es de King, pero como los materiales ensayados no era el utilizado se tuvo en cuenta los tres para realizar los cálculos, en función de la comparativa y consideración técnica del área seleccionada.

A su vez, agregamos otro método de cálculo de la VSMA⁸, para poder tener un campo más amplio de elección en el diámetro de la zaranda.

CÁLCULOS DE ÁREA

A partir de los valores obtenidos de los diferentes cálculos se expresan en la siguiente tabla⁹:

Método	Área malla (m ²)	Diámetro malla (m)
Método Peter King	1,506	1,385
Método Karra	3,665	2,160
Método Allis-Chalmers	2,372	1,738
Método VSMA	3,328	2,058

⁷ Comparative evaluation of three classical methods of vibrating screens - Sales y Galery – Pag 43

⁸ Vibrating Screens Handbook - VSMA

⁹ ANEXOS – SELECCIÓN DE MALLAS

De lo cual, por consideraciones de falta de experiencia en el rubro considerando que diámetros mayores de malla garantizan una mayor eficiencia, por lo cual, el diámetro adoptado será de:

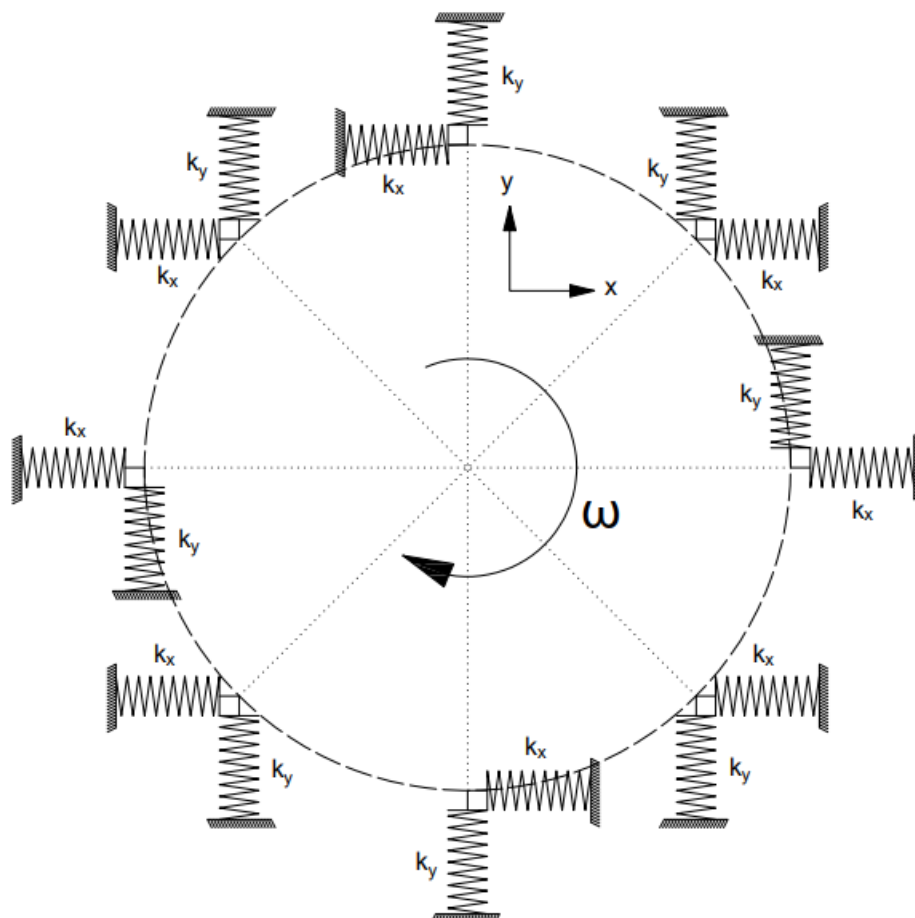
Diámetro alambre (mm)	2,5
Apertura malla (in)	3/16
Diámetro malla (m)	2
Área malla (m²)	3,142
Peso malla (kgf)	37,699

CÁLCULO DE RESORTES

Para el cálculo de resortes se tuvo en cuenta el análisis realizado para un tipo de zaranda complejo¹⁰, en el cual, aplica el modelo de masa resorte para poder aproximarse al valor amplitud del movimiento.

Se tuvo en cuenta 6 resortes distribuidos circunferencialmente debido a que es la cantidad que suele usarse en este tipo de máquinas.

En lo cual, consideramos el modelo de nuestro sistema como el siguiente:



¹⁰ Research on spatial Lissajous trajectory vibrating screen - Zhipeng Lyu and Sizhu Zhou



Por lo cual, el modelo matemático planteado es el siguiente:

$$\begin{cases} M * x'' + 6 * k_x * x = F_c * \sin(\omega * t) \\ M * y'' + 6 * k_y * y = F_c * \cos(\omega * t) \end{cases}$$

Siendo:

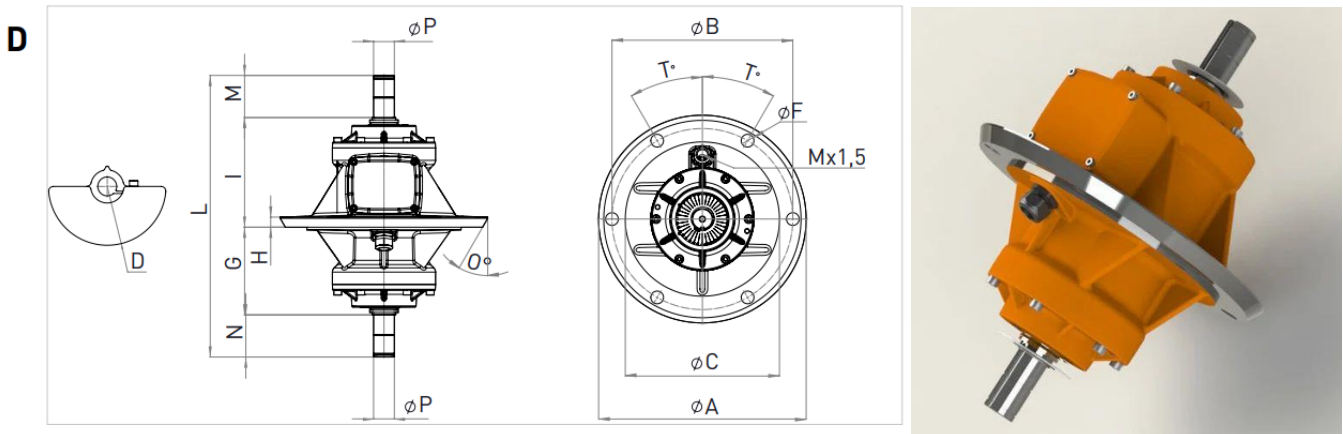
M: masa que se mueve (cama de material, peso de estructura, peso de motovibrador y peso de la malla)

k: constante lateral del resorte.

F_C: fuerza centrífuga del motovibrador.

La fuerza centrífuga la obtenemos de un motovibrador comercial¹¹, del cual seleccionamos:

$$F_c = 4572 \text{ lbf}$$



Unbalance (inlb)		Model 60 HZ for U.S. Market	Poles	Centrifugal Force (lb)		UP Centrifugal Force (lb)		DOWN Centrifugal Force (lb)		RPM		Weight (lb)		Input Power (hp)		Nominal Current A max. (Y)		Terminal Connection	Ia / In (Ampere)		Cable Gland	Certification
50Hz	60Hz			50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz		50Hz	60Hz		
8	6	MVE 550/4E-IL-30AB A	4	497	557	249	278	249	278	1.500	1.800	25,7	24,2	0,16	0,16	0,5	0,5	Y	0,3	0,4	M20	●
61	46	MVE 4200/4N-IL-60AF A	4	3872	4253	1936	2127	1936	2127	1.500	1.800	116,6	110,0	1,51	1,74	2,16	2,09	Y	4,9	4,9	M25	●
85	60	MVE 5500/4N-IL-70AM A	4	5432	5551	2715	2776	2715	2776	1.500	1.800	154,0	143,0	2,55	3,08	3,7	3,3	Y	6	6,1	M25	●
128	85	MVE 7800/4N-IL-75AM A	4	8129	7821	4066	3909	4066	3909	1.500	1.800	224,4	204,6	3,35	4,02	4,5	4,6	Y	6,5	6,6	M25	●
61	61	MVE 2500/6N-IL-60AF A	6	1727	2477	865	1239	865	1239	1.000	1.200	112,2	112,2	1,21	1,45	1,8	2	Y	3,3	3,3	M25	●
85	85	MVE 3500/6N-IL-70AM A	6	2416	3476	1208	1738	1208	1738	1.000	1.200	145,2	145,2	2,01	2,41	3	3,2	Y	4,3	4,4	M25	●
128	128	MVE 5200/6N-IL-70AM A	6	3612	5203	1806	2603	1806	2603	1.000	1.200	162,8	162,8	2,01	2,41	3	3,2	Y	4,3	4,4	M25	●
162	162	MVE 6600/6N-IL-75AM A	6	4572	6585	2286	3293	2286	3293	1.000	1.200	226,6	226,6	2,63	2,81	4,1	4	Y	4,8	4,8	M25	●
61	46	MVE 4200/4N-IC-60AM A	4	3872	4253	1936	2127	1936	2127	1.500	1.800	132,0	123,2	1,51	1,74	2,2	2,1	Y	4,9	4,9	M25	●
85	60	MVE 5500/4N-IC-70AM A	4	5432	5551	2715	2776	2715	2776	1.500	1.800	158,4	145,2	2,55	3,08	3,7	3,3	Y	6	6,1	M25	●
128	85	MVE 7800/4N-IC-75AX A	4	8131	7821	4066	3909	4066	3909	1.500	1.800	244,2	224,4	3,35	4,02	4,5	4,6	Y	6,5	6,6	M25	●
61	61	MVE 2500/6N-IC-60AM A	6	1727	2477	865	1239	865	1239	1.000	1.200	125,4	125,4	1,21	1,45	1,8	2	Y	3,3	3,3	M25	●
85	85	MVE 3500/6N-IC-70AM A	6	2416	3476	1208	1738	1208	1738	1.000	1.200	149,6	149,6	2,01	2,41	3	3,2	Y	4,3	4,4	M25	●
128	128	MVE 5200/6N-IC-70AM A	6	3612	5203	1806	2603	1806	2603	1.000	1.200	167,2	167,2	2,01	2,41	3	3,2	Y	4,3	4,4	M25	●
162	162	MVE 6600/6N-IC-75AX A	6	4572	6585	2286	3293	2286	3293	1.000	1.200	246,4	246,4	2,63	2,81	4,1	4	Y	4,8	4,8	M25	●
86	60	MVE 5500/4E-ID-75 C	4	5500	5500	2750	2750	2750	2750	1.500	1.800	145,2	145,2	3,35	3,35	4,5	4,6	Y	6,5	6,6	M25	●

¹¹ MVE-F Flanged vibrators – OLI – Modelo: MVE 6600/6N-IC-75AX A



Model 60 HZ for U.S. Market 60Hz	DIMENSIONAL SPECIFICATIONS																			
	Fig.	Size	A	B	C	D	T	F	G	H	I	L	M	N	O	P	R	S	Holes	O Ring
			in	in	in	in	degrees	in	in	in	in	in	in	in	in	degrees	in	degrees		
MVE 550/4E-IL-30AB A	C	30	8,46	7,40	4,65	2,40	45	0,51	2,52	0,47	9,45	11,97	-	-	-	0,67	--	--	4	4625
MVE 4200/4N-IL-60AFA	C	60	11,42	9,84	6,85	4,13	30	0,67	11,06	0,55	2,01	18,70	2,80	2,80	--	1,38	--	--	6	4850
MVE 5500/4N-IL-70AMA	C	70	13,78	12,01	7,87	4,92	30	0,83	11,73	0,71	2,17	20,59	3,35	3,35	--	1,57	--	--	6	41050
MVE 7800/4N-IL-75AMA	C	75	13,78	12,01	8,86	4,92	30	0,87	12,83	0,79	2,60	22,13	3,35	3,35	--	1,57	--	--	6	41050
MVE 2500/6N-IL-60AFA	C	60	11,42	9,84	6,85	4,13	30	0,67	11,06	0,55	2,01	18,70	2,80	2,80	--	1,38	--	--	6	4850
MVE 3500/6N-IL-70AMA	C	70	13,78	12,01	7,87	4,92	30	0,83	11,73	0,71	2,17	20,59	3,35	3,35	--	1,57	--	--	6	41050
MVE 5200/6N-IL-70AMA	C	70	13,78	12,01	7,87	4,92	30	0,83	11,73	0,71	2,17	20,59	3,35	3,35	--	1,57	--	--	6	41050
MVE 6600/6N-IL-75AMA	C	75	13,78	12,01	8,86	4,92	30	0,87	12,83	0,79	2,60	22,13	3,35	3,35	--	1,57	--	--	6	41050
MVE 4200/4N-IC-60AMA	D	60	13,78	12,01	10,24	4,13	30	0,87	5,83	0,67	7,28	18,70	2,80	2,80	1,18	1,38	--	--	6	--
MVE 5500/4N-IC-70AMA	D	70	13,78	12,01	10,24	4,92	30	0,83	6,22	0,83	7,68	20,59	3,35	3,35	1,18	1,57	--	--	6	--
MVE 7800/4N-IC-75AXA	D	75	15,75	13,98	12,20	4,92	30	0,94	7,32	0,87	8,11	22,13	3,35	3,35	0,59	1,57	--	--	6	--
MVE 2500/6N-IC-60AMA	D	60	13,78	12,01	10,24	4,13	30	0,87	5,83	0,67	7,28	18,70	2,80	2,80	1,18	1,38	--	--	6	--
MVE 3500/6N-IC-70AMA	D	70	13,78	12,01	10,24	4,92	30	0,83	6,22	0,83	7,68	20,59	3,35	3,35	1,18	1,57	--	--	6	--
MVE 5200/6N-IC-70AMA	D	70	13,78	12,01	10,24	4,92	30	0,83	6,22	0,83	7,68	20,59	3,35	3,35	1,18	1,57	--	--	6	--
MVE 6600/6N-IC-75AXA	D	75	15,75	13,98	12,20	4,92	30	0,94	7,32	0,87	8,11	22,13	3,35	3,35	0,59	1,57	--	--	6	--
MVE 5500/4E-ID-75 C	E	75	11,10	5,98	5,16	4,57	--	1,65	--	--	1,18	21,57	4,25	--	--	--	0,55	0,55	--	--

La masa que se mueve, tenemos:

Característica	Masa (kgf)
Cama de material	99,73
Peso de estructura	627,02
Peso de motovibrador	111,77
Peso de la malla	37,70
Total	876,21

La constante del resorte se podría determinar a partir de un resorte comercial, pero se procedió a realizar el cálculo correspondiente para poder obtener un resorte apto para poder se manufacturado, de lo cual se procedió a obtener este valor de constante lateral¹², y el mismo:

$$k_l = 445,204 \frac{N}{mm}$$

De lo que se obtuvo, las siguientes gráficas¹³:

¹² ANEXOS – SELECCIÓN DE RESORTES

¹³ ANEXOS – ANÁLISIS MATEMÁTICO

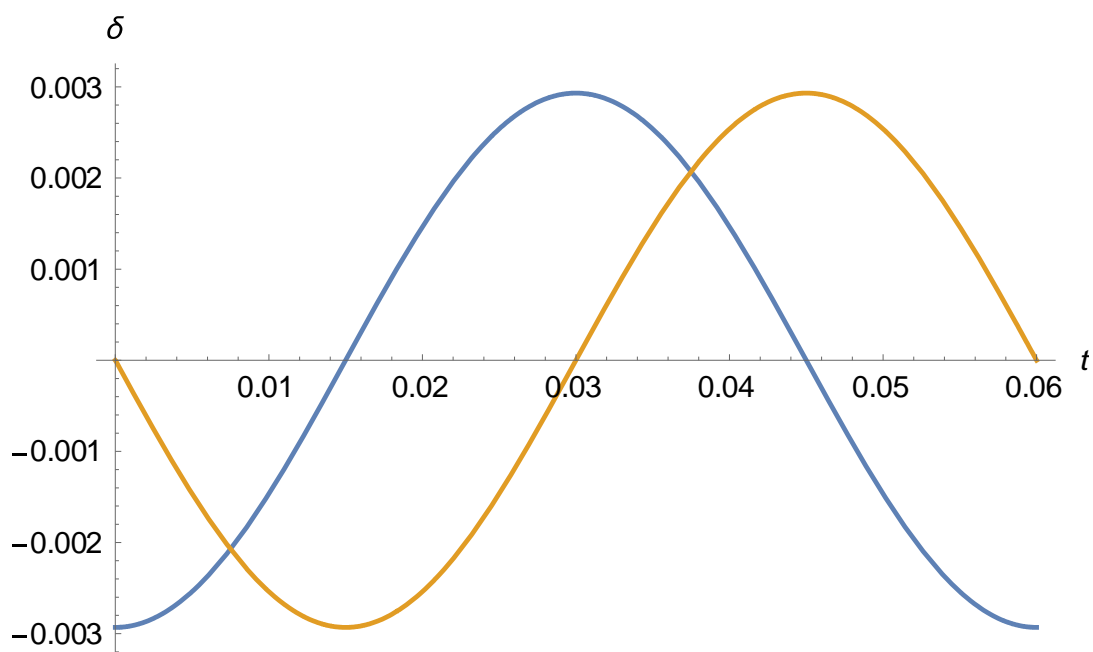


FIGURA 5 - DESPLAZAMIENTO EN AMBAS DIRECCIONES

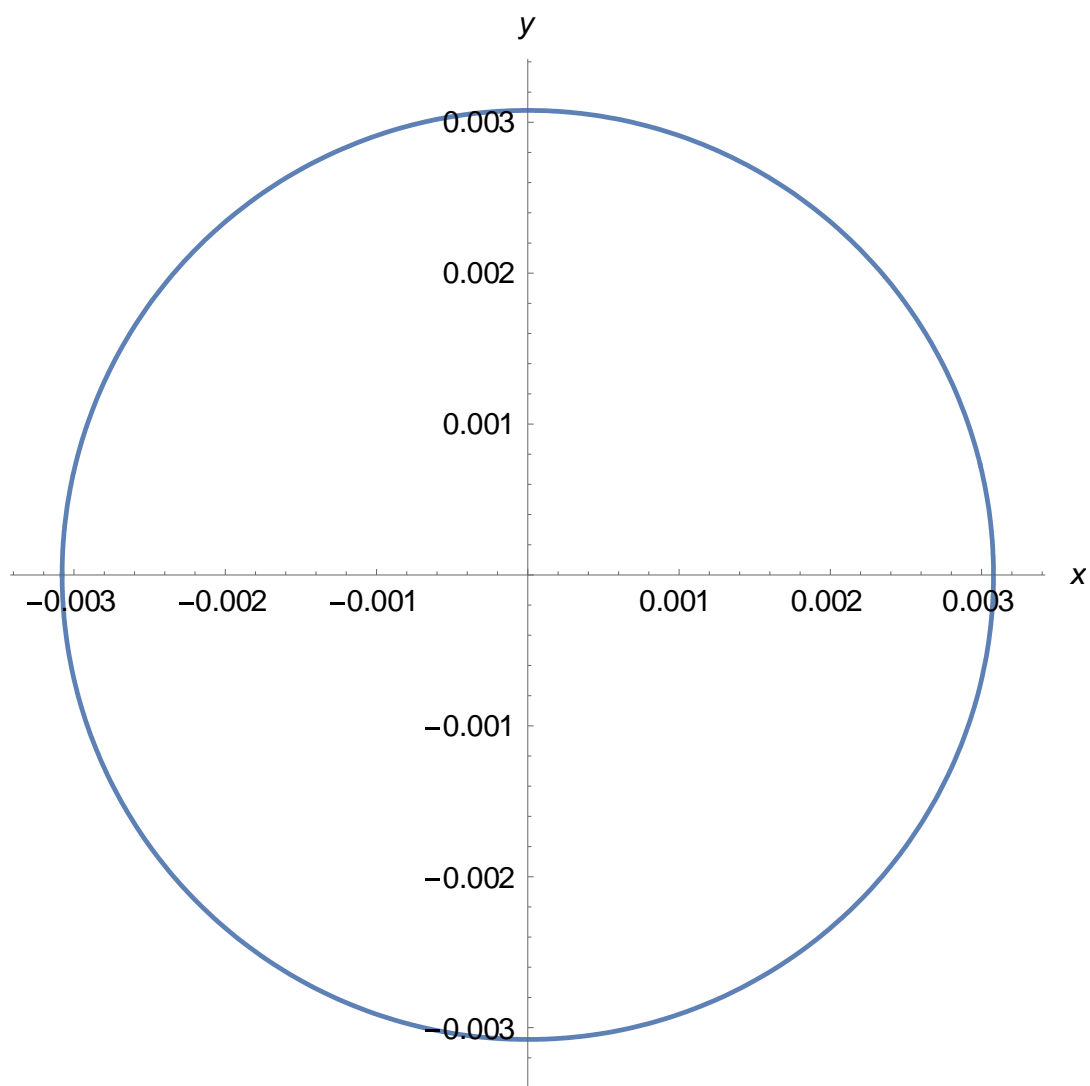


FIGURA 6 - DESPLAZAMIENTO DEL CENTRO DEL RESORTE

Por lo cual, el desplazamiento obtenido para las condiciones mostradas:

$$\delta = 3,079 \text{ mm}$$

Lo cual, es más que suficiente teniendo en cuenta el movimiento alternante que se produce en el material para lograr el zarandeado correcto ya que esta medida representa más de la mitad del ancho de la apertura, es lógico que, al estar el material forzado a estar horizontal, el rendimiento va a ser mayor que en otras posiciones.

En caso de que no esté la cama de material (máquina en vacío), la masa será:

Característica	Masa (kgf)
Peso de estructura	627,02
Peso de motovibrador	111,77
Peso de la malla	37,70
Total	776,48

Las gráficas:

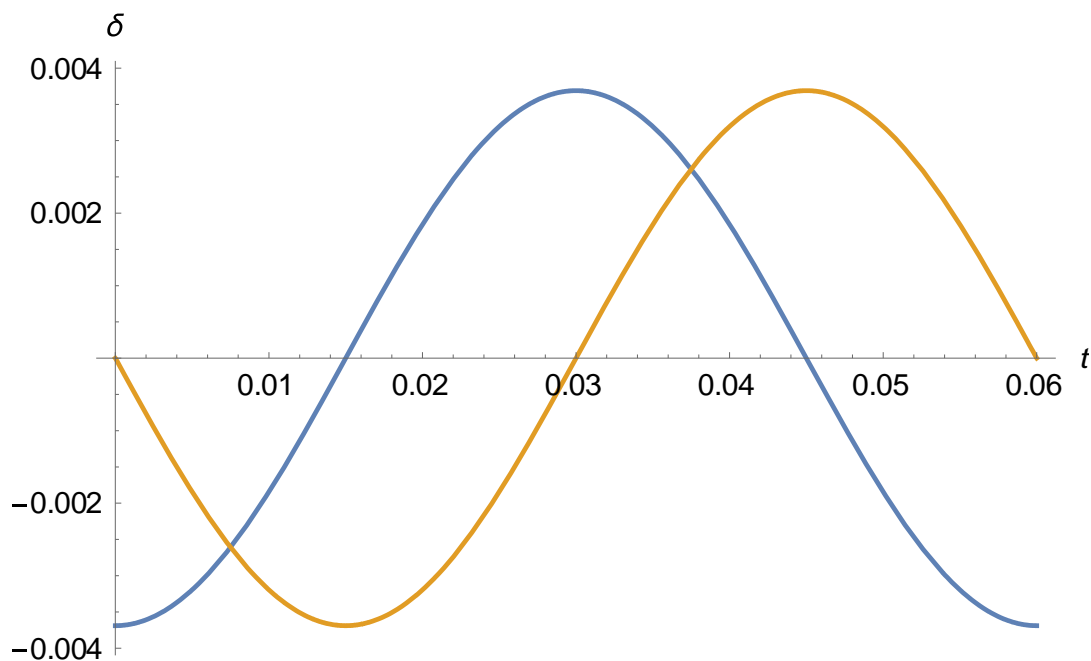


FIGURA 7 - DESPLAZAMIENTO EN LAS DOS DIRECCIONES

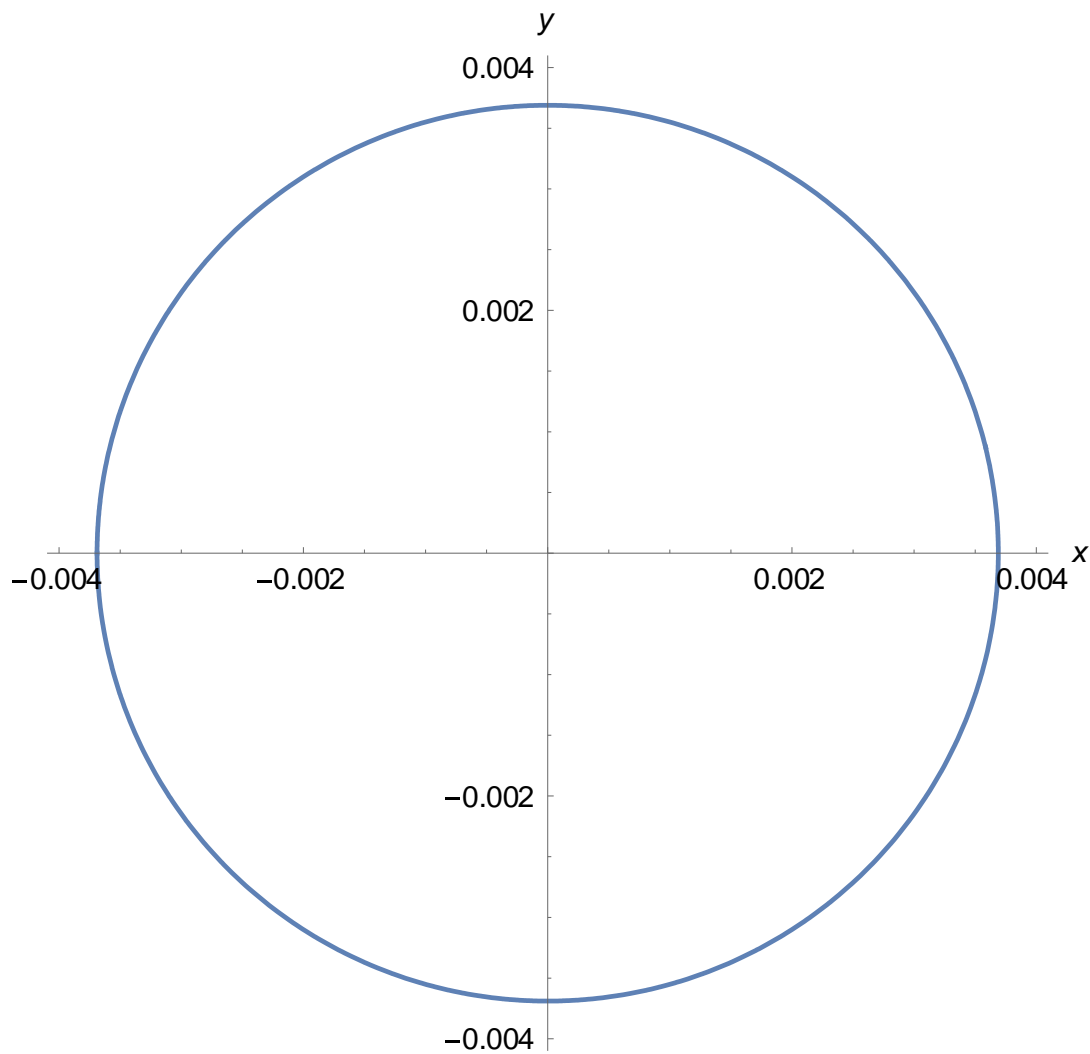


FIGURA 8 - DESPLAZAMIENTO DEL CENTRO DEL RESORTE

Entonces el desplazamiento sin la cama de material:

$$\delta_v = 3,689 \text{ mm}$$

Los resortes han sido verificados posteriormente a resonancia y a fatiga¹⁴.

Las dimensiones del resorte:

CARACTERÍSTICA	VALOR
Diámetro alambre (<i>in</i>)	3/4
Diámetro medio (<i>mm</i>)	100
Longitud comprimida (<i>mm</i>)	114,3
Longitud libre (<i>mm</i>)	157,15

¹⁴ VER ANEXOS – SELECCIÓN DE RESORTES



FIGURA 9 - DISEÑO DEL RESORTE

ESTRUCTURA

Se utilizaron el simulador de elementos finitos de inventor para determinar los correctos perfiles estructurales.¹⁵

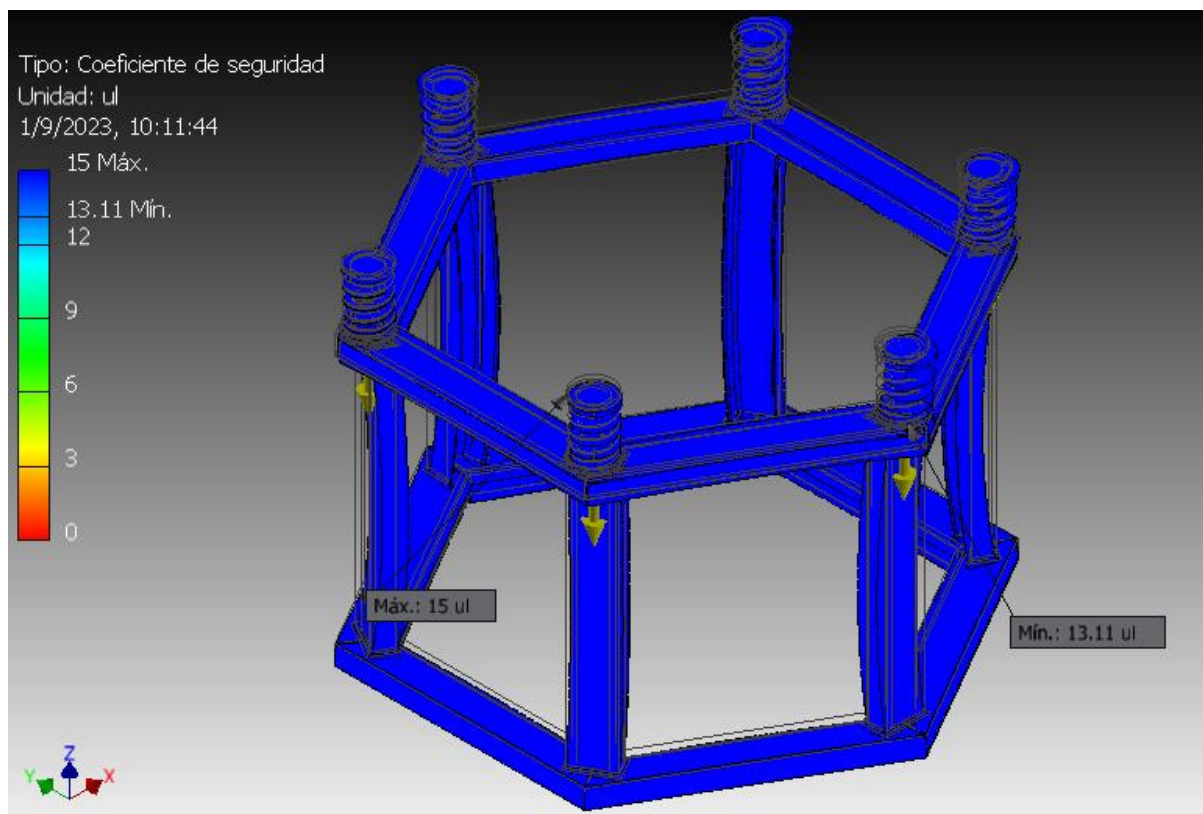


FIGURA 10 - ESTRUCTURA SOMETIDA A SIMULACIÓN

¹⁵ VER ANEXOS – INFORMES SIMULACIÓN

CHAPAS

En el proceso de fabricación de la zaranda circular la elección de los materiales no solo debe garantizar la funcionalidad del producto final, sino también considerar la disponibilidad y la facilidad de adquisición en el mercado. Esto será relevante a la hora del mantenimiento, ya que se reemplazarán las chapas debido a los desgastes que sufrirá la zaranda en su funcionamiento.

Se optó por utilizar chapa común de espesor 3/16" debido a su capacidad para ser rolada, lo que es esencial para dar forma a las partes curvas de la zaranda y de espesor suficiente que proporcionará la resistencia necesaria para la aplicación, además, para la fabricación del tubo de salida del material clasificado se seleccionó una chapa de 1/8".

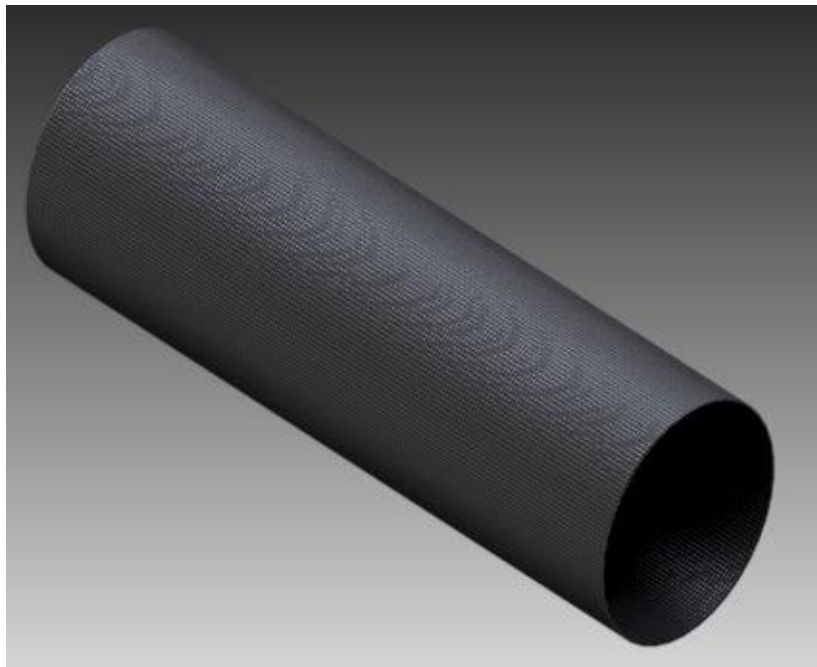


FIGURA 11 - TUBO DE SALIDA DE PRODUCTO

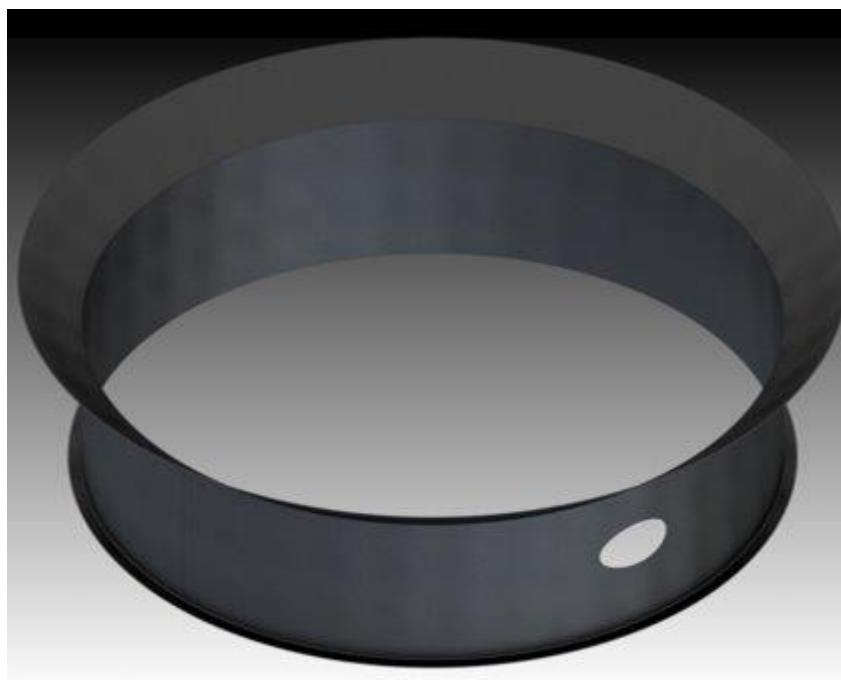


FIGURA 12 - CHAPA PRINCIPAL



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 25

PRODUCTO TERMINADO

La zaranda circular resultante del proceso de selección y dimensionamiento se presenta como una herramienta eficiente y funcional para el tamizado de ripio. Su estructura, dimensionada para soportar las cargas adecuadas y garantizar durabilidad. La malla seleccionada bajo normas IRAM y los resortes dimensionados con precisión permiten una separación efectiva de materiales da como resultado una zaranda cuya capacidad de tamizado es de 80 tn/hr cumpliendo con la demanda de los distribuidores regionales.

