



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA RECOGER Y MOLER RESTOS ÓSEOS INCINERADOS”

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
INGENIERO MECÁNICO**

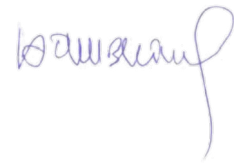
CHALÁN MARTÍNEZ ESTEBAN EDUARDO
esteban.chalan@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. OSCAR IVÁN ZAMBRANO OREJUELA, MSC.
ivan.zambrano@epn.edu.ec

DMQ, noviembre 2021

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Esteban Eduardo Chalán Martínez**, bajo mi supervisión.



Ing. Iván Zambrano, MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

Certificamos que revisamos el presente trabajo de integración curricular.

Ing. Víctor Hidalgo, DSc.
REVISOR1 DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ing. Salvatore Reina, DSc.
REVISOR2 DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR


DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración yo **Esteban Eduardo Chalán Martínez**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Esteban Eduardo Chalán Martínez



Ing. Iván Zambrano, MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres y hermano quienes siempre me apoyaron en todo este proceso brindándome todo su apoyo incondicional superando varios infortunios logrando de esta manera llegar al final de este proceso.

Esteban Eduardo Chalán Martínez

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermano por su ayuda incondicional, manifestándose notablemente con su modelo de vida y responsabilidad que se puede llegar a cumplir infinidad de objetivos sobre todas las barreras que se presenten en el camino puesto que fueron testigos de todo el esfuerzo dedicado a este extenso proceso.

A toda mi familia quienes siempre creyeron en mí, de la misma manera a mis amistades quienes influyeron de manera positiva para poder sobrellevar este camino de forma grata.

Esteban Eduardo Chalán Martínez

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Estado del arte.....	3
1.1.1. Características del material óseo post incinerados.....	3
1.1.2. Retiro de restos incinerados	3
1.1.3. Mecanismos de transportación lineal	6
1.1.4. Métodos de molienda	7
1.1.5. Tipos de molinos	8
1.2. Benchmarking.....	10
1.3. Especificaciones técnicas	13
2. METODOLOGÍA.....	14
2.1. Definición del producto.....	14
2.2. Diseño conceptual.....	16
2.2.1. Determinación de módulos y matriz morfológica.....	16
2.2.2. Solución virtual conceptual.....	39
2.3. Diseño de materialización.....	40
2.3.1. Selección de elementos normalizados	40
2.3.2. Cálculos	47
2.3.2.1. Prototipo	47
2.3.2.2. Modelo real.....	58
2.3.3. Plano conjunto final	58
2.3.4. Planos de taller.....	58
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
3.1. Resultados.....	59
3.1.1. Costos	59
3.1.2. Protocolo de pruebas.....	63

3.2. Discusión	74
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
4.1. Conclusiones	75
4.2. Recomendaciones	76
Referencias Bibliográficas	77
Anexos	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Utilización de cepillos para recolección de restos incinerados.	4
Figura 1.2. Tolva de recolección de restos incinerados.....	4
Figura 1.3. Colocación de restos incinerados en un molino eléctrico.	4
Figura 1.4. Base de la cámara de cremación con restos incinerados.....	5
Figura 1.5. Compuerta de entrada incinerador.....	5
Figura 1.6. Tornillo sin fin.....	6
Figura 1.7. Cama vibratoria.....	6
Figura 1.8. Transportador de paletas.....	7
Figura 1.9. Tipos de molinos según el tamaño del producto final.....	8
Figura 1.10. Molino de rodillos en paralelo.....	8
Figura 1.11. Molino de martillos.....	9
Figura 2.1. Función principal o global.	16
Figura 2.2. Funciones secundarias.	17
Figura 2.3. Funciones módulo 1.....	18
Figura 2.4. Voladizo parte de la estructura.....	18
Figura 2.5. Estructura exterior.....	19
Figura 2.6. Picaporte.....	20
Figura 2.7. Geometría de la cama de incineración.....	20
Figura 2.8. Moto-reductor.	21
Figura 2.9. Piñón y cadena.	21
Figura 2.10. Piñón y cremallera.	22
Figura 2.11. Matriz morfológica módulo 1.	23
Figura 2.12. Solución 1 módulo 1.....	24
Figura 2.13. Solución 2 módulo 1.....	24
Figura 2.14. Funciones módulo 2.....	27
Figura 2.15. Tolva de ingreso.	28
Figura 2.16. Estructura metálica de soporte.....	28

Figura 2.17. Estructura de plancha metálica (izquierda en conjunto, derecha aislada).	
29	
Figura 2.18. Moto-reductor.....	29
Figura 2.19. Tornillo sin fin.....	30
Figura 2.20. Transportador de paletas.....	31
Figura 2.21. Base en U.....	31
Figura 2.22. Base plana de deslizamiento.....	31
Figura 2.23. Ducto de salida.....	32
Figura 2.24. Matriz morfológica módulo 2.....	33
Figura 2.25. Solución 1 módulo 2.....	34
Figura 2.26. Solución 2 módulo 2.....	34
Figura 2.27. Funciones módulo 3.....	35
Figura 2.28. Tolva de ingreso.....	36
Figura 2.29. Molino eléctrico de rodillos.....	36
Figura 2.30. Molino de rodillos.....	37
Figura 2.31. Ducto de salida.....	37
Figura 2.32. Matriz morfológica módulo 3.....	38
Figura 2.33. Esquema virtual conceptual 2.....	39
Figura 2.34. Diagrama de cuerpo libre utilizado para calcular la fuerza que realiza el empuje.....	40
Figura 2.35. D.C.L. del eje motriz del transportador.....	48
Figura 2.36. Diagrama de cortante en el plano xz.....	48
Figura 2.37. Diagrama de momento flector en el plano xz.....	49
Figura 2.38. Diagrama de cortante en el plano xy.....	49
Figura 2.39. Diagrama de momento flector en el plano xy.....	49
Figura 2.40. Diagrama de momento flector total.....	50
Figura 2.41. Resultado de simulación para eje motriz.....	54
Figura 2.42. Resultado de simulación para eje conducido.....	55
Figura 2.43. Momento máximo en el elemento crítico estructura del transportador.....	56
Figura 3.1. Diagrama de flujo a seguir en el protocolo de pruebas.....	64

Figura 3.2. Esquema para Ensayo 1.....	66
Figura 3.3. Esquema para Ensayo 2.....	68
Figura 3.4. Esquema para Ensayo 3.....	70
Figura 3.5. Esquema para Ensayo 4.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Producto ofertado por ALNICOLSA S.A.C. con sus respectivas especificaciones técnicas.	10
Tabla 1.2. Producto ofertado por LOCHAMP con sus respectivas especificaciones técnicas.	11
Tabla 1.3. Producto ofertado por mercado libre con sus respectivas especificaciones técnicas.	12
Tabla 1.4. Especificaciones técnicas de la máquina.	13
Tabla 2.1. Evaluación del peso específico de cada criterio para el módulo 1.	25
Tabla 2.2. Evaluación del peso específico del transporte de restos para el módulo 1.	25
Tabla 2.3. Evaluación del peso específico del criterio seguridad de remoción para el módulo 1.	26
Tabla 2.4. Evaluación del peso específico del criterio remoción completa para el módulo 1.	26
Tabla 2.5. Evaluación del peso específico del criterio accionamiento para el módulo 1.	26
Tabla 2.6. Conclusiones para el módulo 1.	27
Tabla 2.7. Conclusiones para el módulo 2.	35
Tabla 2.8. Conclusiones para el módulo 3.	39
Tabla 2.9. Ensayo para obtención del coeficiente de fricción.	41
Tabla 2.10. Diámetro promedio restos óseos incinerados (Diámetro medio de las partículas añadidas).....	47
Tabla 2.11. Carga muerta estructura del transportador.	56
Tabla 2.12. Carga viva estructura del transportador.	56
Tabla 3.1. Costos elementos normalizados.	60
Tabla 3.2. Costos materiales.	61
Tabla 3.3. Costos mano de obra.	62
Tabla 3.4. Costos total máquina para recoger y moler restos incinerados para los módulos 2 y 3.	63
Tabla 3.5. Protocolo de pruebas. Máquina sin carga.	65

Tabla 3.6. Protocolo de pruebas. Máquina con carga.	67
Tabla 3.7. Protocolo de pruebas calidad de molienda.	69
Tabla 3.8. Protocolo de pruebas juntas y uniones soldadas.	72

RESUMEN

El presente documento tiene por objetivos, diseñar y construir una máquina de recolección para restos óseos incinerados a un molino, en donde el funcionamiento totalmente automatizado será un factor predominante en el desarrollo de este. Esto eliminara totalmente las operaciones manuales por parte de los operadores.

Para su realización se emplearán técnicas y estrategias descritas en el diseño concurrente las mismas que nos posibilitan un análisis más detallado con lo cual obtendremos soluciones viables en respuesta a la problemática planteada.

En primer lugar, se llevará a cabo la recopilación de las necesidades del cliente para después con la información recopilada establecer los requerimientos de este, a partir de los cuales se elaborará la casa de la calidad que posteriormente servirá como base de apoyo para el desarrollo del diseño. Recalcando que por medio de esta herramienta se obtendrá las especificaciones técnicas del mecanismo propuesto.

Se destaca que se utilizó la metodología del diseño concurrente considerando las funciones principales que debe cumplir la máquina dentro de la estructura modular, precisando los componentes se procede con la construcción posteriormente realizando un protocolo de pruebas que ratifican el diseño.

Palabras clave: Automatizado, incinerados, operaciones, recolección.

ABSTRACT

The present document aims to design and build a collection machine for bone remains incinerated to a mill, where fully automated operation will be a predominant factor in its development. This will eliminate manual operations by operators.

For its realization, techniques and strategies described in the concurrent design will be used, which allow us a more detailed analysis with which we will obtain viable solutions in response to the problem raised.

In the first place, the client's needs will be compiled and later, with the information collected, establish the requirements of this, from which the quality house will be elaborated that will later serve as a support base for the development of the design. Emphasizing that through this tool the technical specifications of the proposed mechanism will be obtained.

It is emphasized that the concurrent design methodology was used considering the main functions that the machine must perform within the modular structure, specifying the components. The construction is then carried out by carrying out a test protocol that confirms the design.

Keywords: Automated, collection, incinerated, operation.

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda que existe de los servicios de cremación en la actualidad no solo por la pandemia de la COVID 19 que atraviesa el mundo entero, sino porque cada vez es menos frecuente que se opte por la inhumación debido a los altos costos implicados, por lo cual ven la opción de la incineración como la más adecuada.

Cabe resaltar que las personas fallecidas por COVID 19 no pueden ser inhumadas debido a que sus restos aún son infecciosos por lo cual la recomendación es que sean incinerados.

Una vez realizado el proceso de incineración el cuerpo humano se ha reducido a cenizas y residuos óseos (fosfatos de calcio y minerales secundarios). Producto del calor los huesos se reducen y se fisuran, lo que resulta en partículas de menor tamaño [1]. El proceso completo hasta la recolección en las urnas fúnebres tiene una duración de entre 3 y 5 horas [1].

Una vez incinerados los residuos se encuentran a temperaturas elevadas, por lo cual deben ser enfriados antes de ser triturados. Usualmente se los recoge manualmente empleando cepillos y equipos de protección para altas temperaturas, posteriormente se los deja reposar para que se enfríen para posteriormente ser triturados y empacados.

Los incineradores que existen en la actualidad presentan bajos niveles de automatización debido a que no se tiene un software específico que controle la distribución de temperaturas dentro de la cámara y no se ha implementado un sistema automático de recolección que lleve los restos al molino sin la necesidad de un operador.

En vista de lo comentado anteriormente la Escuela Politécnica Nacional teniendo en consideración la capacidad investigativa y tecnológica propone como solución el diseño y construcción de un incinerador que sea en su totalidad automatizado con lo cual los operadores evitan el riesgo de infección, elevadas temperaturas y gases del proceso.

El sistema de control será desarrollado por estudiantes y profesores del Departamento de Automatización y Control Industrial, además para el sistema de recolección se realizará un diseño de adaptación.

El desarrollo de un prototipo de incinerador en forma real es muy costoso por lo cual se realizará una construcción a escala en donde se experimentará con el mismo para comprobar su funcionalidad.

Objetivo general

Diseñar un sistema de recolección y molienda para restos incinerados.

Objetivos específicos

- Desarrollar un mecanismo para recolección e ingreso de restos incinerados a un molino.
- Seleccionar un molino que cumpla con las condiciones y requerimientos de adaptación del mecanismo desarrollado en el mercado.
- Realizar un modelo a menor escala, para la fabricación de un prototipo.
- Desarrollar modelos 3D tanto para el prototipo como para el modelo real mediante la utilización de softwares adecuados para ello.
- Obtener el plano de conjunto tanto para el modelo real como para el prototipo.
- Obtener planos de taller, costos de fabricación y protocolo de pruebas para el prototipo desarrollado.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Estado del arte

1.1.1. Características del material óseo post incinerados.

Se analiza las propiedades físicas y mecánicas de los productos de la incineración, para establecer las características de los equipos y materiales necesarios para alcanzar el producto final.

Las características que presenta el hueso calcinado o incinerado en un rango de temperaturas de entre 900-1100 °C [2]:

- Color: gris a blanco.
- Frágil.

Se han obtenido los siguientes criterios según la escala de Mohs para hueso quemado e incinerado [2]:

- Hueso quemado, coloración marrón o negra en sus superficies en escala de 2.5
- Hueso quemado, con coloración gris a blanco en escala de 2.
- Hueso Incinerado en una escala de 1.

1.1.2. Retiro de restos incinerados

Se realiza un análisis bibliográfico de los métodos empleados usualmente para el retiro de los restos incinerados, la revisión se la realiza tanto de métodos manuales cómo aquellos que presenten mayores niveles de automatización.

1.1.2.1. Manualmente

La recolección de los restos incinerados, generalmente se la realiza de forma manual, empleando cepillos se barre los restos hacia tolvas ubicadas en la parte frontal de la cámara de incineración, los cuales caen hasta recipientes extraíbles en la parte inferior como se puede observar en las figuras.



Figura 1.1. Utilización de cepillos para recolección de restos incinerados.
Fuente: [3]



Figura 1.2. Tolva de recolección de restos incinerados.
Fuente: [3]



Figura 1.3. Colocación de restos incinerados en un molino eléctrico.
Fuente: [4]

1.1.2.2. Mover la cama de incineración

La base ingresa junto al ataúd, al terminar el proceso se extrae la base con los restos aun calientes, se los enfría y se los cambia a una cama metálica en la que se extraen las partes metálicas y luego se lleva a la pulverización [5],[6].

En el sistema de la figura se observa que la cama de incineración ingresa por el frente y una vez ha llegado hasta el final es levantada, hasta topar con los bordes laterales, con lo cual se logra un sello que evita las pérdidas de calor.



Figura 1.4. Base de la cámara de cremación con restos incinerados.
Fuente: [5]



Figura 1.5. Compuerta de entrada incinerador.
Fuente: [6]

1.1.3. Mecanismos de transportación lineal

Una vez el material haya sido desalojado de la cámara de incineración será necesario transportarlo hasta el molino, o en su defecto caería directamente al mismo, por lo cual se hace una revisión de mecanismos de transporte lineal u oblicuo que permitan realizar esta tarea.

1.1.3.1. Tornillo sin fin

Los tornillos sin fin tienen múltiples aplicaciones en el transporte de materiales debido a su versatilidad, ya que permite mover el producto entre dos puntos ya sea linealmente o con diferencia de altura, sus diferentes configuraciones permiten transportar productos de diversos tamaños, viscosidades y temperaturas [7].



Figura 1.6. Tornillo sin fin.
Fuente: [7]

1.1.3.2. Camas vibratorias:

El funcionamiento de las camas vibratorias se basa en el movimiento oscilatorio incesante. Se destaca que la mesa vibratoria posee la capacidad de separar diferentes elementos considerando el peso específico de los mismos [8].



Figura 1.7. Cama vibratoria.
Fuente: [8]

1.1.3.3. Transportador de paletas:

Estos transportadores emplean cadenas de rodillos o similares para el transporte de materiales; a las cadenas se acoplan accesorios con forma de paletas o rascadores para empujar el material por el transportador.[9].



Figura 1.8. Transportador de paletas.
Fuente: [9]

1.1.4. Métodos de molienda

El proceso final es la molienda o trituración, para esta etapa se realizará la selección de un molino comercial, que se adapte a las necesidades del proyecto, por lo cual se hace una revisión de las tecnologías empleadas para este fin. Además, se analizan las posibles capacidades involucradas en el proceso para reducir el espectro de selección.

La incineración de restos óseos reduce el volumen total de un cuerpo en un 90%, sin embargo, el consecuente 10 % no es reducido a cenizas en su totalidad, por lo cual se necesita de una máquina que garantice la reducción total. Considerando que el producto final de la incineración tiene un peso entre 1 a 3 Kg y su temperatura se encuentra en un rango de 800 a 1100°C [10].

Para la molienda se emplea molinos mecánicos, en donde la materia prima (restos incinerados de mayor volumen) son introducidos al molino para que puedan ser reducidos en tamaño. La molienda consiste en cortar continuamente la muestra sólida buscando la obtención de partículas de menor volumen, esto se lleva a cabo por medios mecánicos como lo es por medio de la utilización de un molino eléctrico [10].

1.1.5. Tipos de molinos

Existen diversos tipos de molinos dependiendo de su aplicación, tamaño del producto final que se desea obtener (Figura 1.9) y la fuente de energía.

Rango de reducción de tamaño	Nombre genérico del equipo	Tipo de equipo
Grueso e intermedio	Molinos de gruesos: "Crushers"	De rodillos
Intermedio y fino	Molinos de finos: "Mills o Grinders"	<ul style="list-style-type: none">• De martillo• Disco de atrición• De rodillos
Fino y ultrafino	Molinos de ultrafinos: "Ultrafine grinders"	<ul style="list-style-type: none">• De martillo• De bolas

Figura 1.9. Tipos de molinos según el tamaño del producto final.
Fuente:[10]

A continuación, se detallan los molinos más importantes y comúnmente utilizados en el proceso de molienda.

1.1.5.1. Molino de rodillos

Son usados para descomponer o procesar distintos tipos de materiales, su forma básica consiste en dos rodillos que giran en sentidos opuestos a diferente velocidad, algunos funcionan con rodillos lisos, corrugados, estriados o de dientes de sierra la mayoría son ajustables, permitiendo controlar el tamaño de las partículas. Materiales de molienda: caliza, magnesita, fosfatos y feldespato [11].

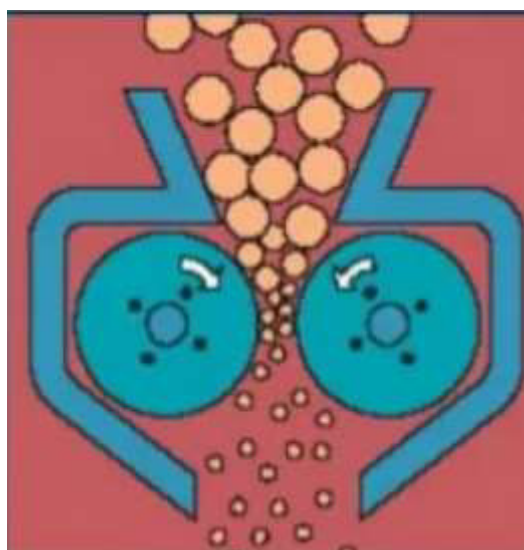


Figura 1.10. Molino de rodillos en paralelo.
Fuente:[11]

1.1.5.2. Molino de martillos

El proceso de trituración en los molinos de martillo se lo realiza mediante un conjunto de espas martillos ubicadas alrededor del eje, las cuales pivotan durante el giro y al contacto con el material a triturar [12].

Estos molinos se emplean para triturar materiales como, hierro sulfúrico, mineral fosfático, coque, caliza, entre otros. Se pueden reducir estos materiales hasta $100\ \mu m$ dependiendo de la velocidad del rotor y la velocidad con la que ingresa el material a ser triturado [12].

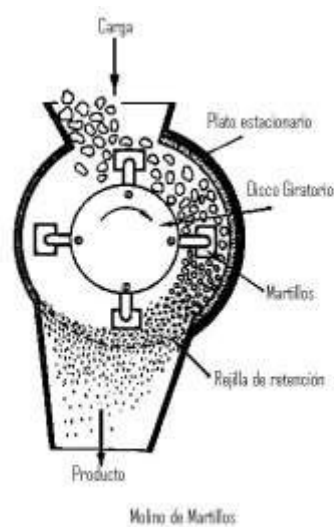


Figura 1.11. Molino de martillos.
Fuente:[12]

1.2. Benchmarking

El benchmarking se lo realiza principalmente a los sistemas de transportación y molinos, ya que estos son equipos que se encuentran comúnmente en la industria y hay basta información ya sea en catálogos o documentos de proveedores.

Cabe mencionar que un sistema que permita movilizar restos óseos incinerados no es frecuente, por lo cual se analizará varias opciones de maquinarias con características similares a las de recolectar y movilizar residuos.

- Sistema transportador; Tipo Tornillo Sin Fin.

Tabla 1.1. Producto ofertado por ALNICOLSA S.A.C. con sus respectivas especificaciones técnicas.

Empresa: ALNICOLSA S.A.C.
Precio: \$6000

<p>Especificaciones Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Longitud: a petición del cliente.- Lubricación: Se efectúa por medio de puntos engrases.- El sinfín posee un moto-reductor conectado al árbol, acoplado con bridas, destacando la opción de montaje en zona de carga y descarga.- Potencias de motores desde 1,1 hasta 15 [KW] en base a los requerimientos del cliente.- Capacidad:50 [Kg].

Fuente: [7]

- Sistema transportador; Tipo transportador de paletas.

Tabla 1.2. Producto ofertado por LOCHAMP con sus respectivas especificaciones técnicas.


<p>Empresa: LOCHAMP</p>
<p>Precio: \$7000</p>

<p>Especificaciones Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de transporte de hasta 0,45 [m/s]. - Distancia de trasportación: hasta 60 [m]. - Capacidad de transporte: 95 [m³/h]. - Configuración de un cuerpo móvil en la cola de máquina para reducir el residuo de materiales. - Las placas de paleta son flexibles y los tramos de arrastre se encuentran organizados en la cadena. - Potencia: de 2,2 hasta 7,5 [kW] específicamente en el modelo TGSS20.

Fuente: [13]

- Equipo de molienda; Molino eléctrico de martillos.

Tabla 1.3. Producto ofertado por mercado libre con sus respectivas especificaciones técnicas.

Características / Descripción	Dimensiones	Costo (USD)
Marca / Modelo: Osnox - 0999111164		390
Molino de martillos		
Grosor de molido ajustable		
Voltaje: 110 y 220 voltios / motor 1 HP		
Diseño moderno y de Lujo		
Peso: 70 libras		
Capacidad de molienda: 5 quintales por hora		
Potencia del motor: 1,5-2,2 [KW]		
Revoluciones por minuto: 1400 [rpm]		

Fuente: [14]

1.3. Especificaciones técnicas

Tabla 1.4. Especificaciones técnicas de la máquina.

Empresa - Cliente: EPN FIM	Producto: Máquina para recoger y moler restos óseos incinerados			Fecha inicial: Última revisión:
Diseñadores:				Página 1
Chalán Esteban Pallo Carlos				
Especificaciones Técnicas				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función		C	R	Los restos incinerados deben caer fácilmente a la máquina.
				Recolección de restos incinerados de forma automatizada a una temperatura aproximada de 800 °C.
				Moler restos incinerados (partícula resultante ≤ 4 mm).
				Tiempo aproximado de recolección y molienda ≤ 10 minutos.
Energía		D+M	R	Energía eléctrica: 220 [V].
Mantenimiento		D	R	Facilidad de limpieza a presión de aire.
Automatización		C	R	Todo el proceso de recolección es automático exceptuando el retiro de cofres al finalizar todo el proceso.

Fuente: [Propia]

Propone: M = Marketing, D = Diseño, P = Producción, F = Fabricación, I= Ingeniería, C=Cliente.

R/D: R = Requerimiento, D = Deseo, MR = Modificación de Requerimiento.

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se utiliza la metodología propuesta en el Diseño Concurrente de Riba, considerando como punto de partida la definición del producto estableciendo las especificaciones técnicas que se obtienen de la casa de la calidad, en donde se detallan las funciones principales que debe cumplir la máquina.

A continuación, se procede con el diseño conceptual, donde se emplean las herramientas del diseño concurrente (análisis funcional, matriz morfológica, etc.), para determinar la solución más conveniente.

Una vez elegida la alternativa de solución adecuada, se procede a la etapa del diseño de materialización en la cual se establecen los componentes necesarios para satisfacer la estructura funcional. Al final de esta etapa se llega al plano de conjunto, el cual brinda una vista general del equipo junto a sus aspectos de mayor importancia.

La última etapa de este proceso es la del diseño de detalle, en la cual se obtiene todos los documentos indispensables para la manufactura del producto desarrollado.

2.1. Definición del producto

2.1.1. Casa de la calidad

ANEXO I.

2.1.2. Voz del usuario

En base al criterio del usuario, la máquina debe tener las siguientes características:

- Incrementar el número de incineraciones por día.
- Entrega diligente de cofres.
- Encendido automático.
- Resistencia a altas temperaturas.
- Pulverizado correcto de restos incinerados.
- Recolección efectiva de residuos.
- Trituración sin ruido.

2.1.3. Voz del ingeniero

Los requerimientos técnicos a los que han sido traducidas las necesidades expuestas por los usuarios para el diseño del prototipo son:

- Tiempo de ingreso de restos óseos cremados de manera continua.
- Operación limpia sin escape de cenizas.
- Tamaño de grano de las cenizas resultantes menor e igual a 0,4 [mm].
- Velocidad optima.
- Niveles de ruido.

2.1.4. Conclusiones casa de la calidad

Considerando previamente los requerimientos del usuario, se establece que los parámetros más deseados son el costo, la eficiencia en la limpieza y velocidad optima.

En cuanto a las características técnicas de la casa de la calidad se tienen las siguientes:

- El tiempo de recolección es de suma importancia puesto que al tener una recolección efectiva de los restos incinerados ingresara un nuevo cuerpo, evitando de esta manera el precalentamiento de horno crematorio.
- La temperatura de recolección de las cenizas está involucrada directamente con la selección de materiales que se presentan en el módulo de recolección.
- El tamaño de partícula de las cenizas es de gran importancia debido a que depende de este la selección del molino.

2.2. Diseño conceptual

En esta sección se busca generar el concepto de la máquina en desarrollo, para lo cual se emplea el análisis funcional como herramienta principal. Además, en esta etapa se propone y se evalúa las diferentes soluciones posibles, para lo cual se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados para la elección de la alternativa más adecuada.

Análisis funcional

Mediante la estructura funcional se determina el conjunto de módulos necesarios para cumplir la función principal de recoger y moler los restos incinerados.

En el nivel cero se observa dicha función principal y el flujo de energía, señales y materiales para llegar al producto que es ceniza de tamaño uniforme.

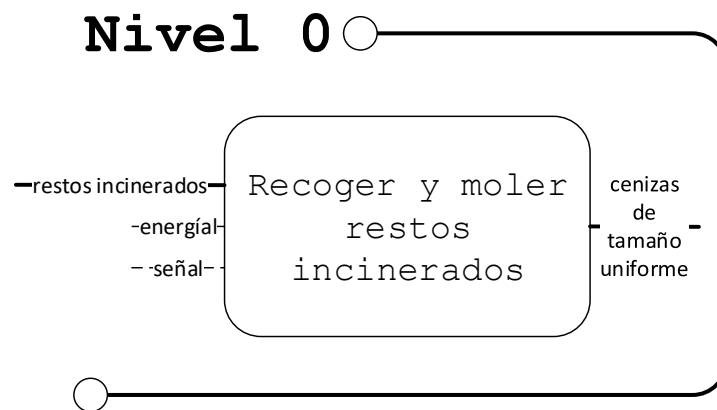


Figura 2.1. Función principal o global.
Fuente: [Propia]

2.2.1. Determinación de módulos y matriz morfológica

2.2.1.1. Definición de módulos

El proceso de transportación de restos incinerados inicia desde el momento en que ha terminado la incineración, por lo cual se debe iniciar con el análisis desde cómo se va a remover estos restos de la cama base en la cual se ubicara el ataúd y termina a la salida del sistema de trituración donde se los recoge en la urna fúnebre.

En la Figura 2.2 se observan las funciones que se deben cumplir para obtener el producto final (cenizas de tamaño uniforme), de igual manera se detallan los flujos energéticos y de señales.

Nivel 1

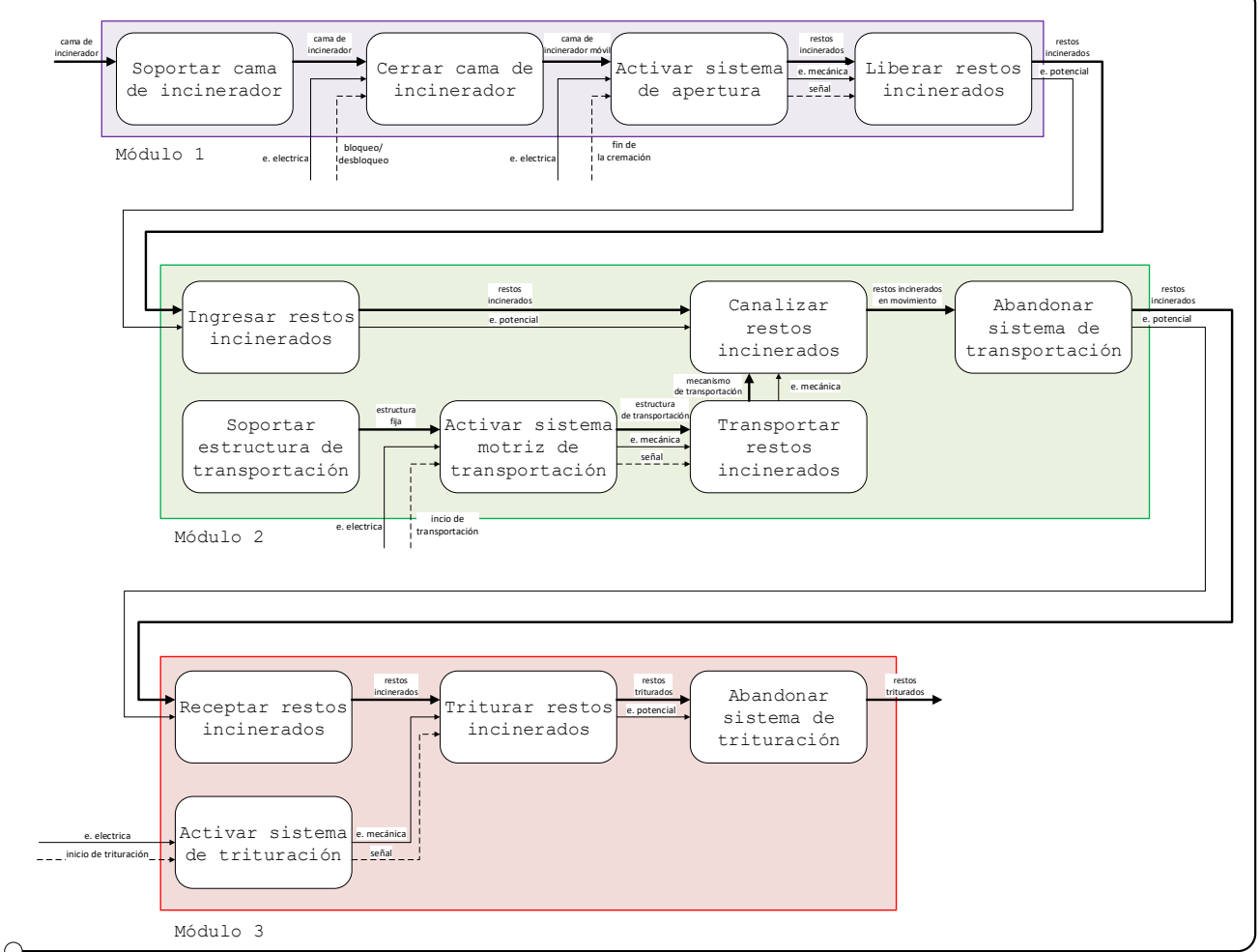


Figura 2.2. Funciones secundarias.
Fuente: [Propia]

Como se puede observar todas las señales y energías provienen de fuentes eléctricas/electrónicas ya que se desea que el proceso sea completamente automático.

2.2.1.2. Soluciones para cada módulo

2.2.1.2.1. Módulo 1:

Este módulo, el cual recibe el nombre de módulo de extracción, está constituido por las funciones necesarias para evacuar los restos incinerados de la cámara principal del horno.

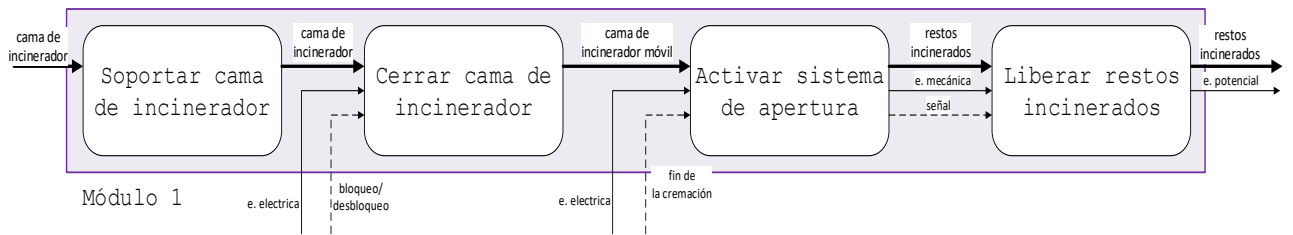


Figura 2.3. Funciones módulo 1.
Fuente: [Propia]

A continuación, se plantean posibles soluciones para cada una de las funciones de este módulo:

Función: Soportar cama de incinerador:

La cama del incinerador, al ser móvil, requiere de algún medio de apoyo que la mantenga en posición de reposo mientras se realiza el proceso de incineración.

A. Voladizo parte de la estructura:

Un voladizo como parte de la estructura le brinda a la cama de incineración un punto de apoyo que limita el giro de la cama en el sentido contrario al deseado. Además, sirva de sello para evitar pérdidas de calor por las rendijas que quedan entre la cámara y la cama de incineración.

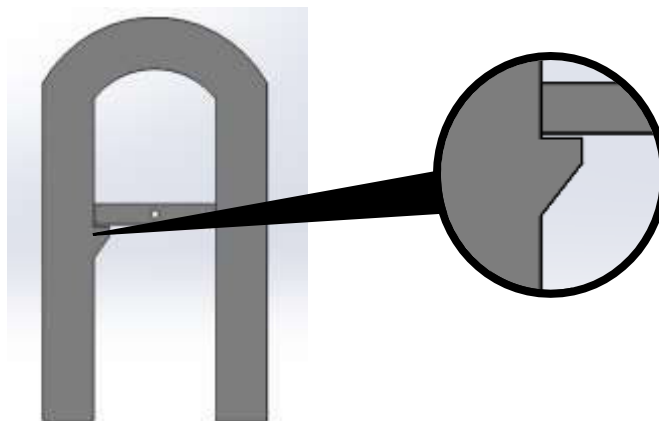


Figura 2.4. Voladizo parte de la estructura.
Fuente: [Propia]

Esta alternativa presenta la desventaja que no se puede sellar completamente los espacios laterales dejados para la libre rotación de la compuerta o cama de incineración y no brinda

apoyo en el lado contrario, por lo cual el mecanismo encargado del movimiento estará todo el tiempo soportando la carga de la compuerta.

B. Estructura exterior

Esta alternativa, basada en un modelo de desplazamiento lateral, requiere de una estructura exterior que incluya un conjunto de apoyos en todo el trayecto de la compuerta de forma que la carga se distribuya uniformemente sobre todos ellos.

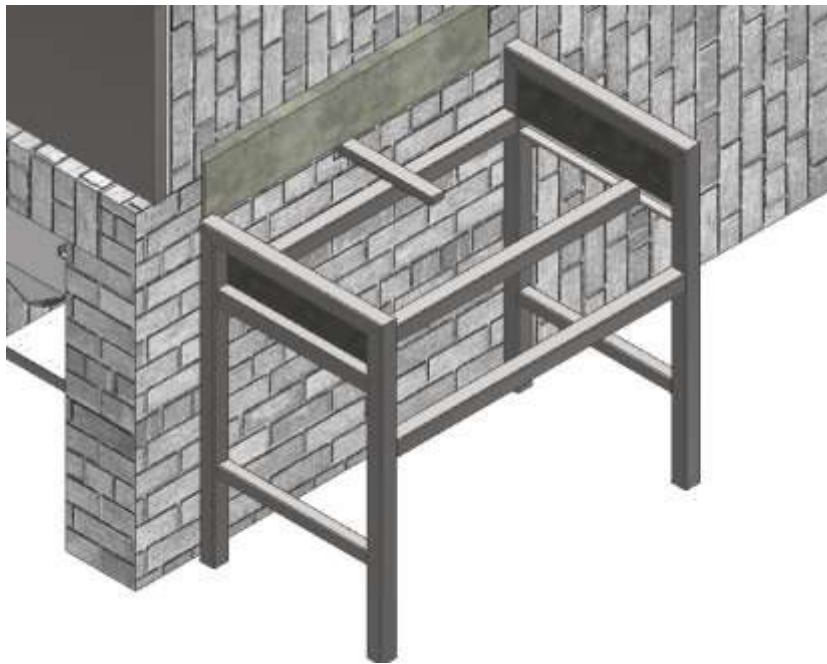


Figura 2.5. Estructura exterior.
Fuente: [Propia]

En esta alternativa el inconveniente principal es el agujero que se debe abrir en la estructura refractaria para permitir el ingreso de la cama de incineración.

Función: Cerrar cama del incinerador:

A. Picaporte

El conjunto de picaportes sirve de apoyo mientras la cámara de incineración se encuentra en funcionamiento, al finalizar se los retira en conjunto y se permite a la cama girar con libertad. El accionamiento puede ser manual o mediante un actuador.

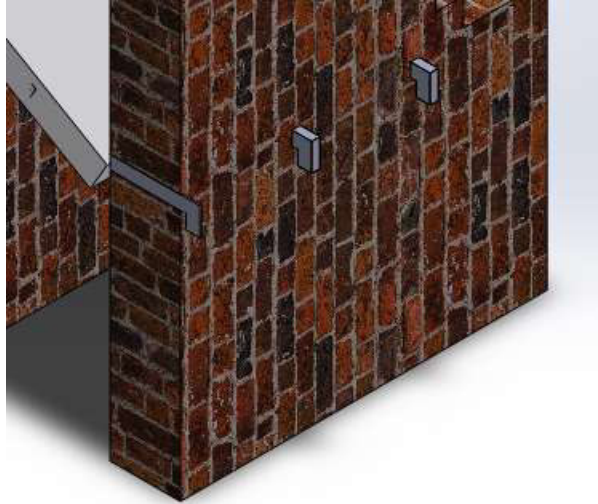


Figura 2.6. Picaporte.
Fuente: [Propia]

B. Geometría de la cama de incineración

Gracias a un cambio de sección en la compuerta, esta puede ingresar completamente y sellar la cámara, logrando de esta forma la reducción en las pérdidas de calor por los espacios que quedasen entre la cámara y la compuerta.



Figura 2.7. Geometría de la cama de incineración.
Fuente: [Propia]

Función: Activar sistema de apertura

Para desplazar la compuerta ya sea lineal o angularmente, es necesario de un mecanismo que transforme la energía en movimiento, por lo cual se analiza la siguiente opción:

A. Moto-reductor

Un moto-reductor conectado directamente al eje de giro se selecciona según la necesidad de torque a baja velocidad para evitar que los restos salgan disparados.

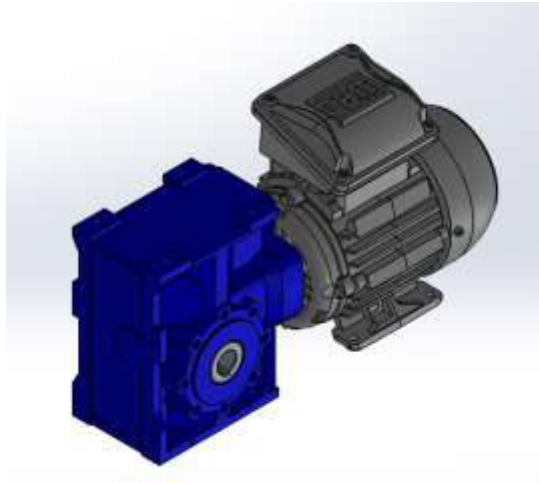


Figura 2.8. Moto-reductor.
Fuente: [Propia]

Función: Liberar restos incinerados

Una vez transformada la energía en movimiento esta debe ser transferida a la compuerta, por lo cual se proponen los siguientes mecanismos

A. Piñón y Cadena

El eje de giro de la cama se conecta a un piñón que a su vez se conecta a un sistema de cadena que se une al eje del moto-reductor.

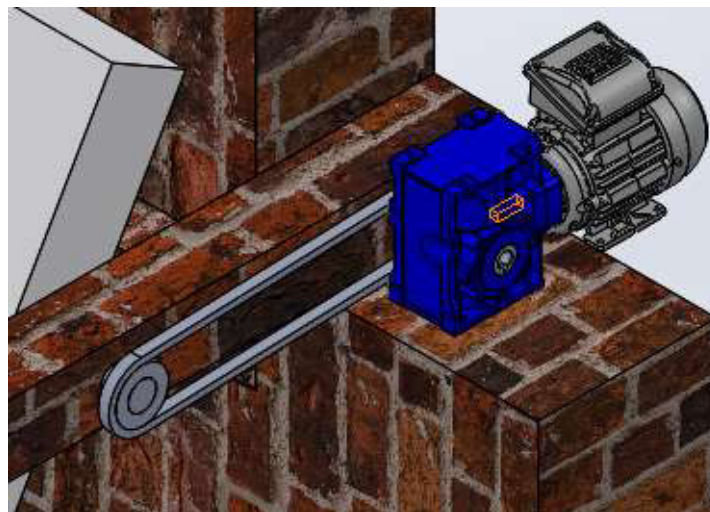


Figura 2.9. Piñón y cadena.
Fuente: [Propia]

B. Piñón y cremallera

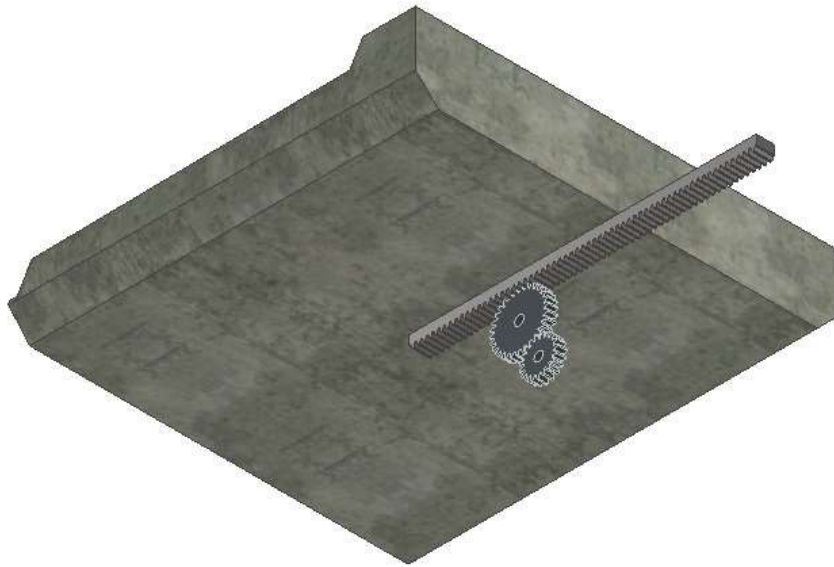


Figura 2.10. Piñón y cremallera.
Fuente: [Propia]

Matriz morfológica módulo 1

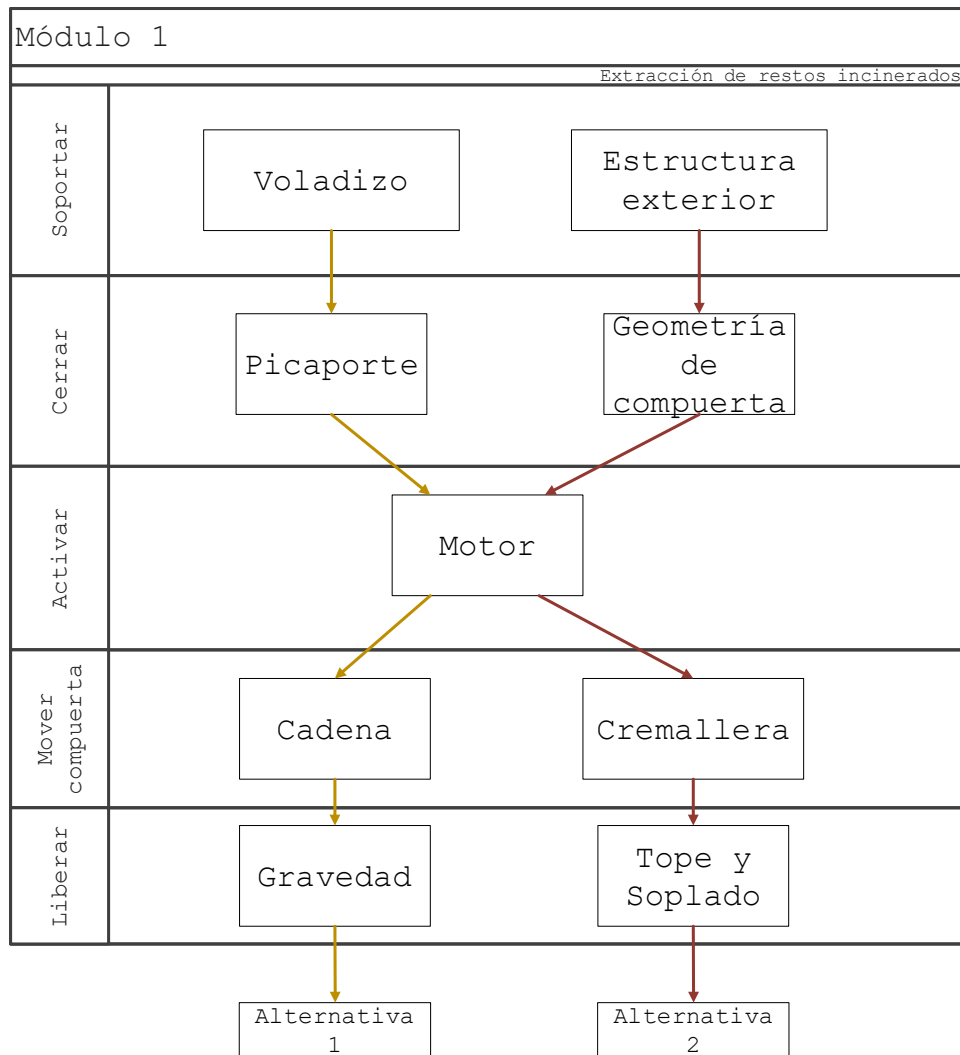


Figura 2.11. Matriz morfológica módulo 1.
Fuente: [Propia]

A continuación, se presentan los modelos de las posibles alternativas de solución obtenidas en de la matriz morfológica.

A. Alternativa 1

Compuerta giratoria con apoyo en voladizo y transferencia de movimiento de piñón y cadena.

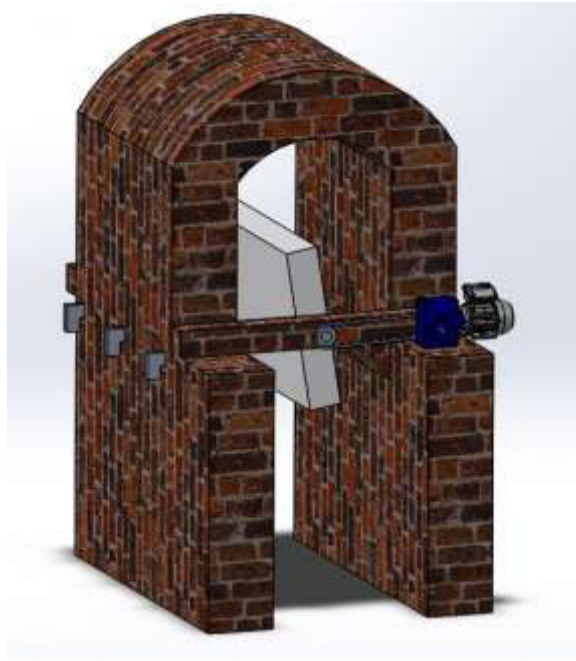


Figura 2.12. Solución 1 módulo 1.
Fuente: [Propia]

B. Alternativa 2

Alternativa de solución de desplazamiento lateral con apoyo exterior de estructura y mecanismo de transferencia de movimiento de piñón y cremallera.

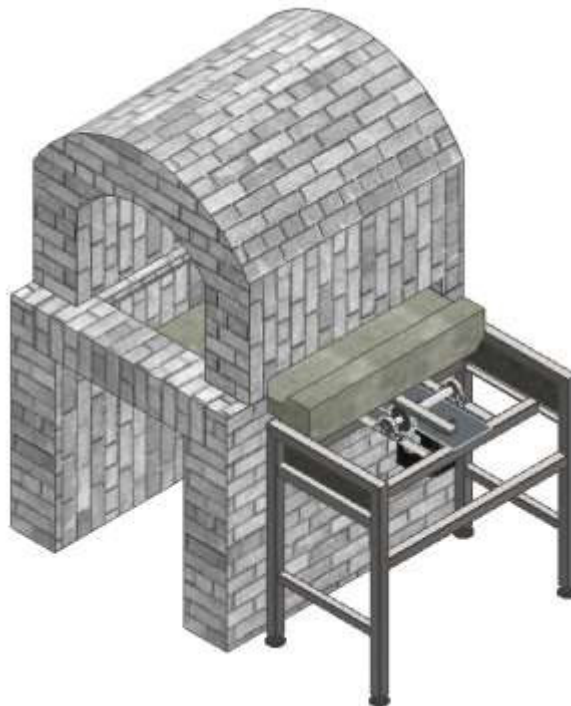


Figura 2.13. Solución 2 módulo 1.
Fuente: [Propia]

Evaluación y selección de alternativa

Con la finalidad de determinar aquel módulo que resulte más adecuado se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Se enlistan a continuación los criterios de valoración:

- Movimiento seguro de restos
- Seguridad en la remoción de acuerdo con el accionamiento
- Remoción completa de restos
- Accionamiento

Tabla 2.1. Evaluación del peso específico de cada criterio para el módulo 1.

<i>Transporte de restos > Seguridad de remoción = Accionamiento > Remoción completa</i>						
Criterio	Transporte de restos	Seguridad de remoción	Remoción completa	Accionamiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Transporte de restos		1	1	1	4	0,364
Seguridad de remoción	0,5		0	1	2,5	0,227
Remoción completa	1	0		0	2	0,182
Accionamiento	0,5	1	0		2,5	0,227
				Suma	11	1

Fuente: [Propia]

De la Tabla 2.1 se determina el criterio con mayor ponderación siendo este el transporte de restos.

Se tiene que el transporte de restos es un criterio importante para determinar la solución.

Ahora se evalúa cada una de las alternativas con respecto a cada criterio.

Tabla 2.2. Evaluación del peso específico del transporte de restos para el módulo 1.

<i>Alternativa 2 > Alternativa 1</i>				
Transporte de restos	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 2		1	2	0,667
Alternativa 1	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Para el criterio Transportar restos la Alternativa 2 es la que presenta mayor ponderación de acuerdo a la Tabla 2.2.

Tabla 2.3. Evaluación del peso específico del criterio seguridad de remoción para el módulo 1.

<i>Alternativa 2 > Alternativa 1</i>				
Seguridad de remoción	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 2		1	2	0,667
Alternativa 1	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Para el criterio Seguridad de remoción la Alternativa 2 es la que presenta mayor ponderación de acuerdo a la Tabla 2.3.

Tabla 2.4. Evaluación del peso específico del criterio remoción completa para el módulo 1.

<i>Alternativa 2 > Alternativa 1</i>				
Remoción completa	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 2		0	1	0,333
Alternativa 1	1		2	0,667
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Para el criterio Remoción completa la Alternativa 1 es la que presenta mayor ponderación de acuerdo a la Tabla 2. 4..

Tabla 2.5. Evaluación del peso específico del criterio accionamiento para el módulo 1.

<i>Alternativa 2 > Alternativa 1</i>				
Accionamiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 2		1	2	0,667
Alternativa 1	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Para el criterio Accionamiento la Alternativa 2 es la que presenta mayor ponderación de acuerdo a la Tabla 2.5.

Tabla 2.6. Conclusiones para el módulo 1.

Conclusión	Transporte de restos	Seguridad de remoción	Remoción completa	Accionamiento	Σ	Prioridad
Alternativa 2	0,667*0,364	0,667*0,227	0,333*0,182	0,667*0,227	0,6062	1
Alternativa 1	0,333*0,364	0,333*0,227	0,667*0,182	0,333*0,227	0,3937	2

Fuente: [Propia]

Con las conclusiones obtenidas para el módulo 1, de acuerdo a la Tabla 2.6 se obtiene que la mejor alternativa es la alternativa 2.

2.2.1.2.2. Módulo 2

El siguiente módulo es el encargado de la transportación de los restos hacia el molino, por lo cual se lo ha llamado, Módulo de Transportación.

