



Mejora y actualización de horno vertical para el conformado y templado de vidrio

Federico Catena - Paula Delfino

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
2026

Mejora y actualización de horno vertical para el conformado y templado de vidrio

Federico Catena - Paula Delfino

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al
título de:

Ingeniero/a Mecánico/a

Directores:

Ing. Pedro Sismondi

Ing. Guillermo Rodríguez

Ing. Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

2026

Resumen

En la empresa [Scheimberg](#) se analizó el proceso de conformado y templado de vidrio curvo en un horno vertical, identificando como principal limitación el elevado tiempo de puesta a punto ante cambios de modelo. Actualmente, el ajuste del sistema de sopladores se realiza de forma manual, sin un control sobre parámetros tales como caudal y presión, lo que introduce defectos de calidad y mayores mermas asociadas al producto final. Además, el hecho de que sea de forma manual, hace que cada cambio demande aproximadamente 8 horas, involucrando dos operarios dedicados.

El objetivo del proyecto fue lograr un modelo estándar de sopladores que permita evitar la necesidad de reemplazarlos ante un cambio en el modelo de vidrio a producir, y automatizar el sistema de soplado para reducir drásticamente los tiempos de puesta a punto y mejorar la repetibilidad del proceso. En función de dicho objetivo, se diseñó un nuevo conjunto de sopladores compactos en reemplazo del sistema existente, incorporando automatización mediante cilindros neumáticos y sensores ópticos.

El alcance incluye el rediseño del sistema de soplado, la definición de actuadores y sensores (detección de presencia de vidrio), y validación mediante cálculos y simulaciones de flujo (CFD).

Como conclusión, la solución propuesta reemplaza a un gran número de modelos de sopladores con un ajuste manual, que producen alta variabilidad en los resultados obtenidos en el proceso, por un sistema automatizado y modular, orientado a reducir considerablemente los tiempos de puesta a punto y la estandarizar condiciones de soplado.

Palabras clave: templado de vidrio; horno vertical; sopladores; automatización neumática; puesta a punto; CFD; repetibilidad.

Abstract

At Scheimberg, the forming and tempering process of curved glass in a vertical furnace was analyzed, identifying as the main limitation the long setup time required when changing product models. Currently, the blower system is adjusted manually, without control of parameters such as flow rate and pressure, which leads to quality defects and increased scrap in the final product. In addition, the manual nature of the procedure means that each changeover takes approximately 8 hours and requires two dedicated operators.

The objective of this project was to develop a standardized blower model that eliminates the need to replace blowers when switching to a different glass model, and to automate the blowing system in order to drastically reduce setup times and improve process repeatability. Based on this objective, a new set of compact blowers was designed to replace the existing system, incorporating automation through pneumatic cylinders and optical sensors.

The scope includes redesigning the blowing system, defining actuators and sensors (glass presence detection), and validating the solution through engineering calculations and flow simulations (CFD).

In conclusion, the proposed solution replaces a large number of blower models that require manual adjustment—resulting in high variability in process outcomes—with an automated and modular system aimed at significantly reducing setup times and standardizing blowing conditions.

Keywords: glass tempering; vertical furnace; blowers; pneumatic automation; setup time; CFD; repeatability.

Contenido

Resumen.....	3
Abstract.....	4
Contenido.....	5
1. Introducción.....	6
2. Descripción del problema.....	11
2.1. Módulo de soplado de vidrio.....	14
3. Vidrio templado.....	19
3.1 Quenching.....	21
3.2. Extracción de calor del vidrio.....	23
4. Desarrollo de solución.....	25
4.1. Variables y condiciones límite del problema.....	25
4.2. Objetivos.....	26
4.3. Normativas.....	27
4.4. Modelos que se producen actualmente.....	27
5. Diseño.....	30
5.1. Alcance.....	30
5.2. Generalidades.....	31
5.3. Estructuración del diseño de la solución.....	32
1. Superficie de vidrio - Aire circundante.....	33
Validación en SolidWorks.....	35
Validación en MATLAB.....	39
2. Aire circundante - Picos de soplado.....	42
3. Picos de soplado - Módulo soplador.....	46
4. Módulo soplador - manguera de alimentación.....	49
5. Manguera – colector de aire.....	58
6. Colector de aire – conducto de aire.....	61
7. Conducto de aire – ventilador.....	65
5.4. Diseño propuesto.....	67
Conclusiones y recomendaciones.....	74
Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	76
Bibliografía.....	77
Anexo A: Planimetría.....	79

1.Introducción

La oportunidad de mejora identificada, sobre la cual se enfocará el presente proyecto, corresponde a la posibilidad de automatizar el sistema de templado de un horno vertical para vidrio curvo, particularmente el conjunto de módulos encargados del soplado de aire.

Resulta importante, entonces, introducir el concepto de templado de vidrio. El templado es un tratamiento térmico que consiste en elevar la temperatura del vidrio hasta valores cercanos a su punto de ablandamiento (aproximadamente 650 °C) y posteriormente enfriarlo de manera rápida y controlada.

Durante este proceso, la superficie del vidrio pierde temperatura más rápidamente que el núcleo, que permanece relativamente más caliente durante un breve período de tiempo. Como consecuencia, las capas superficiales tienden a contraerse antes que el centro del material. Posteriormente, al continuar el enfriamiento del núcleo, éste genera esfuerzos que inducen tensiones de compresión en la superficie y en los bordes del vidrio **Figura 1-1**. El principio fundamental del templado térmico consiste precisamente en generar este estado de compresión superficial, el cual mejora significativamente la resistencia mecánica del material.

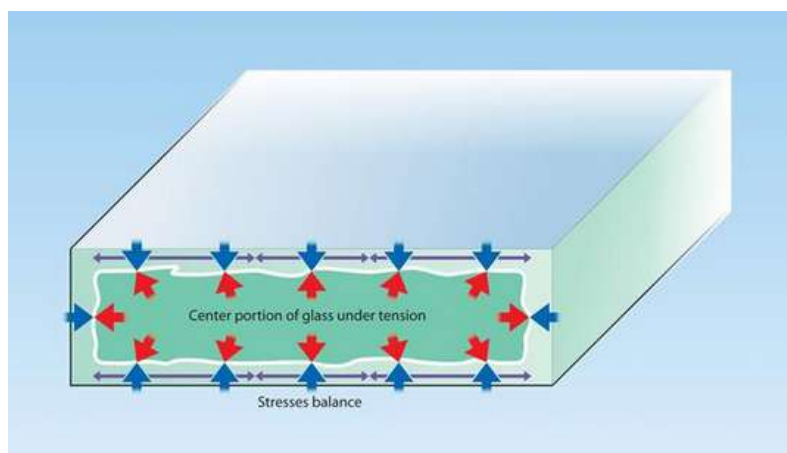


Figura 1-1: Esquema de tensiones resultantes del proceso de templado de vidrio.

El equipo en el que se basa este proyecto es un horno vertical de templado de vidrio curvo, este permite lograr el calentamiento, el conformado en caliente y el templado de una placa de vidrio mediante soplado de aire a temperatura ambiente, **Figura 1-2**. Cada una de estas etapas se encuentran dispuestas en serie, de forma vertical y en el orden mencionado, y se resúmen a continuación:

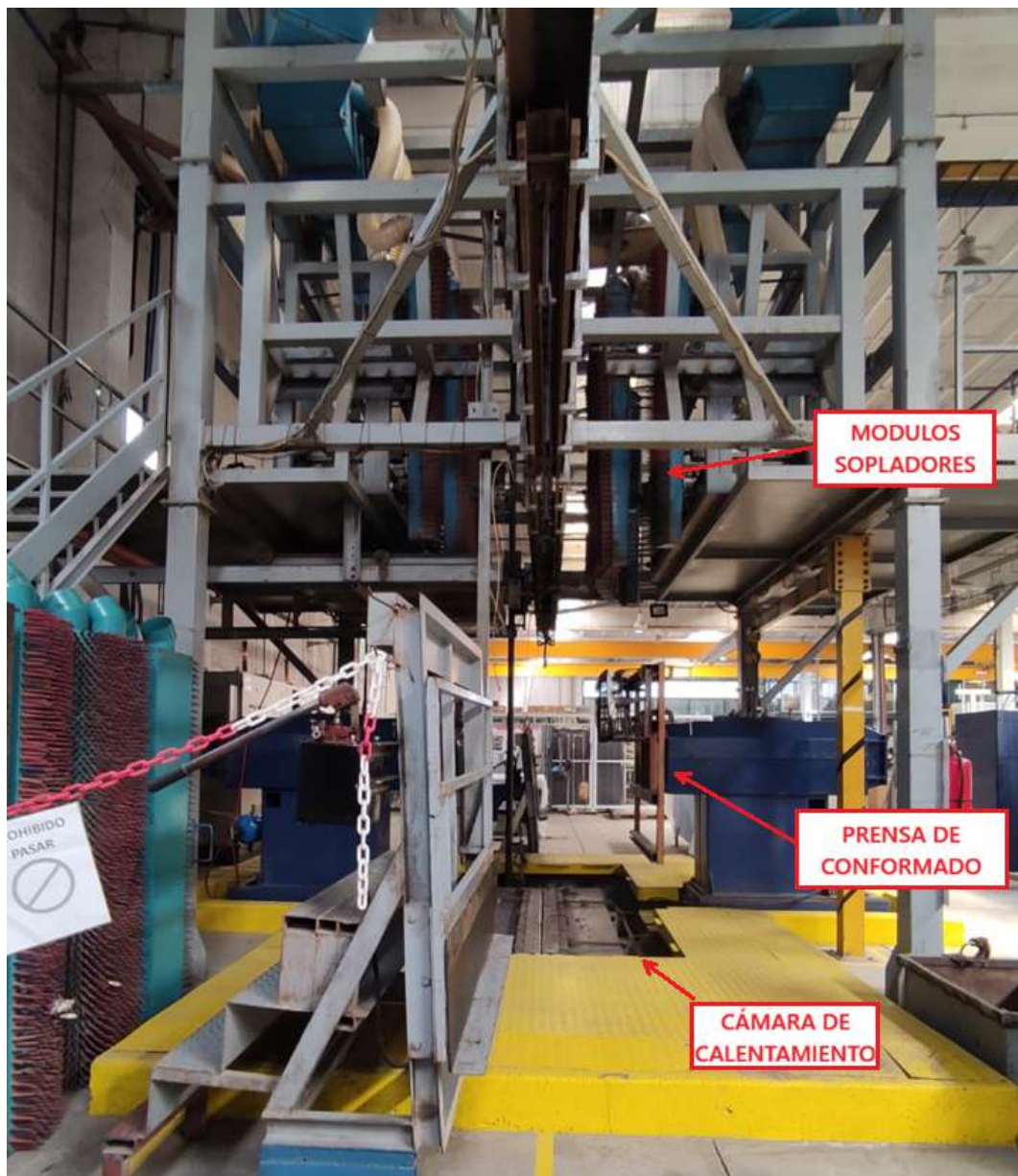


Figura 1-2: Horno vertical para el conformado y templado de vidrio curvo.

El horno vertical se conforma de una cámara de calentamiento de vidrio **Figura 1-3**, cuyas paredes cuentan con resistencias que permiten elevar la temperatura de láminas de vidrio hasta una temperatura superior a la temperatura de transición vítrea, en torno a los 650°C. Este recinto presenta las siguientes dimensiones 2300 x 200 x 2500 mm y se encuentra en un subsuelo.



Figura 1-3:Cámara de calentamiento de vidrio plano.

Al nivel del suelo se encuentra el sistema de conformado de vidrio **Figura 1-4**, compuesto por una prensa neumática, que hermana las matrices “macho” y “hembra” que dan forma al vidrio que se posiciona en el centro de ambas.



Figura 1-4: Prensa de conformado de vidrio.

Como tercera etapa, por encima del nivel del suelo, se encuentra el sistema de soplado de aire a temperatura ambiente **Figura 1-5**, encargado de reducir rápidamente la temperatura del vidrio luego del conformado en caliente, permitiendo así completar el proceso de templado.

Este sistema se compone de módulos prismáticos fabricados en chapa, cuyas dimensiones y geometría varían en función del producto a procesar. Los modelos utilizados actualmente pueden alcanzar dimensiones de hasta $2000 \times 1000 \times 300$ mm, lo que genera conjuntos de gran tamaño y peso considerable.



Figura 1-5:Módulos sopladores actuales.

Las distintas geometrías que presentan los sopladores, permiten copiar la forma del vidrio para lograr un templado homogéneo.

La materia prima se carga en un carro con forma de percha sostenida desde su extremo superior para pasar por las diferentes etapas que forman parte del proceso.

Sobre la última etapa es que se propone la actualización y automatización del desplazamiento de los sopladores con el objetivo de reducir considerablemente el tiempo de puesta a punto.

La puesta a punto consiste en posicionar los módulos sopladores con una configuración necesaria para lograr un templado homogéneo del vidrio conformado en caliente. Esto se consigue con la uniformidad de la distancia entre el vidrio y los orificios de salida de aire y el caudal de aire en cada uno de los picos, ya que, se considera que la distancia entre vidrio y salida de aire es una variable fácilmente modificable.

2.Descripción del problema

Como problemática a resolver se eligió reducir el tiempo de puesta a punto del sistema de sopladores, que, actualmente, implica la dedicación total de al menos 2 operarios durante una jornada laboral de 8 horas.

Resulta importante proponer una solución a esta problemática ya que, a pesar de ser un equipo anticuado, permite el templado de vidrio de doble curva o curva no constante, **Figura 2-1**. Hoy en Argentina no existe otra maquinaria que permita obtener estos productos.

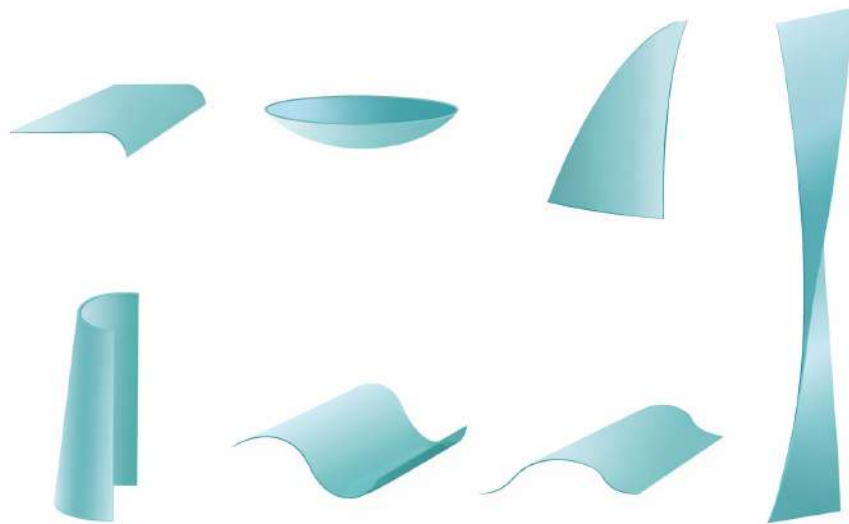


Figura 2-1:Ejemplos de vidrios de doble curva y curva no constante.

La exagerada demanda de tiempo se debe a que la puesta a punto implica seleccionar los módulos sopladores que se adaptan al modelo de vidrio a producir, acoplarlos al horno vertical y alinearlos de forma que generen una pared de aire homogénea en contacto con ambas caras del vidrio.