A continuación, se muestra el producto terminado y sus partes principales:

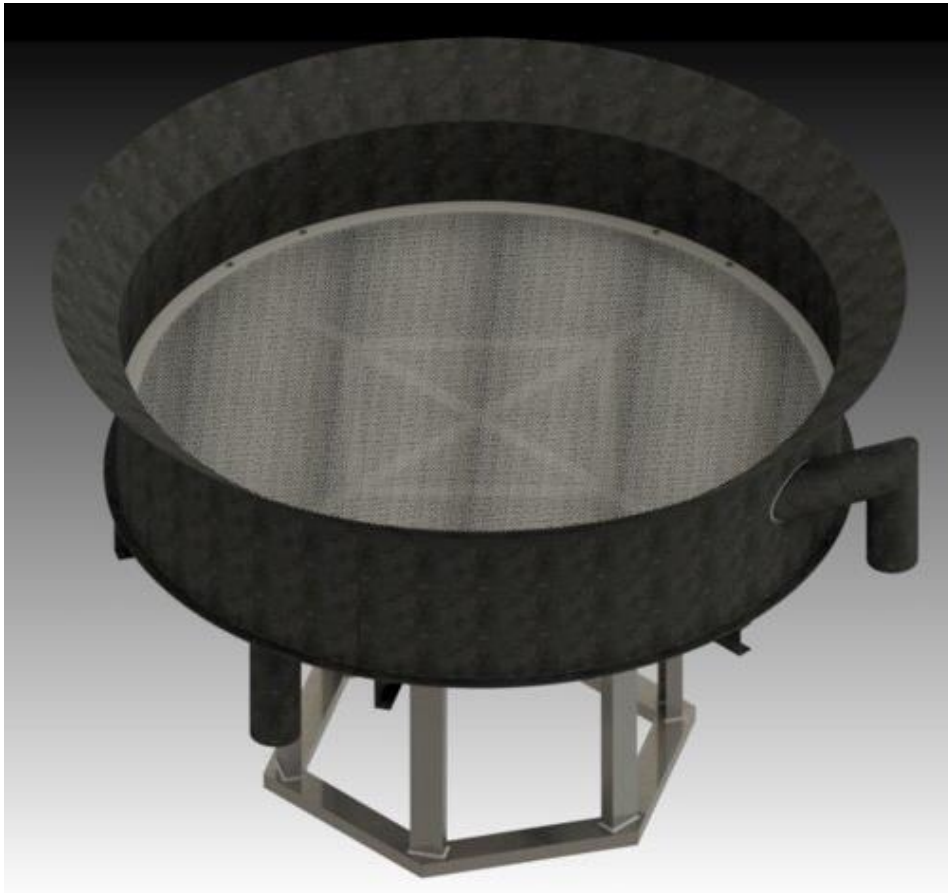
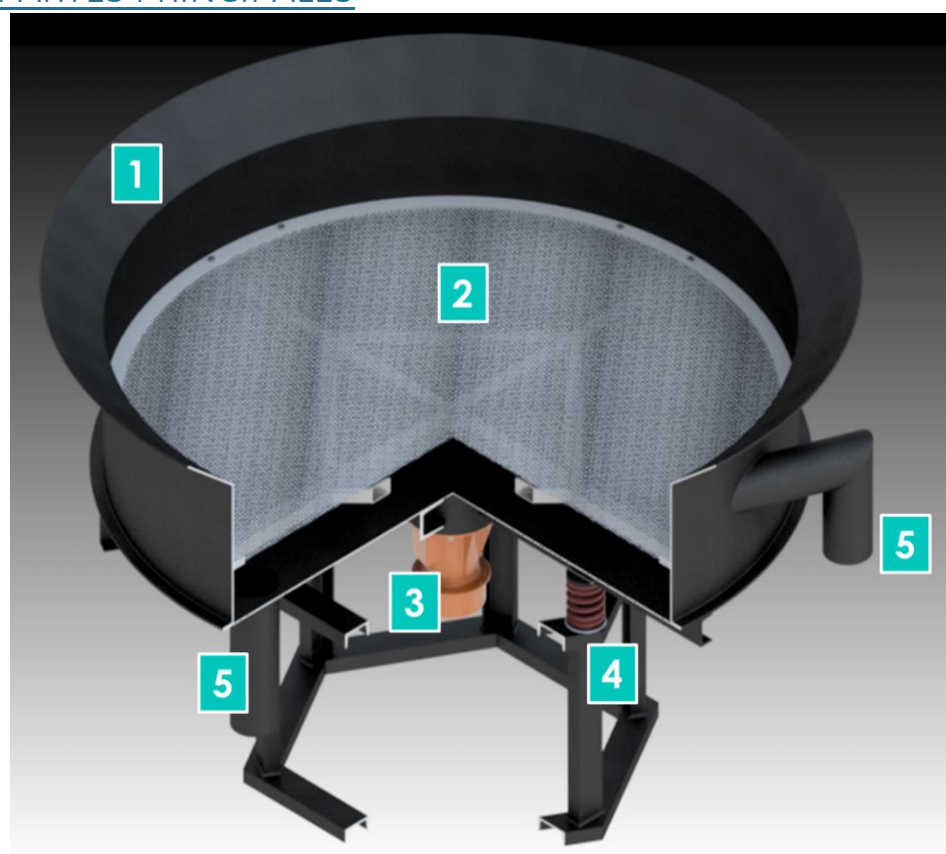


FIGURA 13 - VISTA SUPERIOR DE MÁQUINA



FIGURA 14 - VISTA INFERIOR DE LA MÁQUINA

PARTES PRINCIPALES



1. BANDEJA DE ALIMENTACIÓN
2. MALLA
3. MOTOVIBRADOR
4. SOPORTES Y RESORTES
5. SALIDA DE PRODUCTOS.

FIGURA 15 - PARTES PRINCIPALES



Resumen de las características principales:

MALLA	
Diámetro alambre (mm)	2,5
Apertura malla (in)	3/16
Diámetro malla (m)	2
Área malla (m ²)	3,142
Peso malla (kgf)	37,7
RESORTE	
Diámetro alambre (in)	3/4
Diámetro medio (mm)	100
Longitud comprimida (mm)	114,3
Longitud libre (mm)	157,15
MOTOVIBRADOR	
Modelo	MVE 6600/6N-IC-75AX A
Polos	6
Fuerza centrífuga (lbf)	4572
Velocidad de giro (rpm)	1000
Potencia (hp)	2,63
Corriente (A)	4,8
ESTRUCTURA	
Chapas espesor (in)	3/16"
Base	UPN 100
Tubos de salida (in)	6" x 1/8
Soporte de malla (in)	2 1/4 x 2 1/4 x 1/8

ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO

La decisión de invertir en una zaranda implica un análisis económico calificativo y cuantitativo que evalúe los costos y beneficios a lo largo de un período de tiempo determinado. Por lo cual, se llevará a cabo un análisis económico con un horizonte de evaluación a 10 años para evaluar la viabilidad y rentabilidad de esta inversión. Este proceso nos permitirá entender mejor cómo la adquisición y operación de una zaranda puede impactar en términos financieros y estratégicos en el periodo de duración del proyecto.

INGRESOS

Realizado un análisis de la cadena de suministros se puede apreciar que existen dos etapas importantes en donde podemos obtener un rendimiento (antes y después de la zaranda). En nuestro caso, nos centraremos en reducir los tiempos desde la maquina cargadora hasta la zaranda, lo que se traduce en una menor utilización de la misma.

En la siguiente figura se grafica el proceso:



FIGURA 16 - PROCESO DE SEPARACIÓN TRADICIONAL

Teniendo en cuenta el volumen necesario de material de egreso que es de 50 *ton/hr*, tenemos el volumen necesario que se debe depositar en las zarandas para diversas inclinaciones (teniendo en cuenta la misma apertura de malla):

Inclinación en grados	Volumen másico (<i>ton/hr</i>)	Volumen (m^3/hr)
0°	79,164	39,582
20°	81,039	40,519
45°	92,258	46,129

Ahora considerando el porcentaje de reducción de volumen respecto al formato típico de 45° tenemos:

Inclinación	Porcentaje de reducción de volumen $\%(1 - v_{0-20}/v_{45})$
0°	14,19%
20°	12,16%

Teniendo en cuenta que nuestra zaranda es de disposición horizontal, tenemos un 2,03% de mayor rendimiento. Por lo cual, considerando la siguiente cantidad de tiempo de utilización de la máquina:



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 29

Jorna de trabajo	8 hrs
Días laborables	264
Total, horas año	2112 hrs

Por lo cual, considerando a la reducción de volumen depositado se debe utilizar menos la máquina a lo largo del año a lo que nos da que se produce una reducción del alquiler en:

$$r_a = 2112 \text{ hrs} * 14,19\% = 299,69 \text{ hr}$$

Realizando consultas a distribuidores locales, el alquiler de una pala cargadora es de 33 USD/hr y un dólar MEP de \$667,94.

$$P_{a.USD} = 299,69 \text{ hr} * 33 \frac{\text{USD}}{\text{hr}} = 9889,86 \text{ USD}$$

$$P_a = 9889,86 \text{ USD} * \$667,94 = \$ 6605834,69$$

Considerando que se pueda alquilar por parte del propietario solo el 70% del tiempo y teniendo en cuenta que se tiene un 25% más de eficiencia en la zaranda debido a que es motorizada:

$$P_{a.neto} = \$6605834,69 * 70\% * 125\% = \$ 5780105,36$$

Por lo cual, se puede apreciar que se tiene un rendimiento del 17,5% mas que el sistema tradicional.



FIGURA 17 - REDUCCIÓN DE TIEMPO DE UTILIZACIÓN DE PALA CARGADORA

Por mes:

$$P_{a.neto.mes} = \frac{P_{a.neto}}{12} = \$ 481.675$$

Teniendo en cuenta que en determinados meses se realizará el mantenimiento de la zaranda se reducirá el tiempo de uso en un 10% por lo cual:

$$P_{a.mes.man} = P_{a.neto.mes} * 90\% = \$ 433.508$$

Por lo cual, a lo largo de un año los ingresos van a ser:

$$I_o = \$ 5.491.100$$



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 30

INVERSIÓN

Para comprender de manera detallada la estructura de costos que conforma la fabricación de nuestra zaranda, es esencial desglosar los elementos que intervienen en este proceso. En primer lugar, se encuentran los costos asociados a la adquisición de la materia prima. Seguido de esto, debemos considerar la inversión en mano de obra, que abarca tanto la destreza necesaria para la confección de la zaranda como los procesos de ensamblaje. Además, no podemos pasar por alto el tiempo y dedicado por nuestro equipo de ingeniería, crucial para el diseño y optimización de cada componente. A continuación, presentaremos una tabla detallada que desglosa estos costos, proporcionando una visión completa de los recursos implicados en la producción de nuestra zaranda:

ELEMENTO	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO DE MANUFACTURA	COSTO DE DISEÑO	COSTO TOTAL
PERFIL CUADRADO 2 1/4 X 1/8"	3,2	\$ 5766,7	\$ 9336,2	\$ 15000	\$ 43008,7
MALLA	1	\$ 303802,8	-	\$ 30000	\$ 333802,8
CHAPA 3/16" X 1500 X 3000	3	\$ 92031,3	\$ 138046,9	\$ 6000	\$ 420140,6
CHAPA 3/16" X 1000 X 2000	2	\$ 80325,0	\$ 80325	\$ 6000	\$ 246975
PERFIL UPN 100	17,8	\$ 8116,7	\$ 72238,3	\$ 3000	\$ 219715
RESORTES	6	\$ 19542,3	\$ 58626,9	\$ 60000	\$ 235880,7
MOTOVIBRADOR	1	\$ 1302820	-	\$ 9000	\$ 1311820
TORNILLO M12X100	4	\$ 500,8	\$ 1001,6	\$ 1500	\$ 4504,8
TORNILLO M12X35	6	\$ 124	\$ 371,9	\$ 1500	\$ 2615,6
TUERCA M12	10	\$ 444	\$ 2220	\$ 1500	\$ 8160
GUARDA MOTOR 4HP 3KW	1	\$ 46685	-	\$ 1500	\$ 48185
CONTACTOR 12A	3	\$ 20000	-	\$ 1500	\$ 61500
CABLE 4X1,5	5	\$ 1280	-	\$ 1500	\$ 7900
GABINETE ELÉCTRICO 300X300X150	1	\$ 20727	-	\$ 1500	\$ 22227
TOTAL		\$ 1902165,4	\$ 362166,8	\$ 139500	\$ 2966435

Por lo cual, la inversión inicial necesaria es de:

$$I_{inicial} = \$ 2.966.435$$

COSTOS FIJOS

MANTENIMIENTO

El mantenimiento de una zaranda circular abarca varios aspectos clave. Implica considerar el costo del operario, que incluye el salario y beneficios, además de garantizar que el personal esté capacitado para operar y realizar tareas de mantenimiento básico. La lubricación adecuada del motovibrador es esencial para su funcionamiento y debe seguir las recomendaciones del fabricante. La limpieza regular es crucial para evitar la acumulación de material en las mallas y componentes, lo que podría afectar la eficiencia. Además, se deben reemplazar consumibles como mallas y componentes sujetos a desgaste de acuerdo con la frecuencia recomendada. El mantenimiento preventivo y las inspecciones regulares son esenciales para prevenir costosos fallos y asegurar un rendimiento óptimo



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 31

de la zaranda circular, siguiendo siempre las pautas específicas del fabricante, por lo cual vamos a realizar el mantenimiento cada un periodo de 2 meses.

Entonces, lo antes mencionado:

MANTENIMIENTO DE ZARANDA	
Costo operario	\$ 20000
Lubricación motovibrador	\$ 5000
Limpieza	\$ 5000
Consumibles	\$ 2000

Teniendo en cuenta que se realizará cada dos meses el total al año:

$$C_M = \$192.000$$

CONSUMO ELÉCTRICO MOTOVIBRADOR

Teniendo en cuenta la potencia del motovibrador y la cantidad de horas que estaría andando por día, la energía consumida:

$$E_c = 1.96 \text{ kW} * 8 \text{ hr} = 15,68 \text{ kWh/dia}$$

Teniendo en cuenta que son 44 días laborales por bimestre:

$$E_{c.Bim} = E_c * 44 \frac{\text{dia}}{\text{Bim}} = 689,92 \text{ kWh/Bim}$$

Teniendo en cuenta que el valor del kWh¹⁶ es de $32,9074 \frac{\$}{\text{kWh}}$ más el cargo fijo de $330,341 \frac{\$}{\text{Bim}}$:

$$C_{E.Bim} = 32,9074 \frac{\$}{\text{kWh}} * 689,92 \frac{\text{kWh}}{\text{Bim}} + 330,341 \frac{\$}{\text{Bim}} = \$23.033,81$$

Por lo cual al año:

$$C_E = C_{E.Bim} * 6 = \$138.202,88$$

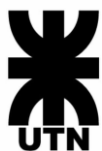
Por lo cual, el valor total de los costos fijos será de:

$$CF = C_M + C_E = \$ 330.203$$

ANÁLISIS DE REINVERSIÓN

Se considera que se realizaran reinversiones para sustituir las partes dañadas y tener un proyecto con una mayor vida útil, los elementos a considerar:

¹⁶ CUADRO TARIFARIO A USUARIO FINAL. - Vigencia: 1 de agosto al 31 de octubre de 2023 - EDEMSA



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 32

- **Malla:** esta debido a la erosión del material se degrada y por lo cual debe ser cambiada, consideramos que este cambio se realiza cada 2 meses según recomendaciones de empresas locales.
- **Motovibrador:** debido a la fatiga y carga eléctrica este tiene un tiempo de vida útil, se estimó que el eje soporta 2 años hasta llegar a la rotura¹⁷.
- **Chapas frontales y laterales:** estas debido a la erosión del material también se degradan y por lo cual deben ser cambiadas, consideramos que este cambio se realiza cada 5 años según recomendaciones de distintas empresas.

Por lo cual, estos elementos van a estar considerados en el análisis de reinversión, por lo cual, se considera realizar un calendario de inversiones.

En este calendario se tendrán en cuenta todas las inversiones se deberán hacer en el proyecto a lo largo de todo el tiempo de análisis de este, se tendrá en cuenta toda aquella inversión que se necesite para mantener el correcto funcionamiento del equipo.

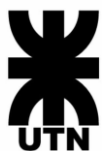
Para tener una vista más simplificada se realizará en primer lugar, el calendario de inversiones a lo largo de cada uno de los meses del primer año de proyecto, y luego, el calendario por cada año hasta completar todo el tiempo de análisis del proyecto.

En el primer año de proyecto, se tendrá un calendario de inversiones a lo largo de cada mes; como el único elemento que tiene duración inferior al año es la malla, en esta tabla solo aparecerá esta misma:

MES / ITEM	MALLA	TOTAL/ MES
1	-	-
2	-	-
3	\$ 333.803	\$ 333.803
4	-	-
5	\$ 333.803	\$ 333.803
6	-	-
7	\$ 333.803	\$ 333.803
8	-	-
9	\$ 333.803	\$ 333.803
10	-	-
11	\$ 333.803	\$ 333.803
12	-	-
TOTAL A LOS 12 MESES		\$ 1.669.014

El resto del tiempo de horizonte de evaluación del proyecto (10 años) tendrá un calendario de inversiones según la siguiente tabla:

¹⁷ ANEXOS – VERIFICACIÓN EJE DEL MOTOVIBRADOR



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 33

AÑO / ITEM	MALLA	MOTOVIBRADOR	CHAPA 3/16'' 1 X 3	CHAPA 3/16'' 1 X 2	TOTAL/ AÑO
1	\$ 1.669.014	-	-	-	\$ 1.669.014
2	\$ 1.669.014	-	-	-	\$ 1.669.014
3	\$ 1.669.014	\$ 1.311.820,00	-	-	\$ 2.980.834
4	\$ 1.669.014	-	-	-	\$ 1.669.014
5	\$ 1.669.014	\$ 1.311.820,00	-	-	\$ 2.980.834
6	\$ 1.669.014	-	\$ 420.140,63	\$ 246.975,00	\$ 2.336.130
7	\$ 1.669.014	\$ 1.311.820,00	-	-	\$ 2.980.834
8	\$ 1.669.014	-	-	-	\$ 1.669.014
9	\$ 1.669.014	\$ 1.311.820,00	-	-	\$ 2.980.834
10	\$ 1.669.014	-	-	-	\$ 1.669.014

DEPRECIACIÓN

La depreciación se refiere a la disminución del valor de un activo con el tiempo debido al desgaste, obsolescencia u otros factores. El método de depreciación lineal es una técnica contable y financiera utilizada para distribuir el costo de un activo tangible a lo largo de su vida útil. Este método es ampliamente utilizado para calcular la depreciación de activos fijos, como maquinaria, equipo, edificios y vehículos, entre otros.

Según la Dirección General Impositiva (DGI), INSTRUCTIVO "B", al valor original de la zaranda le corresponde una depreciación anual del 10% considerando una vida útil de 10 años.

Para nuestro caso será:

$$D = \$292.948$$

VENTA RESIDUAL

Sabiendo el peso de cada uno de los componentes y de la maquina terminada, y también, sabiendo el valor de la chatarra, se considera que una vez finalizada la vida útil de cada elemento se venderá como chatarra para generar un ingreso adicional.

El valor de la chatarra es:

$$V_{ch} = 40 \frac{\$}{kgf}$$



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 34

Entonces estos ingresos residuales estarán dados por la siguiente tabla, en nuestro caso considerando la malla:

MES / ITEM	MALLA	TOTAL/ MES
1	-	-
2	-	-
3	\$ 1.504	\$ 1.504
4	-	-
5	\$ 1.504	\$ 1.504
6	-	-
7	\$ 1.504	\$ 1.504
8	-	-
9	\$ 1.504	\$ 1.504
10	-	-
11	\$ 1.504	\$ 1.504
12	-	-
TOTAL A LOS 12 MESES		\$ 7.520

El resto del tiempo de horizonte de evaluación del proyecto (10 años) tendrá un calendario de venta residual según la siguiente tabla:

AÑO / ITEM	MALLA	MOTOVIBRADOR	CHAPA 3/16" 1 X 3	CHAPA 3/16" 1 X 2	PERFIL CUADRADO	PERFIL UPN 100	RESORTES	TORNILLOS Y TUERCAS	TOTAL/ AÑO
1	\$7.520	-	-	-	-	-	-	-	\$ 7.520
2	\$7.520	-	-	-	-	-	-	-	\$ 7.520
3	\$7.520	\$ 4.468,00	-	-	-	-	-	-	\$ 11.988
4	\$7.520	-	-	-	-	-	-	-	\$ 7.520
5	\$7.520	\$ 4.468,00	-	-	-	-	-	-	\$ 11.988
6	\$7.520	-	\$8.080,00	\$5.680,00	-	-	-	-	\$ 21.280
7	\$7.520	\$ 4.468,00	-	-	-	-	-	-	\$ 11.988
8	\$7.520	-	-	-	-	-	-	-	\$ 7.520
9	\$7.520	\$ 4.468,00	-	-	-	-	-	-	\$ 11.988
10	\$7.520	\$ 4.468,00	\$8.080	\$5.680	\$ 3.096,00	\$7.448	\$ 504,00	\$ 160,00	\$ 36.956



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 35

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO

TASA DE DESCUENTO

Existen diversas formas de determinar la tasa de descuento, y la elección de la tasa adecuada depende del contexto y del tipo de inversión que se esté evaluando, por lo cual, en nuestro caso hemos considerado las oportunidades y amenazas a partir de situaciones actuales y futuras, de lo cual, hemos puesto un peso porcentual que nos permite considerar el riesgo del proyecto y proyectarlo en la tasa:

POSITIVO	VALOR	NEGATIVO	VALOR
Crecimiento de población	6%	Cambio de política económica	30%
Inversión en materiales (ripió)	20%	Cambio de política social (Reducción de barrio subsidiados)	5%
Incremento de obras públicas	5%	Competencia	2%
-	-	Freno de importaciones	30%
-	-	Riesgo por falla de equipos	5%
-	-	Riesgo por diseño mecánico	10%
TOTAL	31%	82%	
TASA		51%	

FLUJO DE FONDOS

Se realizó un análisis del primer año y como el mismo era similar a los otros se consideró como de referencia, a su vez se agregaron las distintas particularidades de cada año, a continuación, una tabla de resumen¹⁸:

AÑO	VALORES NETOS
0	\$ - 2,966,435
1	\$ 2,377,144
2	\$ 2,377,144
3	\$ 1,527,365
4	\$ 2,377,144
5	\$ 1,527,365
6	\$ 1,952,463
7	\$ 1,527,365
8	\$ 2,377,144
9	\$ 1,527,365
10	\$ 2,396,277

¹⁸ VER ANEXOS – FLUJO DE FONDOS



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 36

VAN - TIR

El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) son dos métricas financieras clave utilizadas en la evaluación de proyectos de inversión.

El VAN se centra en la cantidad total de dinero que se espera generar o perder con un proyecto, mientras que la TIR se enfoca en la tasa de rendimiento que se espera alcanzar. Ambas métricas son herramientas valiosas para evaluar la viabilidad financiera de un proyecto y tomar decisiones informadas sobre la inversión. Generalmente, se busca un VAN positivo y una TIR que supere la tasa de rentabilidad requerida para que un proyecto sea considerado atractivo.

En función del flujo de fondo anterior tenemos los siguientes valores:

VAN	\$ 1,160,119
TIR	73,46%

De lo cual, se puede determinar que el proyecto es rentable.

PRI

El período de recuperación de la inversión (PRI) es un indicador que mide en cuánto tiempo se recuperará el total de la inversión a valor presente. Puede revelarnos con precisión, en años, meses y días, la fecha en la cual será cubierta la inversión inicial.

Para calcular el PRI se usa la siguiente fórmula:

$$PRI = a + \frac{b - c}{d}$$

Donde:

- a : Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.
- b : Inversión Inicial.
- c : Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.
- d : Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

En nuestro caso:

$$PRI = 1 \text{ año} + \frac{2.966.435 - 2.377.144}{2.377.144}$$

$$PRI = 1.247 \text{ años}$$

$$PRI = 1 \text{ año y } 3 \text{ meses}$$

Se puede apreciar que el inversor va a poder obtener recién en el segundo año de funcionamiento recuperar su inversión y comenzar a tener ganancias.



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 37

PUNTO DE EQUILIBRIO

Para determinar la cantidad de áridos finos que se tiene que procesar para recuperar la inversión lo contemplamos la cantidad de horas dentro del PRI (2.640hrs) y las multiplicamos por la capacidad de áridos finos que produce la zaranda (50 tn/hr).

La cantidad necesaria para poder recuperar la inversión resulta en:

$$P_E = 2.640hrs * 50 tn/hr$$

$$P_E = 132.000 tn$$



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 38

CONCLUSIÓN

A lo largo de este desafiante proceso, nos hemos esforzado por combinar nuestra experiencia técnica en diseño mecánico con un análisis económico exhaustivo para asegurar que nuestro trabajo sea satisfactorio en ambos aspectos.

Desde el punto de vista técnico, hemos logrado desarrollar una zaranda circular que cumple con los estándares de calidad y rendimiento. Nuestro enfoque meticuloso en el diseño y la selección de materiales ha permitido que la zaranda esté preparada para funcionar de manera eficiente y confiable, garantizando una clasificación precisa y eficiente de los áridos.

En cuanto al aspecto económico, hemos llevado a cabo un riguroso análisis financiero para evaluar la viabilidad de nuestro proyecto. Nuestro minucioso estudio de costos de fabricación, instalación y mantenimiento nos ha permitido verificar el flujo de caja a lo largo del tiempo. Estamos contentos de informar que nuestro diseño no solo cumple con los requisitos técnicos, sino que también demuestra ser una inversión rentable y beneficiosa para nuestros clientes.

En definitiva, este logro es el resultado del esfuerzo y compromiso conjunto de cada uno de los miembros de nuestro equipo de trabajo. Juntos superamos desafíos, enfrentamos obstáculos y celebramos cada avance como un hito en nuestro camino hacia la culminación de nuestra formación académica.

Estamos convencidos de que el conocimiento adquirido y los lazos construidos perdurarán a lo largo del tiempo, inspirándonos siempre a seguir creciendo, contribuyendo al desarrollo de la ingeniería electromecánica y de la sociedad en su conjunto.



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 39

POSIBILIDAD DE MEJORAS

En cualquier proyecto de ingeniería electromecánica, siempre existe la posibilidad de mejoras y optimizaciones. Estas mejoras pueden surgir a medida que se avanza en el desarrollo del proyecto, a través de la retroalimentación de pruebas y simulaciones, o incluso como resultado de avances tecnológicos posteriores a la concepción del proyecto. En este contexto, detectamos que existen dos mejoras que pueden ser incorporadas al proyecto para optimizar su rendimiento, eficiencia y funcionalidad. Por lo cual, se va a considerar lo siguiente:

- Incrementar la cantidad de pisos de mallas para clasificación

Añadir más pisos de mallas a la zaranda circular puede mejorar significativamente su capacidad de clasificación. Cada piso de malla tiene aberturas de diferentes tamaños que permiten separar materiales según su tamaño.

- Ventajas:

- Mayor precisión en la clasificación de los materiales, lo que reduce la posibilidad de sobrecarga o subcarga en cada fracción.
- Posibilidad de clasificar materiales en múltiples categorías basadas en diferentes tamaños.
- Aumento en la capacidad de procesamiento de material, lo que puede conducir a una mayor productividad.

- Consideraciones:

- Requiere espacio adicional para los pisos de mallas adicionales.
- Puede aumentar los costos de mantenimiento y operación debido a más componentes en movimiento.

- Alimentación automática en la salida de productos

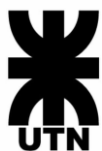
Automatizar la alimentación en la salida de productos significa implementar un sistema que transporte automáticamente los productos clasificados a su destino final sin intervención humana.

- Ventajas:

- Reduce la necesidad de operadores para realizar esta tarea manualmente, lo que puede disminuir costos laborales y mejorar la eficiencia.
- Evita la posibilidad de errores humanos en la alimentación de productos.
- Puede agilizar todo el proceso de manejo de materiales.

- Consideraciones:

- Requiere inversión en equipos y sistemas automatizados.
- Necesita mantenimiento y supervisión adecuados para garantizar su funcionamiento continuo.
- Se deben diseñar sistemas de seguridad para prevenir accidentes en la manipulación automatizada de productos.



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 40

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este proyecto.

En primer lugar, extendemos nuestro reconocimiento a nuestros profesores y tutores, cuya guía, conocimiento y apoyo fueron fundamentales para el desarrollo del proyecto.

No podemos dejar de mencionar a las empresas y profesionales que generosamente compartieron su conocimiento y recursos, permitiéndonos acceder a información relevante para el desarrollo del diseño y la evaluación económica.

Igualmente, nuestro agradecimiento se dirige a nuestras familias, quienes nos brindaron su incondicional apoyo y comprensión durante las extensas horas de dedicación a este proyecto.

También deseamos agradecer a nuestros compañeros y amigos que nos brindaron su colaboración y retroalimentación constructiva a lo largo de todo el proceso.

Y, por último, agradecemos a la Facultad Regional San Rafael por su invaluable apoyo y compromiso con la educación y formación de futuros ingenieros y profesionales. Su dedicación a la excelencia académica y la promoción del conocimiento ha sido fundamental en nuestro desarrollo y crecimiento como estudiantes. Les agradecemos por brindarnos las herramientas y oportunidades necesarias para alcanzar nuestros objetivos y contribuir al mundo de la ingeniería.



UTN - FRSR	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	5° AÑO	AÑO: 2023	V°B°
GARCIA MAXIMILIANO – MUROS JOSÉ – PEREZ JAVIER				
PROYECTO FINAL – ZARANDA CIRCULAR				HOJA N° 41

REFERENCIAS

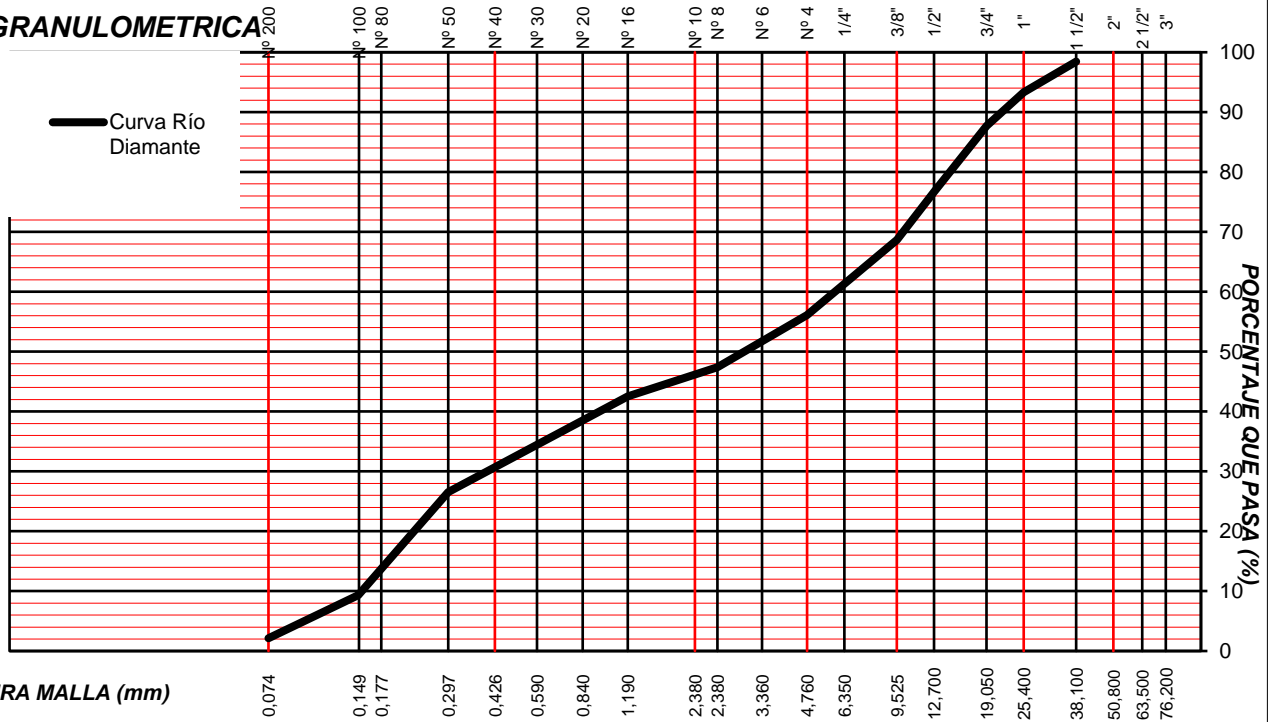
- *Norma IRAM 10.509 - Octubre 1982*
- *Comparative evaluation of three classical methods of vibrating screens - Sales y Galery*
- *Modeling and simulation of mineral processing systems – R.P. King*
- *Research on spatial Lissajous trajectory vibrating screen - Zhipeng Lyu and Sizhu Zhou*
- *MVE-F Flanged vibrators – OLI*
- *Wahl, A.M, “Mechanical Springs”, 2da edición, MC*
- *Crushing and screening handbook – Metso*
- *Vibrating screens handbook – VSMA*
- *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley- R.G. Budynas y J.K. Nisbett - Octava Edición*
- *CUADRO TARIFARIO A USUARIO FINAL. - Vigencia: 1 de agosto al 31 de octubre de 2023 - EDEMSA*

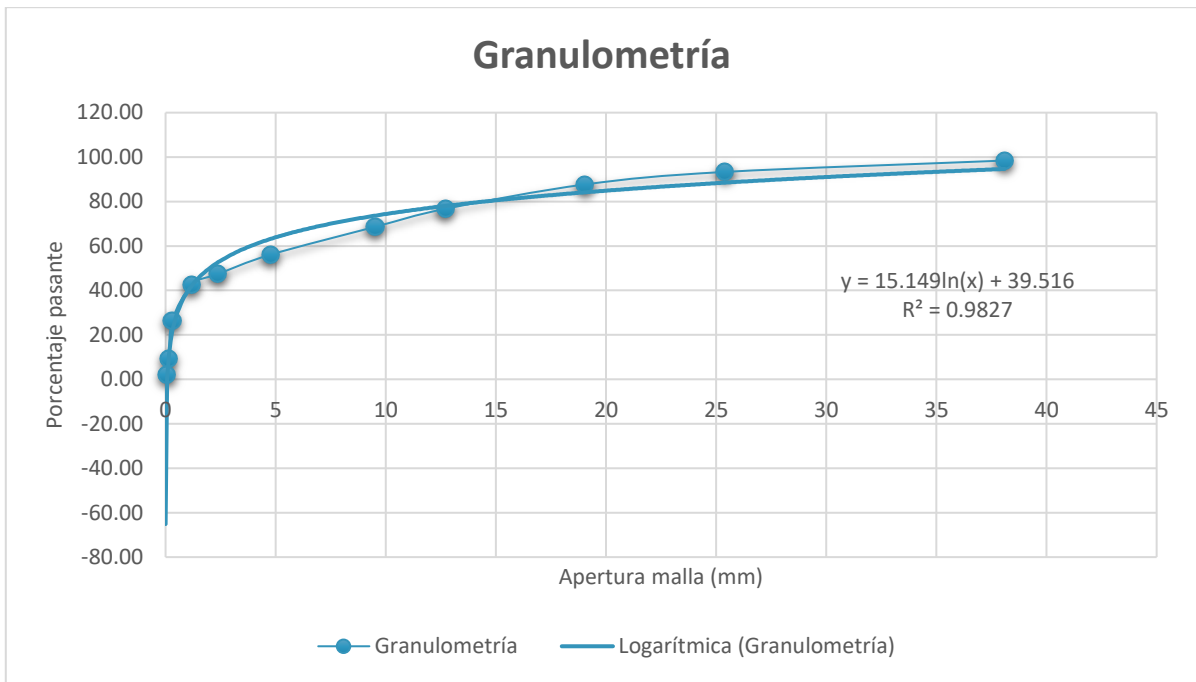
ANEXOS

GRANULOMETRÍA

Tamiz		Peso neto retenido [kg]	% retenido	% pasante
1 1/2 "	38.1	0.1648	1.56%	98.44
1"	25.4	0.540	5.11%	93.33
3/4"	19.05	0.596	5.64%	87.69
1/2"	12.7	1.162	11.00%	76.70
3/8"	9.525	0.850	8.05%	68.65
N° 4	4.76	1.329	12.57%	56.08
N° 8	2.38	0.920	8.71%	47.37
N° 16	1.19	0.513	4.86%	42.52
N° 50	0.297	1.690	15.99%	26.53
N° 100	0.148	1.820	17.22%	9.31
N° 200	0.074	0.758	7.17%	2.14
Fondo	-	0.226	2.14%	
Total		10.569	100.00%	
Peso muestra		10.643		
% perdida		0.7%		
TMN		1"		

CURVA GRANULOMETRICA





Por lo cual la fórmula de la regresión:

$$P_F(h) = 15,149 * \ln(h) + 39,516$$

MEMORIAS DE CÁLCULO



ANEXOS - SELECCIÓN DE MALLAS

DATOS DEL MATERIAL

Material a clasificar: Ripio

Peso específico aparente:

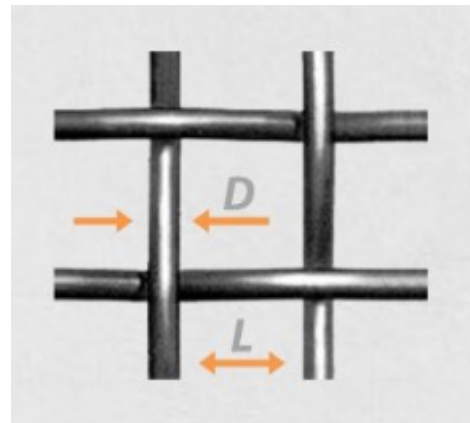
$$\gamma_a := 2000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