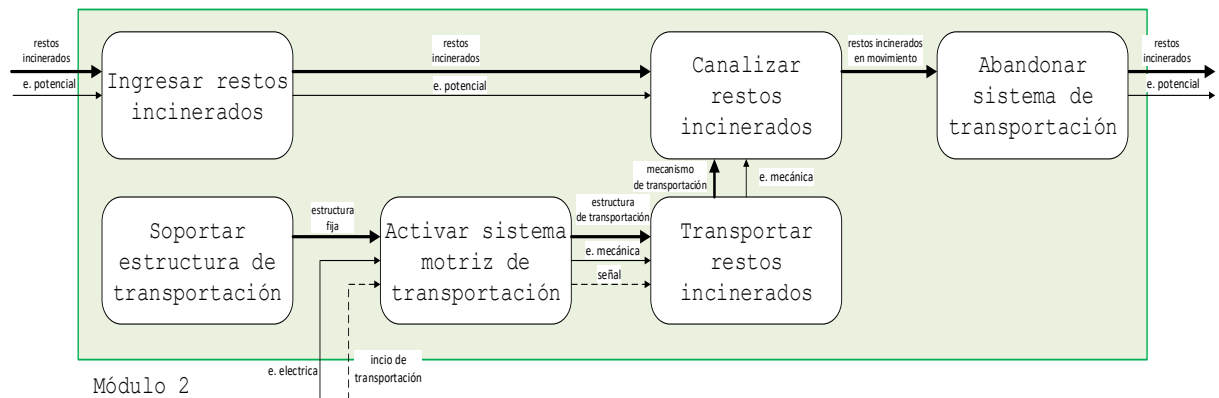


Figura 2.14. Funciones módulo 2.
Fuente: [Propia]

Función: Ingresar restos incinerados:

Los restos una vez han abandonado la cama de incineración, deben ser transportados hasta el molino. Para esta función se tiene la siguiente alternativa:

A. Tolva de ingreso



Figura 2.15. Tolva de ingreso.
Fuente: [Propia]

Función: Soportar estructura de transportación:

Dependiendo del sistema de transportación se proponen dos alternativas de solución para soportar la estructura de transportación:

A. Estructura metálica

Un conjunto de pórticos y canales doblados, permiten anclar en su sección intermedia el sistema de transportación de desplazamiento lineal.

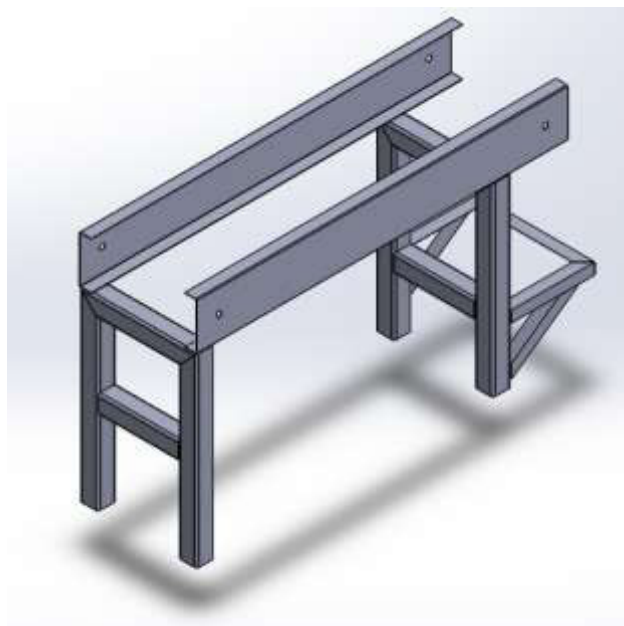


Figura 2.16. Estructura metálica de soporte.
Fuente: [Propia]

B. Estructura de plancha metálica

En el caso de emplear un sistema de transportación de desplazamiento helicoidal, una base de placa con la forma del canal de deslizamiento es la alternativa de solución

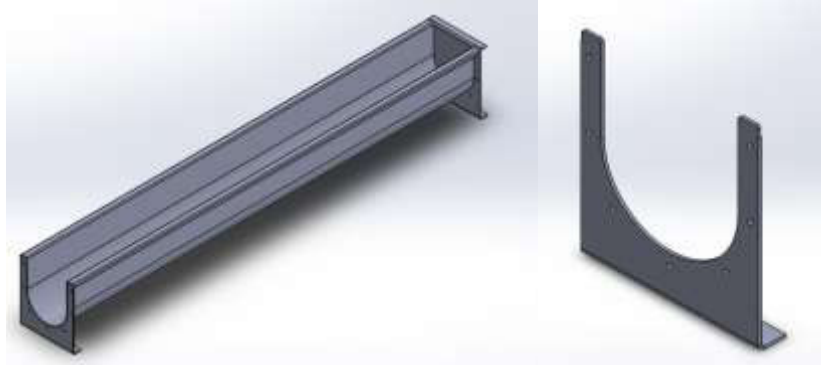


Figura 2.17. Estructura de plancha metálica (izquierda en conjunto, derecha aislada).
Fuente: [Propia]

Función: Activar sistema motriz de transportación:

A. Moto-reductor

Para cumplir la función de activar el sistema motriz, la opción que se maneja, tanto para el tornillo sin fin como para el transportador de cadena y paletas, es un moto-reductor por su facilidad de acople y control.

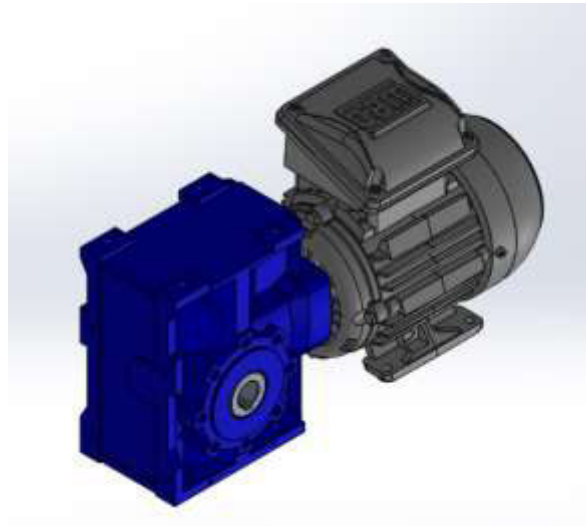


Figura 2.18. Moto-reductor.
Fuente: [Propia]

Función: Transportar restos incinerados:

A. Tornillo sin fin

El giro del helicoide permite el desplazamiento longitudinal del producto hasta el final del mismo. Este mecanismo dependiendo del grado de precisión en su fabricación es capaz de movilizar elementos muy finos eficientemente. Debido a la precisión que requiere en su fabricación es un elemento costoso ya que para garantizar la limpieza debe ser rectificada toda su superficie exterior, además de que todo el helicoide debe ser soldado al eje.

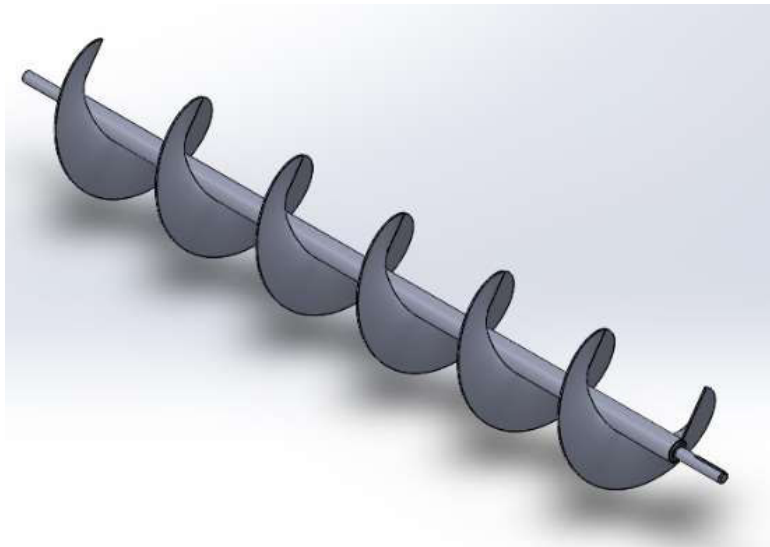


Figura 2.19. Tornillo sin fin.
Fuente: [Propia]

B. Transportador de paletas

El transportador de cadena y paletas al usar la superficie inferior como plano de transporte se ayuda de la deflexión natural de la cadena para tener un óptimo contacto con la superficie y remover satisfactoriamente las partículas más finas.

Este tipo de transportadores es ampliamente utilizado en la industria por lo cual sus componentes son fácilmente reemplazables y se acopla a una amplia gama de necesidades.

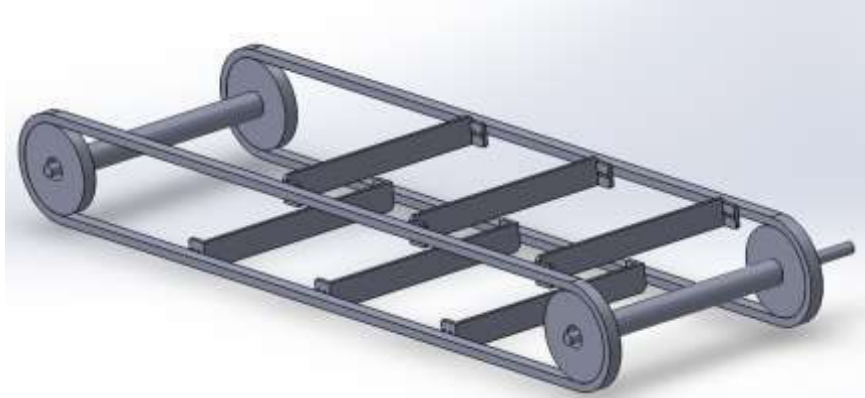


Figura 2.20. Transportador de paletas.
Fuente: [Propia]

Función: Canalizar restos incinerados:

A. Base en U

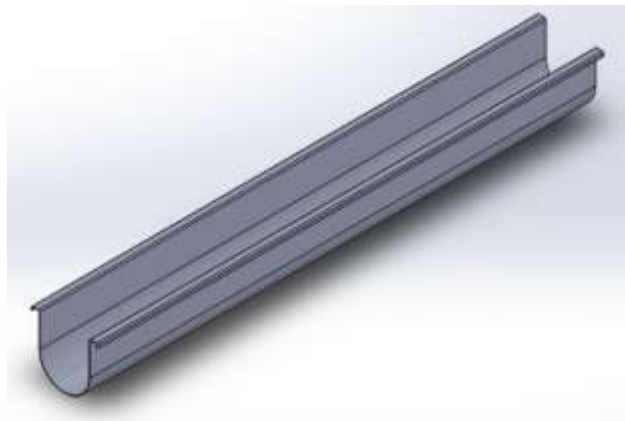


Figura 2.21. Base en U.
Fuente: [Propia]

B. Base plana de deslizamiento

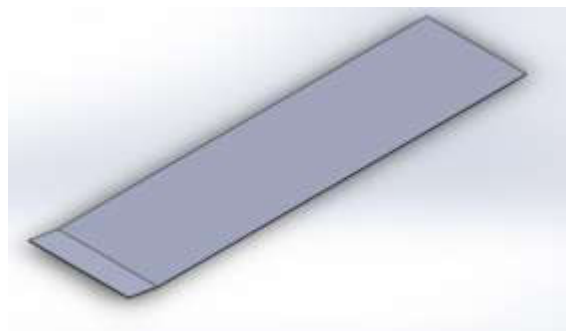


Figura 2.22. Base plana de deslizamiento.
Fuente: [Propia]

Función: Abandonar restos incinerados:

A. Ducto de salida

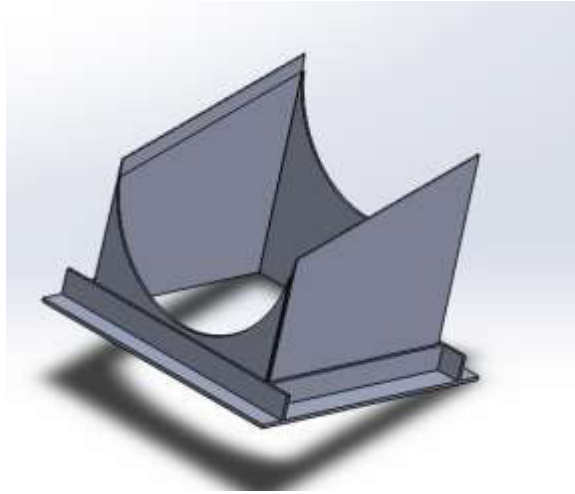


Figura 2.23. Ducto de salida.
Fuente: [Propia]

Matriz morfológica módulo 2

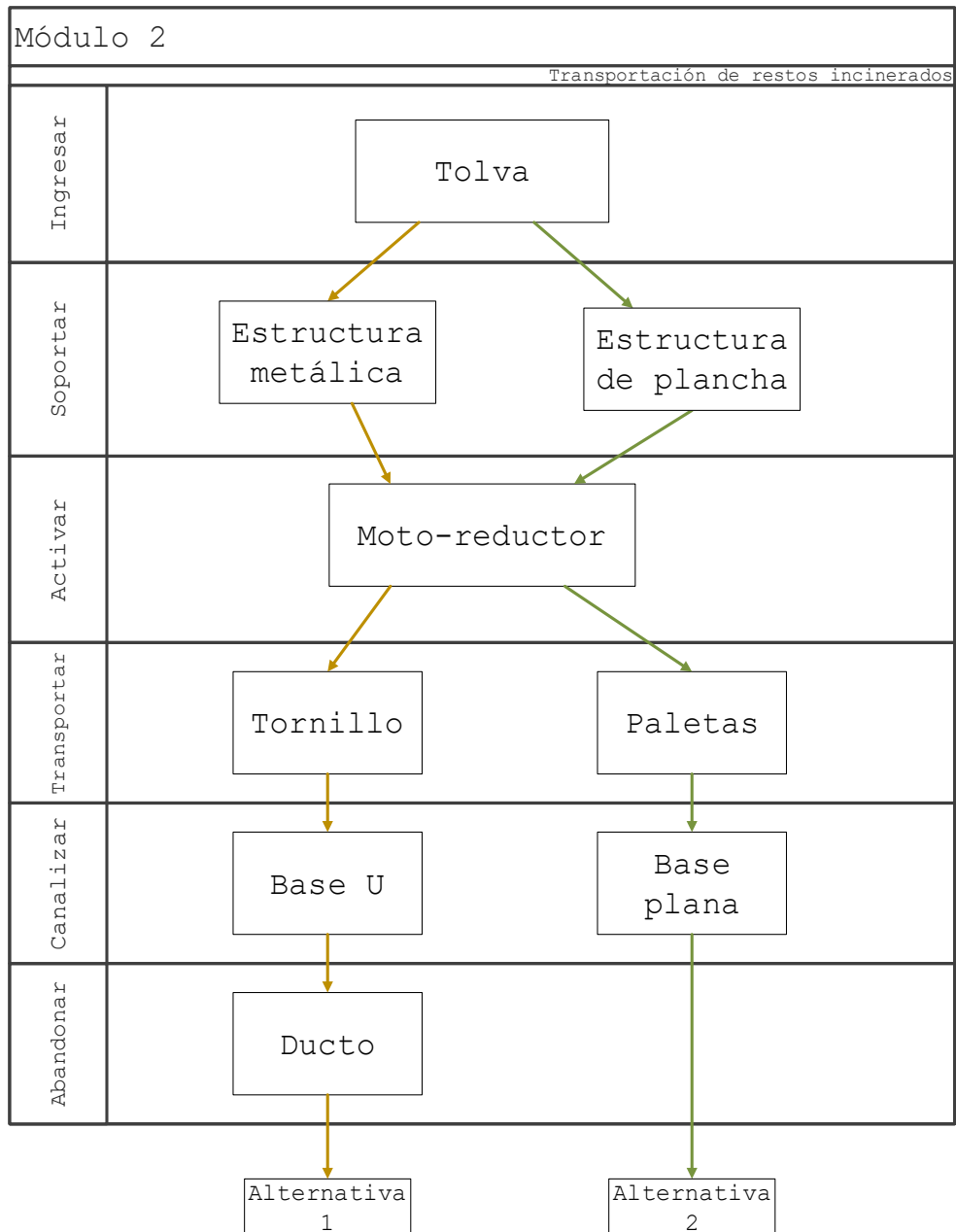


Figura 2.24. Matriz morfológica módulo 2.
Fuente: [Propia]

A. Alternativa 1

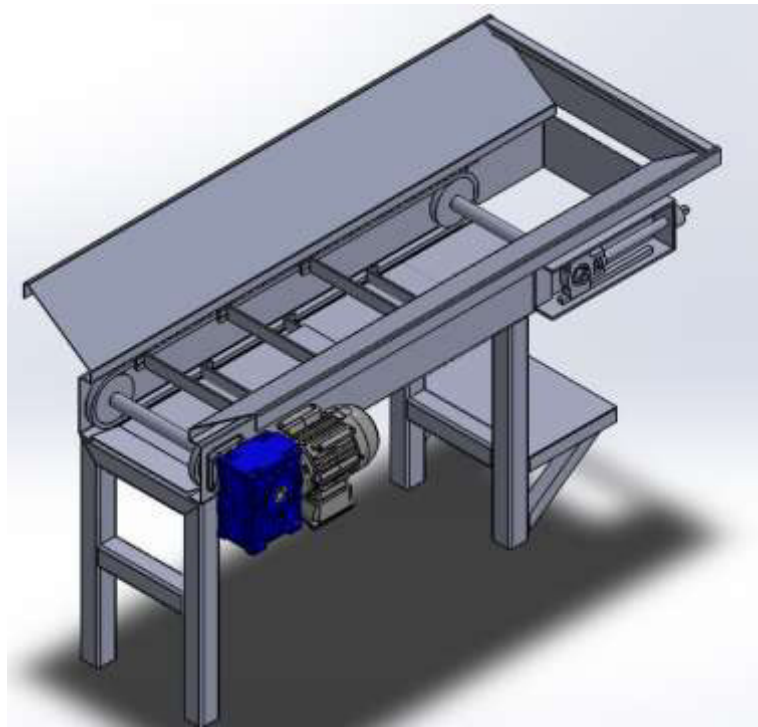


Figura 2.25. Solución 1 módulo 2.
Fuente: [Propia]

B. Alternativa 2

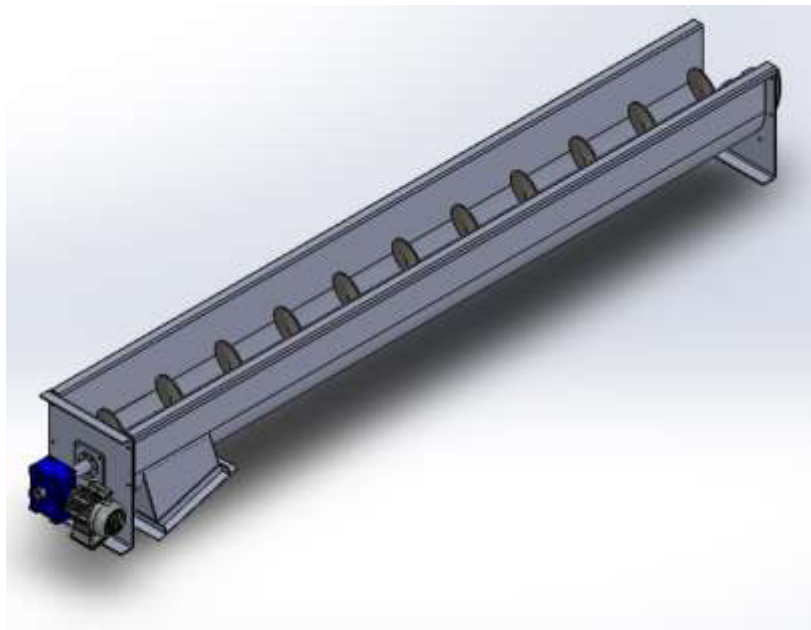


Figura 2.26. Solución 2 módulo 2.
Fuente: [Propia]

Evaluación y selección de alternativa

Con la finalidad de determinar aquel modulo que resulte más adecuado se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Se enlistan a continuación los criterios de valoración

- Capacidad de transporte
- Adaptación práctica del molino
- Complejidad de fabricación
- Accionamiento

La ponderación de criterios correspondiente se puede observar en el Anexo II, en las tablas correspondientes.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2.7. Conclusiones para el módulo 2.

Conclusión	Capacidad de transporte	Adaptación práctica del molino	Complejidad de fabricación	Accionamiento	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,667*0,304	0,667*0,217	0,571*0,217	0,333*0,261	0,558	1
Alternativa 2	0,333*0,304	0,333*0,217	0,429*0,217	0,667*0,261	0,440	2

Fuente: [Propia]

Con las conclusiones obtenidas para el módulo 2, de acuerdo a la Tabla 2.7 se obtiene que la mejor alternativa seria la 1.

2.2.1.2.3. Módulo 3

Finalmente, se tienen el módulo de trituración, del cual se obtiene el producto final los restos triturados.

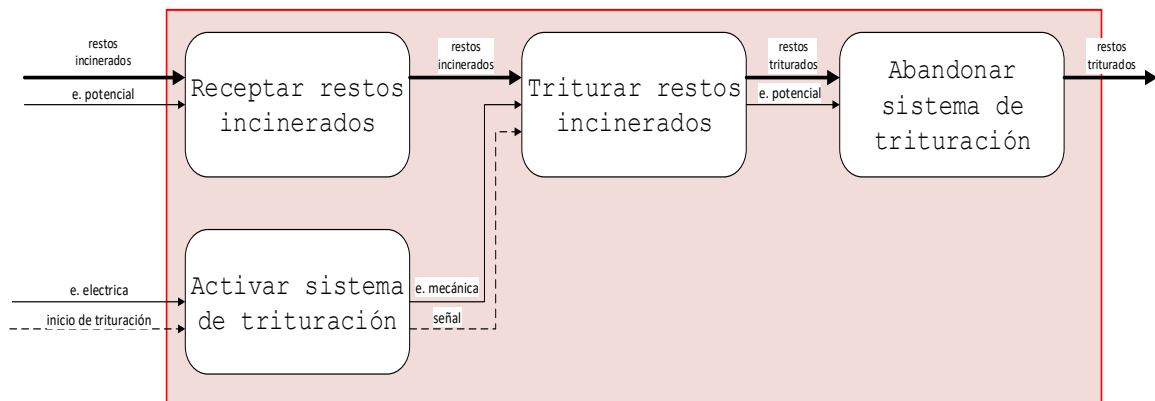


Figura 2.27. Funciones módulo 3.

Fuente: [Propia]

Función: Receptar restos incinerados

A. Tolva de ingreso

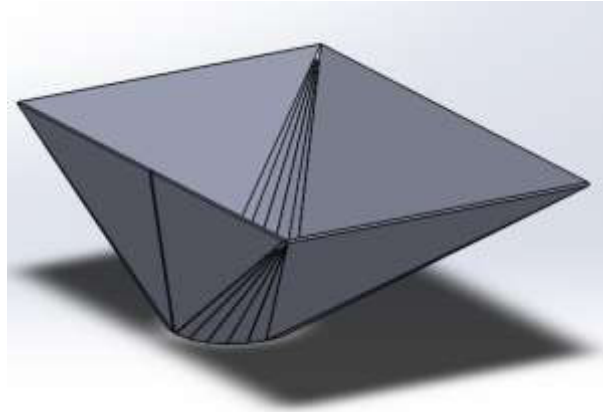


Figura 2.28. Tolva de ingreso.
Fuente: [Propia]

Función: Activar sistema de trituración y triturar restos incinerados

La activación del sistema de trituración y la trituración en sí se tratarán como una única función ya que esta sección del módulo no es diseñada por lo cual consideramos que tenemos una amplia gama de molinos en el mercado se toma la decisión de adquirir un mecanismo molienda (molino eléctrico de rodillos de acero inoxidable), este se lo puede observar en la Figura 2.29.

A. Molino eléctrico de rodillos



Figura 2.29. Molino eléctrico de rodillos.
Fuente: [15]

Las características técnicas que posee el molino antes mencionado se las pueden observar en el ANEXO III, Parte 1.

ANEXO III. Parte 1: Características técnicas molino de rodillos eléctrico [15].

B. Molino de rodillos para granos



Figura 2.30. Molino de rodillos.
Fuente: [16]

Función: Abandonar restos incinerados

A. Ducto de salida

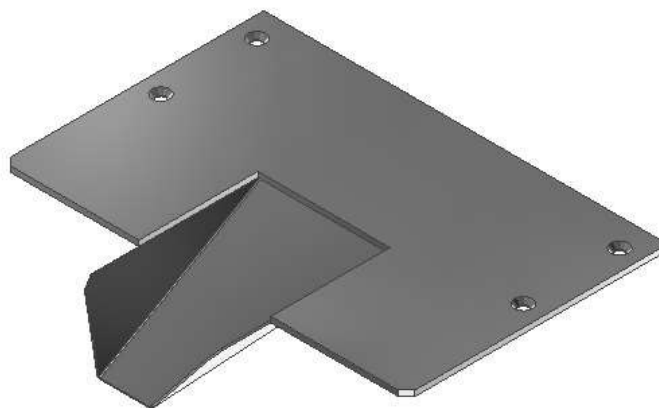


Figura 2.31. Ducto de salida.
Fuente: [Propia]

Matriz morfológica

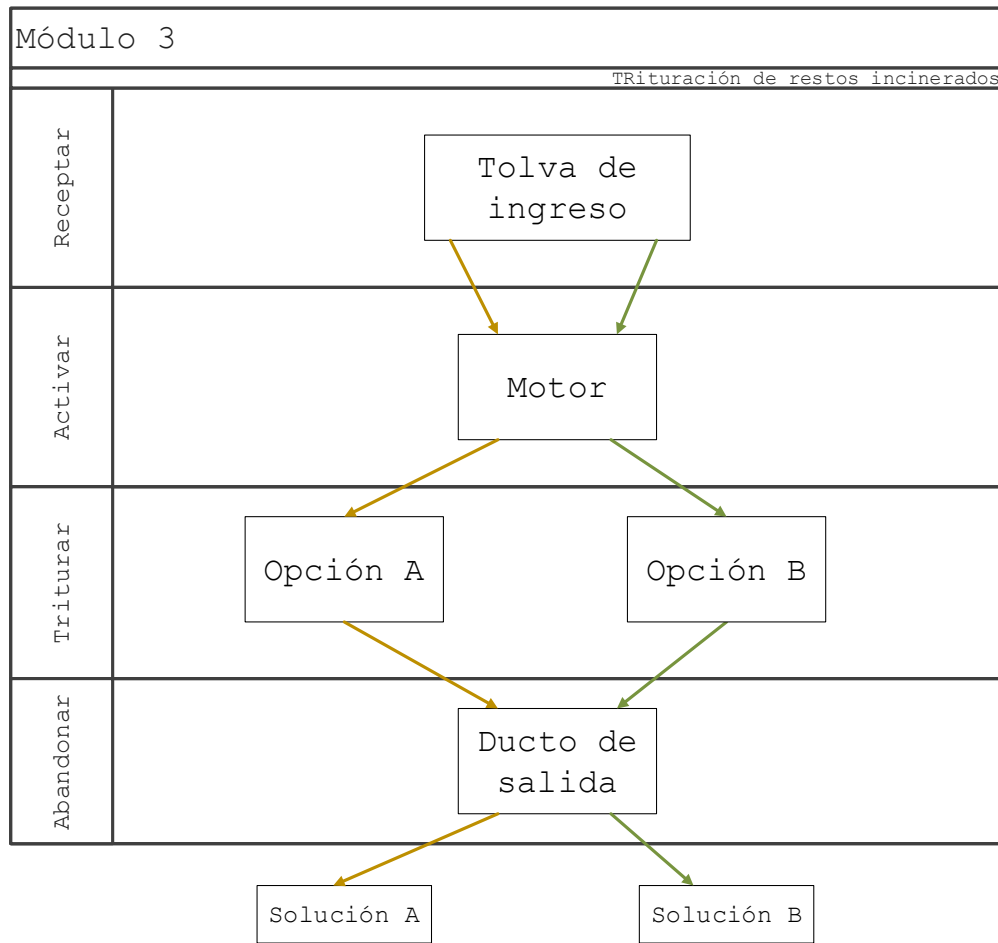


Figura 2.32. Matriz morfológica módulo 3.
Fuente: [Propia]

Evaluación y selección de alternativa

Con la finalidad de determinar aquel modulo que resulte más adecuado se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Se enlistan a continuación los criterios de valoración:

- Fiabilidad
- Acoplamiento al sistema global
- Estética
- Accionamiento

La ponderación de criterios correspondiente se puede observar en el Anexo II, en las tablas correspondientes.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2.8. Conclusiones para el módulo 3.

Conclusión	Capacidad	Adaptación práctica del molino	Complejidad de fabricación	Accionamiento	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,667*0,304	0,667*0,217	0,333*0,217	0,500*0,261	0,552	1
Alternativa 2	0,333*0,304	0,333*0,217	0,667*0,217	0,500*0,261	0,542	2

Fuente: [Propia]

Con las conclusiones obtenidas para el módulo 3, de acuerdo a la Tabla 2.8 se obtiene que la mejor alternativa sería la 1.

2.2.2. Solución virtual conceptual

La alternativa de solución se elige de las opciones que obtuvieron el primer lugar en la ponderación de cada uno de los módulos:

A continuación, se presenta un esquema de la unión de las soluciones de cada módulo.

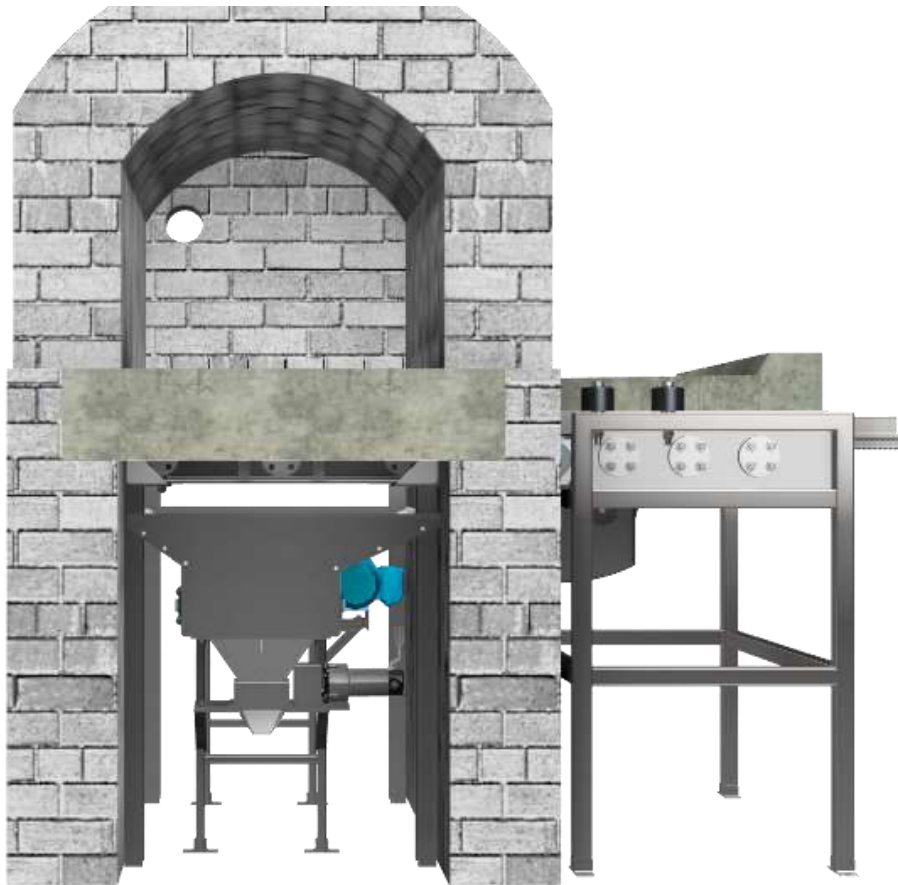


Figura 2.33. Esquema virtual conceptual 2.

Fuente: [Propia]

2.3. Diseño de materialización

2.3.1. Selección de elementos normalizados

2.3.1.1. Selección del moto-reductor y cadena para transportador

Determinación de parámetros de selección:

Obtención potencia mínima requerida para el moto-reductor para la base de la cama deslizante:

$$T = F \times d$$

Ecuación 2.1. Trabajo realizado por la fuerza de empuje.

Donde:

T: Trabajo realizado por la fuerza de empuje, [J].

F: Fuerza que realiza el empuje, [N].

d: Distancia entre los ejes principales, 800 [mm] = 0,8 [m].

Se calcula la fuerza que realiza el empuje (F) de la siguiente manera:

D.C.L.

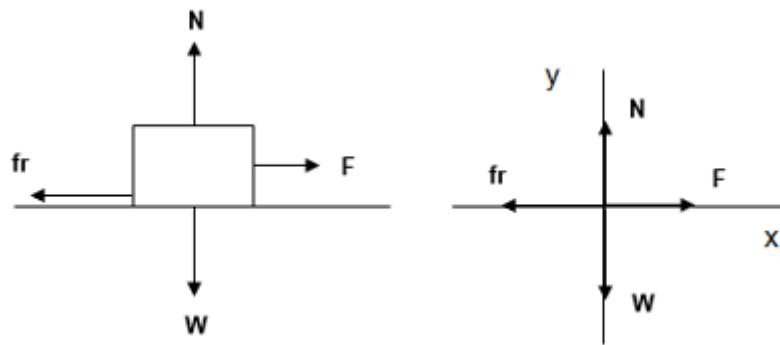


Figura 2.34. Diagrama de cuerpo libre utilizado para calcular la fuerza que realiza el empuje.
Fuente: [Propia]

$$\sum F_x = 0$$

$$F - fr = 0$$

$$F = \mu_e \times N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$N - W = 0$$

$$N = m_{cc} \times g$$

Donde:

μ_e : Coeficiente de fricción estático.

m_{cc} : Masa de cuerpo y peso de la cadena, 6 [Kg].

Para calcular el coeficiente de fricción se emplea la siguiente ecuación:

$$\mu = \tan^{-1}(\theta)$$

Ecuación 2.2. Coeficiente de fricción entre hueso incinerado y el acero inoxidable.

Debido a la escasa información acerca del dato del coeficiente de fricción se ha optado por ensayar de forma experimental para obtener el dato respectivo, según la fórmula. Por lo cual se ha procedido a ensayar el deslizamiento del hueso incinerado sobre acero inoxidable, lo que nos ha permitido obtener datos similares al proceso de incineración de restos óseos.

Las evidencias de este ensayo se encuentran en la parte 2 del (ANEXO III).

Los datos obtenidos de forma experimental se encuentran en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Ensayo para obtención del coeficiente de fricción.

N	Angulo θ [°]	μ
1	30	0,5774
2	29	0,5543
3	30	0,5774
4	32	0,6249
5	31	0,6009
Promedio	30,4	0,5869

Fuente: [Propia]

Respecto a los datos conseguidos en la Tabla 2.9, se considera el valor de $\mu = 0,5869$, para los cálculos posteriores.

Reemplazando los datos se tiene:

$$F = \mu_e \times m_{ci} \times g$$

Ecuación 2.3. Fuerza que realiza el empuje.

Se reemplaza los datos obtenidos en la ecuación 2.3. y obtenemos lo siguiente:

$$F = 0,5869 \times 6 \times 9,8$$

$$F = 34,5 [N]$$

Entonces se procede a calcular el trabajo realizado por la fuerza de empuje reemplazando los datos calculados en la Ecuación 2.3. en la Ecuación 2.1. de la siguiente manera:

$$T = F \times d$$

$$T = 34,5 \times 0,8$$

$$T = 27,60 [J]$$

Con los datos calculados anteriormente se obtiene la potencia mínima requerida para el motor:

$$P = \frac{T}{t}$$

Ecuación 2.4. Potencia transmitida por la cadena.

Donde:

P: potencia mínima requerida para el motor, [Hp].

T: Trabajo realizado por la fuerza de empuje, [J].

t: Tiempo de la velocidad de transportación, [s].

Se calcula el tiempo de la velocidad de transportación:

$$t = \frac{d}{V}$$

Ecuación 2.5. Tiempo de transportación.

Donde:

t: Tiempo de la velocidad de transportación, [s].

d: Distancia entre los ejes principales, 800 [mm] = 0,8 [m].

V: Velocidad lineal de transportación, 300 [mm/s] = 0,3 [m/s].

Se reemplaza los datos en la Ecuación 2.5. y obtenemos lo siguiente:

$$t = \frac{0,8}{0,3} = 2,6667 [s] \cong 3 [s]$$

Se reemplaza los datos obtenidos en la Ecuación 2.4. y obtenemos la potencia transmitida por la cadena.

$$P = \frac{27,60 [J]}{3 [s]} = 9,2 [W]$$

$$P = 9,2 [W] \times \frac{0,00134 [Hp]}{1 [W]}$$

$$P = 0,0123 [Hp]$$

Para determinar la potencia mínima del motor es necesario obtener la potencia corregida P_c la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$P_c = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times P$$

Ecuación 2.6. Potencia corregida.

Donde:

K_1 : Factor de número de dientes del piñón.

K_2 : Factor de número de cadenas.

K_3 : Factor de número de eslabones.

K_4 : Factor de servicio.

K_5 : Coeficiente de vida útil.

$$K_1 = \frac{19}{z}$$

Ecuación 2.7. Factor de número de dientes.

Donde:

z : Número de dientes del piñón

Para la primera iteración se asume el número de dientes como 19, por lo cual el factor K_1 es igual a 1.

El factor K_2 está dado por el número de cadenas utilizadas para la transmisión, puede ser simple, doble, etc. Para cadenas simples K_2 es igual a 1.

El factor K_3 está dado por el número de eslabones, para lo cual se utiliza la Figura A.4.2. Para 120 eslabones, el factor K_3 es igual a 1.

El factor de trabajo K_4 toma en cuenta las condiciones de operación. Debido a la baja carga, bajos ciclos de uso y al estar conectado a un motor eléctrico, se asume el factor de servicio K_4 igual a 1.

Para el factor K_5 se debe tomar en cuenta las horas que determinan la vida útil de la cadena.

De igual manera, se asume un periodo de vida útil de 15000 horas por lo cual el coeficiente de vida útil es igual a 1.

Se reemplaza los coeficientes en la Ecuación 2.6 y siendo todos igual a 1 la potencia corregida es igual a la potencia transmitida por la cadena.

$$P_c = P = 9,2 \text{ [W]}$$

Para el piñón de 19 dientes, el diámetro primitivo es de 57.89 [mm], con este dato se procede a determinar la velocidad angular requerida

$$\omega_M = \frac{V \times 60}{R_p \times 2\pi}$$

Ecuación 2.8. Velocidad angular del motor.

Donde:

ω_M : velocidad angular del motor [rpm].

V: velocidad lineal del transportador [mm/s].

R_p = radio primitivo del piñón [mm].

Se reemplaza en la Ecuación 2.8:

$$\omega_M = \frac{300 \times 60}{28,95 \times 2\pi} = 99 \text{ [rpm]}$$

Selección del moto-reductor para transportador

***Nota:** Considerar la siguiente interpretación para las Figuras y Tablas pertenecientes a los Anexos.

***Ejemplo:** (Figura A.5.1) se lee Anexo 5, Figura 1.

Por la aplicación se busca un moto-reductor en disposición ortogonal debido al espacio reducido que se tiene bajo la cámara principal.

Del catálogo del fabricante TRANSTECNO GEARMOTORS, se extrae la tabla que se observa en la Figura A.6.1, para la potencia necesaria el moto-reductor adecuado es de la serie 56B4 con una potencia nominal de 0,09 [kW], el cual es capaz de entregar hasta 8,1 [N m] a 99 [rpm], lo cual se ajusta al requerimiento de velocidad deseado y la potencia supera significativamente a la requerida.

A continuación, se selecciona la cadena con los datos de potencia y velocidad angular que se observan en la Figura A.5.1.

Debido a la necesidad de acoplar los accesorios necesarios para transportar los restos incinerados se opta por la selección de la cadena ANSI 35 la cual tiene paso de 9,52 [mm] y diámetro de rodillo de 4,76 [mm] la cual se observa en la Figura A.5.2.

Comprobación del esfuerzo total soportado por la cadena

Primero se calcula el esfuerzo útil que desarrolla la cadena:

$$F_u = \frac{P}{v}$$

Ecuación 2.9. Esfuerzo útil que desarrolla la cadena.

Donde:

F_u: Esfuerzo útil que desarrolla la cadena, [N].

P: Potencia transmitida, P=0,12 [Hp]=88,25 [W].

v: velocidad lineal promedio, 0,3 [m/s].

$$F_u = \frac{88,25}{0,3}$$

$$F_u = 294,2 \text{ [N]}$$

Ahora se calcula fuerza centrífuga de la cadena (F_c):

$$F_c = M \times v^2$$

Ecuación 2.10. Fuerza centrífuga de la cadena.

Donde:

F_c: Fuerza centrífuga de la cadena, [N].

M: Masa unitaria de la cadena, 0,63 [Kg/m].

v: velocidad lineal promedio, 0,3 [m/s].

$$F_c = 0,63 \times 0,3^2$$

$$F_c = 0,0567 \text{ [N]}$$

Ahora se calcula el esfuerzo total que transmite la cadena (F_0):

$$F_0 = F_u + F_c$$

Ecuación 2.11. Esfuerzo total que transmite la cadena

$$F_0 = 294,2 + 0,0567$$

$$F_0 = 294,25 \text{ [N]}$$

Por lo que resulta un coeficiente de seguridad de la siguiente manera:

$$C_s = \frac{R}{F_0}$$

Ecuación 2.12. Coeficiente de seguridad.

Donde:

C_s : Coeficiente de seguridad.

R: Carga de Rotura, 13920 [N].

F_0 : Esfuerzo total que transmite la cadena, 294,25 [N].

Se tiene lo siguiente:

$$C_s = \frac{13920}{294,25}$$

$$C_s = 47,31 \cong 47$$

Se recomienda factor de seguridad mayor a 12 por lo cual, al tener un factor de 47, la selección de la cadena es aceptable.

El modelo correspondiente de cadena con accesorios es el WA-1, del fabricante KANA Figura A.7.1. Este modelo de cadena tiene accesorios de un lado, con dos agujeros para el montaje de las barras necesaria para el transporte de los restos incinerados.

Para la selección del piñón se debe considerar las características mecánicas de los materiales en donde consideramos que los restos óseos humanos que ya fueron incinerados tienen un diámetro promedio de 20,4 [mm] como se indica en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10. Diámetro promedio restos óseos incinerados (Diámetro medio de las partículas añadidas).

Restos óseos Resultado de la Incineración	
Restos óseos incinerados	Dimensiones más prominentes [mm]
Fémur	23
Tibia	18
Cráneo	19
Húmero	22
Pelvis	20
Promedio	20,4 \cong 20

Fuente: [21]

En la Tabla 2.10 se pueden observar los datos proporcionados por la funeraria Camposanto Jardines del Valle la cual brinda los servicios de incineración de cadáveres humanos de personas que han fallecido debido a la pandemia COVID 19 en el país [21].

Por lo cual se selecciona un piñón de 19 dientes, cuyo diámetro primitivo es de 57,89 [mm] (Figura A.7.2).

2.3.2. Cálculos

2.3.2.1. Prototipo

2.3.2.1.1. Ejes para transportador.

Eje motriz de transportador.

En vista de las altas temperaturas involucradas en el proceso de transporte de los restos incinerados se selecciona el acero AISI 304 para la fabricación de los ejes y principales elementos en contacto.

Las propiedades del AISI 304 se obtienen de la (Figura A.9.1) [19].

$$S_{ut} = 520MPa$$

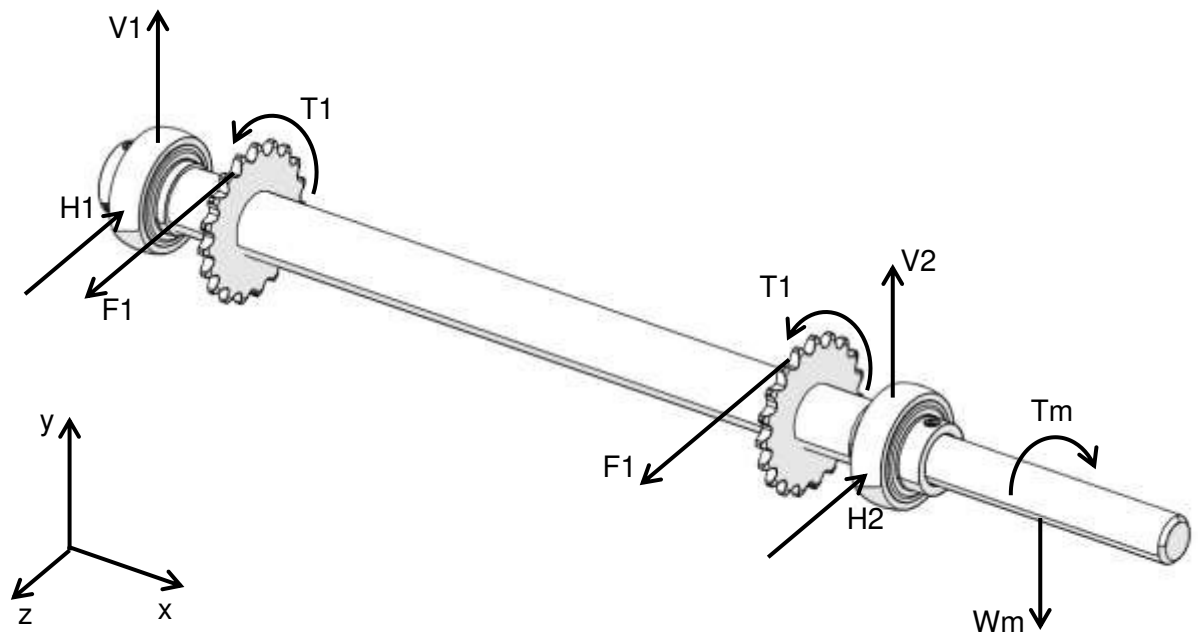


Figura 2.35. D.C.L. del eje motriz del transportador.
Fuente: [Propia]

Se realiza el análisis de fuerzas de la Figura 2.35 y se obtiene los diagramas de cortante y momento flector en los planos xz y xy.

Plano xz

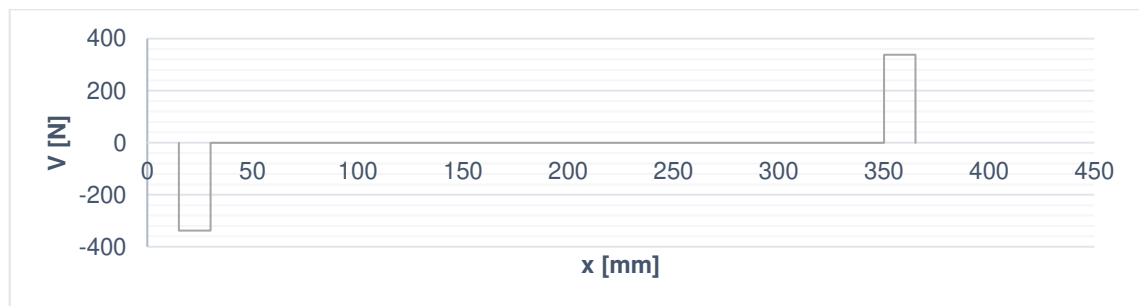


Figura 2.36. Diagrama de cortante en el plano xz.
Fuente: [Propia]

En la Figura 2.36 se observa que el cortante máximo se encuentra a 15 y 350 [mm] del origen y es de 338 [N].

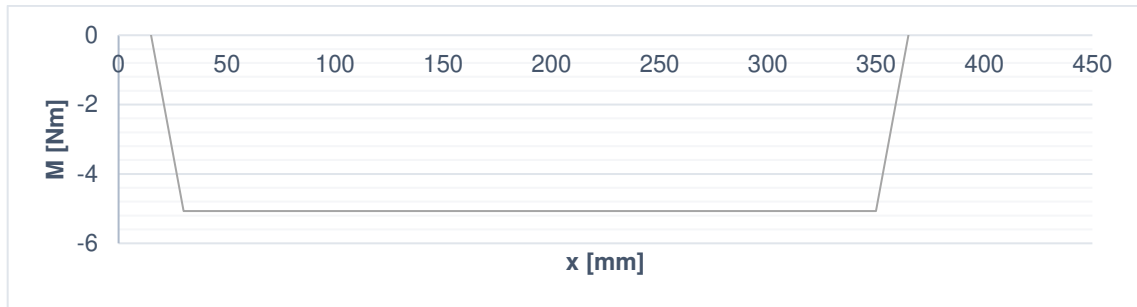


Figura 2.37. Diagrama de momento flector en el plano xz.
Fuente: [Propia]

En la Figura 2.37 se observa que el momento flector máximo se encuentra desde 30 a 365 [mm] del origen y es de -5,07 [Nm]

Plano xy

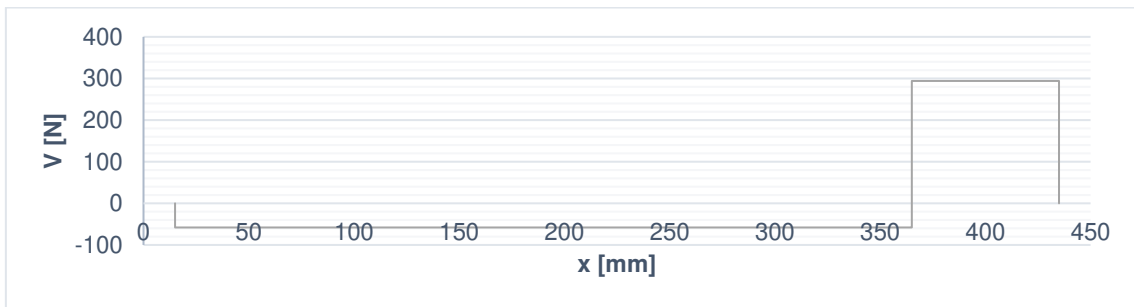


Figura 2.38. Diagrama de cortante en el plano xy.
Fuente: [Propia]

En la Figura 2.38 se observa que el cortante máximo se encuentra desde 365 a 435 [mm] del origen y es de 294 [N].

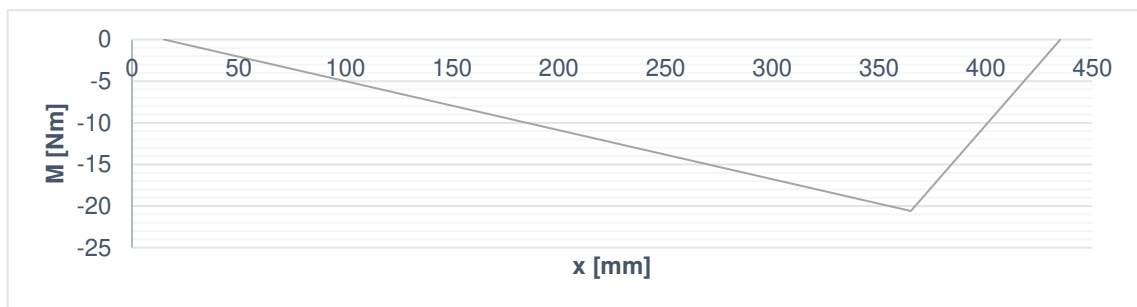


Figura 2.39. Diagrama de momento flector en el plano xy.
Fuente: [Propia]

En la Figura 2.39 se observa que el momento flector máximo se encuentra a 365 [mm] del origen y es de -20.6 [Nm].

Con los valores de la Figura 2.38 y Figura 2.40 se obtiene el diagrama de momento flector total.

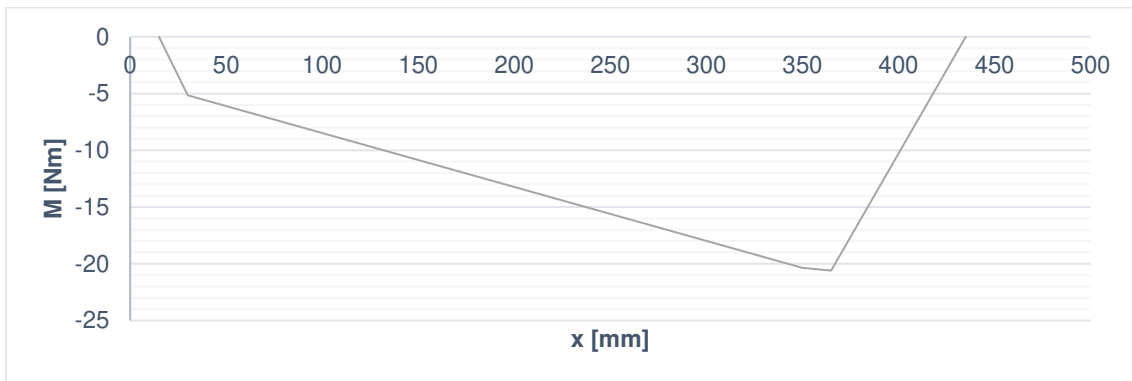


Figura 2.40. Diagrama de momento flector total.
Fuente: [Propia]

En la Figura 2.40 se observa que el momento total máximo se encuentra a 365[mm] del origen, con un valor de 20,6 [Nm]. Otro punto crítico se encuentra a 350[mm] del origen y es de 20,35 [Nm]. El análisis se realiza en este último punto por presentar un concentrador de esfuerzo debido al cambio de sección.

Se establece el factor de seguridad:

$$n = 1,5$$

Análisis de fatiga:

$$K_a = aS_{ut}^b \text{ donde } \begin{cases} a = 4,51 \\ b = -0,265 \end{cases}$$

Ecuación 2.13. Factor de modificación por la condición superficial.

De la Figura A.8.1:

$$K_a = 4,51(520)^{-0,265}$$

$$K_a = 0,86$$

Inicialmente se asume eje de 1 [in]:

$$K_b = 0,879d^{-0,107}$$

Ecuación 2.14. Factor de modificación por el tamaño.

$$K_b = 0,879(1)^{-0,107}$$

$$K_b = 0,879$$

Se asume temperatura de trabajo de 500 [°C]

De la Figura A.8.2:

$$K_d = \frac{S_T}{S_{RT}} = 0,768$$

Ecuación 2.15. Factor de modificación por la temperatura.

$$K_c = K_e = 1$$

Ecuación 2.16. Factores de modificación por la carga y confiabilidad.

$$S_e' = 0,5S_{ut}$$

Ecuación 2.17. Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$$S_e' = 0,5 \cdot 520$$

$$S_e' = 260MPa$$

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S_e'$$

Ecuación 2.18. Límite de resistencia a la fatiga en punto crítico

Se reemplaza los coeficientes de modificación en la Ecuación 2.18.

$$S_e = 0,86 \cdot 0,879 \cdot 0,768 \cdot 260$$

$$S_e = 150 [MPa]$$

De las Figuras A.8.3 se determinan los factores de concentración de esfuerzo K_t y K_{ts} para filetes de hombro bien redondeados:

$$K_t = 1,7$$

$$K_{ts} = 1,5$$

Inicialmente se asume que $K_f = K_t$ y $K_{fs} = K_{ts}$

Utilizando la ecuación de ED-Goodman se determina el diámetro en el punto crítico:

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left(\frac{1}{S_e} [4(K_f M_a)^2]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} [3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2} \right) \right\}^{1/3}$$

Ecuación 2.19. Ecuación de ED-Goodman

$$d = \left\{ \frac{16 \cdot 1,5}{\pi} \left(\frac{1}{150 \times 10^6} [4(1,7 \cdot 20.35)^2]^{1/2} + \frac{1}{520 \times 10^6} [3(1,5 \cdot 7)^2]^{1/2} \right) \right\}^{1/3}$$

$$d = 0,0156 [m] = 15,6 [mm]$$

Como el criterio de Goodman se considera conservador, entonces se toma el diámetro inmediato inferior en pulgadas el cual es de 5/8" (15.875[mm]).