El acoplamiento y calibración de los módulos se realiza mediante varillas, patas, que tiene cada módulo **Figura 2-2**. Estas se insertan en una estructura secundaria del horno y se ajustan con bulones al mismo.



Figura 2-2: Sistema de sujeción y calibración de módulos.

Un sistema poco práctico, que puede resultar incómodo y principalmente peligroso, para el colaborador encargado de cambiar los módulos. Esta tarea es riesgosa ya que se realiza en altura, aproximadamente 3 m por encima del nivel del suelo.

Para lograr esta homogeneidad, en la actualidad, se toma como referencia una distancia de 25 mm entre vidrio y pico de soplado, medido a mano con calibre. Esta longitud fue determinada empíricamente y modificada a lo largo de los años, se dice que inicialmente se tomaba el doble de separación.

Por el lado del control de parámetros, actualmente utiliza un sistema conformado por una manguera transparente con agua, **Figura 2-3**, se toma la altura de la columna de aire y se realizan los cálculos pertinentes, Bernoulli, para obtener la presión de impacto de aire en el vidrio.



Figura 2-3: Dispositivo para medir presión de aire.

Además de ser un sistema rudimentario y complejo, hay que tener en cuenta las condiciones ambientales ya que el horno se encuentra dentro de la nave industrial sin aislaciones extras, lo que implica temperaturas extremas en invierno o verano. También se debe contemplar que el aire impulsado hacia el vidrio proviene del exterior de la nave, sin una aclimatación intermedia. Estos dos factores, que en los procesos de fabricación de materiales no cristalinos resultan indiferentes, en el proceso de templado de vidrio puede representar un incorrecto templado, o incluso la rotura espontánea de la placa de vidrio.

Como última variable hay que considerar el vidrio, tanto su espesor como su composición. Dentro de este equipo se trabajan paneles de entre 4 y 10 mm de espesor, lo que influye especialmente en el tiempo de templado, cuando se busca una relación específica de temperaturas entre las caras externas del vidrio y el centro.

La composición del vidrio se puede apreciar fácilmente en su color, que, esto va a influir en la capacidad de absorción y extracción de calor de la placa.

La sumatoria de las variables del equipo, la placa de vidrio, humanas y climáticas que influyen en el problema resultan en un proceso productivo de alta variabilidad y en consecuencia en la necesidad de intervención constante de operarios calificados para corregir los desvíos que puedan ocurrir. Por esto es que la solución planteada se centrará exclusivamente en la sección de templado del vidrio.

2.1. Módulo de soplado de vidrio

En toda la extensión del proyecto se va a utilizar la expresión “Módulo de soplado” por lo que resulta importante dedicarle un apartado donde se detalle el significado de este término.

Si bien no es una denominación oficial, no está definido en manuales oficiales y tampoco se halla este nombre en internet, se decidió optar por el término “módulo de soplado” ya que, es un sistema modular que permite encauzar el aire que llega de la turbina de aire, a través de cañerías hasta el vidrio.

La importancia de estos módulos radica en su geometría, que debe imitar la curvatura del vidrio a templar, de esta forma la velocidad de impacto del aire en el vidrio será homogénea, una extracción pareja del calor y en consecuencia, no se generarán zonas de acumulación de tensiones que pueden resultar en la rotura espontánea del vidrio.

Actualmente los módulos son prismas de base variable, generalmente trapezoidal, con una altura de 1500 mm y profundidad de 30mm en promedio, siendo el ancho lo que presenta mayor variabilidad. Los mismos están realizados en chapa pintada de 4mm de espesor, lo que implica un peso elevado y, en consecuencia, dificultad en su manipulación.

La magnitud de estos módulos también implica la necesidad de cambiarlos para los distintos modelos de vidrio a fabricar, especialmente por el largo de los mismos. Resulta relativamente sencillo copiar una curva horizontal desplazando los módulos hacia adelante y atrás en la dirección de sus ejes **Figura 2-4**.

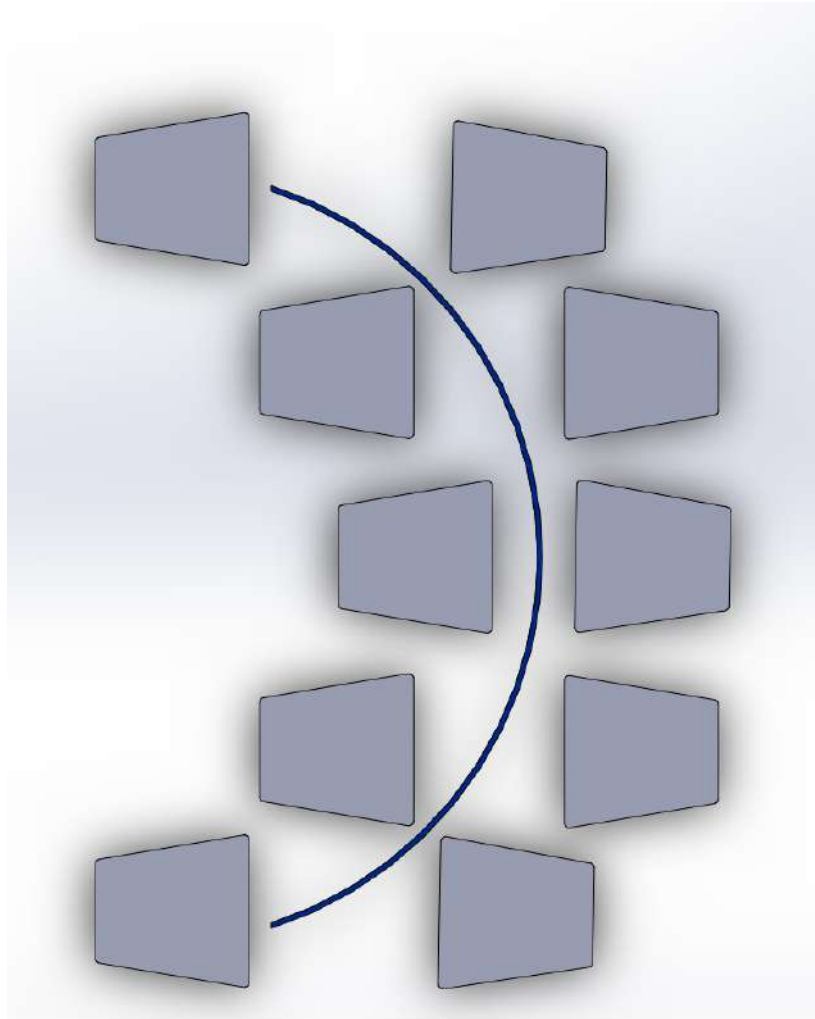


Figura 2-4: Vista superior de módulos.

Sin embargo esto no puede hacerse si la curva del vidrio es vertical, el mismo módulo impactaría con el vidrio, imposibilitando copiar la curvatura, y obteniendo una distribución de velocidades de impacto no homogénea **Figura 2-5**.



Figura 2-5 Vista lateral de módulos.

La respuesta actual a este problema es el uso de módulos específicos para estos vidrios con curva vertical o combinada, que llegan a ser incluso más grandes y complejos de manipular **Figura 2-6**.



Figura 2-6: Módulo para vidrio de doble curvatura.

El acople de los módulos al horno, como fue mencionado, se realiza mediante varillas metálicas que atraviesan un soporte que está vinculado a una estructura secundaria mediante bulones **Figura 2-7**. Esta última está asociada a pistones neumáticos que acercan los módulos al vidrio cuando este se encuentra en la etapa de templado.

Para calibrar los módulos en la puesta a punto se desplazan manualmente hacia atrás o adelante, según se requiera y se ajustan los bulones.



Figura 2-7: Estructura secundaria y vinculación de módulos.

Por lo expuesto, se entiende que la solución no se limita únicamente al rediseño de los módulos de soplado, sino que también requiere el desarrollo de una estructura capaz de soportar los nuevos componentes e integrar los dispositivos necesarios para la automatización del sistema, tales como sensores, actuadores y elementos de vinculación.

3. Vidrio templado

El templado de vidrio es un tratamiento térmico aplicado a un vidrio ya conformado para generar tensiones residuales controladas: compresión en las superficies y tracción en el núcleo.

Este tratamiento mejora las propiedades de resistencia del vidrio, un vidrio común tiene una tensión de rotura aproximada de 6000 psi alcanzando los 24000 psi en vidrio templado, y la velocidad de impacto que causa rotura es de 30 ft/seg (6 mm de espesor, misil de 5 mg, impacto normal a la superficie) en el vidrio común y se llega a duplicar luego del tratamiento térmico [2]. También se mejora la resistencia a las variaciones de temperatura.

El vidrio templado, sin embargo, no presenta una mayor resistencia en lo que a flexión se refiere.

Una propiedad muy importante del vidrio templado es que, debido a las elevadas tensiones a las que ha sido sometido, una vez que inicia la rotura, ésta se propaga rápidamente, como consecuencia de ello, el vidrio se desintegra en pequeños fragmentos que no causan heridas cortantes o lacerantes serias. Por este motivo el vidrio templado es considerado un vidrio de seguridad.

El vidrio templado se usa en lugar de otros vidrios en aplicaciones que requieren aumentar la resistencia y reducir la probabilidad de lesiones en caso de rotura. Está presente en la industria de la construcción, en la automotor, y alimenticia, entre otras.

Existen dos métodos conocidos para el templado del vidrio: el templado térmico por enfriamiento brusco (quenching) y el templado químico. Ambos procesos tienen como objetivo generar un estado de tensiones residuales que incrementa la resistencia mecánica del material, aunque difieren en el mecanismo mediante el cual se inducen dichas tensiones.

A continuación se introducen de forma general ambos métodos, sin embargo el desarrollo del presente trabajo se focaliza en el templado térmico por aire.

- **Quenching**

El templado térmico por enfriamiento brusco es un proceso en el cual el vidrio se calienta inicialmente hasta una temperatura de templado (superior a 600 °C) y luego se enfría rápidamente mediante chorros de aire. Este procedimiento genera tensiones residuales en el interior del vidrio, lo que incrementa su resistencia mecánica y hace que, en caso de rotura, el material se fragmenta en partículas pequeñas que cumplen con los requisitos establecidos por las normas de vidrio de seguridad.

- **Templado químico**

El templado químico consiste en el reemplazo de iones alcalinos presentes en el vidrio (iones Na^+ en vidrios sodo-cálcico-silicatos, SLS) por iones alcalinos de mayor tamaño (K^+) mediante un proceso de intercambio iónico por difusión. Dado que el templado químico es un proceso controlado por difusión, resulta lento y, en consecuencia, costoso, por lo que su aplicación comercial se limita principalmente a productos de alto valor agregado, a pesar de que puede proporcionar un grado de refuerzo significativamente mayor que el alcanzable mediante el templado térmico.

En el caso de los vidrios SLS, se emplea un baño de sales con contenido de potasio (típicamente a base de nitrato de potasio) para reemplazar los iones de sodio por iones de potasio, a una temperatura inferior a la temperatura de transición vítrea. Mediante esta técnica es posible alcanzar tensiones compresivas superficiales considerablemente más elevadas que las obtenidas por templado térmico; sin embargo, estas tensiones se limitan a una capa superficial delgada (profundidad de capa o case depth), debido al carácter difusional del proceso.

Como consecuencia, las tensiones de tracción compensatorias en el interior del vidrio son significativamente menores que en el caso del vidrio templado térmicamente. Las elevadas tensiones compresivas superficiales permiten incrementar la resistencia mecánica efectiva del vidrio hasta valores del orden de varios cientos de MPa en vidrios SLS.

3.1 Quenching

El proceso de templado es conceptualmente simple, consiste en llevar el vidrio a una temperatura superior a la temperatura de transición vítrea, conformarlo (en este caso, pero puede mantenerse plano), y luego enfriarlo rápida y uniformemente, de modo que la temperatura en las superficies del vidrio sean iguales pero menores a la temperatura en el plano medio, hasta llegar por debajo del punto de deformación. Posteriormente se continúa el enfriamiento hasta llegar a la temperatura ambiente.

Previo al tratamiento térmico, el vidrio debe ser procesado en su geometría final, incluyendo las operaciones de corte, perforado y serigrafiado, en caso de ser requeridas. Asimismo, es indispensable el pulido de bordes con el fin de eliminar aristas filosas que actúan como concentradores de tensiones.

Adicionalmente, antes de su ingreso al horno de templado, el vidrio debe ser sometido a un proceso de lavado y secado, destinado a eliminar residuos de polvo, aceites, partículas sólidas o contaminantes superficiales que podrían generar defectos ópticos, marcas superficiales o puntos de rotura durante el calentamiento **Figura 3-1**.

Una vez realizado el templado, no es posible llevar a cabo ninguna de estas operaciones, ya que cualquier mecanizado posterior provocaría la rotura inmediata del vidrio.

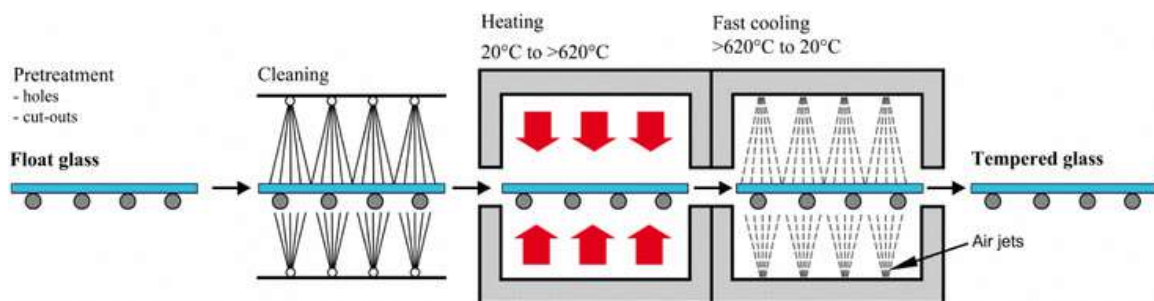


Figura 3-1: Proceso de templado por chorro de aire.

La **Figura 3-2** muestra la evolución térmica de una placa de vidrio durante las distintas etapas del proceso de templado, en relación con la temperatura de transición vítrea.



Figura 3-2: Evolución térmica de temperatura en la placa de vidrio durante el templado por chorro de aire.

Durante la etapa de calentamiento, la temperatura del vidrio se incrementa de manera controlada hasta superar la TTV, permitiendo que el material ingrese en un régimen viscoelástico adecuado para su posterior conformado. En esta fase, la temperatura a través del espesor del vidrio es prácticamente uniforme.

En la etapa de conformado, el vidrio ingresa con una temperatura ligeramente superior a la temperatura de transición vítrea (TTV), condición necesaria para permitir su deformación. Dado que en este rango térmico la caída de temperatura del vidrio es muy rápida, el calentamiento debe ser un proceso riguroso y controlado.

Finalmente, durante la etapa de templado, se aplica un enfriamiento brusco (quench), generando un marcado gradiente térmico entre la superficie y el interior del vidrio. La temperatura superficial (T2) desciende rápidamente, mientras que la temperatura del núcleo o sección interna (T1) lo hace de forma más gradual. Esta diferencia de velocidades de enfriamiento es la responsable de la generación de tensiones residuales, con compresión en las superficies y tracción en el interior, características del vidrio templado.