Tamaño máximo de partícula para la malla:

$$t_{mp} := \frac{3}{16} \text{ in} = 4.763 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta la apertura de $L := \frac{3}{16} \text{ in}$ y un diámetro de alambre de $D := 2.5 \text{ mm}$, calculamos el porcentaje del área abierta (<https://areaabierta.com.ar/mallas-para-zaranda/>), el peso de esa malla es $p_M := 12 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$:

$$A_L := \frac{(L)^2}{(L+D)^2} 100 = 43$$



Caudal

Se utilizan 40 camiones por día, cada camión tiene 5 m³:

$$V_{\text{camión}} := 5 \text{ m}^3$$

$$n_{\text{camiones}} := 40$$

El volumen total:

$$V_{\text{total}} := V_{\text{camión}} \cdot n_{\text{camiones}} = 200 \text{ m}^3$$

Considerando una jornada laboral de 8 horas:

$$V_f := \frac{V_{\text{total}}}{8 \text{ hr}} = 25 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$



Considerando que la regresión tenemos para apretura deseada, tenemos el porcentaje de material que pasa:

$$P_F := \frac{15.149 \cdot \ln(4.75) + 39.516}{100} = 0.631$$

El caudal másico necesario:

$$Q_{\text{arena}} := V_f \cdot \gamma_a = 50 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr}}$$

Y el caudal de ripio:

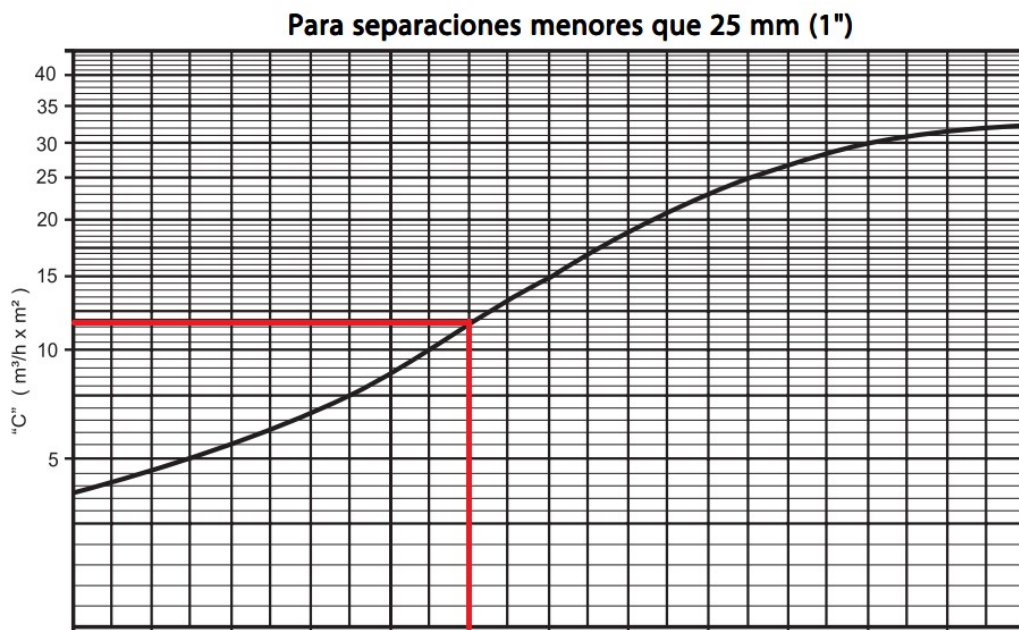
$$Q_{\text{ripio}} := \frac{Q_{\text{arena}}}{P_F} = 79.214 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr}}$$

$$V_{\text{ingresso}} := \frac{Q_{\text{ripio}}}{\gamma_a} = 0.66 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

MÉTODO ALLIS-CHALMERS

La abertura nominal de la malla es: $a.1 := \frac{3}{16} \text{ in}$, por lo tanto:

$$C := 12 \frac{\text{m}^3}{\text{hr} \cdot \text{m}^2}$$





UTN
FRSR

pol.	0,333	0,046	0,065	0,093	0,131	0,185	¼	3/8	½	5/8	¾	7/8	1
mesh	20	14	10	8	6	4							
mm.	0,838	1,168	1,651	2,362	3,327	4,699	6,350	9,525	12,70	15,875	19,05	22,2	25,4

separación deseada

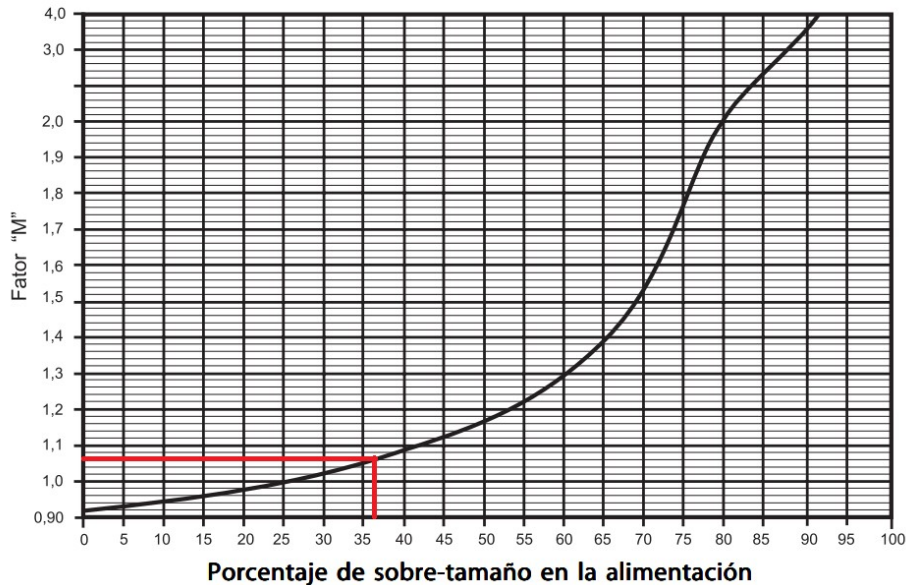
Teniendo en cuenta que pasa $P_F \cdot 100 = 63.12$, la cantidad de sobre tamaño será:

$$(1 - P_F) \cdot 100 = 36.88$$

Por lo cual:

$$M := 1.06$$

GRÁFICO C - FACTOR DE MATERIAL RETENIDO "M"



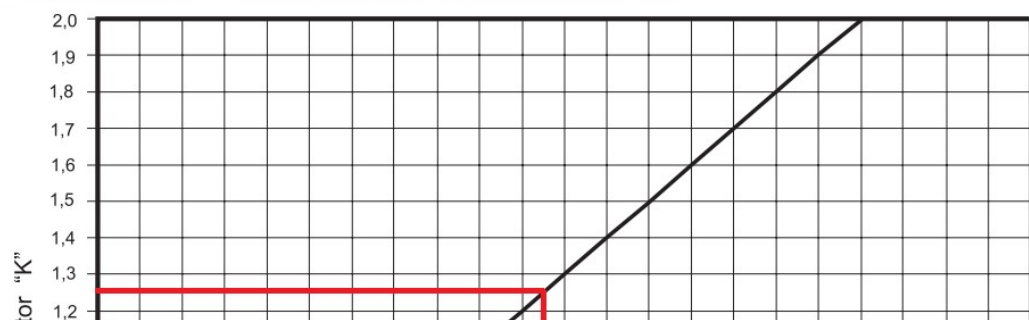
Considerando el porcentaje de material de la alimentación inferior a la mitad de tamaño de la separación deseada, con la fórmula tenemos:

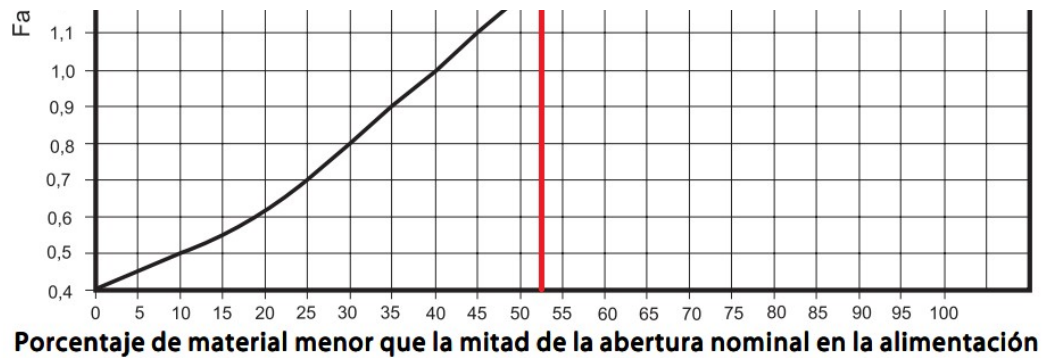
$$P_{F0.5} := 15.149 \cdot \ln(4.75 \cdot 0.5) + 39.516 = 52.62$$

Por lo cual:

$$K := 1.25$$

GRÁFICO D - FACTOR DE CORRECCIÓN K





Considerando el factor de corrección:

$$Q_n = Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6$$

- $Q_1 := 1$ Posición del piso, 1 piso
- $Q_2 := 1$ Forma de las partículas, cúbicas
- $Q_3 := 1$ Zarandeo en vía húmeda, seco
- $Q_4 := 1$ Porcentaje de humedad, menos que 3%
- $Q_5 := 1.05$ Malla de alambre abertura cuadrada
- $Q_6 := 1$ Movimiento circular

Entonces:

$$Q_n := Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 = 1.05$$

El factor "P" puede tener valores entre 1 y 1,4; siendo la función del conocimiento y de la seguridad que se tiene de los datos del material a ser clasificado, por lo tanto, debido a que se tiene conocimiento del material:

$$P := 1$$

La alimentación del piso de la zaranda en m^3/h :

$$T := \frac{Q_{\text{ripio}}}{\gamma_a} = 39.607 \frac{m^3}{hr}$$

Entonces el área de zarandeo:

$$A := \frac{T \cdot P}{C \cdot M \cdot K \cdot Q_n} = 2.372 \text{ m}^2$$



El diámetro de la zaranda:

$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 1.738 \text{ m}$$

La velocidad de transporte del material (según tabla del manual):

$$S := 9 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Con ello determinamos la espesura de la camada, considerando $W := d = 1.738 \text{ m}$

$$T := \frac{Q_{\text{ripió}}}{\gamma_a} \cdot (1 - P_F) = 14.607 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$D := \frac{100 \cdot \frac{T}{\frac{\text{m}^3}{\text{hr}}}}{6 \cdot \frac{S}{\frac{\text{m}}{\text{min}}} \cdot \left(\frac{W}{\text{m}} - 0.15 \right)} \text{ mm} = 1.703 \text{ cm}$$

El peso de la camada:

$$V_c := D \cdot A = 0.04 \text{ m}^3$$

$$m_c := V_c \cdot \gamma_a = 80.822 \text{ kgf}$$

Método VSMA

Según la VSMA (Vibrating Screen Manufacturers Association) para calcular el área de la malla en una pantalla vibratoria, se multiplican diferentes factores y se aplican a la abertura nominal de la malla. El resultado es el área efectiva de la malla.

Entonces, el cálculo del área de la malla está dado según la siguiente fórmula:

$$A_{\text{tm}} = \frac{U}{A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \cdot H \cdot J}$$

Donde:



U: Cantidad de material en STPH que es mas pequeño que la abertura de la malla

Factores A,B,C,D,E,F,G,H e J: factores de corrección en función de las diferentes condiciones en las que trabaje la malla

La cantidad de material que pasa en determinado tiempo por las aberturas de la malla es:

$$U := Q_{\text{arena}} = 50 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr}}$$

OBTENCIÓN DE CADA UNO DE LOS FACTORES

FACTOR "A"

Este factor está relacionado con la cantidad de material por pie cuadrado que pasa a través de una abertura cuando la alimentación contiene un 25% de material con tamaño superior al de la malla y un 40% con un tamaño de la mitad del tamaño de las aberturas de la malla.

Debido a que la apertura de nuestra malla será de 3/16'' este factor es:

$$A := 1.27 \frac{\text{tonf}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2}$$

$$A = 12.401 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2}$$

FACTOR "A"		
Surface Square Opening	% Open Area	STPH Passing A Sq. Ft.
4''	75%	7.69
3½''	77%	7.03
3''	74%	6.17
2¾''	74%	5.85
2½''	72%	5.52
2''	71%	4.90
1¾''	68%	4.51
1½''	69%	4.20
1¼''	66%	3.89
1''	64%	3.56
¾''	63%	3.38
¾''	61%	3.08
⅝''	59%	2.82
½''	54%	2.47
⅜''	51%	2.08
¼''	46%	1.60
3/16''	45%	1.27
⅛''	40%	.95



3/32"	45%	.76
1/16"	37%	.58
1/32"	41%	.39

FACTOR "B"

Este factor tiene que ver con el porcentaje real de material que es mas grande que la abertura especifica de la malla.

FACTOR "B"
(Percent of Oversize in Feed Deck)

% Oversize	5	10	15	20	25	30	35
Factor B	1.21	1.13	1.08	1.02	1.00	.96	.92
% Oversize	40	45	50	55	60	65	70
Factor B	.88	.84	.79	.75	.70	.66	.62
% Oversize	75	80	85	90	95		
Factor B	.58	.53	.50	.46	.33		

$$os := (1 - P_F) \cdot 100 = 36.88$$

$$B := \frac{0.92 + 0.88}{2} = 0.9$$

FACTOR "C"

Este factor tiene que ver con el porcentaje real de material que es menor a la mitad del tamaño de la abertura especifica de la malla.

FACTOR "C"
(Percent of Halfsize in Feed to Deck)

% Halfsize	0	5	10	15	20	25	30
Factor C	.40	.45	.50	.55	.60	.70	.80
% Halfsize	35	40	45	50	55	60	65
Factor C	.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.55
% Halfsize	70	75	80	85	90		
Factor C	1.70	1.85	2.00	2.20	2.40		

$$P_{F0.5} = 52.62$$



$$C := 1.25$$

FACTOR "D"

Este factor se aplica solo cuando se tienen varias mallas.

$$D := 1$$

FACTOR "E"

Este factor se aplica solo cuando se rocía agua sobre el material a medida que se zarandea.

$$E := 1$$

FACTOR "F"

Este factor depende de la densidad aparente del material y, según la VSMA, se calcula de la siguiente forma:

$$F := \frac{\gamma_a}{100 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 1.249$$

Densidad aproximada del ripio

FACTOR "G"

Este factor se aplica cuando el área abierta de la superficie de exploración es menor que el área abierta que se muestra en el gráfico de capacidad del "factor A"

$$G := 0.75$$

FACTOR "G"

(Screen Surface Open Area)

$$\text{Factor "G"} = \frac{\% \text{ Open Area of Surface Being Used}}{\% \text{ Open Area Indicated in Capacity}}$$

FACTOR "H"

Este factor se utiliza cuando las ranuras de la malla tienen forma rectangular. Cuando las ranuras de la malla son cuadradas este factor es igual a la unidad.

$$H := 1$$

FACTOR "J"



Este factor tiene que ver con la eficiencia de la malla, es decir, la capacidad de la malla para permitir el paso del material a través de las aberturas.

Se determina mediante pruebas y se prepararon en tablas según la VSMA.

FACTOR "J"
(Efficiency)

95%	1.00
90%	1.15
85%	1.35
80%	1.50
75%	1.70
70%	1.90

Se pretende una eficiencia del 90%, entonces:

$$J := 1.15$$

Una vez obtenidos cada uno de los factores se puede determinar el área de la malla.

El valor de "U" en la formula está expresado en STPH (toneladas cortas por hora), entonces:

$$U = 50 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr}}$$

1 tonelada por hora es equivalente a 1,102 toneladas cortas por hora.

Entonces:

$$U_{\text{malla}} := U \cdot 1.102 \frac{\text{hr}}{\text{tonnef}} = 55.1 \quad U = 136.203 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^3}$$

$$A_{\text{tm}} := \frac{U}{A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \cdot H \cdot J} = 35.8 \text{ ft}^2$$

El resultado de la formula está expresado en pies cuadrados, entonces:

$$A_{\text{tm}} = 3.328 \text{ m}^2$$

El diámetro de la zaranda:

$$\sqrt{A \cdot \Delta}$$



$$d := \sqrt{\frac{r \cdot \Omega_{tm}}{\pi}} = 2.058 \text{ m}$$

PROFUNDIDAD DE LA CAMA

Además de establecer el tamaño de la pantalla a partir de los cálculos del área de la pantalla, también se debe verificar que la profundidad teórica del lecho o cama esté de acuerdo con las buenas prácticas operativas.

Esta profundidad de la cama se calcula, según la VSMA, de la siguiente forma:

$$DBD = \frac{O \cdot C}{5 \cdot T \cdot W}$$

Donde:

DBD: altura o profundidad de la cama.

O: cantidad de material retenido por la malla en STPH

C: pies cúbicos por toneladas de material

5: constante

T: Tasa de viaje

W: ancho del área de cribado en pies

En función de nuestra malla, los diferentes factores son:

El primer coeficiente está relacionado con la cantidad de material que deja pasar la malla en STPH, en nuestro caso el total del caudal de ripio está dado por:

$$Q_{\text{ripio}} = 79.214 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr}}$$

Pasando el valor a STPH:

$$Q_{\text{ripioSTPH}} := Q_{\text{ripio}} \cdot 1.1 \frac{\text{hr}}{\text{tonnef}} = 87.135$$

Considerando que lo que pasa por la malla en STPH es:

$$U_{\text{malla}} = 55.1$$

El coeficiente queda:

tonnef



$$O := Q_{\text{ripio}} - U = 29.214 \frac{\text{tonnel}}{\text{hr}}$$

Para determinar la cantidad de pies cúbicos por tonelada de material utilizamos la densidad aproximada del mismo de la siguiente manera:

$$\rho_r := \gamma_a = 124.856 \frac{\text{lbf}}{\text{ft}^3}$$

Por lo que hay 125 libras de ripio por cada pie cubico del mismo.

$$1000 \text{ kgf} = 2204.623 \text{ lbf}$$

Una tonelada es igual a aproximadamente 2200 libras

$$120 \text{ lbf} \text{ ----- } 1 \text{ft}^3$$

$$2200 \text{ lbf} \text{ ----- } x$$

$$x = 18.3$$

Entonces en una tonelada de ripio hay 18.33 pies cúbicos del mismo.

$$x := \frac{2200}{125} = 17.6$$

$$C := x \cdot \frac{\text{ft}^3}{\text{lbf}} = 17.6 \frac{\text{ft}^3}{\text{lbf}}$$

Con respecto a la tasa de viaje, este valor se estima en 45 fpm cuando la malla está es posición horizontal y en 75 fpm cuando la malla está inclinada entre 18° y 20°.

$$T := 45$$

$$T := 9 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$T := \frac{T}{\frac{\text{ft}}{\text{min}}} = 29.528$$

El último factor es el del ancho de la malla:

$$W := \frac{d}{\text{ft}} = 6.754$$

Entonces, la altura de la cama es:

$$\text{DBD} := \frac{\frac{O}{\frac{\text{tonf}}{\text{hr}}} \cdot \frac{C}{\frac{\text{ft}^3}{\text{lbf}}}}{5 \cdot T \cdot W} \text{ in} = 14.438 \text{ mm}$$



El peso de la camada:

$$V_c := DBD \cdot A_{tm} = 0.048 \text{ m}^3$$

$$m_c := V_c \cdot \gamma_a = 96.099 \text{ kgf}$$

METODO KARRA

DATOS

$$\gamma_a := 2000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

$$W_U := 50 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr}}$$

$$d_w := 2.5 \text{ mm}$$

$$h := \frac{3}{16} \text{ in} = 4.763 \text{ mm}$$

$$h := \frac{h}{\text{mm}}$$

COEFICIENTES

$$A := (12.13 \cdot h^{0.32} - 10.3) \cdot \frac{\text{tonnef}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2} = 9.688 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2}$$

$$P_F := \frac{15.149 \cdot \ln(h) + 39.516}{100} = 0.632 \quad \text{Porcentaje de material que pasa}$$

$$B := 1.6 - 1.2 \cdot P_F = 0.842$$

$$P_{F0.5} := \frac{15.149 \cdot \ln(h \cdot 0.5) + 39.516}{100} = 0.527$$

$$C := 2.053 \cdot P_{F0.5}^{0.564} = 1.43$$

$$D := 1$$

$$E := 1$$

$$F := 1.25$$



$$P_{F1.25} := \frac{15.149 \cdot \ln(h \cdot 1.25) + 39.516}{100} = 0.665$$

$$P_{F0.75} := \frac{15.149 \cdot \ln(h \cdot 0.75) + 39.516}{100} = 0.588$$

$$G := 0.975 \cdot (1 - P_{F1.25} + P_{F0.75})^{0.511} = 0.936$$

$$K_i := A \cdot B \cdot C \cdot E \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G = 37.166 \frac{kg}{m \cdot s^3}$$

$$A := \frac{W_U}{K_i} = 3.665 \text{ m}^2 \quad \text{Área de zarandeo}$$

$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 2.16 \text{ m} \quad \text{Diámetro zaranda}$$

COMPARATIVA INCLINACIONES ZARANDA

Zaranda 20°

$$W_0 := \frac{W_U}{P_F} = 79.164 \frac{\text{tonnef}}{hr}$$

$$W_o := \frac{W_0}{\gamma_a} = 39.582 \frac{m^3}{hr}$$

$$W_U := 50 \frac{\text{tonnef}}{hr}$$

$$d_w := 2.5 \text{ mm}$$

$$h := \frac{3}{16} \text{ in} = 4.763 \text{ mm}$$

$$\theta := 20 \text{ deg}$$

$$h_t := (h + d_w) \cdot \cos(\theta) - d_w = 4.325 \text{ mm}$$

$$h_t := \frac{h_t}{mm} = 4.325$$



$$A := (12.13 \cdot h_t^{0.32} - 10.3) \cdot \frac{\text{tonnef}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2} = 9.08 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2}$$

$$P_F := \frac{15.149 \cdot \ln(h_t) + 39.516}{100} = 0.617 \quad \text{Porcentaje de material que pasa}$$

$$B := 1.6 - 1.2 \cdot P_F = 0.86$$

$$P_{F0.5} := \frac{15.149 \cdot \ln(h_t \cdot 0.5) + 39.516}{100} = 0.512$$

$$C := 2.053 \cdot P_{F0.5}^{0.564} = 1.407$$

$$D := 1$$

$$E := 1$$

$$F := 1.25$$

$$P_{F1.25} := \frac{15.149 \cdot \ln(h_t \cdot 1.25) + 39.516}{100} = 0.651$$

$$P_{F0.75} := \frac{15.149 \cdot \ln(h_t \cdot 0.75) + 39.516}{100} = 0.573$$

$$G := 0.975 \cdot (1 - P_{F1.25} + P_{F0.75})^{0.511} = 0.936$$

$$K_i := A \cdot B \cdot C \cdot E \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G = 35 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^3}$$

$$A := \frac{W_U}{K_i} = 3.891 \text{ m}^2$$

$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 2.226 \text{ m}$$

$$W_0 := \frac{W_U}{P_F} = 81.039 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr}}$$

$$W_o := \frac{W_0}{\gamma_a} = 40.519 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$



Zaranda a 45°

$$W_U := 50 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr}}$$

$$d_w := 2.5 \text{ mm}$$

$$h := \frac{3}{16} \text{ in} = 4.763 \text{ mm}$$

$$\theta := 45 \text{ deg}$$

$$h_t := (h + d_w) \cdot \cos(\theta) - d_w = 2.635 \text{ mm}$$

$$h_t := \frac{h_t}{\text{mm}} = 2.635$$

$$A := (12.13 \cdot h_t^{0.32} - 10.3) \cdot \frac{\text{tonnef}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2} = 6.24 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2}$$

$$P_F := \frac{15.149 \cdot \ln(h_t) + 39.516}{100} = 0.542 \quad \text{Porcentaje de material que pasa}$$

$$B := 1.6 - 1.2 \cdot P_F = 0.95$$

$$P_{F0.5} := \frac{15.149 \cdot \ln(h_t \cdot 0.5) + 39.516}{100} = 0.437$$

$$C := 2.053 \cdot P_{F0.5}^{0.564} = 1.287$$

$$D := 1$$

$$E := 1$$

$$F := 1.25$$

$$P_{F1.25} := \frac{15.149 \cdot \ln(h_t \cdot 1.25) + 39.516}{100} = 0.576$$

$$P_{F0.75} := \frac{15.149 \cdot \ln(h_t \cdot 0.75) + 39.516}{100} = 0.498$$

$$G := 0.975 \cdot (1 - P_{F1.25} + P_{F0.75})^{0.511} = 0.936$$



$$K_i := A \cdot B \cdot C \cdot E \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G = 24.299 \frac{kg}{m \cdot s^3}$$

$$A := \frac{W_U}{K_i} = 5.605 \text{ m}^2$$

$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 2.672 \text{ m}$$

$$W_0 := \frac{W_U}{P_F} = 92.258 \frac{tonnef}{hr}$$

$$W_o := \frac{W_0}{\gamma_a} = 46.129 \frac{m^3}{hr}$$

MÉTODO PETER KING

DATOS

$$W_F := Q_{ripio} = 79.214 \frac{tonnef}{hr}$$

Entonces considerando un ancho de malla $h := 4.763$

$$W_{UF} := (20 \cdot h^{0.33} - 1.28) \cdot \frac{tonnef}{hr \cdot m^2} = 32.196 \frac{tonnef}{hr \cdot m^2}$$

COEFICIENTES

$$A_L = 43 \quad \text{Porcentaje de área de malla libre}$$

$$K_1 := \frac{A_L}{50} = 0.86$$

$$P_F := \frac{15.149 \cdot \ln(h) + 39.516}{100} = 0.632 \quad \text{Porcentaje de material que pasa}$$

$$P_{F0.5} := \frac{15.149 \cdot \ln(h \cdot 0.5) + 39.516}{100} = 0.527$$

$$K_2 := 2 \cdot P_{F0.5} + 0.2 = 1.253$$

$$P_{EN} := 1 - P_F = 0.368$$



$$\beta := e^{(4.22 \cdot P_{FN} - 3.5)}$$

$$K_3 := 0.914 \cdot e^\beta = 1.054$$

$$K_4 := \frac{\gamma_a}{1600 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}} = 1.25$$

$$S := 1$$

$$K_5 := 1.1 - 0.1 \cdot S = 1$$

$$\alpha := 0$$

$$K_6 := 1 - 0.01 \cdot (\alpha - 15) = 1.15$$

$$K_7 := 1$$

$$K_8 := 1$$

$$K_9 := 1$$

$$K_{10} := 1$$

Por lo cual, tenemos:

$$K_i := K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot K_{10} = 1.634$$

Entonces, considerando un $K_p := 1$

$$A := \frac{W_F \cdot K_p}{W_{UF} \cdot K_i} = 1.506 \text{ m}^2$$

El diámetro de la zaranda:

$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 1.385 \text{ m}$$

Eficiencia:

W_-



$$RR := \frac{v \cdot v_F}{W_{UF} \cdot K_i \cdot A} = 1$$

$$e := 0.95 - 0.25 \cdot (RR - 0.8) - 0.05 \cdot (RR - 0.8)^2 = 0.898$$

$$W_U := e \cdot P_F \cdot W_F = 44.929 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr}}$$

$$W_0 := W_F \cdot (1 - e \cdot P_F) = 34.284 \frac{\text{tonnef}}{\text{hr}}$$

$$u := 9 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$b := d = 1.385 \text{ m}$$

$$t_b := \frac{W_0}{b \cdot u \cdot \gamma_a} = 2.292 \text{ cm}$$

El peso de la camada:

$$V_c := t_b \cdot A = 0.035 \text{ m}^3$$

$$m_c := V_c \cdot \gamma_a = 69.049 \text{ kgf}$$

DÍAMETRO ELEGIDO

$$d := 2 \text{ m}$$

$$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3.142 \text{ m}^2$$

Área zaranda

$$P_M := A \cdot p_M = 37.699 \text{ kgf}$$

Peso de zaranda

Por lo cual, la cama de materiales:

VSMA

$$DBD := \frac{\frac{0}{\text{tonf}} \cdot 17.6}{\text{hr}} \text{ in} = 14.86 \text{ mm}$$

$$5 \cdot 29.528 \cdot \frac{d}{\text{ft}}$$



PETER KING

$$t_b := \frac{W_0}{d \cdot u \cdot \gamma_a} = 15.872 \text{ mm}$$

ALLIS-CHALMERS

$$T := \frac{Q_{\text{ripio}}}{\gamma_a} \cdot (1 - P_F) = 0.004 \frac{m^3}{s}$$

$$D := \frac{100 \cdot \frac{T}{\frac{m^3}{hr}}}{6 \cdot 9 \cdot \left(\frac{d}{m} - 0.15 \right)} \text{ mm} = 14.605 \text{ mm}$$

Por lo cual, consideramos la peor condición:

$$V_c := t_b \cdot A = 0.05 \text{ m}^3$$

$$m_c := V_c \cdot \gamma_a = 99.729 \text{ kgf}$$



ANEXOS - SELECCIÓN DE RESORTES

ESFUERZOS VERTICALES

$$P_t := 876.213 \text{ kgf} = 8592.714 \text{ N} \quad \text{Peso total}$$

$$P := \frac{P_t}{6} = 146.036 \text{ kgf} \quad \text{Peso en cada resorte}$$

Características material

Material: Alambre de piano

$$E := 193 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

Características

$$d := \frac{3}{4} \text{ in} \quad \text{Diámetro alambre}$$

$$N_a := 4 \quad \text{Espira activas}$$

$$n := 4$$

$$r := 50 \text{ mm} \quad \text{Radio medio resorte}$$

$$D := 2 \cdot r = 100 \text{ mm} \quad \text{Diámetro medio resorte}$$

$$N_t := N_a + 2 = 6 \quad \text{Número total de espiras}$$

$$l := d \cdot N_t = 114.3 \text{ mm} \quad \text{Longitud comprimida}$$

$$p := 25 \text{ mm} \quad \text{Paso de espiras}$$

$$l_o := p \cdot N_a + 3 \cdot d = 157.15 \text{ mm} \quad \text{Longitud libre}$$

$$I := \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad \text{Momento de inercia}$$

$$k_v := \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot D^3 \cdot N_a} = 33.574 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}} \quad \text{Constante elástica vertical}$$

$$y := \frac{P}{k_v} = 4.35 \text{ mm} \quad \text{Desplazamiento}$$

$$C := \frac{D}{d} = 5.249 \quad \text{Índice del resorte}$$



$$K_B := \frac{4 \cdot C + 2}{4 \cdot C - 3} = 1.278$$

Factor de corrección

$$\tau := K_B \cdot \frac{8 \cdot P \cdot D}{\pi \cdot d^3} = 67.407 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de corte

Selección de constante A

Tabla 10-4

Constantes A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes

Fuente: De Design Handbook, 1987, p. 19. Cortesía de Associated Spring.

Material	ASTM núm.	Exponente m	Diámetro, pulg	A, kpsi · pulg ^m	Diámetro, mm	A, MPa · mm ^m	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite†	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro‡	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio§	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio¶	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302*	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

$$A := 2211 \text{ MPa} \cdot \text{mm}^{0.145}$$

$$S_{ut} := \frac{A}{d^{0.145}} = (1.442 \cdot 10^3) \text{ MPa}$$

$$S_{sy} := 0.45 \cdot S_{ut} = 648.958 \text{ MPa}$$

Coeficiente de seguridad

$$n_s := \frac{S_{sy}}{\tau} = 9.627$$



ESFUERZO LATERAL

$$\alpha := \frac{G \cdot d^4 \cdot l_o}{64 \cdot n \cdot I^3} = (5.174 \cdot 10^4) \text{ N}$$

$$P_{cr} := \left(1 - \frac{I}{l_o}\right) \cdot \alpha = 1438.633 \text{ kgf}$$

$$C_1 := \frac{1}{1 - \frac{P}{P_{cr}}} = 1.113$$

$$\beta := \frac{2 \cdot l_o \cdot E \cdot G \cdot I}{n \cdot \pi \cdot r \cdot (2 \cdot G + E)} = 141.445 \text{ m}^4 \cdot \text{Pa}$$

$$\gamma := \frac{l_o \cdot E \cdot I}{\pi \cdot n \cdot I^3} = (1.248 \cdot 10^5) \text{ m}^2 \cdot \text{Pa}$$

$$k_H := \frac{1}{C_1 \cdot \left(\frac{I^3}{12 \cdot \beta} + \frac{I}{\gamma}\right)} = 500424.853 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Constante elástica lateral

$$\delta := 0.00307851 \text{ m}$$

$$\delta = 3.079 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta:

$$\delta = \frac{Q}{C_1} \cdot \left(\frac{I^3}{12 \cdot \beta} + \frac{I}{\gamma}\right)$$

$$k_H = \frac{Q}{\delta}$$

Tenemos:

$$Q := k_H \cdot \delta = 157.094 \text{ kgf}$$

$$Q_t := 6 \cdot Q = 942.562 \text{ kgf}$$



ESFUERZO TOTAL

El momento torsor debido a la carga:

$$M_t := P \cdot \left(r + \frac{\delta}{2} \right) + \frac{Q \cdot l}{2} = 161.854 \text{ J}$$

El momento de corte debido a este estrés:

$$\tau_l := \frac{16 \cdot P \cdot r}{\pi \cdot d^3} \cdot \left(\frac{4 \cdot C - 1}{4 \cdot C - 4} \right) = 62.062 \text{ MPa}$$

Pero a esta valor se lo afecta por el esfuerzo que se realiza de forma lateral:

$$C_l := 1 + \frac{\delta}{2 \cdot r} + \frac{Q \cdot l}{2 \cdot P \cdot r} = 2.26$$

Por lo cual:

$$\tau_l := \tau_l \cdot C_l = 140.281 \text{ MPa}$$

Se le agrega el estrés de la carga de corte:

$$\tau_s := \frac{16 \cdot P \cdot r}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{0.615}{C} = 6.18 \text{ MPa}$$

Por lo cual, el máximo esfuerzo de corte:

$$\tau := \tau_l + \tau_s = 146.461 \text{ MPa}$$

Por lo cual, el coeficiente de seguridad:

$$n_s := \frac{S_{sy}}{\tau} = 4.431$$

En la práctica, para los resortes de compresión habituales con el diseño convencional de vueltas finales, el diseñador puede, por lo tanto, esperar una desviación real de mucho como 20 por ciento e incluso más de los valores calculados de desviación lateral obtenidos de la ecuación.