Además, para realizar la comprobación se hace el siguiente análisis:

De acuerdo a la literatura la relación típica de D/d es igual a 1,2 para el soporte de un hombro [21], entonces:

$$\frac{D}{d} = 1.2$$

Ecuación 2.20. Relación entre diámetro del hombro (D) y diámetro del eje (d).

Se despeja y se determina el diámetro del hombro:

$$D = 1.2d$$
$$D = 1.2(15.875) = 19,05 \text{ [mm]}$$

Equivalente a 3/4"

Se supone que $r=d/10$ [mm] ≈ 2 [mm]

$$\frac{r}{d} = \frac{2}{15.875} = 0.125$$

Ecuación 2.21. Relación entre radio del empalme y diámetro del eje.

Se recalculan los factores de sensibilidad de la muesca.

De las Figura A.8.4 y la Figura A.8.5 se obtiene que $K_t=1,4$ y $K_{ts}=1,3$, respectivamente.

De la Figuras A.8.6 se obtiene sensibilidad a la muesca q :

$$q = 0.8$$

Entonces, se determina el factor de concentración del esfuerzo por fatiga en flexión:

$$K_f = 1 + 0,8(1,4 - 1) = 1,32$$

Ecuación 2.22. Factor de concentración del esfuerzo por fatiga en flexión.

De la Figuras A.8.7 se obtiene la sensibilidad a la muesca $q_{cortante}$:

$$q_{cortante} = 0,82$$

Entonces, se determina el factor de concentración del esfuerzo por fatiga en torsión

$$K_{fs} = 1 + 0,82(1.3 - 1) = 1,25$$

Ecuación 2.23. Factor de concentración del esfuerzo por fatiga en torsión.

Se comprueba el cálculo con los nuevos diámetros:

$$K_a = 0,86 \text{ (sin cambio)}$$

$$K_b = 0,879(5/8)^{-0.107} = 0,92$$

$$K_d = 0,768 \text{ (sin cambio)}$$

$$S_e = 0,86 \cdot 0,92 \cdot 0,768 \cdot 260 = 158 \text{ [MPa]}$$

$$d = 0,0144 \text{ [m]} = 14,4 \text{ [mm]}$$

Se determina el factor de seguridad real:

$$\frac{1}{n_f} = \frac{\sigma_a'}{S_e} + \frac{\sigma_m'}{S_{ut}}$$

Ecuación 2.24. Factor de seguridad de fatiga.

$$\sigma_a' = \frac{32K_f M_a}{\pi d^3}$$

Ecuación 2.25. Esfuerzo fluctuante alternante.

$$\sigma_a' = \frac{32 \cdot 1,32 \cdot 20.35}{\pi \cdot 0,0159^3}$$

$$\sigma_a' = 68 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_m' = \left[3 \left(\frac{16K_{fs} T_m}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Ecuación 2.26. Esfuerzo fluctuante medio.

$$\sigma_m' = \left[3 \left(\frac{16 \cdot 1,25 \cdot 7}{\pi \cdot 0,0159^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_m' = 19,2 \text{ [MPa]}$$

Se reemplaza en la Ecuación 2.24 y se despeja el factor de seguridad:

$$\frac{1}{n_f} = \frac{68}{150} + \frac{19.2}{520}$$

$$n_f = 2.03$$

A continuación, se realiza la simulación para el eje motriz empleando el software Autodesk Inventor 2022, se ingresan los datos utilizados en los cálculos los mismos que se observan en resumen en la Figura A.10.1:

Se ejecuta la simulación y se obtienen la siguiente gráfica para el diámetro ideal:

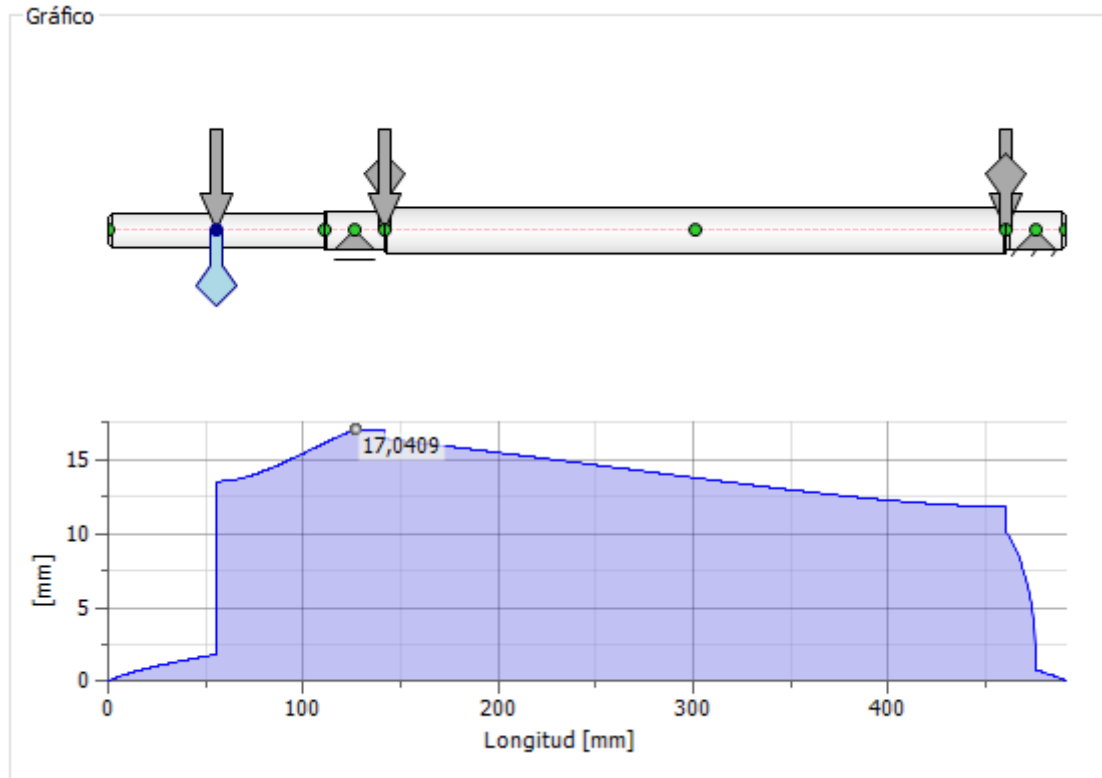


Figura 2.41. Resultado de simulación para eje motriz.
Fuente: [Propia]

De la Figura 2.41. se observa que el diámetro ideal sugerido es de 17 [mm], lo que resultaría en la selección de eje de 5/8" (15,875 [mm]).

Se determina el error porcentual:

$$\% \text{ error} = \frac{|valor_{aprox} - valor_{real}|}{valor_{real}} \times 100\%$$

Ecuación 2.27. Error porcentual.

Se ingresan los valores de la simulación y del cálculo manual en la Ecuación 2.28

$$\% \text{ error} = \frac{|17,04 - 15,89|}{15,89} \times 100\% = 6,98\%$$

Se observa que el error es menor al 10% y además el valor determinado por el software es más conservador que el cálculo realizado con la ecuación de ED-Goodman, por lo cual se valida la simulación y se determinan los diámetros de los diferentes ejes empleando el diámetro recomendado obtenido en la simulación.

Eje conducido del transportador

De la misma manera se realiza la simulación para eje conducido empleando el software Autodesk Inventor 2022, se ingresan los datos utilizados en los cálculos los mismos que se observan en resumen en la Figura A.10.2:

Se ejecuta la simulación y se obtienen la siguiente gráfica para el diámetro ideal:

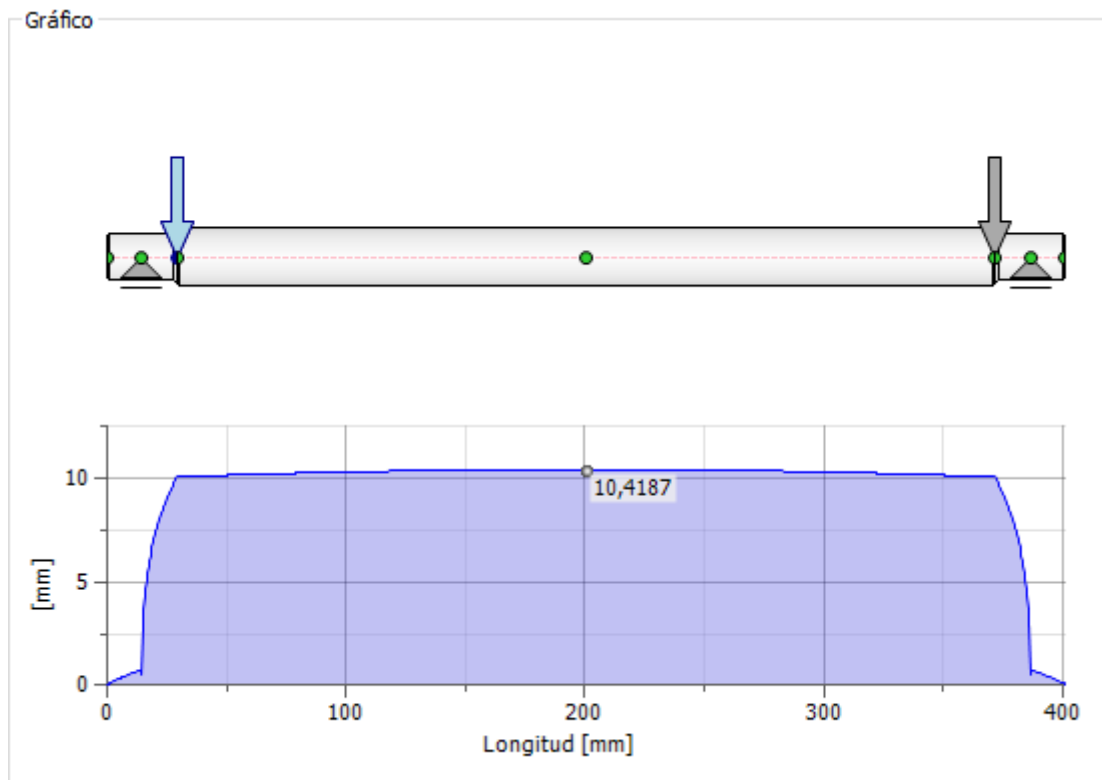


Figura 2.42. Resultado de simulación para eje conducido.
Fuente: [Propia]

De la Figura 2.42. se observa que el diámetro ideal es de 10,4 [mm], por lo cual se selecciona un eje de 1/2" (12,7 [mm]).

2.3.2.1.2. Estructura del transportador

La estructura del transportador está constituida por dos pórticos y los bastidores sobre los que se apoyan las tolvas y en los cuales se ancla todo el sistema motriz.

Se determinan los pesos para cada componente.

Carga muerta

Tabla 2.11. Carga muerta estructura del transportador.

Componente	Masa
Tolvas y tapas	14 [kg]
Ejes, piñones y chumaceras	12 [kg]
Motor	15 [kg]
Bastidores	6 [kg]

Fuente: [Propia]

Carga viva

Tabla 2.12. Carga viva estructura del transportador.

Componente	Masa
Restos incinerados	3 [kg]

Fuente: [Propia]

Empleando estas cargas se determina el momento máximo en el elemento crítico, el análisis se lo desarrolla empleando el programa Robot Structural Analysis Professional de Autodesk y se obtiene el diagrama de momentos con los correspondientes valores:

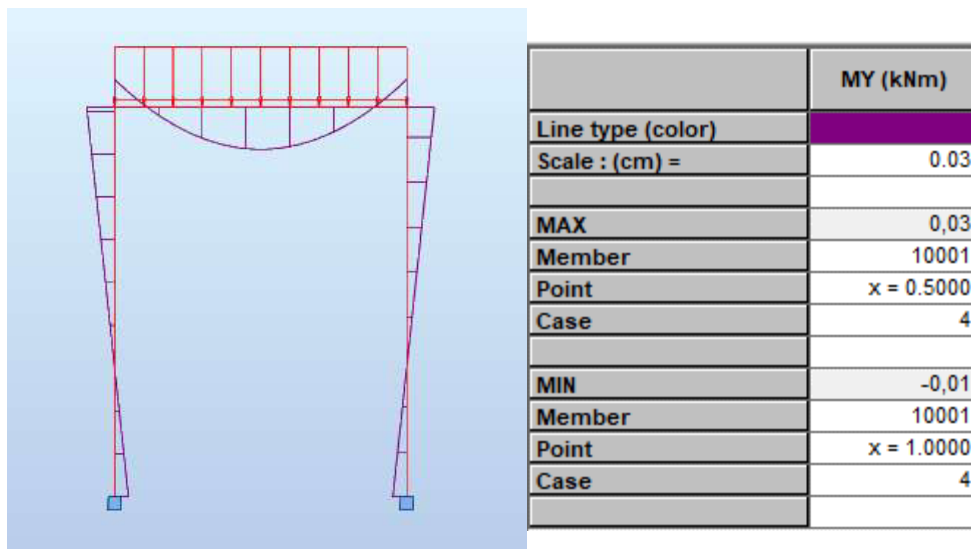


Figura 2.43. Momento máximo en el elemento crítico estructura del transportador.

Fuente: [Propia]

En la Figura 2.43. se tiene en color rojo la carga muerta, en color naranja la carga viva y en morado el respectivo diagrama de momentos.

Se observa que el momento máximo, ubicado en la viga superior de la estructura, es de 0,03 [kN m] es decir 30 [Nm].

Utilizando un factor de seguridad de 2 se determina el valor de esfuerzo máximo permisible $\sigma_{m\acute{a}x}$:

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}}$$

Ecuación 2.28. Factor de seguridad.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{S_y}{FS}$$

Ecuación 2.29. Esfuerzo máximo permisible.

Se trabaja con el acero SAE J 403 1008, el cual es un acero negro de bajo carbono, ideal para estructuras Figura A.12.1, tienen un límite de fluencia de 285 [MPa] y se reemplaza en la Ecuación 2.29.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{285 [MPa]}{2} = 142,5 [MPa]$$

Con el esfuerzo máximo se determina el módulo de resistencia de la sección, con el cual se determina las dimensiones de la sección, en este caso tubo cuadrado hueco.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W_{min}}$$

Ecuación 2.30. Esfuerzo máximo.

Donde:

M_{max} : momento máximo [Nm]

W_{min} : módulo de resistencia de la sección [cm³]

Se despeja módulo de resistencia de la sección de la Ecuación 2.30 y se tiene.:

$$W_{min} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{m\acute{a}x}}$$

Ecuación 2.31. Módulo de resistencia de la sección.

Se reemplaza en la Ecuación 2.31 y se obtiene:

$$W_{min} = \frac{30}{142,5} = 0,21 [cm^3]$$

Se selecciona el tubo cuadrado hueco de 20x20x1,2 (Figura A.12.1).

2.3.2.2. Modelo real

2.3.2.2.1. Ejes para transportador.

En lo referente a los ejes del transportador estos conservan las dimensiones del modelo a escala puesto que las cargas que van a soportar son las mismas. Dos de las dimensiones más importantes que van a cambiar son la longitud y el ancho, pero estas no afectan a los ejes ya que simplemente para precaver esto lo que se modifica son las tolvas derecha e izquierda.

2.3.2.2.2. Estructura para transportador.

Para el caso de la estructura del transportador se modifica la dimensión de longitud al doble, debido a esta modificación se incluye un soporte adicional más en la mitad del pórtico para prevenir deflexiones en esta sección.

2.3.3. Plano conjunto final

ANEXO XIII. Se adjunta el Plano Conjunto Final para el prototipo como para el modelo real respectivamente.

2.3.4. Planos de taller

ANEXO XIV. Se adjunta los Planos de Taller para el prototipo como para el modelo real respectivamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Como resultado se obtiene el plano de conjunto y los planos de taller para el prototipo y el modelo real los mismos que se observan en el (ANEXO XIII) y (ANEXO XIV) respectivamente.

A su vez se obtienen los costos para los módulos 2 y 3 además del protocolo de pruebas que se observan a continuación:

3.1.1. Costos

Los costos se han dividido en 3 rubros, elementos normalizados, materias primas y mano de obra.

Elementos normalizados:

Tabla 3.1. Costos elementos normalizados.

Elemento	Cantidad	P. unitario	TOTAL
Módulo 2			
Cadena	6	\$1,35	\$8,10
Piñones	4	\$5,79	\$23,16
Chumacera de pared de 3/4"	2	\$3,10	\$6,20
Chumacera de pared de 12 [mm]	2	\$2,87	\$5,74
Perno 5/16" x 1"	12	\$0,10	\$1,20
Arandela plana 5/16"	50	\$0,05	\$2,50
Arandela de presión 5/16"	50	\$0,05	\$2,50
Tuerca hexagonal 5/16"	50	\$0,12	\$6,00
Tuerca hexagonal cabeza de bola M10	16	\$0,30	\$4,80
Arandela plana M10	16	\$0,05	\$0,80
Arandela de presión M10	16	\$0,05	\$0,80
Perno M10 x 30 [mm]	16	\$0,25	\$4,00
Perno 5/16" x 3/4"	42	\$0,10	\$4,20
Perno cabeza redonda M3	28	\$0,08	\$2,24
Tuerca de seguridad M3	28	\$0,20	\$5,60
Moto-reductor	1	\$490,00	\$490,00
Módulo 3			
Molino eléctrico de rodillos	1	\$450,00	\$450,00
Perno cabeza-avellanada 5/16" x 3/4"	4	\$0,10	\$0,40
Arandela plana 5/16"	4	\$0,05	\$0,20
Arandela de presión 5/16"	8	\$0,05	\$0,40
Tuerca hexagonal 5/16"	8	\$0,20	\$1,60
Perno 5/16" x 3/4"	4	\$0,10	\$0,40
TOTAL			\$1.020,84

Fuente: [Propia]

Materiales

Tabla 3.2. Costos materiales.

Elemento	Dimensión	Material	Cant.	u.	P unitario	TOTAL
Módulo 2						
Plancha	1,2 [mm]	AISI-304	0,11	m ²	\$45,36	\$4,99
Plancha	2 [mm]	AISI-304	1,2	m ²	\$110,03	\$132,04
Plancha	3 [mm]	AISI-304	0,23	m ²	\$165,10	\$37,97
Plancha	4 [mm]	AISI-304	0,05	m ²	\$220,06	\$11,00
Plancha	6 [mm]	AISI-304	0,03	m ²	\$330,09	\$9,90
Tubo cuadrado	20x1,2 [mm]	A-36	4	m	\$3,48	\$13,92
Ángulo	30x30x4 [mm]	A-36	3,34	m	\$2,95	\$9,85
Eje	Ø=1 [in]	AISI-304	0,8	m	\$25,00	\$20,00
Módulo 3						
Plancha	1,2 [mm]	AISI-304	0,1	m ²	\$45,36	\$4,99
Plancha	4 [mm]	AISI-304	0,05	m ²	\$220,06	\$11,00
TOTAL						\$255,66

Fuente: [Propia]

Mano de obra

Tabla 3.3. Costos mano de obra.

Operación		Cantidad	P. unitario	TOTAL
Módulo 2				
Maquinado	Taladro	9,75	\$5,00	\$48,75
Maquinado	Torno	6	\$20,00	\$120,00
Maquinado	Fresadora	1	\$25,00	\$25,00
Corte	Corte laser	2	\$20,00	\$40,00
Corte	Amoladora	12,5	\$5,00	\$62,50
Pulido	Amoladora	11	\$2,00	\$22,00
Corte	Cizalla	100	\$0,50	\$50,00
Doblado	Dobladora	37	\$1,00	\$37,00
Soldadura	GTAW	5,5	\$12,00	\$66,00
Operario General		12	\$2,00	\$24,00
Módulo 3				
Maquinado	Taladro	1	\$5,00	\$5,00
Corte	Amoladora	3	\$5,00	\$15,00
Pulido	Amoladora	3	\$2,00	\$6,00
Corte	Cizalla	6	\$0,50	\$3,00
Doblado	Dobladora	13	\$1,00	\$13,00
Soldadura	TIG	2	\$20,00	\$40,00
Operario General		1,5	\$2,00	\$3,00
TOTAL				\$580,25

Fuente: [Propia]

3.1.1.1. Costo total máquina para recoger y moler restos incinerados para los módulos 2 y 3.

Tabla 3.4. Costos total máquina para recoger y moler restos incinerados para los módulos 2 y 3.

Costo del Módulo 2 (\$)	1302,77
Costo del Módulo 3 (\$)	553,99
SUBTOTAL (\$)	1856,76
Costo de Montaje (10%)	185,676
Costo de Diseño (30%)	557,028
Utilidad (10%)	185,676
Imprevistos	185,676
COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA MÓDULOS 2 Y 3 (\$)	2970,816

Fuente: [Propia]

El costo total de la máquina referente a los 3 Módulos se observa en el ANEXO XV.

3.1.2. Protocolo de pruebas

Máquina para Recoger y Moler Restos Óseos Incinerados

En la presente sección se desarrolla los protocolos de pruebas a seguir para la “máquina para recoger y moler restos óseos incinerados”, los mismos que permitirán demostrar que esta cumple con los requisitos establecidos previamente en las especificaciones, diseño y configuración.

Los protocolos de pruebas son recolecciones de casos de pruebas que verifican los elementos del sistema. Es así como estos requieren de un propósito de prueba, requisitos o actividades que se deben tener antes de la prueba y los rangos de aceptación.

3.1.2.1. Metodología para desarrollar el protocolo de pruebas

El desarrollo para la ejecución de los protocolos deberá incluir los siguientes parámetros: Identificar el ensayo a realizar dentro del cual se debe contar con las instrucciones necesarias para llevar a cabo dicho ensayo, se debe contar con el resultado esperado y el resultado final. En base a estas consideraciones y garantizando una evaluación ecuánime, el evaluador llenara el respectivo documento de “protocolo de pruebas” en el cual se tiene como parámetro de evaluación la APROBACIÓN de los elementos en ensayo. Todo lo antes mencionados lo podemos observar en el diagrama de flujo presentado en la Figura 3.1.



Figura 3.1. Diagrama de flujo a seguir en el protocolo de pruebas.
Fuente: [Propia]

A continuación, se presenta el protocolo de pruebas:

Protocolo de pruebas: Máquina para Recoger y Moler Restos Óseos Incinerados

3.1.2.2. Nombre del proceso: Ensayo 1

Objetivo

- Verificar el funcionamiento de la máquina sin carga

Ejecutor del proceso

- Operario

Actividades por desarrollar

Para llevar a cabo la ejecución del presente ensayo (Ensayo 1), se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Realizar inspección visual de toda la máquina prestando interés específicamente en el sistema de transmisión por potencia y en el estado de las paletas, ya que son los principales elementos para la funcionalidad de la máquina.
- Poner en marcha todo el sistema.
- Poner en marcha todo el sistema, dejar que la máquina funcione por los lapsos de tiempos establecidos en la Tabla 3.5.
- Realizar la inspección de los elementos de acuerdo con la información de la Tabla 3.5.

- Finalmente llenar la Tabla 3.5, correspondiente al protocolo de pruebas para llevar un registro de estas.

Tabla 3.5. Protocolo de pruebas. Máquina sin carga.

		ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA PROYECTO PTT-20-21			
Protocolo de pruebas					
MÁQUINA PARA RECOGER Y MOLER RESTOS ÓSEOS INCINERADOS					
Comprador:			Fecha:		
Operador:					
FUNCIONAMIENTO SIN CARGA					
Tiempo [min]	Elementos			Aprueba	
				SI	NO
6	Piñones y cadenas				
	Ejes y piñones				
	Chumaceras				
18	Piñones y cadenas				
	Ejes y piñones				
	Chumaceras				
30	Piñones y cadenas				
	Ejes y piñones				
	Chumaceras				

Fuente: [Propia]

Nota:

En caso de que se obtenga elementos que no aprueben o se den problemas generales que pongan en riesgo la funcionalidad de la máquina se debe detener el funcionamiento de esta e inspeccionar dicho problema. Una vez identificado la causa se debe llevar a cabo la corrección de esta, en lapsos de tiempo cortos para desarrollar un posterior protocolo de pruebas con los cambios realizados.

Esquema:

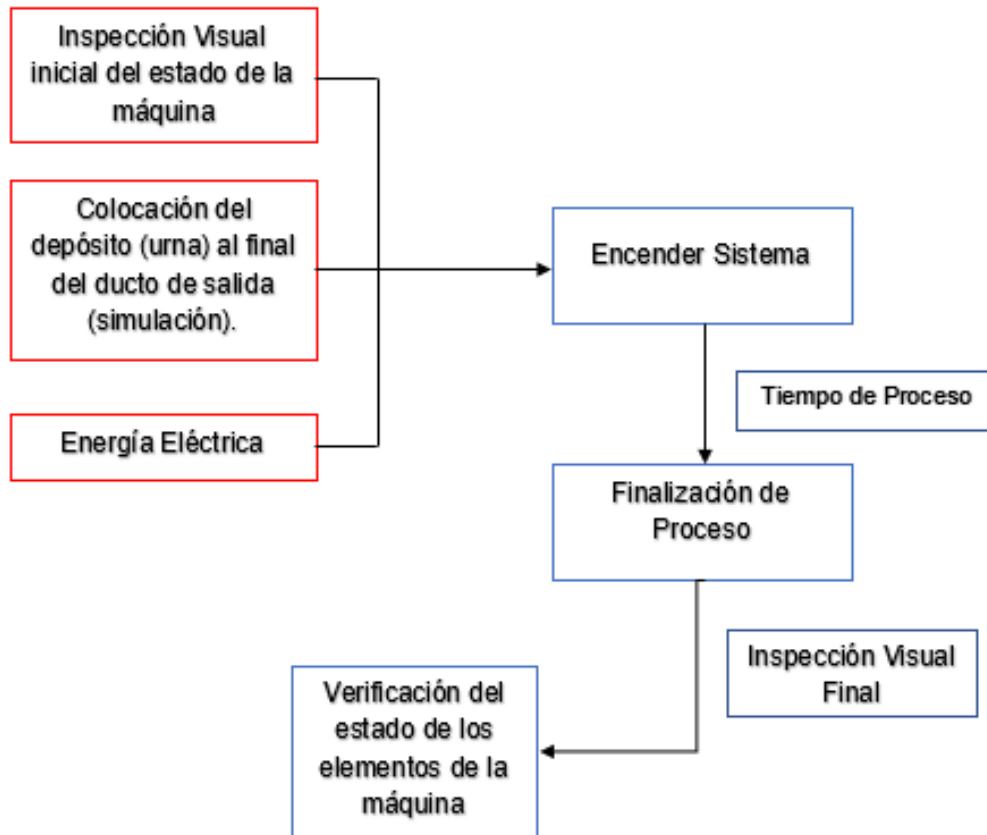


Figura 3.2. Esquema para Ensayo 1.
Fuente: [Propia]

3.1.2.3. Nombre del proceso: Ensayo 2

Objetivo

- Verificar el funcionamiento de la máquina con carga

Ejecutor del proceso

- Operario

Actividades por desarrollar

Para llevar a cabo la ejecución del presente ensayo (Ensayo 2), se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Realizar inspección visual de toda la máquina prestando interés específicamente en el sistema de transmisión de potencia y en el estado de las paletas, ya que son los principales elementos para la funcionalidad de la máquina.
- Poner en marcha el sistema.

- Poner en marcha todo el sistema, Ingresar el producto a recoger y moler de acuerdo con los parámetros fijados en la Tabla 3.6.
- Dejar que la máquina lleve a cabo su proceso de recolección y molienda, por lapsos de tiempo de 1.5 min.
- Una vez concluido el proceso de recolección y molienda inspeccionar todos los elementos que se detallan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Protocolo de pruebas. Máquina con carga.

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA PROYECTO PTT-20-21 			
Protocolo de pruebas			
MÁQUINA PARA RECOGER Y MOLER RESTOS ÓSEOS INCINERADOS			
Comprador:		Fecha:	
Operador:			
FUNCIONAMIENTO CON CARGA			
Huesos Incinerados [Kg]	Elementos	Aprueba	
		SI	NO
1	Piñones y cadenas		
	Ejes y piñones		
	Chumaceras		
2	Piñones y cadenas		
	Ejes y piñones		
	Chumaceras		
3	Piñones y cadenas		
	Ejes y piñones		
	Chumaceras		

Fuente: [Propia]

Nota:

Debido a que la presente máquina esta destinada a la recolección y molienda de restos incinerados y la obtención de los mismos resulta dificultoso, por lo cual para llevar a cabo el presente ensayo se recomienda realizar el ensayo utilizando huesos incinerados de animales o optar por el uso de Tiza la cual tienen un comportamiento similar a los huesos incinerados, según bibliografía consultada.

En el caso de que alguno de los elementos en el ensayo presente fallas lo que determine su no aprobación según el documento de protocolos de pruebas, se detendrá la operación de la máquina para su posterior inspección. Una vez identificado la causa se debe llevar a

cabo la corrección de esta, en un corto período de tiempo para desarrollar un posterior protocolo de pruebas con los cambios realizados.

Esquema:

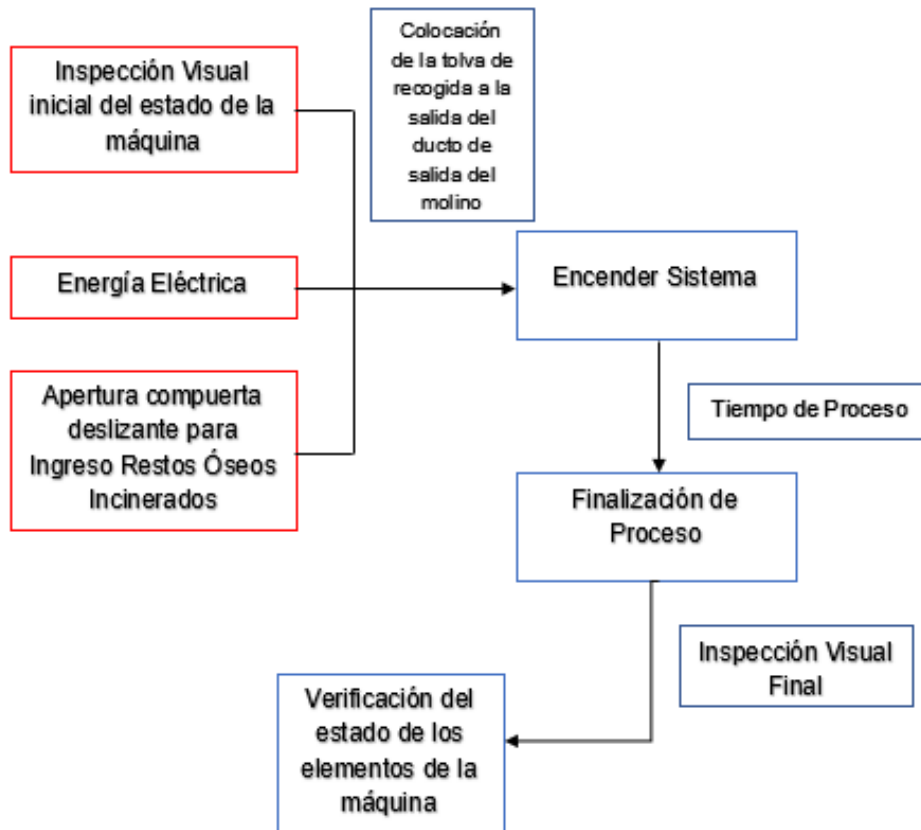


Figura 3.3. Esquema para Ensayo 2.
Fuente: [Propia]

3.1.2.4. Nombre del proceso: Ensayo 3

Objetivo

- Verificar la calidad de molienda

Ejecutor del proceso



- Operario

Actividades por desarrollar

Para llevar a cabo la ejecución del presente ensayo (Ensayo 3), se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Contar con materia prima necesaria para realizar un total de 3 ensayos como mínimo en el molino (aprox. 9 Kg de huesos incinerados)
- Para el primer ensayo, se debe ingresar los 3 Kg a la tolva de entrada del molino para su molienda.
- Poner en marcha el sistema.
- Dejar que la máquina realice la respectiva molienda durante 1 min.
- Finalizado el tiempo detener la marcha del motor y verificar si la molienda ha finalizado con toda la materia prima.
- Si no se presentasen novedades proceder con los siguientes 2 ensayos que se pueden ejecutar en base a la materia prima disponible.
- Finalmente, a medida que se desarrollan los respectivos ensayos verificar el producto de la molienda (partículas ≤ 4 mm).

Tabla 3.7. Protocolo de pruebas calidad de molienda.

 <div style="text-align: center;"> ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA PROYECTO PTT-20-21 </div> 			
Protocolo de pruebas			
MOLINO PARA RESTOS ÓSEOS INCINERADOS			
Comprador:		Fecha:	
Operador:			
CALIDAD DE MOLIENDA			
Descripción	Partícula Final	Aprueba	
		SI	NO
Producto de molienda	Partícula (4 mm)		
	Partícula (> 4 mm)		
	Partícula (< 4 mm)		

Fuente: [Propia]

Nota:

Si el producto obtenido no corresponde al tamaño de partículas requeridas como producto final, se debe regular la distancia de los rodillos del molino que fue adaptado al sistema, mediante el mecanismo acoplado a estos.

Esquema:

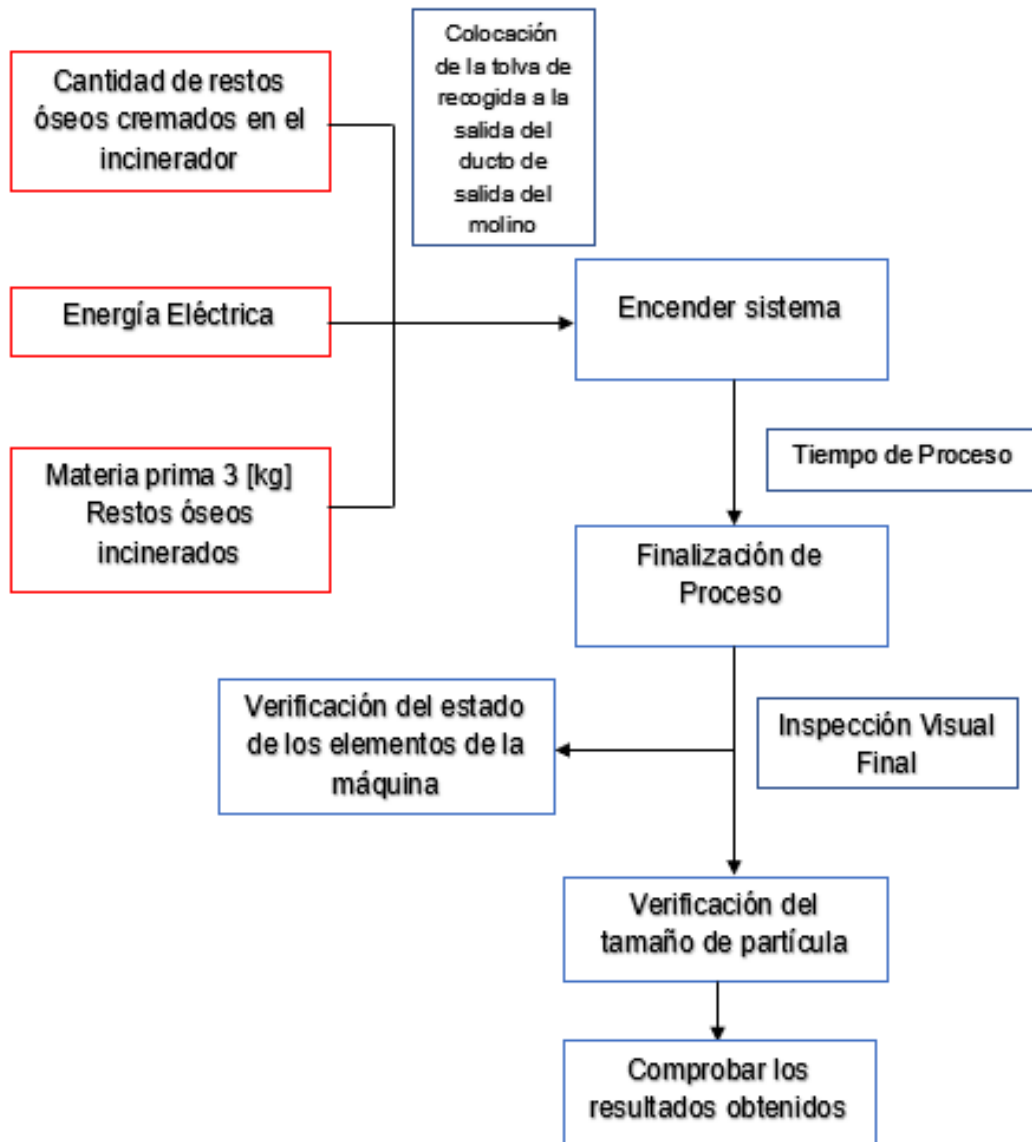


Figura 3.4. Esquema para Ensayo 3.
Fuente: [Propia]

3.1.2.5. Nombre del proceso: Ensayo 4

Objetivo

- Verificar las juntas, uniones soldadas y empernadas durante el funcionamiento de la máquina.

Ejecutor del proceso

- Operario

Actividades por desarrollar

Para llevar a cabo la ejecución del presente ensayo (Ensayo 4), se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Contar con materia prima necesaria para realizar un total de 3 ensayos como mínimo en máquina de recolección (aprox. 9 Kg de huesos incinerados).
- Para el primer ensayo, se debe dejar caer los 3 Kg al sistema de recolección y molienda.
- Dejar que la máquina realice su respectivo proceso durante un tiempo aproximado de 3 min.
- Durante el tiempo de operación del sistema observar el estado de las juntas empernadas y soldaduras.
- Finalizado el tiempo de operación del sistema verificar nuevamente el estado de juntas empernadas y soldadura. Igualmente verificar para los posteriores ensayos.
- Para obtener un mayor rango de apreciación del comportamiento de las juntas se puede optar llevar a cabo el mismo control del sistema sin carga.

Tabla 3.8. Protocolo de pruebas juntas y uniones soldadas.

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA PROYECTO PTT-20-21 			
Protocolo de pruebas			
MÁQUINA PARA RECOGER Y MOLER RESTOS ÓSEOS INCINERADOS			
Comprador:		Fecha:	
Operador:			
CALIDAD DE UNIONES SOLDADAS Y EMPERNADAS			
Cantidad de pruebas	Elementos	Aprueba	
		SI	NO
4	Pernos		
	Cadenas		
	Cuerpo		
	Tolva de entrada y ducto de salida		
	Estructura soportante		
	Chumaceras		
8	Pernos		
	Cadenas		
	Cuerpo		
	Tolva de entrada y ducto de salida		
	Estructura soportante		
	Chumaceras		
12	Pernos		
	Cadenas		
	Cuerpo		
	Tolva de entrada y ducto de salida		
	Estructura		
	Chumaceras		

Fuente: [Propia]

Nota:

Realizado el debido control e inspección de juntas empernadas y soldaduras, si las misma no presentan algun tipo de observación y son aprobadas mediante el documento de protocolo de pruebas respectivo se consideran como adecuadas y aptas para el servicio. Caso contrario se requerira de análisis de fracturas con la finalidad de determinar las causas asociadas a la falla del componente.

Esquema:

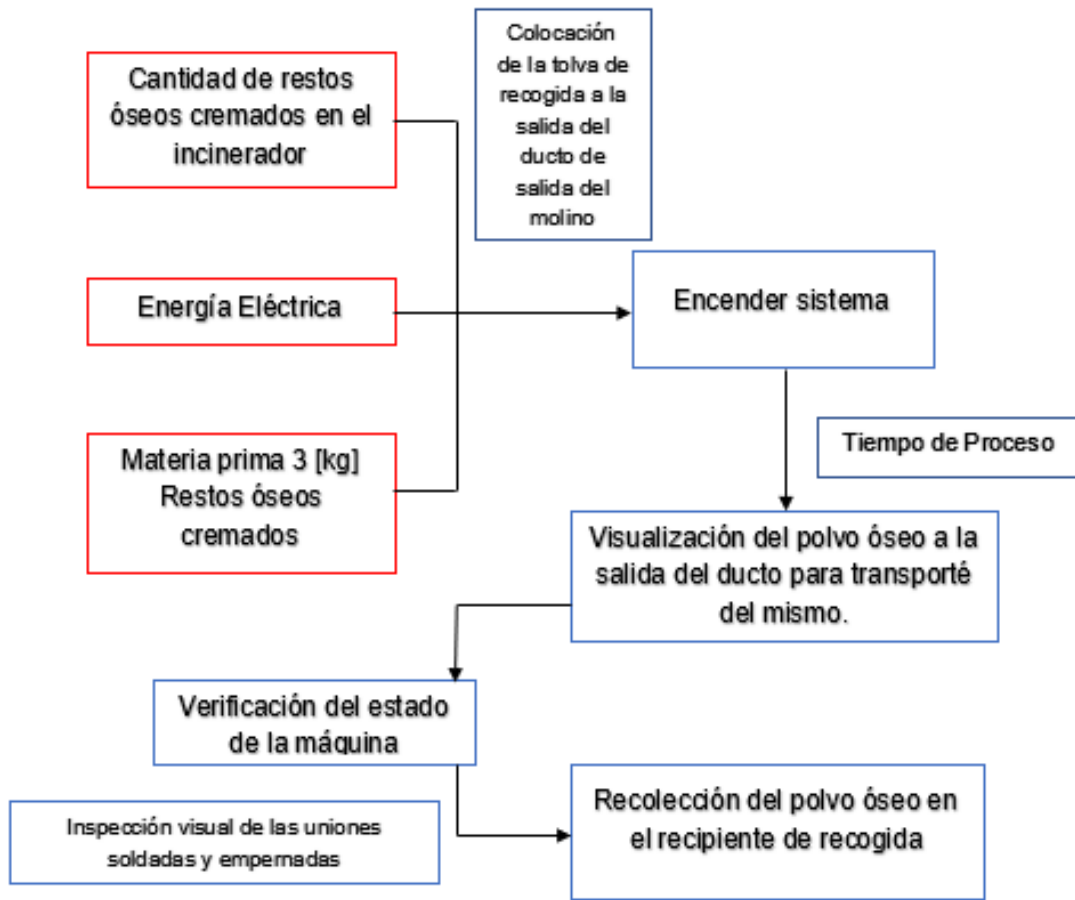


Figura 3.5. Esquema para Ensayo 4.
Fuente: [Propia]

3.2. Discusión

En base a la utilización del diseño conceptual se obtuvo una solución virtual de la máquina la misma que por medio de los cálculos y análisis de selección de elementos normalizados generamos un plano de conjunto final para el prototipo y posterior a esto la obtención de los planos de taller los mismos que se emplearan para su construcción de este, se recalca que se pueden realizar modificaciones futuras.

Los costos más elevados dentro de los materiales y mano de obra corresponden a la utilización de acero inoxidable, debido a que estos son aleaciones resistentes a temperaturas elevadas originando que el mecanizado como las operaciones de desbaste incrementen en gran medida si lo contrastamos con el acero A-36.

Los costos de los elementos, materiales y mano de obra pueden variar esto debido a las ofertas que presentan los distribuidores.

El desarrollo de las tablas para aprobación y no aprobación de los ensayos propuestos dentro del protocolo de pruebas para la máquina son un contraste de trabajos y estudios previos realizados.

La evaluación de los diferentes elementos en base a los ensayos que se realicen dentro del protocolo de pruebas, estarán expuestos a un juicio de valoración correspondiente a "APROBACIÓN", ante esto, en el caso que se obtenga resultados negativos la recomendación es su reemplazo inmediato para nueva evaluación (Protocolo).

La máquina de recolección y molienda diseñada no pudo llegar a su etapa de construcción debido a que es parte de un Proyecto de Transferencia Tecnológica (PTT-20-21), por lo cual depende del desarrollo de otros proyectos, principalmente el horno incinerador.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se diseñó un sistema de recolección y molienda para restos óseos patológicos con la finalidad de solventar la demanda en el último año por parte del sector funerario local debido a las muertes a causa del virus COVID-19. La máquina brinda las características adecuadas para la optimización de tiempo del proceso que la describe, pues cuenta con dimensiones adecuadas para ser acoplado directamente al incinerador o el sistema que proporciona la materia prima mejorando las condiciones de trabajo del proceso.

La alternativa seleccionada responde a las necesidades en cuanto a dimensión y rendimiento teniendo en cuenta que los residuos del proceso de incineración corresponden a 3 kg aproximadamente. En cuanto a funcionalidad y en base al estudio de benchmarking el diseño realizado cumplirá en gran medida las expectativas tanto de operadores como de usuarios ya que el sistema es totalmente automatizado.

El análisis de costos realizados permitió determinar el costo total del sistema el cual es de \$ 6023,34, siendo este un costo altamente atractivo y asequible. Lo que lo hace un producto altamente viable a su desarrollo y posteriores mejoras.

Para comprobar la funcionalidad de la máquina esta debe ser validada en base a los protocolos de pruebas establecidos específicamente los relacionados con el funcionamiento de esta con y sin carga y la calidad de molienda puesto que este resultado es el que va a ser entregado a los familiares de los usuarios de todo el sistema.

El diseño de adaptación del molino a la salida del sistema de recolección minimizará costos de diseño y construcción ya que se propone la adquisición de un molino comercial.

4.2. Recomendaciones

Para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina antes de su utilización, debe obligatoriamente aprobar por completo el protocolo de pruebas con lo cual aseguramos que esta no fallara tanto en desempeño y composición estructural.

Se recomienda verificar el correcto funcionamiento del molino antes de su adaptación al sistema con lo cual se evitará gastos innecesarios en lo referente al diseño de adaptación.

Se recomienda incluir un variador de velocidad en el control del transportador para tener un rango de velocidades que el usuario pueda modificar de acuerdo a la necesidad u observaciones realizadas durante las pruebas de funcionamiento.

Además, se recomienda incluir sensores de temperatura o realizar un análisis termográfico en el interior del transportador para determinar las temperaturas reales a las cuales opera, ya que con esto se puede abaratar los costos de materiales y fabricación.

Para la realización de un diseño adecuado, debemos efectuar una correcta investigación de campo en donde podemos analizar cada parámetro y detalles que pueda afectar la construcción final del sistema.

Es recomendable tener completa disposición al momento de realizar modificaciones en el diseño del sistema de recolección y molienda debido a que este es un ciclo que requiere modificaciones que son requeridas para la satisfacción del cliente.

Referencias Bibliográficas

- [1] J. Reverte, «MATERIAL Y MÉTODOS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO DE LAS CREMACIONES - GORGAS,» [En línea]. Available: Material y medios en el estudio de las cremaciones (gorgas.gob.pa). [Último acceso: 16 Noviembre 2021].
- [2] G. Perez, «Hueso-Trabajo, Dureza del hueso en la escala de Mohs,» 13 Enero 2011. [En línea]. Available: <https://huesotrabajado.wordpress.com/2011/01/13/%C2%BFcual-es-la-dureza-del-hueso-en-la-escala-de-mohs-bone-mohs/>. [Último acceso: 04 Octubre 2021].
- [3] La Paloma CFS, «Cremated Remains,» 30 Diciembre 2010. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=YLLcn1KCdE8>. [Último acceso: 16 Noviembre 2021].
- [4] E. D. d. Albacete, «Así es el horno crematorio del Cementerio de Albacete,» 08 Abril 2017. [En línea]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=DFA_gxmsB9I. [Último acceso: 18 Noviembre 2021].
- [5] G. subroto, «PROSES KREMASI,» 03 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=enHpzBjehyl>. [Último acceso: 20 Noviembre 2021].
- [6] B. COM, «Cremation equipment automatic incinerator High efficient system 380V smokeless for human fast, » 29 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=lvS2jz6wQ2A>. [Último acceso: 20 Noviembre 2021].
- [7] Bega Helicoidales, «Transportadores Helicoidales Sinfines: Tipos, Usos y Aplicaciones,» [En línea]. Available: <https://www.begahelicoidales.com/tipos-transportadores-helicoidales>. [Último acceso: 27 Noviembre 2021].
- [8] Libróptica, «Mesa Vibratoria,» [En línea]. Available: <http://libroptica.com/MesaVibradora.html>. [Último acceso: 24 Noviembre 2021].
- [9] SICSA, «Transportadores y Bandas Industriales,» [En línea]. Available: https://www.sicsabandas.com.mx/transportadores/?gclid=Cj0KCCQiA7oyNBhDiARIsADtGRZYyudji_M29O9qA34KU1C5atyGZFDgVmSWoDyrcuwHbKbj9OBcphHEaAtqBEALw_wcB. [Último acceso: 22 Noviembre 2021].
- [10] G. Barbosa-Canovas y E. Ortega Rivas, «Food Powders Physical Properties, Processing, and Functionality,» 2005. [En línea]. Available: <http://154.68.126.6/library/Food%20Science%20books/batch1/Food%20Powders.pdf>. [Último acceso: 23 Diciembre 2021].
- [11] B. Rodriguez, S. Urbina, A. Serrano, K. Castro y M. Méndez, «Molinos de Rodillos,» 12 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/BessyCaroiz/molinos-de-rodillos>. [Último acceso: 24 Diciembre 2021].
- [12] E. Martinez, «Molino de Martillos,» 20 Mayo 2008. [En línea]. Available: <http://molinodemartillo.blogspot.com/2008/05/molinos-de-martillo.html>. [Último acceso: 24 Diciembre 2021].
- [13] LOCHAMP, «animalfeedcn,» [En línea]. Available: <http://animalfeedcn.com.ar/1-8-4-scraper-conveyor.html>. [Último acceso: 21 Diciembre 2021].

- [14] «MERCADO LIBRE,» [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-503302445-molino-para-granos-martillo-0024-_JM#position=13&search_layout=stack&type=item&tracking_id=809d7846-0cf8-4bc5-bb76-bc644e764f8a. [Último acceso: 10 Diciembre 2021].
- [15] «Mercado Libre - Molino de Rodillos Eléctrico,» [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-900111385-molino-de-grano-electrico-de-acero-inoxidable-_JM#position=41&search_layout=grid&type=item&tracking_id=34eada23-0312-4da4-9e72-d31ad566b9a7. [Último acceso: 31 Enero 2022].
- [16] «AMAZON - Molino de Rodillos para granos,» [En línea]. Available: https://www.amazon.com/dp/B07XTCWYYQ/ref=sspa_dk_detail_1?psc=1&pd_rd_i=B07XTCWYYQ&pd_rd_w=IYdmZ&pf_rd_p=9fd3ea7c-b77c-42ac-b43b-c872d3f37c38&pd_rd_wg=EaWvy&pf_rd_r=663CEEPZ203C25M1J24V&pd_rd_r=ae29a99d-8c74-4ac6-be46-4529dbb31cc8&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGl. [Último acceso: 30 Enero 2022].
- [17] ingemecanica, "Transmisión por Cadenas Cálculo y Diseño," [Online]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>. [Último acceso: 02 Febrero 2022].
- [18] TRANSTECNO, «Catálogo TRANSTECNO GEARMOTORS - "Moto-reductores",» [En línea]. Available: https://www.transtecno.com/wordpress/wp-content/uploads/2021/05/Cat-AC-gearmotors-ALU-IEC-60-Hz-100521_0521.pdf. [Último acceso: 01 Febrero 2022].
- [19] K. J. BUDYNAS, RICHARD G. NISBETT, "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley," *Igarss 2014*, no. 1, pp. 878–879, 2014.
- [20] KANA, «sypanama / Catálogo Marca,» [En línea]. Available: <http://sypanama.com/wp-content/uploads/2015/09/SYL-KANA.pdf>. [Último acceso: 01 Febrero 2022].
- [21] «JARDÍNEZ DEL VALLE CAMPOSANTO,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.jardinesdelvalle.com/>. [Último acceso: 10 Febrero 2021].
- [22] DIPAC, «Eje AISI 304 Inoxidable,» [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/acero-inoxidable-aisi>. [Último acceso: 06 Febrero 2022].
- [23] DIPAC, «Eje AISI 1018 Transmisión,» [En línea]. Available: <https://www.dipacmanta.com/ejes/ejes-aisi-1018/aisi-1018-transmision>. [Último acceso: 10 Febrero 2022].
- [24] DIPAC, «Tubo Estructural Cuadrado Negro SAE J 403 1008,» [En línea]. Available: https://www.dipacmanta.com/tubos/tubos-estructurales?product_id=299. [Último acceso: 10 Febrero 2022].
- [25] Martin, «Catálogo Martin - Piñones de Cadena,» [En línea]. Available: https://www.martinsprocket.com/docs/catalogs/power%20transmission/2_sprocket%20catalog/roller-chain-sprockets.pdf. [Último acceso: 11 Febrero 2021].

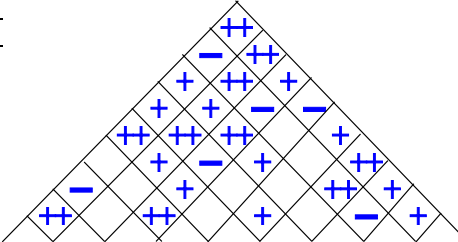
Anexos

ANEXO I.

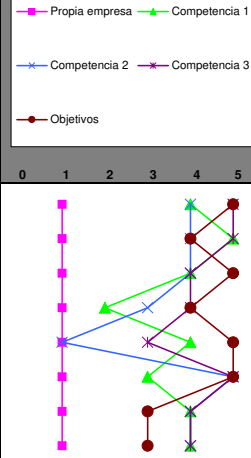
ANEXO I. Casa de la calidad.