3.2. Extracción de calor del vidrio

Como fue mencionado, el proceso de templado consiste en la extracción controlada de calor del vidrio con el objetivo de generar una distribución específica de tensiones residuales. Dicha extracción térmica se lleva a cabo mediante la inyección de aire a temperatura ambiente sobre la superficie del vidrio, lo que produce el desplazamiento del aire caliente adyacente. De este modo, se mantiene un gradiente térmico elevado entre el vidrio y el medio circundante, condición necesaria para incrementar la tasa de enfriamiento del material.

En la superficie del vidrio, el intercambio térmico con el ambiente se produce a través de convección forzada y de radiación térmica neta. La expresión que agrupa ambos mecanismos de transferencia de calor y permite determinar el flujo de calor neto ideal entre la superficie del vidrio y el entorno se presenta a continuación [3]:

$$\dot{q}_{net} = h(T_{\infty} - T_s) + \varepsilon\sigma(T_{amb}^4 - T_s^4)$$

De la ecuación general de conservación de energía obtenemos la relación entre la variación de energía interna y el $\dot{Q}_{net}$:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q}_{net}$$

Para una lámina de vidrio de espesor e , área superficial A , densidad ρ y calor específico c_p , la energía interna total es:

$$E = \rho c_p e A T_s$$

Entonces, la derivada con respecto al tiempo es:

$$\frac{dE}{dt} = \rho c_p e A \frac{dT_s}{dt}$$

La tasa de calor neta por unidad de área, entonces, puede expresarse de la siguiente manera:

$$\dot{Q}_{net} = A \dot{q}_{net}$$

Sustituyendo:

$$\rho c_p e A \frac{dT_s}{dt} = A h(T_\infty - T_s) + \varepsilon \sigma (T_{amb}^4 - T_s^4)$$

Se cancela **A** de ambos lados, dando por resultado:

$$\rho c_p e \frac{dT_s}{dt} = h(T_\infty - T_s) + \varepsilon \sigma (T_{amb}^4 - T_s^4)$$

A partir de esta expresión, por medio de diferencias finitas podemos obtener una forma discreta que permita su evaluación en Matlab:

$$\frac{T_s^{n+1} - T_s^n}{\Delta t} = \frac{1}{\rho c_p e} [h(T_\infty - T_s) + \varepsilon \sigma (T_{amb}^4 - T_s^4)]$$

Despejando T_s^{n+1} queda:

$$T_s^{n+1} = T_s^n \frac{\Delta t}{\rho c_p e} [h(T_\infty - T_s) + \varepsilon \sigma (T_{amb}^4 - T_s^4)]$$

En esta expresión, **n** representa el paso del tiempo.

Esta fórmula representa la evolución temporal de la temperatura superficial del vidrio al considerar los dos mecanismos principales de intercambio térmico durante el templado: la convección con el aire de enfriamiento y la radiación con el entorno. En conclusión, permite estimar cómo cambia la temperatura del vidrio paso a paso en el tiempo bajo ciertas condiciones de soplado y ambiente, por lo que se utilizará como ecuación de referencia en el proyecto para analizar y comparar el comportamiento térmico durante el proceso de templado.

4. Desarrollo de solución

4.1. Variables y condiciones límite del problema

Para iniciar el desarrollo de una solución al problema planteado, fue necesario desglosar la situación actual con el objetivo de identificar las variables involucradas y las condiciones límite o de borde que servirán como base para orientar el desarrollo del proyecto.

Se enlistan a continuación las variables que influyen en el problema:

- **Tiempo de templado/soplado:** este dependerá de varios factores geométricos, como el espesor, área y radio de curvatura. Puede influir también la temperatura ambiente. Este tiempo suele ser de entre 2 a 4 minutos (para los modelos producidos dentro de la empresa).
- **Tiempo de puesta a punto de los sopladores:** generalmente toma 8hs de trabajo de dos operarios calificados, sin embargo puede tomar menos tiempo según el modelo a fabricar o si trabajan más personas.
- **Distancia entre cada módulo soplador y la superficie del vidrio:** actualmente se utiliza una distancia de aproximadamente 25 mm, se determinó de forma empírica y se modifica ligeramente en cada calibración.
- **Tamaño del módulo soplador:** el tamaño de cada módulo para los sopladores actuales depende de las dimensiones y geometría de cada producto. Las alturas de los utilizados en la actualidad varían entre los 2000 y los 1500 mm, los anchos van desde los 200 mm a los 1000 mm y la profundidad es 300 mm aproximadamente para cada uno.
- **Unidades por lote de producto:** la mínima cantidad de vidrios por lote permitida es de 10 unidades y aunque no haya límite máximo, este suele rondar las 40 piezas.

Por otro lado se tienen las condiciones de contorno, que no se pueden modificar:

- **Dimensiones cámara de calentamiento del horno:** 2300 x 200 x 2500 mm. Esta determina de forma directa el máximo tamaño de vidrio que se puede templar en el HV.
- **Temperatura de conformado del vidrio:** está definida por la composición del vidrio, como norma general se puede decir que se encuentra cercana a los 650°C.
- **Normativas:** Existen normas y estándares industriales como la norma ASTM C1048 en EE.UU o la EN 12150 en Europa. Estas normas establecen límites para las propiedades mecánicas a obtener, deformaciones admisibles, acabados, etc.

4.2. Objetivos

Si bien el objetivo general definido consiste en reducir el tiempo de puesta a punto, este puede descomponerse en los siguientes subobjetivos:

- Implementar un nuevo diseño de sistema de soplado que cuente con un mayor número de módulos con menores dimensiones y peso que los actuales: se propone un sistema de módulos considerablemente más pequeños que los que actualmente existen, que no necesitan ser cambiados según la producción.
- Automatizar la alineación de sopladores: se plantea un sistema con cilindros neumáticos y sensores que permitiría realizar una única calibración por producto y guardar esta información para posteriores producciones.
- Aumentar el volumen de producción en al menos un 50%: esto se lograría eliminando el la jornada que implica la puesta a punto, lo que significa tener el doble de disponibilidad de tiempo para producir.

4.3. Normativas

El vidrio templado es un producto normado, que, según sus usos debe cumplir con determinadas características para obtener las certificaciones correspondientes.

Se enlistan a continuación las normas IRAM que reglamentan el templado de vidrio curvo y plano que se toman como referencia dentro de Scheimberg:

- IRAM 12843 – Vidrio plano para la construcción: vidrio templado (requisitos y métodos de ensayo).
- IRAM 12556 – Vidrios planos de seguridad para la construcción (incluye vidrio templado como vidrio de seguridad).
- IRAM 12595 – Práctica recomendada de seguridad para áreas vidriadas susceptibles de impacto humano (criterios de uso/seguridad).

En el caso de la producción de vidrio curvo, se hace foco en la norma IRAM 12556 que muestra los ensayos necesarios y las condiciones de los mismos para determinar el correcto templado de placas de vidrio.

A modo de verificación de templado se realiza, según muestreo especificado el ensayo de contado de fragmentos.

4.4. Modelos que se producen actualmente

La empresa Scheimberg produce una amplia variedad de productos destinados a distintos clientes. Si bien la mayor parte de su cartera está vinculada al rubro de la construcción, donde predominan los vidrios planos o de curvatura constante, también se fabrica, en una proporción significativa, vidrio para los sectores agrícola, transporte de pasajeros y vehículos particulares.

En estos sectores, los vidrios suelen presentar curvaturas no constantes o de doble curvatura, lo que implica que la geometría puede variar a lo largo de la superficie o

incluso aproximarse a formas complejas, como fracciones de esfera **Figura 4-1**. Este tipo de modelos representa un mayor desafío desde el punto de vista de fabricación y, en consecuencia, constituye el principal foco de interés del presente proyecto.

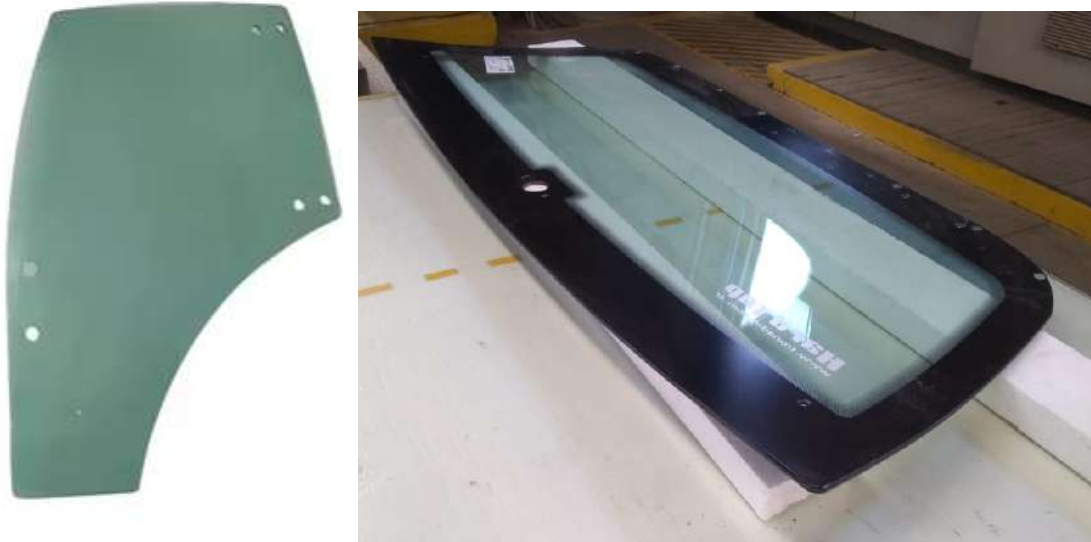


Figura 4-1: Ejemplos de vidrios producidos en el Horno Vertical.

En el caso de vidrios de doble curvatura o curvatura no constante, la definición de la geometría resulta más compleja, ya que no es posible caracterizar la pieza mediante un único radio de curvatura. Debido a esta limitación, se adoptan parámetros alternativos para su descripción y control dimensional. En particular, se utiliza la flecha como medida representativa de la magnitud de la curvatura, y la cuerda como referencia geométrica en lugar del desarrollo de la pieza **Figura 4-2**. Este enfoque permite describir de manera más práctica y consistente la geometría de vidrios complejos, facilitando tanto su medición como su vinculación con las variables de proceso involucradas en el conformado y templado.

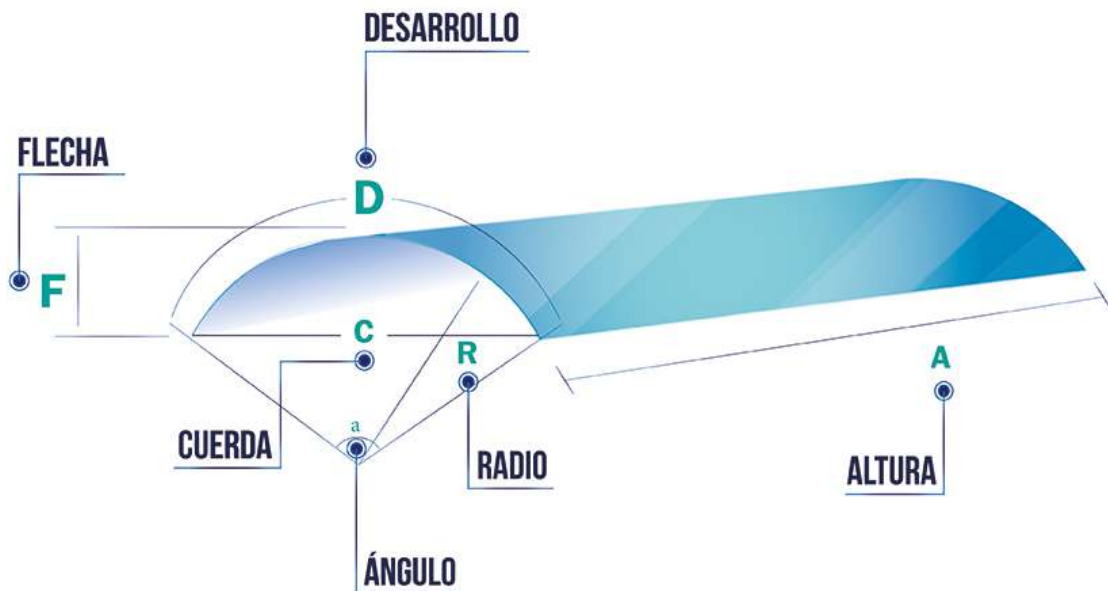


Figura 4-2: partes del vidrio curvo.

Los vidrios de doble curvatura y de curvatura no constante representan más del 70 % de la producción del Horno Vertical de curvado. En consecuencia, el diseño propuesto se enfocará principalmente en este grupo de productos.

La implementación del nuevo sistema de soplado permitiría ampliar el rango de geometrías procesables en el equipo, incrementando la capacidad instalada efectiva del horno y, al mismo tiempo, expandiendo la cartera de productos fabricables. De este modo, el proyecto no solo optimiza el proceso existente, sino que también habilita una mayor diversidad de productos dentro de los sectores agrícola y de transporte.

5. Diseño

5.1. Alcance

Si bien la empresa Scheimberg produce una amplia variedad de productos, el presente proyecto se desarrollará tomando como referencia un único diseño de vidrio curvo. El producto seleccionado presenta un nivel de complejidad intermedia y resulta representativo de una parte significativa de la producción del horno vertical.

Como geometría de referencia para se adoptó un vidrio teórico con radio de curvatura no constante, de 22 mm de flecha y 2000 mm de desarrollo.

En específico, vidrios con curvaturas similares a la geometría mencionada, con valores de flecha que se encuentran entre los 15 mm y los 22 mm, representan alrededor de un 60% de la producción.

En particular, se fabrica el vidrio perteneciente a la luneta de una camioneta Hardtrac Tronador, **Figura 5-1** y si bien el mayor volumen de producción corresponde a vidrios destinados al sector agrícola, este modelo posee curvatura y dimensiones dentro del rango mencionado.

Adicionalmente, se dispone del plano de fabricación y su forma puede replicarse con relativa facilidad mediante herramientas de modelado 3D, lo que simplifica su análisis y simulación durante el desarrollo del proyecto.

Se indica a continuación información técnica de interés:

Espesor del vidrio: 6 mm

Cuerda ancho: 1398 mm

Cuerda alto: 518 mm

Flecha: 15 mm

Tipo de curvatura: doble simétrica

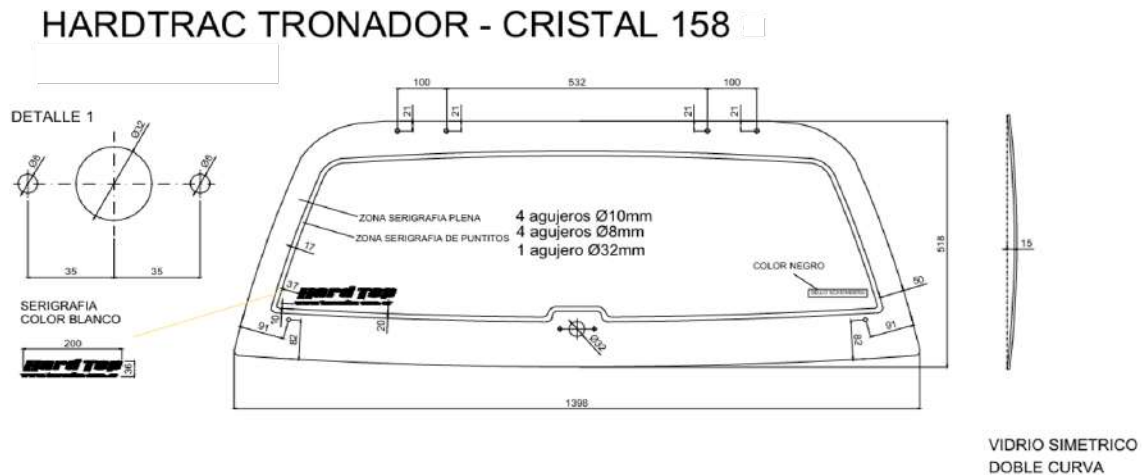


Figura 5-1: Sección de plano de vidrio de Luneta de Hardtrac Tronador.