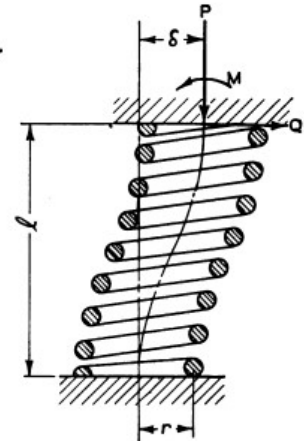


Fig. 88—Helical spring under combined lateral and axial load



FATIGA

Vamos a tener dos estados máximos en la fatiga tanto en un sentido como en otro:

$$\text{Estado 1: } \delta_1 := \delta = 3.079 \text{ mm} \quad Q_1 := k_H \cdot \delta_1 = 157.094 \text{ kgf}$$

$$\text{Estado 2: } \delta_2 := -\delta = -3.079 \text{ mm} \quad Q_2 := k_H \cdot \delta_2 = -157.094 \text{ kgf}$$

Lo que habré a distintas posibilidades de esfuerzos, por lo cual se calculan los momentos de cada caso:

$$M_{t1} := P \cdot \left(r + \frac{\delta}{2} \right) + \frac{Q_1 \cdot l}{2} = 161.854 \text{ J}$$

$$M_{t2} := P \cdot \left(r + \frac{\delta}{2} \right) + \frac{Q_2 \cdot l}{2} = -14.233 \text{ J}$$

$$M_{t3} := -P \cdot \left(r + \frac{\delta}{2} \right) + \frac{Q_1 \cdot l}{2} = 14.233 \text{ J}$$

$$M_{t4} := -P \cdot \left(r + \frac{\delta}{2} \right) + \frac{Q_2 \cdot l}{2} = -161.854 \text{ J}$$

Por lo cual nos dan los siguientes

$$K_W := \left(\frac{4 \cdot C - 1}{4 \cdot C - 4} \right) + \frac{0.615}{C} = 1.294$$

Factor de corrección

$$\tau_1 := \frac{16 \cdot M_{t1}}{\pi \cdot d^3} \cdot K_W = 154.25 \text{ MPa}$$

$$\tau_2 := \frac{16 \cdot M_{t2}}{\pi \cdot d^3} \cdot K_W = -13.564 \text{ MPa}$$

$$\tau_3 := \frac{16 \cdot M_{t3}}{\pi \cdot d^3} \cdot K_W = 13.564 \text{ MPa}$$

$$\tau_4 := \frac{16 \cdot M_{t4}}{\pi \cdot d^3} \cdot K_W = -154.25 \text{ MPa}$$

Por lo cual hacemos las combinaciones de estos que ocurran en un instante y después otro:

$$\tau_{a.12} := \frac{\tau_1 - \tau_2}{2} = 83.907 \text{ MPa}$$



$$\tau_{m.12} := \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} = 70.343 \text{ MPa}$$

$$\tau_{a.13} := \frac{\tau_1 - \tau_3}{2} = 70.343 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m.13} := \frac{\tau_1 + \tau_3}{2} = 83.907 \text{ MPa}$$

$$\tau_{a.14} := \frac{\tau_1 - \tau_4}{2} = 154.25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m.14} := \frac{\tau_1 + \tau_4}{2} = 0 \text{ MPa}$$

$$R_{12} := \frac{\tau_2}{\tau_1} = -0.088$$

$$R_{13} := \frac{\tau_3}{\tau_1} = 0.088$$

$$R_{14} := \frac{\tau_4}{\tau_1} = -1$$

La resistencia última al cortante corresponde a:

$$S_{us} := 0.67 \cdot S_{ut} = 966.226 \text{ MPa}$$

El límite de resistencia a la torsión para vida infinita, con una razón de esfuerzo $R=0$, considerando los resortes sin granallar:

$$S_{ew} := 310 \text{ MPa}$$

La resistencia de ciclo totalmente invertido:

$$S_{es} := 0.5 \cdot \frac{S_{ew} \cdot S_{us}}{S_{us} - 0.5 \cdot S_{ew}} = 184.616 \text{ MPa}$$

Factores de seguridad:

$$N_{s.12} := \frac{S_{es} \cdot S_{us}}{S_{es} \cdot \tau_{m.12} + S_{us} \cdot \tau_{a.12}} = 1.896$$

$$N_{s.13} := \frac{S_{es} \cdot S_{us}}{S_{es} \cdot \tau_{m.13} + S_{us} \cdot \tau_{a.13}} = 2.137$$

$$N_{s.14} := \frac{S_{es} \cdot S_{us}}{S_{es} \cdot \tau_{m.14} + S_{us} \cdot \tau_{a.14}} = 1.197$$



RESORTE SIN EL MATERIAL DE CARGA

ESFUERZOS VERTICALES

$$P_t := 776.484 \text{ kgf} = 7614.707 \text{ N} \quad \text{Peso total}$$

$$P := \frac{P_t}{6} = 129.414 \text{ kgf} \quad \text{Peso en cada resorte}$$

Vamos a tener dos estados máximos en la fatiga tanto en un sentido como en otro:

$$\text{Estado 1:} \quad \delta_1 := 0.00368927 \text{ m} \quad Q_1 := k_H \cdot \delta_1 = 188.26 \text{ kgf}$$

$$\text{Estado 2:} \quad \delta_2 := -\delta_1 = -3.689 \text{ mm} \quad Q_2 := k_H \cdot \delta_2 = -188.26 \text{ kgf}$$

Lo que habré a distintas posibilidades de esfuerzos, por lo cual se calculan los momentos de cada caso:

$$M_{t1} := P \cdot \left(r + \frac{\delta}{2} \right) + \frac{Q_1 \cdot l}{2} = 170.92 \text{ J}$$

$$M_{t2} := P \cdot \left(r + \frac{\delta}{2} \right) + \frac{Q_2 \cdot l}{2} = -40.101 \text{ J}$$

$$M_{t3} := -P \cdot \left(r + \frac{\delta}{2} \right) + \frac{Q_1 \cdot l}{2} = 40.101 \text{ J}$$

$$M_{t4} := -P \cdot \left(r + \frac{\delta}{2} \right) + \frac{Q_2 \cdot l}{2} = -170.92 \text{ J}$$

Por lo cual nos dan los siguientes

$$K_W := \left(\frac{4 \cdot C - 1}{4 \cdot C - 4} \right) + \frac{0.615}{C} = 1.294$$

Factor de corrección

$$\tau_1 := \frac{16 \cdot M_{t1}}{\pi \cdot d^3} \cdot K_W = 162.891 \text{ MPa}$$

$$\tau_2 := \frac{16 \cdot M_{t2}}{\pi \cdot d^3} \cdot K_W = -38.217 \text{ MPa}$$

$$\tau_3 := \frac{16 \cdot M_{t3}}{\pi \cdot d^3} \cdot K_W = 38.217 \text{ MPa}$$



$$\tau_4 := \frac{16 \cdot M_{t4}}{\pi \cdot d^3} \cdot K_W = -162.891 \text{ MPa}$$

Por lo cual hacemos las combinaciones de estos que ocurran en un instante y después otro:

$$\tau_{a.12} := \frac{\tau_1 - \tau_2}{2} = 100.554 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m.12} := \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} = 62.337 \text{ MPa}$$

$$\tau_{a.13} := \frac{\tau_1 - \tau_3}{2} = 62.337 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m.13} := \frac{\tau_1 + \tau_3}{2} = 100.554 \text{ MPa}$$

$$\tau_{a.14} := \frac{\tau_1 - \tau_4}{2} = 162.891 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m.14} := \frac{\tau_1 + \tau_4}{2} = 0 \text{ MPa}$$

$$R_{12} := \frac{\tau_2}{\tau_1} = -0.235$$

$$R_{13} := \frac{\tau_3}{\tau_1} = 0.235$$

$$R_{14} := \frac{\tau_4}{\tau_1} = -1$$

La resistencia última al cortante corresponde a:

$$S_{us} := 0.67 \cdot S_{ut} = 966.226 \text{ MPa}$$

El límite de resistencia a la torsión para vida infinita, con una razón de esfuerzo $R=0$, considerando los resortes sin granallar:

$$S_{ew} := 310 \text{ MPa}$$

La resistencia de ciclo totalmente invertido:

$$S_{es} := 0.5 \cdot \frac{S_{ew} \cdot S_{us}}{S_{us} - 0.5 \cdot S_{ew}} = 184.616 \text{ MPa}$$

Factores de seguridad:

$$N_{s.12} := \frac{S_{es} \cdot S_{us}}{S_{es} \cdot \tau_{m.12} + S_{us} \cdot \tau_{a.12}} = 1.642$$

$$N_{s.13} := \frac{S_{es} \cdot S_{us}}{S_{es} \cdot \tau_{m.13} + S_{us} \cdot \tau_{a.13}} = 2.264$$



UTN
FRSR

Ingeniería Electromecánica
Cátedra: Proyecto Final

Año: 2023

Proyecto Zaranda Circular
Profesores: Ing. Goñi - Ing. Rubio

$$N_{s.14} := \frac{S_{es} \cdot S_{us}}{S_{es} \cdot \tau_{m.14} + S_{us} \cdot \tau_{a.14}} = 1.133$$

ANEXOS - ANÁLISIS MATEMÁTICO

RESORTES

CON MATERIAL

Datos

$M = 876.213$; (*MASA DESPLAZADA*)
 $k = 500424.853$;
 $rpm = 1000$; (*REVOLUCIONES POR MINUTO*)
 $\omega_c = rpm * (2\pi / 60)$; (*VELOCIDAD ANGULAR*)
 $T = 2\pi / \omega_c$; (*PERIODO*)
 $FC = 20337.269$; (*FUERZA CENTRÍFUGA*)
 $n = 6$ (*NÚMERO DE RESORTES*)

ECUACIONES

```
In[*]:= e1 = M * x''[t] + n * k * x[t] == FC * Cos[ωc * t];
```

coseno

```
ci1 = {x[T/4] == 0, x'[0] == 0};
```

```
x1[t_] = DSolve[{e1, ci1}, x[t], t][[1, 1, 2]] // FullSimplify
```

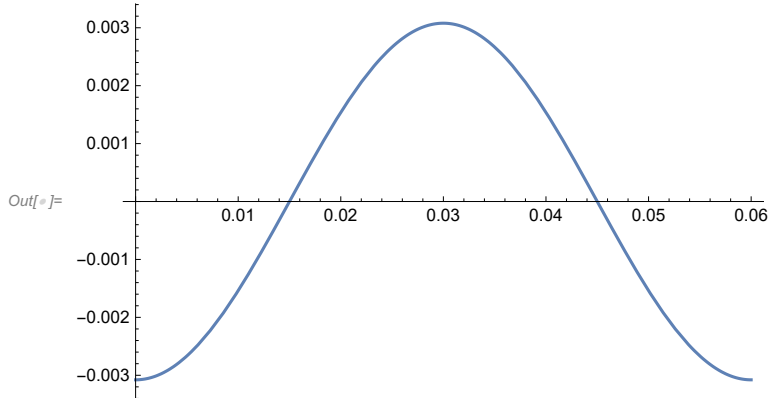
resolvedor diferencial

simplifica complet

```
Plot[x1[t], {t, 0, T}]
```

representación gráfica

```
Out[*]:= -1.49257 × 10-18 Cos[58.5383 t] - 0.00307851 Cos[104.72 t]
```



```
In[*]:= e2 = M * y''[t] + n * k * y[t] == FC * Sin[ωc * t];
```

seno

```
ci2 = {y[0] == 0, y'[T/4] == 0};
```

```
y1[t_] = DSolve[{e2, ci2}, y[t], t][[1, 1, 2]] // FullSimplify
```

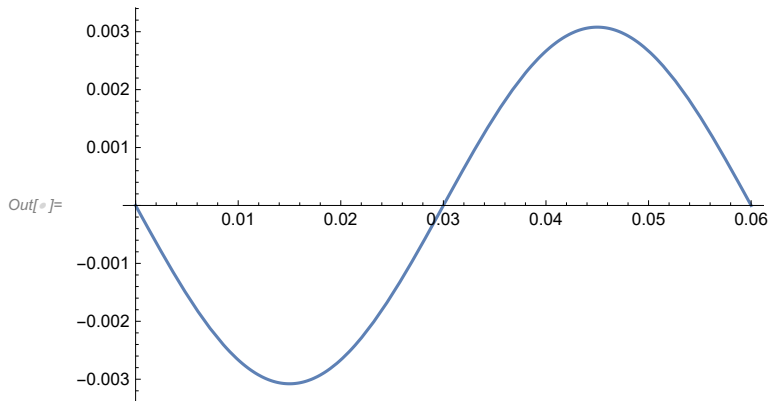
resolvedor diferencial

simplifica complet

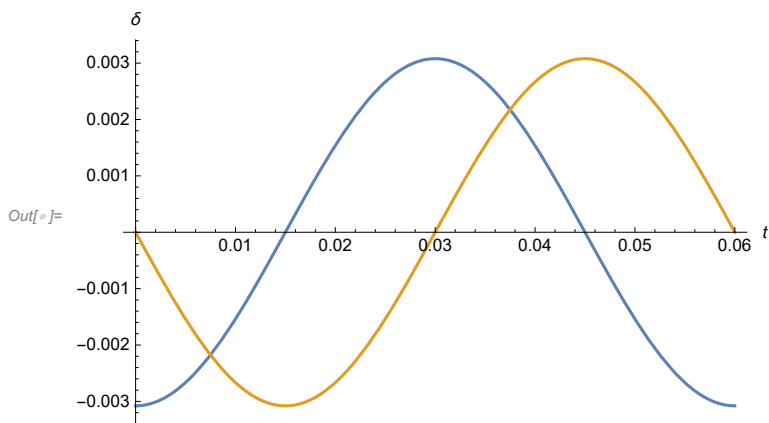
```
Plot[y1[t], {t, 0, T}]
```

representación gráfica

```
Out[*]:= -3.26365 × 10-18 Sin[58.5383 t] - 0.00307851 Sin[104.72 t]
```



```
In[ ]:= Show[Plot[{x1[t], y1[t]}, {t, 0, T}], AxesLabel -> {HoldForm[t], HoldForm[δ]},
[mue... [representación gráfica] [etiqueta de ejes] [forma sin evalu... [forma sin evaluaci
PlotLabel -> None, LabelStyle -> {GrayLevel[0]}]
[etiqueta de r... [ning... [estilo de etiqueta] [nivel de gris]
```



ECUACIÓN PARAMÉTRICA

```
In[ ]:= u[t_] = {x1[t], y1[t]}
```

```
Out[ ]:= { -1.49257 × 10-18 Cos[58.5383 t] - 0.00307851 Cos[104.72 t],
-3.26365 × 10-18 Sin[58.5383 t] - 0.00307851 Sin[104.72 t] }
```

```
In[ ]:= p = ∫0T √((x1'[t])2 + (y1'[t])2) dt // N (*PERÍMETRO DEL DESPLAZAMIENTO*)
[valor numérico]
```

```
Out[ ]:= 0.0193429
```

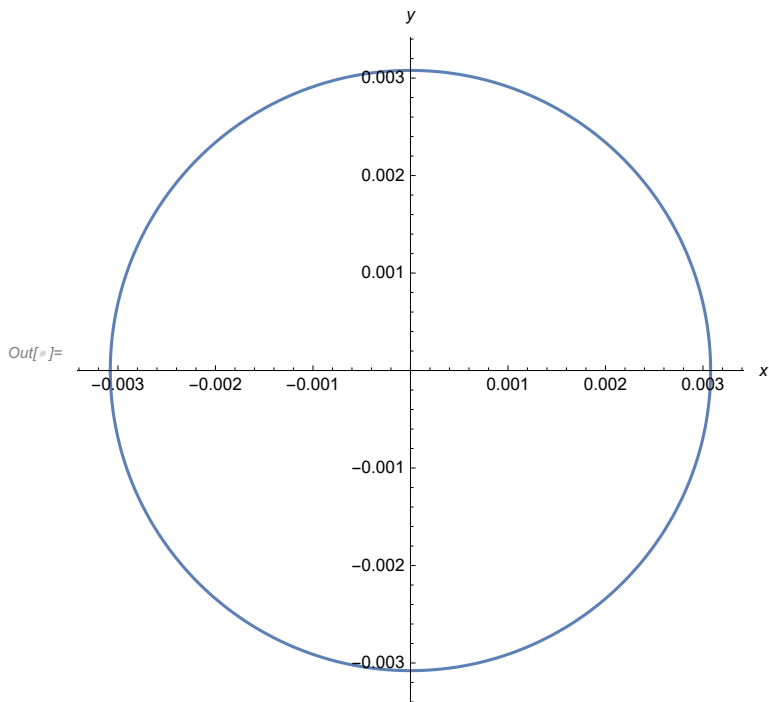
```
In[ ]:= d = p / Pi (*DIÁMETRO DESPLAZAMIENTO*)
[número pi]
```

```
Out[ ]:= 0.00615702
```

```
In[ ]:= r = d / 2 (*DESPLAZAMIENTO DEL RESORTE*)
```

```
Out[ ]:= 0.00307851
```

```
Show[ParametricPlot[u[t], {t, 0, T}], AxesLabel -> {HoldForm[x], HoldForm[y]},  
[mue· gráfico paramétrico [etiqueta de ejes [forma sin evalu· [forma sin evaluació  
PlotLabel -> None, LabelStyle -> {GrayLevel[0]}]  
[etiqueta de r· [ning· [estilo de etiqueta [nivel de gris
```



SIN MATERIAL

Datos

```
In[17]:= M = 776.484; (*MASA DESPLAZADA*)  
k = 500424.853;  
rpm = 1000; (*REVOLUCIONES POR MINUTO*)  
 $\omega_c = rpm * (2 \pi / 60);$  (*VELOCIDAD ANGULAR*)  
T =  $2 \pi / \omega_c;$  (*PERIODO*)  
FC = 20337.269; (*FUERZA CENTRÍFUGA*)  
n = 6 (*NÚMERO DE RESORTES*)
```

ECUACIONES

In[19]:= $e1 = M * x''[t] + n * k * x[t] == FC * \text{Cos}[\omega c * t];$

[coseno](#)

$ci1 = \{x[T/4] == 0, x'[0] == 0\};$

$x1[t_] = \text{DSolve}\{e1, ci1\}, x[t], t][[1, 1, 2]] // \text{FullSimplify}$

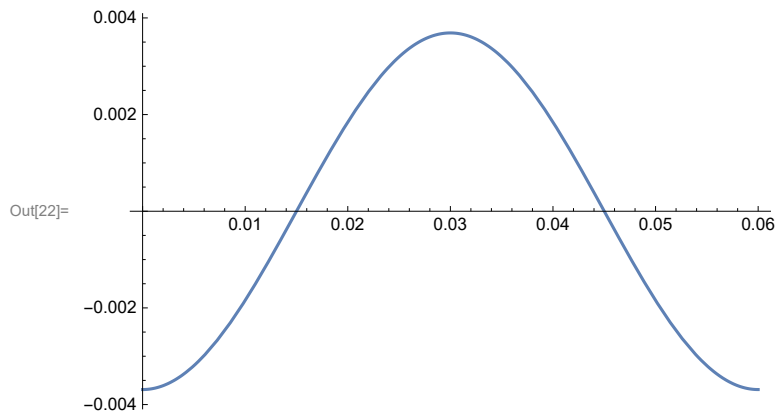
[resolvidor diferencial](#)

[simplifica complet](#)

$\text{Plot}[x1[t], \{t, 0, T\}]$

[representación gráfica](#)

Out[21]:= $-0.00368927 \text{Cos}[104.72 t]$



In[23]:= $e2 = M * y''[t] + n * k * y[t] == FC * \text{Sin}[\omega c * t];$

[seno](#)

$ci2 = \{y[0] == 0, y'[T/4] == 0\};$

$y1[t_] = \text{DSolve}\{e2, ci2\}, y[t], t][[1, 1, 2]] // \text{FullSimplify}$

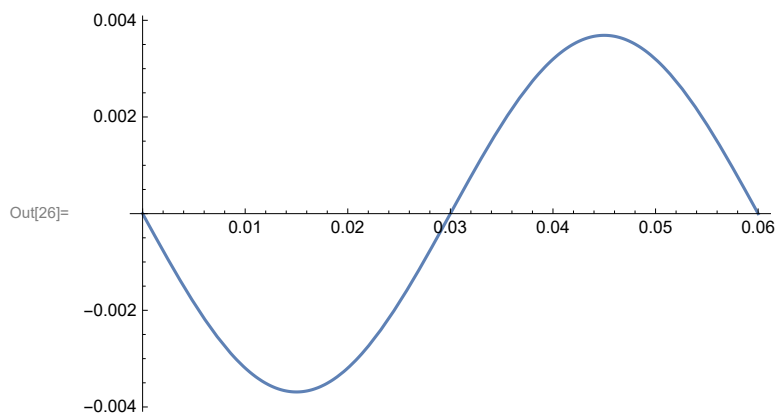
[resolvidor diferencial](#)

[simplifica complet](#)

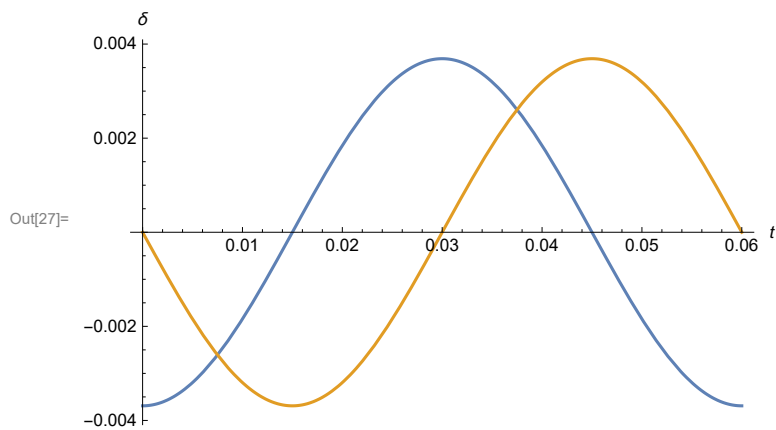
$\text{Plot}[y1[t], \{t, 0, T\}]$

[representación gráfica](#)

Out[25]:= $-9.49818 \times 10^{-19} \text{Sin}[62.184 t] - 0.00368927 \text{Sin}[104.72 t]$




```
In[27]:= Show[Plot[{x1[t], y1[t]}, {t, 0, T}], AxesLabel -> {HoldForm[t], HoldForm[δ]},
[mue... [representación gráfica] [etiqueta de ejes] [forma sin evalu... [forma sin evaluació]
PlotLabel -> None, LabelStyle -> {GrayLevel[0]}]
[etiqueta de r... [ning... [estilo de etiqueta] [nivel de gris]
```



ECUACIÓN PARAMÉTRICA

```
In[28]:= u[t_] = {x1[t], y1[t]}
```

```
Out[28]= {-0.00368927 Cos[104.72 t], -9.49818 × 10-19 Sin[62.184 t] - 0.00368927 Sin[104.72 t]}
```

```
In[29]:= p = ∫0T √{(x1'[t])2 + (y1'[t])2} dt // N (*PERÍMETRO DEL DESPLAZAMIENTO*)
[valor numérico]
```

```
Out[29]= 0.0231803
```

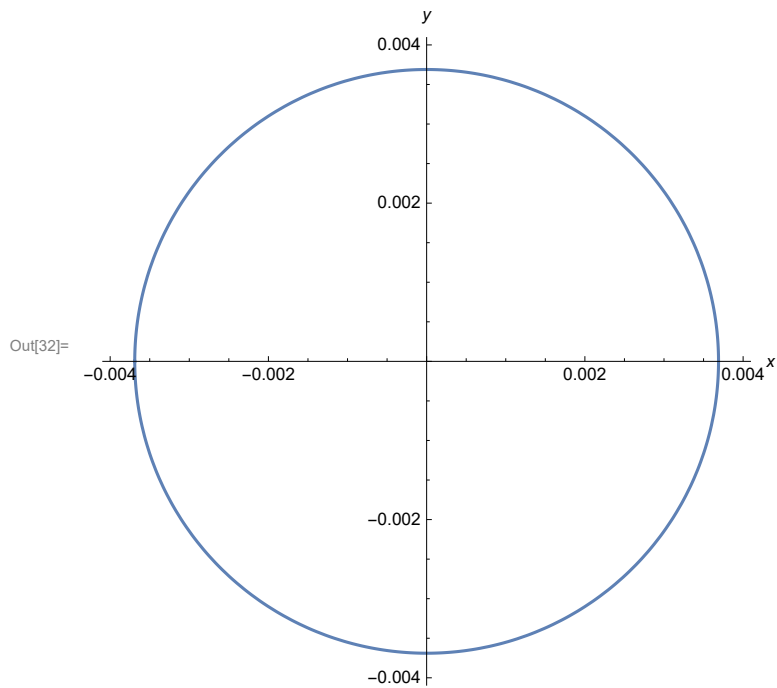
```
In[30]:= d = p/Pi (*DIÁMETRO DESPLAZAMIENTO*)
[número pi]
```

```
Out[30]= 0.00737853
```

```
In[31]:= r = d/2 (*DESPLAZAMIENTO DEL RESORTE*)
```

```
Out[31]= 0.00368927
```

```
In[32]:= Show[ParametricPlot[u[t], {t, 0, T}], AxesLabel -> {HoldForm[x], HoldForm[y]},  
[mue... gráfico paramétrico [etiqueta de ejes [forma sin evalu... [forma sin evaluaci  
PlotLabel -> None, LabelStyle -> {GrayLevel[0]}  
[etiqueta de r... [ning... [estilo de etiqueta [nivel de gris
```





UTN
FRSR

ANEXOS - VERIFICACIÓN EJE DEL MOTOVIBRADOR

El árbol del rolo motriz, se montará sobre rodamientos de bolas y será construido de acero AISI C1045 Recocido.

AISI 4140 Steel, normalized at 870°C (1600°F), air cooled, 50 mm (2 in.) round

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Alloy Steel](#); [AISI 4000 Series Steel](#); [Low Alloy Steel](#); [Carbon Steel](#); [Medium Carbon Steel](#)

Material Notes: Normalized; heated to 815°C, air cooled. Medium-carbon steel with high hardenability and good fatigue, abrasion and impact resistance.

Key Words: AFNOR 40 CD 4, AFNOR 42 CD 4 (France), ASTM A322, ASTM A331, ASTM A505, ASTM A519, ASTM A646, B.S. 708 A 42 (UK), B.S. 708 M 40 (UK), B.S. 709 M 40 (UK), JIS SCM 4 H, JIS SCM 4, JIS SCM440, SS14 2244 (Sweden), MIL SPEC MIL-S-16974, SAE J404, SAE J412, SAE J770, DIN 1.7225, UNS G41400, AMS 6381, AMS 6382, AMS 6390, AMS 6395, IS 1570 40Cr1Mo28, IS 4367 40Cr1Mo28, IS 5517 40Cr1Mo28

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

[Printer friendly version](#) [Download as PDF](#) [Download to Excel \(requires Excel and Windows\)](#)
[Export data to your CAD/FEA program](#)

Add to Folder: My Folder 0/0

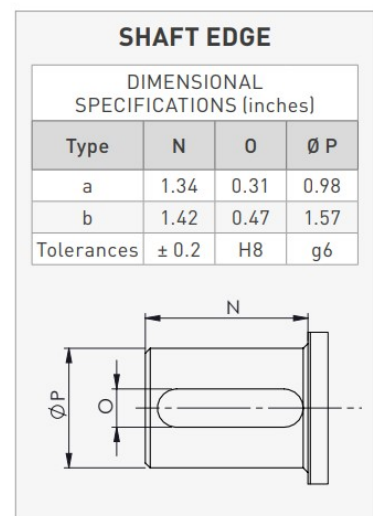
Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	285	285	
Hardness, Knoop	311	311	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	99	99	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell C	30	30	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	301	301	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	972 MPa	141000 psi	
Tensile Strength, Yield	635 MPa	92100 psi	
Elongation at Break	16.5 %	16.5 %	in 50 mm
Reduction of Area	48.1 %	48.1 %	
Modulus of Elasticity	205 GPa	29700 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.29	0.29	Calculated
Machinability	65 %	65 %	Based on AISI 1212 as 100% machinability.
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel

$$S_{ut} := 972 \text{ MPa} = 140.977 \text{ ksi}$$

$$S_y := 635 \text{ MPa}$$

$$d_e := (1.57) \text{ in} = 39.878 \text{ mm} \quad \text{Diámetro eje}$$

$$d_e := 39.853 \text{ mm}$$



Tolerancia del eje

Campos de tolerancia para las medidas exteriores

g6	
Medida limite superior es	-9 µm
Medida limite inferior ei	-25 µm
Diámetro máximo del eje	39.869 mm
Diámetro mínimo del eje	39.853 mm
Centro de tolerancia	39.861 mm

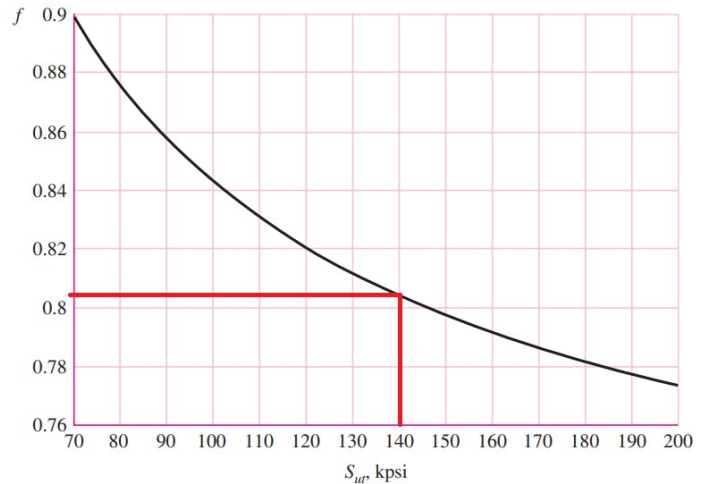


FATIGA

Fracción de resistencia

$$f := 0.805$$

Fracción de resistencia a la fatiga



Shigley 8va Edición Tabla 6.18 - Pag 277

Límite de resistencia a la fatiga

$$S'_e := 0.5 \cdot S_{ut} = 486 \text{ MPa}$$

Factor de superficie

Lo determinaremos según las fórmulas que plantea Shigley. En nuestro caso tenemos un eje con superficie mecanizada.

$$K_a = a \cdot \sigma_R^b$$

$$a := 4.51$$

$$b := -0.265$$

$$K_a := a \cdot \left(\frac{S_{ut}}{\text{MPa}} \right)^b = 0.729$$

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Shigley 8va Edición Tabla 6.2 - Pag 280

Factor de tamaño.

En función del diámetro:

$$K_b := \left(\frac{d_e}{7.62 \text{ mm}} \right)^{-0.107} = 0.838$$

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$



Factor de confiabilidad.

Este valor nos determina una garantía de que el eje cumplirá satisfactoriamente su tarea en un porcentaje que viene determinado por lo que se denomina confiabilidad, para ello adoptamos lo que llamaremos factor de confiabilidad que viene determinado por la siguiente tabla según Shigley:

Tabla 6-5

Factores de confiabilidad k_c correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_c
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Shigley 8va Edición Tabla 6.5 - Pag 285

$$K_c := 0.814$$

Factor de Temperatura.

Kd factor de temperatura: consideramos la temperatura de trabajo la del ambiente por lo tanto:

$$K_d := 1$$

Factor de entallamiento.

Ke factor modificativo de concentración de tensiones: Se considera 1, ya que luego el factor de concentración de tensiones interviene en la ecuación de ASME.

$$K_e := 1$$

Factor de esfuerzos diversos.

Kf factor de efectos diversos: no consideramos condiciones adversas de ningun tipo por lo que adoptamos:

$$K_f := 1$$

Límite de fatiga para nuestro eje

$$S_e := K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f \cdot S'_e = 241.449 \text{ MPa}$$



Esfuerzos y verificación

El momento actuante va a ser la fuerza centrífuga por la distancia del eje al rodamiento:

$$F_c := 2286 \text{ lbf} = 1036.912 \text{ kgf} \quad \text{Fuerza centrífuga en cada contrapeso}$$

$$h := \frac{3.35 \text{ in}}{2} = 42.545 \text{ mm} \quad \text{Centro geométrico de la carga}$$

$$M_f := F_c \cdot h = 432.625 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{Momento flector}$$

por ende el módulo resistente de dicha sección a la flexión será:

$$w_f := \frac{\pi \cdot d_e^3}{32} = 6.214 \text{ cm}^3$$

Por lo cual el esfuerzo que realiza:

$$\sigma_a := \frac{M_f}{w_f} = 69.619 \text{ MPa}$$

Coefficiente de seguridad:

$$n_s := \frac{S_e}{\sigma_a} = 3.468$$

Teniendo en cuenta:

$$a := \frac{(f \cdot S_{ut})^2}{S_e} = (2.536 \cdot 10^3) \text{ MPa}$$

$$b := -\frac{1}{3} \cdot \log\left(\frac{f \cdot S_{ut}}{S_e}\right) = -0.17$$

El número de ciclos que puede soportar el eje:

$$N := \left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^{\frac{1}{b}} = 1.49 \cdot 10^9$$

Teniendo en cuenta:

$$\text{turno} := 8 \text{ hr} \quad \text{Duración de turno de trabajo}$$

$$\text{dias} := 5 \cdot 4 \cdot 12 = 240 \quad \text{Días laborables en año}$$

$$\text{turno.tiempo} := \text{turno} \cdot \text{dias} = 1920 \text{ hr} \quad \text{Horas de trabajo}$$



Por lo tanto, la cantidad de ciclos que esta sometido el eje por año:

$$N_r := 1000 \text{ rpm} \cdot \text{turno.tiempo} = 7.238 \cdot 10^8$$

El número de días que funcionaría hasta llegar a la fatiga:

$$N_d := \frac{N}{1000 \text{ rpm} \cdot 8 \text{ hr}} = 493.925$$

El tiempo en años:

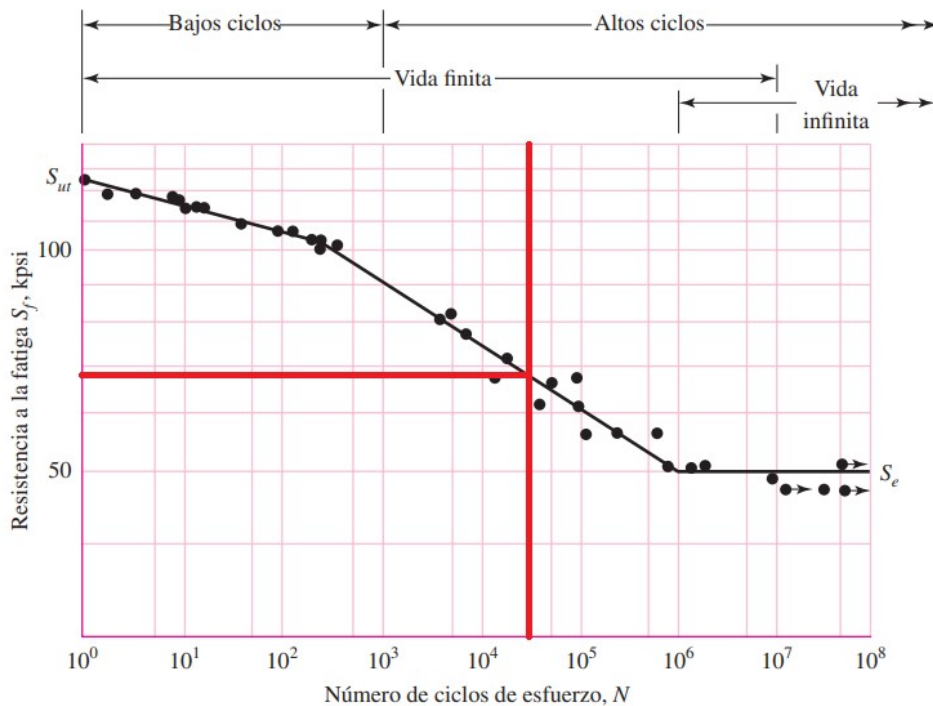
$$\text{años} := \frac{N_d}{\text{dias}} = 2.058$$