ANEXO I.	
CASA DE LA CALIDAD	
DISEÑADO POR:	
Chalán Esteban	
Palo Carlos	

Leyenda		
⊙	Relación fuerte	9
○	Relación moderada	3
△	Relación pobre	1
++	Correlacion positiva fuerte	
+	Correlación positiva	
-	Correlación negativa	
▼	Correlacion negativa fuerte	
▲	Objetivo minimizar	
▲	Objetivo maximizar	
X	Objective target	
◆	Factor de venta fuerte	1,5
◻	Factor de venta posible	1,2
●	Factor de venta ninguno	1



Row #	Indice de mejora	Factor de Venta	Importancia	Ponderación	Ponderación en %	Requerimientos del usuario (Voz del usuario)	Column #									Análisis de competencia (0=Worst, 5=Best)												
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	Propia empresa	Competencia 1	Competencia 2	Competencia 3	Objetivos								
							<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Dirección de Mejora: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Características técnica (Voz del Ingeniero)</p> </div> </div>																					
1	5	◆	5,0	37,5	19,3	Aumentar el número de incineraciones por día	⊙	⊙	○					⊙	○	○	⊙	1	4	4	5	5						
2	4	◆	5,0	30,0	15,5	Entrega diligente de cofres	⊙	⊙	○					○	▲	○	○	1	5	4	5	4						
3	5	◻	4,0	24,0	12,4	Encendido automático	⊙							○	▲			1	4	4	4	5						
4	4	◆	4,0	24,0	12,4	Resistencia al calor	○	▲	○	○				▲	⊙		▲	1	2	3	4	4						
5	5	◻	5,0	30,0	15,5	Pulverizado correcto de restos incinerados	▲							○	⊙		○	1	4	1	3	5						
6	5	●	3,0	15,0	7,7	Salida ininterrumpida de la ceniza	○	○	○					○	▲	▲	⊙	1	3	5	5	5						
7	3	◆	5,0	22,5	11,6	Adaptación molino	○	⊙						○			○	1	4	4	4	4	3					
8	3	◻	3,0	10,8	5,6	Bajo nivel de ruido (Trituración)	○	○						▲			○	1	4	4	4	4	3					
Σ							193,8	100,0																				
							100,0																					
							Propia empresa																					
							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
							Competencia 1									9	3	1										
							2	5	3	4	5	5	3	4	3													
							Competencia 2									4	5	4	4	3	4							
							4	4	3	5	5	4	4	3	4													
							Competencia 3									5	5	2	5	3	4	4	3	4				
							5	5	2	5	3	4	4	3	4													
							Incidencia									454,5	842,4	337,5	127,5	441,9	581,4	735,9	459,9	720,9	4701,9	1,2	1	
							9,7	17,9	7,2	2,7	9,4	12,4	15,7	9,8	15,3	100,0												
							Valor de referencia									10 cremaciones	15 minutos	1000-1200°C	3 minutos de esp	220 [V]	15 minutos	1000-1200°C	3 kg					



ANEXO II.

ANEXO II. Ponderación de criterios.

Módulo 2

Tabla A.2.1. Evaluación del peso específico de cada criterio para el módulo 2.

<i>Capacidad de transporte > Accionamiento > Adaptación practica del molino = Complejidad de fabricación</i>						
Criterio	Capacidad de transporte	Adaptación práctica del molino	Complejidad de fabricación	Accionamiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Capacidad de transporte		1	0,5	1	3,5	0,304
Adaptación práctica del molino	1		0,5	0	2,5	0,217
Complejidad de fabricación	0,5	0		1	2,5	0,217
Accionamiento	1	0	1		3	0,261
Suma					11,5	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.2. Evaluación del peso específico del criterio capacidad de transporte para el módulo 2.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Capacidad de transporte	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		1	2	0,667
Alternativa 2	0		1	0,333
Suma			3	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.3. Evaluación del peso específico del criterio adaptación práctica del molino para el módulo 2.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Adaptación práctica del molino	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		1	2	0,667
Alternativa 2	0		1	0,333
Suma			3	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.4. Evaluación del peso específico del criterio complejidad de fabricación para el módulo 2.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Complejidad de fabricación	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		1	2	0,571
Alternativa 2	0.5		1,5	0,429
		Suma	3,5	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.5. Evaluación del peso específico del criterio accionamiento para el módulo 2.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Accionamiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		0	1	0,333
Alternativa 2	1		2	0,667
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Módulo 3

Tabla A.2.6. Evaluación del peso específico de cada criterio para el módulo 3.

<i>Fiabilidad > Acoplamiento al sistema global = Estética > Accionamiento</i>						
Criterio	Fiabilidad	Acoplamiento global	Estética	Accionamiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Fiabilidad		1	1	0,5	2,5	0,3125
Acoplamiento al sistema global	1		0,5	0,5	2,0	0,2500
Estética	0,5	1		0,5	2,0	0,2500
Accionamiento	0,5	0,5	0,5		1,5	0,1875
				Suma	8	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.7. Evaluación del peso específico del criterio fiabilidad para el módulo 3.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Fiabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		1	2	0,667
Alternativa 2	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.8. Evaluación del peso específico del criterio acoplamiento al sistema global para el módulo 3.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Acoplamiento al sistema global	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		1	2	0,667
Alternativa 2	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.9. Evaluación del peso específico del criterio estética para el módulo 3.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Estética	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		0	1	0,333
Alternativa 2	1		2	0,667
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

Tabla A.2.10. Evaluación del peso específico del criterio accionamiento para el módulo 3.

<i>Alternativa 1 > Alternativa 2</i>				
Accionamiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación.
Alternativa 1		0,5	1,5	0,500
Alternativa 2	0,5		1,5	0,500
		Suma	3	1

Fuente: [Propia]

ANEXO III.

ANEXO III. Parte 1: Características técnicas molino de rodillos eléctrico.

Tabla A.3.1. Características técnicas molino de rodillos eléctrico.

Tipo	Capacidad	Dimensiones [mm]	Motor	Tipo de molienda	Energía	Costo USD
Molino de rodillos para granos	20 kg/h	Largo: 350 Ancho: 152 Alto: 300	1 Hp	Ultrafino y fino	110 [V]	400

Fuente: [15]

ANEXO III. Parte 2: Experimento con Hueso Calcinado para obtención del coeficiente de fricción sobre acero inoxidable.

El proceso de incineración da como resultado cenizas y restos óseos de partes contundentes del esqueleto humano. El proceso dura aproximadamente de 1 a 3 horas donde se tiene una combustión continua a temperaturas entre el rango de 750 a 1100 °C. Considerando dichos datos, en este experimento se calcinó el hueso mediante un soplete de uso casero conectado al tanque de gas convencional, pero con una válvula de tipo industrial para lograr una mayor potencia y volumen de salida en la llama, además se trabajó con tres huesos de cerdo con características y dimensiones similares a un húmero humano, uno de los huesos que no se desintegran totalmente en la incineración. Se quemó el hueso durante 45 minutos hasta obtener un color negro con tendencia a blancuzco similar al resultado de una incineración común. En el proceso de quemado el hueso se separó en tres partes por sí solo, dos epífisis y una de diáfisis como se aprecia en la Figura A.3.1, las cuales fueron ensayadas individualmente para la obtención de datos observados en la Tabla 2.9.



Figura A.3.1. Secciones del Hueso

Fuente: [Propia]

Evidencias de ensayo:



Figura A.3.2. Hueso utilizado para el ensayo.
Fuente: [Propia]



Figura A.3.3. Proceso de incineración hueso.
Fuente: [Propia]



Figura A.3.4. Hueso incinerado.
Fuente: [Propia]

ANEXO IV.

ANEXO IV. Coeficientes para cálculo de potencia corregida.

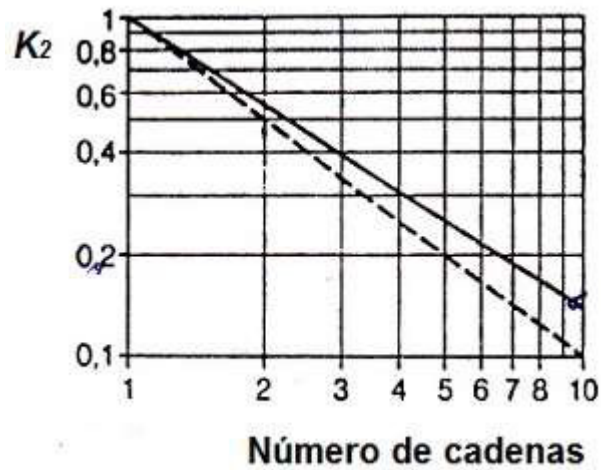


Figura A.4.1. Factor K_2 en función del número de cadenas
Fuente:[17]

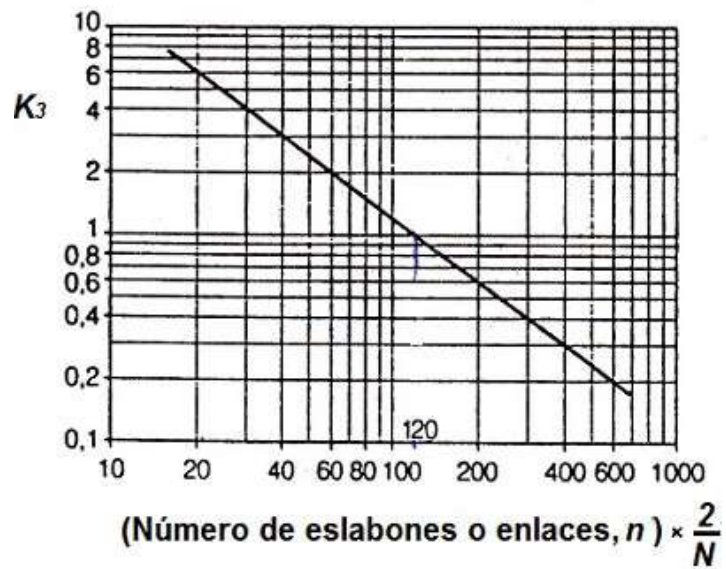


Figura A.4.2. Factor K_3 en función del número de eslabones.
Fuente:[17]

Coeficiente K_4 , Factor de servicio				
Charges	Machines motrices	Moteur à combustion interne à transmission		
		hydraulique Moteur électrique et Turbine	4 cylindres et plus	moins de 4 cylindres
Régulières	Machines d'imprimerie Pompes et compresseurs centrifuges Calandreuses pour papier Escaliers roulants Agitateurs de liquides	1,00	1,10	1,30
Irrégulières	Malaxeurs à béton Broyeurs à boulets Pompes et compresseurs à 3 pistons ou plus Presses, cisailles Agitateurs de solices Tamis vibrants	1,40	1,50	1,70
À-coups	Excavatrices Raboteuses Broyeurs à marteaux et à cylindres Pompes et compresseurs à 1 piston Forage pétrolier	1,80	1,90	2,10

Figura A.4.3. Factor de servicio.
Fuente:[17]

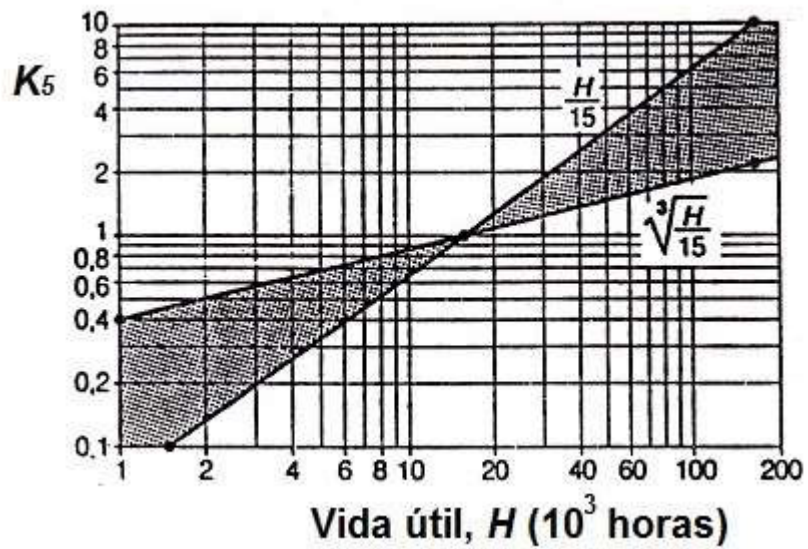


Figura A.4.4. Coeficiente de vida útil, K_5 .
Fuente:[17]

ANEXO V.

ANEXO V. Selección de la cadena ANSI 40 con paso de 12,70 [mm] y diámetro de catarinas 7,92 [mm].

Velocidad de la catarina, rpm	Número de ANSI de cadena					
	25	35	40	41	50	60
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31
150	0.13*	0.41*	0.99*	0.55*	1.92*	3.32
200	0.16*	0.54*	1.29	0.71	2.50	4.30
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20
400	0.30*	1.01*	2.40	1.32	4.67	8.03
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81

Figura A.5.1. Capacidad nominal de potencia de cadenas de paso único de torón sencillo.
Fuente: [19]

Número de cadena ANSI	Paso, pulg (mm)	Ancho, pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión, lbf (N)	Peso promedio, lbf/pie (N/m)	Diámetro del rodillo, pulg (mm)	Espaciamento de hileras múltiples, pulg (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	— —
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)

Figura A.5.2. Dimensiones de cadenas estándares de rodillos americanas: torón sencillo.
Fuente: [19]

ANEXO VI.

ANEXO VI. Datos técnicos Moto-reductores catálogo TRANSTECNO GEARMOTORS.



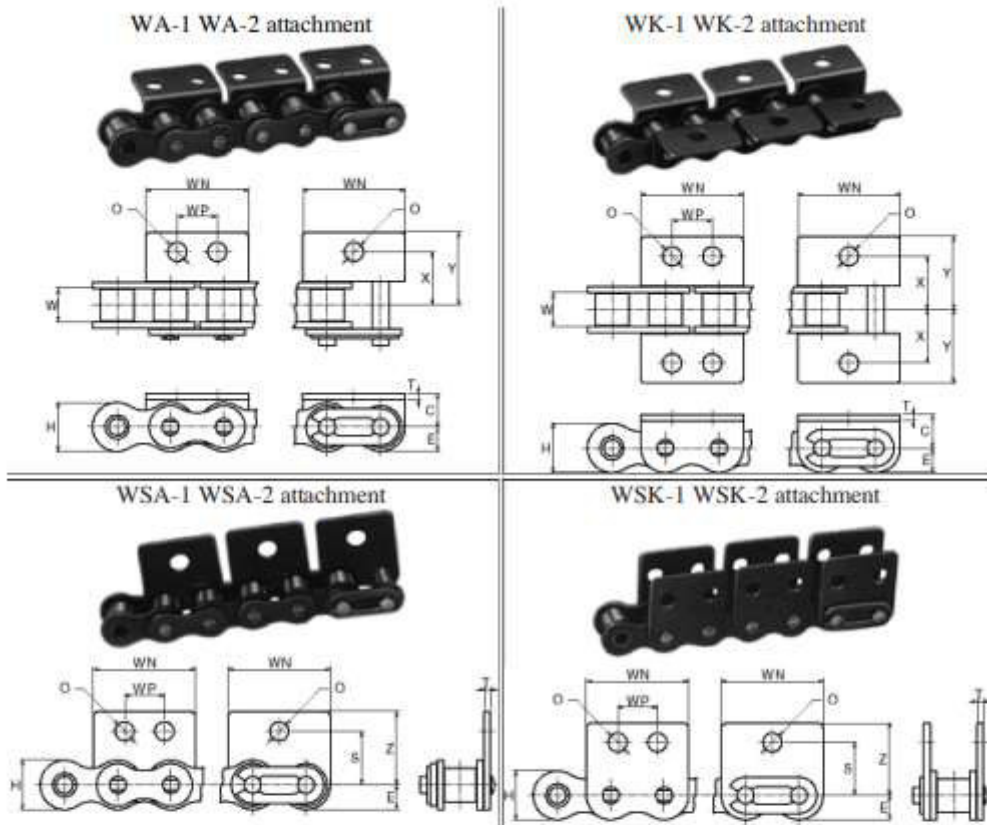
P_1 [kW]	n_2 [min ⁻¹]	M_2 [Nm]	sf	i		
0.09						
(0.12 hp) 56B4 (1750 min ⁻¹)	283	2.9	14.0	6.18	CMB402	B5/B14
	234	3.5	11.6	7.49		B5/B14
	190	4.2	9.4	9.20		B5/B14
	148	5.5	8.2	11.83		B5/B14
	140	5.8	7.8	12.48		B5/B14
	118	6.8	6.6	14.83		B5/B14
	99	8.1	5.5	17.63		B5/B14
	94	8.6	6.4	18.60		B5/B14
	78	10	5.3	22.33		B5/B14
	73	11	5.0	23.91		B5/B14
	61	13	4.9	28.89		B5/B14
	57	14	4.6	30.84		B5/B14
	52	15	4.2	33.57		B5/B14
	49	16	4.0	35.63		B5/B14
	41	20	3.3	42.75		B5/B14
32	26	2.5	55.31	B5/B14		
30	27	2.4	59.06	B5/B14		
27	30	2.2	64.29	B5/B14		
24	33	1.9	72.50	B5/B14		

Figura A.6.1. Datos técnicos Moto-reductores catálogo TRANSTECNO GEARMOTORS.
Fuente: [18]

ANEXO VII.

ANEXO VII. Selección de la cadena con accesorios es el WA-1 Catálogo KANA y piñón marca MARTIN.



Dimensions in Inches.

Chain Number.	Attachment									Chain Number.
	WN	WP	OE		CX		YS		Z	
35	0.611	.374	.134	.173	.250	.374	.543	.374	0.543	35
40	.906	.374	.177	.228	.311	.500	.685	.500	0.681	40
50	1.122	.469	.217	.287	.406	.626	.880	.626	0.878	50
60	1.362	.563	.260	.346	.469	.750	1.071	.719	1.035	60
80	1.815	.752	.354	.453	.626	1.000	1.386	.969	1.346	80
100	2.228	.937	.433	.567	.781	1.250	1.760	1.250	1.756	100

Figura A.7.1. Dimensiones cadena WA-1.

Fuente: [20]

No. 35
3/8" Pitch

All Steel
Stock Sprockets

Martin

Single - Type BS — 2 Setscrews — Bored-To-Size

No. Teeth	Catalog Number	Outside Diameter	Length Thru Bore	Weight Lbs. (Approx.)	Stock Finished Bores Includes Keyway and 2 Setscrews
9	35BS9	1.260	3/4"	0.10	*3/8"
10	35BS10	1.380	3/4"	0.11	*3/8" — 1/2" — 5/8"
11	35BS11	1.500	3/4"	0.15	*3/8" — 1/2" — 5/8" — 3/4"
12	35BS12	1.630	3/4"	0.18	— 1/2" — 3/4" — 5/8"
13	35BS13	1.750	3/4"	0.20	— 3/8" — 1/2" — 5/8"
14	35BS14	1.870	3/4"	0.22	— 1/2" — 3/4" — 5/8"
15	35BS15	1.990	3/4"	0.24	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
16	35BS16	2.110	3/4"	0.29	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
17	35BS17	2.230	3/4"	0.36	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
18	35BS18	2.350	3/4"	0.39	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
19	35BS19	2.470	3/4"	0.44	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
20	35BS20	2.590	3/4"	0.51	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
21	35BS21	2.710	3/4"	0.75	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
22	35BS22	2.830	3/4"	0.78	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
23	35BS23	2.950	3/4"	0.78	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
24	35BS24	3.070	3/4"	0.79	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
25	35BS25	3.190	3/4"	0.80	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1"
26	35BS26	3.310	3/4"	0.84	— 1/2" — 3/4" — 5/8" — 3/4" — 1" — 1 1/4" — 1 1/2" — 1 3/4"

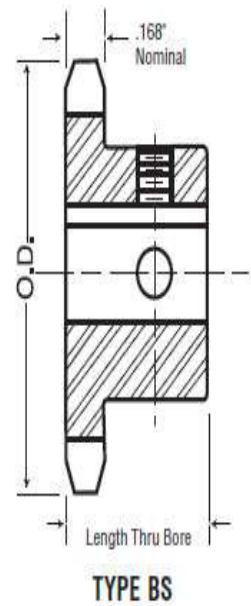


Figura A.7.2. Selección piñón de cadena.

Fuente: [25]

ANEXO VIII.

ANEXO VIII. Tablas con parámetros utilizados para el diseño del eje.

Tabla 6-2

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} 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

Figura A.8. 1. Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin.

Fuente:[19]

Tabla 6-4

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.*
(S_T = resistencia a la tensión a la temperatura de operación, S_{RT} = resistencia a la tensión a temperatura ambiente; $0.099 \leq \hat{\sigma} \leq 0.110$)

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

* Fuente: Figura 2-9.

Figura A.8. 2. Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.

Fuente:[19]

Tabla 7-1

Estimaciones de primera iteración de los factores de concentración del esfuerzo K_t y K_B . *Advertencia:* Estos factores sólo son estimaciones que pueden usarse cuando las dimensiones reales aún no se determinan. *No utilice* estos valores cuando ya cuente con las dimensiones reales.

diámetros hayan sido determinados.

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.14	3.0	—
Cuñero de patín o trapecoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Los valores faltantes en la tabla no pueden obtenerse con facilidad.

Figura A.8. 3. Estimaciones de primera iteración de los factores de concentración del esfuerzo K_t y K_B .

Fuente:[19]

Figura A-15-8

Eje redondo con filete en el hombro en torsión. $\tau_0 = Tc/J$, donde $c = d/2$ y $J = \pi d^4/32$.

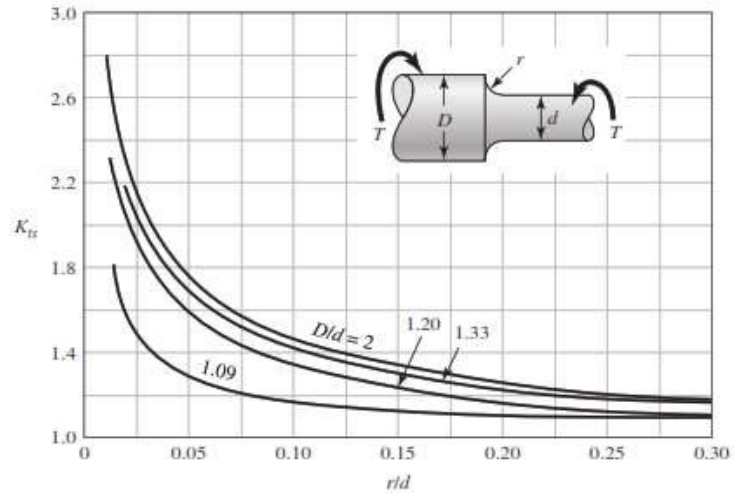


Figura A.8. 4. Eje redondo con filete en el hombro en torsión.

Fuente:[19]

Figura A-15-9

Eje redondo con filete en el hombro en flexión. $\sigma_0 = Mc/I$, donde $c = d/2$ e $I = \pi d^4/64$.

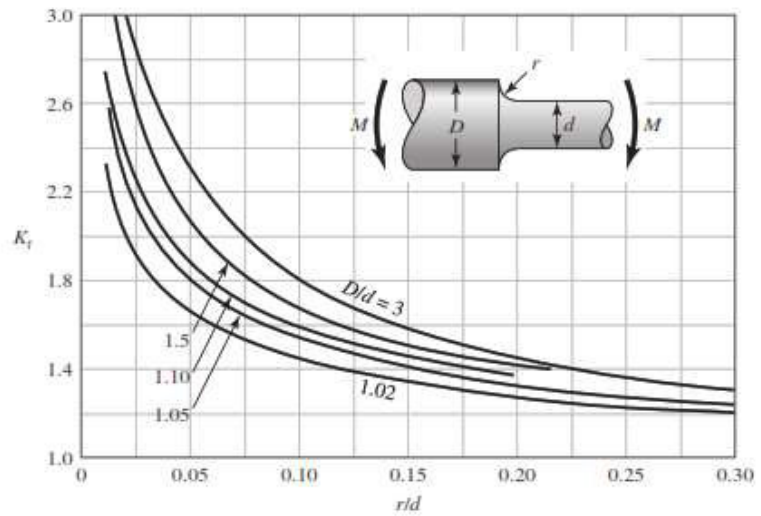


Figura A.8. 5. Eje redondo con filete en el hombro en flexión.

Fuente:[19]

Figura 6-20

Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T, sometidos a flexión inversa de cargas axiales inversas. Para radios de muesca más grandes, use los valores de q correspondientes a la ordenada $r = 0,16$ pulg (4 mm). [De George Sines y J.L. Waisman (eds.), *Metal Fatigue*, McGraw-Hill, Nueva York, Copyright © 1969 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.]

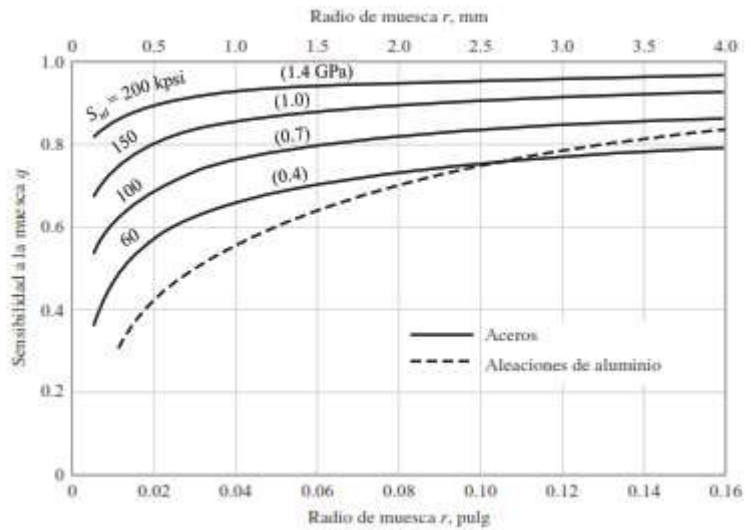


Figura A.8. 6. Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T, sometidos a flexión inversa de cargas axiales inversas.

Fuente:[19]

Figura 6-21

Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa. En el caso de radios de muesca más grandes, use los valores de $q_{corriente}$ correspondientes a la ordenada $r = 0.16$ pulg (4 mm).

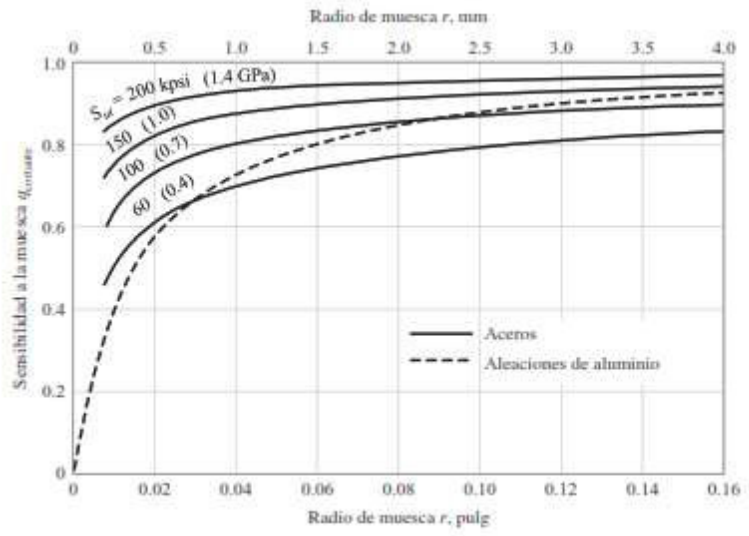


Figura A.8. 7. Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa.

Fuente:[19]

ANEXO IX.

ANEXO IX. Especificaciones generales material eje motriz.

Eje AISI 304 inoxidable

El eje de acero inoxidable es resistente al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos. Acero inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300 C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas, si se emplea con la superficie pulida espejo. Aplicaciones: Industrias alimenticias, cervecera, azucarera, utensilios domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc.

Especificaciones Generales:

- **Norma:** AISI 304 (Inoxidable)
- **Descripción:** Acero inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300°C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas si se emplea con la superficie pulida espejo.
- **Aplicaciones:** Industrias alimenticias, cerveceras, azucarera, utensilios domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc.
- **Longitud:** 6mts

[DESCARGAR CATÁLOGO ↓](#)

COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10.5	18 - 20

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

DIMENSIONES

DIÁMETRO

3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1-1/4"
1-1/2"
2"
2-1/2"
3"
3-1/2"
4"
5"
6"

Figura A.9.1. Especificaciones generales material eje motriz.
Fuente: [22]

ANEXO X.

ANEXO X. Datos utilizados para la simulación de eje motriz.

☐ Cargas

Índice	Ubicación	Fuerza radial				Par de torsión
		Y	X	Tamaño	Dirección	
1	55,5 mm					-14,000 N m
2	55,5 mm	294,000 N		294,000 N		
3	142 mm					7,000 N m
4	142 mm		338,000 N	338,000 N	90,00 gr	
5	460 mm		338,000 N	338,000 N	90,00 gr	
6	460 mm					7,000 N m

Figura A.10. 1. Datos ingresados para simulación de eje motriz.

Fuente: [Propia]

☐ Cargas

Índice	Ubicación	Fuerza radial			
		Y	X	Tamaño	Dirección
1	29 mm	338,000 N		338,000 N	
2	372 mm	338,000 N		338,000 N	

Figura A.10. 2. Datos ingresados para simulación de eje conducido.

Fuente: [Propia]

ANEXO XI.

ANEXO XI. Especificaciones generales material eje conducido.

Eje AISI 1018 transmisión

Es una barra de acero de cementación no aleado, Calidad AISI 1018, disponible en acabado de acero negro. Es un acero de cementación no aleado principalmente usado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Especificaciones Generales:

- **Norma:** AISI 1081
- **Descripción:** Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.
- **Aplicaciones:** Levas, uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado3.
- **Longitud:** 6mts



COMPOSICIÓN QUÍMICA					DIMENSIONES
%C	%Si	%Mn	%P	%S	DIÁMETRO
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05	3/8"
					1/4"
					5/8"
					3/4"
					7/8"
					1"
					1-1/4"
					1-1/2"
					1-3/4"
					2"
					2-1/4"
					2-1/2"
					2-3/4"
					3"
					3-1/2"
					4"
					4-1/2"
					5"
					6"

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

Figura A.11.1. Especificaciones generales material eje conducido.

Fuente: [23]

ANEXO XII.

ANEXO XII. Selección tubo estructural cuadrado negro SAE J 403 1008 de 30x30x1,5 que tiene un valor de 1,46 [cm³].

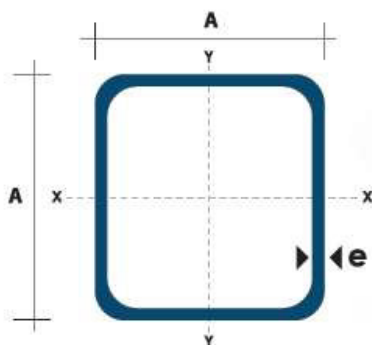


TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 5,00mm



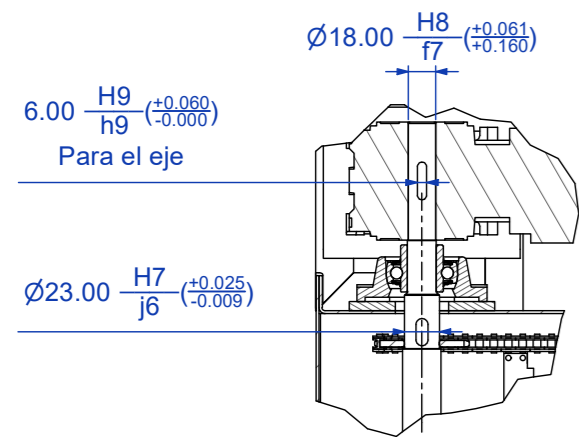
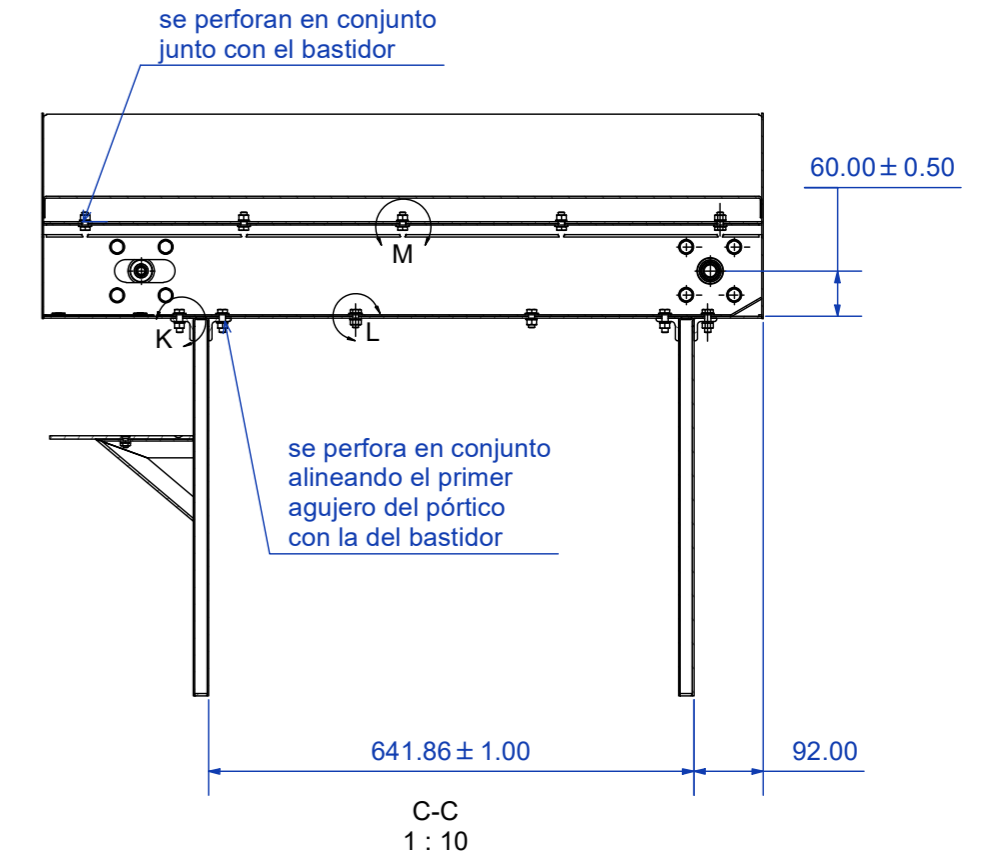
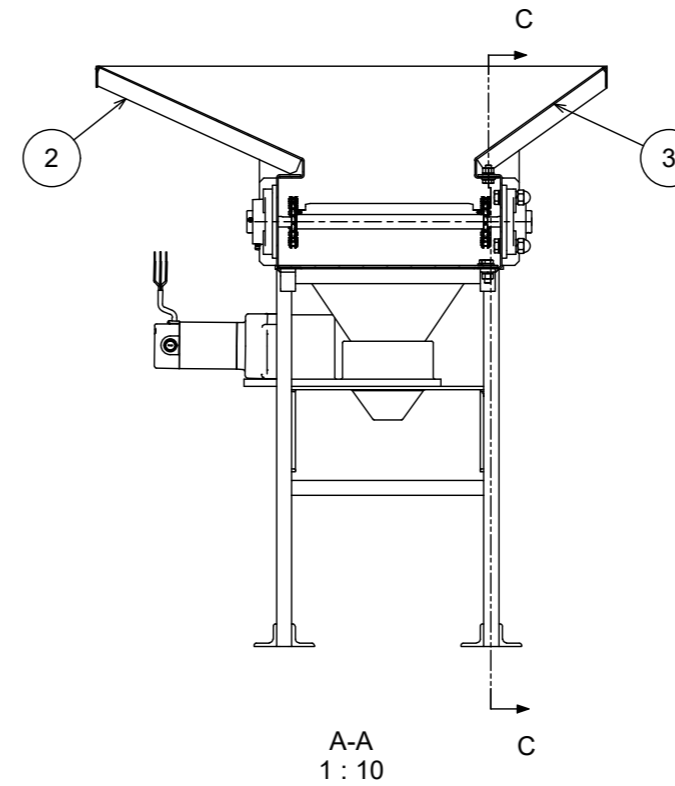
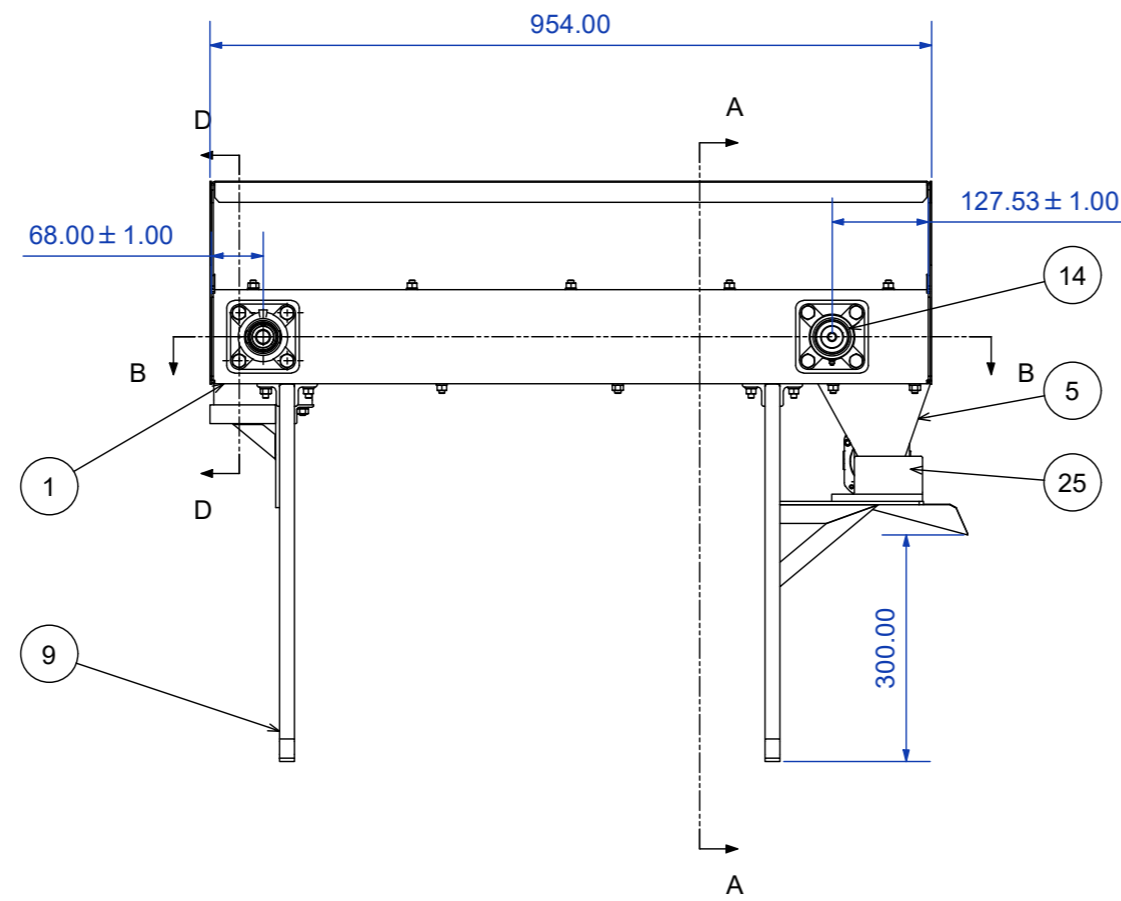
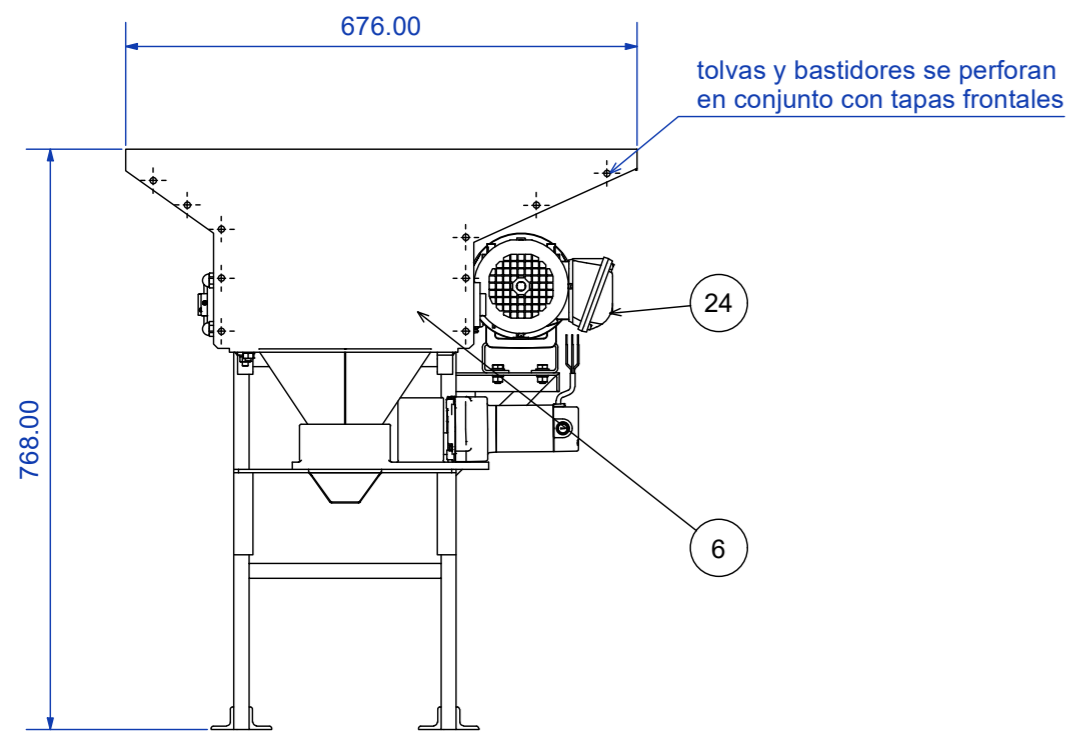


Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92

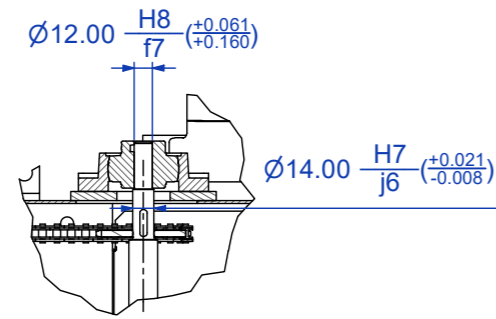
Figura A.12.1. Selección tubo estructural cuadrado negro SAE J 304 1008.
Fuente: [24]

ANEXO XIII.

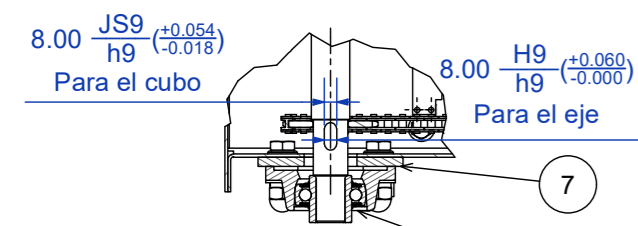
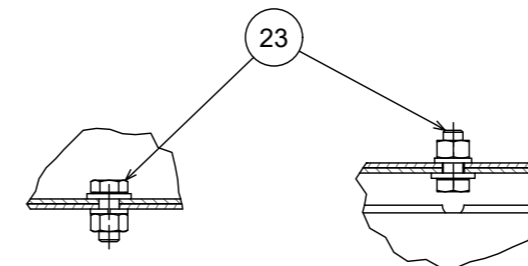
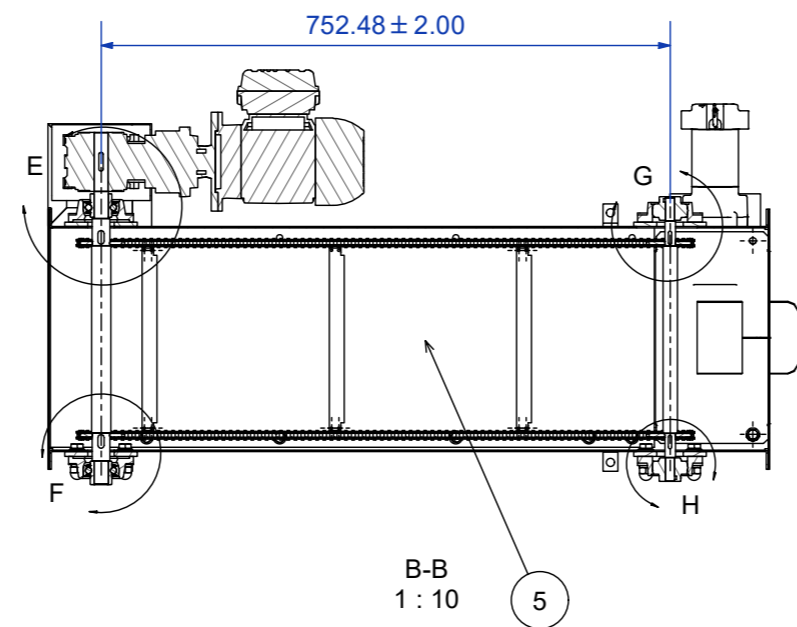
ANEXO XIII. Se adjunta el Plano Conjunto Final para el prototipo como para el modelo real respectivamente.



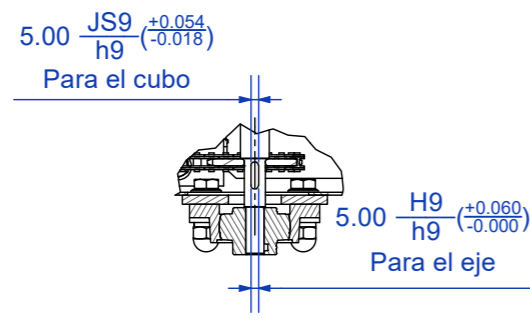
DETALLE E
1:5



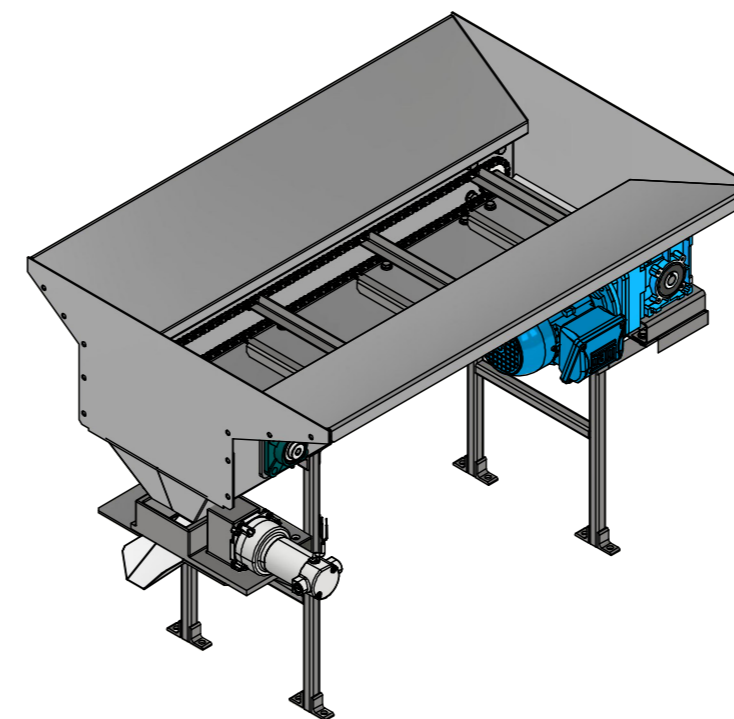
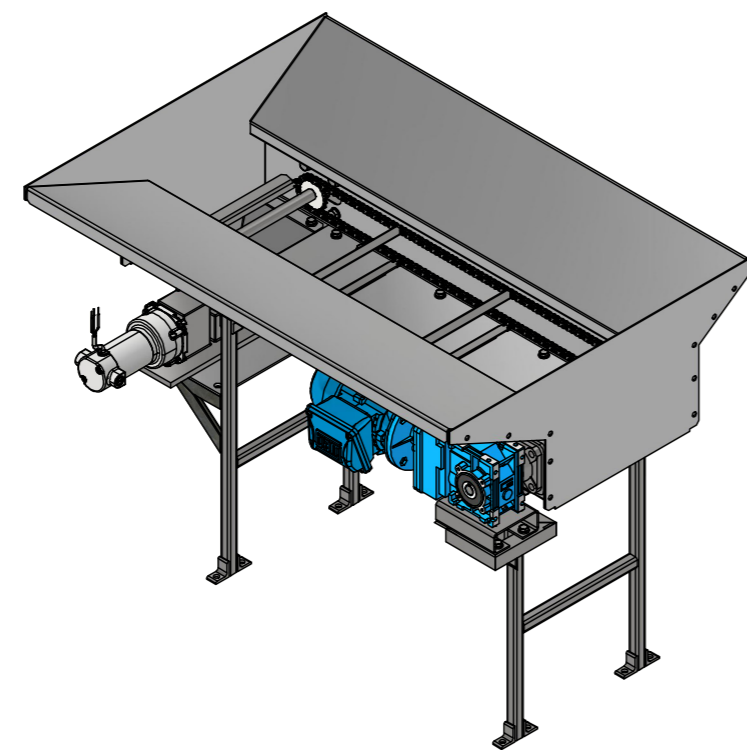
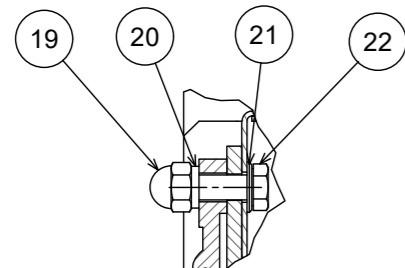
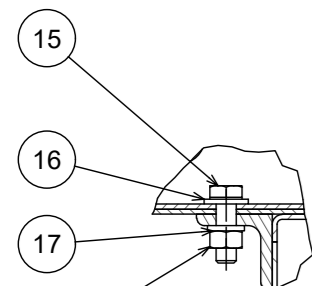
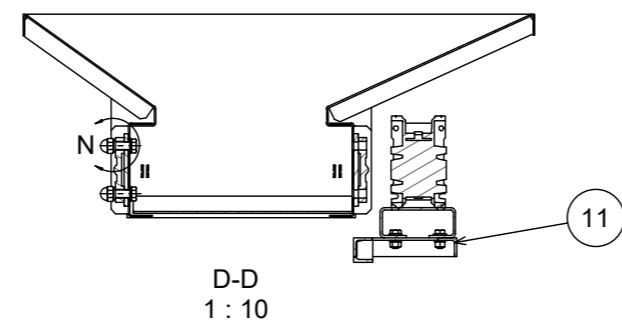
DETALLE G
1:5