5.2. Generalidades

Con el objetivo de simplificar y estructurar el proceso de diseño, se definió como punto de partida el sistema actual de sopladores, compuesto por módulos alargados de chapa equipados con picos de goma, los cuales incrementan la velocidad del aire en la zona de impacto sobre el vidrio. Este diseño ha demostrado ser funcional desde el punto de vista operativo; sin embargo, presenta limitaciones asociadas al tiempo de puesta a punto, la dificultad para lograr ajustes repetibles y los riesgos ergonómicos y de seguridad derivados de la intervención manual durante los cambios de modelo.

En función de ello, se planteó una evolución del diseño existente en lugar de un reemplazo completo del sistema. La propuesta contempla, por un lado, una mejora geométrica de los módulos, orientada a ampliar su capacidad de adaptación a distintas configuraciones de vidrio, especialmente en modelos de curvatura compleja o no constante. El objetivo es que el sistema de soplado pueda “copiar” de manera más

eficiente la forma de una mayor variedad de piezas, reduciendo la necesidad de modificaciones mecánicas frecuentes.

Por otro lado, se incorporan elementos de automatización mediante cilindros neumáticos y sensores, con el propósito de estandarizar la puesta a punto y minimizar la dependencia del ajuste manual. Esta solución busca no solo reducir los tiempos de cambio entre modelos, sino también mejorar la repetibilidad del proceso y disminuir la exposición del operario a tareas que actualmente implican riesgos posturales y trabajo en altura. De esta manera, el rediseño propuesto apunta simultáneamente a incrementar la flexibilidad productiva, la eficiencia operativa y las condiciones de seguridad en la planta.

5.3. Estructuración del diseño de la solución

Con el fin de ordenar y priorizar el desarrollo de la solución, se decidió analizar el problema “desde el vidrio”, es decir, partiendo del punto donde se produce la transferencia de calor en la superficie y retrocediendo aguas arriba hacia el suministro de aire.

Este enfoque permitió descomponer el sistema en una cadena de componentes, identificando no solo las variables que afectan directamente el enfriamiento, sino también las pérdidas de carga y la trayectoria del flujo de aire a través de los distintos componentes del sistema.

La secuencia de análisis adoptada fue la siguiente:

1. Superficie del vidrio – aire circundante
2. Aire circundante – picos de soplado
3. Picos de soplado – módulo soplador
4. Módulo soplador – manguera de alimentación
5. Manguera – colector de aire
6. Colector de aire – conducto de aire
7. Conducto de aire – ventilador

El análisis estructurado en subsistemas permite descomponer el problema global en bloques funcionales con una menor cantidad de variables en cada etapa. A partir de las condiciones requeridas en la superficie del vidrio (presión, velocidad y parámetros térmicos), se definieron las condiciones de salida del primer subsistema, las cuales se adoptaron como condiciones de entrada del siguiente. De este modo, cada tramo del sistema procesa las variables provenientes del anterior y genera nuevos parámetros que alimentan al siguiente, estableciendo una secuencia ordenada de diseño. Este enfoque garantiza coherencia entre etapas y permite asegurar que los requisitos finales en el vidrio estén respaldados por el comportamiento integral del sistema.

1. Superficie de vidrio - Aire circundante

En este subsistema resultan relevantes dos aspectos principales: por un lado, la velocidad de impacto del aire sobre la superficie del vidrio y, por otro, el nivel de turbulencia del aire circundante. Para simplificar los cálculos se adoptó un vidrio de referencia como caso base de análisis, como se mencionó, el modelo Hardtrac Tronador.

Sabiendo que el modelo mencionado tiene 6 mm de espesor y es enfriado mediante aire forzado, puede asumirse que el templado es efectivo cuando la temperatura desciende desde aproximadamente 600 °C hasta unos 400°C en un tiempo del orden de 10 segundos [4]. Lo que se busca es salir de la zona de transición vítrea lo suficientemente rápido como para generar la distribución de tensiones mencionada al principio del informe.

Este comportamiento puede alcanzarse con velocidades de impacto del aire cercanas a 10 m/s. Este valor fue determinado de manera empírica, combinando información proveniente de documentación técnica de otros hornos de templado con la experiencia operativa del personal de Scheimberg, y posteriormente validado mediante simulaciones realizadas en MATLAB y SolidWorks. Valores significativamente inferiores generan un enfriamiento insuficiente, que no permite

desarrollar las tensiones de compresión superficiales requeridas, mientras que velocidades considerablemente superiores (del orden de 20 m/s o mayores) pueden provocar daños en el vidrio durante el proceso de enfriamiento.

En lo que respecta a las validaciones realizadas mediante SolidWorks y MATLAB, a continuación se presentarán las consideraciones adoptadas y los resultados obtenidos, los cuales permiten justificar la utilización de la velocidad de impacto mencionada anteriormente como valor de referencia.

Se considera como condición inicial una placa de vidrio plano a una temperatura uniforme de 650 °C, correspondiente al estado posterior a la etapa de calentamiento. Si bien, en condiciones reales, el enfriamiento se produce mediante múltiples módulos de soplado compuestos a su vez por varios picos de salida de aire, para simplificar el análisis se asumirá que la placa es enfriada por un único chorro de aire forzado. El impacto de dicho chorro sobre la superficie del vidrio permite dividir la placa en distintas zonas según la velocidad de extracción de calor alcanzada durante el enfriamiento:

- Zona A: Es el área de impacto del chorro de aire, con un diámetro asociado igual a “**Dimp**” y con una velocidad de enfriamiento asociada mayor al resto de la superficie de la placa.
- Zona B: Área circundante al área de impacto, que cuenta con una velocidad de enfriamiento considerablemente inferior.

En cuanto a las dimensiones generales de la placa utilizada en la simulación, consideramos que la placa es cuadrada de lado $L=1$ m. El espesor “**e**” considerado es igual a 6 mm, como se ha mencionado anteriormente. Una representación esquemática de la placa se puede observar en la **Figura 5-1**.

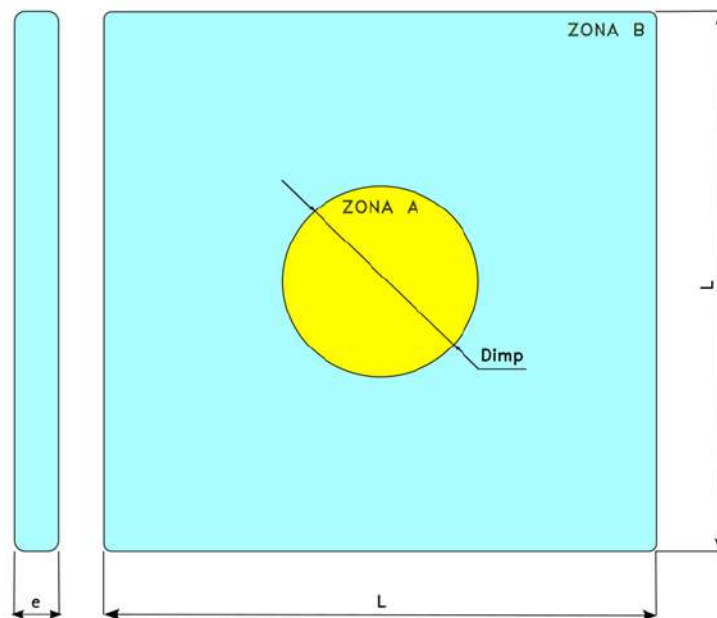


Figura 5-1: Representación esquemática de placa $L=1$ m, $e=6$ mm.

Validación en SolidWorks

En primera instancia se presentan simulaciones realizadas, en las cuales se busca determinar el comportamiento de un chorro de aire que impacta sobre la superficie del vidrio de lado $L=1$ m con una velocidad de 10 m/s.

Para el análisis, se varió la distancia entre el pico y la placa para obtener la siguiente información:

- Área de impacto para cada caso (definida por la velocidad de impacto del aire)
- Coeficientes de película en cada zona y para cada caso: h_A y h_B

Entre las distancias analizadas, se adoptará como referencia una separación de 60 mm entre el pico y el vidrio, valor que se encuentra comprendido entre 6 y 8 diámetros de boquilla, según lo recomendado en la referencia [1].

Los resultados de las simulaciones realizadas se pueden observar en las Figuras 5-2, 5-3, 5-4 y 5-5.

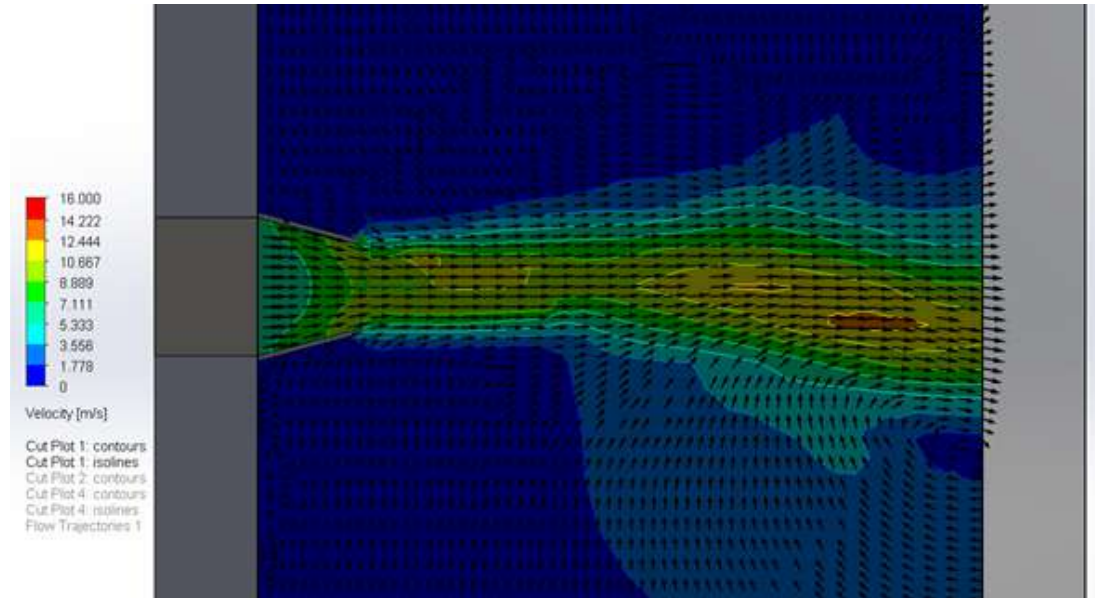


Figura 5-2: Vidrio ubicado a 60 mm de la boquilla. Diámetro de impacto 20 mm.
 $h_A=3492$ y $h_B=488$.

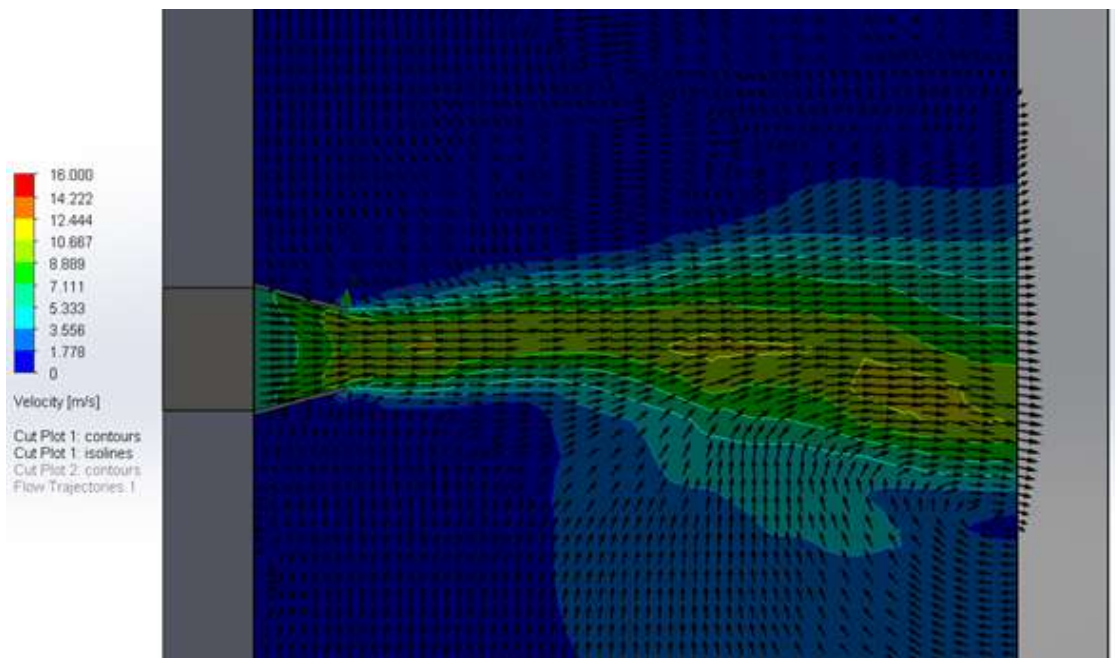


Figura 5-3: Vidrio ubicado a 73 mm de la boquilla. Diámetro de impacto 23 mm.
 $h_A=3116$ y $h_B=488$.

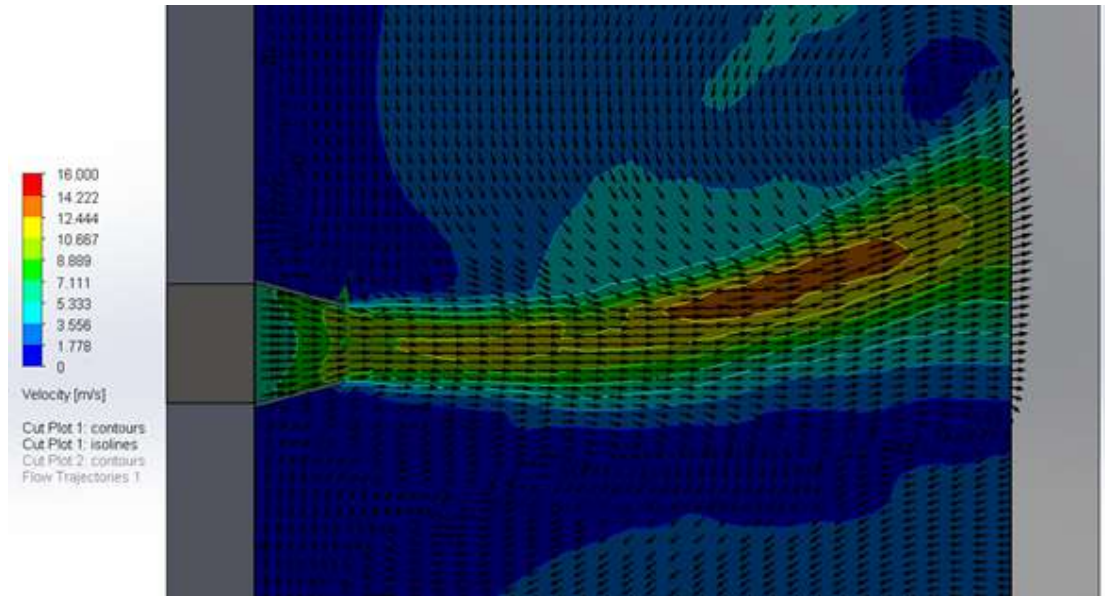


Figura 5-4: Vidrio ubicado a 75 mm de la boquilla. Diámetro de impacto 25 mm.
hA=2849 y hB=488.