Verificamos la fatiga en un ciclo bajo:

$$S_f := a \cdot N^b = 69.619 \text{ MPa}$$

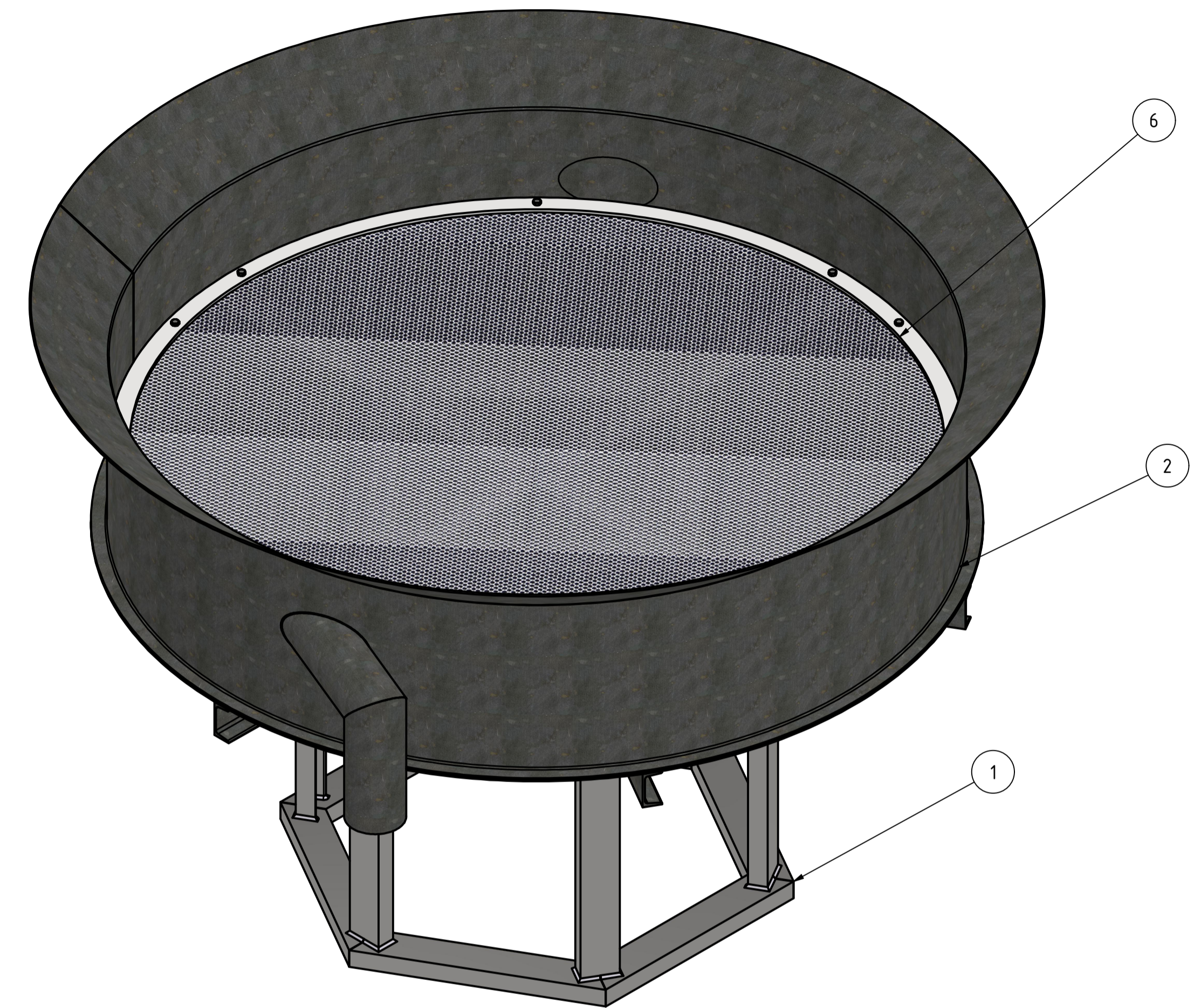
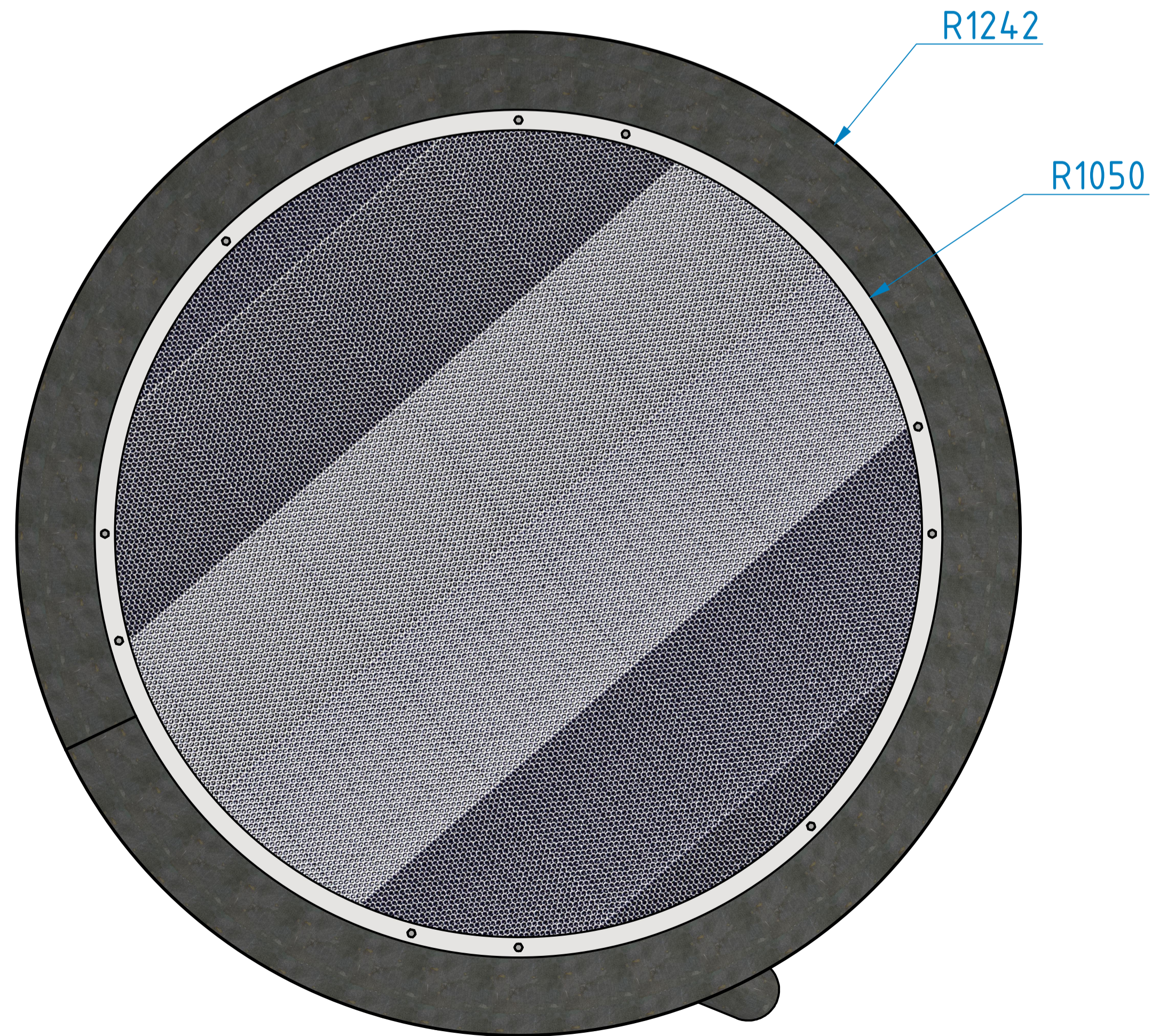
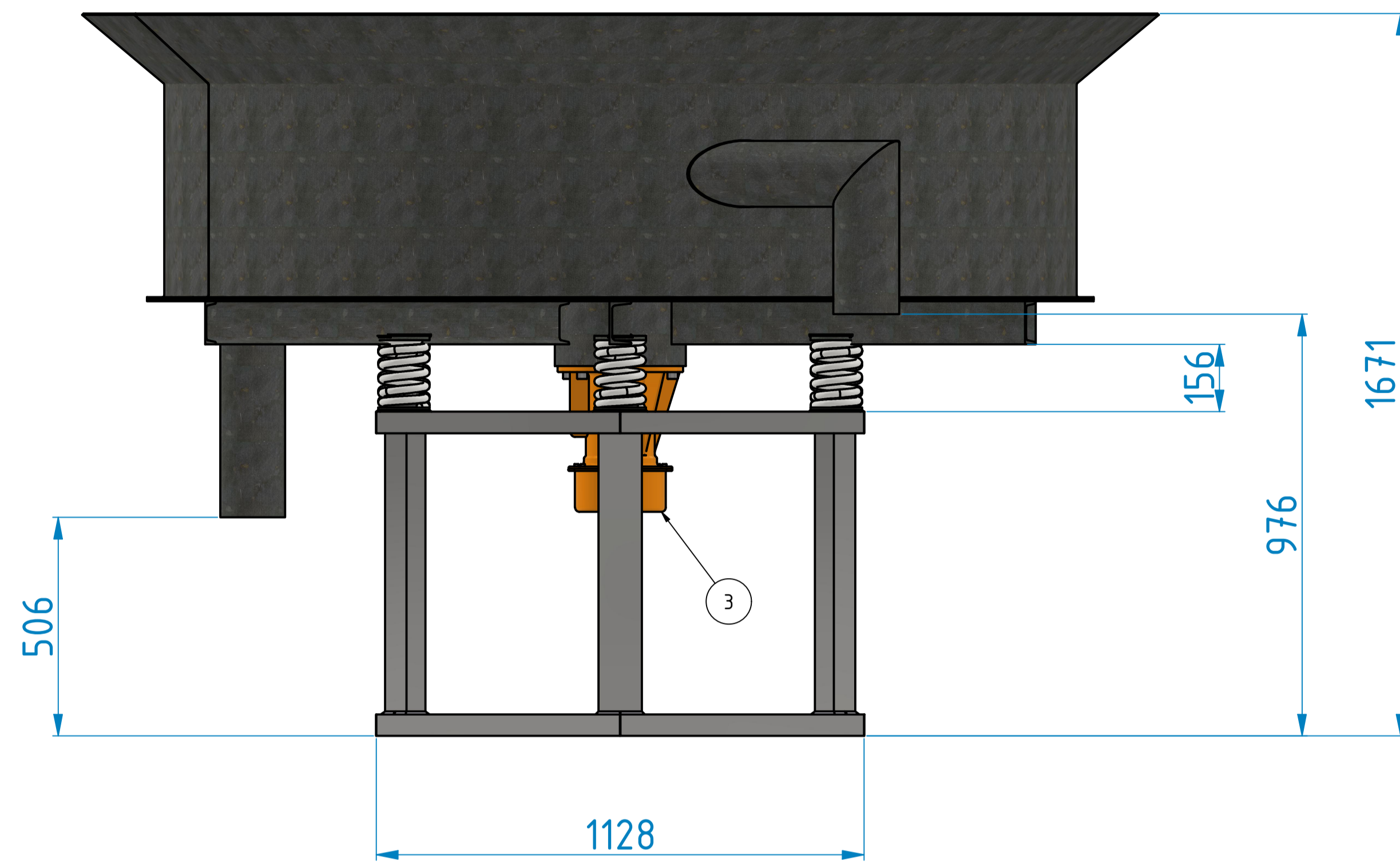
$$S_f \geq S_{ut} \cdot N^{\frac{(\log(A))}{3}} = 0$$

El resultado indica que va a soportar los ciclos bajos pero como se aprecia en imagen siguiente va a tener una vida finita.



FLUJO DE FONDOS

PLANOS



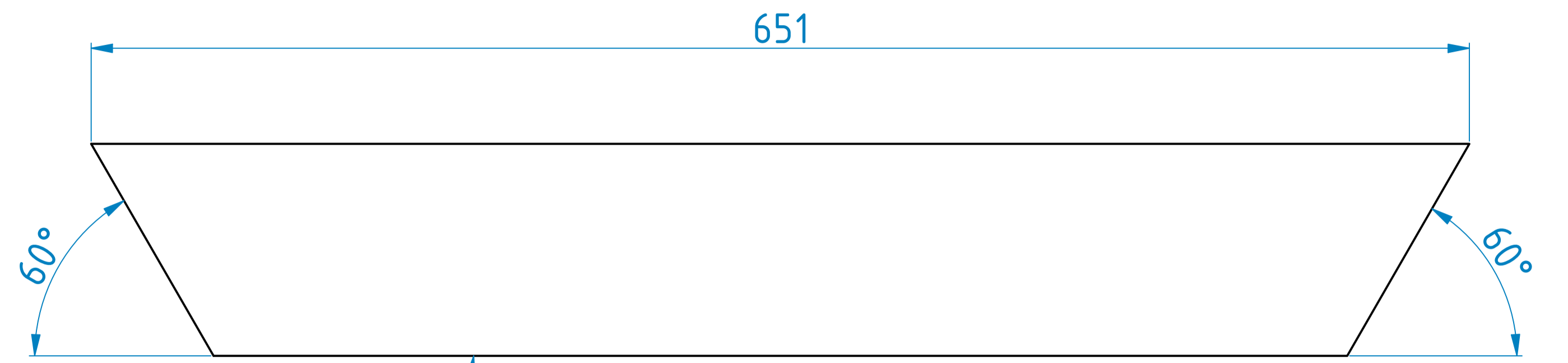
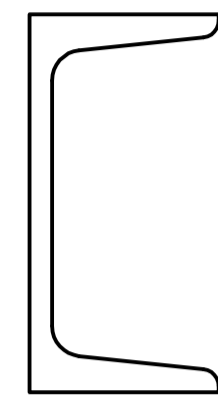
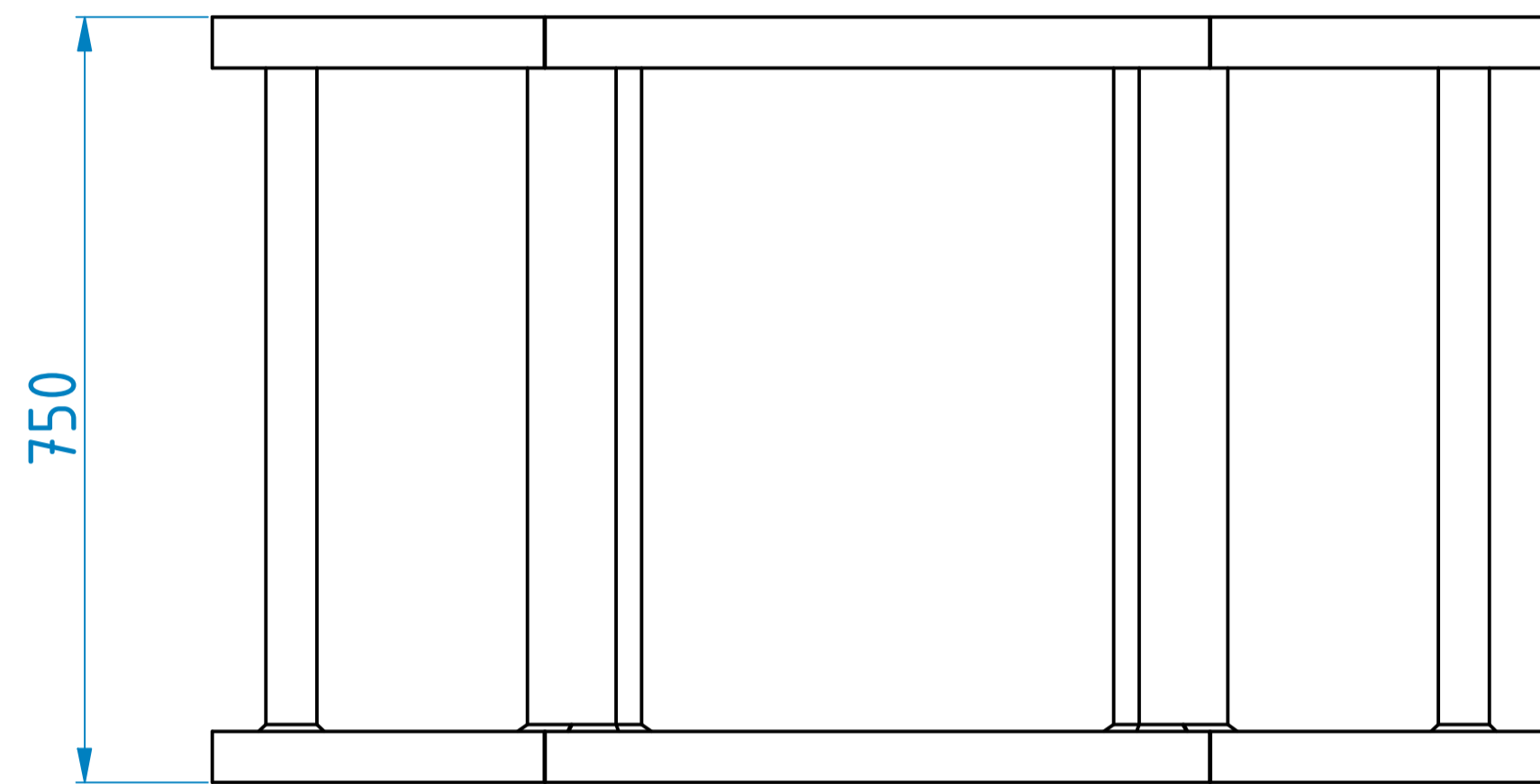
NOTAS
A- PESO TOTAL: N/D

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MASA	MATERIAL
6	1	EN00020	CONJUNTO MALLA	20,643 kg	
3	1	IC00002	MOTOVIBRADOR MVE 1500/15N SL-60AF	44,177 kg	
2	1	EN00007	CONJUNTO ARO CON TOLVA	202,066 kg	
1	1	EN00004	CUADRO SUPERIOR DE BASE	170,566 kg	

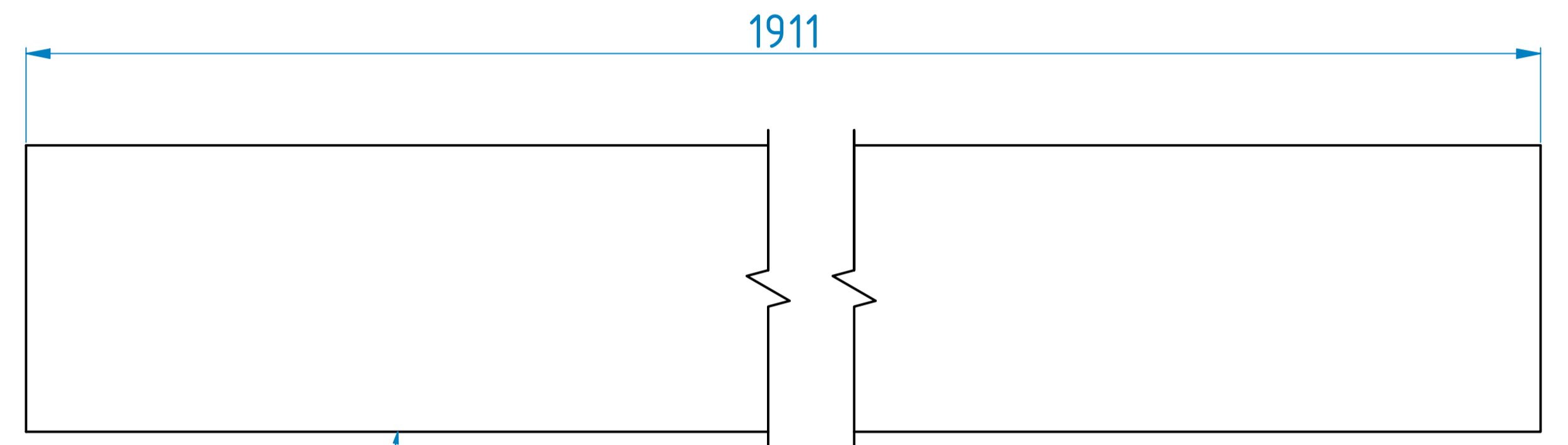
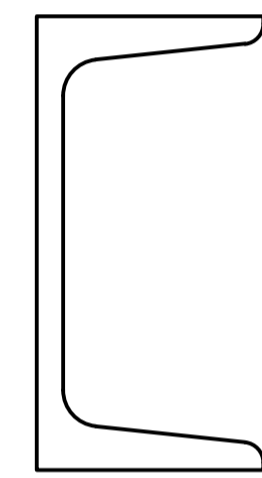
LISTA DE PIEZAS

DIBUJO	Fecha	Nombre	Cliete	UTN
REVISO	04/09/2021	J.MUROS	PROYECTO FINAL	
APROBO	04/09/2021	J.PEREZ	FINAL	
ESC:	ZARANDA CIRCULAR			ZARANDA CIRCULAR
Formato:	A1			Nº Pieza: EN00009
				ID: EN00009

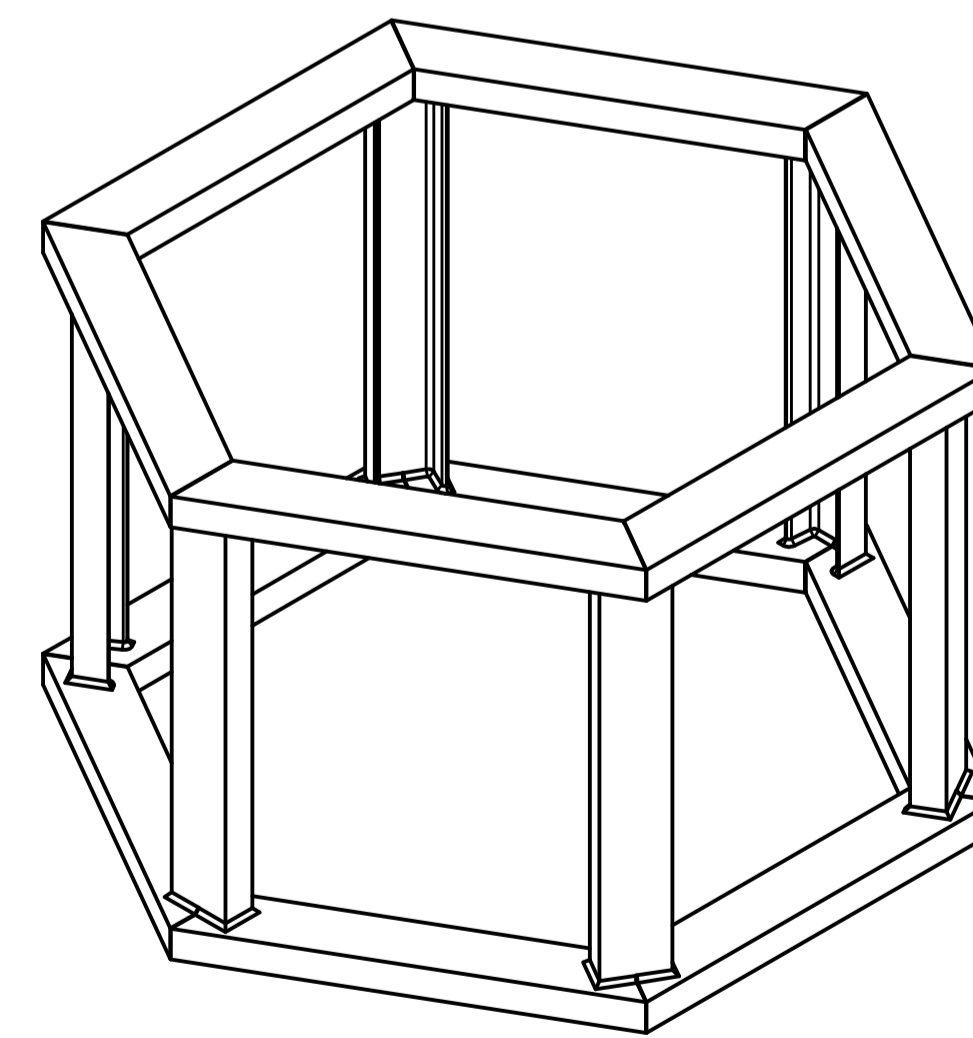
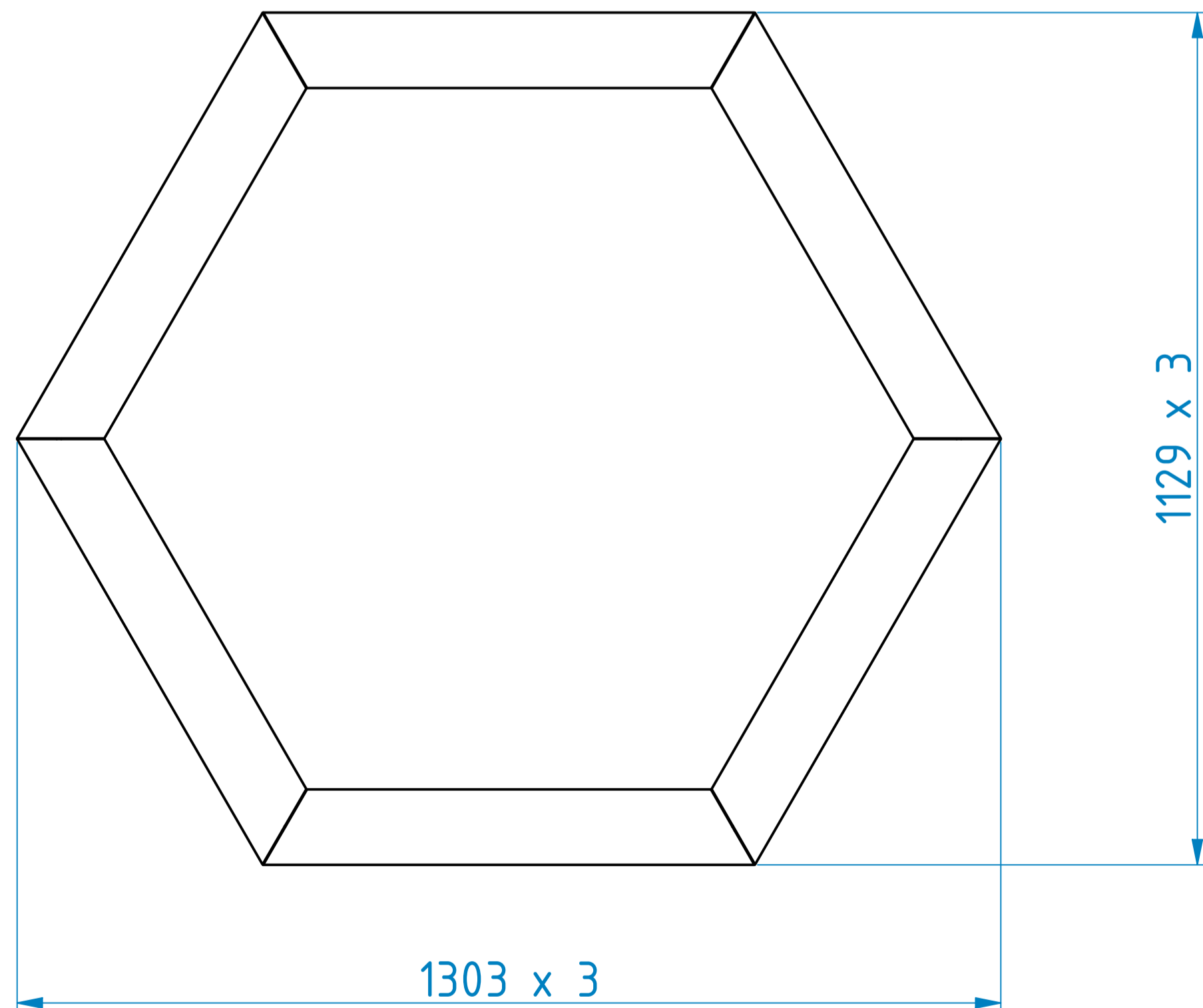
GRADO DE PRECISION	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	5	6	7	8	10	12
f (mm)	± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	-	-	-	-	-	-	-
h (mediana)	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 10
g (base)	± 0.15	± 0.2	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 10	± 12	± 15
kg (muy baso)	-	± 0.5	± 1	± 1.5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 15	± 20	± 25	± 30



VER NOTA C



VER NOTA B



NOTAS

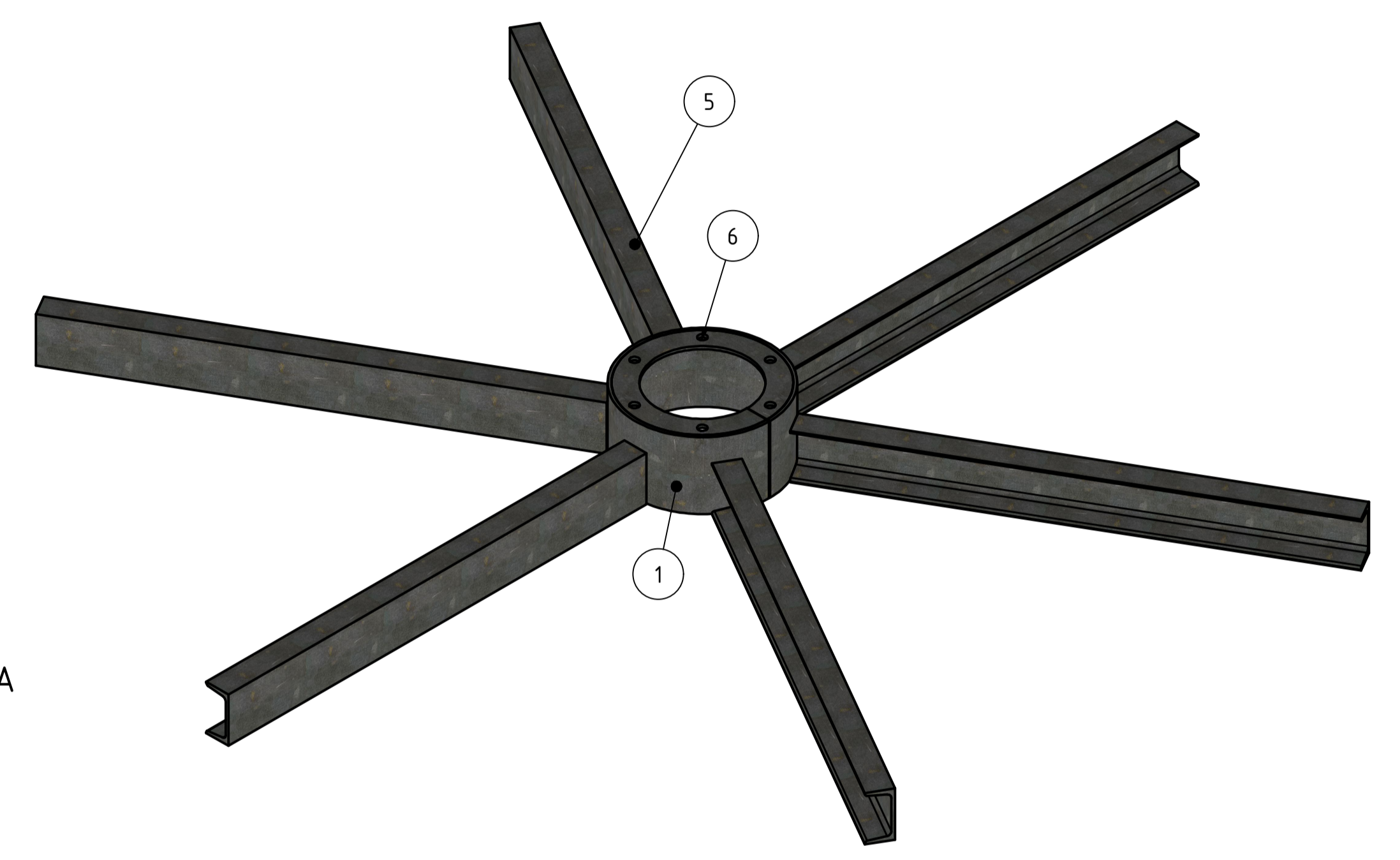
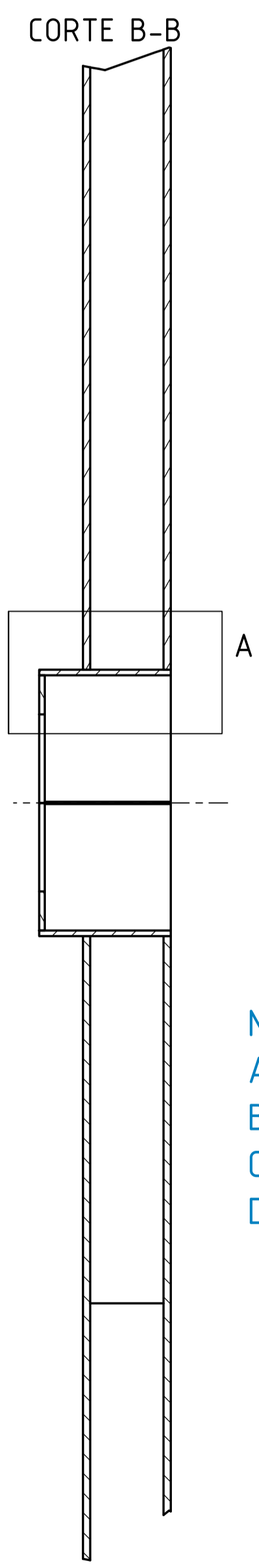
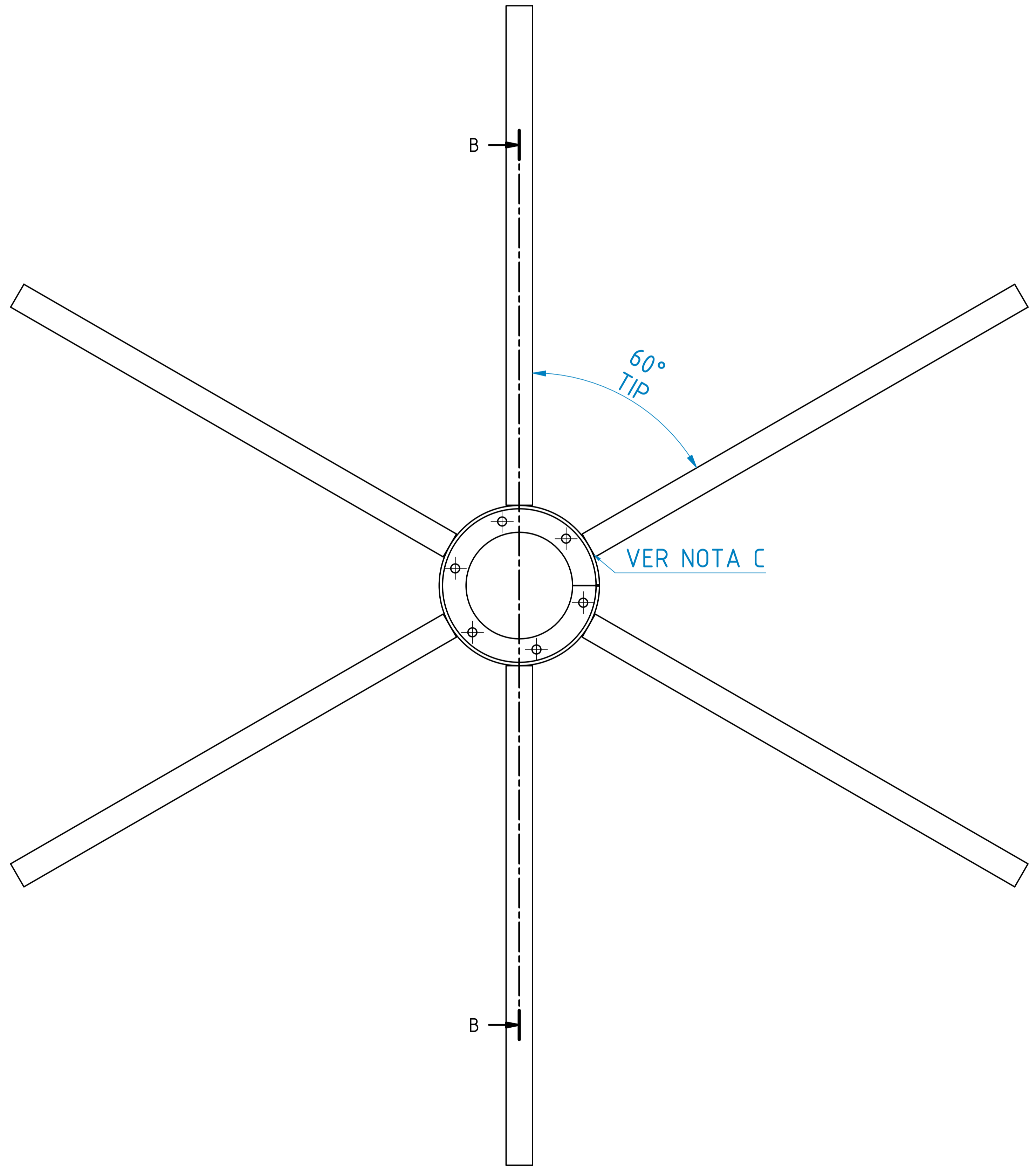
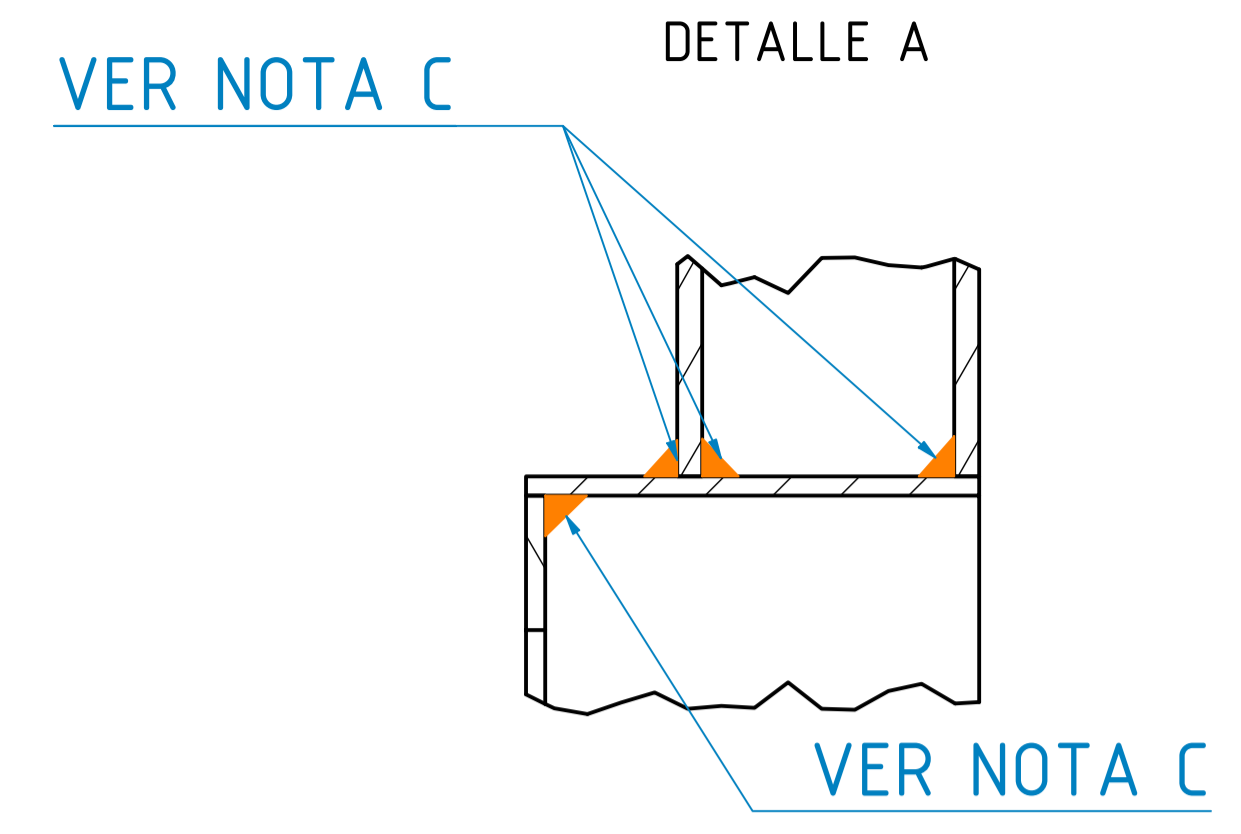
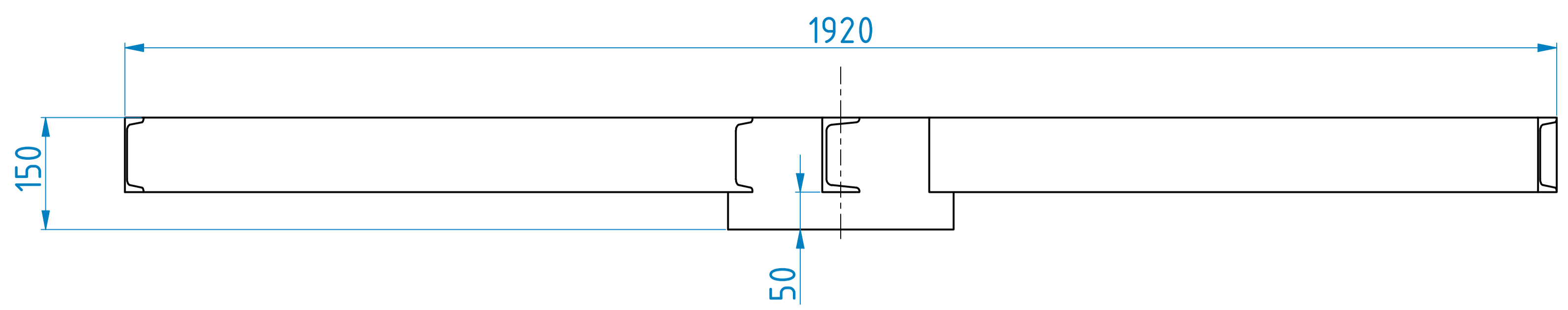
- A- GRADO DE TOLERANCIA: MEDIANO (M)
- B- CANTIDAD: 6
- C- CANTIDAD: 12

CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	MATERIAL	MASA
4152,000	DIN1026-1 - U 100 - 692	Canales de acero laminados en caliente - Parte 1: canales de acero de ala cónica	7	Acero, suave	7,308 kg
7806,964	DIN1026-1 - U 100 - 650,58	Canales de acero laminados en caliente - Parte 1: canales de acero de ala cónica	2	Acero, suave	6,261 kg
1	EN00002-ESQ		1	Acero AISI 1015	0,000 kg

LISTA DE PIEZAS

DIBUJO REVISO APROBO ESC.: Formato: A1	Fecha/Nombre 04/09/2023/J.MUROS 04/09/2023/J.PEREZ 04/09/2023/M.GARCIA	Cliente: PROYECTO FINAL	UTN ZARANDA CIRCULAR N° Pieza: EN00002 ID: EN00004
---	---	-------------------------------	--

GRADO DE PRECISIÓN	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	5	6	7	8	10	12
f (mm)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	-	-	-	-	-	-	-
s (mediana)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 10
g (barril)	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 10	± 12	± 15
gg (muy barril)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 15	± 20	± 25	± 30



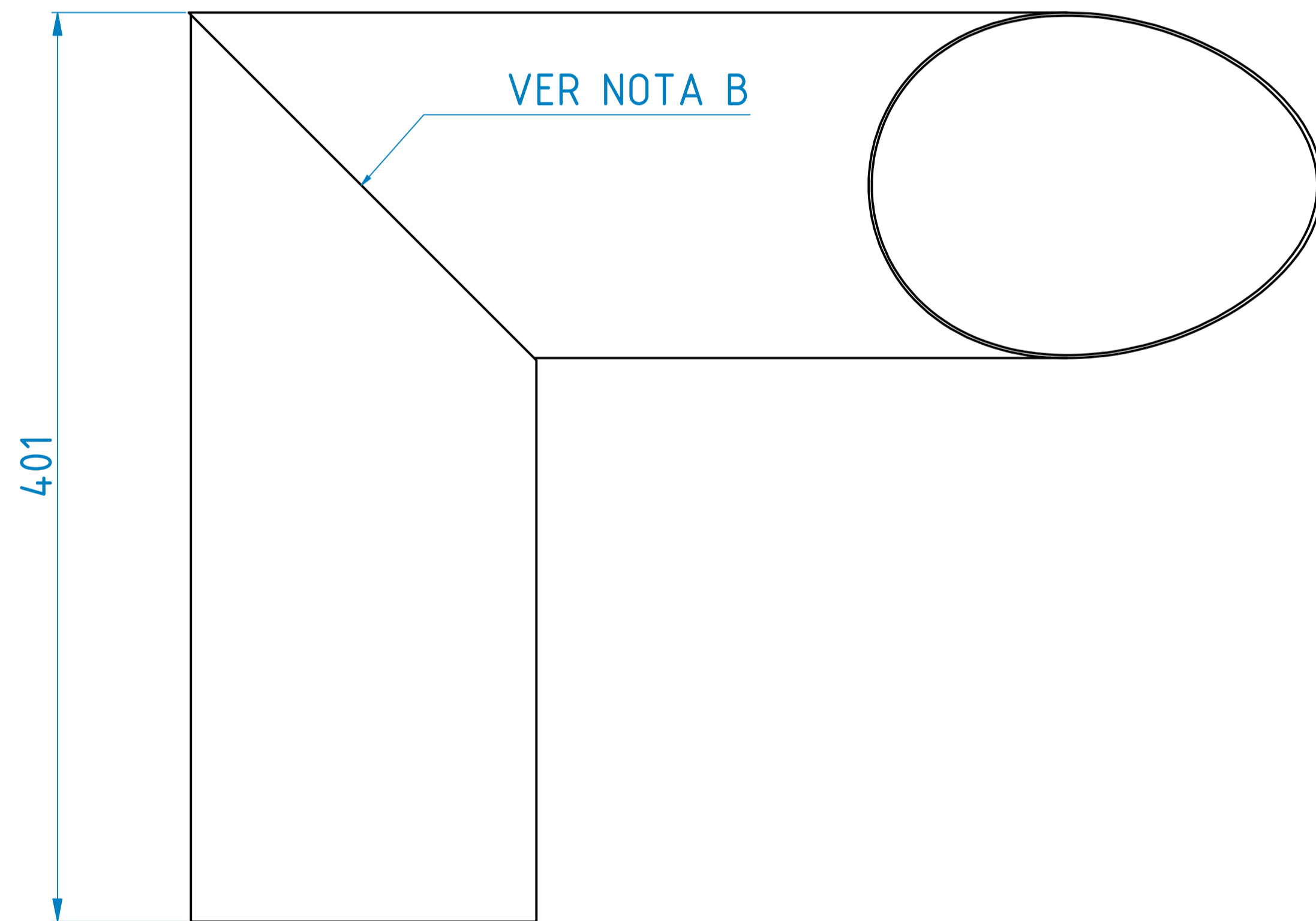
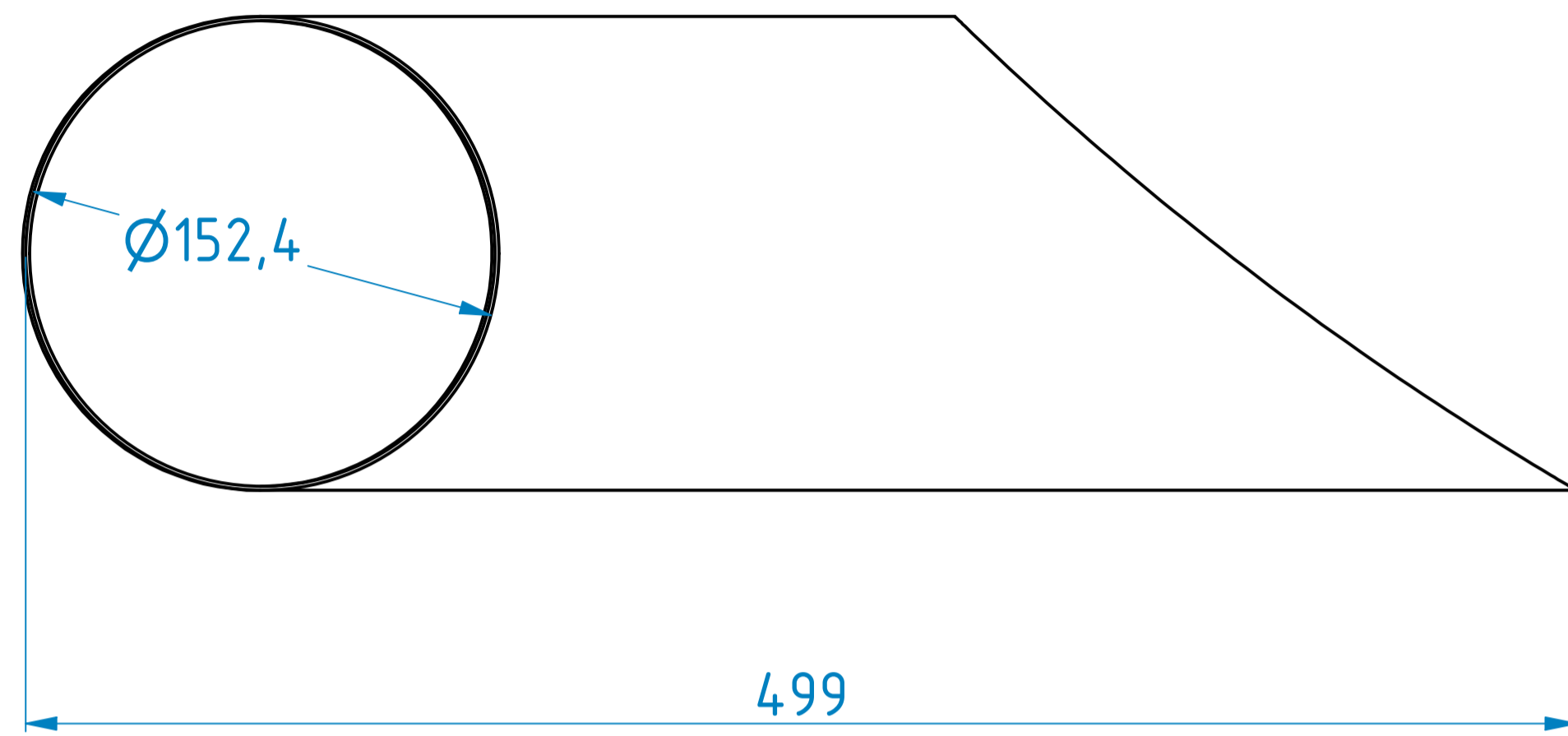
NOTAS
 A- GRADO DE TOLERANCIA: MEDIANO (M)
 B- ELIMINAR FILOS Y REBABAS
 C- LLEVA A TOPE PARA SOLDAR Y REALIZAR SOLDADURA CIRCUFERENCIAL
 D- SOLDAR RESPETANDO MEDIDAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	MASA
6	1	PI00023	BRIDA MOTOVIBRADOR	Acero AISI 1015	1,643 kg
5	6	PI00021	PERFIL DE SUJECIÓN		9,724 kg
1	1	PI00022	CUBO MOTOVIBRADOR	Acero AISI 1015	6,960 kg

GRADO DE PRECISIÓN											
Tolerancias en mil para medidas tomadas en mm											
	0,5	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200
f (total)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	-	-	-
s (mediana)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5
g (barril)	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7
gg (muy barril)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12

Para medidas tomadas en pulgadas se indicarán las tolerancias directamente en la medida nominal.

LISTA DE PIEZAS		Fecha/Nombre		Cliente:	
DIBUJO	04/09/2023	J.MUROS	PROYECTO FINAL		
REVISO	04/09/2023	J.PEREZ	UTN		
APROBO	04/09/2023	M.GARCIA	ZARANDA CIRCULAR		
Formato:	A1	CUADRO INFERIOR DE BASE ZARANDA CIRCULAR		Nº Pieza: EN00003	
ESC.:				ID:	

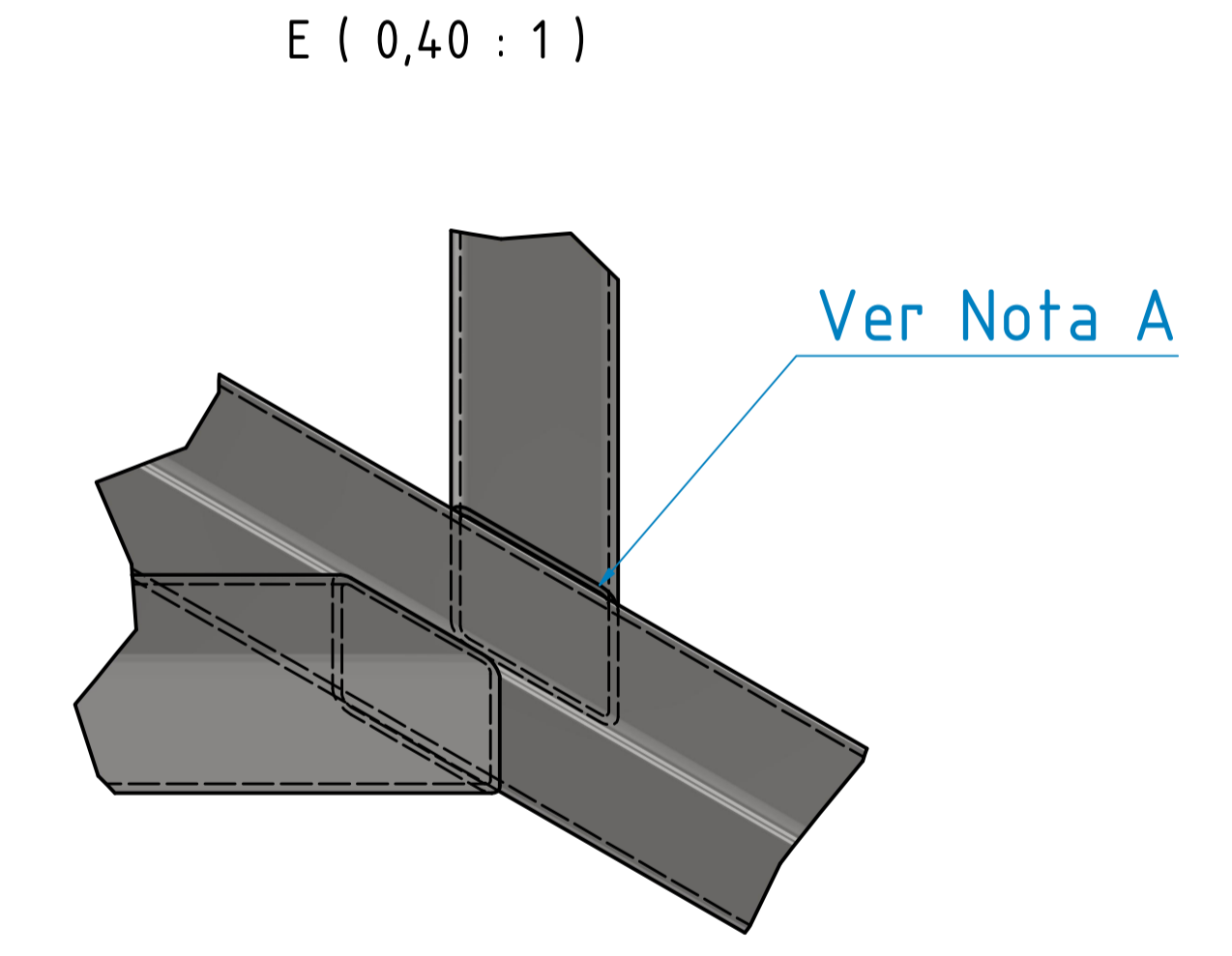
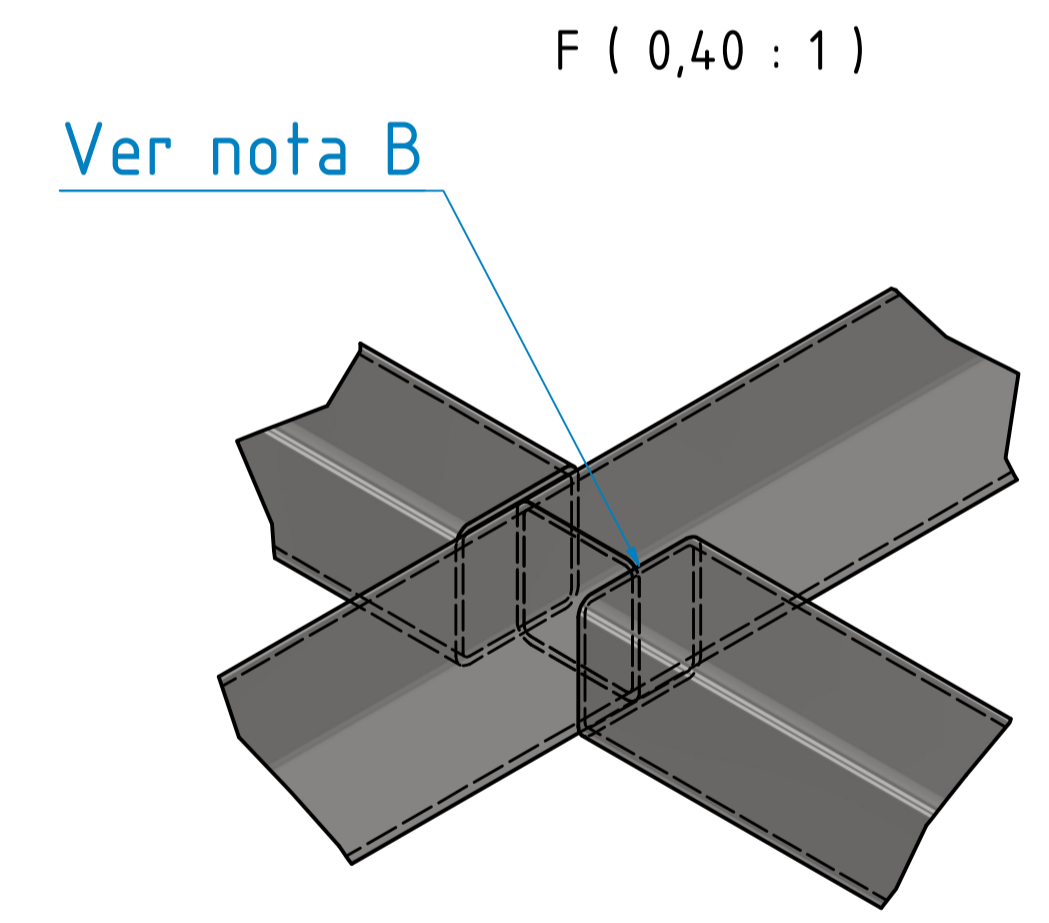
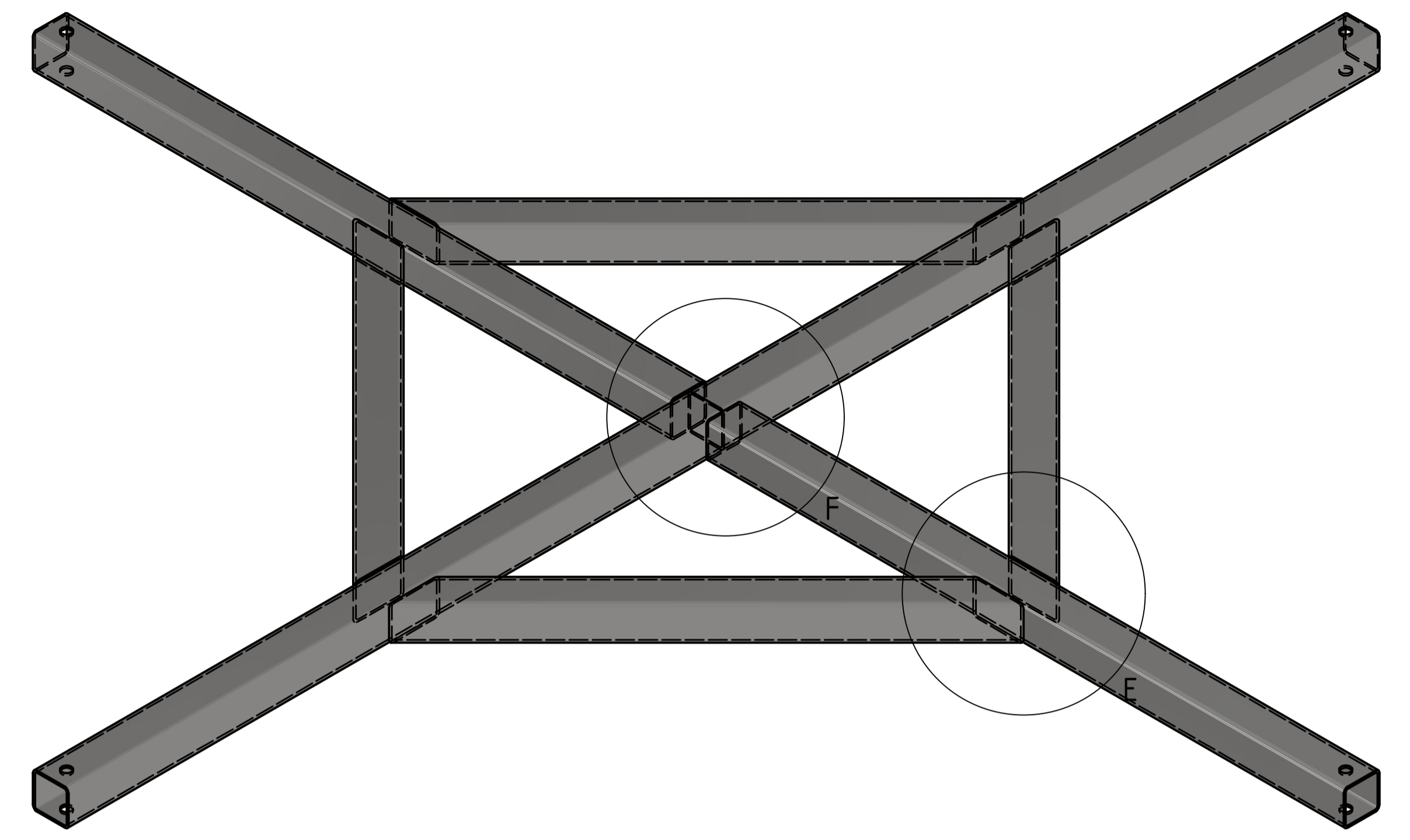
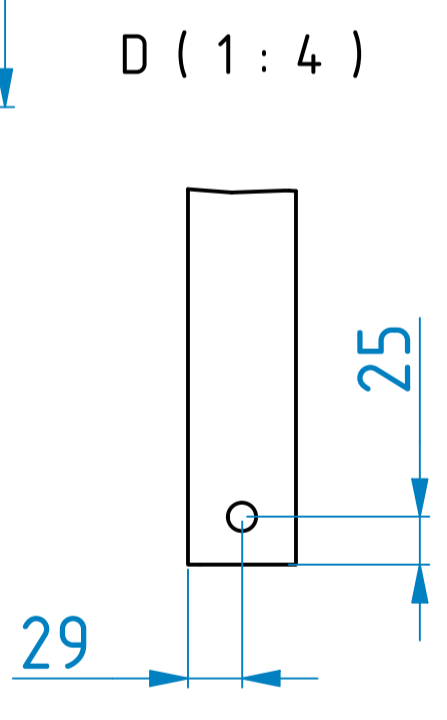
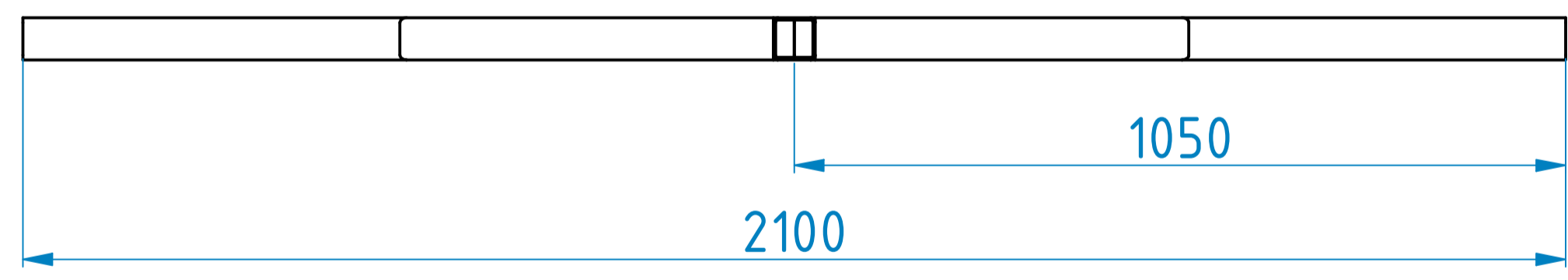
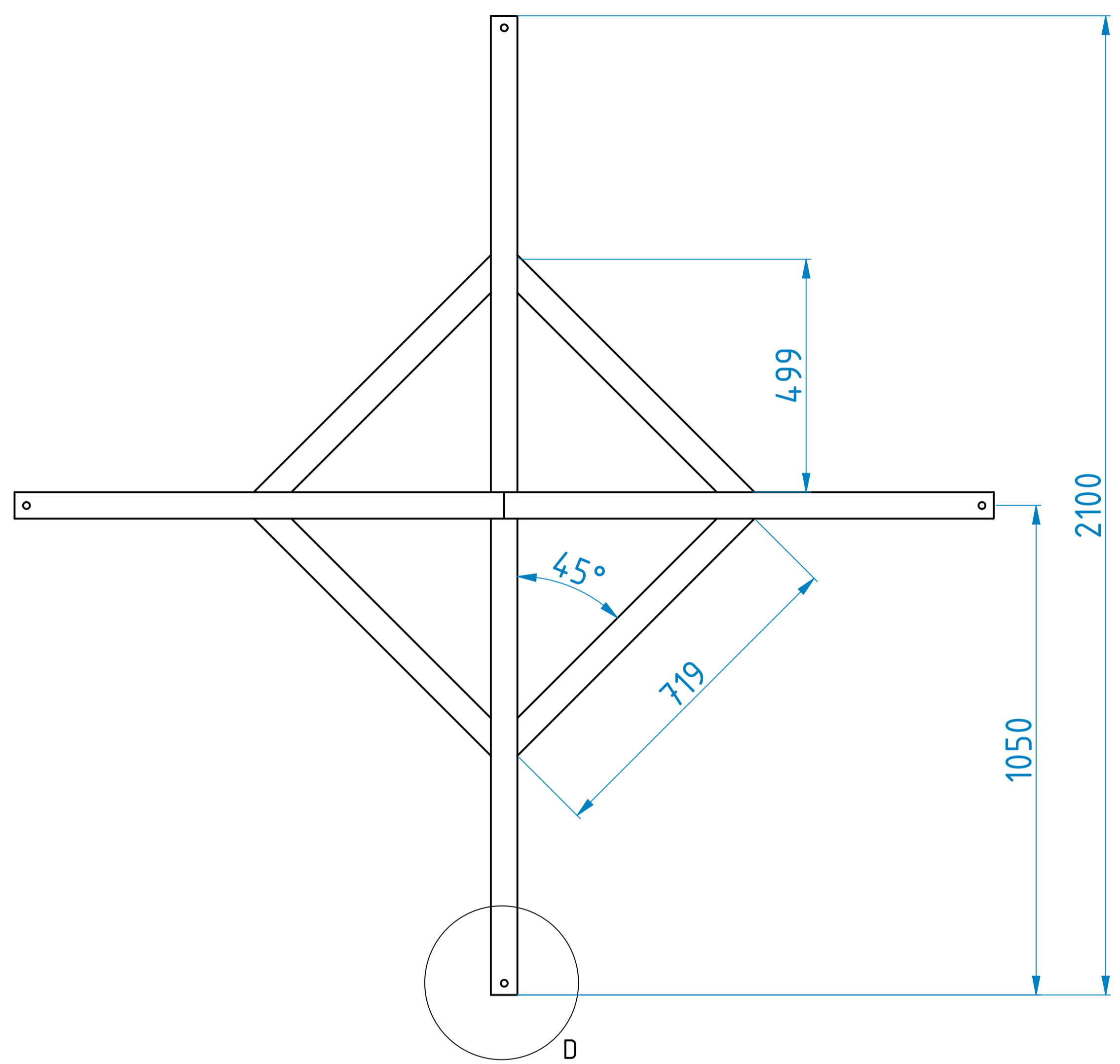


NOTAS
 A- ELIMINAR REBABA Y FILOS
 B- SOLDAR CIRCUNFERENCIALMENTE

GRADO DE PRECISIÓN	Tolerancias en mil para medidas nominales en mil											
	0,5	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200	300
f (total)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	-	-	-	-
s (mediana)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6
g (barril)	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8
gg (muy barril)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 12

Para medidas nominales inferiores a 0,5mm se indicarán las tolerancias directamente en la medida nominal.

1	PI00008	CAÑO 6" SALIDA 1	1	Acero AISI 1015	1,542 kg
CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	MATERIAL	MASA
LISTA DE PIEZAS					
DIBUJO		Fecha	Nombre	Cliente:	
REVISO		04/09/2023	J.MUROS	PROYECTO	
APROBO		04/09/2023	J.PEREZ	FINAL	
ESCALA:		Formato:		UTN	
Formato:		A1		ZARANDA CIRCULAR	
CONJUNTO TOLVA SALIDA ZARANDA CIRCULAR				Nº Pieza: EN00005	
				ID: EN00007	

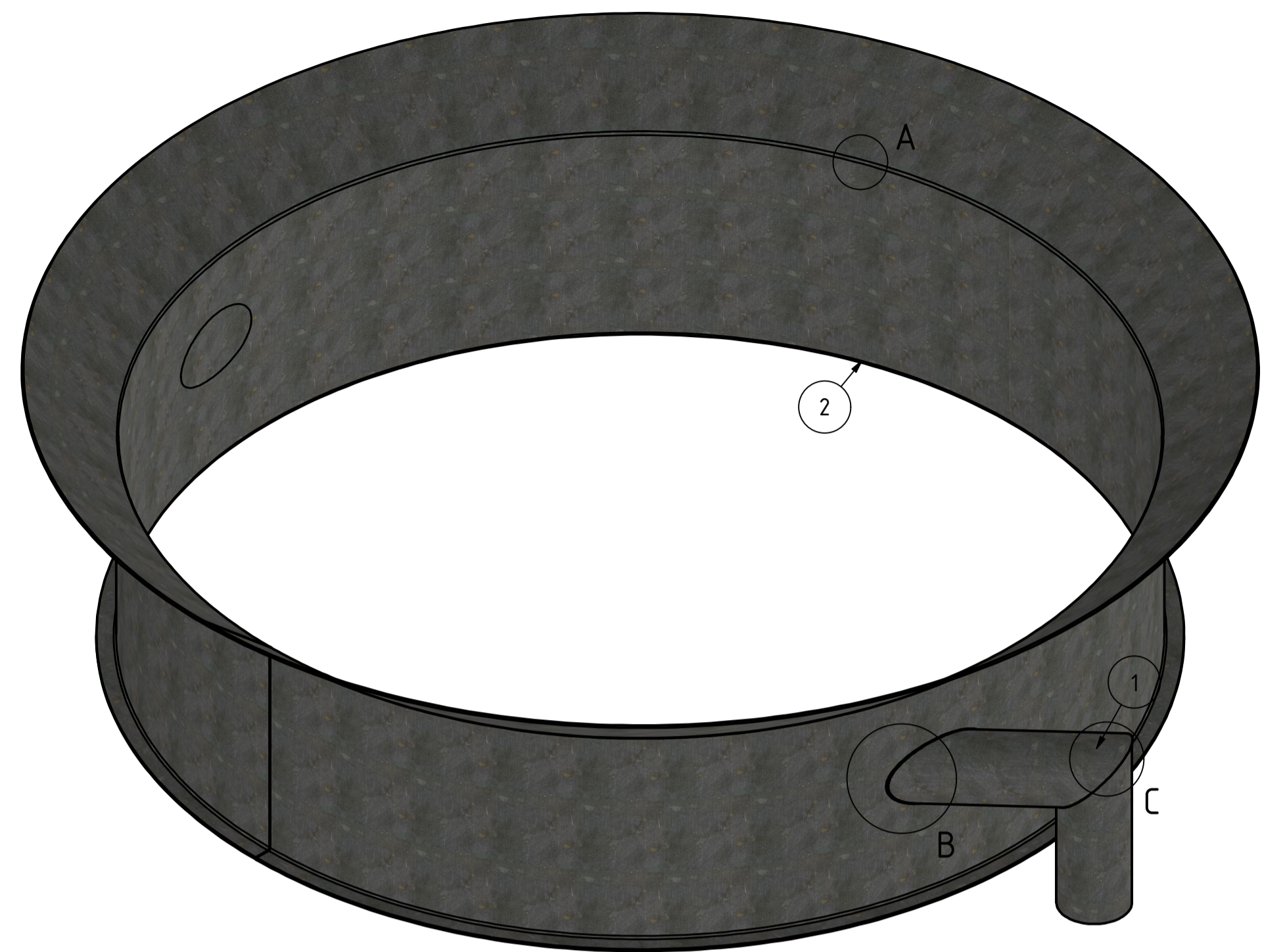
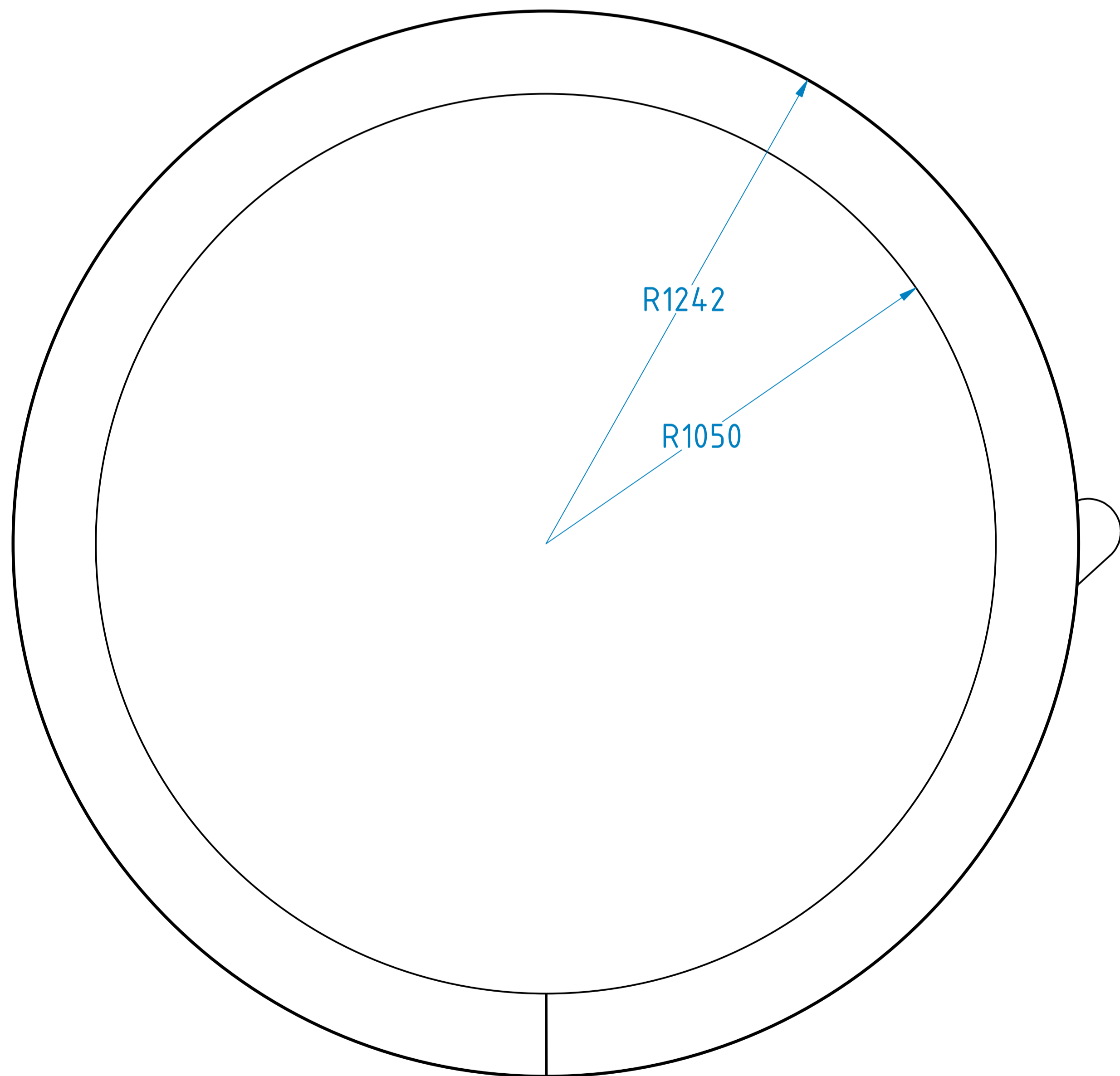
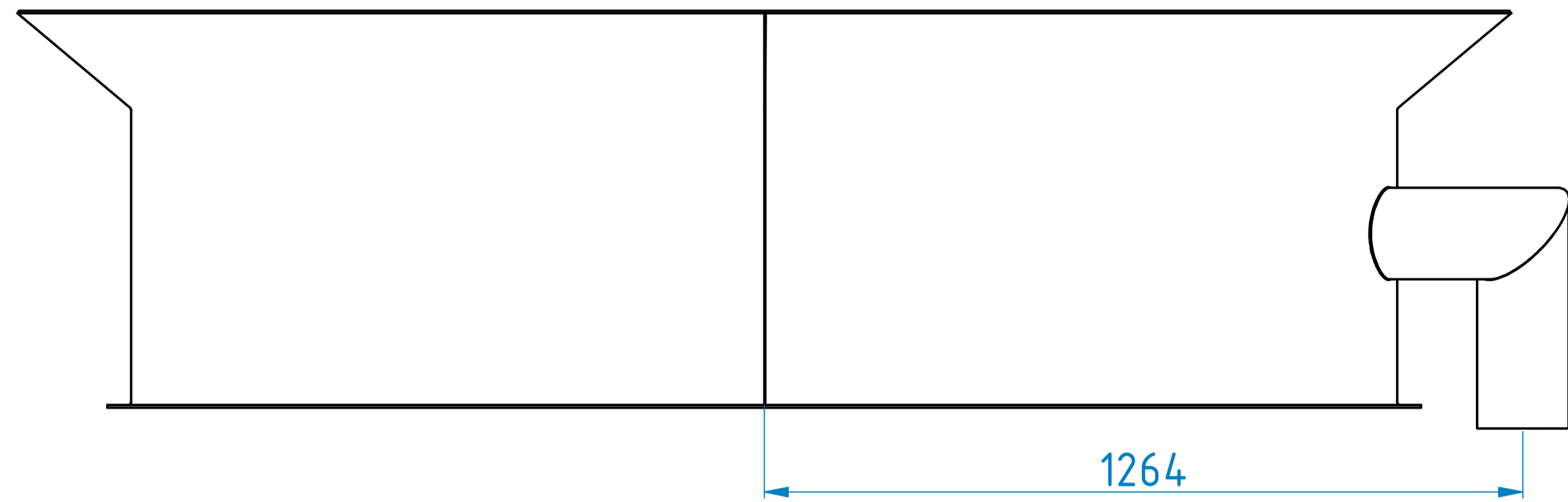


NOTAS:
 A- RESPETAR MEDIDAS
 B- LLEVAR A TOPE Y SOLDAR
 C- ELIMINAR REBABA Y FILOS

GRADO DE PRECISIÓN	Tolerancias en mil para medidas nominales en mil											
	0,5	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200	300
f (total)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	-	-	-	-
h (mediana)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6
g (barril)	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8
gg (muy barril)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 12

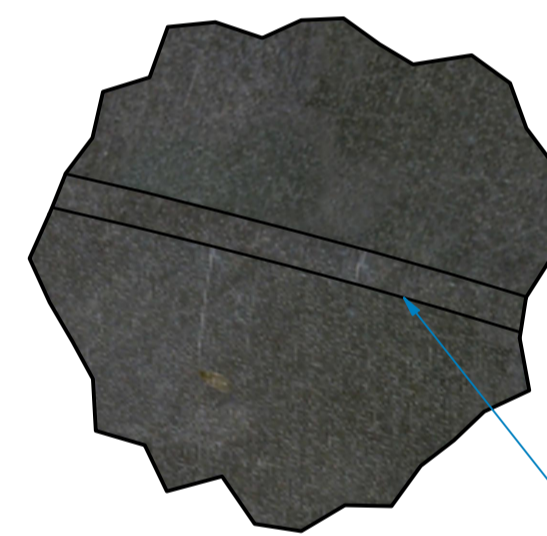
Para medidas nominales inferiores a 0,5mm se indicarán las tolerancias directamente en la medida nominal.