DETALLE F
1:5



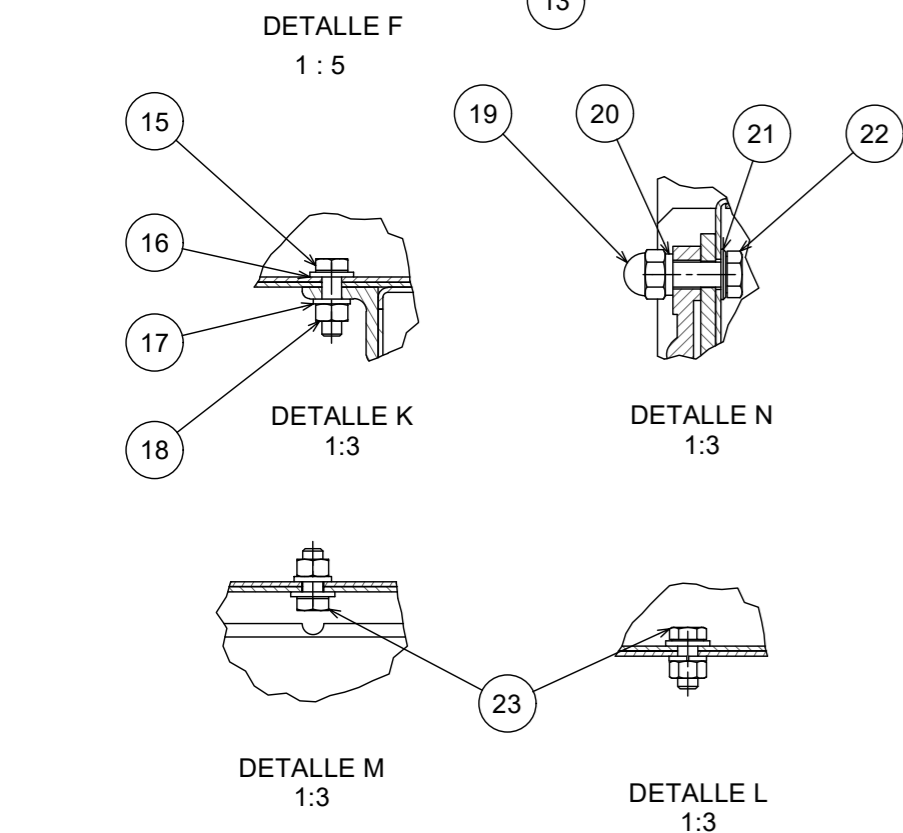
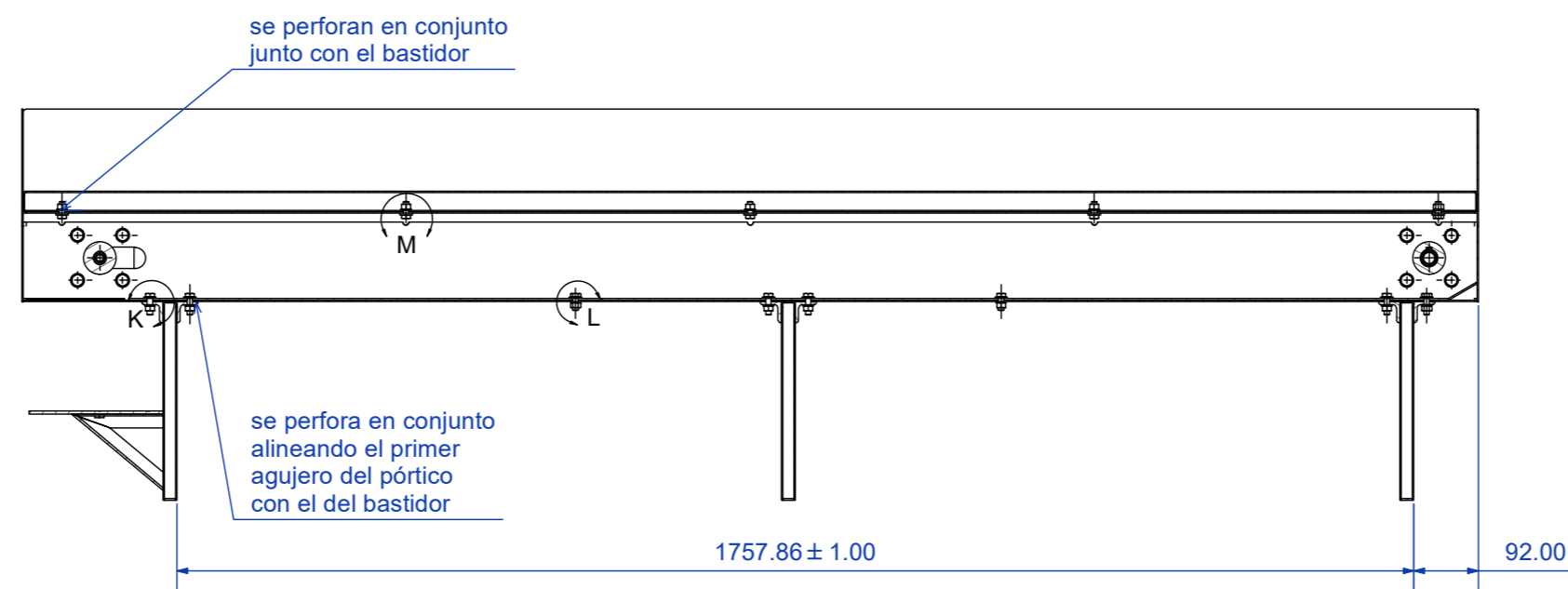
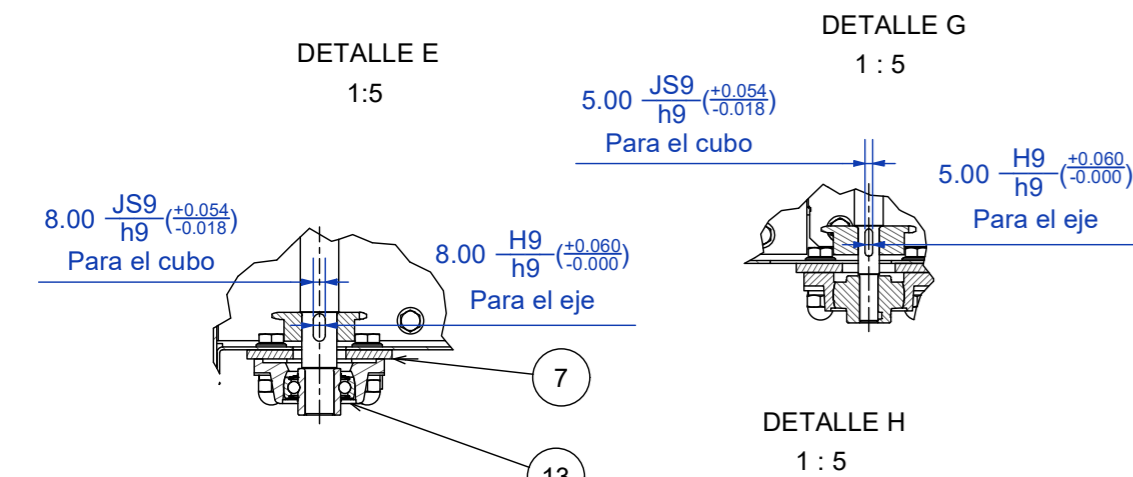
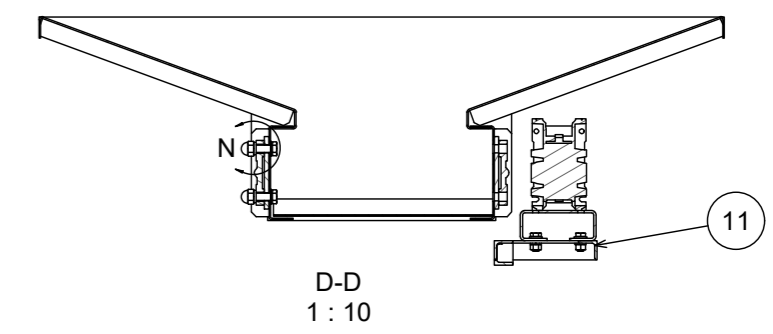
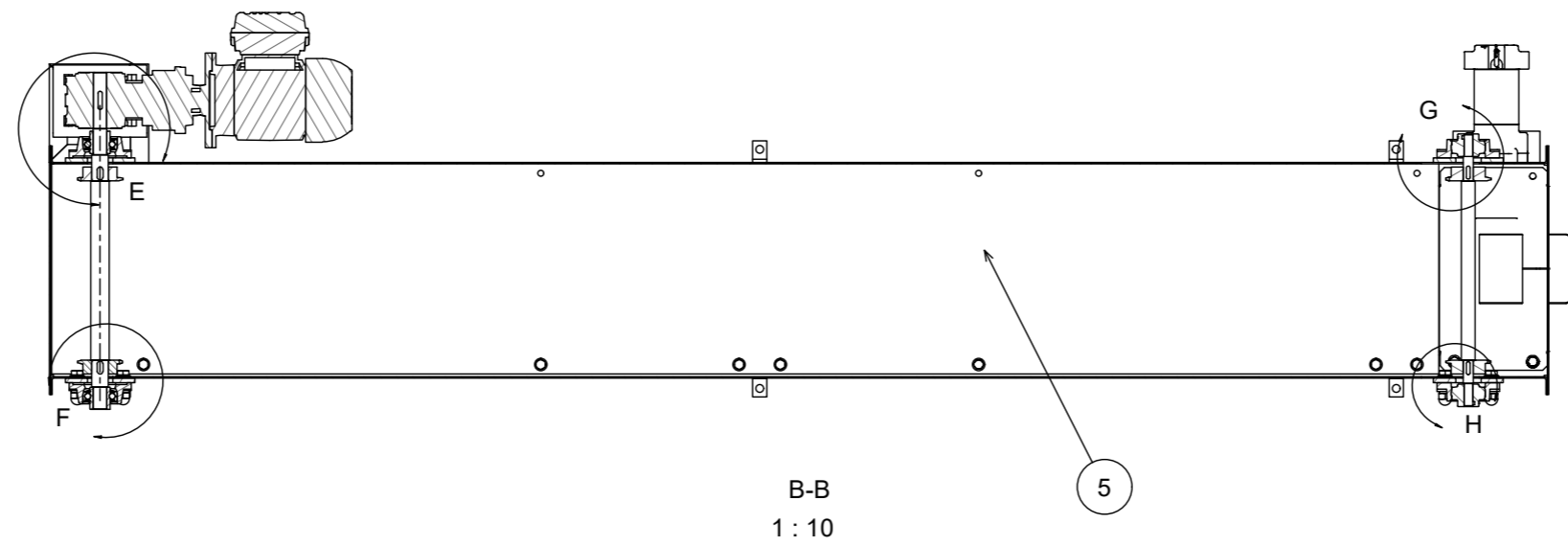
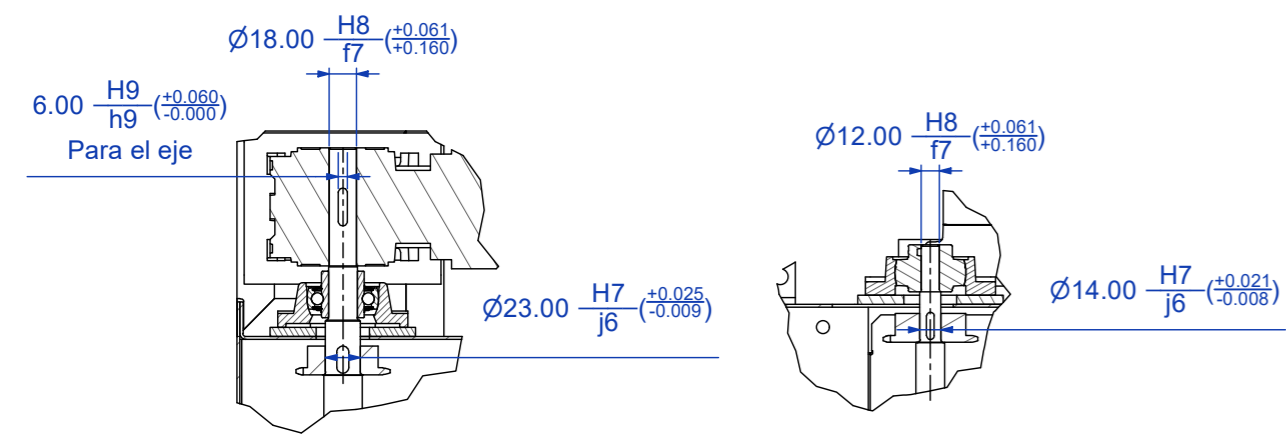
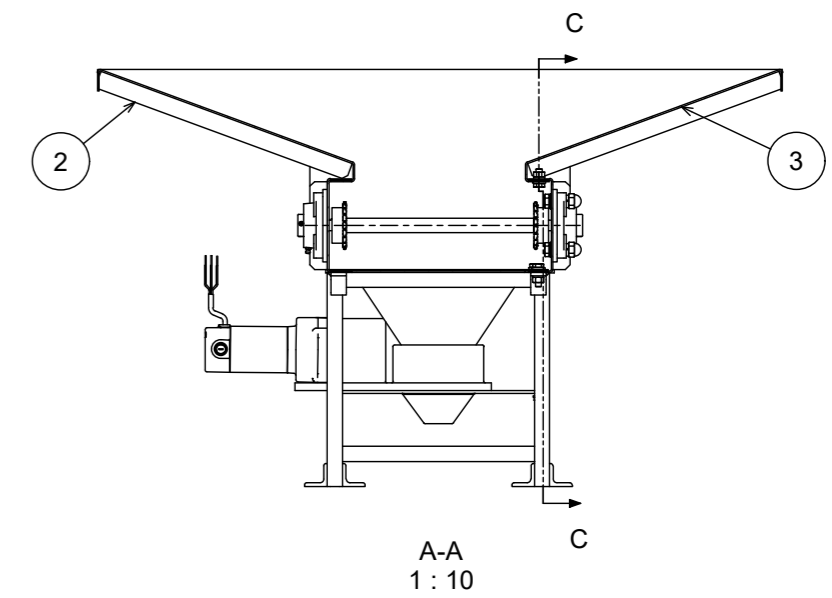
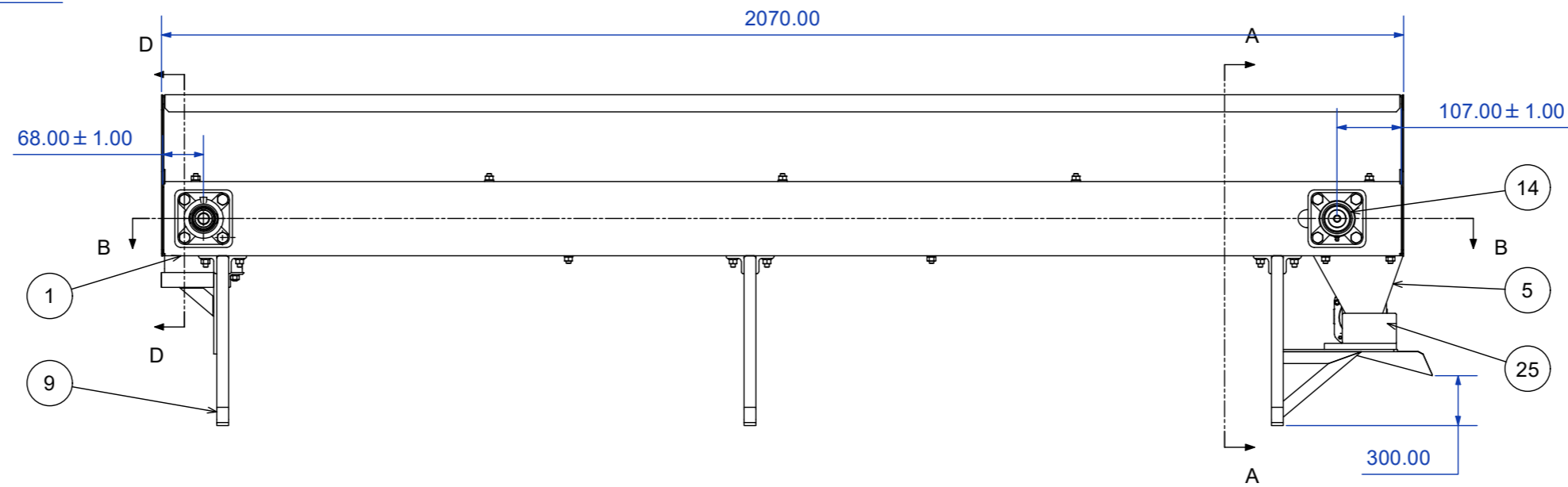
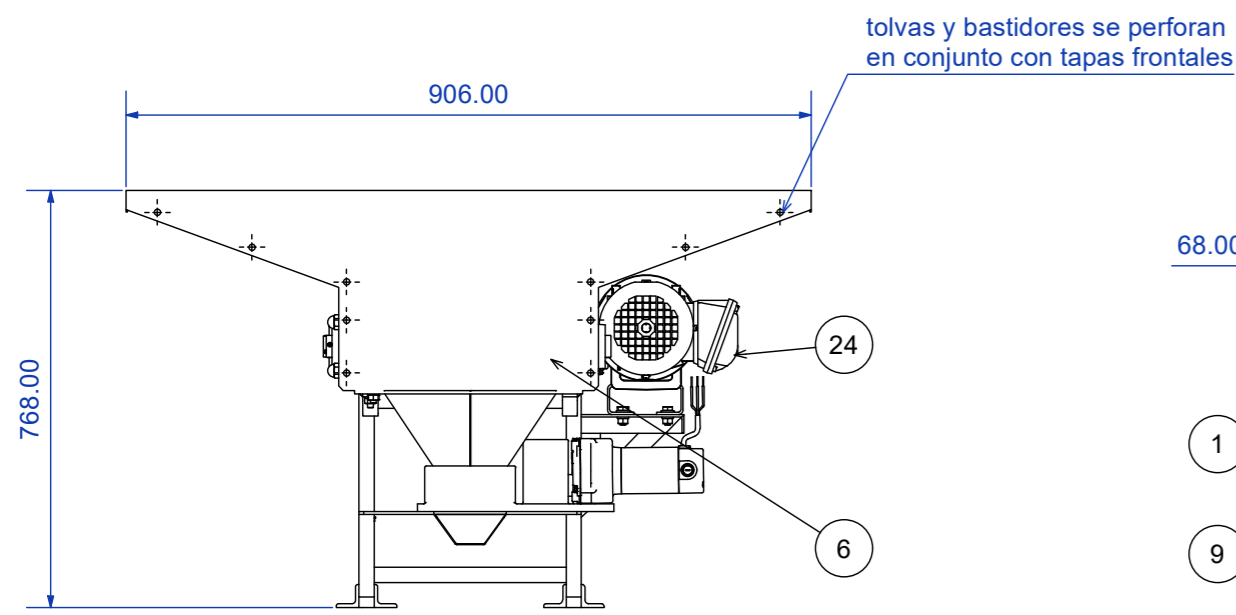
DETALLE H
1:5



25	Molino rodillos		1	VARIOS	
24	Motoreductor		1	VARIOS	
23	Perno 5/16" x 3/4"	ASTM F593	38	AISI 304	
22	Perno M10 x30mm	DIN 934	16	AISI 304	
21	Arandela de presión M10	DIN 125	16	AISI 304	
20	Arandela plana M10	DIN 125	16	AISI 304	
19	Tuerca hex.cabeza de bola M10	DIN 933	16	AISI 304	
18	Tuerca hex. 5/16"	ASTM F594	46	AISI 304	
17	Arandela de presión 5/16"	ASME B18.21.1	46	AISI 304	
16	Arandela plana 5/16"	ASME B18.21.1	46	AISI 304	
15	Perno 5/16" x 1"	ASTM F593	8	AISI 304	
14	Chumacera de pared d 20mm	UCF 204 20	2	VARIOS	
13	Chumacera de pared d 3/4"	UCF 204 12	2	VARIOS	SKF
12	Cadena	01.04.00	1	VARIOS	
11	Soporte motoreductor	01.03.00	1	ASTM A36	
10	Portico molino	01.01.00	1	SAE J 403 1008	
9	Portico simple	01.00.10	1	SAE J 403 1008	
8	Eje conducido	01.00.09	1	AISI 304	
8	Eje motriz	01.00.08	1	AISI 304	
7	Placa chumacera	01.00.07	4	ASTM A36	
6	Tapa frontal	01.00.06	2	AISI 304	1 izquierdo y 1 derecho
5	Transición a molino	01.00.05	1	AISI 304	
4	Base de deslizamiento	01.00.04	1	AISI 304	
3	Tolva derecha	01.00.03	1	AISI 304	
2	Tolva izquierda	01.00.02	1	AISI 304	
1	Bastidor	01.00.01	2	AISI 304	1 izquierdo y 1 derecho

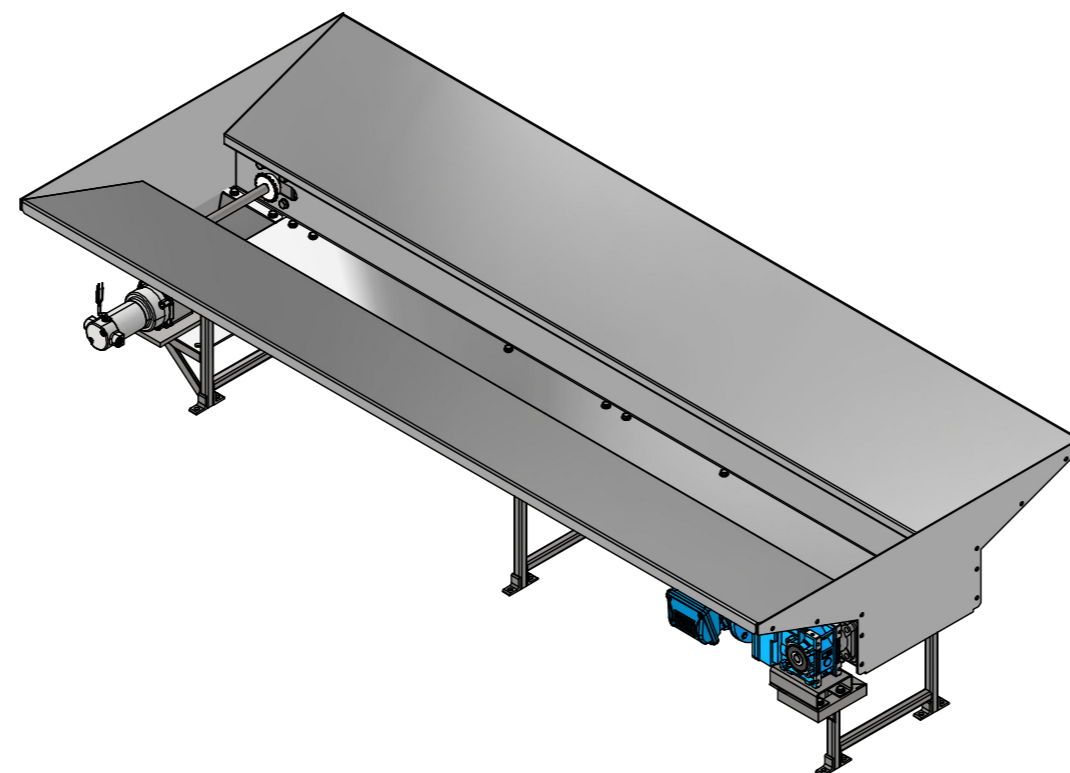
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib. Esteban Chalan	Escala: 1:10	
				Dis. Esteban Chalan		
				Rev. Ing. Ivan Zambrano MSc.		
TRANSPORTADOR			TR-EPN: 100		Fecha: 13/1/2022	

Potencia	0.09 [kW]
Capacidad	20 [kg/h]
Velocidad de operacion	300 [mm/s]
Velocidad máxima	500[mm/s]
Tamaño de partícula	4 [mm] máx
CARACTERISTICA	ESPECIFICACION
ESPECIFICACIONES	



25	Molino rodillos		1	VARIOS		
24	Motoreductor		1	VARIOS		
23	Perno 5/16" x 3/4"	ASTM F593	38	AISI 304		
22	Perno M10 x30mm	DIN 934	16	AISI 304		
21	Arandela de presión M10	DIN 125	16	AISI 304		
20	Arandela plana M10	DIN 125	16	AISI 304		
19	Tuerca hex.cabeza de bola M10	DIN 933	16	AISI 304		
18	Tuerca hex. 5/16"	ASTM F594	46	AISI 304		
17	Arandela de presión 5/16"	ASME B18.21.1	46	AISI 304		
16	Arandela plana 5/16"	ASME B18.21.1	46	AISI 304		
15	Perno 5/16" x 1"	ASTM F593	8	AISI 304		
14	Chumacera de pared d 20mm	UCF 204 20	2	VARIOS		
13	Chumacera de pared d 3/4"	UCF 204 12	2	VARIOS	SKF	
12	Cadena	01.04.00	1	VARIOS		
11	Soporte motoreductor	01.03.00	1	ASTM A36		
10	Portico molino	01.01.00	1	SAE J 403 1008		
9	Portico simple	01.00.10	1	SAE J 403 1008		
8	Eje conducido	01.00.09	1	AISI 304		
8	Eje motriz	01.00.08	1	AISI 304		
7	Placa chumacera	01.00.07	4	ASTM A36		
6	Tapa frontal	01.00.06	2	AISI 304	1 izquierdo y 1 derecho	
5	Transición a molino	01.00.05	1	AISI 304		
4	Base de deslizamiento	01.00.04	1	AISI 304		
3	Tolva derecha	01.00.03	1	AISI 304		
2	Tolva izquierda	01.00.02	1	AISI 304		
1	Bastidor	01.00.01	2	AISI 304	1 izquierdo y 1 derecho	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN

Potencia	0.09 [kW]
Capacidad	50[kg/h]
Velocidad de operacion	300 [mm/s]
Velocidad máxima	500[mm/s]
Tamaño de partícula	4 [mm] máx
CARACTERISTICA	ESPECIFICACION
ESPECIFICACIONES	



EPN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Dib. Esteban Chalan
Dis. Esteban Chalan
Rev. Ing. Ivan Zambrano MSc.

Escala: 1 : 10

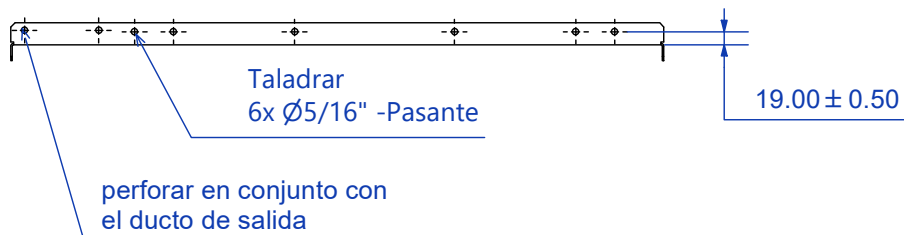
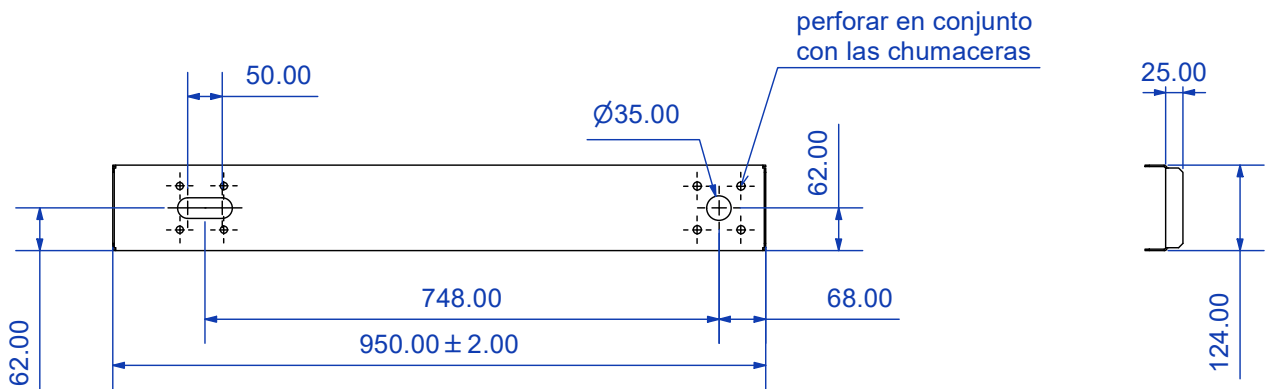
TRANSPORTADOR

TR-EPN: 100

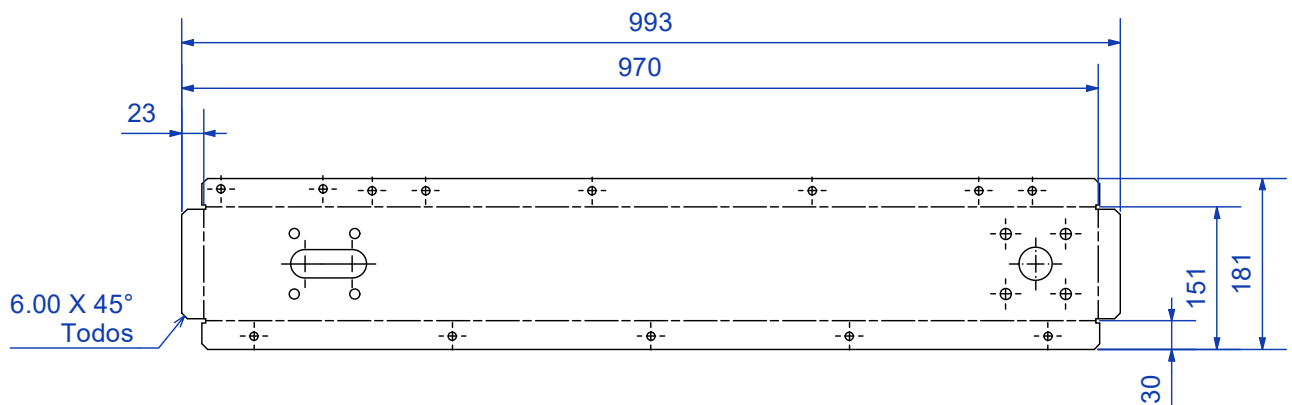
Fecha: 13/1/2022

ANEXO XIV.

ANEXO XIV. Se adjuntan los Planos de taller para el prototipo como para el modelo real respectivamente.

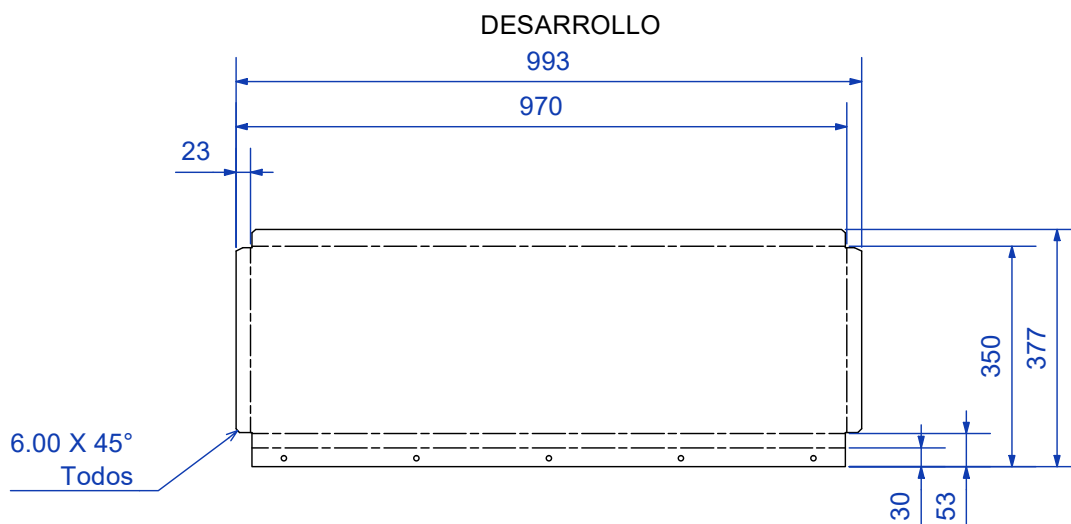
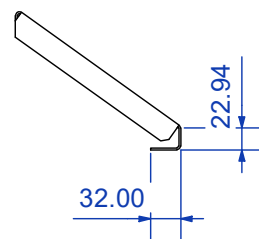
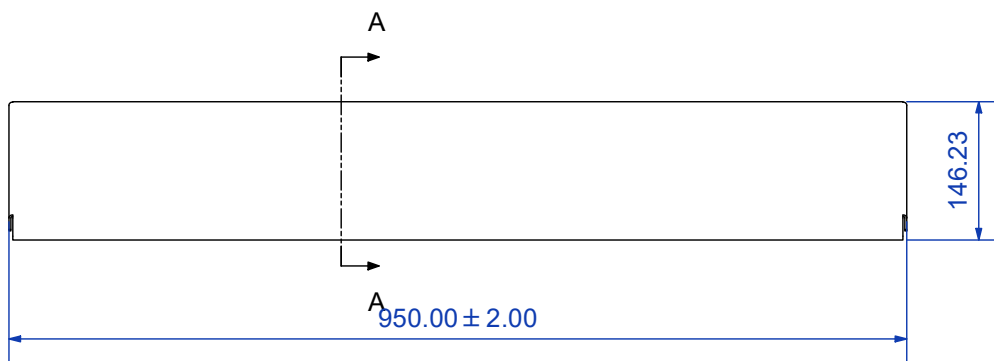
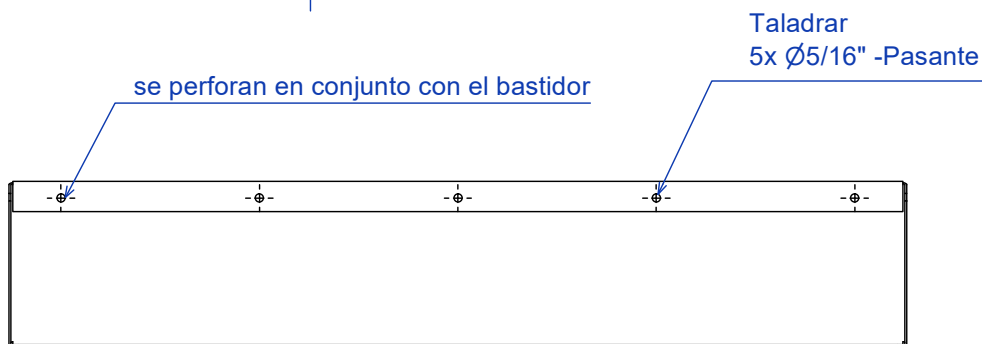
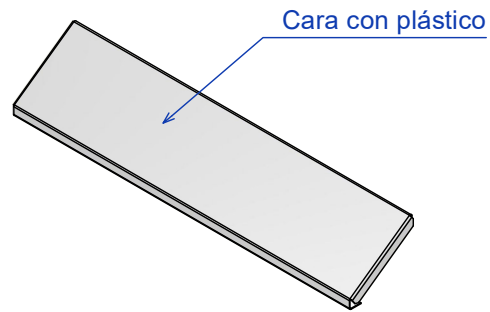
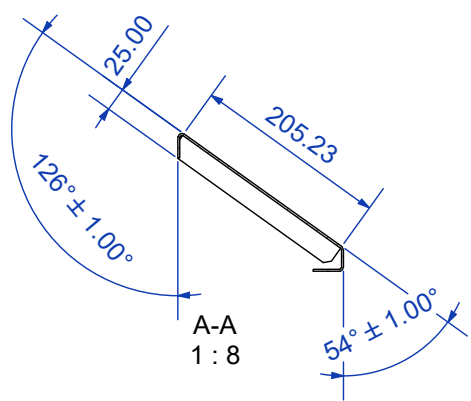


DESARROLLO



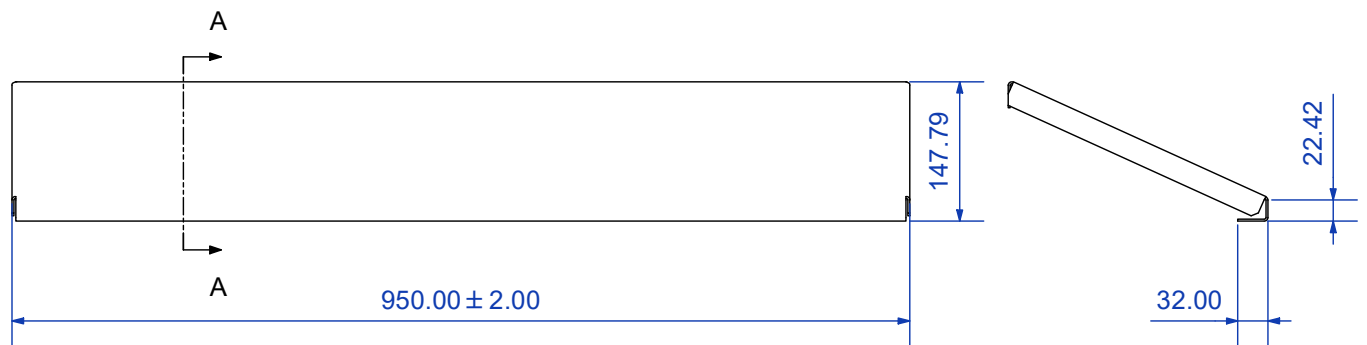
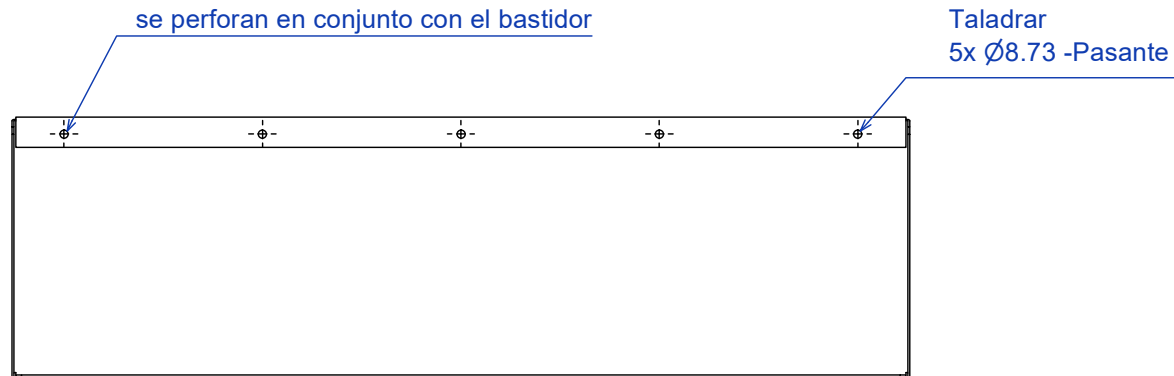
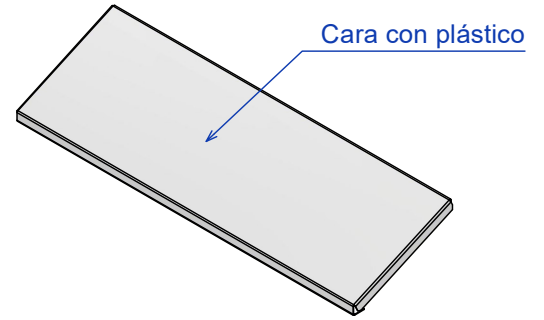
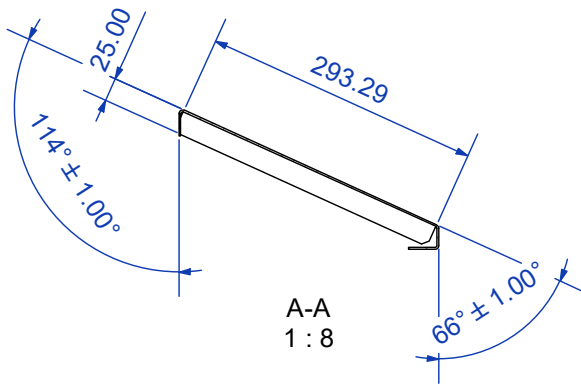
Espesor: 3mm
Realizar un izquierdo y un derecho

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan	
MATERIAL		Tol. Gral. ±1.00	Escala:	Dis.	
AISI 304			1 : 11	Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
BASTIDOR			TR-MR: 01.00.01		Fecha: 16/1/2022

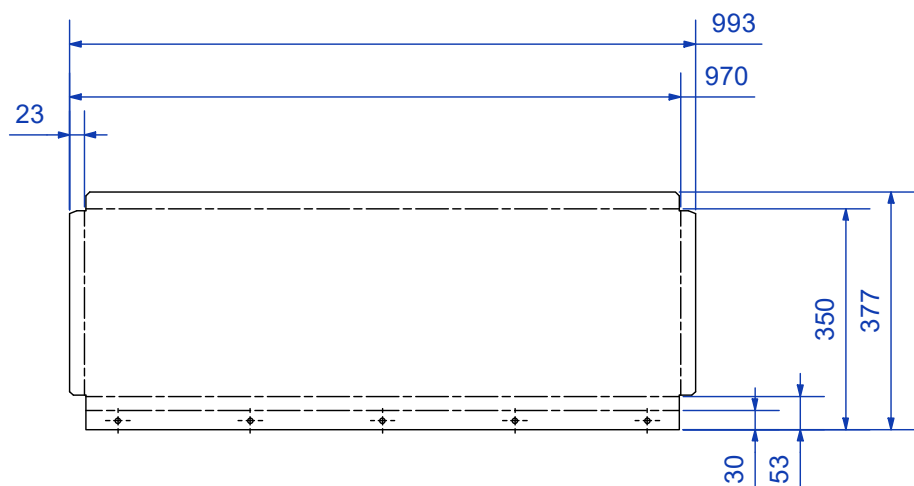


Espesor: 2mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 8	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Tol. Gral.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
			±1.00	
TOLVA IZQUIERDA		TR-MR: 01.00.02		Fecha: 16/1/2022

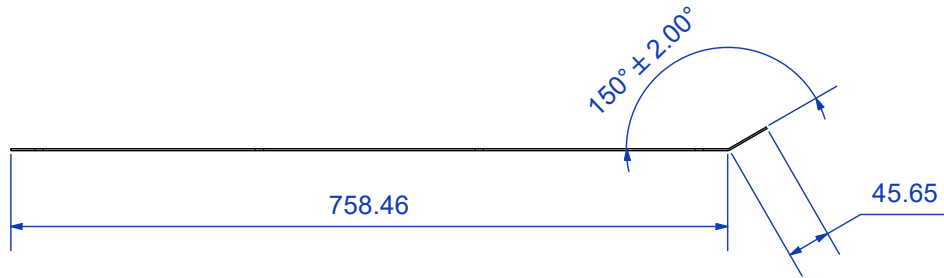
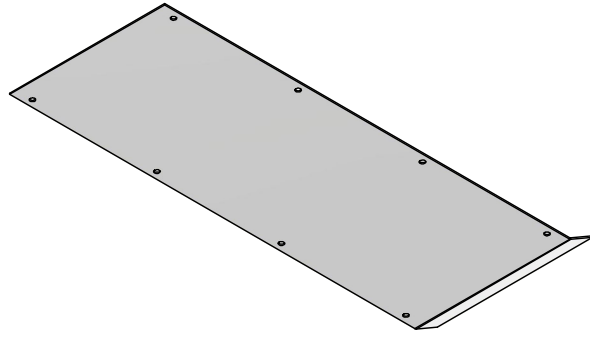


DESARROLLO

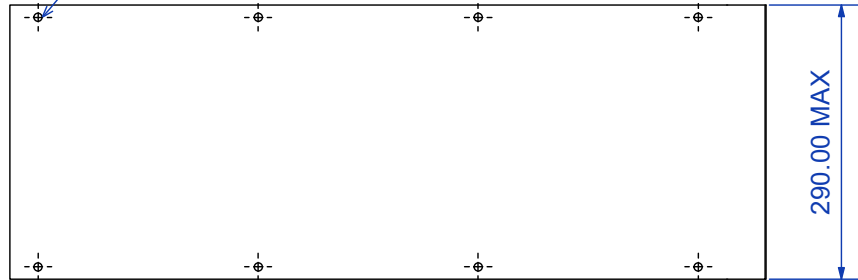


Espesor: 2mm

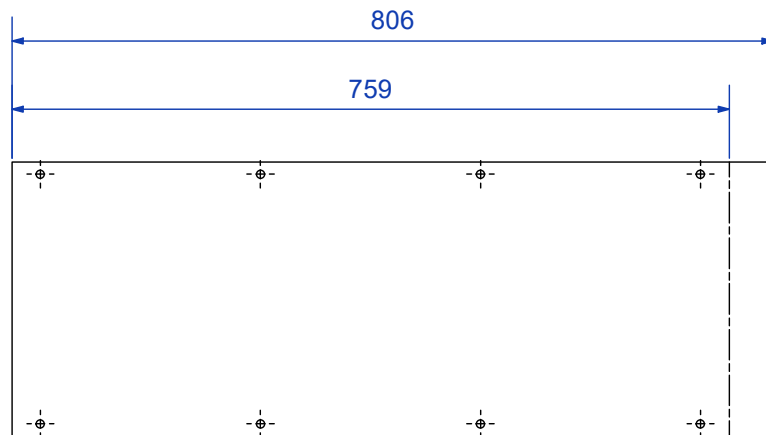
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 8	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±1.00			TR-MR: 01.00.03	
TOLVA DERECHA		Fecha: 16/1/2022		



se perforan en conjunto con el bastidor

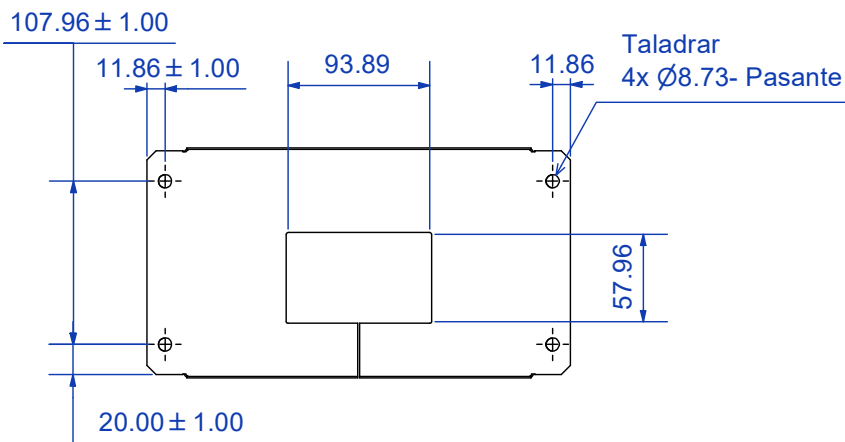
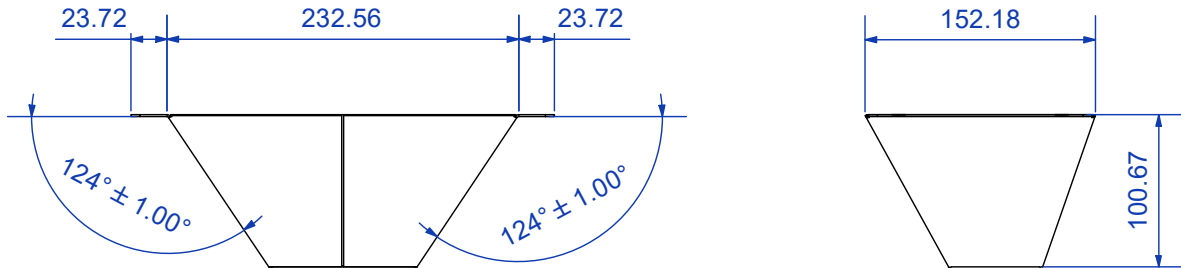
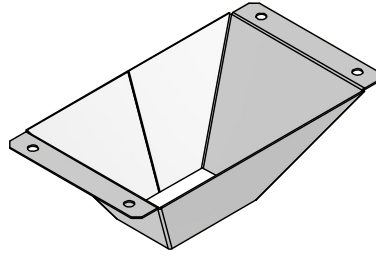


DESARROLLO

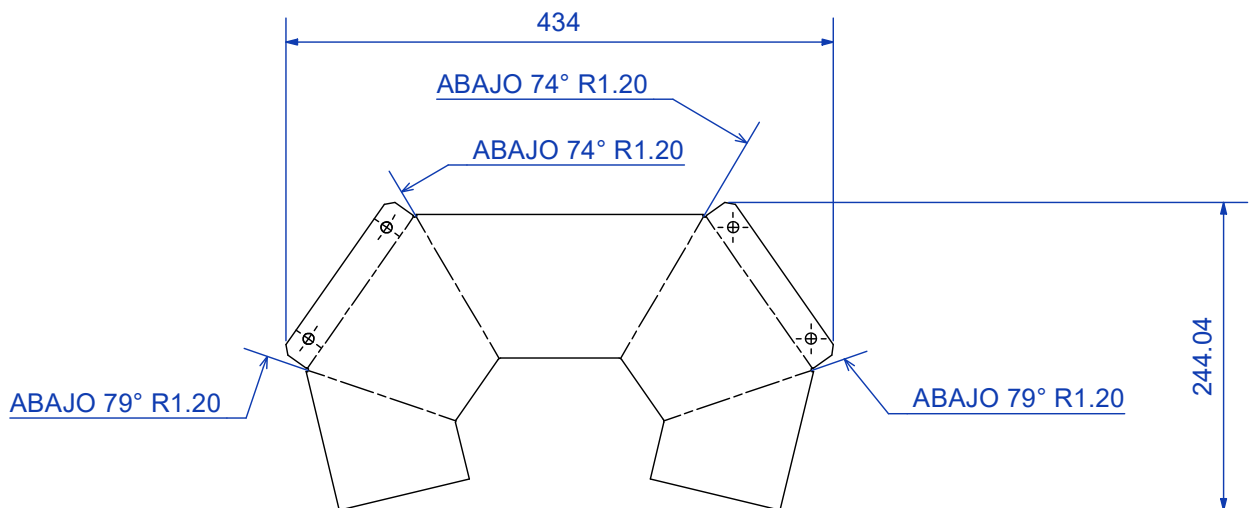


Espesor: 2mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 8	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±1.00			BASE DE DESLIZAMIENTO	
		TR-MR: 01.00.04		Fecha: 16/1/2022

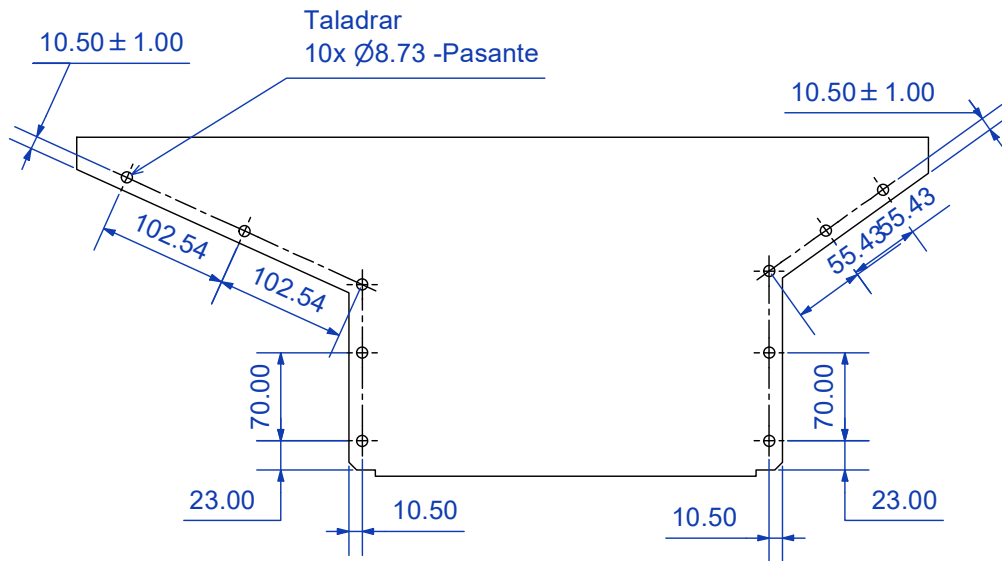
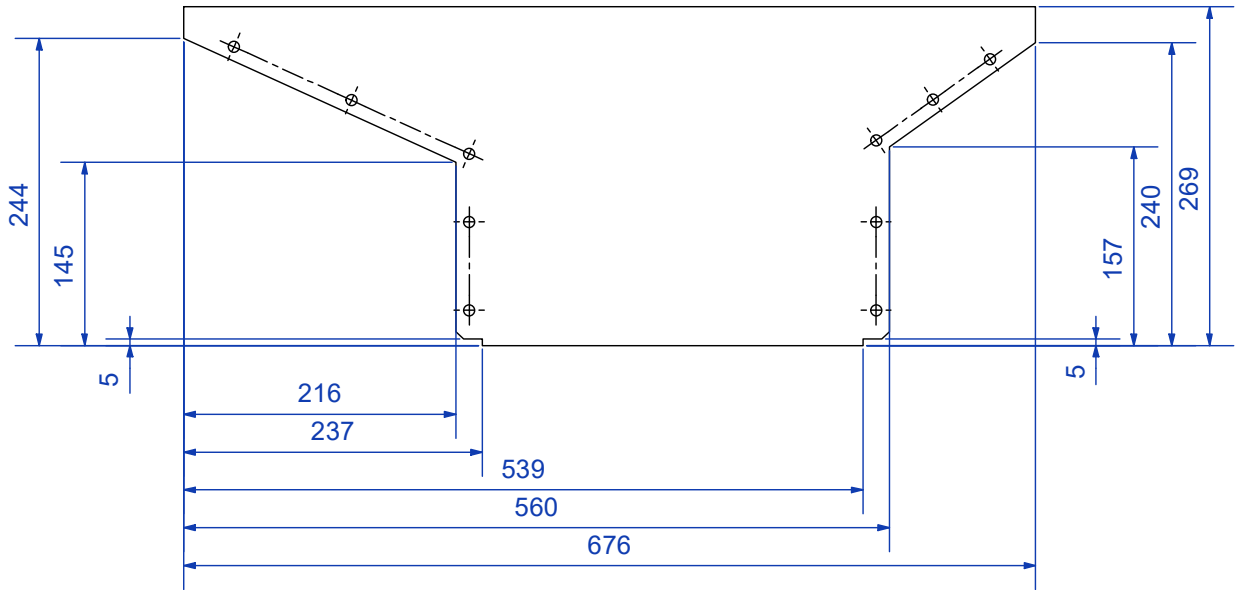


DESARROLLO



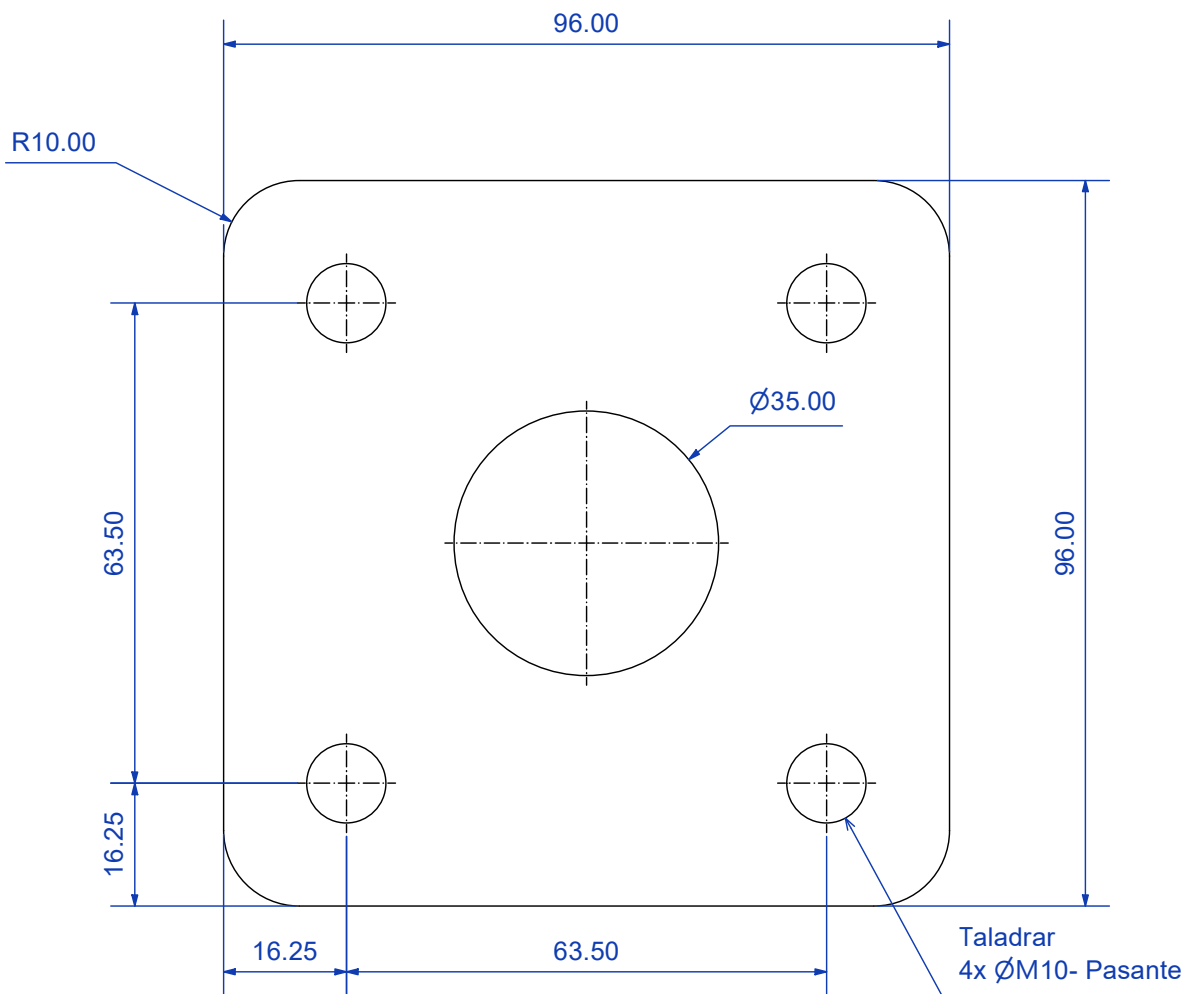
Espesor: 2mm
Detalle en plantilla al final