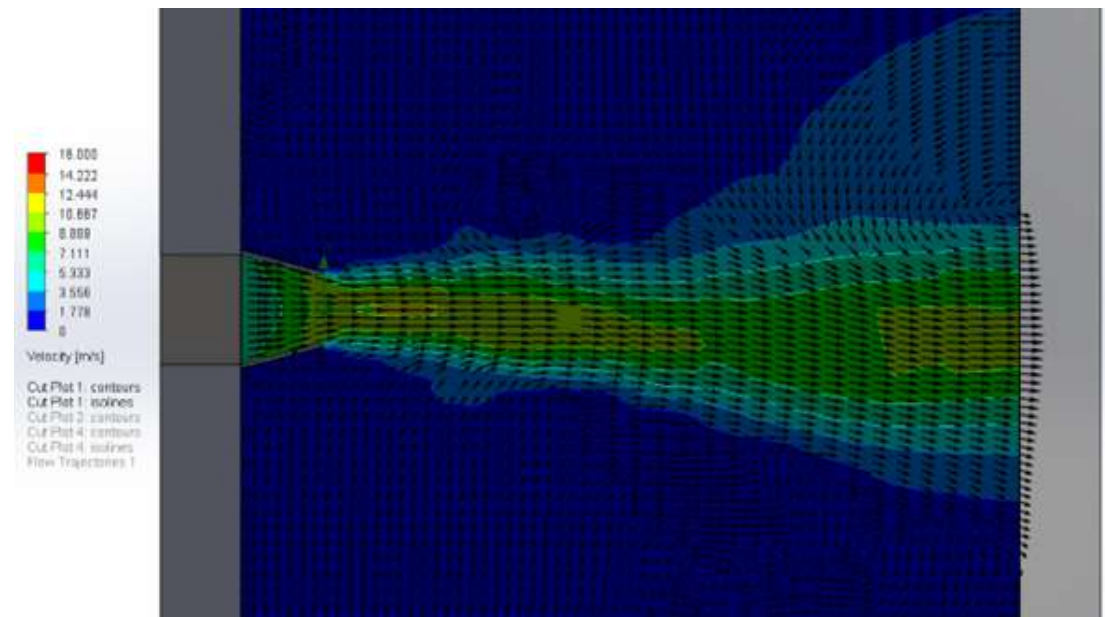


Figura 5-5: Vidrio ubicado a 85 mm de la boquilla. Diámetro de impacto 27 mm.
hA=2679 y hB=488.

Para el cálculo de los coeficientes de película, se toma como base modelos matemáticos que se resumen en Apuntes de transmisión del calor [3].

La velocidad del fluido y el conocimiento sobre la geometría del vidrio permite categorizar el flujo por medio del número de Reynolds y el número de Prandtl.

El número de Reynolds, puede expresarse de la siguiente manera:

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

Donde ρ es la densidad del aire para nuestro caso, v es su velocidad, L es la longitud característica y μ es la viscosidad dinámica.

El número de Prandtl, para los gases, apenas depende de la temperatura, por lo que, para el aire puede considerarse que $Pr = 0,7$.

En lo que respecta al número de Reynolds, para las zonas A y B es necesario definir longitudes características. Centrándonos en la zona A, que es la zona de mayor velocidad de enfriamiento, la longitud característica utilizada será el diámetro de impacto (Dimp). Por otro lado, para la zona B, se usará como longitud característica al cociente entre el área de impacto y la longitud del vidrio.

Calculando el valor de este número para cada zona y para cada caso de análisis estudiado anteriormente en las simulaciones, determinamos que, para la zona A, el flujo puede categorizarse como laminar, ya que se encuentra por debajo de 5×10^5 , mientras que, para la zona B, el flujo es laminar/turbulento, debido a que el valor del número de Reynolds está entre 5×10^5 y 10^7 . Es por esto que utilizaremos las siguientes expresiones para el número de Nusselt para cada zona, las cuales permitirán conocer un valor promedio para el coeficiente de película:

Zona A: $Nu = 0,664 \cdot Re^{1/2} \cdot Pr^{1/3}$

Zona B: $Nu = 0,337 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{1/3}$

El número de Nusselt se relaciona con el valor promedio del coeficiente de película por medio de la siguiente expresión:

$$Nu = \frac{h' \cdot L}{\lambda}$$

Donde L es la longitud característica y λ la conductividad térmica del material.

Los valores de h para cada una de las simulaciones fueron calculadas por medio de las expresiones mencionadas.

Validación en MATLAB

Los resultados de las simulaciones ejecutadas en SolidWorks y los cálculos de los valores de h para cada caso se utilizaron como base para las validaciones en Matlab. Con la ayuda de este software y dichos resultados de referencia, se calculó la evolución de la temperatura en función del tiempo en las zonas A y B para las distancias planteadas en la simulación anterior con la finalidad de conocer, por un lado, la diferencia de temperaturas en función del tiempo entre la zona A y la B para cada caso, y por otro, la diferencia de temperaturas entre la zona A del caso de referencia (distancia de 60 mm entre pico y placa de vidrio) y la zona A correspondiente a los demás casos de análisis.

En la sección 3.2 del informe se presentan las expresiones y el desarrollo matemático que conducen a la obtención de la siguiente ecuación, derivada de la aplicación del método de diferencias finitas, la cual permite determinar la evolución de la temperatura en la superficie de la placa en función del tiempo:

$$T_s^{n+1} = T_s^n \frac{\Delta t}{\rho c_p e} [h(T_\infty - T_s^n) + \varepsilon \sigma (T_{amb}^4 - T_s^n^4)]$$

En esta expresión, n representa el paso temporal considerado durante el cálculo. Asimismo, se adopta como condición inicial que toda la placa se encuentra a una temperatura uniforme, es decir:

Para el análisis se define un intervalo de paso del tiempo y un tiempo de análisis de 80 segundos. También, se considera un valor de c_p constante que corresponde a una temperatura promedio entre el valor inicial y el valor final del proceso.

El fin de este estudio es entender la evolución de la temperatura en el tiempo en la zona A para distintas distancias de soplado, para luego realizar una comparación entre los valores obtenidos para una distancia de referencia (60 mm para la situación planteada) y los obtenidos para las distancias restantes y determinar cuál es la diferencia de distancias de soplado admisible para dos puntos sobre la superficie. Este dato será de utilidad para calcular el tamaño máximo de los módulos y la cantidad de los mismos si se conoce la geometría del vidrio a templar.

Un aspecto importante a destacar en este análisis es que el objetivo consiste en lograr que toda la superficie de la placa presente un comportamiento térmico similar al observado en la zona A del modelo analizado. De esta manera, se busca obtener una velocidad de extracción de calor uniforme en toda la superficie del vidrio y, al mismo tiempo, lo suficientemente elevada como para que el proceso de enfriamiento pueda considerarse efectivamente un templado.

Por otro lado, también se tiene en cuenta que la diferencia de temperatura aceptable entre dos puntos sobre la superficie del vidrio se encuentra en torno a los 40 °C. Valores mayores incrementan la posibilidad de rotura del vidrio durante el enfriamiento, especialmente por encima de los 60 °C [16].

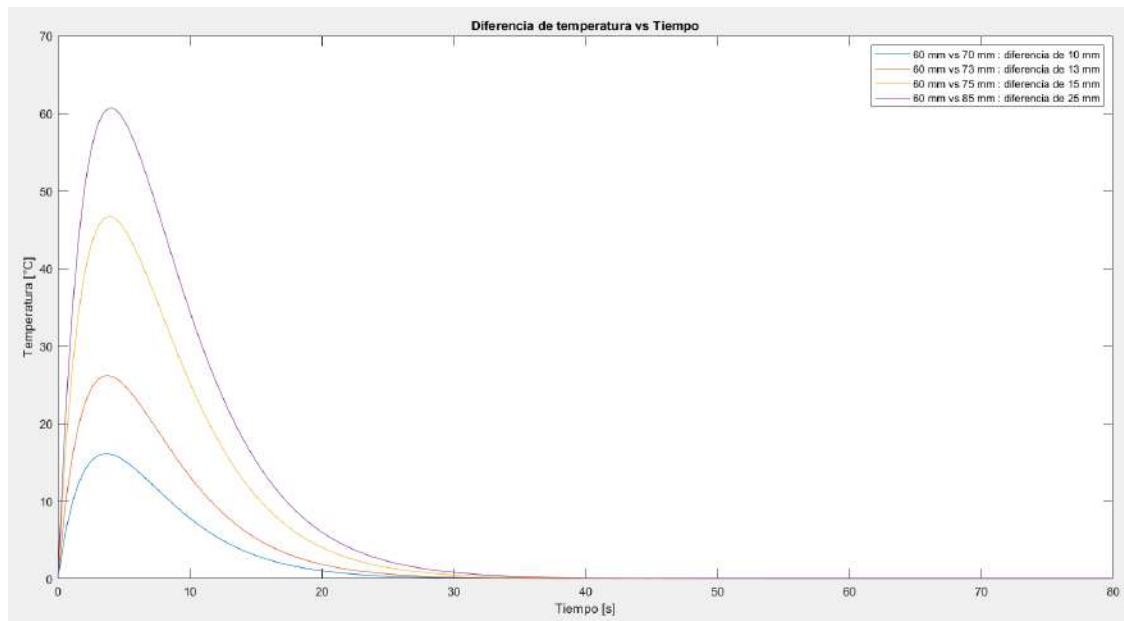


Figura 5-6: Diferencia de temperaturas en función del tiempo entre la zona A para la distancia de referencia de 60 mm.

La **Figura 5-6** presenta la comparación entre las temperaturas obtenidas en función del tiempo para distintas distancias de soplado (70 mm, 73 mm, 75 mm y 85 mm) en la zona de impacto del chorro de aire, denominada zona “A”, respecto de las temperaturas obtenidas para una distancia de referencia de 60 mm.

Este valor de referencia surge de la bibliografía consultada [1], donde se recomienda utilizar una distancia de soplado comprendida entre 6 y 8 diámetros de boquilla. En el caso analizado, el diámetro de boquilla adoptado es de 8 mm.

Los resultados, en concreto, muestran que se alcanzan diferencias de temperatura cercanas a los 40 °C cuando la diferencia en la distancia de soplado entre un punto y otro llega a los 15 mm, y temperaturas de hasta 60 °C cuando dicha diferencia llega a los 25 mm. La referencia [16] especifica que 40 °C es una diferencia de temperaturas admisible durante el enfriamiento entre un punto y otro para un vidrio normal, sin templar, por lo cual, se adopta para próximos cálculos un valor límite de 15 mm para la diferencia en la distancia de soplado.

En base a los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas, puede establecerse como condición de salida de este subsistema que la velocidad de impacto del aire sobre el vidrio debe mantenerse dentro de un rango capaz de garantizar un enfriamiento efectivo y suficientemente uniforme, lo cual se puede lograr con valores de velocidad de impacto cercanas a 10 m/s, evitando aproximarse a velocidades del orden de 20 m/s, que resultan en un enfriamiento rápido en exceso.

2. Aire circundante - Picos de soplado

Partiendo del diseño actual de los módulos, se observa la presencia de picos que producen incrementos locales de velocidad y direccionan el flujo de aire hacia la superficie del vidrio. En función de ello, se plantea evaluar mejoras en este componente.

Actualmente, los picos están fabricados con un material flexible, con el doble propósito de orientar el aire y atenuar eventuales impactos del vidrio contra los módulos **Figura 5-7**.

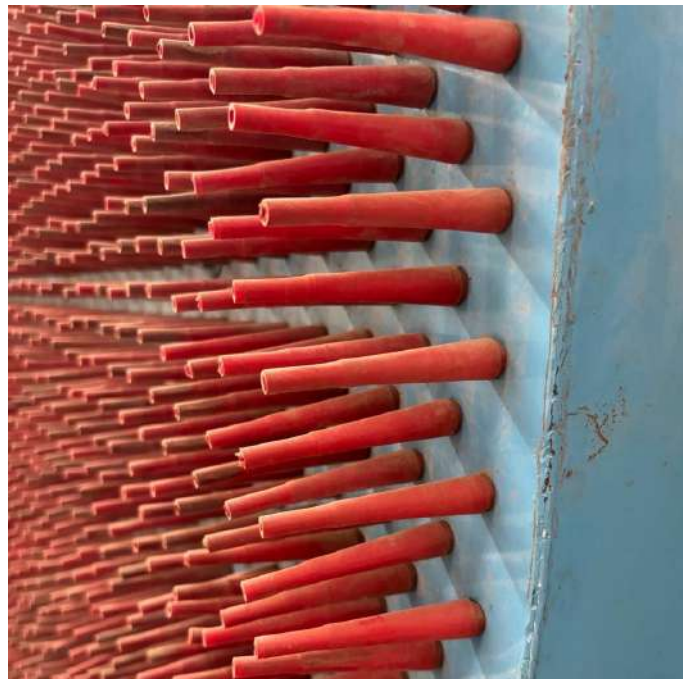


Figura 5-7: Picos de soplado actuales.

Si bien con la configuración vigente se alcanza el templado requerido, se decidió analizar alternativas debido a que en hornos de templado más modernos no se emplean picos **Figura 5-8**. Además, no puede asegurarse que los picos actuales, alargados y de goma, permitan alcanzar una velocidad de impacto sobre el vidrio del orden de 10 m/s, valor considerado de referencia para un enfriamiento efectivo. Aunque el equipo tomado como comparación opera con una configuración distinta, se interpreta que una revisión del diseño del pico (o su reemplazo) podría contribuir a optimizar las condiciones de templado.



Figura 5-8:Salidas de aire del Horno Horizontal.

Se evaluó inicialmente la posibilidad de omitir el uso de picos en el rediseño. Sin embargo, las simulaciones realizadas no arrojaron resultados satisfactorios, ya que el flujo de aire tiende a desviarse y a perder presión.

Este comportamiento puede estar asociado a la diferencia en la disposición del vidrio. En un horno horizontal de templado, el vidrio se apoya sobre rodillos y queda ubicado apenas por encima de las salidas de aire, lo que favorece la formación de pequeñas “cámaras” donde el aire puede acumularse, aunque sea por intervalos breves. Esta acumulación reduce la dispersión del flujo y ayuda a conservar su velocidad.

En cambio, en el horno vertical no se genera una cámara equivalente: el vidrio se posiciona a mayor distancia de las salidas de aire y, en consecuencia, el aire se dispersa y se escapa con mayor facilidad, provocando una disminución de presión y velocidad efectiva sobre la superficie.

Se desea que el diseño a utilizar para los picos sopladores tenga las siguientes características:

Debe permitir que el flujo de aire adquiera una dirección preferencial.

Debe lograr que la velocidad de impacto del aire sobre la superficie del vidrio alcance valores iguales o superiores a los 10 m/s e inferiores a 20 m/s.