DIBUJO	Fecha: 04/09/2023 Nombre: J. MUROS	Cliente: PROYECTO FINAL	UTN ZARANDA CIRCULAR
REVISO	04/09/2023 J. PEREZ		
APROBO	04/09/2023 M. GARCIA		N° Pieza: Ensamblaje 1
Formato: A1	SOPORTE DE MALLA		ID:

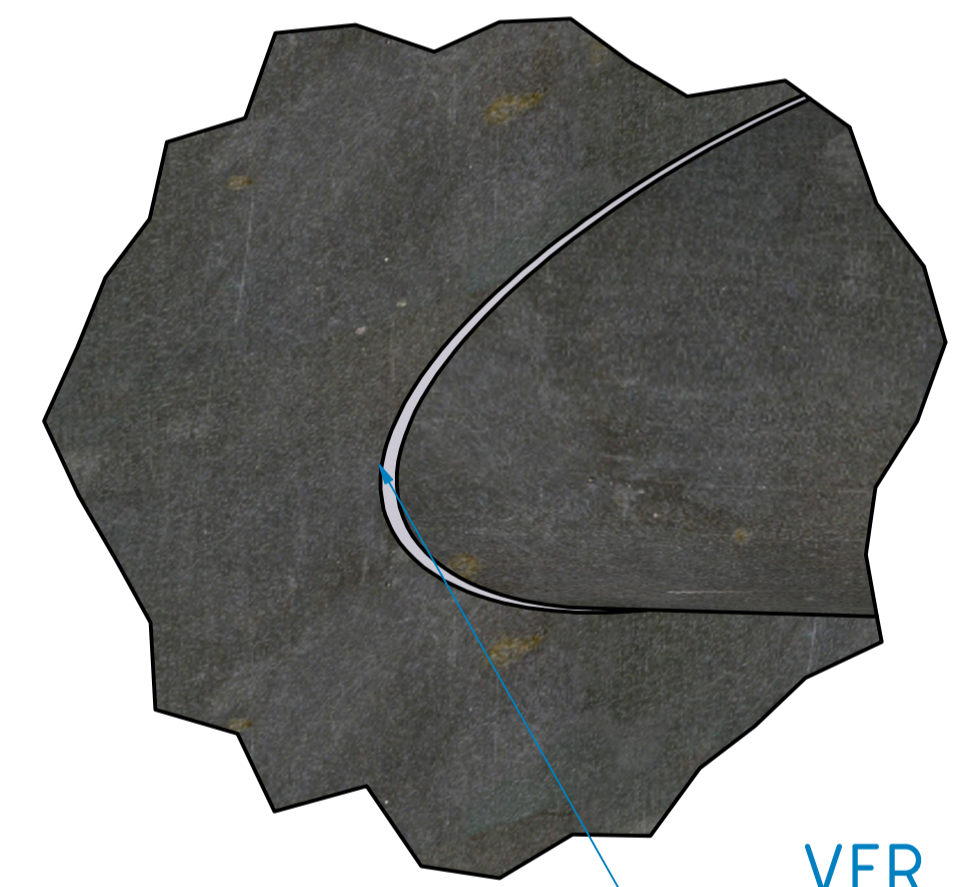


DETALLE A

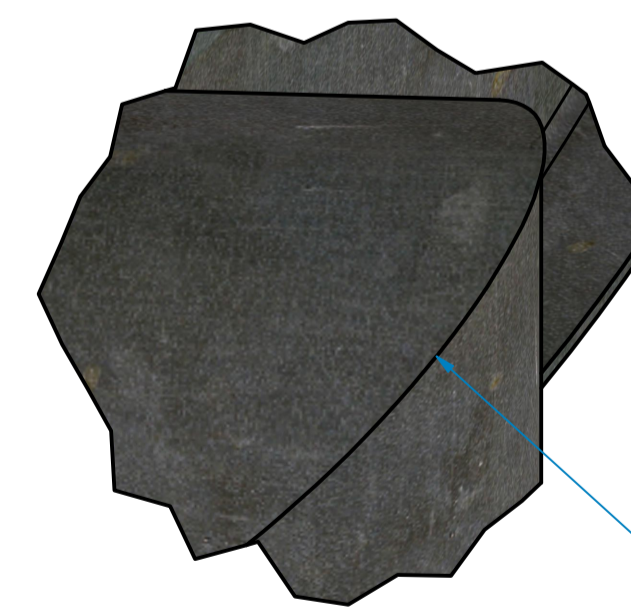
DETALLE B



VER NOTA A



VER NOTA A



VER NOTA A

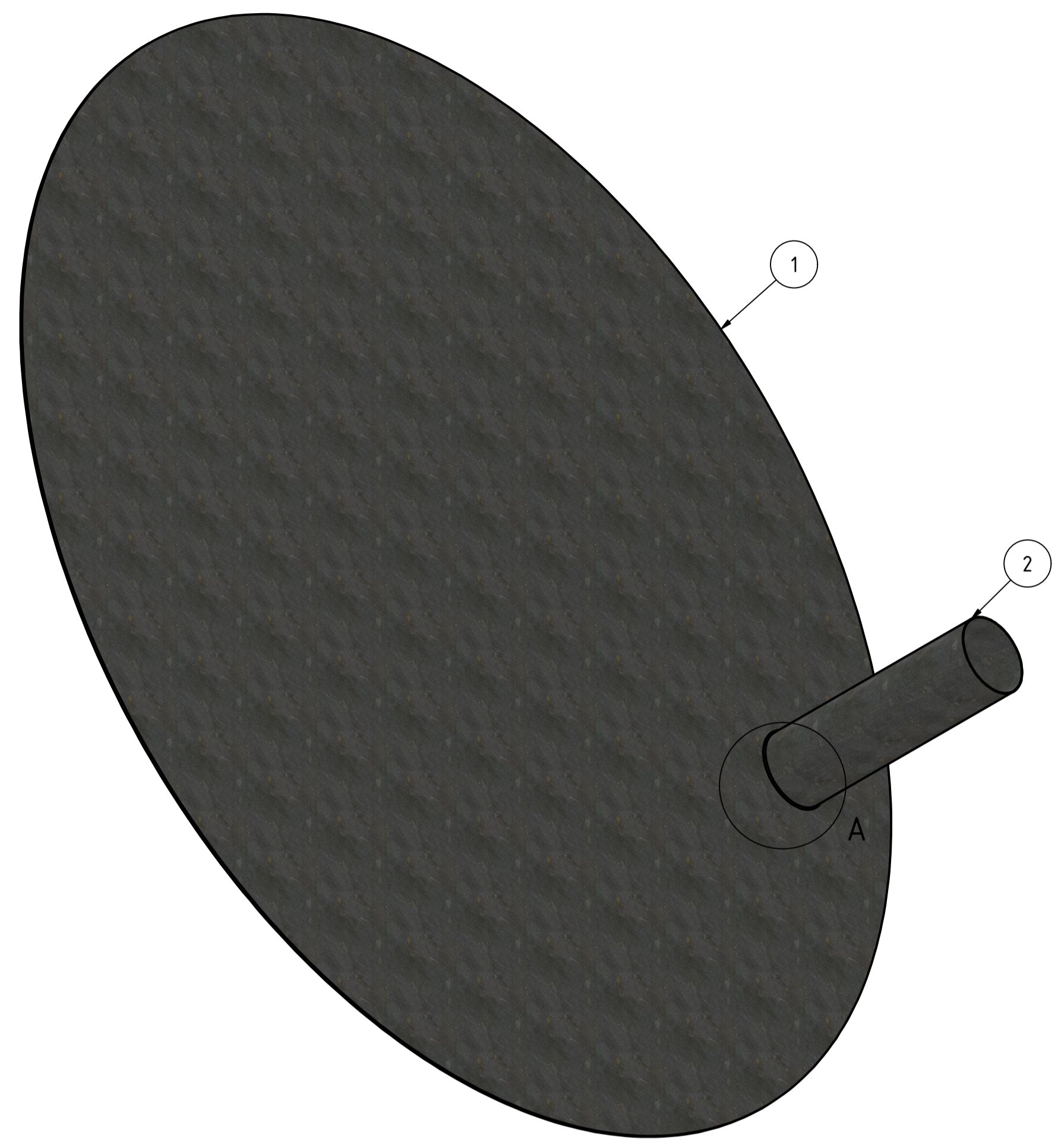
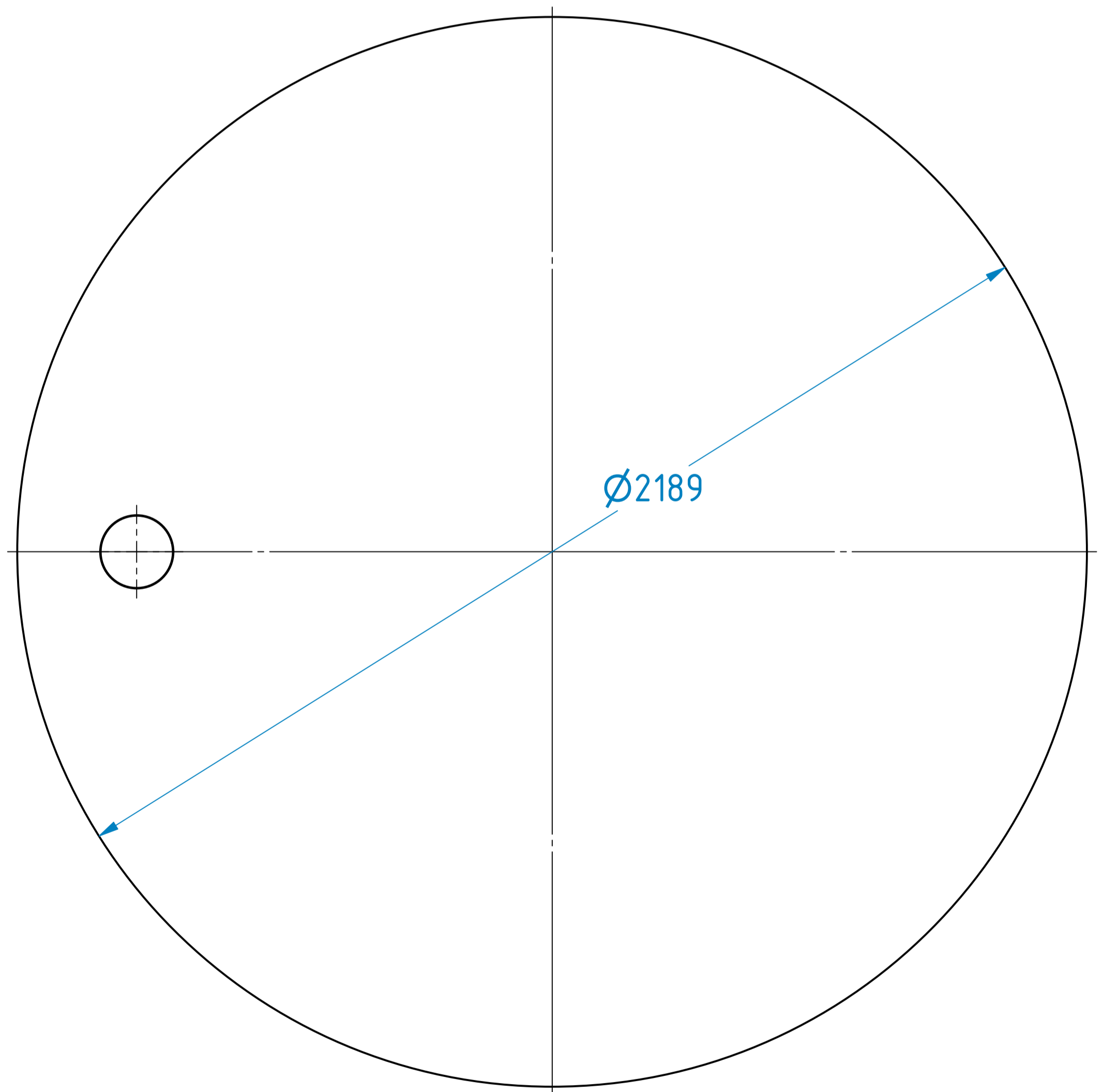
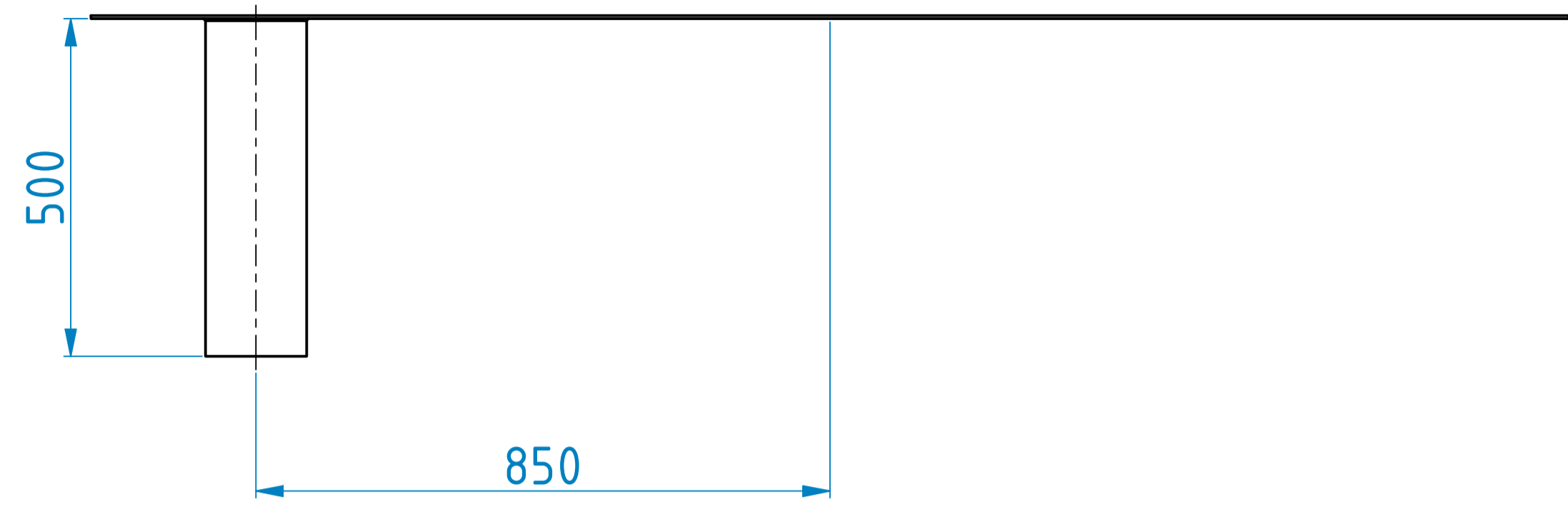
NOTAS
 A- LLEVAR A TOPE Y SOLDAR CIRCUNFERENCIALMENTE
 B- ELIMINAR REBABAS Y FILOS

GRADO DE PRECISION											
Tolerancias en mil para medidas tomadas en mm											
	0.5	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200
f (total)	± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	-	-	-
h (mediana)	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4	± 6
g (barril)	± 0.15	± 0.2	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7
gg (muy barril)	-	± 0.5	± 1	± 1.5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12

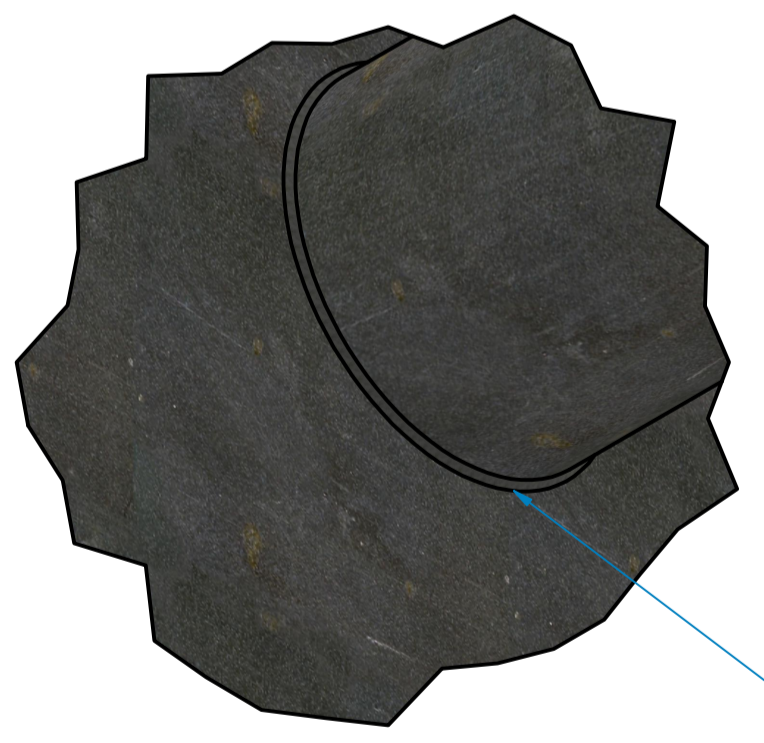
Para medidas tomadas inferiores a 0.5mm se indicarán las tolerancias directamente en la medida nominal

ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
2	EN00006	CONJUNTO ARO CENTRAL	1	Acero AISI 1015	198,951 kg
1	EN00005	CONJUNTO TOLVA SALIDA	1	Acero	3,114 kg

LISTA DE PIEZAS		
Fecha	Nombre	Ciente
04/09/2023	J.MUROS	PROYECTO FINAL
04/09/2023	J.PEREZ	UTN
04/09/2023	M.GARCIA	ZARANDA CIRCULAR
Formato: A1		Nº Pieza: EN00007
		ID: EN00009



DETALLE A



VER NOTA A

NOTAS
 A- LLEVAR A TOPE Y SOLDAR CIRCUNFERENCIALMENTE
 B- ELIMINAR REBABAS Y FILOS

GRADO DE PRECISIÓN											
Tolerancias en mil para medidas nominales en mil											
	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	10.0	15.0	20.0
f (total)	± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	-	-	-
s (medial)	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4	± 6
g (barril)	± 0.15	± 0.2	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 8
gg (muy barril)	-	± 0.5	± 1	± 1.5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12

Para medidas nominales inferiores a 0.5mm se indicarán las tolerancias directamente en la medida nominal

ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD	MATERIAL	MASA
2	PI00015	CAÑO 4" TOLVA 3	1	Acero AISI 1015	2,390 kg
1	PI00017	TAPA INFERIOR	1	Acero AISI 1015	140,381 kg

LISTA DE PIEZAS		
Fecha	Nombre	Cliete
DIBUJO	J.MUROS	PROYECTO FINAL
REVISO	J.PEREZ	
APROBO	M.GARCIA	
ESC:		
Formato:	A1	
TAPA INFERIOR ZARANDA CIRCULAR		UTN ZARANDA CIRCULAR
		Nº Pieza: EN00014
		ID: EN00015

INFORMES SIMULACIÓN

Informe de análisis de tensión

Archivo analizado:	EN00003.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2023 (Build 270158000, 158)
Fecha de creación:	25/8/2023, 12:20
Autor del estudio:	PROYECTO FINAL

Análisis estático:1

Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de la última modificación	25/8/2023, 12:15
Estado de modelo	[Principal]
Vista de diseño	Por defecto
Posicional	[Principal]
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

iProperties

Propiedades físicas

Masa	66.946 kg
Área	2485490 mm ²
Volumen	8506480 mm ³
Centro de gravedad	x=0.0443437 mm y=0 mm z=-95.0245 mm

Nota: los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por CEF indicados a continuación.

Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

Material(es)

Nombre	Acero AISI 1015
--------	-----------------

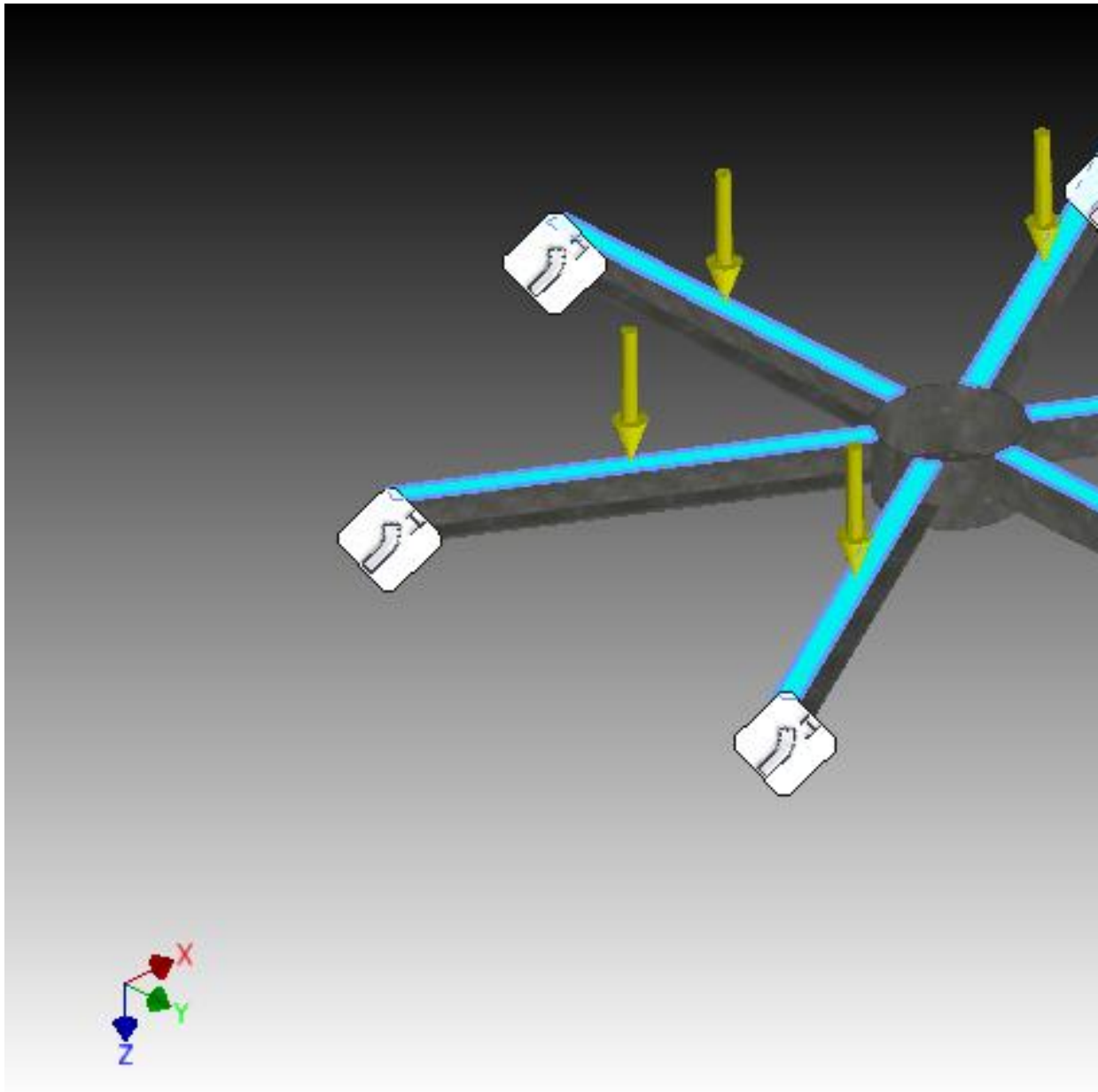
General	Densidad de masa	7.87 g/cm ³
	Límite de elasticidad	285 MPa
	Resistencia máxima a tracción	385 MPa
Tensión	Módulo de Young	205 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.29 su
	Módulo cortante	79.4574 GPa
Nombre(s) de pieza	PI00022.ipt ISO 657/11 CH 100 x 10 - 943 PI00021-ESQ.ipt PI00023.ipt Reference Skeleton	

Condiciones de funcionamiento

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1500.000 N
Vector X	-0.000 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	1500.000 N

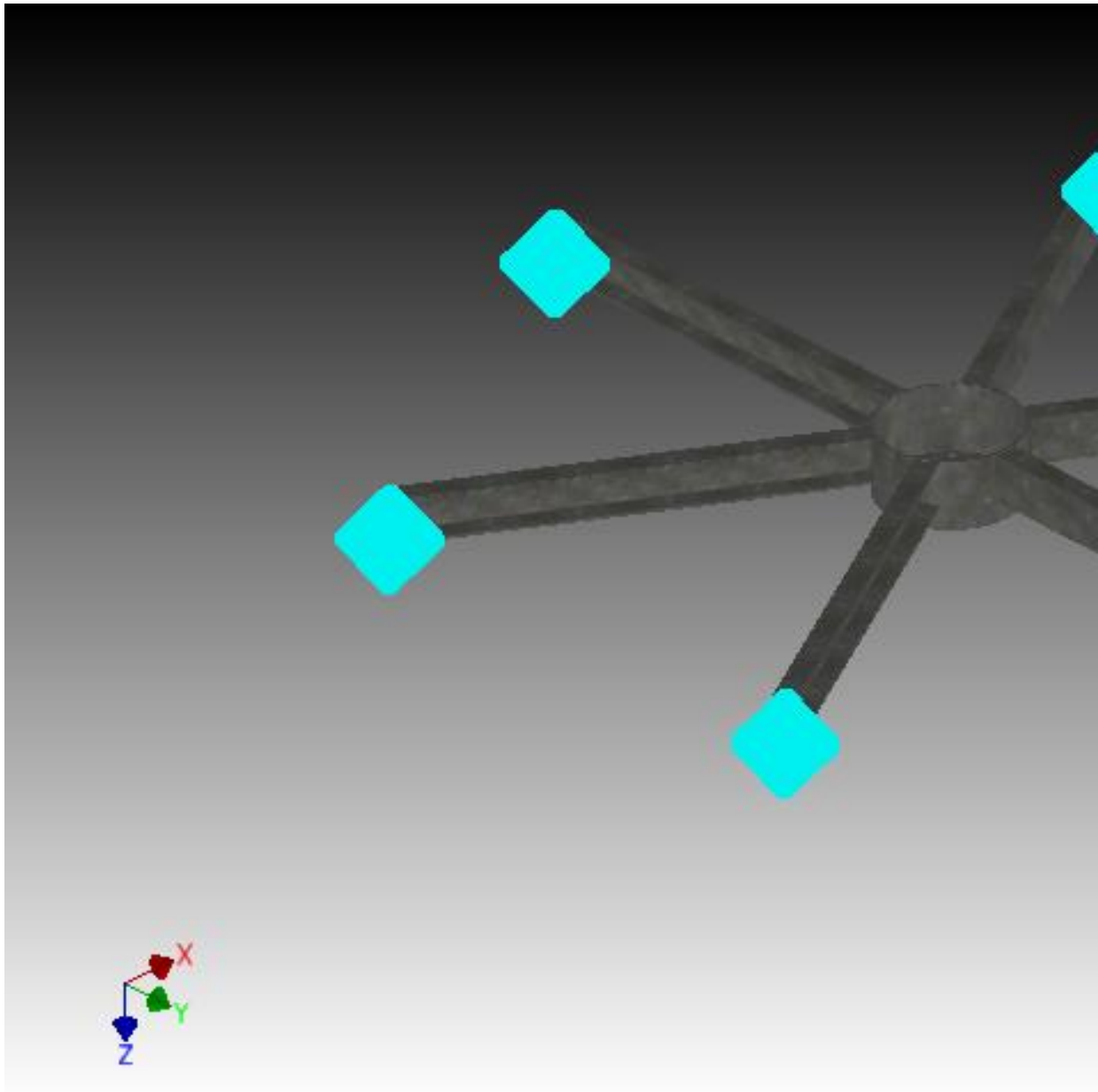
Cara(s) seleccionada(s)



Restricción fija:1

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

Cara(s) seleccionada(s)



Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	1500 N	0 N	6.86681 N m	-5.38161 N m
		0 N		-4.26513 N m
		-1500 N		0 N m

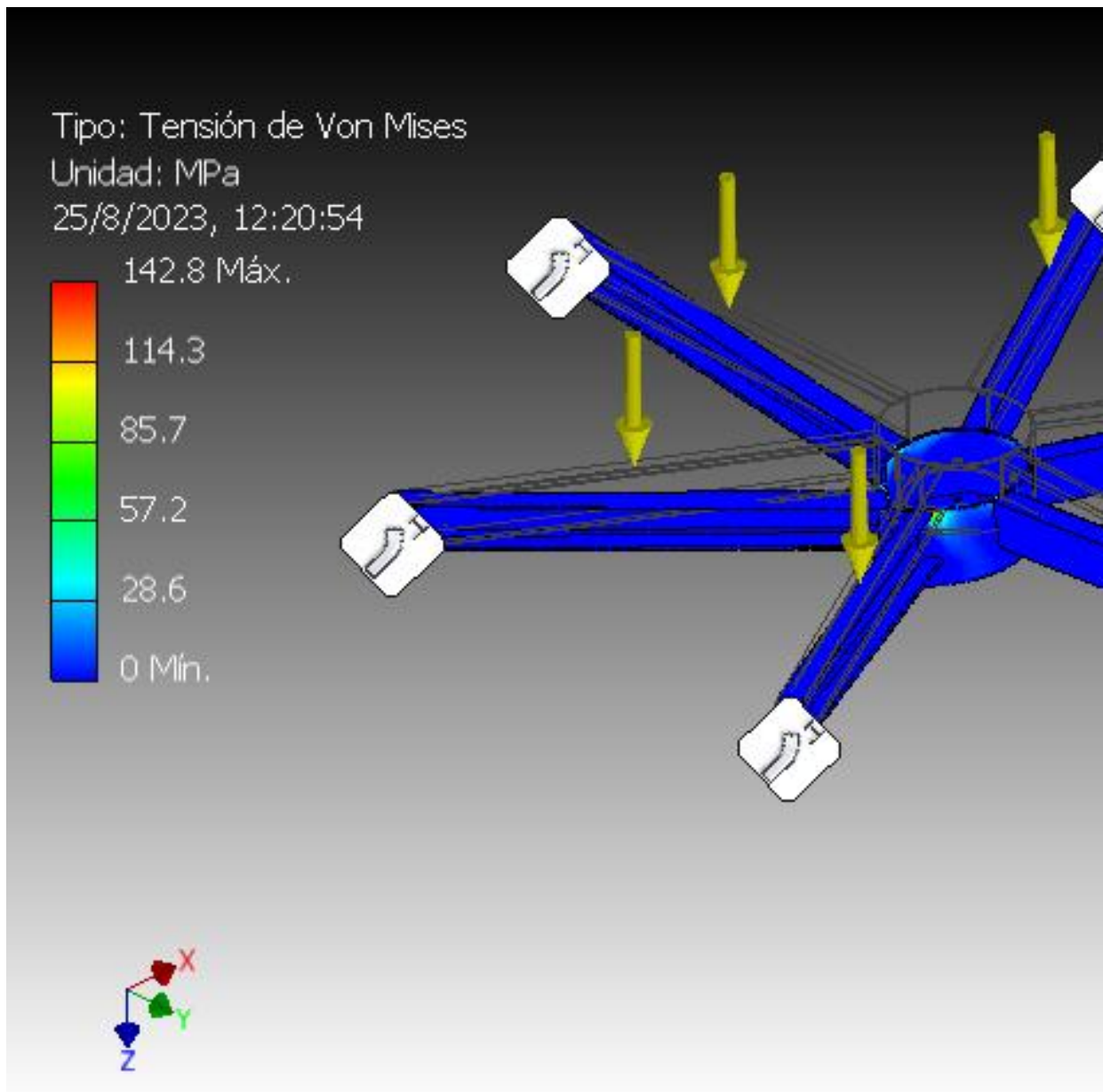
Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	8506480 mm ³	

Masa	66.946 kg	
Tensión de Von Mises	0.0243673 MPa	142.838 MPa
Primera tensión principal	-42.2347 MPa	109.375 MPa
Tercera tensión principal	-167.814 MPa	19.4439 MPa
Desplazamiento	0 mm	3.58628 mm
Coefficiente de seguridad	1.99526 su	15 su

Figuras

Tensión de Von Mises



Primera tensión principal

Tipo: Primera tensión principal

Unidad: MPa

25/8/2023, 12:20:54

109.4 Max.



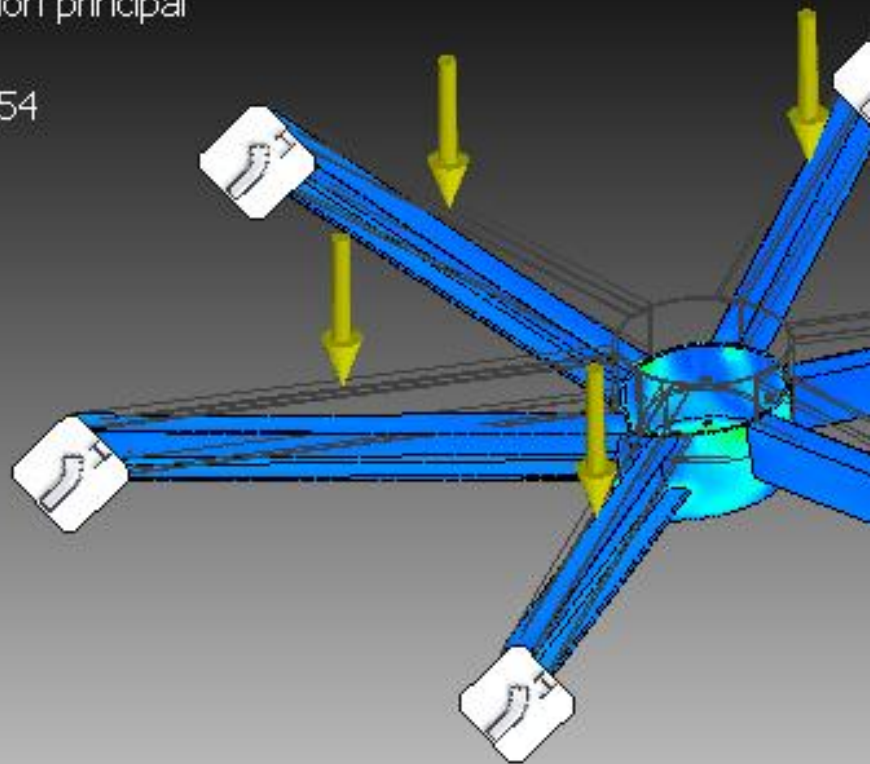
79.1

48.7

18.4

-11.9

-42.2 Min.