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 5	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50			Fecha: 16/1/2022	
TRANSICIÓN A MOLINO		TR-MR: 01.00.05		



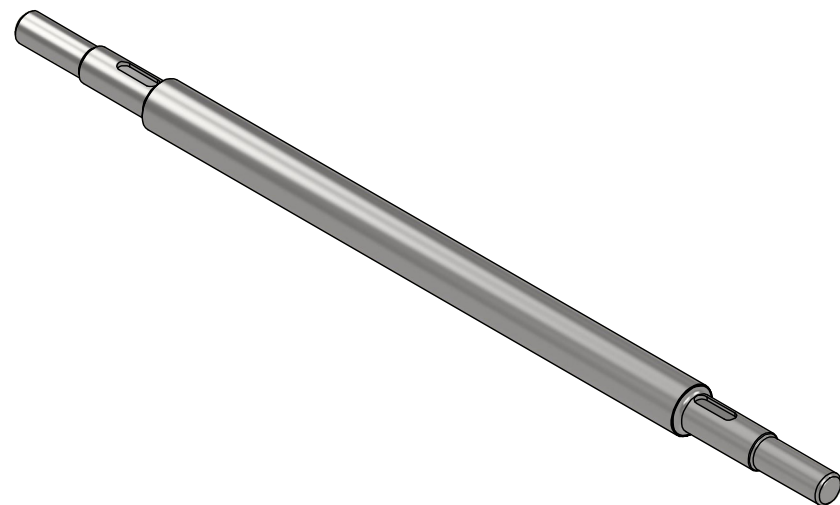
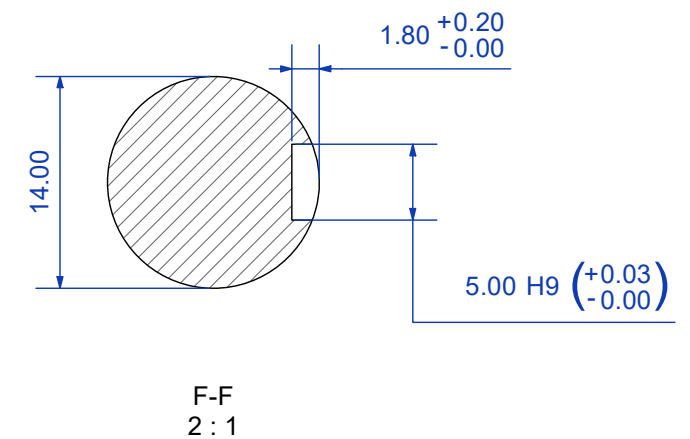
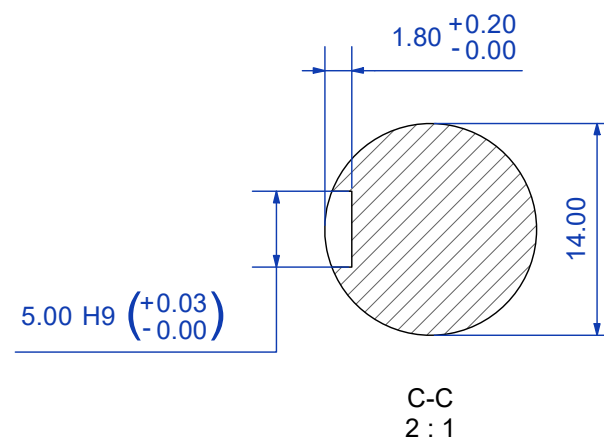
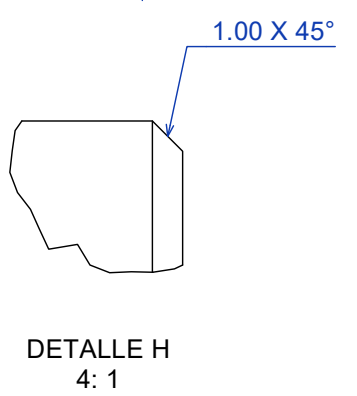
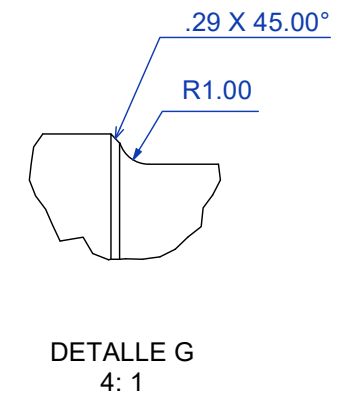
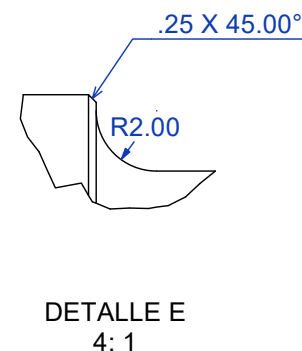
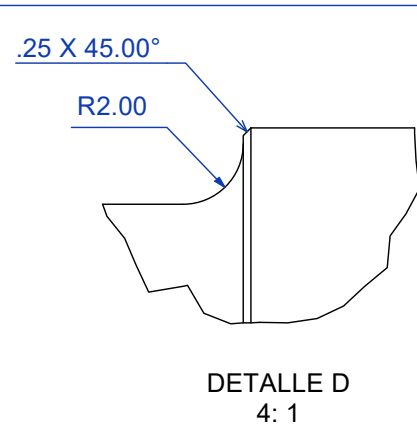
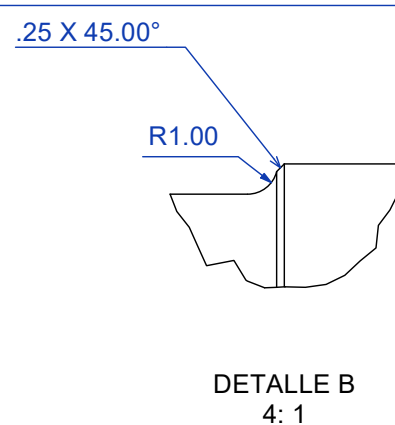
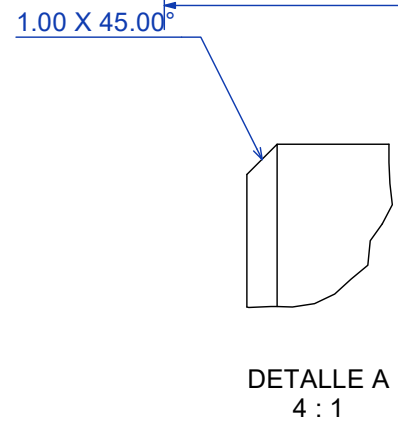
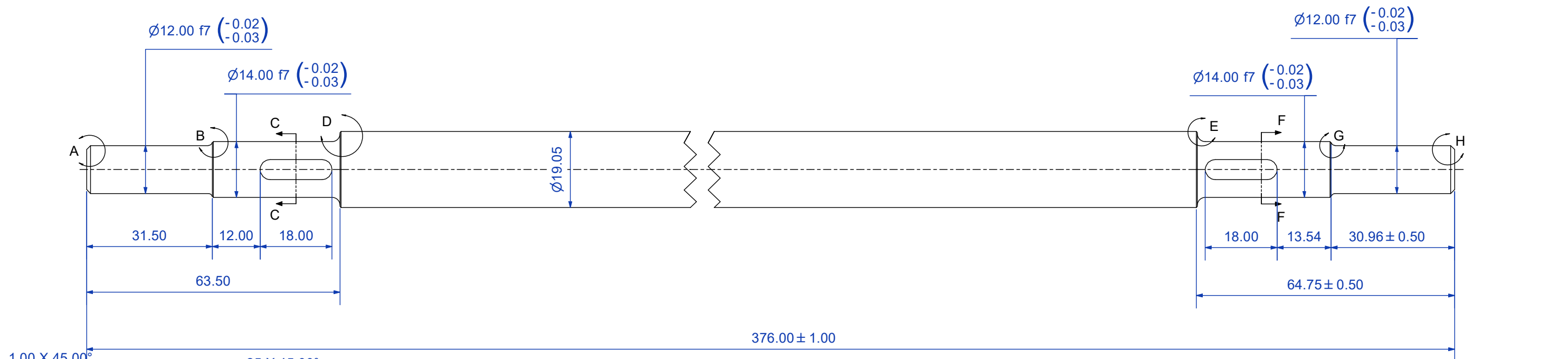
Espesor: 2mm
 Realizar un izquierdo y un derecho

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 6	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50			Fecha: 6/2/2022	
TAPA FRONTAL		TR-MR: 01.00.06		

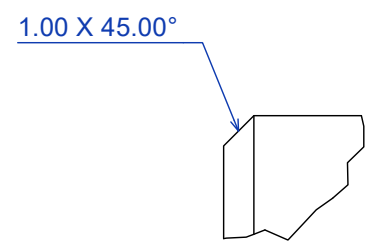
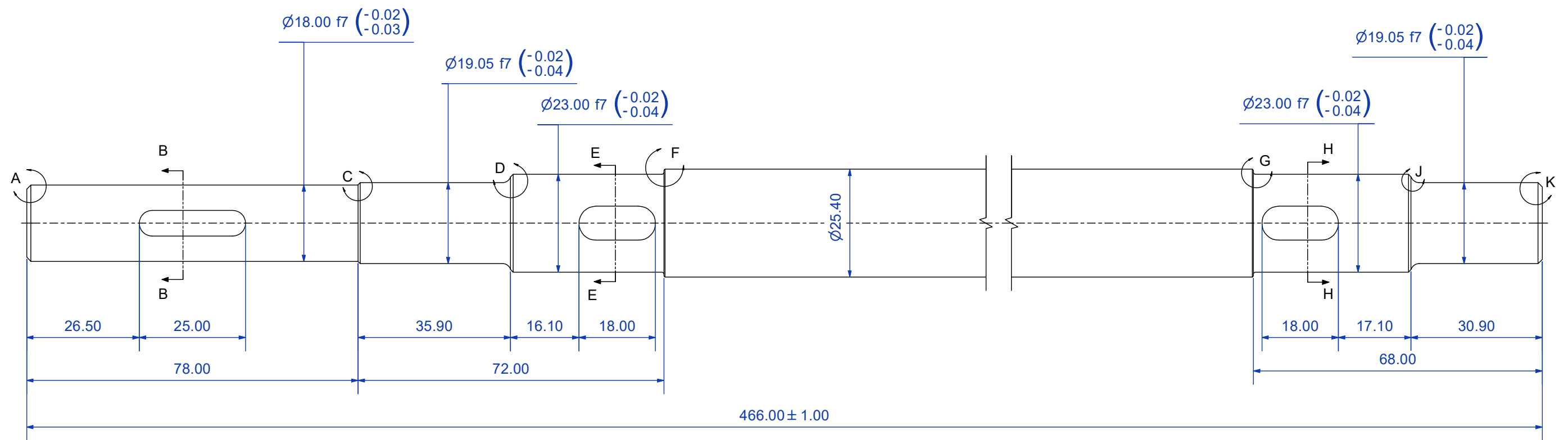


Espesor: 6mm
Para corte laser

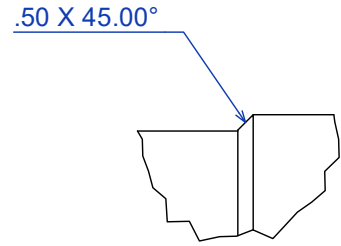
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan	
MATERIAL		Escala: 1 : 1	Dis.	Esteban Chalan	
ASTM A36			Tol. Gral. ±0.50	Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
PLACA CHUMACERA			TR-MR: 01.00.07		Fecha: 5/2/2022



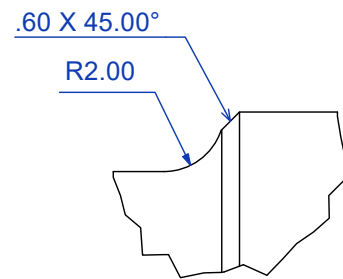
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1:1	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50			Fecha: 16/1/2022	
EJE MOTRIZ		TR-MR: 01.00.08		



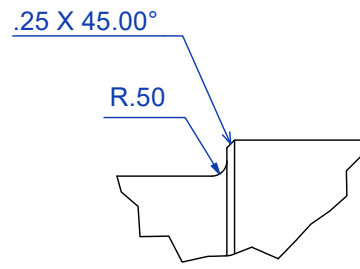
DETALLE A
4: 1



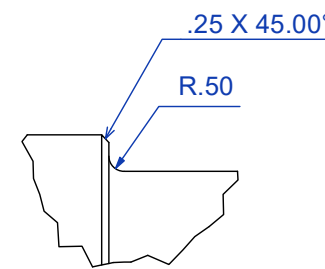
DETALLE C
4: 1



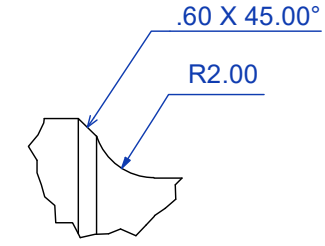
DETALLE D
4: 1



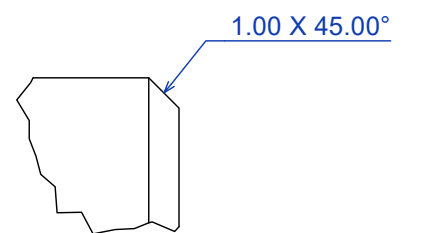
DETALLE F
4: 1



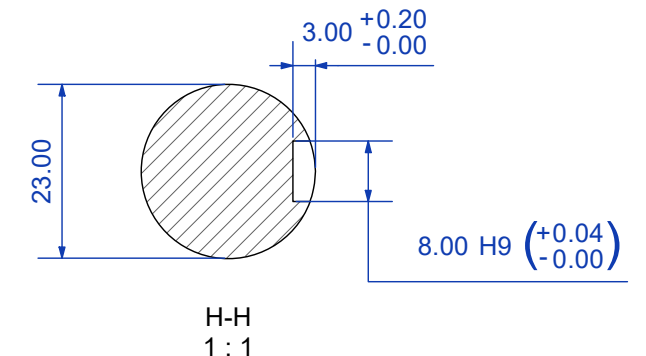
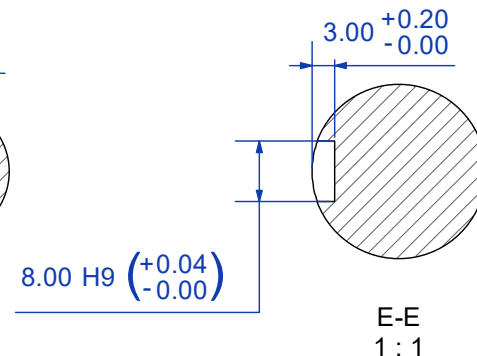
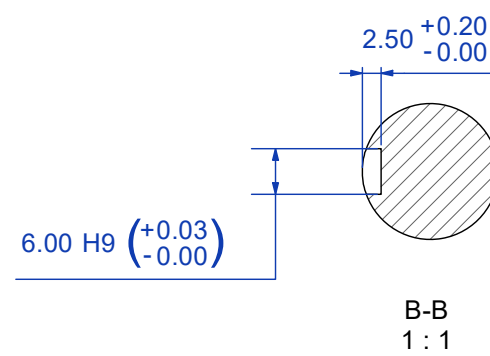
DETALLE G
4: 1



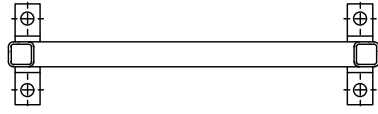
DETALLE J
4: 1



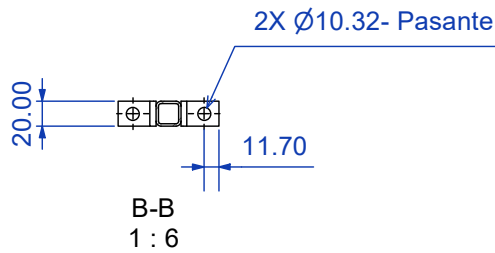
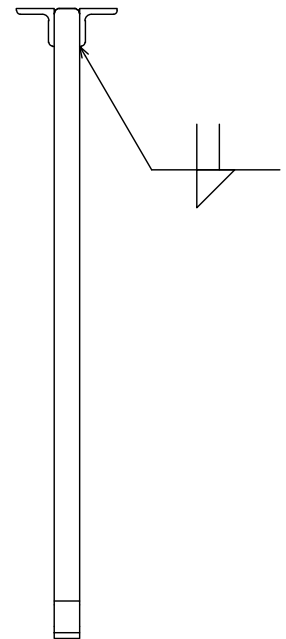
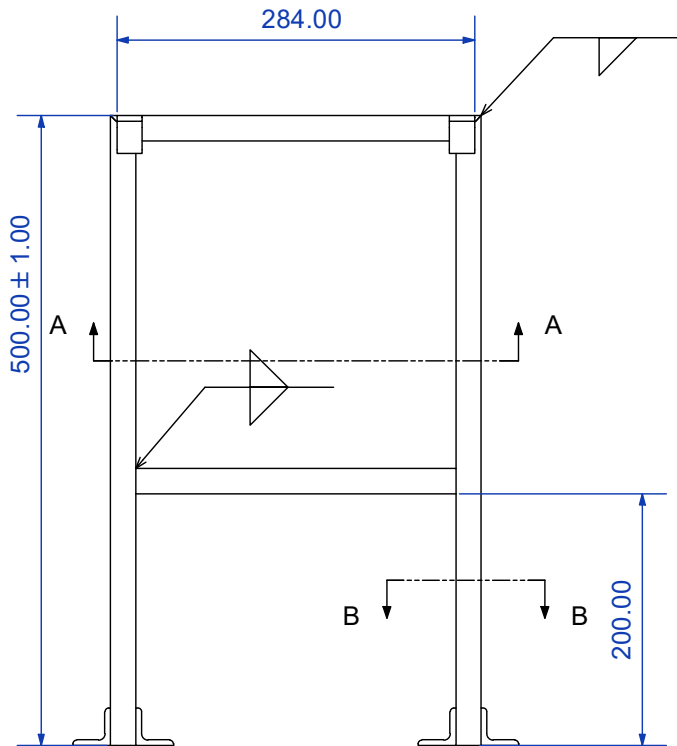
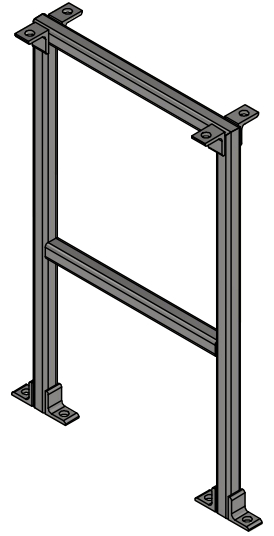
DETALLE K
4: 1



Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan		
MATERIAL		Escala: 1: 1	Dis.	Esteban Chalan		
AISI 304			Tol. Gral.	±0.50	Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
EJE CONDUcido			TR-MR: 01.00.09		Fecha: 13/1/2022	

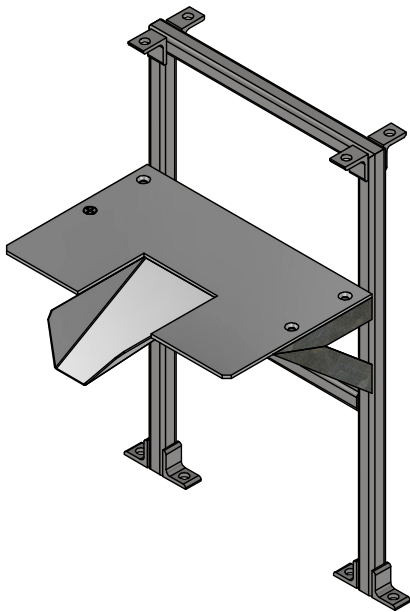
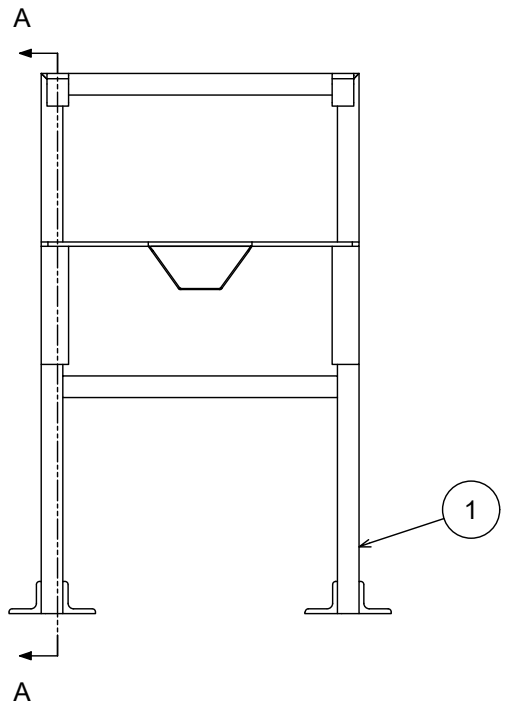
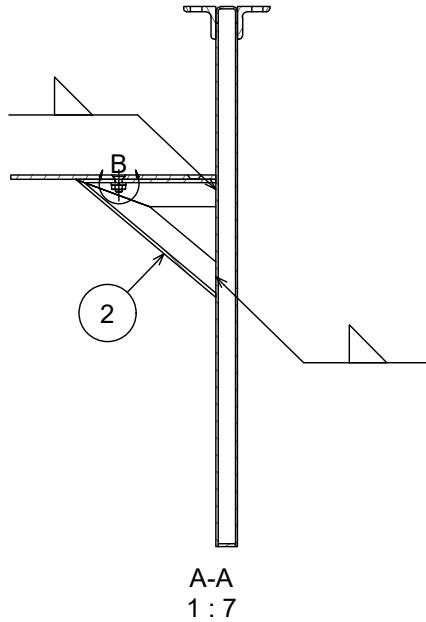
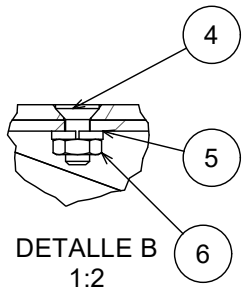


A-A
1 : 6

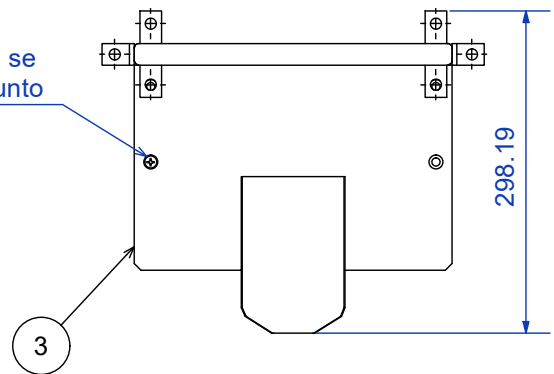


Tubo □ 20x20x1.5
NTE INEN 2415

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 6	Dis.	Esteban Chalan
SAE J 403 1008			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50				
PÓRTICO SIMPLE		TR-MR: 01.00.10		Fecha: 5/2/2022



perforaciones se realizan en conjunto

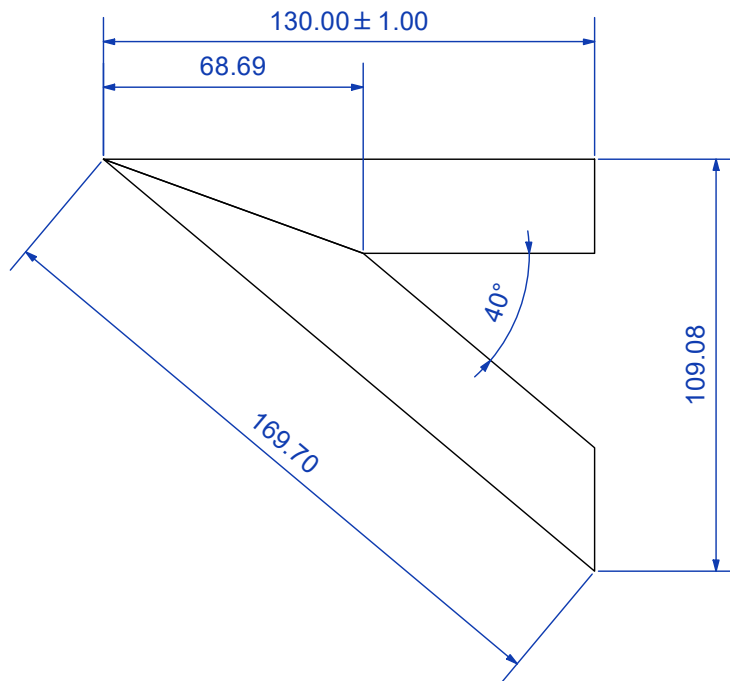


6		Tuerca hex. 5/16"	SAE J995	4	ASTM A36	
5		Arandela de presión 5/16"	ASME B18.21.1	4	ASTM A36	
4		Perno cabeza avellanada 5/16"	ASTM F835	4	ASTM A36	
3		Placa base molino	01.02.00	1	AISI 304	
2		Escuadra	01.01.01	2	SAE J 403 1008	
1		Portico simple	01.00.10	1	SAE J 403 1008	

Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
----	------	--------------	-----------------	-------	----------	-------------

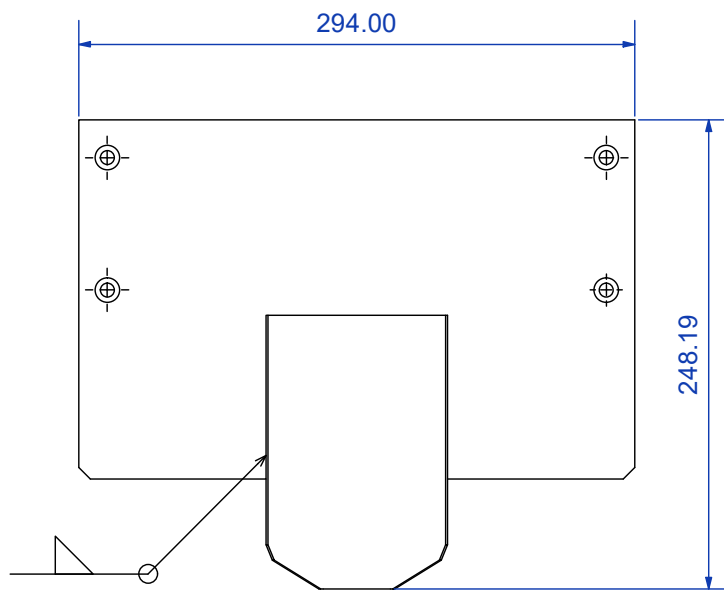
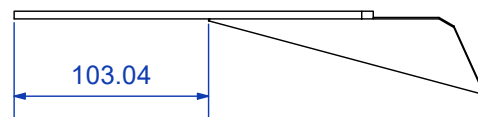
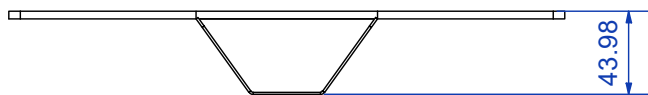
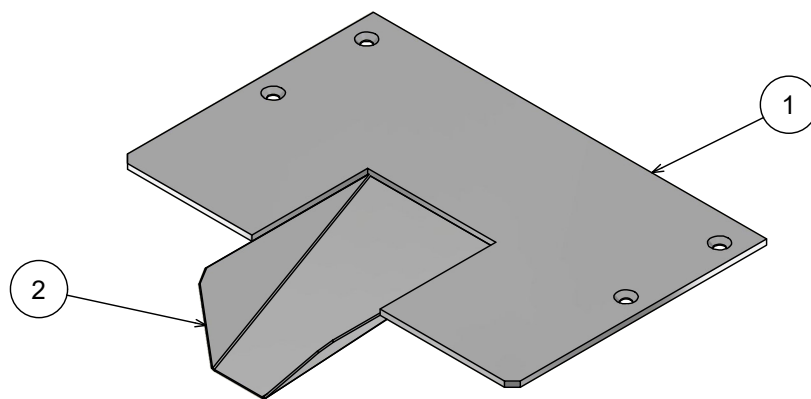
EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	Dib.	Esteban Chalan	Escala: 1 : 7
		Dis.	Esteban Chalan	
		Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	

PORTICO MOLINO	TR-MR: 01.01.00	Fecha: 5/2/2022
-----------------------	------------------------	--------------------

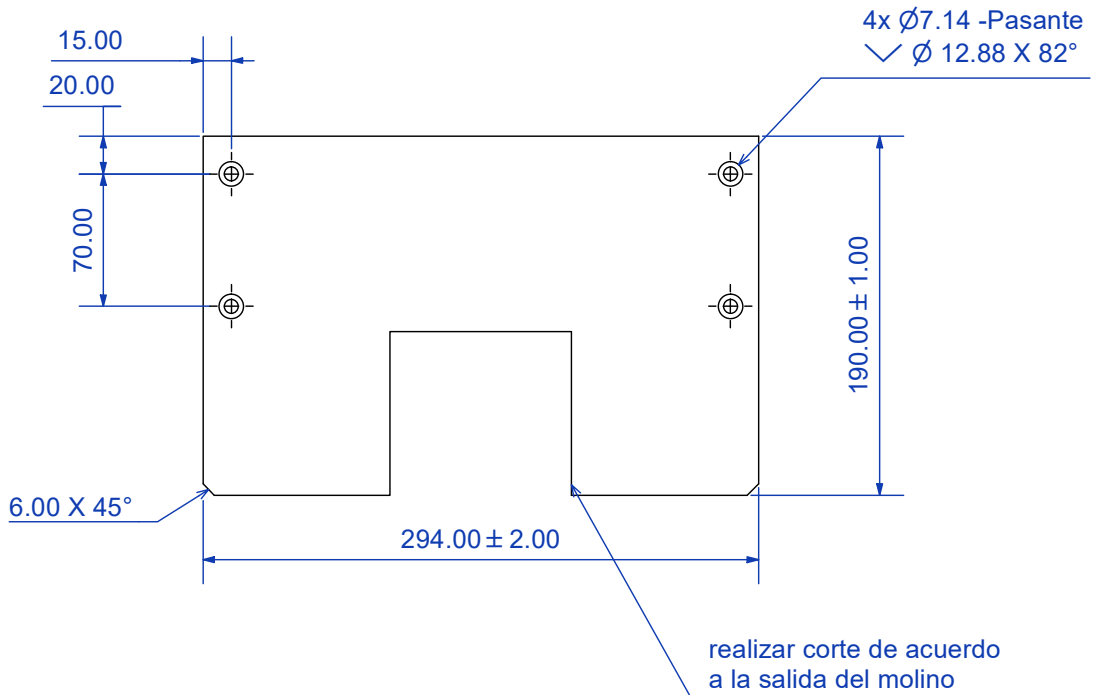
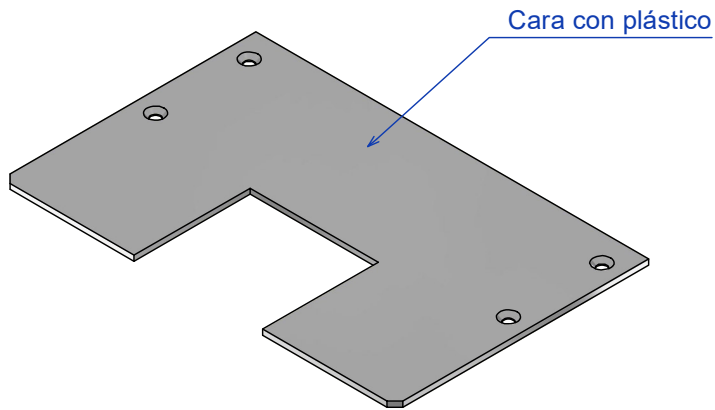


Ángulo 25x25x3
 NTE INEN 1623
 Realizar un izquierdo y un derecho

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 2	Dis.	Esteban Chalan
SAE J 403 1008			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ± 1.00			ESCUADRA	
		TR-MR: 01.01.01		Fecha: 5/2/2022

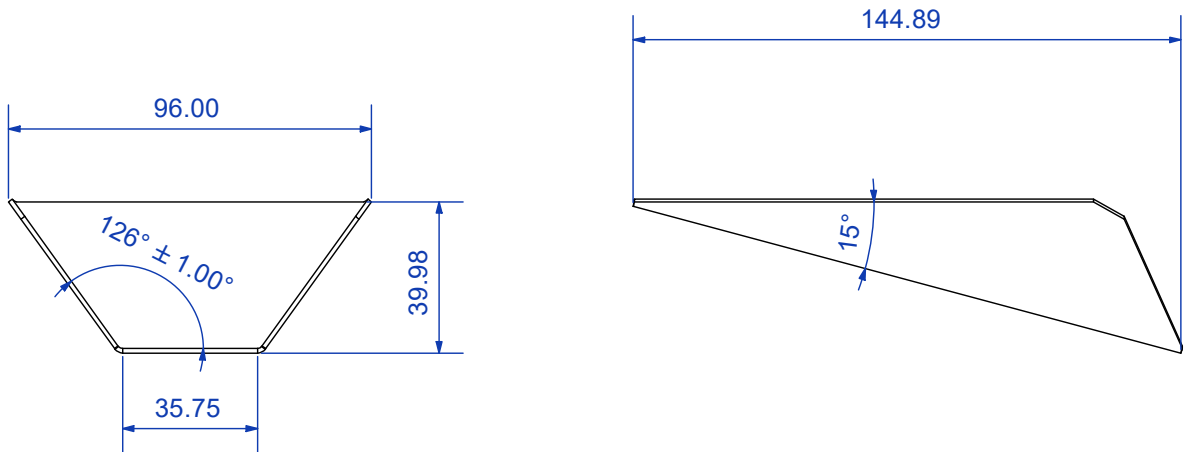
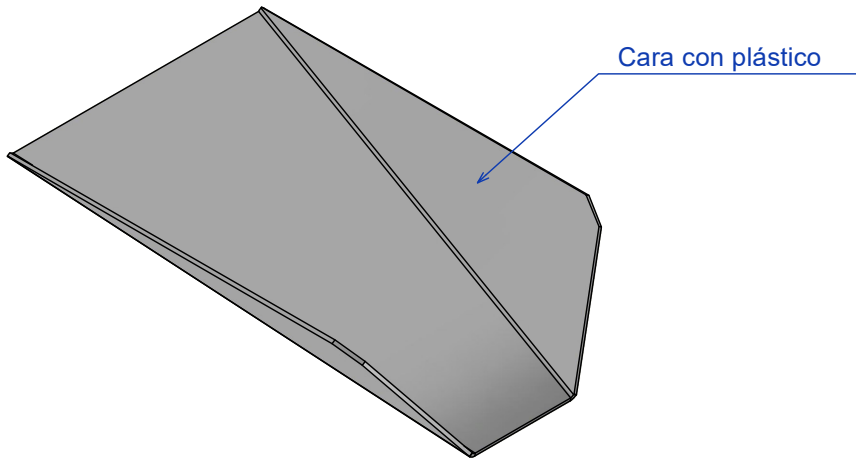


2		Ducto salida	01.02.02	1	AISI 304	
1		Placa asiento molino	01.02.01	1	AISI 304	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib.	Esteban Chalan	Escala: 1 : 4
				Dis.	Esteban Chalan	
				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	
PLACA BASE MOLINO				TR-MR: 01.02.00		Fecha: 5/2/2022

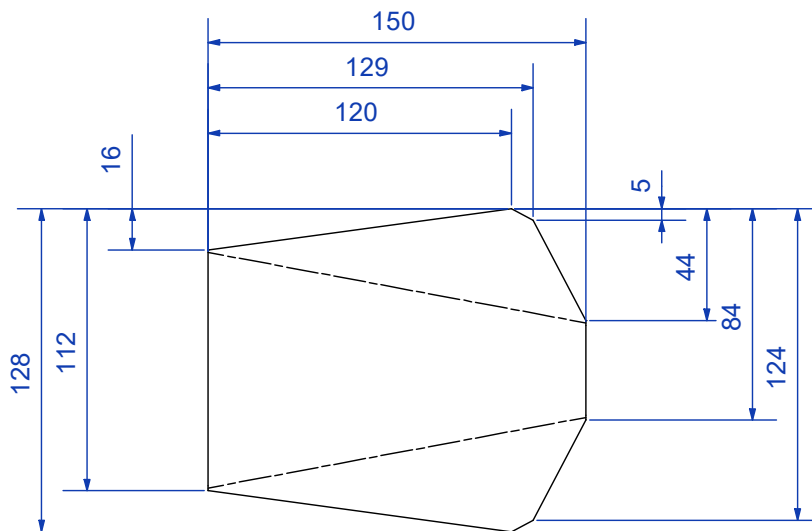


Espesor: 4mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 4	Dis.	Esteban Chalan
SAE J 403 1008			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
PLACA ASIENTO MOLINO		TR-MR: 01.02.01		Fecha: 5/2/2022

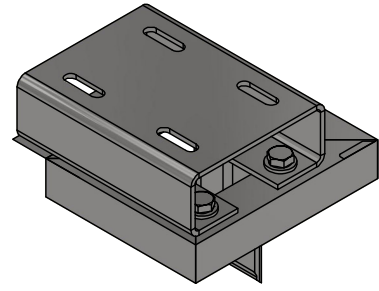
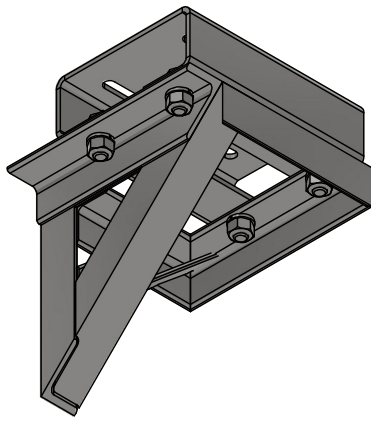


DESARROLLO

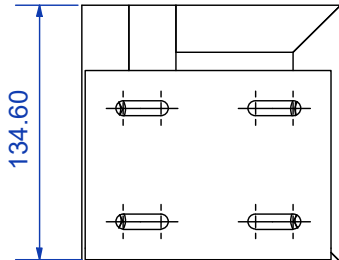
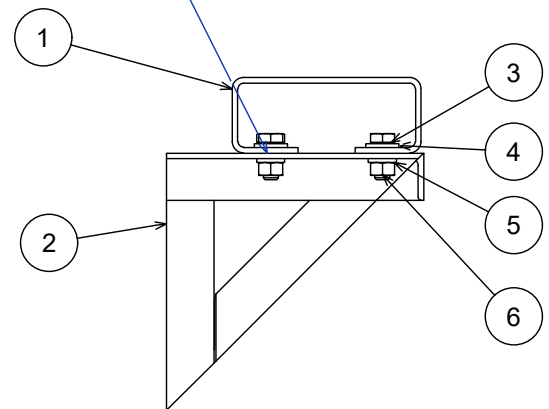
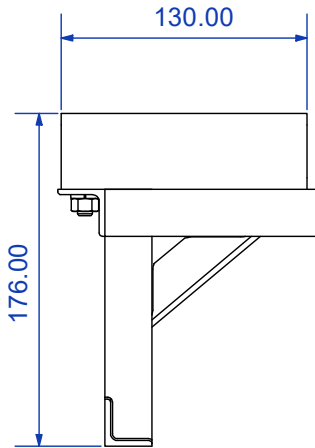


Espesor: 1.2 mm

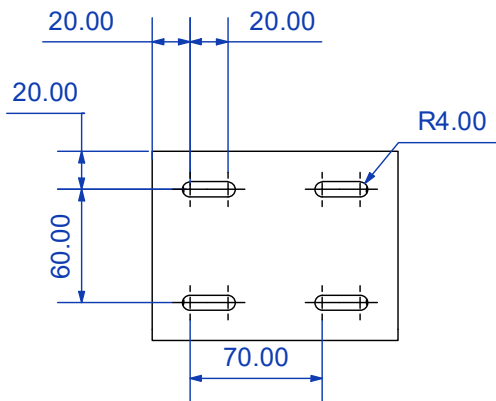
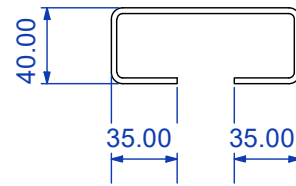
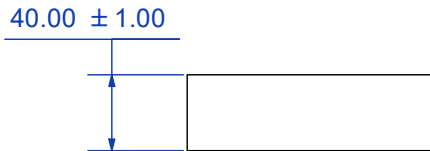
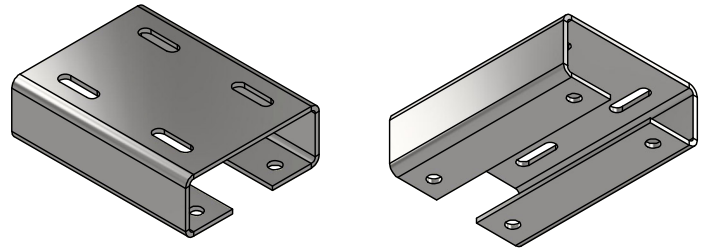
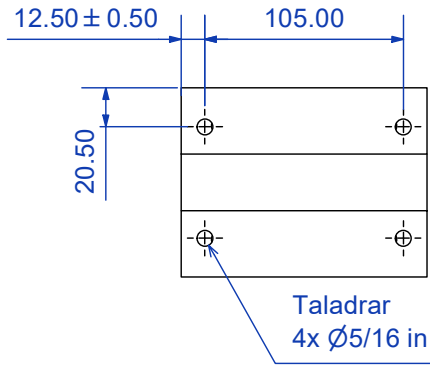
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan	
MATERIAL		Tol. Gral. ±1.00	Escala: 1 : 2	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
DUCTO DE SALIDA				TR-MR: 01.02.02	



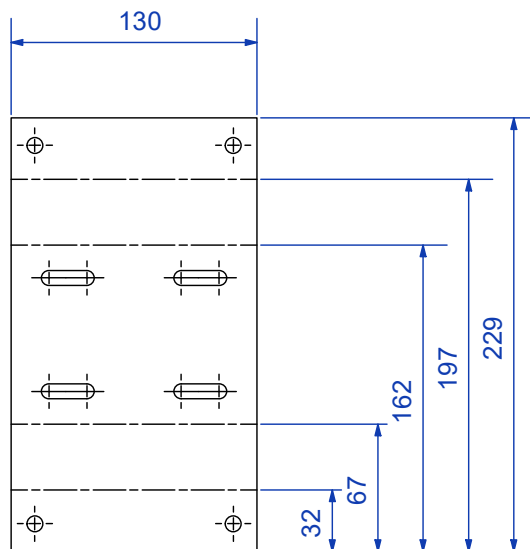
el marco se perfora en conjunto con la placa



6		Tuerca hex. 5/16"	ASTM F594	4	AISI 304	
5		Arandela de presión 5/16"	ASME B18.21.1	4	AISI 304	
4		Arandela plana 5/16"	ASME B18.21.1	4	AISI 304	
3		Perno cabeza hex. 5/16"	ASTM F593	4	AISI 304	
2		Marco soporte	01.03.02	1	ASTM A36	
1		Placa base	01.03.01	1	ASTM A36	
N°	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib.	Esteban Chalan	Escala: 1 : 4
				Dis.	Esteban Chalan	
				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	
BASE MOTOREDUCTOR				TR-MR: 01.03.00		Fecha: 6/2/2022

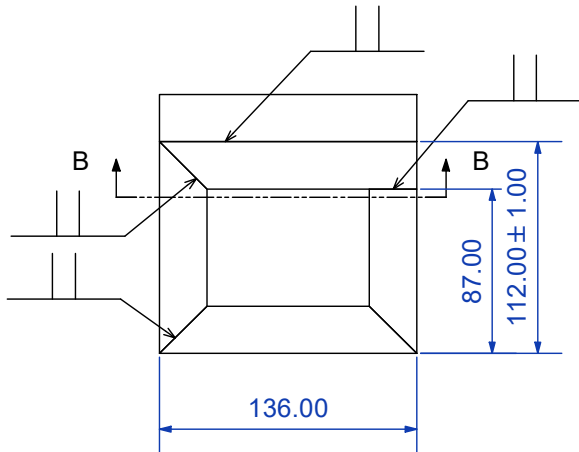
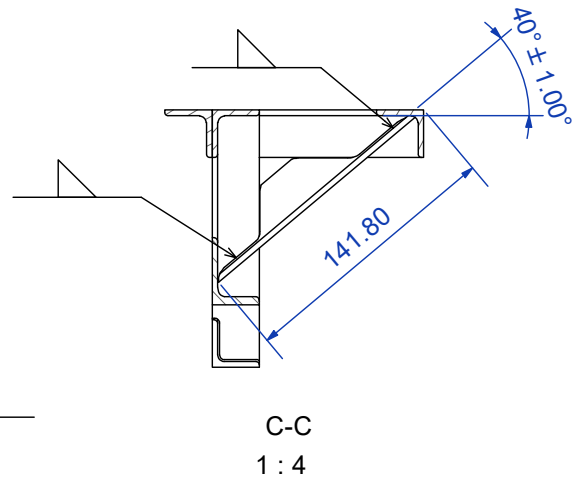
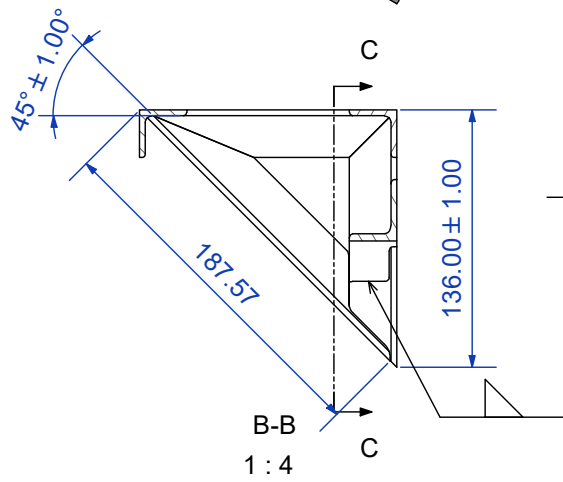
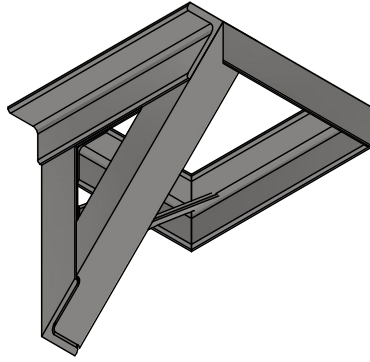


DESARROLLO



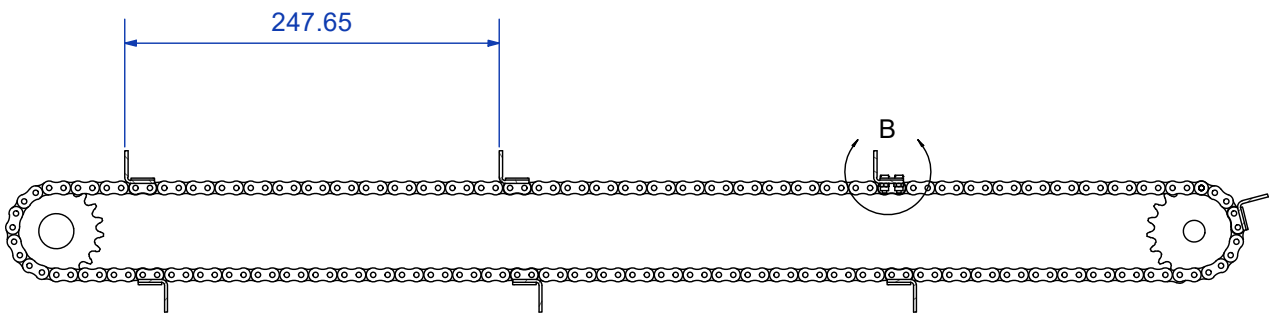
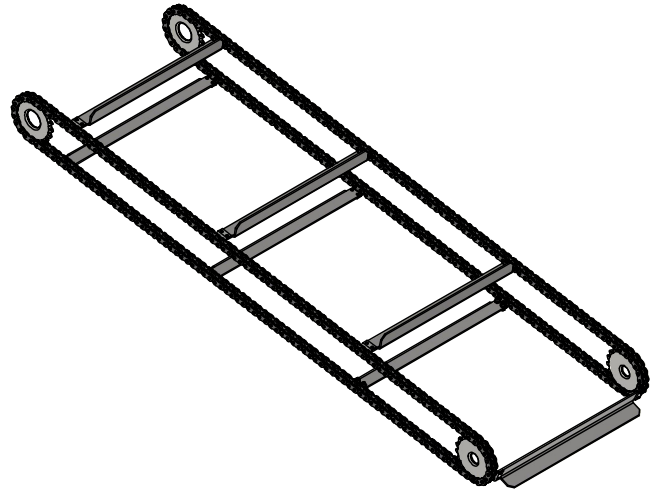
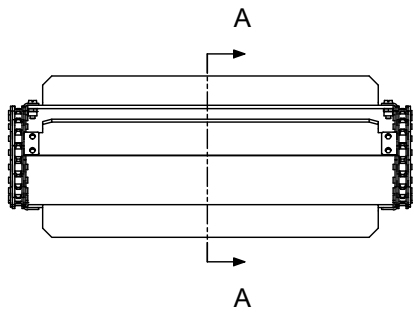
Espesor: 3 mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 4	Dis.	Esteban Chalan
ASTM A36			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±1.00			TR-MR: 01.03.01	
PLACA BASE		Fecha: 31/7/2020		

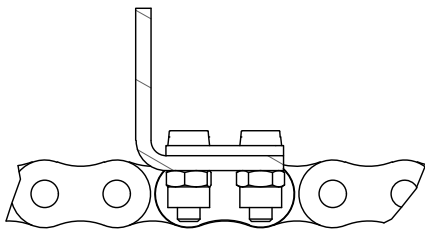


Ángulo 25x25x3
NTE INEN 1623

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 4	Dis.	Esteban Chalan
ASTM A36			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±1.00			MARCO SOPORTE	
		TR-MR: 01.03.02		Fecha: 6/2/2022

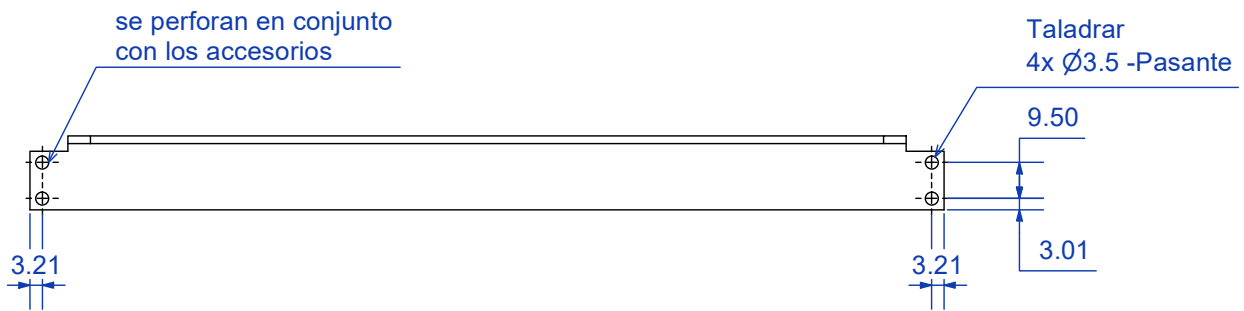
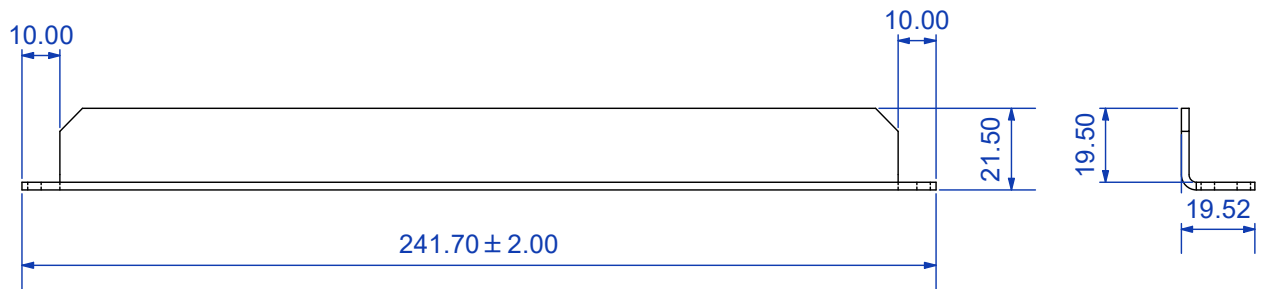
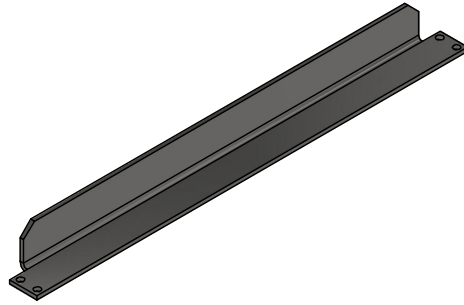