El diámetro de impacto producido por pico debe ser lo mayor posible, con un valor mínimo de un 15% más que el mayor diámetro presente en el diseño del pico, con la finalidad de que se garantice una separación adecuada entre picos.

Si bien se analizaron diversas geometrías, se hablará únicamente de la seleccionada finalmente, nombrado como pico cónico simple **Figura 5-9**.

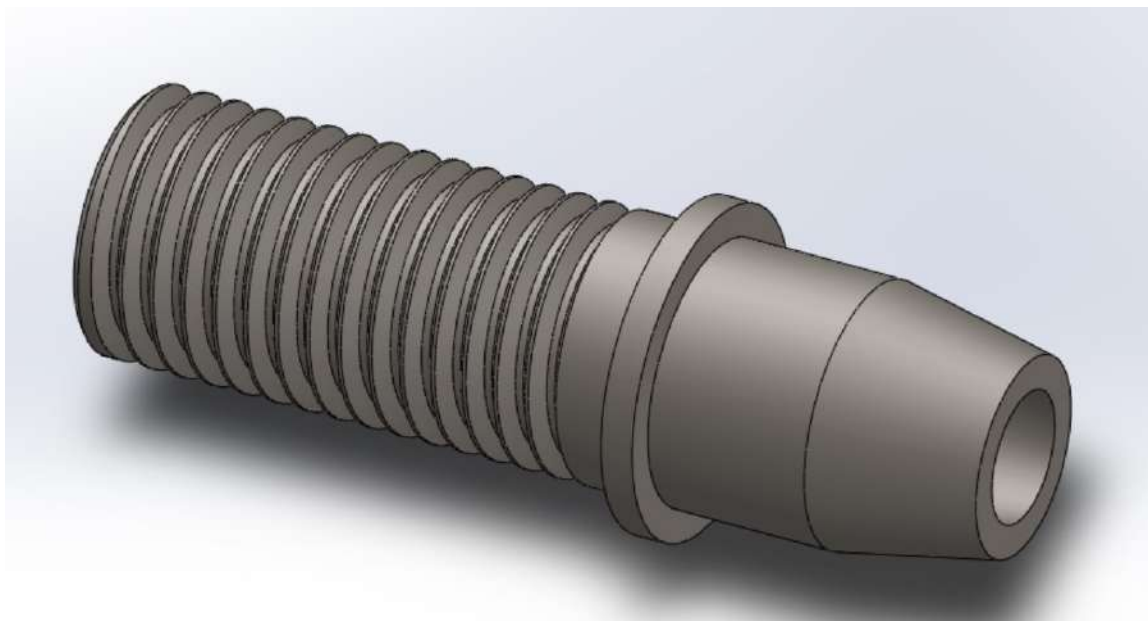


Figura 5-9: Pico cónico simple.

Considerando el modelo de pico obtenido y tomando una distancia de referencia de entre 6 y 8 diámetros de pico [1], lo que corresponde a aproximadamente 60 mm, se realizan diversas simulaciones variando los parámetros de entrada para obtener una velocidad de impacto que cumpla con lo objetivos mencionados anteriormente, un velocidad de impacto de entre 10 y 20 m/s y una distribución homogénea de aire entre los picos y la placa de vidrio.

La simulación realizada se aprecia en la **Figura 5-10**.

Se obtiene entonces una velocidad de entrada al pico, y en consecuencia nuestro parámetro de entrada en el conjunto Picos de soplado - Módulo soplador de, como mínimo, 12 m/s.

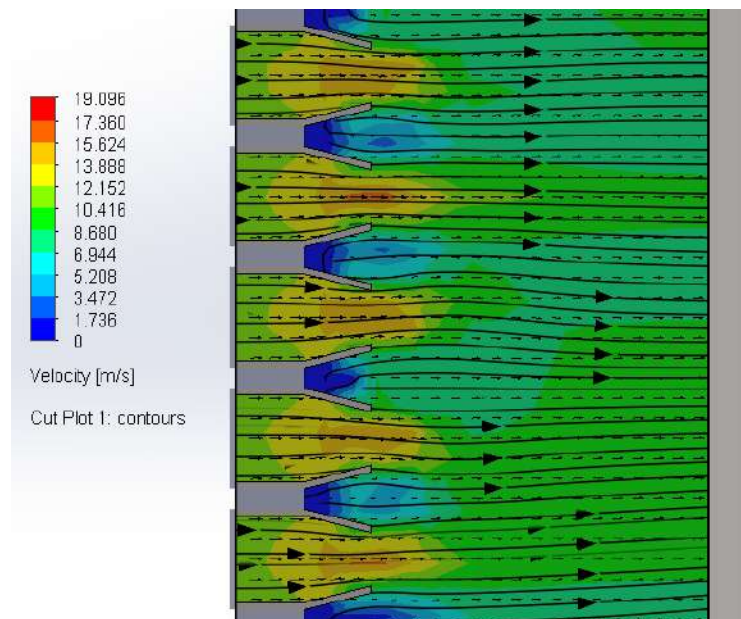


Figura 5-10: Flujo de aire entre pico y placa de vidrio.

El pico propuesto se puede fabricar mediante torneado según las especificaciones del plano **MOD_P13**.

3. Picos de soplado - Módulo soplador

En este apartado no solo se detallará la vinculación física entre los picos de soplado y el módulo soplador, sino que también se abordará la disposición y distribución de los picos sobre el módulo.

Para no entrar en detalles aún sobre la geometría completa del módulo, en esta instancia se desarrollará únicamente su cara frontal, la de salida de aire **Figura 5-11**.

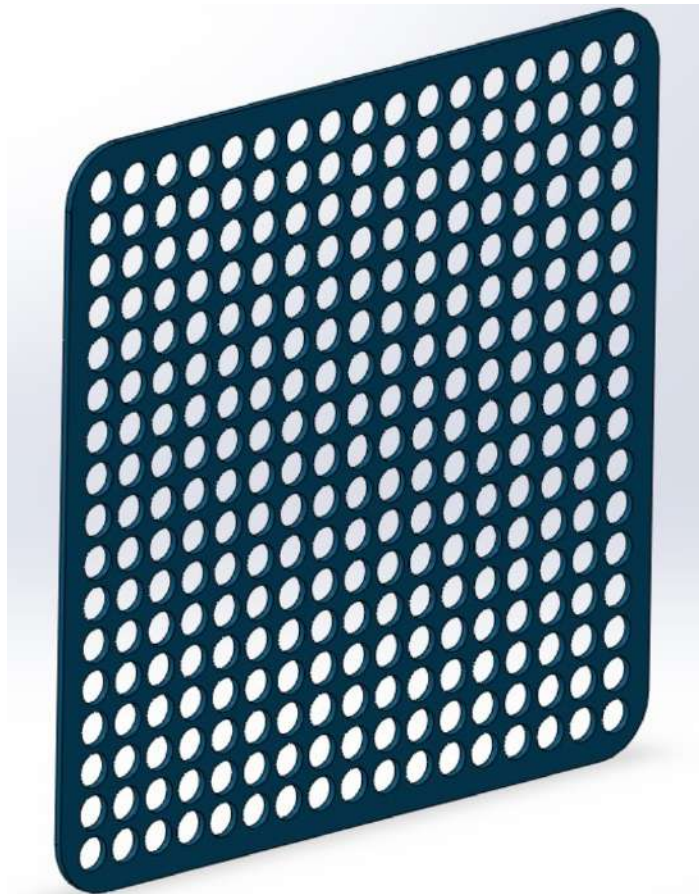


Figura 5-11: Placa frontal del módulo de soplado.

Esta tapa frontal, es una chapa de 3/16" con perforaciones equidistanciadas por 25 mm que tienen como objetivo alojar los picos de soplado.

En primer lugar, sabiendo las dimensiones que debería tener el pico para cumplir con las especificaciones de templado, se define un diámetro del orificio soporte. El diámetro definido es 21 mm.

En segunda instancia hubo que definir la distancia óptima entre orificios de salida de aire, lo cual fue calculado en la **Sección 5.1**, siendo este valor de 25 mm.

Una vez definidos estos parámetros, fue necesario establecer qué tipo de vinculación debía existir entre el pico de soplado y la placa del módulo, considerando como principal limitación el espesor de la chapa. Esta variable dificulta la soldadura de una gran cantidad de picos sin provocar deformaciones, además de que la operación resultaría poco práctica.

Por este motivo, se propone utilizar remaches roscados, a fin de incorporar una rosca de sujeción sin generar modificaciones significativas en la geometría interna del módulo **Figura 5-12** .

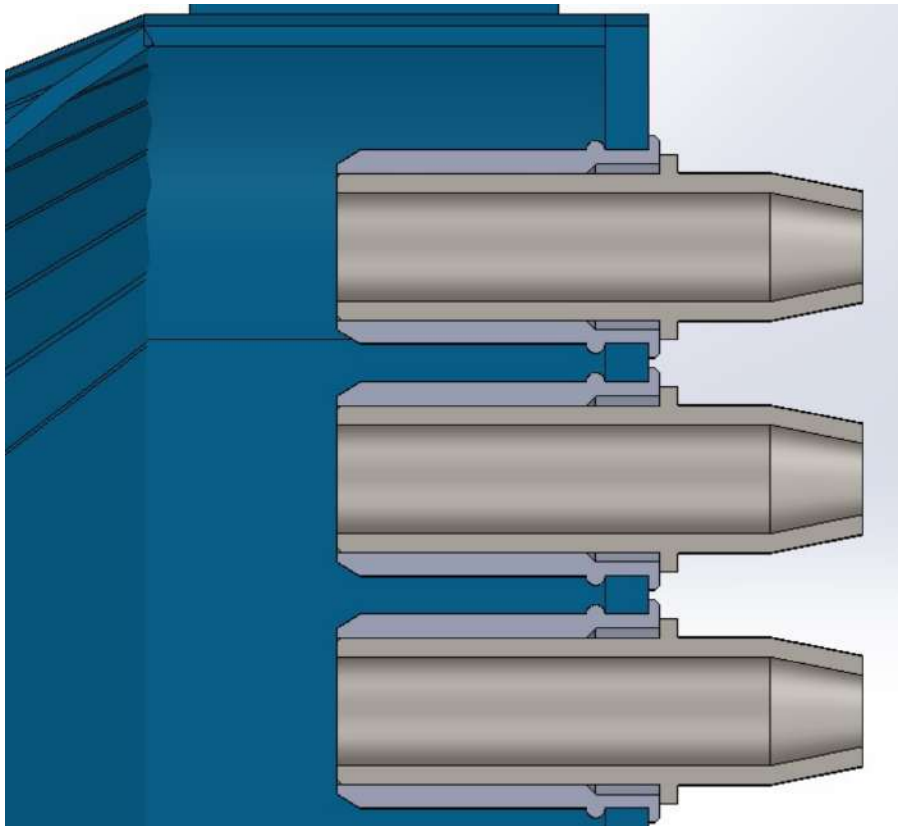


Figura 5-12: picos de soplado y remaches roscados.

El remache roscado seleccionado es el LRGR2-1620-5.0 de Sherex fastening solutions [12].

Esta pieza permitirá fijar los picos y retirarlos en caso de ser necesarios para mantenimiento o reemplazo.

4. Módulo soplador - manguera de alimentación

En este apartado se completará la definición de la geometría del módulo soplador, sin considerar la placa perforada ubicada a la salida, ya descrita en la sección anterior y teniendo en cuenta la entrada de aire a través de una manguera de alimentación y su posible vinculación.

En primer lugar, se definieron las dimensiones en planta del módulo (ancho y alto), estableciendo que fueran iguales, en base a un vidrio de referencia.

Como geometría de referencia para se adoptó un vidrio teórico con radio de curvatura no constante, de 22 mm de flecha y 2000 mm de desarrollo, como puede visualizarse en la **Figura 5-13**.

La geometría elegida para determinar las dimensiones del módulo tiene un valor de flecha que coincide con el límite superior del rango mencionado en la sección **5.2**.

Ya que los vidrios con curvaturas que se encuentran entre los 15 y los 22 mm representan aproximadamente un 60% de la producción, adoptar el límite superior significa contemplar los vidrios de mayor complejidad dentro del rango.

La **Figura 5-13** muestra 3 variables de importancia:

- d1: Es la distancia entre un extremo del módulo y la superficie del vidrio, medida de forma normal a la cara de soplado del módulo.
- d2: Es la distancia entre el extremo opuesto del módulo y la superficie del vidrio, medida de forma normal a la cara de soplado del módulo.
- AM: Ancho teórico del módulo.

En este caso, “d2” se considera igual a 60 mm. Este valor surge de la referencia [1], en la cual se establece que la separación adecuada entre la boquilla y la superficie del vidrio debe encontrarse entre 6 y 8 diámetros de boquilla, el cual, es igual a 8 mm. Por otra parte, “d1” se considera igual a 75 mm por ser el valor

límite obtenido en las simulaciones de la sección 5.3, tomando como referencia el valor utilizado para “d1”.

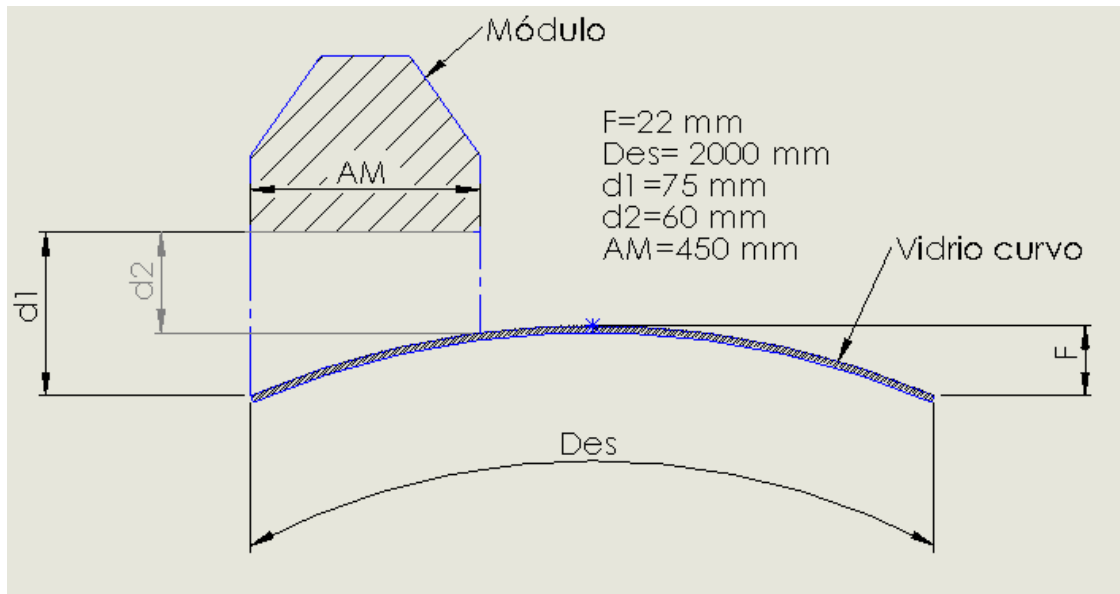


Figura 5-13: Ancho de módulo teórico resultante.

Con este escenario, el ancho máximo permitido para el módulo, “AM”, es igual a 450 mm. A partir de este valor, la diferencia de distancias entre un extremo del módulo y el otro ($d1$ y $d2$) excede los 15 mm y se vuelve necesaria la existencia de un nuevo módulo.