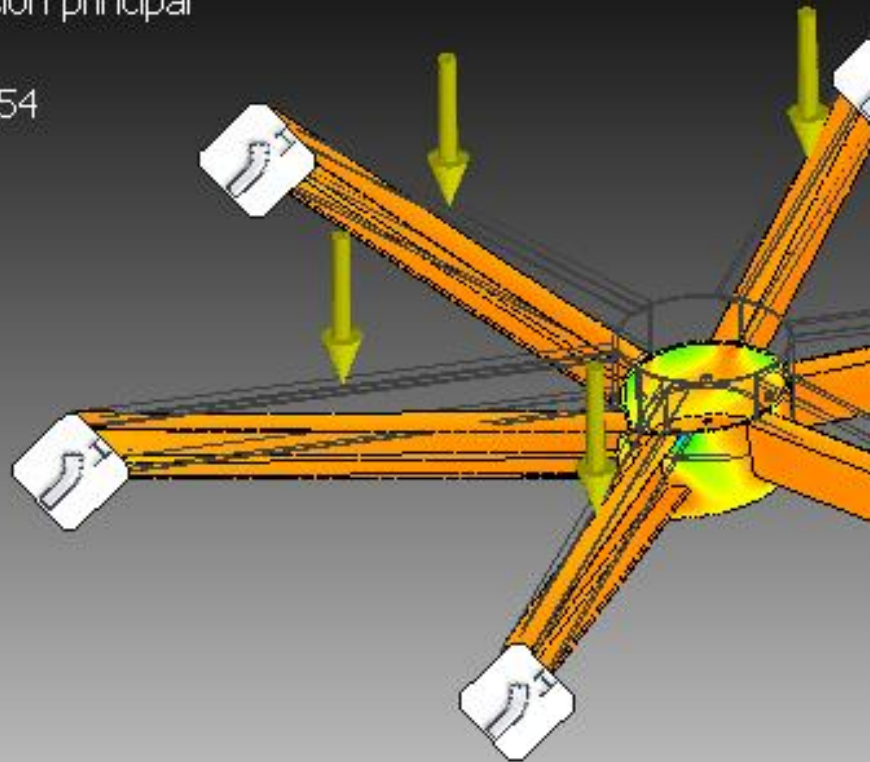
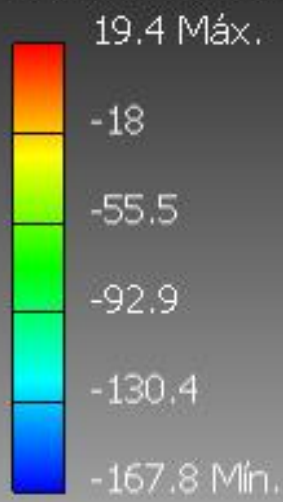


Tercera tension principal

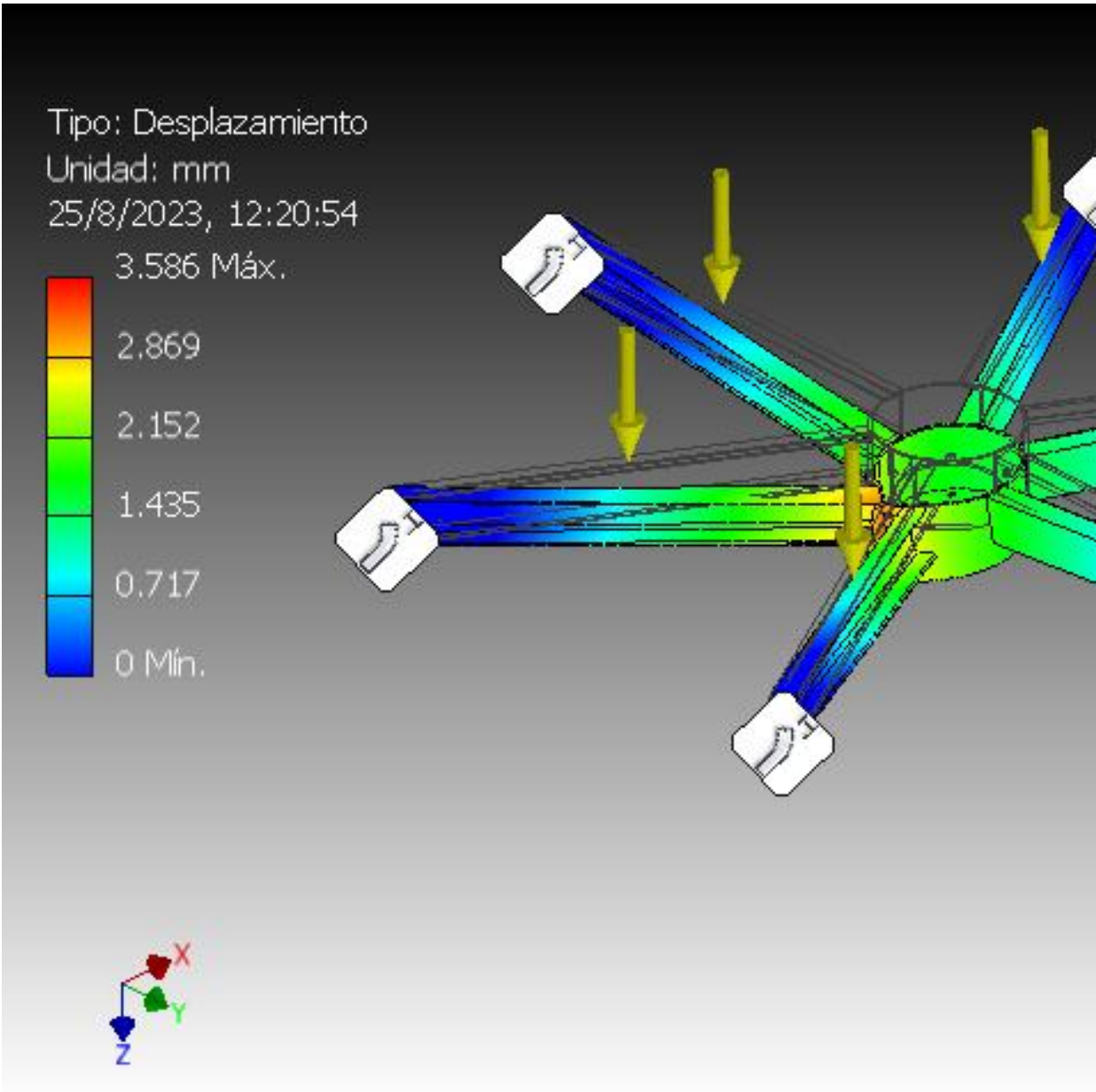
Tipo: Tercera tensión principal

Unidad: MPa

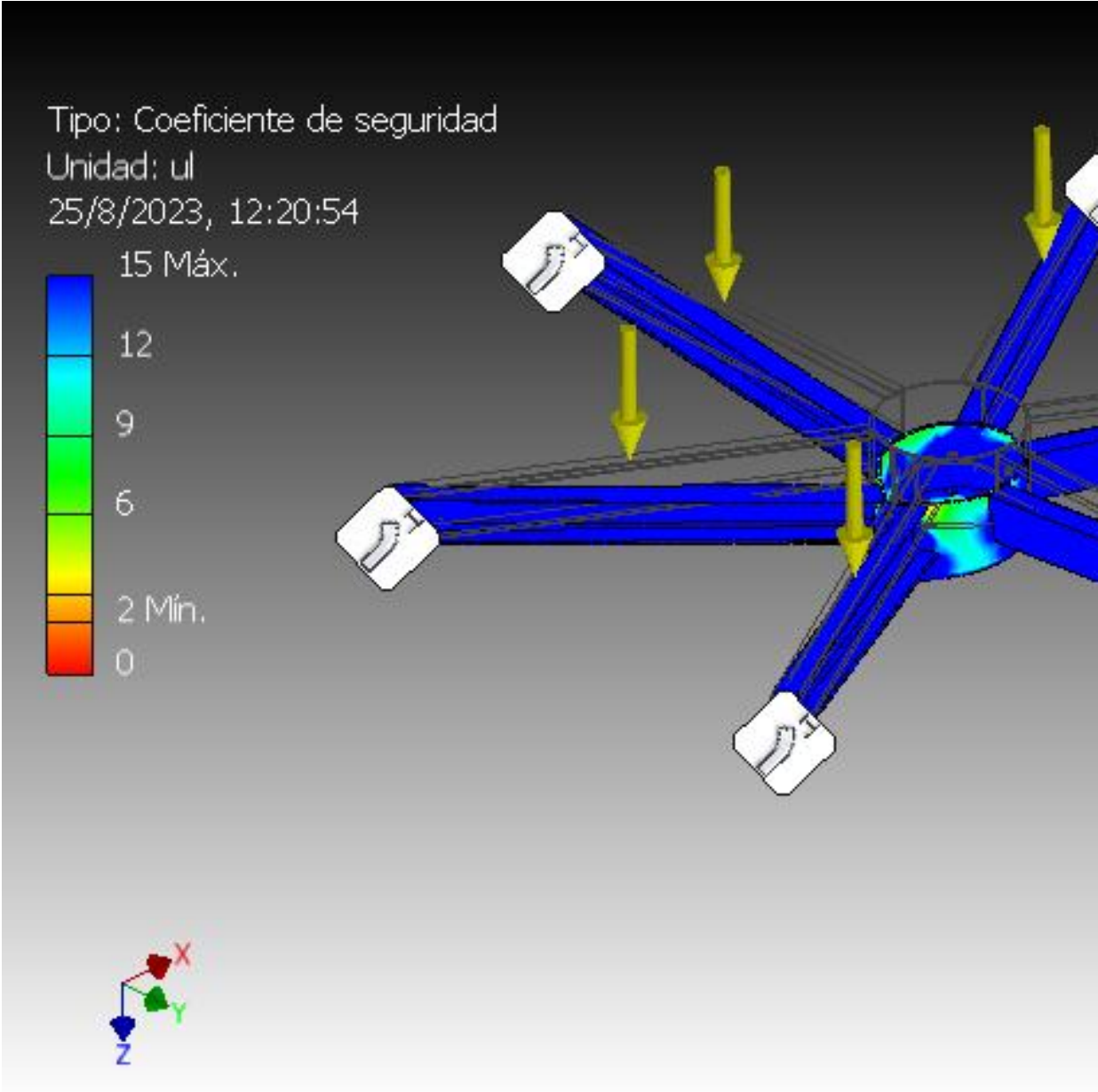
25/8/2023, 12:20:54



Desplazamiento



Coeficiente de seguridad



C:\Users\josef\frsr.utn.edu.ar\Proyecto - Proyecto Zaranda\Dibujo\Workspaces\Espacio de Trabajo\3D\Prototipo - Inventor\Parte 4\EN00003.iam

Informe de análisis de tensión



Archivo analizado:	EN00004.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2023 (Build 270158000, 158)
Fecha de creación:	25/8/2023, 12:30
Autor del estudio:	PROYECTO FINAL
Resumen:	

Análisis estático:1

Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de la última modificación	25/8/2023, 12:29
Estado de modelo	[Principal]
Vista de diseño	Por defecto
Posicional	[Principal]
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

iProperties

Propiedades físicas

Masa	149.577 kg
Área	5203920 mm ²
Volumen	19137300 mm ³
Centro de gravedad	x=-7.28677 mm y=4.2167 mm z=452.679 mm

Nota: los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por CEF indicados a continuación.

Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No

Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí
--	----

Material(es)

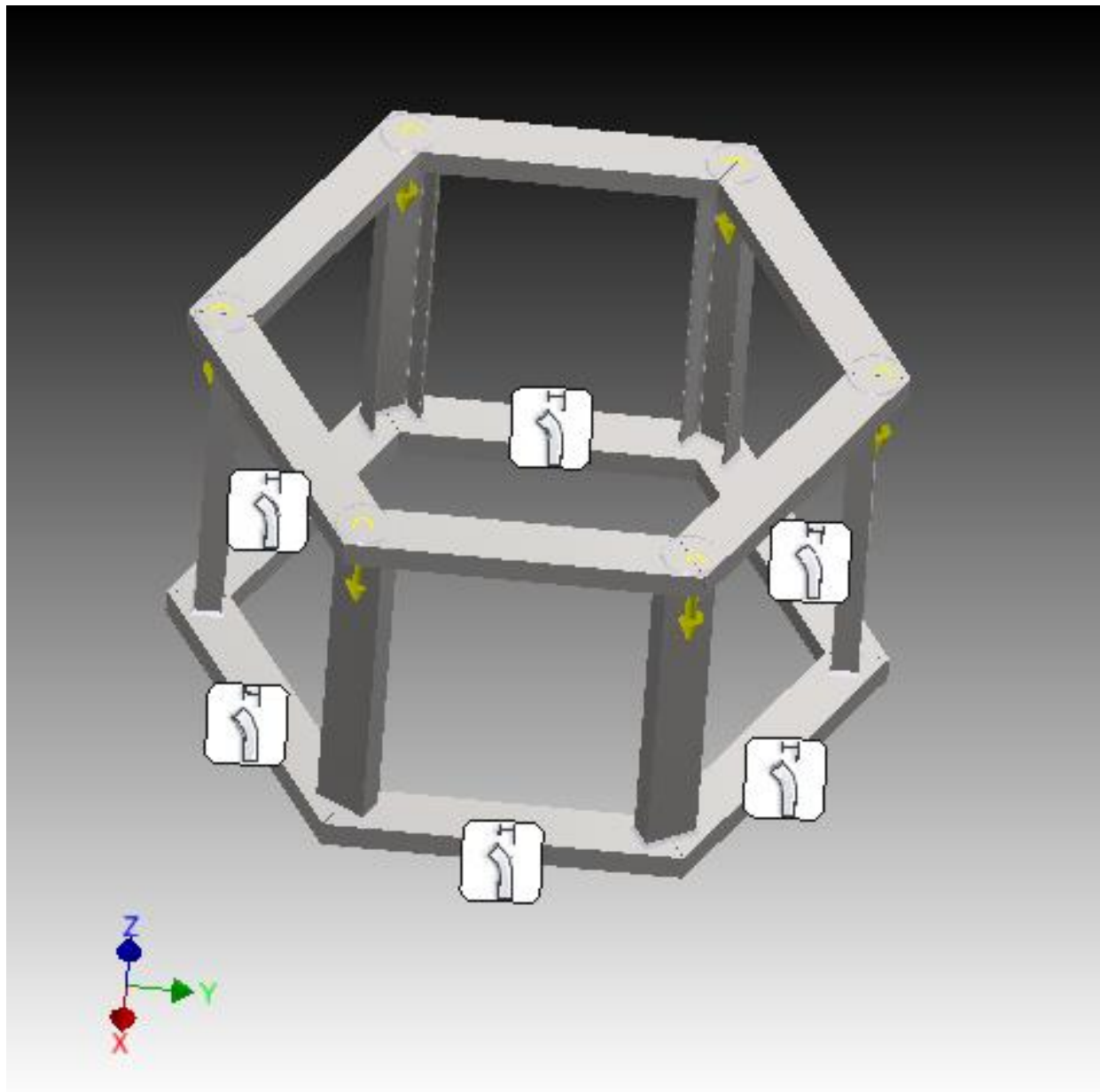
Nombre	Acero AISI 1015	
General	Densidad de masa	7.87 g/cm ³
	Límite de elasticidad	285 MPa
	Resistencia máxima a tracción	385 MPa
Tensión	Módulo de Young	205 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.29 su
	Módulo cortante	79.4574 GPa
Nombre(s) de pieza	EN00002-ESQ.ipt Reference Skeleton PI00006.ipt	
Nombre	Acero, suave	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	220 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.275 su
	Módulo cortante	86.2745 GPa
Nombre(s) de pieza	DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 692 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 692 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 692 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 692 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 692 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 692 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 650,58 DIN 1026-1 U 100 - 650,58	
Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.3 su
	Módulo cortante	80.7692 GPa
Nombre(s) de pieza	Compress Spring1	

Condiciones de funcionamiento

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1500.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	-1500.000 N

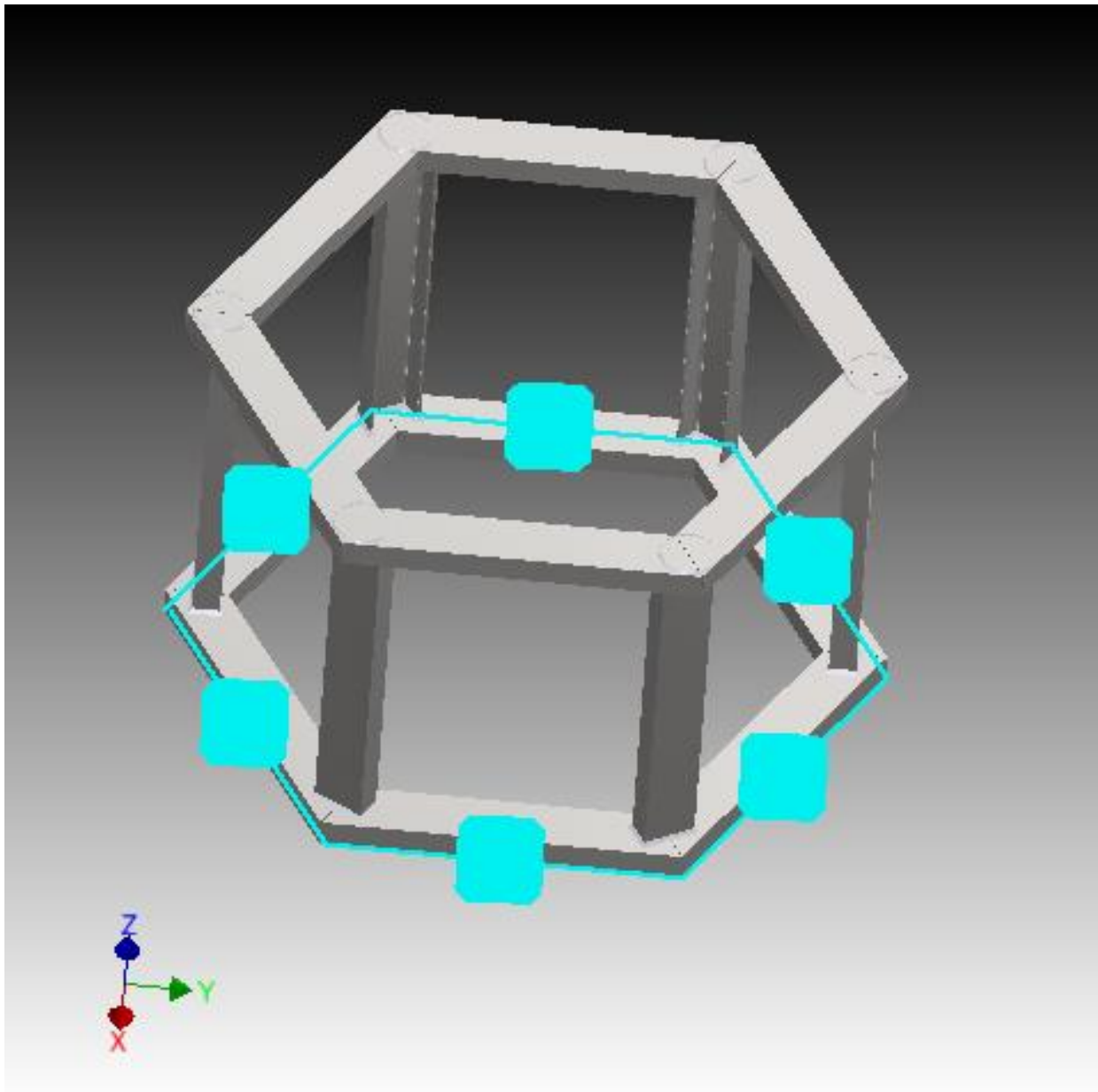
Cara(s) seleccionada(s)



Restricción fija:1

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

Cara(s) seleccionada(s)



Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	1500 N	0 N	7.93438 N m	0 N m
		0 N		-7.93438 N m
		1500 N		0 N m

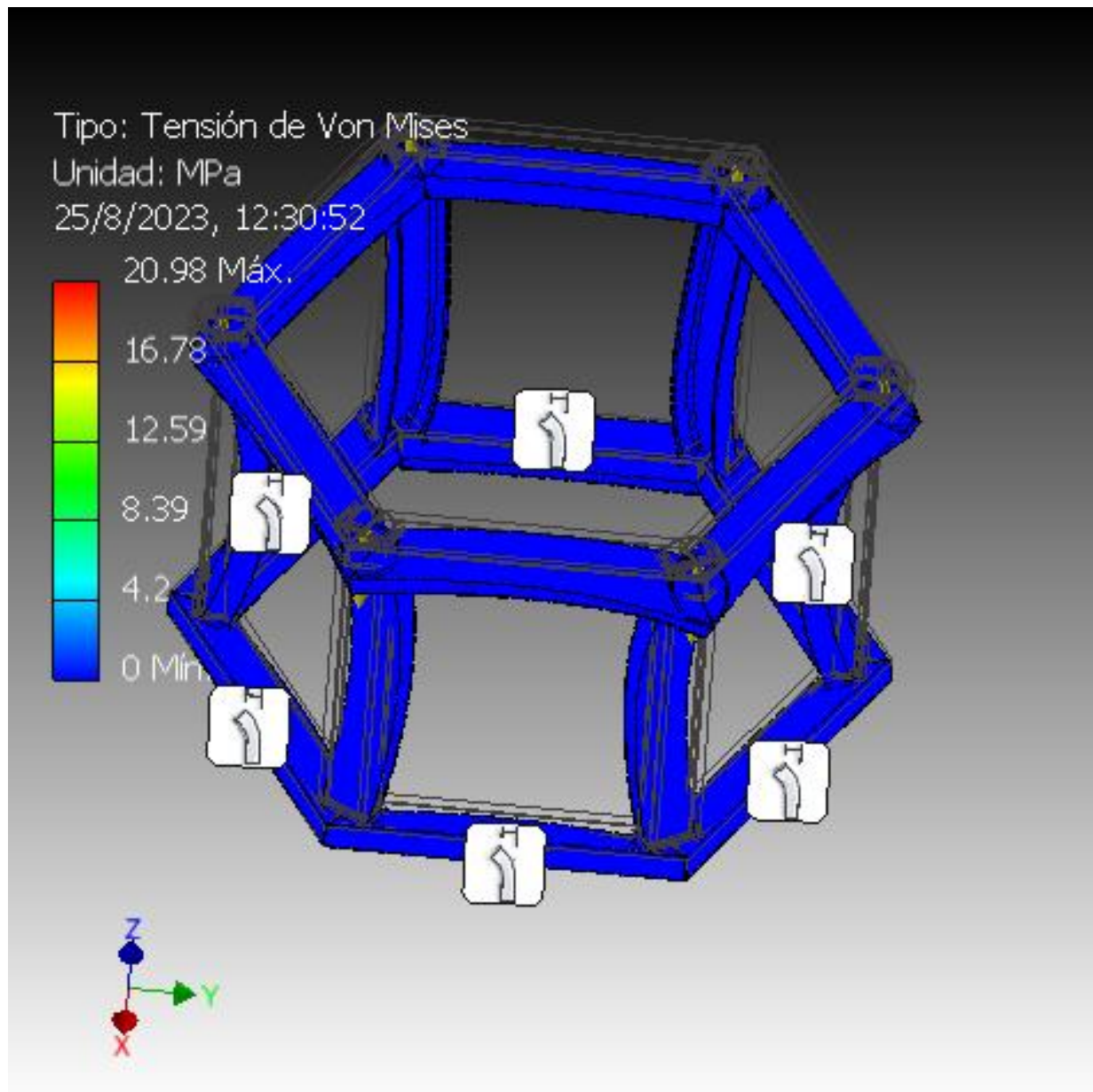
Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
--------	--------	--------

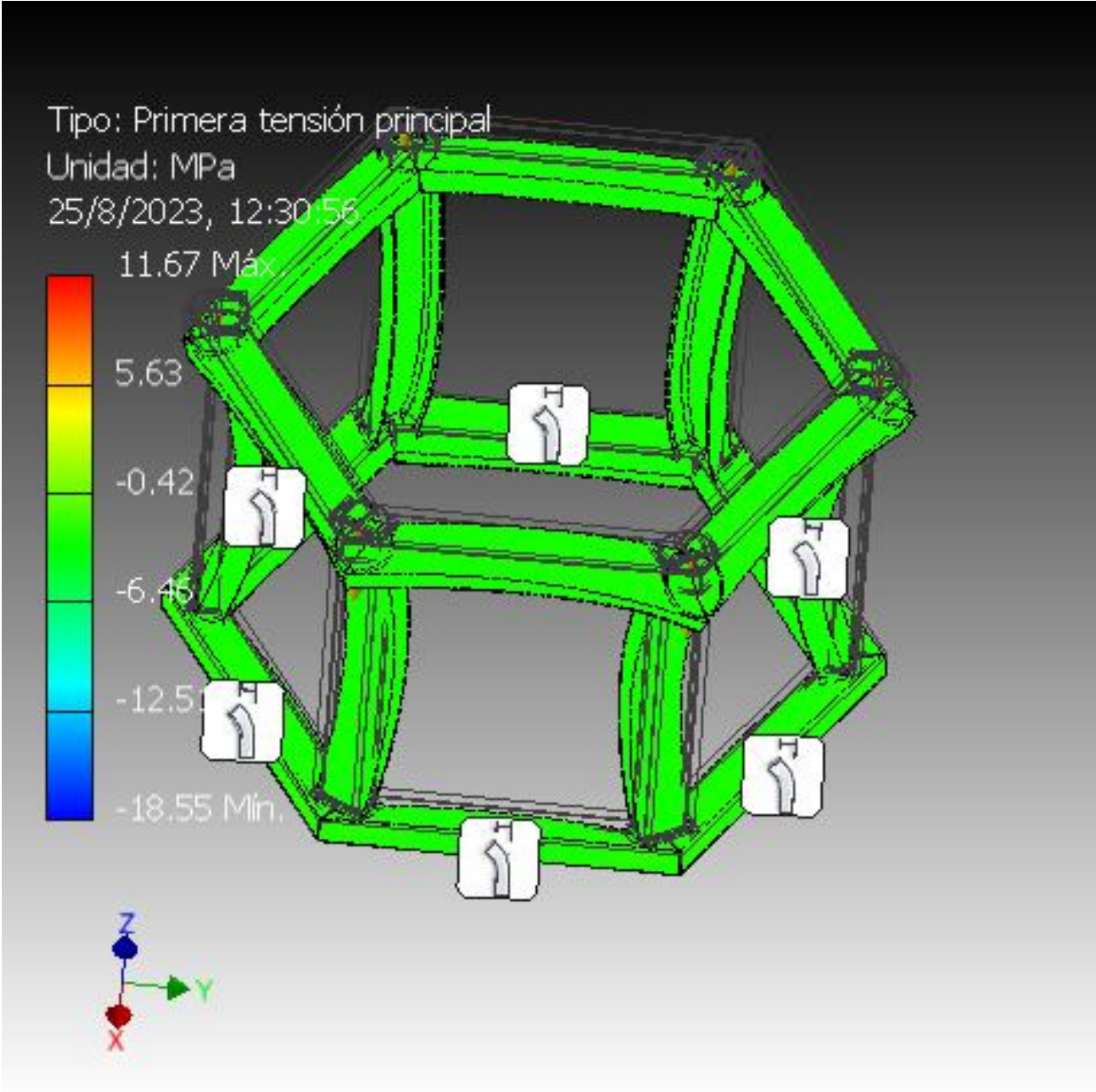
Volumen	19137400 mm ³	
Masa	149.578 kg	
Tensión de Von Mises	0.0000018406 MPa	20.9762 MPa
Primera tensión principal	-18.5496 MPa	11.6725 MPa
Tercera tensión principal	-39.6863 MPa	1.8715 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.00335994 mm
Coefficiente de seguridad	13.1101 su	15 su

Figuras

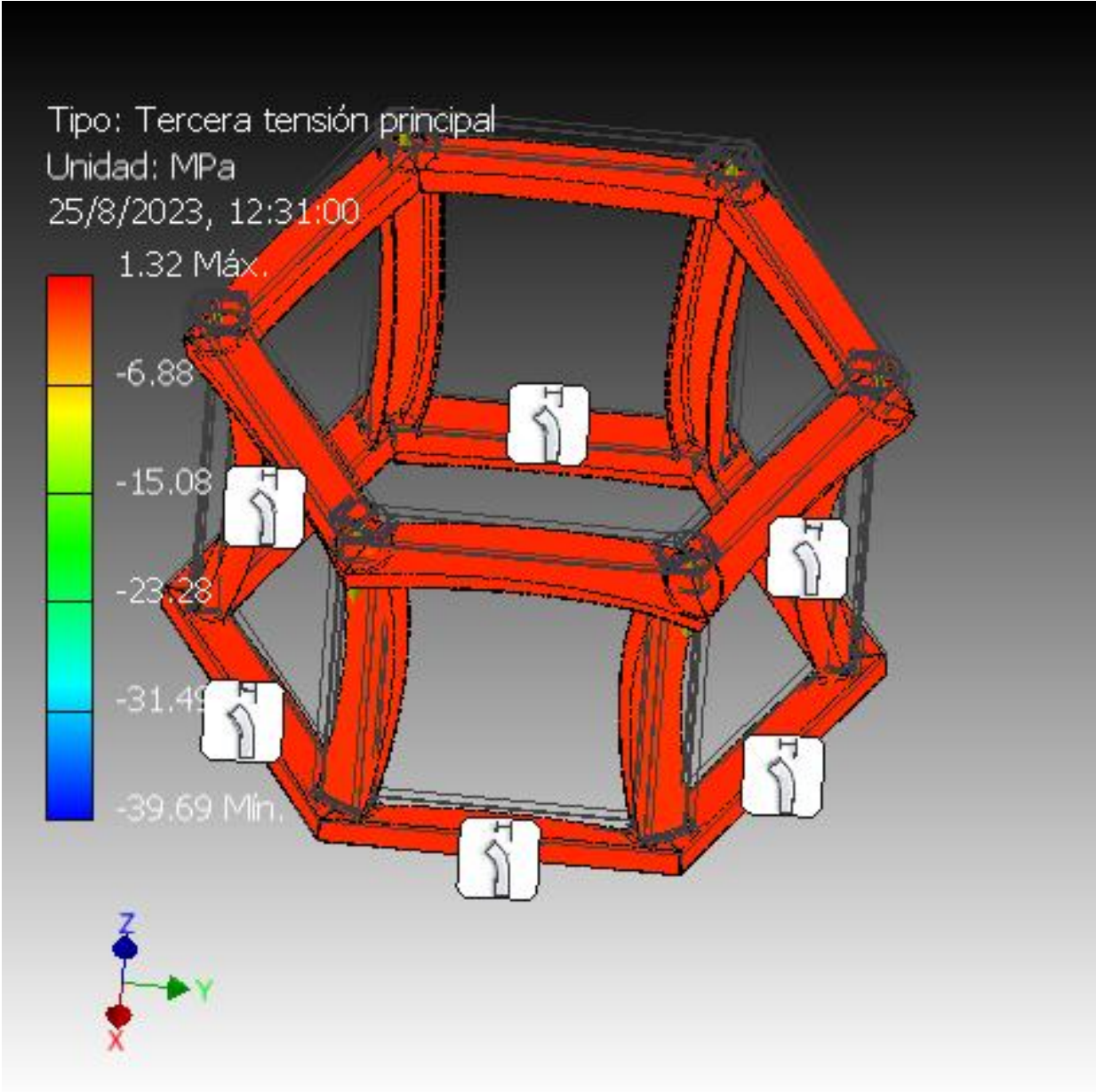
Tensión de Von Mises



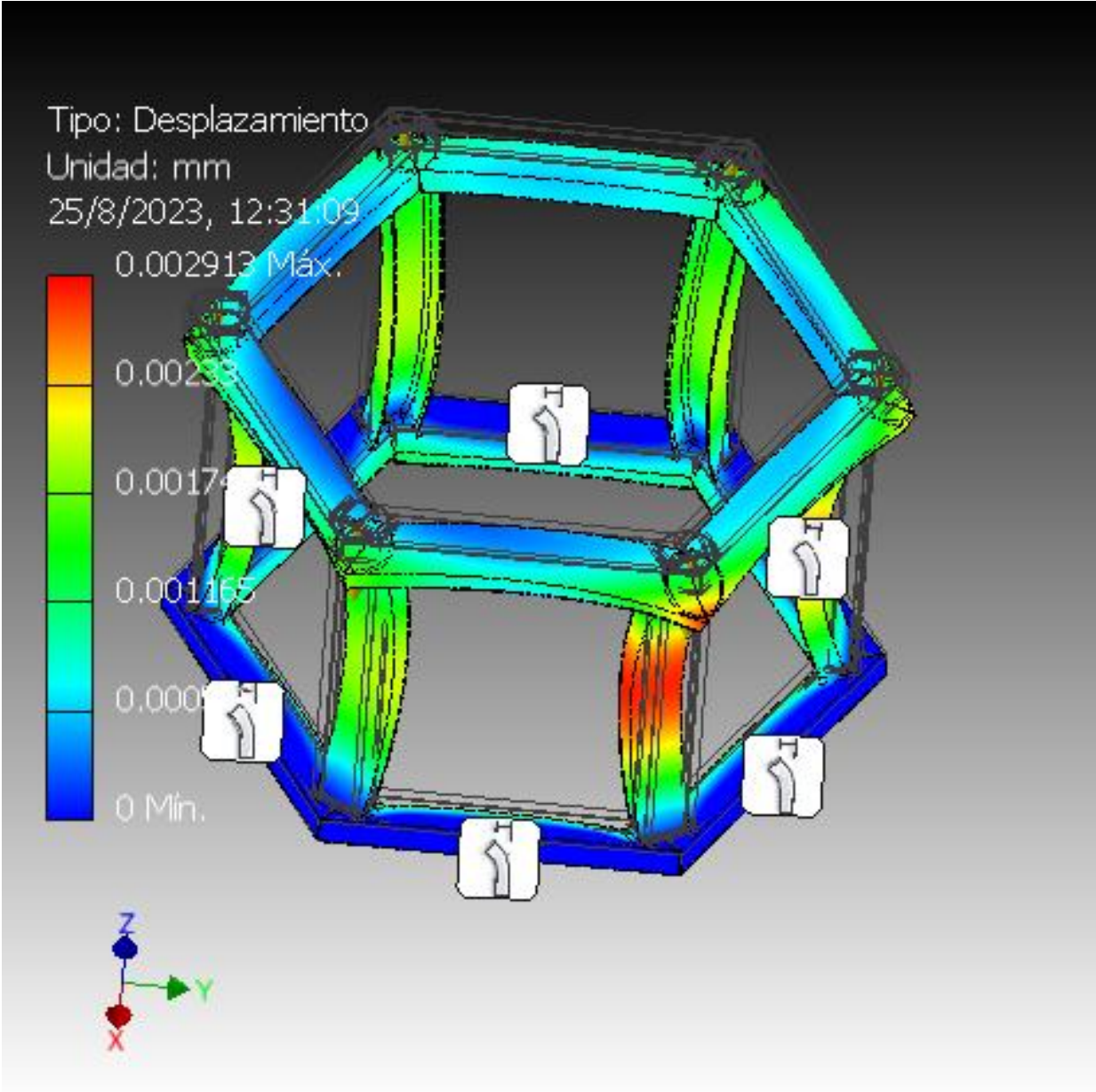
Primera tensión principal



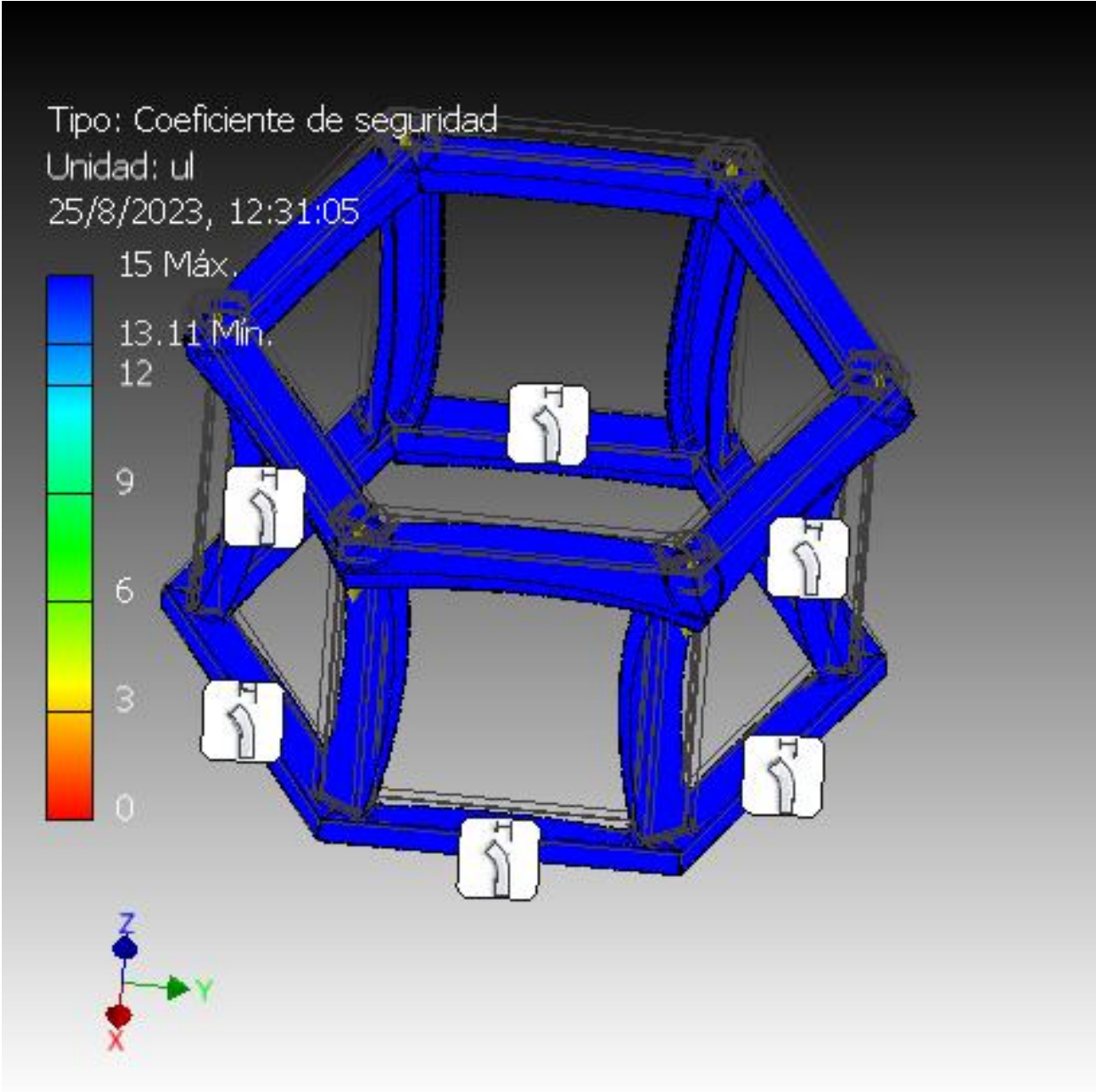
Tercera tensi3n principal



Desplazamiento



Coefficiente de seguridad



C:\Users\josef\frsr.utn.edu.ar\Proyecto - Proyecto Zaranda\Dibujo\Workspaces\Espacio de Trabajo\3D\Prototipo - Inventor\Parte 4\EN00004.iam