A-A
1 : 5

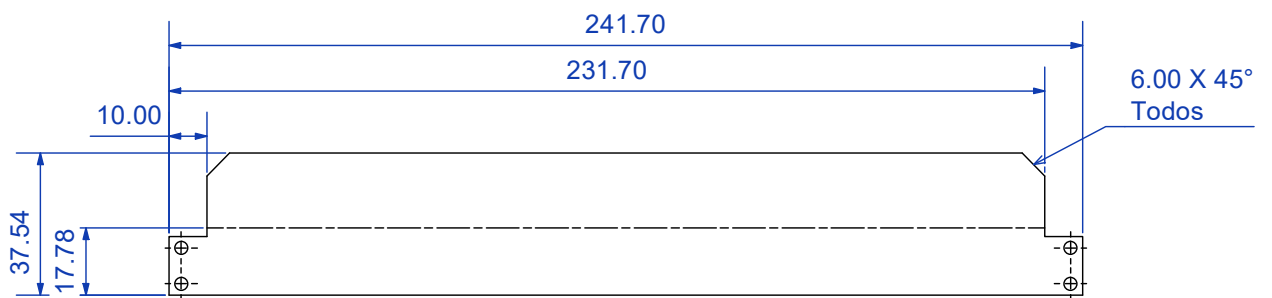


DETALLE B
1 : 1

5		Tuerca de seguridad M3	NF E 25-409	28	AISI 304	
4		Perno cabeza redonda M3	ISO 1207	28	AISI 304	
3		Cadena ANSI 35 (metros)		5		
2		Paleta / Rascador	01.04.02	7	AISI 304	
1		Accesorio WA-1	01.04.01	14		
N°	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib.	Esteban Chalan	Escala: 1 : 9
				Dis.	Esteban Chalan	
				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	
CADENA				TR-MR: 01.04.00		Fecha: 5/2/2022

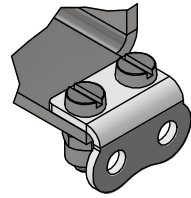
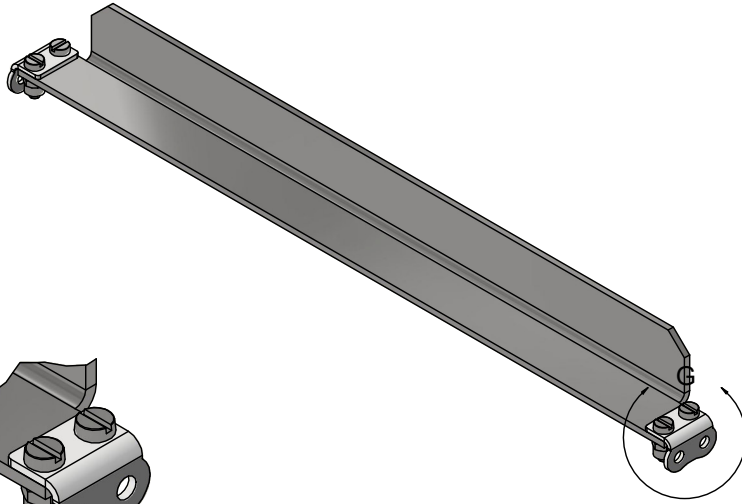


DESARROLLO

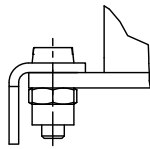
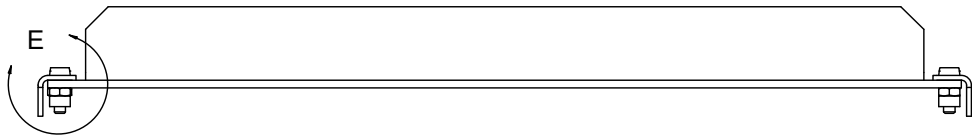


Espesor: 2mm

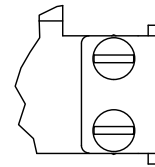
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 2	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50			ACCESORIO WA-1	
		TR-MR: 01.04.01		Fecha: 5/2/2022



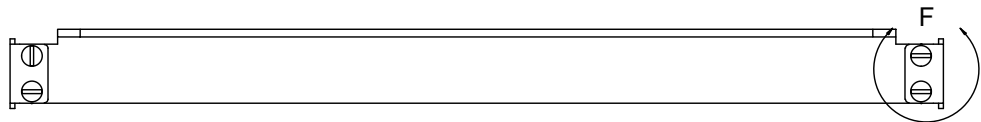
DETALLE G
1 : 1



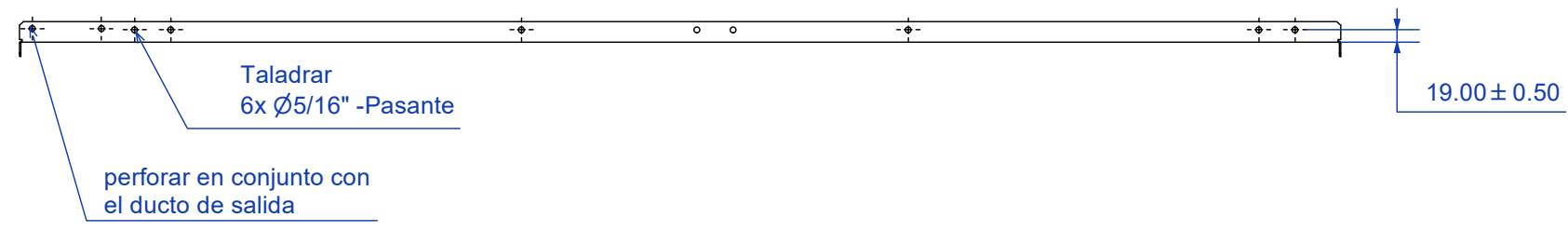
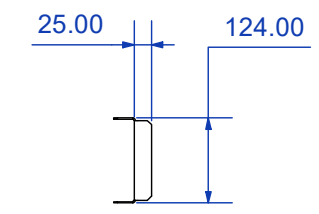
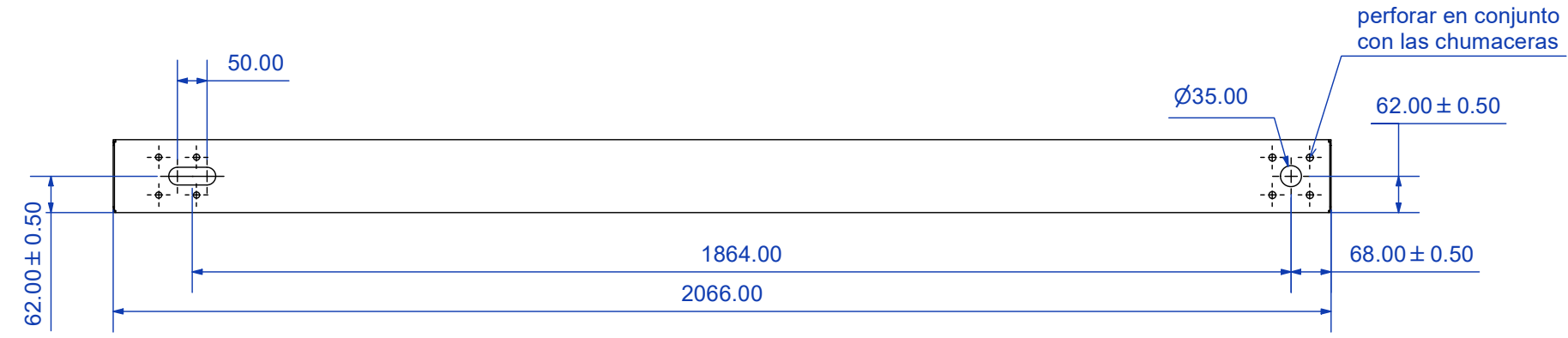
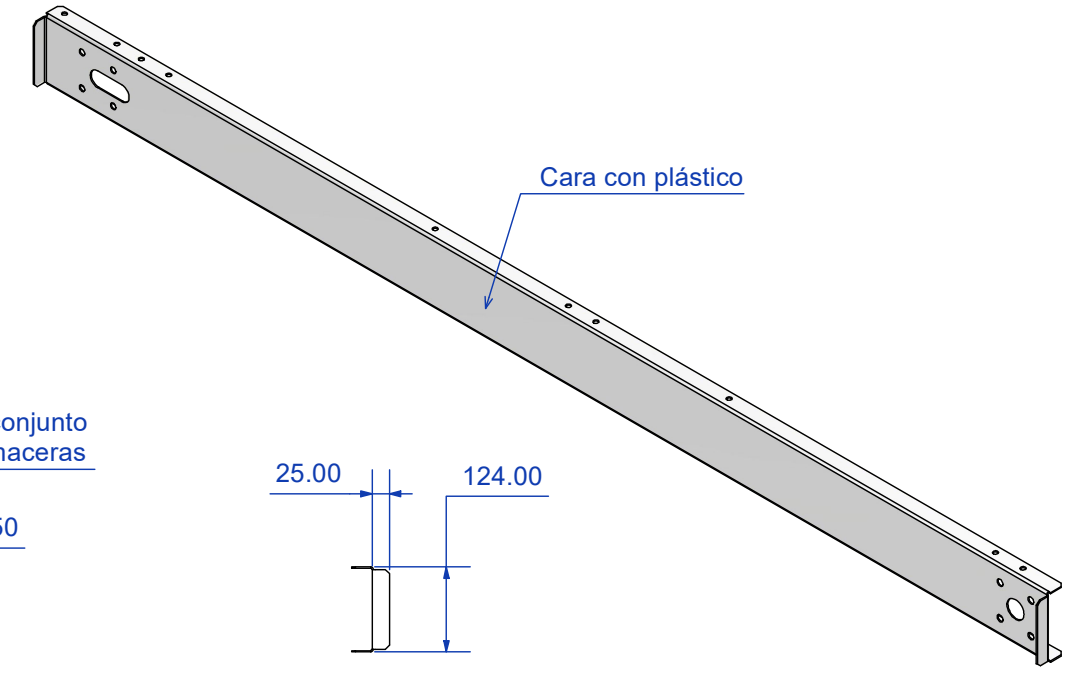
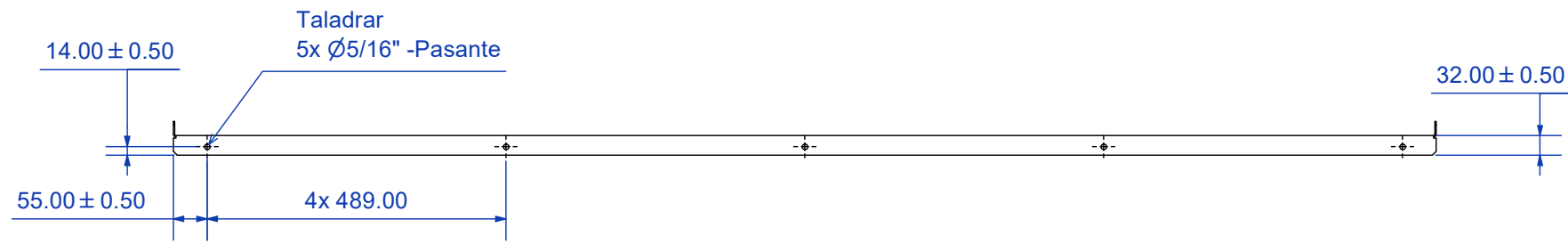
DETALLE E
1 : 1



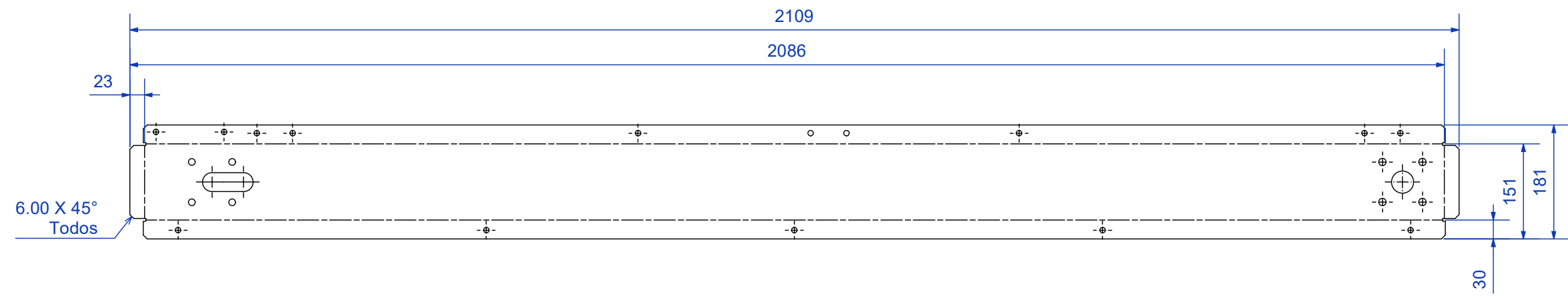
DETALLE F
1 : 1



Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL AISI 304		Tol. Gral. ±1.00	Escala: 1 : 2	Dis. Esteban Chalan
PALETA/RASCADOR		TR-MR: 01.04.01		Rev. Ing. Ivan Zambrano MSc.
				Fecha: 7/2/2022

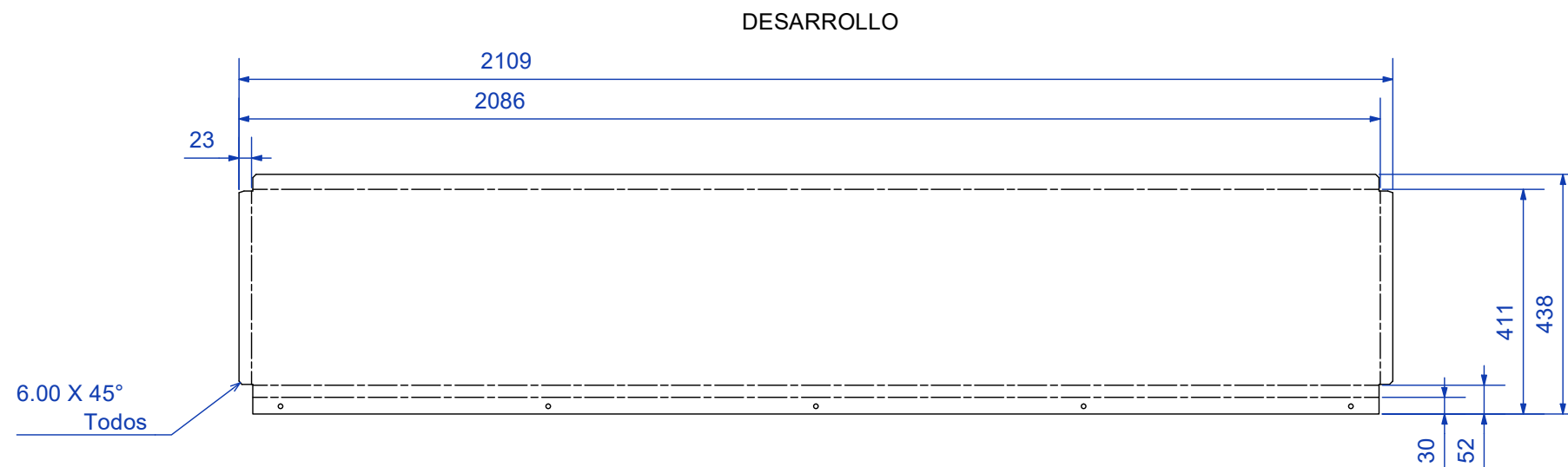
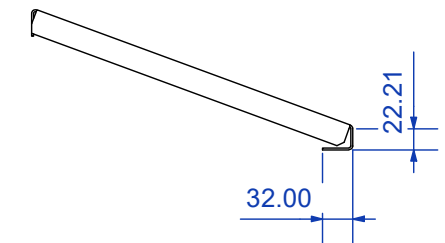
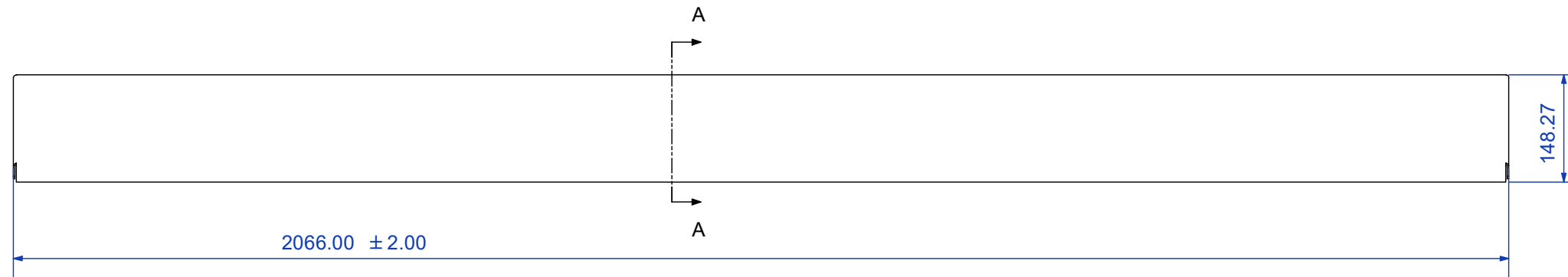
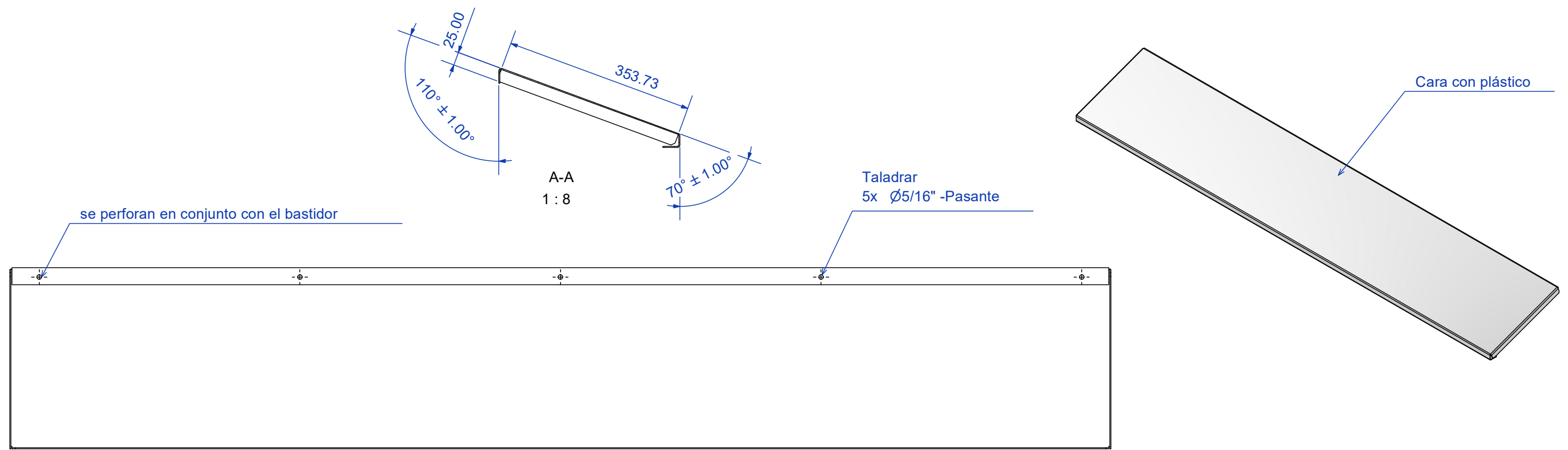


DESARROLLO



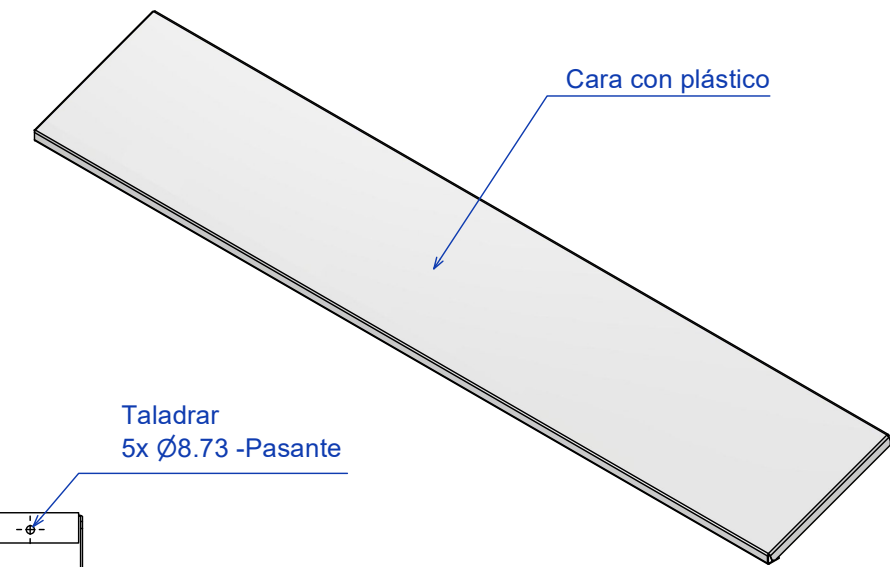
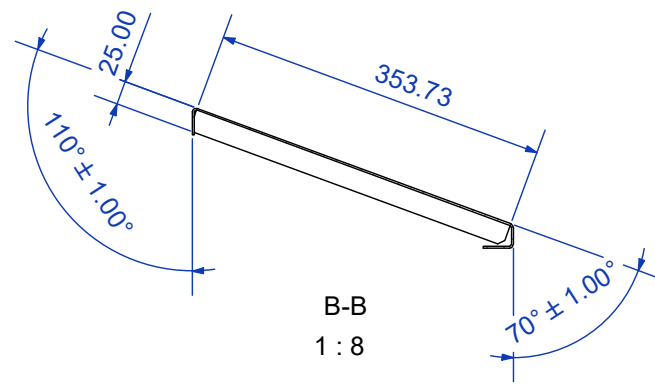
Espesor: 3mm
Realizar un izquierdo y un derecho

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 11	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±1.00			Fecha: 16/1/2022	
BASTIDOR		TR-MR: 01.00.01		



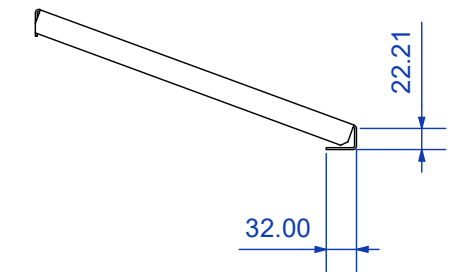
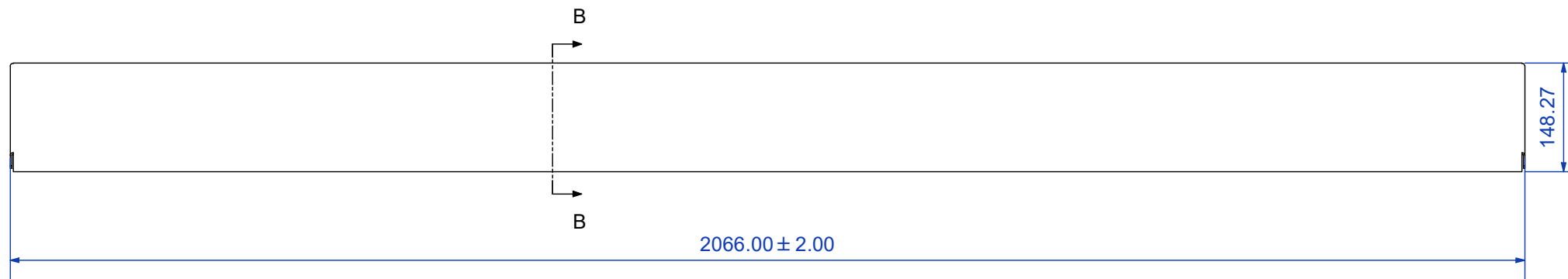
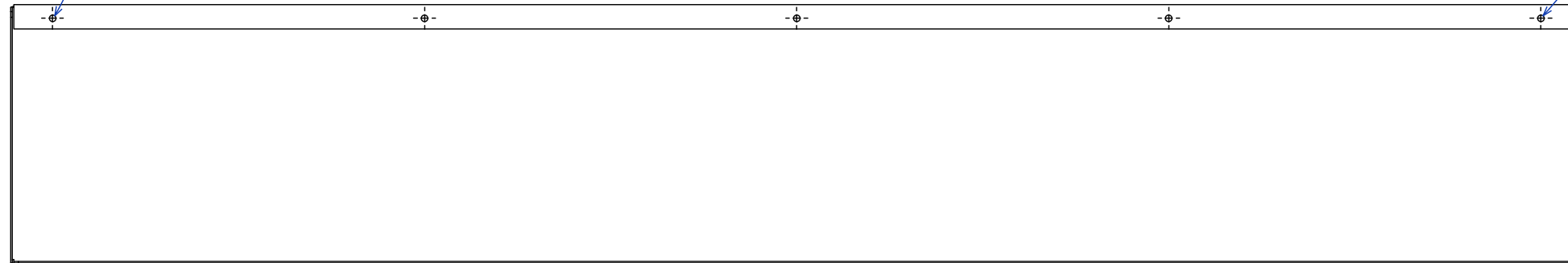
Espesor: 2mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 8	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
TOLVA IZQUIERDA			TR-MR: 01.00.02	
			Fecha: 16/1/2022	

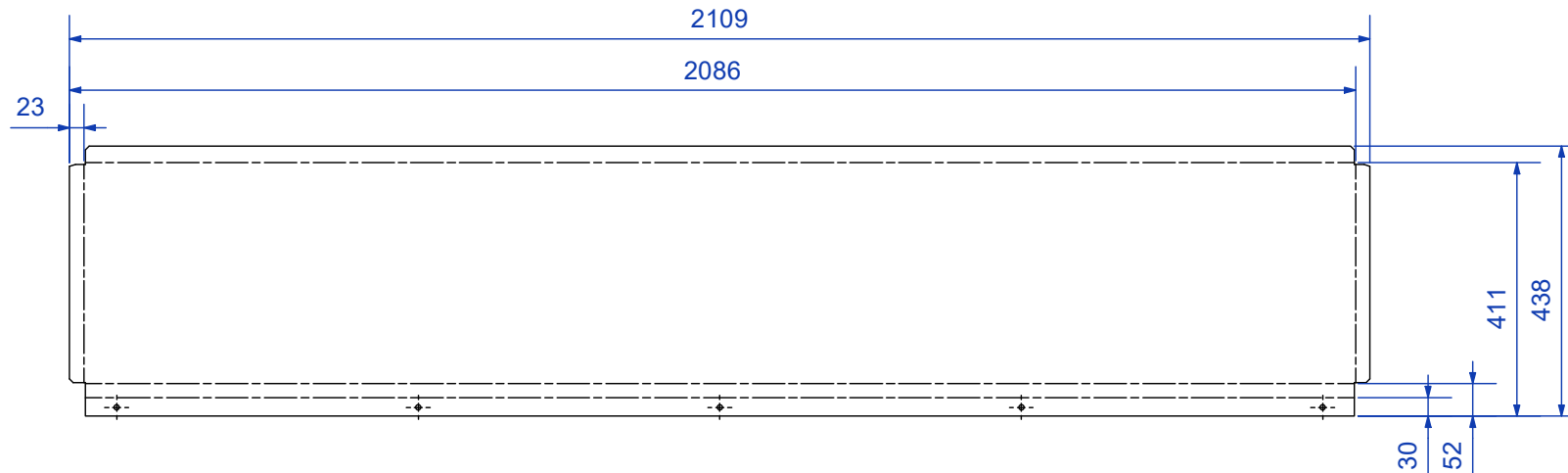


se perforan en conjunto con el bastidor

Taladrar
5x Ø8.73 -Pasante

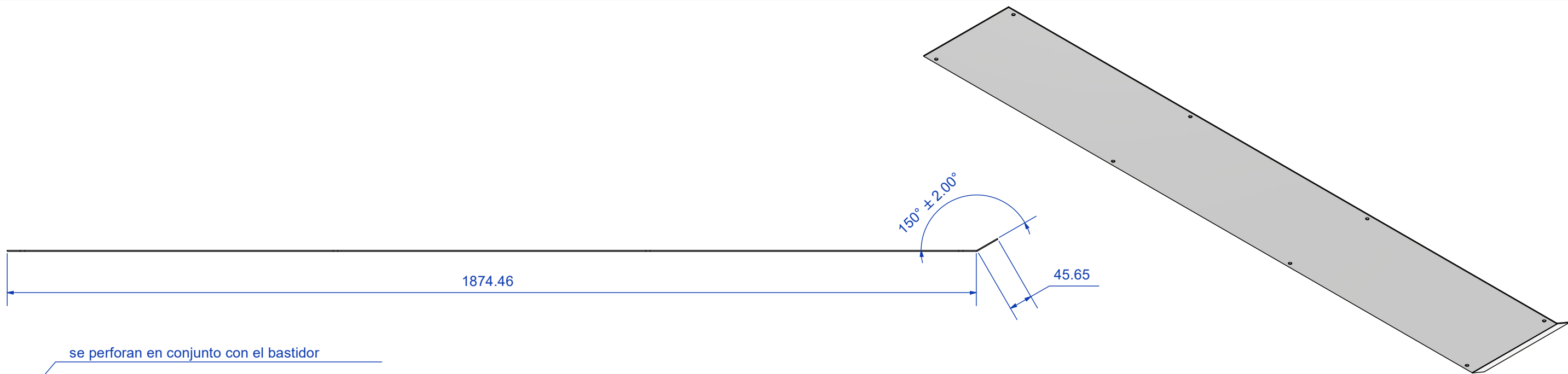


DESARROLLO

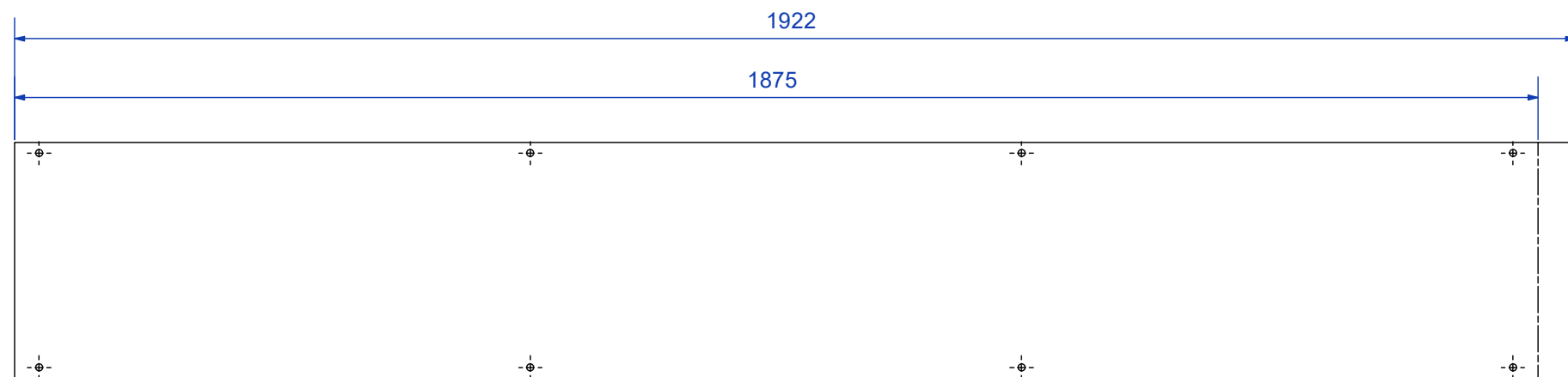


Espesor: 2mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 8	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±1.00		TOLVA DERECHA		TR-MR: 01.00.03
			Fecha: 16/1/2022	

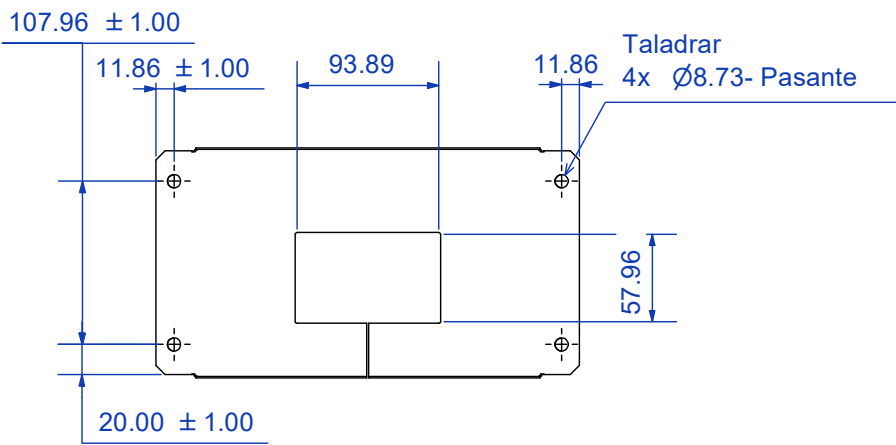
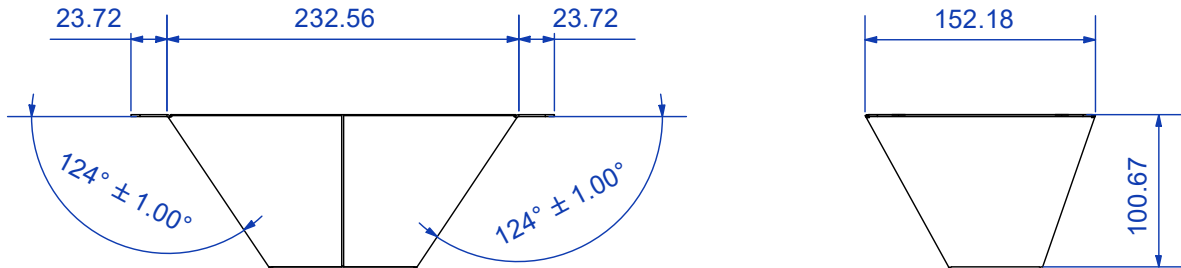
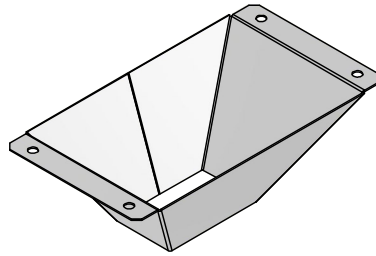


DESARROLLO

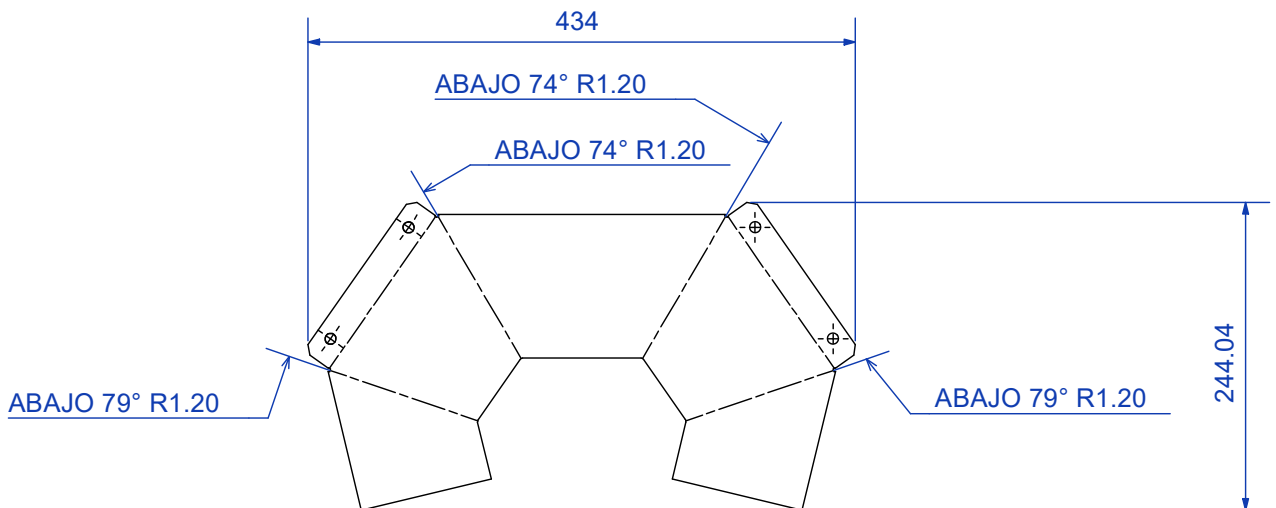


Espesor: 2mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan	
MATERIAL		Tol. Gral. ±1.00	Escala: 1 : 8	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	
BASE DE DESLIZAMIENTO			TR-MR: 01.00.04		Fecha: 16/1/2022



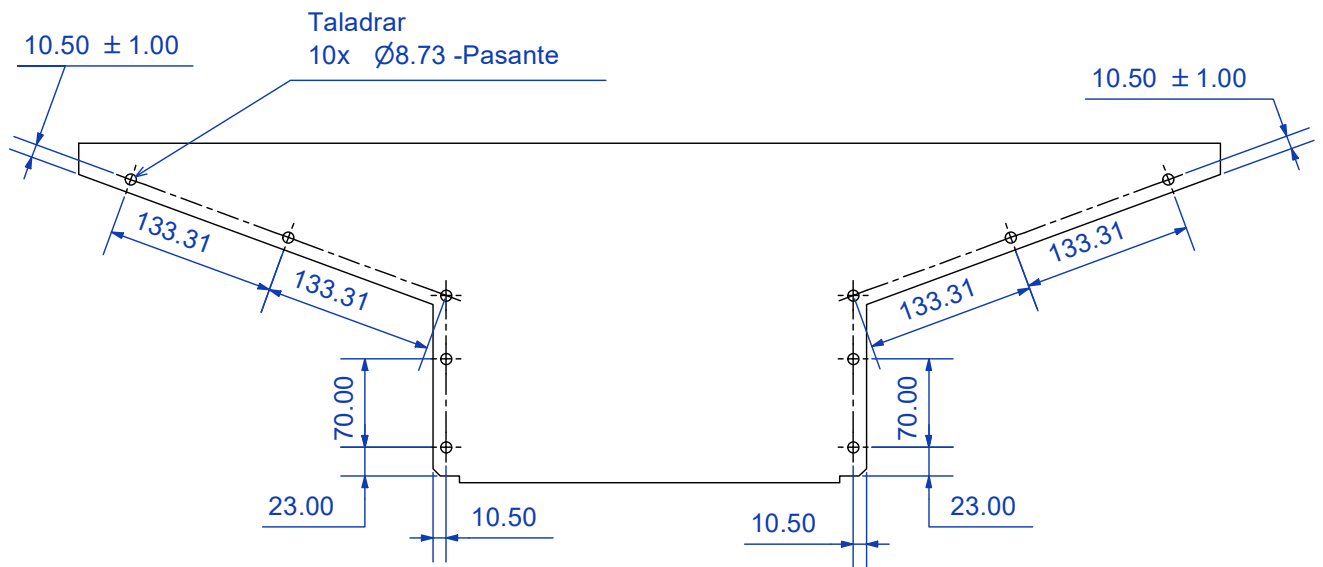
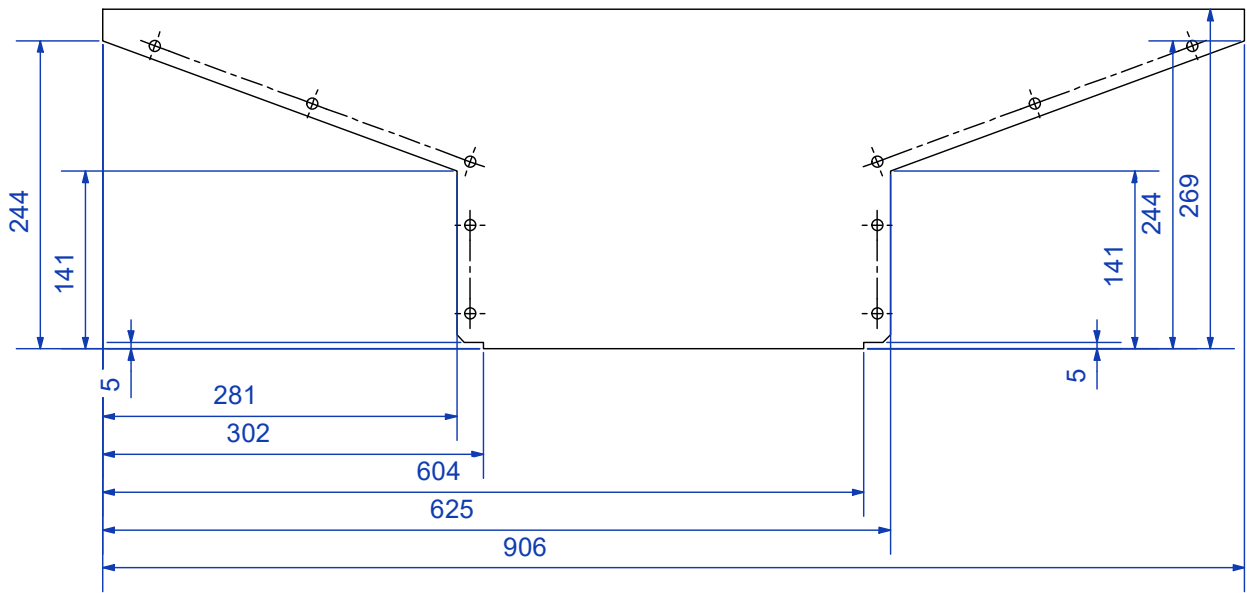
DESARROLLO



Espesor: 2mm

Detalle en plantilla al final

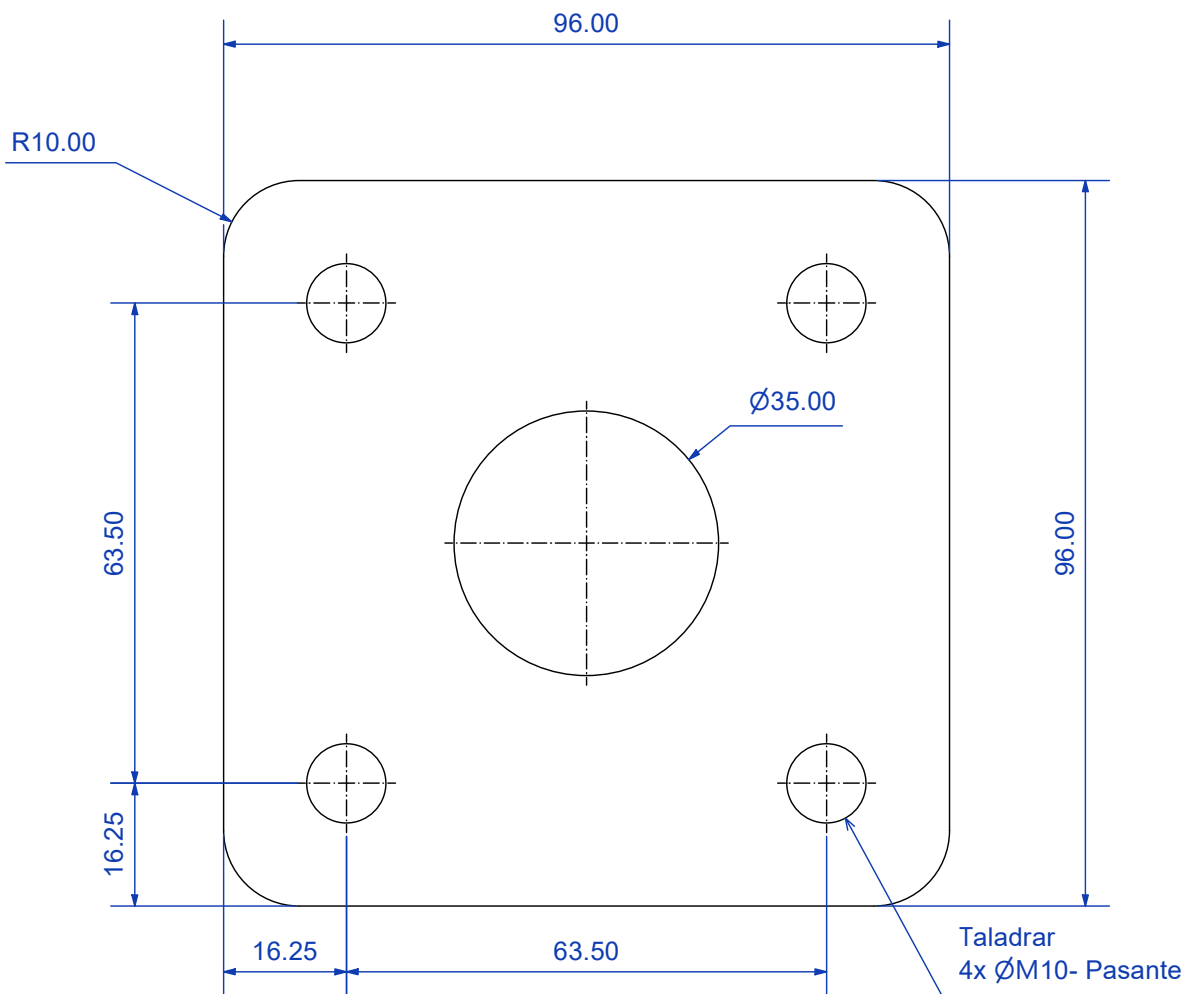
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 5	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50			Fecha: 16/1/2022	
TRANSICIÓN A MOLINO		TR-MR: 01.00.05		



Espesor: 2mm

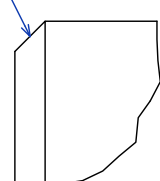
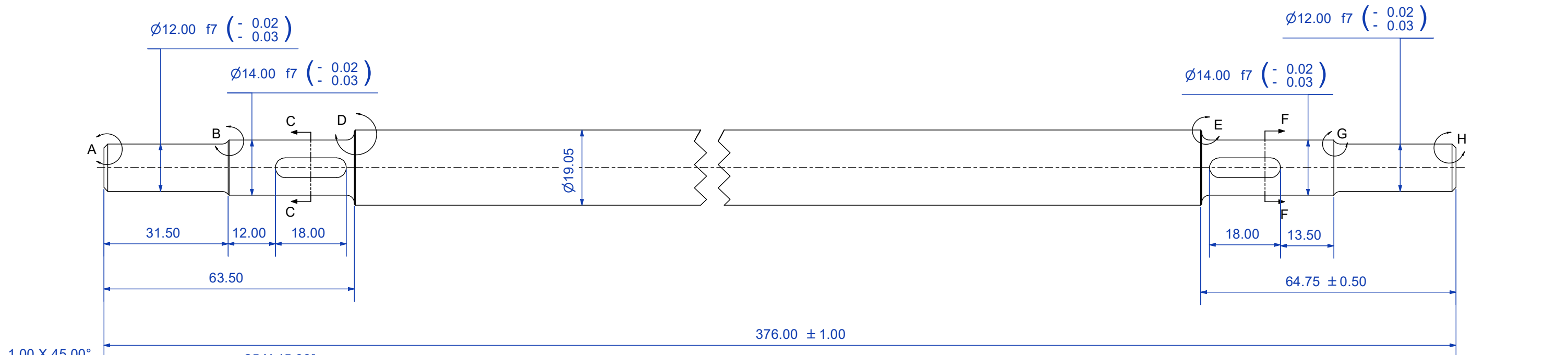
Realizar un izquierdo y un derecho

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 6	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50			Fecha: 6/2/2022	
TAPA FRONTAL		TR-MR: 01.00.06		

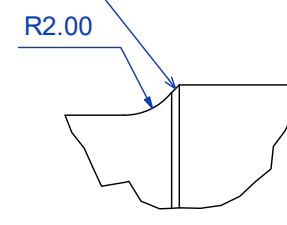


Espesor: 6mm
Para corte laser

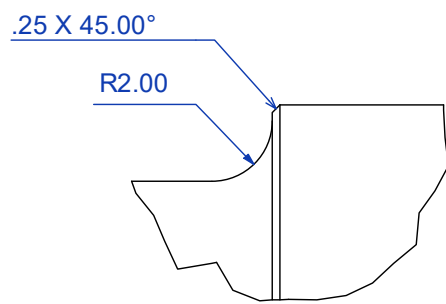
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 1	Dis.	Esteban Chalan
ASTM A36			Tol. Gral.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
			±0.50	
PLACA CHUMACERA		TR-MR: 01.00.07		Fecha: 5/2/2022



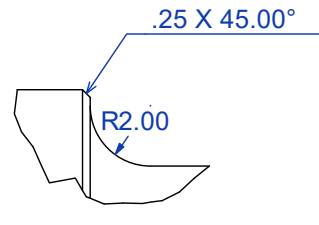
DETALLE A
4:1



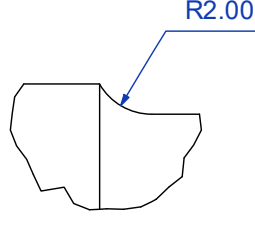
DETALLE B
4:1



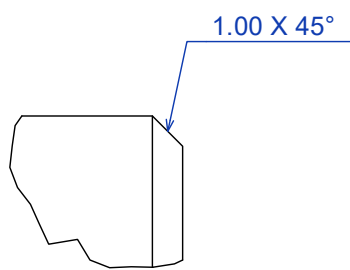
DETALLE D
4:1



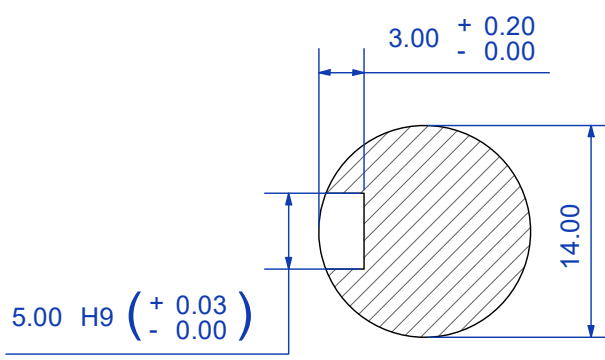
DETALLE E
4:1



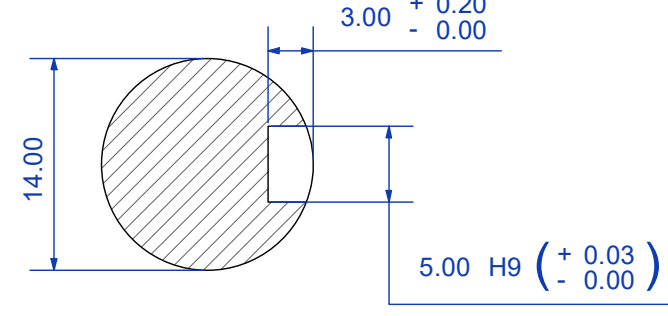
DETALLE G
4:1



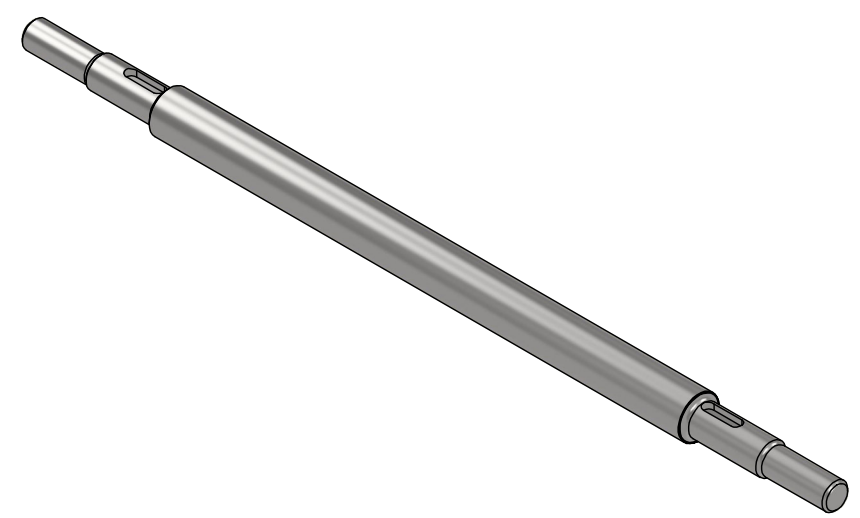
DETALLE H
4:1



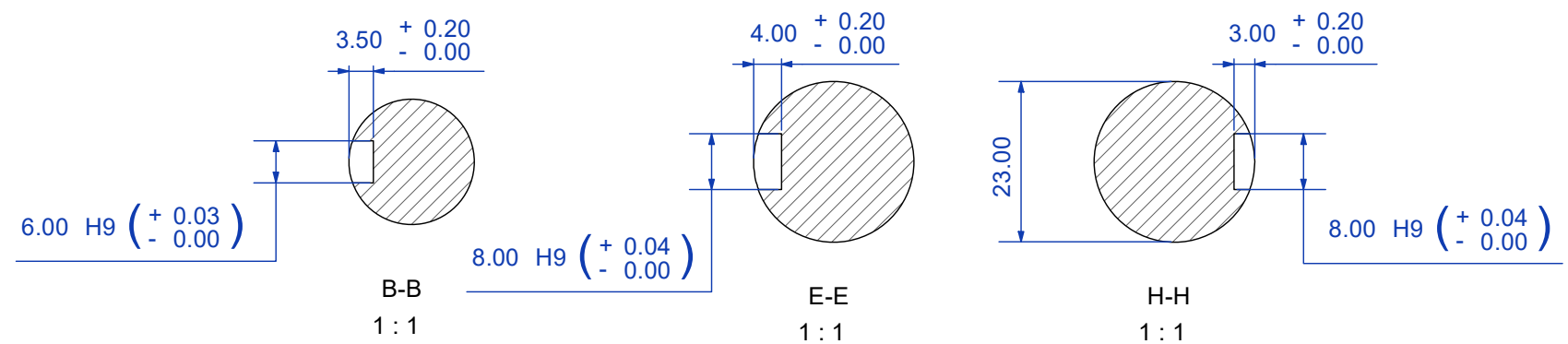
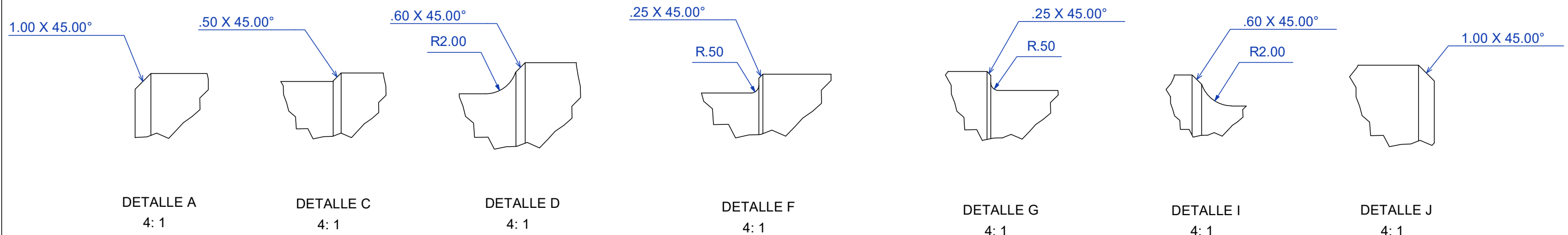
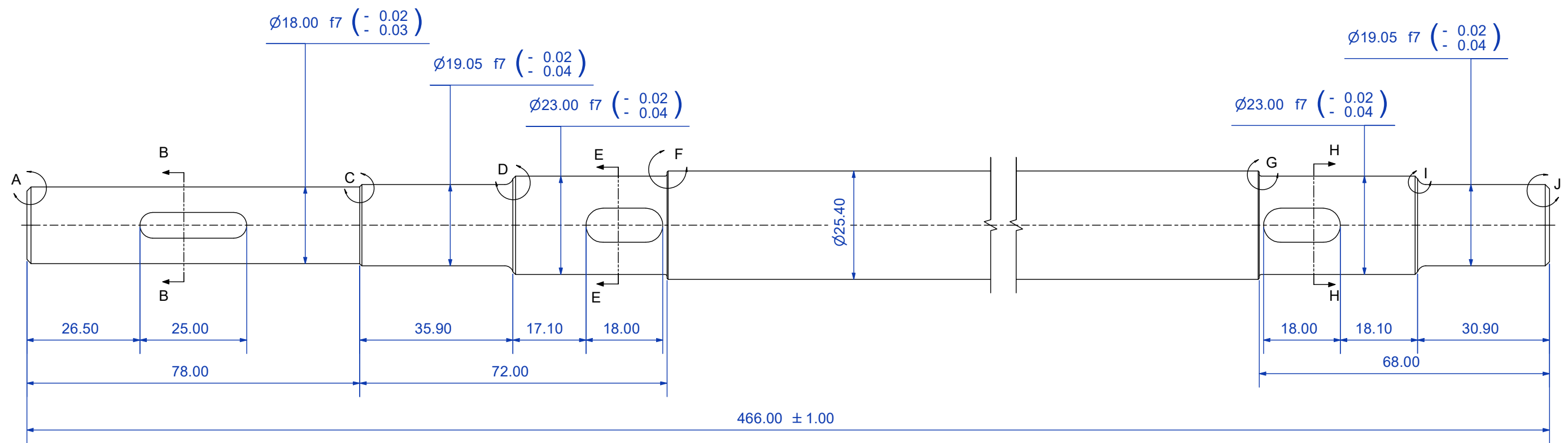
C-C
2:1