De este modo, se determinó un tamaño máximo de 450 mm por lado para cada módulo.

A continuación, fue necesario definir la forma del volumen del módulo.

En una primera etapa se consideró una geometría prismática, con una entrada de aire circular centrada en la cara posterior **Figura 5-14**.

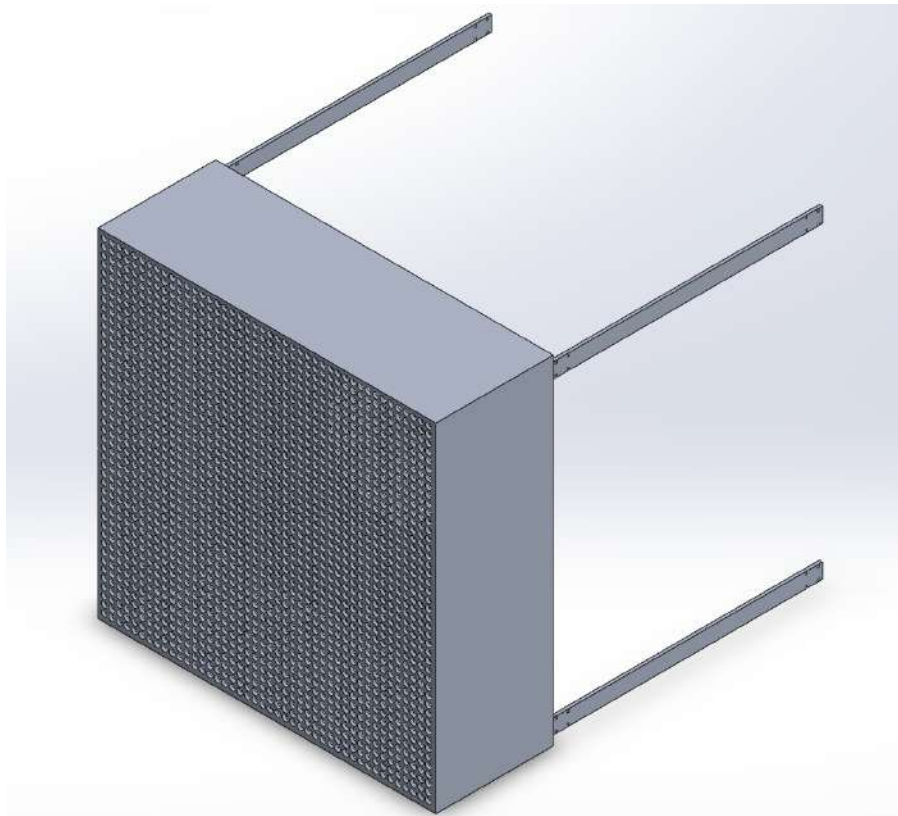


Figura 5-14: primer diseño de módulo de soplado.

Sin embargo, a partir de las simulaciones de flujo se determinó que, con esta configuración, el aire no alcanzaba adecuadamente las esquinas del módulo, lo que provocaba una distribución no homogénea en la salida de aire.

Se propone entonces adicionar al prisma una campana (o cono), con el objetivo de favorecer que el aire se distribuya sobre todo el volumen y, en consecuencia, lograr una salida de aire uniforme en todos los picos **Figura 5-15**.

Si bien esta modificación representó una mejora significativa, fue necesario evaluar distintas variantes geométricas hasta alcanzar una configuración final que evitara la generación de turbulencia en el interior del módulo. En efecto,

según la forma del cono y la longitud del prisma, se formaban zonas de alta y baja presión que afectaban la uniformidad del flujo en la salida de aire.

Por último, se incorporaron redondeos en las esquinas para evitar el comportamiento errático del flujo en esas zonas y mejorar la uniformidad de la distribución de aire.

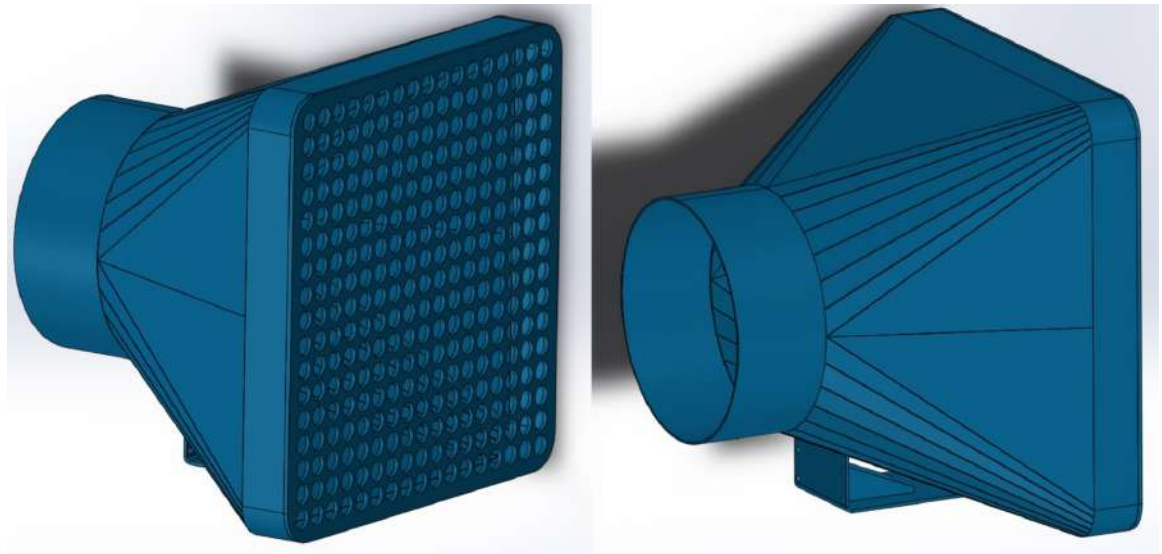


Figura 5-15: módulo de soplado.

Si bien la geometría del módulo puede considerarse completamente definida, fue necesario incorporar un anillo adicional para permitir la conexión de la manguera de aire al módulo mediante una abrazadera.

Con la geometría obtenida es posible lograr la distribución de velocidades de aire que se aprecia en la **Figura 5-16**.

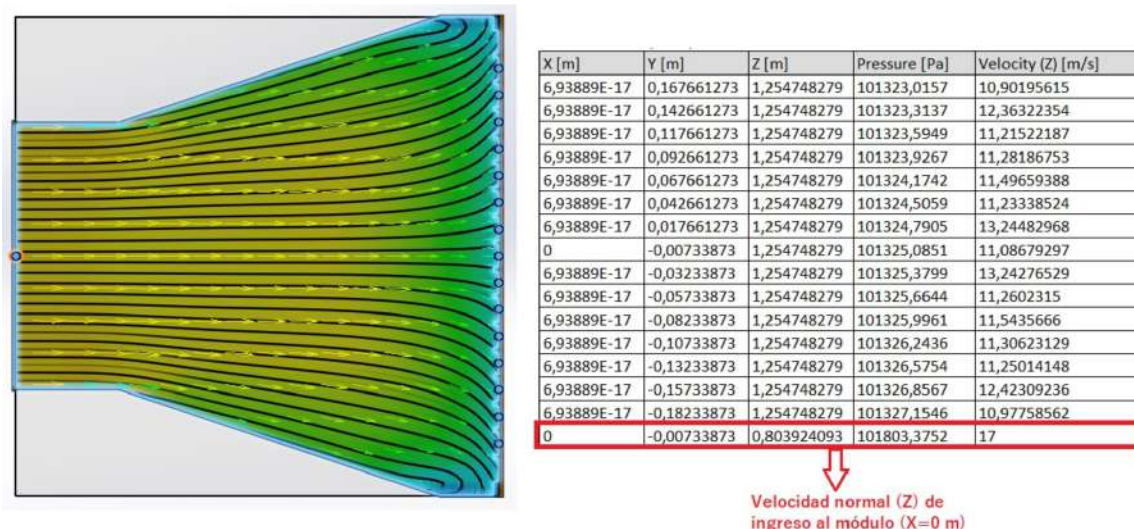


Figura 5-16: primer diseño de módulo de soplado.

Desde el punto de vista del flujo de aire, la geometría del módulo es la definitiva. Sin embargo, para integrarlo al resto del horno es necesario incorporar un sistema de vinculación que permita su montaje y posicionamiento (tipo corredera). Esto incluye tanto la sujeción mecánica como los elementos requeridos para su automatización.

- Sujeción:

Como sistema de sujeción, se definió incorporar cuatro patas en forma de L de 2"x 2" en las aristas del módulo **Figura 5-17**, las cuales vinculan con perfiles del mismo tipo fijados a una estructura reticulada solidaria al horno. Estas patas, solidarias al módulo, incorporan un sistema de rodamientos SKF 62300-2RS1 [14], **Figura 5-18**, que actúan como ruedas, permitiendo el desplazamiento del módulo respecto de la estructura fija mediante el deslizamiento entre los perfiles.

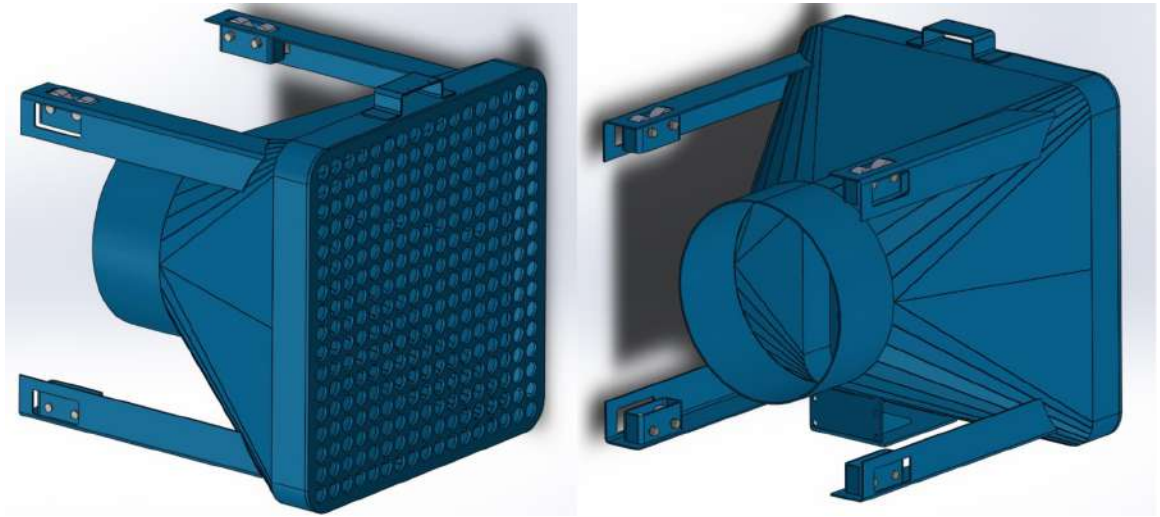


Figura 5-17: módulo de soplado con patas.

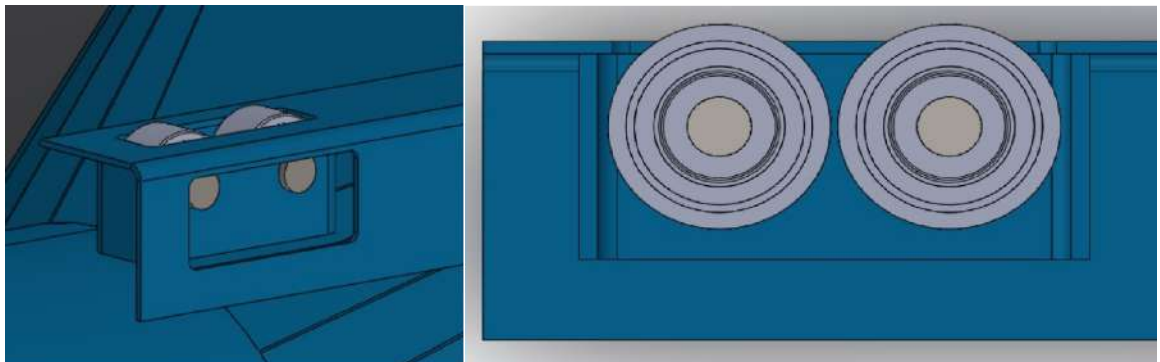


Figura 5-18: sistema de desplazamiento.

- **Automatización:**

Para la automatización del sistema se incorporaron dos elementos principales. Por un lado, un sensor del tipo Laser point (optoNCDT 1420, marca Micro-Epsilon) [9] **Figura 5-19**, vinculado a cada módulo, que

permite detectar la presencia del vidrio y establecer la posición de referencia para la puesta a punto de los sopladores.



Figura 5-19: sensor Micro-Epsilon optoNCDT 1420.

Este sensor posibilita registrar la información correspondiente a una calibración inicial, determinando la distancia entre cada módulo y la superficie del vidrio. Estos valores quedan almacenados y son utilizados en cada producción del modelo previamente calibrado, permitiendo reproducir la configuración sin necesidad de realizar ajustes manuales.

El rango de medición del sensor cubre las distancias mínima y máxima consideradas adecuadas para garantizar un correcto intercambio de calor entre el aire y la superficie del vidrio, condición necesaria para lograr un templado efectivo.

Por otro lado, se integró un actuador neumático de la **Figura 5-20** (cilindro neumático, MGPM32TF-200Z) [10] en cada módulo, encargado

de generar el movimiento de aproximación del soplador hacia el vidrio durante el proceso de templado. Adicionalmente, este elemento cumple una función estructural, actuando como limitador de carrera y contribuyendo al soporte de cargas verticales del sistema.



Figura 5-20: cilindro neumático MGPM32TF-200Z.

Desde el punto de vista funcional, el actuador seleccionado presenta una carrera de 200 mm, lo que permite cubrir el rango de desplazamiento requerido. Considerando una presión de trabajo de 7 bar, el cilindro es capaz de desarrollar una fuerza teórica superior a la necesaria para movilizar el módulo, cuyo peso es de aproximadamente 16 kg.

El actuador presenta un diseño con doble vástago y guías integradas, lo que le permite resistir esfuerzos transversales y momentos sin perder alineación, garantizando estabilidad durante el movimiento y precisión en la posición final del soplador.

Por otro lado fue necesario seleccionar una manguera de aire que alimenta el módulo, si bien la única limitación estructural que debe tener un diámetro de 250 mm, es necesario también que pueda soportar el peso de sí misma ya que se estima que en su mayor extensión deberá medir 4200 mm, es por esto último que se selecciona la manguera Rauspiraflex PUR-M de 250 mm.

Esta manguera es espiralada, lo que dificulta su colapso, permite un radio pequeño de curvatura y es liviana.

Para vincularla con el módulo se utilizarían abrazaderas metálicas del tipo que se aprecia en la **Figura 5-21**.



Figura 5-21: cilindro neumático MGPM32TF-200Z.

5. Manguera – colector de aire

Como fue especificado previamente, la manguera seleccionada presenta un diámetro de 250 mm y una longitud de 4200 mm. En función de estas dimensiones, resulta necesario considerar las pérdidas de carga generadas entre su entrada (en el colector) y su salida (en el módulo), con el objetivo de determinar correctamente la velocidad de entrada del aire. Estas pérdidas fueron estimadas mediante simulaciones realizadas en SolidWorks, a partir de las cuales se obtuvieron los resultados que se presentan en la **Figura 5-22**.