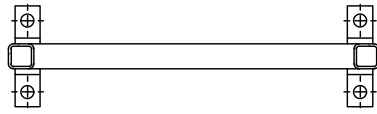
F-F
2:1



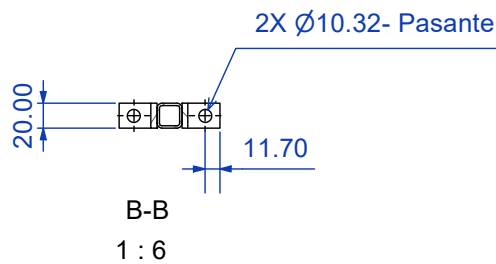
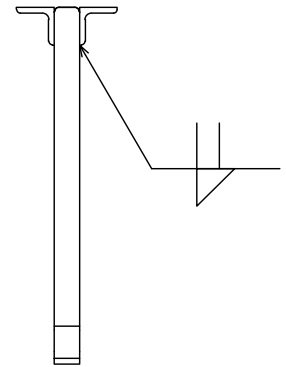
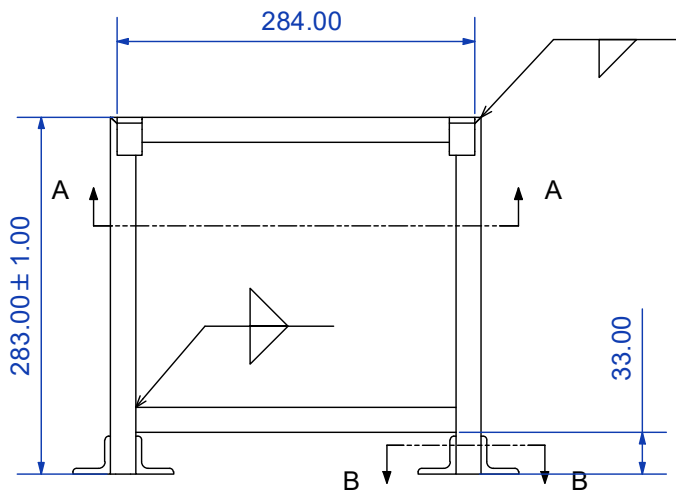
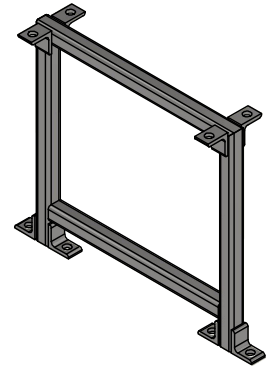
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1:1	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ± 0.50			EJE MOTRIZ	
EJE MOTRIZ			TR-MR: 01.00.08	Fecha: 16/1/2022



Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1:1	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ± 0.50			Fecha: 13/1/2022	
EJE CONDUcido			TR-MR: 01.00.09	

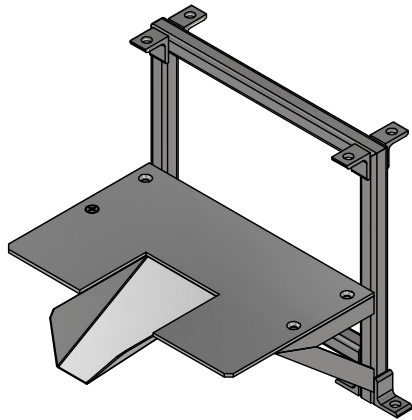
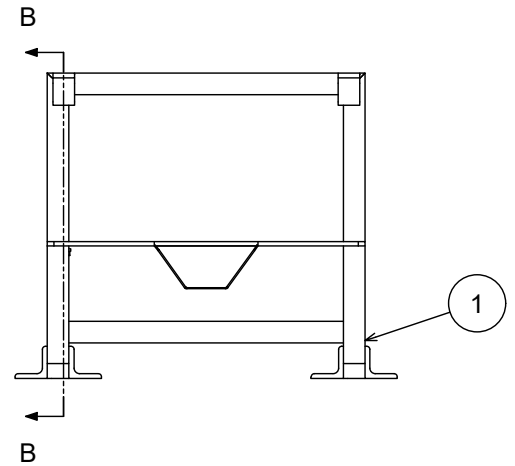
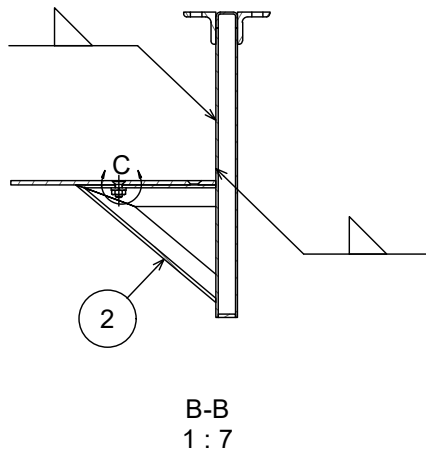
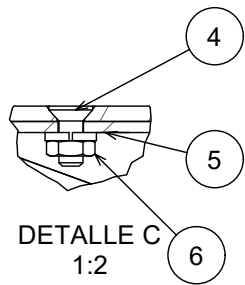


A-A
1 : 6

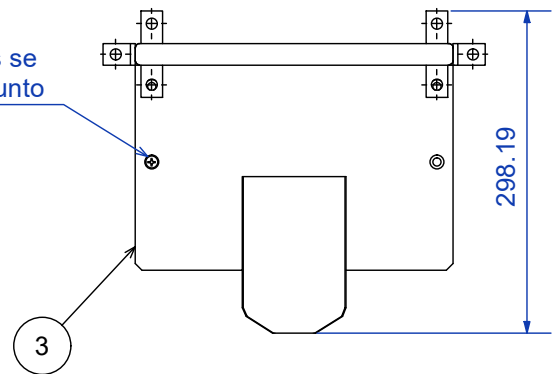


Tubo □ 20x20x1.5
NTE INEN 2415

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 6	Dis.	Esteban Chalan
SAE J 403 1008			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50				
PÓRTICO SIMPLE		TR-MR: 01.00.10		Fecha: 5/2/2022

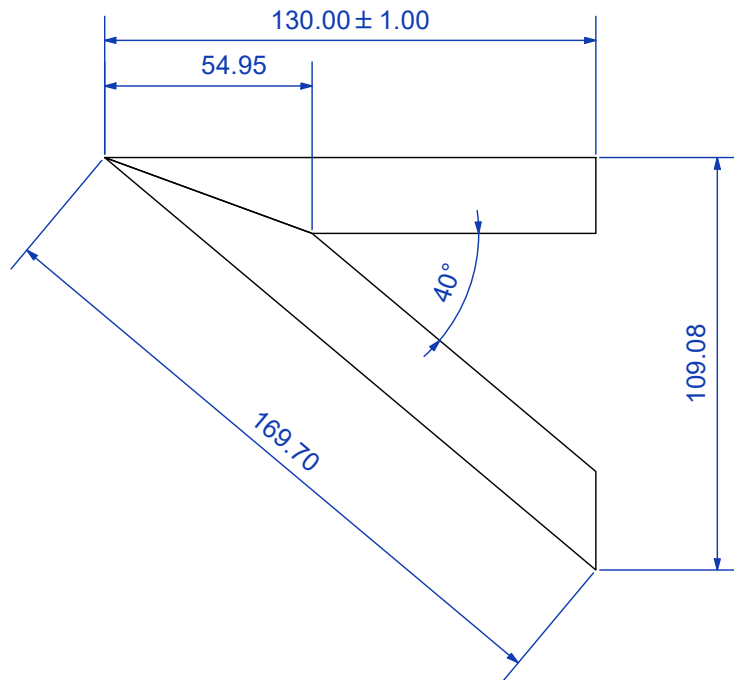
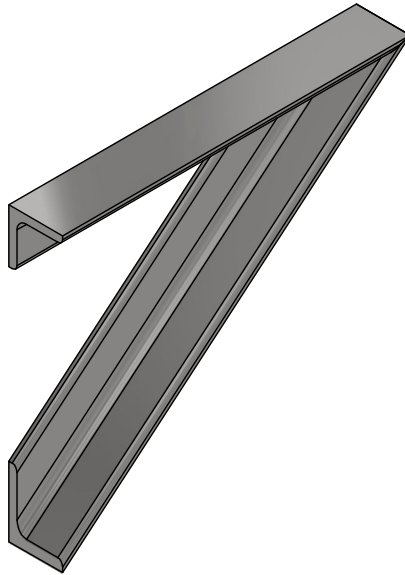


perforaciones se realizan en conjunto



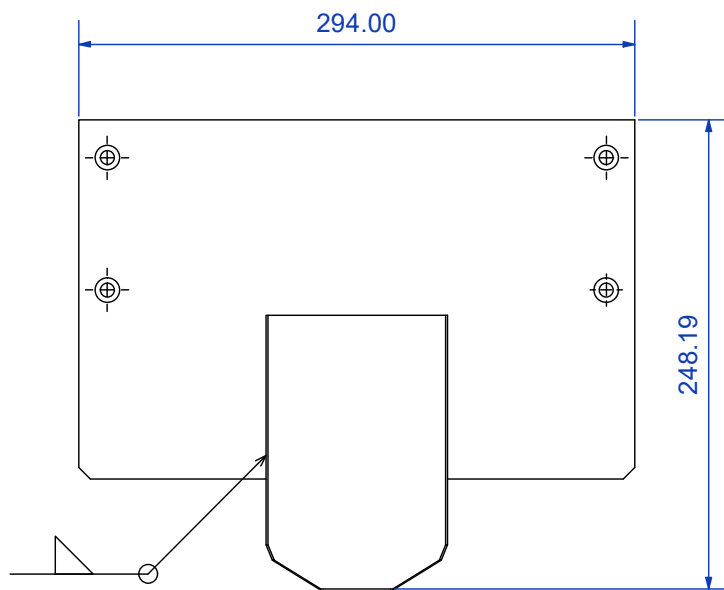
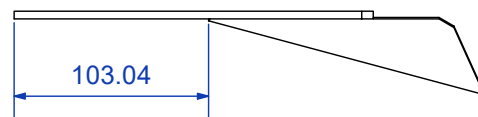
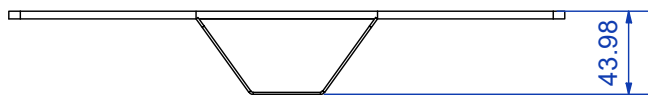
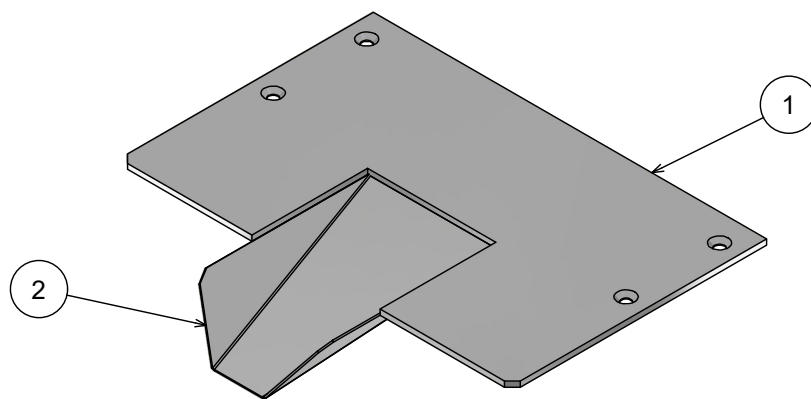
6		Tuerca hex. 5/16"	SAE J995	4	ASTM A36	
5		Arandela de presión 5/16"	ASME B18.21.1	4	ASTM A36	
4		Perno cabeza avellanada 5/16"	ASTM F835	4	ASTM A36	
3		Placa base molino	01.02.00	1	AISI 304	
2		Escuadra	01.01.01	2	SAE J 403 1008	
1		Portico simple	01.00.10	1	SAE J 403 1008	

Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib.	Esteban Chalan	Escala: 1:7
				Dis.	Esteban Chalan	
				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	
PORTICO MOLINO				TR-MR: 01.01.00		Fecha: 5/2/2022

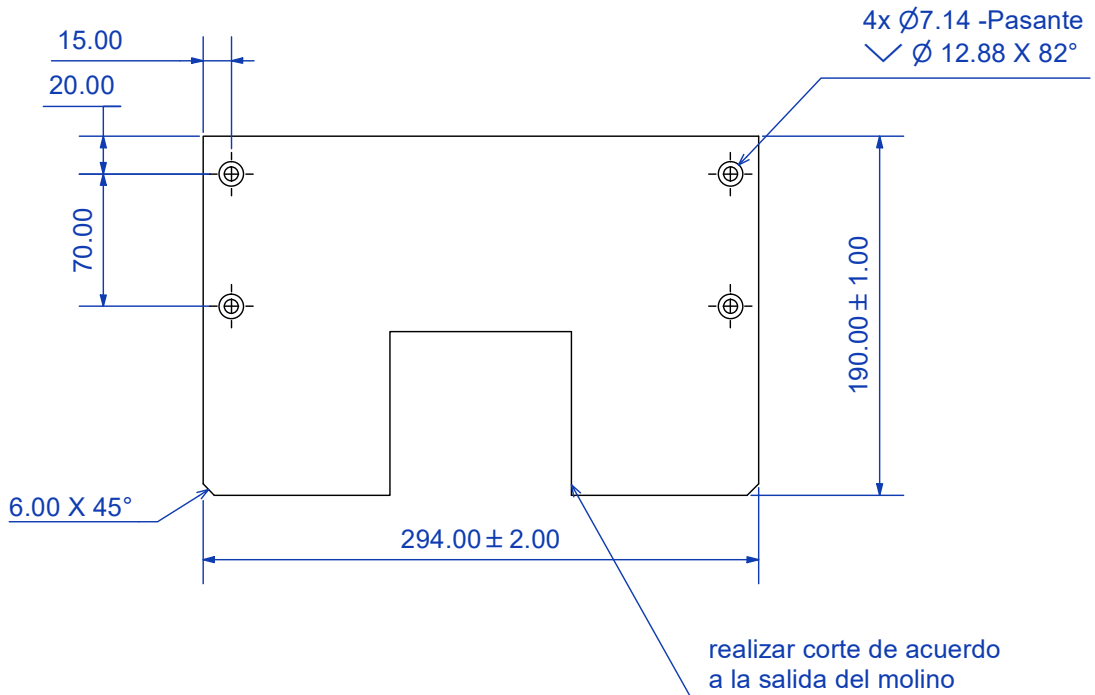
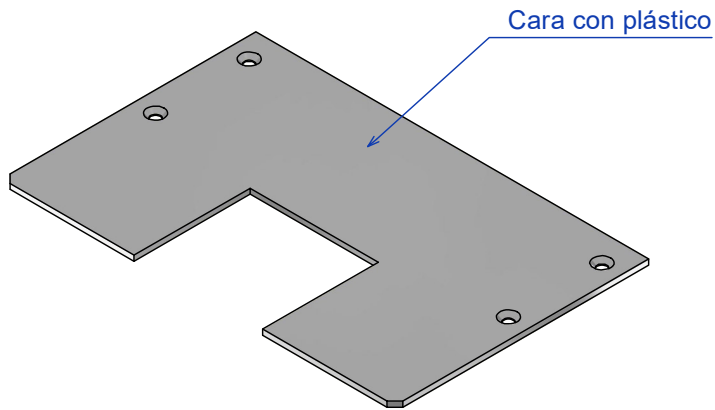


Ángulo 25x25x3
 NTE INEN 1623
 Realizar un izquierdo y un derecho

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 2	Dis.	Esteban Chalan
SAE J 403 1008			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±1.00				
ESCUADRA		TR-MR: 01.01.01		Fecha: 5/2/2022

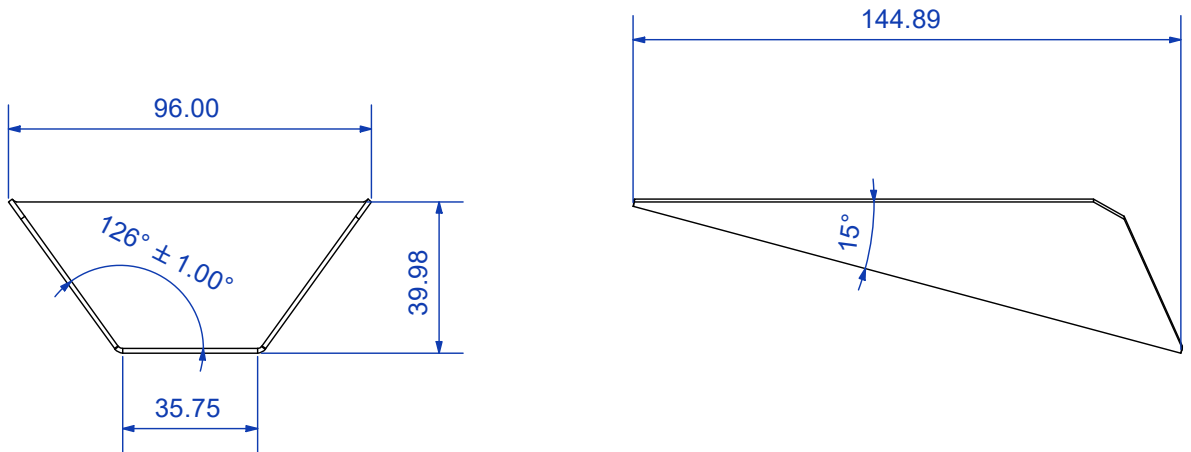
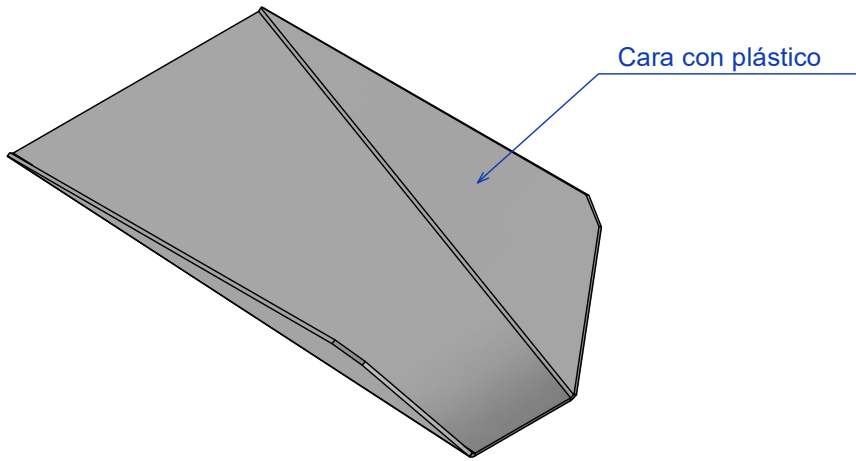


2		Ducto salida	01.02.02	1	AISI 304	
1		Placa asiento molino	01.02.01	1	AISI 304	
Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib.	Esteban Chalan	Escala: 1 : 4
				Dis.	Esteban Chalan	
				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	
PLACA BASE MOLINO				TR-MR: 01.02.00		Fecha: 5/2/2022

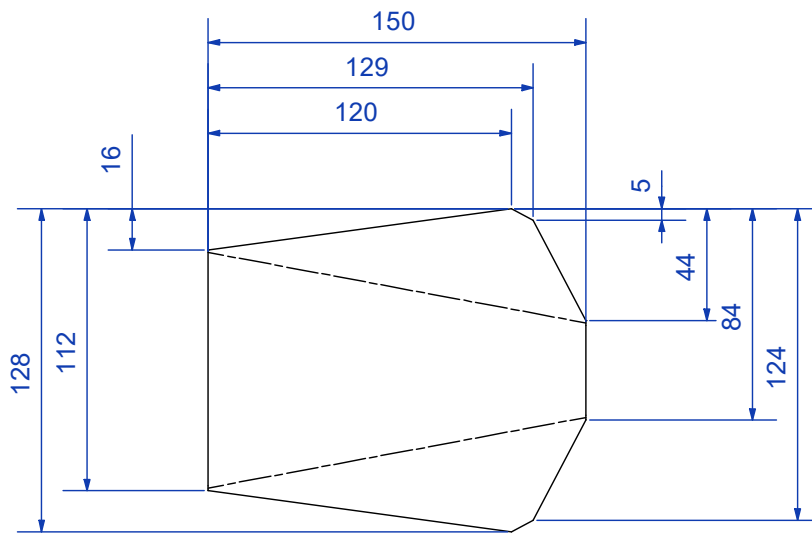


Espesor: 4mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 4	Dis.	Esteban Chalan
SAE J 403 1008			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
PLACA ASIENTO MOLINO		TR-MR: 01.02.01		Fecha: 5/2/2022

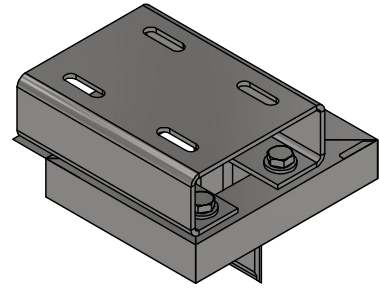
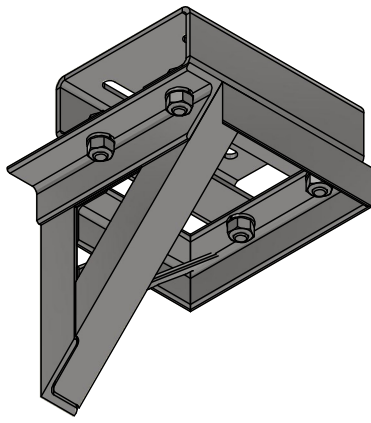


DESARROLLO

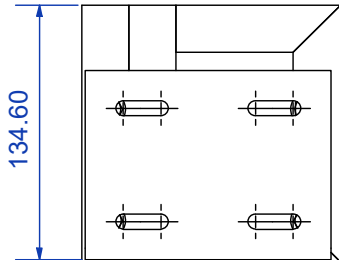
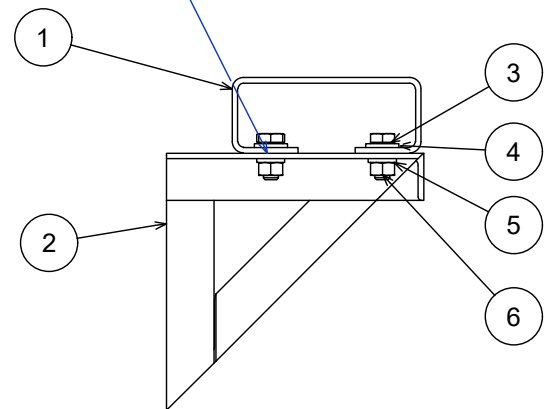
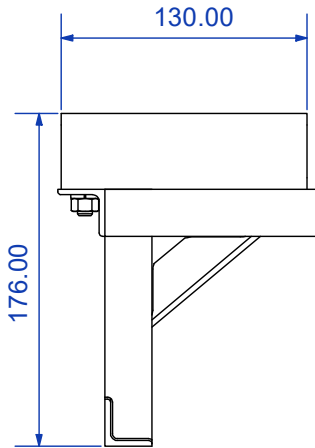


Espesor: 1.2 mm

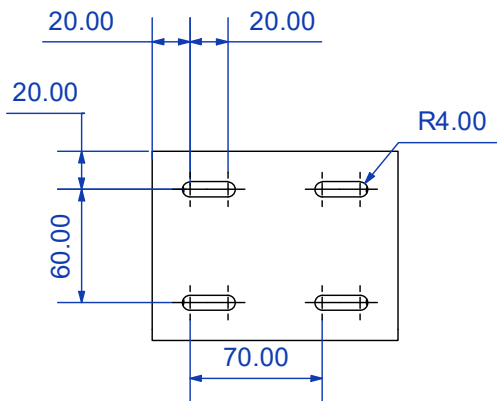
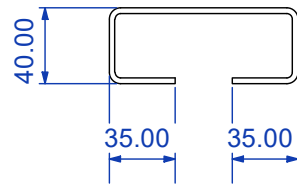
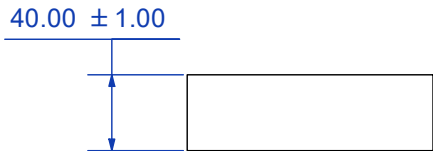
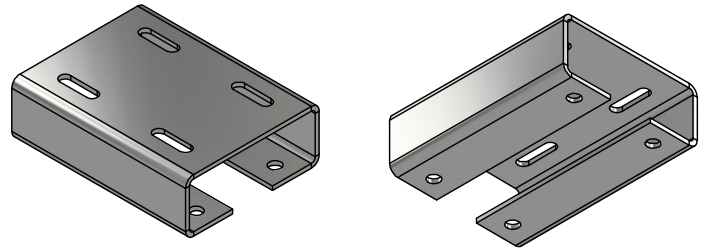
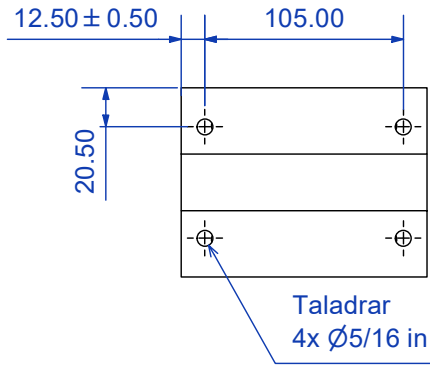
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 2	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±1.00			Fecha: 5/2/2022	
DUCTO DE SALIDA		TR-MR: 01.02.02		



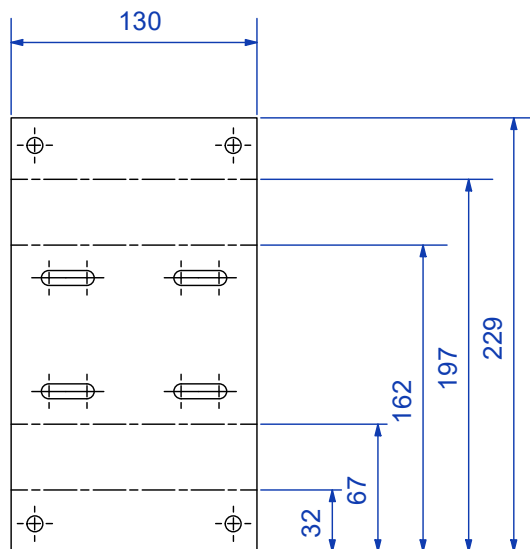
el marco se perfora en conjunto con la placa



6		Tuerca hex. 5/16"	ASTM F594	4	AISI 304	
5		Arandela de presión 5/16"	ASME B18.21.1	4	AISI 304	
4		Arandela plana 5/16"	ASME B18.21.1	4	AISI 304	
3		Perno cabeza hex. 5/16"	ASTM F593	4	AISI 304	
2		Marco soporte	01.03.02	1	ASTM A36	
1		Placa base	01.03.01	1	ASTM A36	
N°	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib.	Esteban Chalan	Escala: 1 : 4
				Dis.	Esteban Chalan	
				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.	
BASE MOTOREDUCTOR				TR-MR: 01.03.00		Fecha: 6/2/2022

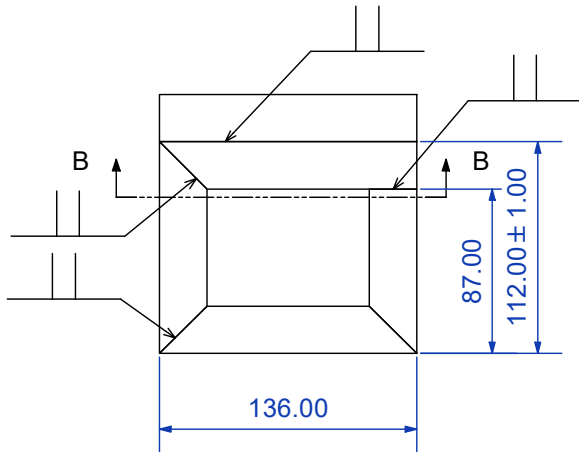
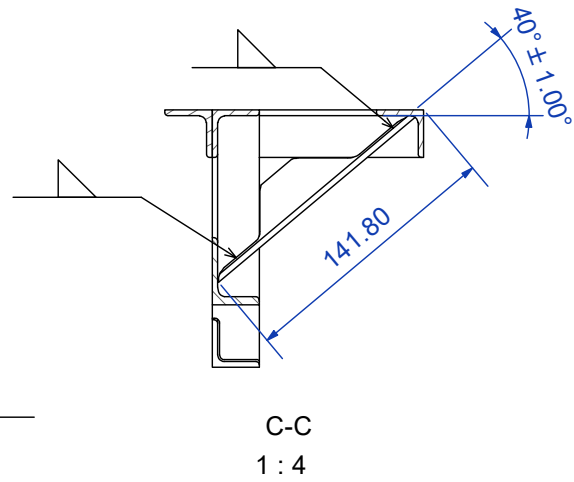
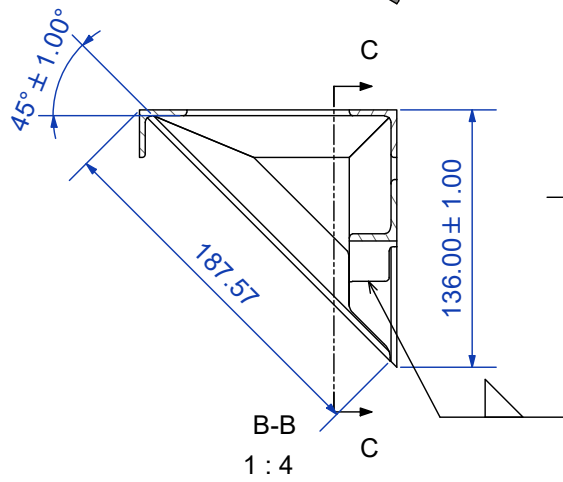
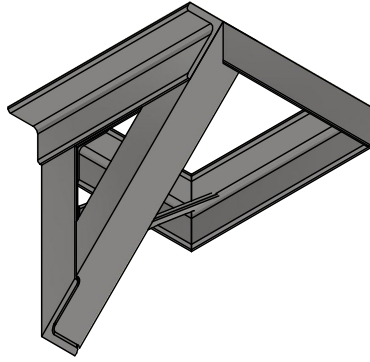


DESARROLLO



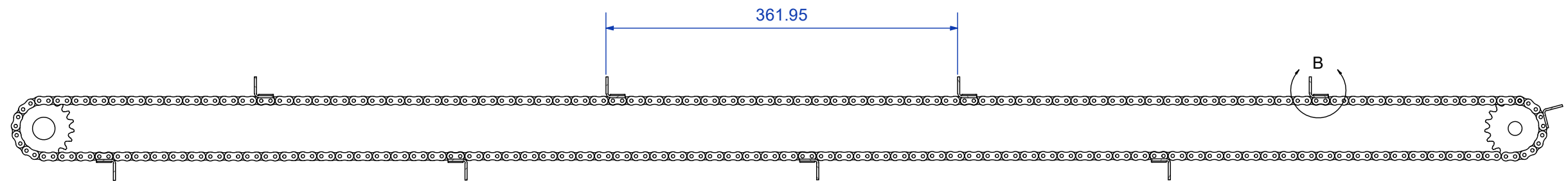
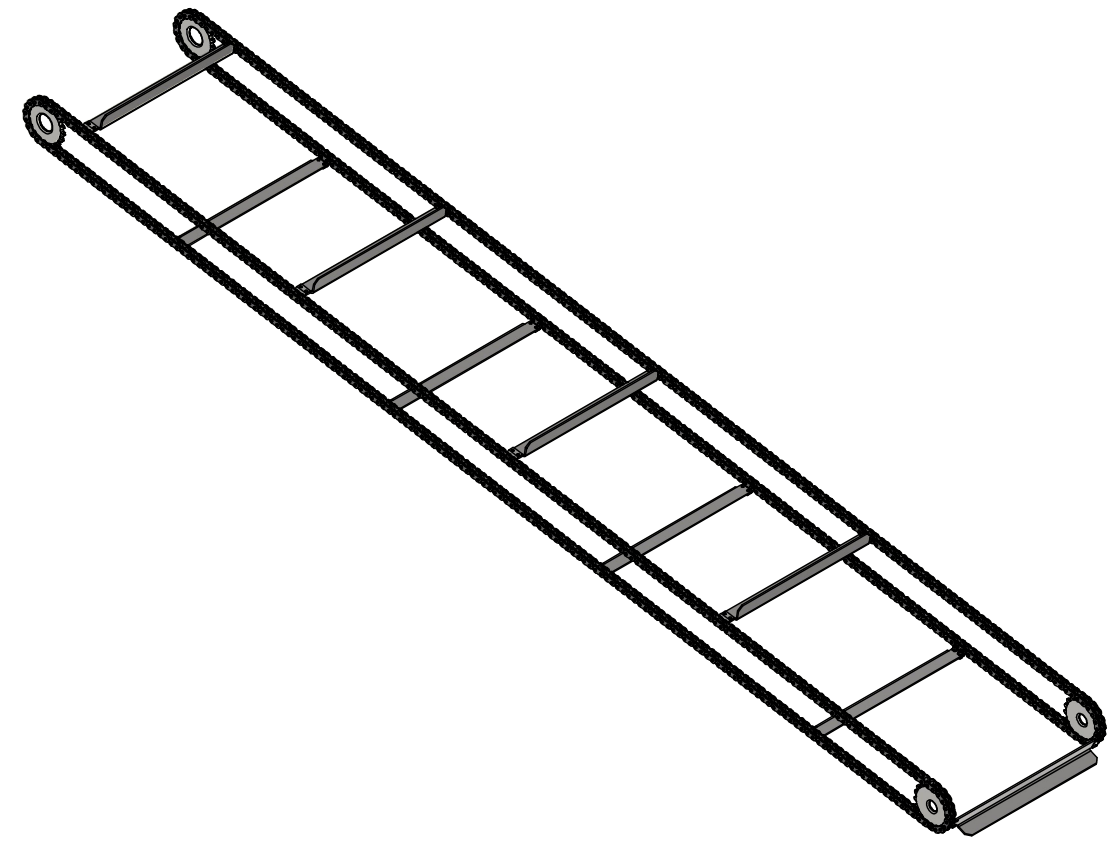
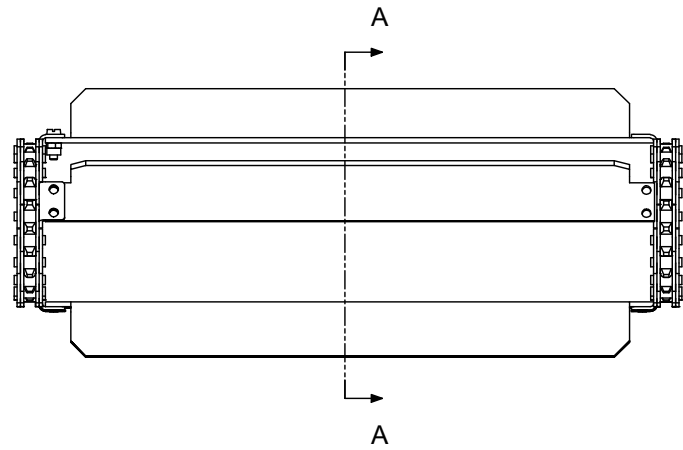
Espesor: 3 mm

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 4	Dis.	Esteban Chalan
ASTM A36			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±1.00			Fecha: 31/7/2020	
PLACA BASE		TR-MR: 01.03.01		

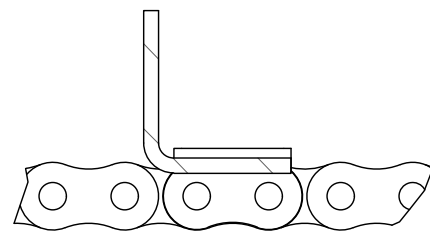


Ángulo 25x25x3
NTE INEN 1623

Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 4	Dis.	Esteban Chalan
ASTM A36			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±1.00			MARCO SOPORTE	
		TR-MR: 01.03.02		Fecha: 6/2/2022



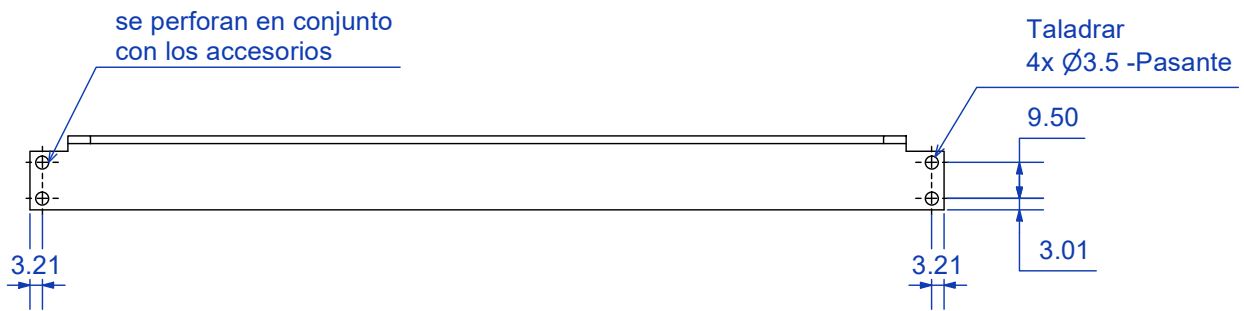
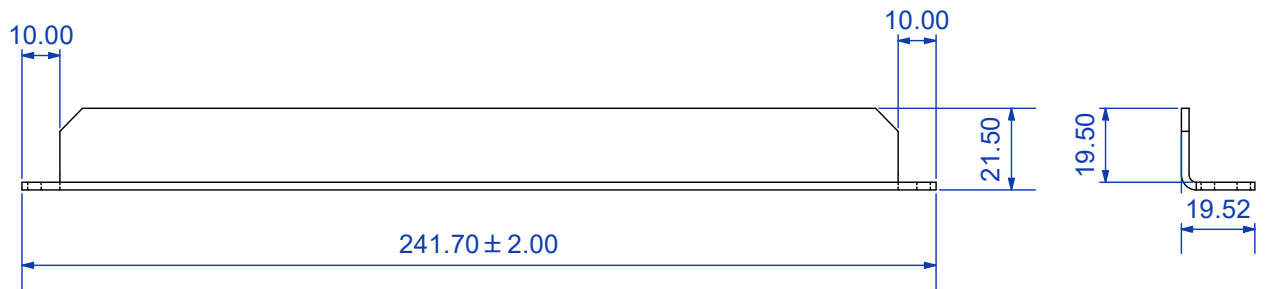
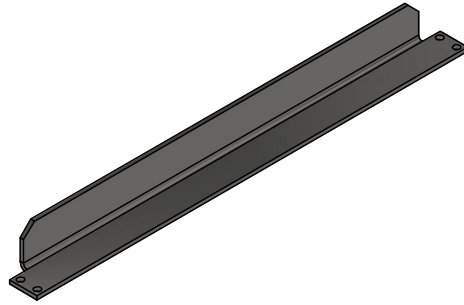
A-A
1:5



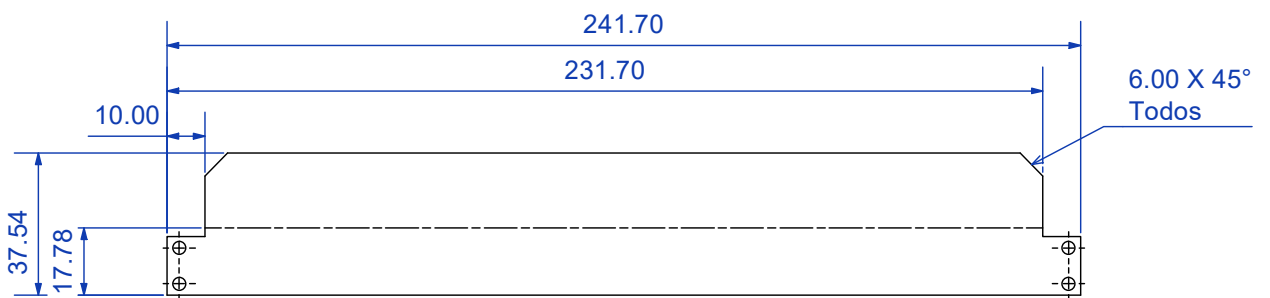
DETALLE B
1:1

5		Tuerca de seguridad M3	NF E 25-409	28	AISI 304	
4		Perno cabeza redonda M3	ISO 1207	28	AISI 304	
3		Cadena ANSI 35 (metros)		5		
2		Paleta / Rascador	01.04.02	7	AISI 304	
1		Accesorio WA-1	01.04.01	14		

N°	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN	
EPN		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dib.	Esteban Chalan	Escala: 1 : 9	
				Dis.	Esteban Chalan		
				Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.		
CADENA					TR-MR: 01.04.00		Fecha: 5/2/2022

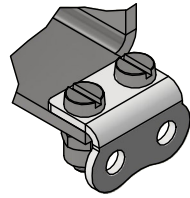
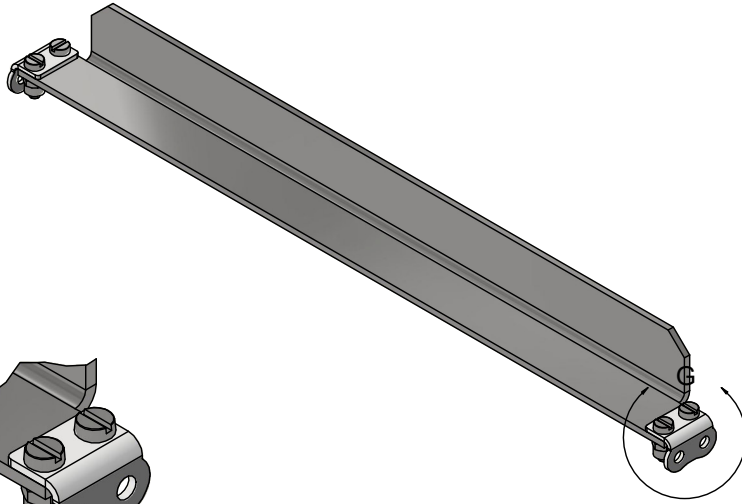


DESARROLLO

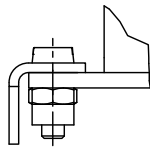
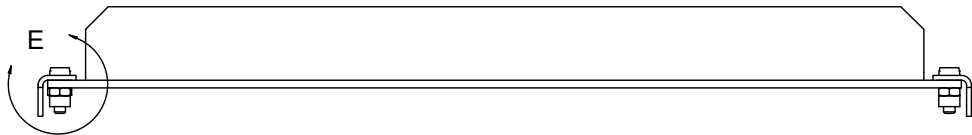


Espesor: 2mm

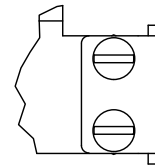
Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL		Escala: 1 : 2	Dis.	Esteban Chalan
AISI 304			Rev.	Ing. Ivan Zambrano MSc.
Tol. Gral. ±0.50			ACCESORIO WA-1	
		TR-MR: 01.04.01		Fecha: 5/2/2022



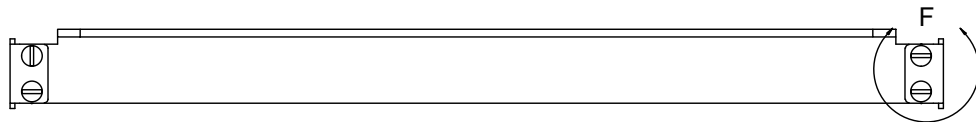
DETALLE G
1 : 1



DETALLE E
1 : 1



DETALLE F
1 : 1



Trat. Térmico	Ninguno	EPN	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Recubrimiento	Ninguno		Dib.	Esteban Chalan
MATERIAL AISI 304		Tol. Gral. ±1.00	Escala: 1 : 2	Dis. Esteban Chalan
PALETA/RASCADOR		TR-MR: 01.04.01		Rev. Ing. Ivan Zambrano MSc.
				Fecha: 7/2/2022

ANEXO XV.

ANEXO XV. Costos de los 3 módulos de la máquina de recolección y molienda.

Elementos normalizados:

Tabla A.15.1. Costos elementos normalizados.

Elemento	Cantidad	P. unitario	TOTAL
Módulo 1			
Perno 1/2" x 2 1/2"	48	\$ 0,15	\$ 7,20
Arandela de presión 1/2"	48	\$ 0,05	\$ 2,40
Tuerca hexagonal 1/2"	48	\$ 0,25	\$ 12,00
Perno 9/16" x 5"	4	\$ 0,25	\$ 1,00
Arandela plana 9/16"	8	\$ 0,05	\$ 0,40
Tuerca hexagonal 9/16"	4	\$ 0,30	\$ 1,20
Arandela plana M16	12	\$ 0,05	\$ 0,60
Espárragos 3/8" x 1"	6	\$ 0,20	\$ 1,20
Arandela de presión 3/8"	6	\$ 0,05	\$ 0,30
Tuerca hexagonal 3/8"	6	\$ 0,18	\$ 1,08
Pasadores de horquilla de 5 [mm]	12	\$ 0,30	\$ 3,60
Engrane	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Moto-reductor	1	\$ 450,00	\$ 450,00
Módulo 2			
Cadena	6	\$ 1,35	\$ 8,10
Piñones	4	\$ 5,79	\$ 23,16
Chumacera de pared de 3/4"	2	\$ 3,10	\$ 6,20
Chumacera de pared de 12 [mm]	2	\$ 2,87	\$ 5,74
Perno 5/16" x 1"	12	\$ 0,10	\$ 1,20
Arandela plana 5/16"	50	\$ 0,05	\$ 2,50
Arandela de presión 5/16"	50	\$ 0,05	\$ 2,50
Tuerca hexagonal 5/16"	50	\$ 0,12	\$ 6,00
Tuerca hexagonal cabeza de bola M10	16	\$ 0,30	\$ 4,80
Arandela plana M10	16	\$ 0,05	\$ 0,80
Arandela de presión M10	16	\$ 0,05	\$ 0,80
Perno M10 x 30 [mm]	16	\$ 0,25	\$ 4,00
Perno 5/16" x 3/4"	42	\$ 0,10	\$ 4,20
Perno cabeza redonda M3	28	\$ 0,08	\$ 2,24
Tuerca de seguridad M3	28	\$ 0,20	\$ 5,60
Moto-reductor	1	\$ 490,00	\$ 490,00
Módulo 3			
Molino eléctrico de rodillos	1	\$ 450,00	\$ 450,00
Perno cabeza-avellanada 5/16" x 3/4"	4	\$ 0,10	\$ 0,40
Arandela plana 5/16"	4	\$ 0,05	\$ 0,20
Arandela de presión 5/16"	8	\$ 0,05	\$ 0,40
Tuerca hexagonal 5/16"	8	\$ 0,20	\$ 1,60
Perno 5/16" x 3/4"	4	\$ 0,10	\$ 0,40
TOTAL			\$ 1.521,82

Fuente: [Propia]

Materiales

Tabla A.15.2. Costos materiales.

Elemento	Dimensión	Material	Cant.	u.	P unitario	TOTAL
Módulo 1						
Plancha	3 [mm]	AISI-304	0,08	m ²	\$ 165,10	\$ 13,21
Plancha	6 [mm]	AISI-304	0,07	m ²	\$ 330,09	\$ 21,46
Ángulo	50x50x6 [mm]	AISI-304	8,00	m	\$ 30,80	\$ 246,40
Ángulo	100x100x6 [mm]	AISI-304	1,45	m	\$ 55,50	\$ 80,48
Tubo cuadrado	40x2 [mm]	A-36	6,00	m	\$ 4,45	\$ 26,70
Ángulo	40x40x4 [mm]	A-36	3,00	m	\$ 3,16	\$ 9,48
Barra de hierro fundido	Ø=1 [in]	AISI-304	0,10	m	\$ 0,25	\$ 0,03
Eje inoxidable	Ø=1 1/4 [in]	AISI-304	0,10	m	\$ 25,00	\$ 2,50
Eje de transmisión	Ø=1 [in]	SAE 1018	0,56	m	\$ 18,17	\$ 10,18
Módulo 2						
Plancha	1,2 [mm]	AISI-304	0,11	m ²	\$ 45,36	\$ 4,99
Plancha	2 [mm]	AISI-304	1,20	m ²	\$ 110,03	\$ 132,04
Plancha	3 [mm]	AISI-304	0,23	m ²	\$ 165,10	\$ 37,97
Plancha	4 [mm]	AISI-304	0,05	m ²	\$ 220,06	\$ 11,00
Plancha	6 [mm]	AISI-304	0,03	m ²	\$ 330,09	\$ 9,90
Tubo cuadrado	20x1,2 [mm]	A-36	4,00	m	\$ 3,48	\$ 13,92
Ángulo	30x30x4 [mm]	A-36	3,34	m	\$ 2,95	\$ 9,85
Eje	Ø=1 [in]	AISI-304	0,80	m	\$ 25,00	\$ 20,00
Módulo 3						
Plancha	1,2 [mm]	AISI-304	0,1	m ²	\$ 45,36	\$ 4,99
Plancha	4 [mm]	AISI-304	0,05	m ²	\$ 220,06	\$ 11,00
TOTAL						\$ 666,09

Fuente: [Propia]

Mano de obra

Tabla A.15.3. Costos mano de obra.

Operación		Cantidad	P. unitario	TOTAL
Módulo 1				
Maquinado	Taladro	18,5	\$ 5,00	\$ 92,50
Maquinado	Torno	30	\$ 20,00	\$ 600,00
Maquinado	Fresadora	0,5	\$ 25,00	\$ 12,50
Corte	Amoladora	9	\$ 5,00	\$ 45,00
Pulido	Amoladora	12	\$ 2,00	\$ 24,00
Corte	Cizalla	9	\$ 0,50	\$ 4,50
Soldadura	GTAW	5,50	\$ 12,00	\$ 66,00
Soldadura	TIG	6,00	\$ 20,00	\$ 120,00
Operario General		34	\$ 2,00	\$ 68,00
Módulo 2				
Maquinado	Taladro	9,75	\$ 5,00	\$ 48,75
Maquinado	Torno	6,00	\$ 20,00	\$ 120,00
Maquinado	Fresadora	1,00	\$ 25,00	\$ 25,00
Corte	Corte laser	2,00	\$ 20,00	\$ 40,00
Corte	Amoladora	12,50	\$ 5,00	\$ 62,50
Pulido	Amoladora	11,00	\$ 2,00	\$ 22,00
Corte	Cizalla	100,00	\$ 0,50	\$ 50,00
Doblado	Dobladora	37,00	\$ 1,00	\$ 37,00
Soldadura	GTAW	5,50	\$ 12,00	\$ 66,00
Operario General		12,00	\$ 2,00	\$ 24,00
Módulo 3				
Maquinado	Taladro	1,00	\$ 5,00	\$ 5,00
Corte	Amoladora	3,00	\$ 5,00	\$ 15,00
Pulido	Amoladora	3,00	\$ 2,00	\$ 6,00
Corte	Cizalla	6,00	\$ 0,50	\$ 3,00
Doblado	Dobladora	13,00	\$ 1,00	\$ 13,00
Soldadura	TIG	2,00	\$ 20,00	\$ 40,00
Operario General		1,50	\$ 2,00	\$ 3,00
TOTAL				\$ 1.612,75

Fuente: [Propia]

Costo total máquina para recoger y moler restos óseos incinerados

Tabla A.15.4. Costos total máquina para recoger y moler restos óseos incinerados.

Costo del Módulo 1 (\$)	1907,82
Costo del Módulo 2 (\$)	1302,77
Costo del Módulo 3 (\$)	553,99
SUBTOTAL (\$)	3764,58
Costo de Montaje (10%)	376,46
Costo de Diseño (30%)	1129,38
Utilidad (10%)	376,46
Imprevistos	376,46
COSTO TOTAL DE LA MAQUINA (\$)	6023,34

Fuente: [Propia]