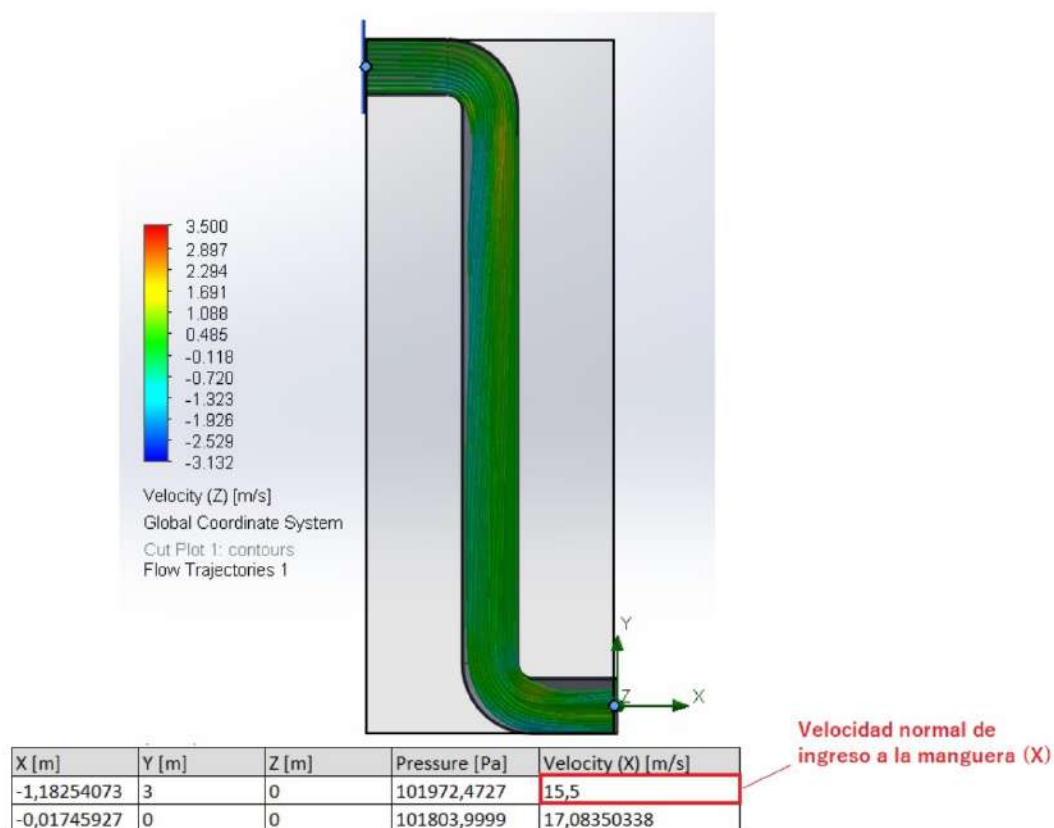


Figura 5-22: caída de presión en manguera de aire.

Una vez definida tanto la geometría de la manguera como las condiciones de entrada del flujo, es posible avanzar en el diseño del colector de aire. En este trabajo, se denomina colector de aire al componente encargado de recibir el flujo

proveniente del conducto principal y distribuirlo de manera uniforme entre las distintas mangueras que alimentan a los módulos.

Desde el punto de vista geométrico, el colector de aire presenta una configuración prismática, con sus dimensiones determinadas en el **COL_SCON02**. El ingreso de aire se realiza por uno de sus extremos y la salida por diversas boquillas en los laterales

A lo largo del colector se incorporan una serie de deflectores dispuestos de manera transversal al flujo principal, cuya función es direccionar el aire hacia las salidas. Estos elementos generan cambios controlados en la dirección del flujo, evitando concentraciones locales de caudal. En la zona de salida se dispone además una placa de regulación de flujo, que cumple una función similar a la de los deflectores disminuyendo la velocidad en la sección más lejana a la entrada de aire.

La incorporación de estos elementos se definió a partir de los resultados obtenidos en las simulaciones, donde inicialmente no se lograba una distribución uniforme del flujo. Asimismo, se observa en la **Figura 5-23** que las distintas boquillas de salida presentan diámetros variables, lo cual permite compensar las pérdidas de carga a lo largo del colector y alcanzar velocidades de salida similares en cada una de ellas, del orden de 15 m/s.

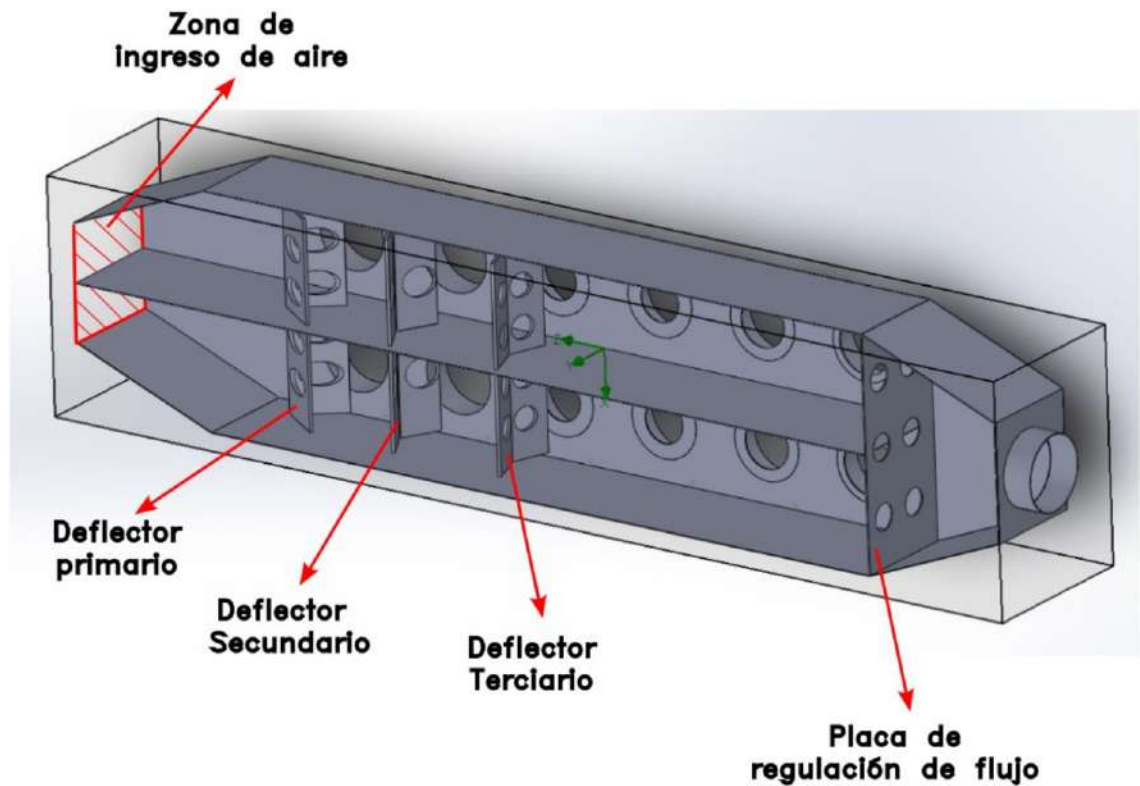


Figura 5-23: colector de aire.

Con la geometría obtenida se genera la distribución de flujo que se aprecia **Figura 5-24** se obtiene la velocidad de entrada al colector y en consecuencia de salida del conducto de aire.

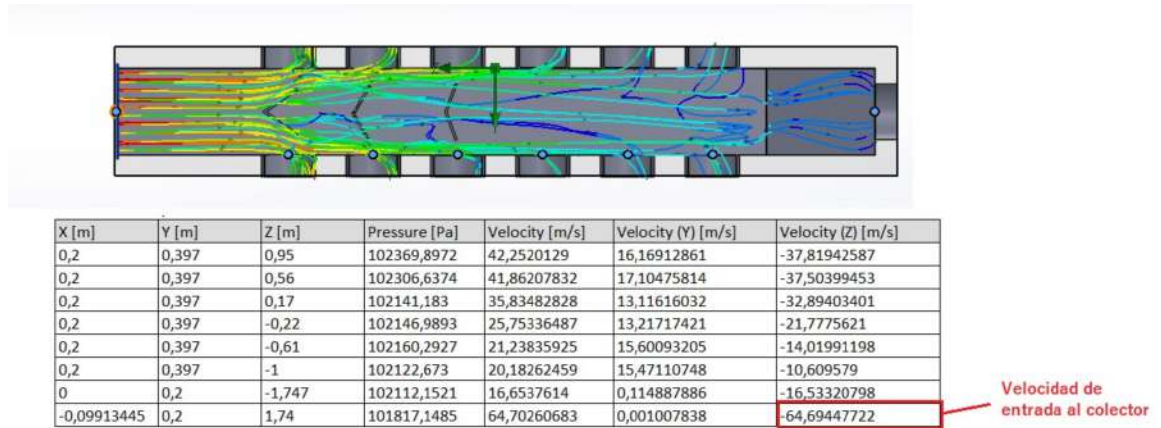


Figura 5-24: caída de presión en colector.

Al igual que en la sección anterior, la vinculación entre la manguera y el colector se realizará mediante una abrazadera metálica, garantizando una unión simple, desmontable y adecuada para las condiciones de operación del sistema.

6. Colector de aire – conducto de aire

Cuando se habla de conducto de aire, se hace referencia a un elemento destinado al transporte de aire desde el ventilador hasta el colector de aire.

La geometría que se definió es similar a la que se aprecia en la **Figura 5-25** en primer lugar tiene un codo, para aprovechar la ubicación actual de la sala del soplador, que preferentemente debe tener aislación acústica. Por otro lado, tiene una bifurcación para poder alimentar los colectores de ambos lados del horno.



Figura 5-25: conducto de aire actual.

En base a lo comentado, el conducto queda definido según la **Figura 5-26**

Las medidas finales del ducto se encuentran en el plano **DUCT_SCON04**.

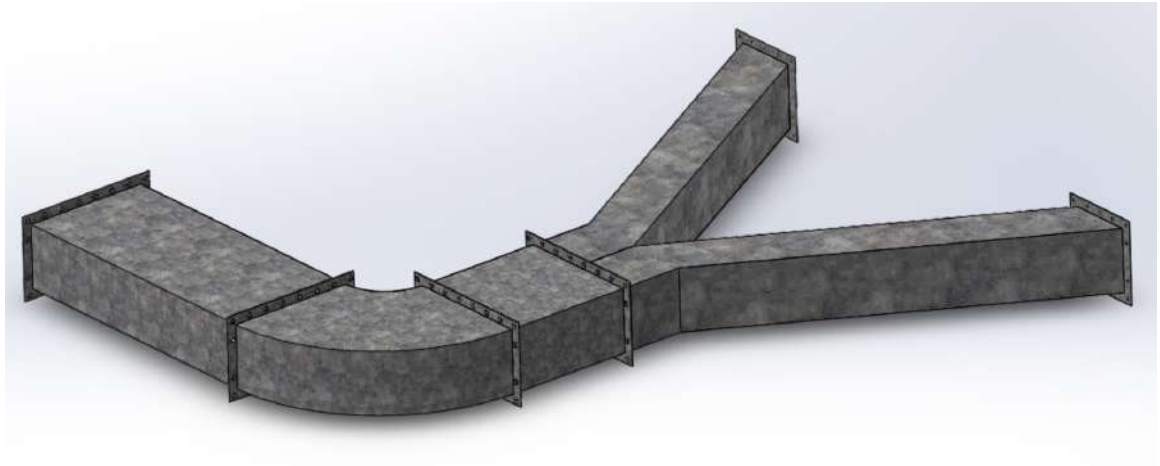


Figura 5-26: conducto de aire propuesto.

Habiendo definido la geometría y tomando como referencia la velocidad de aire calculada de 64,69 m/s que se pretende tener a la salida del ducto, se simula el sistema **Figura 5-27**, obteniendo una velocidad de entrada estipulada de 70 m/s que servirá en el punto siguiente para la selección del ventilador.

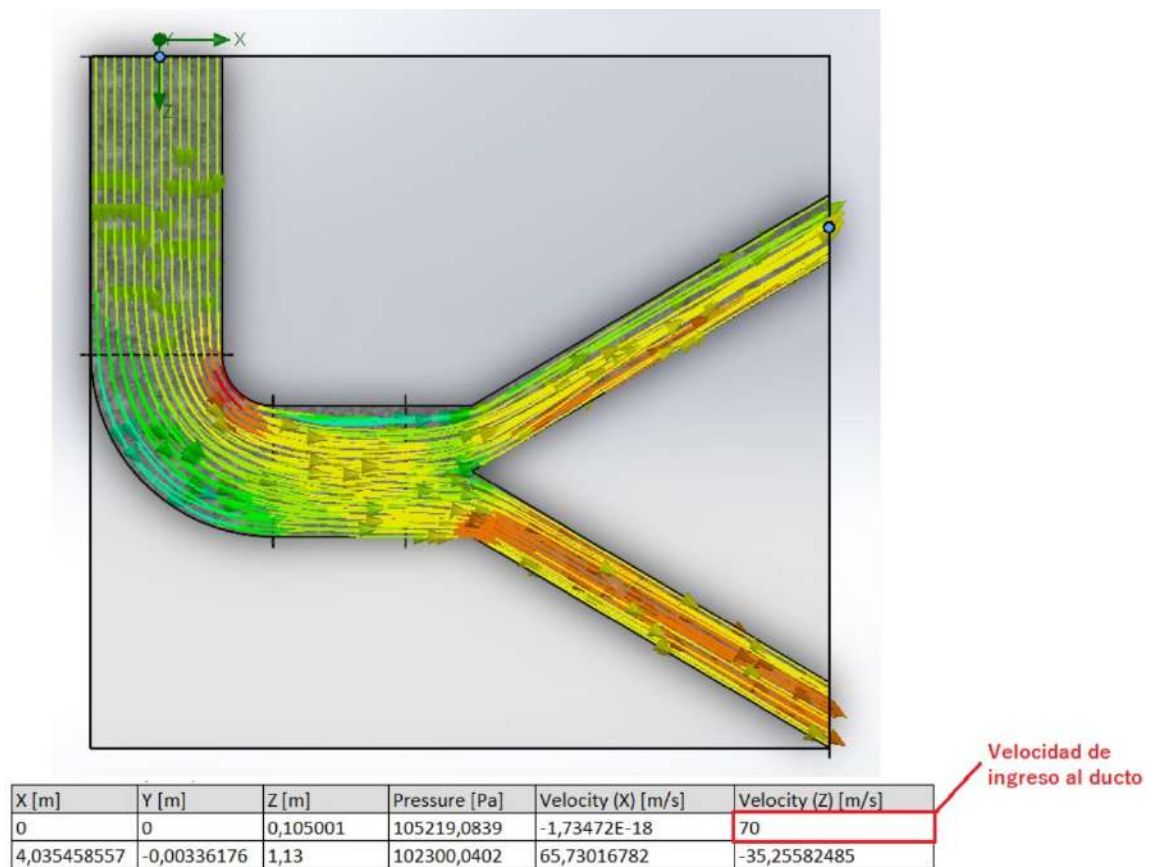


Figura 5-27: caída de presión en conducto.

El conducto será soportado en su parte más ancha por una estructura previamente existente vinculada al techo de la nave industrial.

Como última instancia se define la vinculación con los colectores mediante solapas abulonadas **Figura 5-28**.

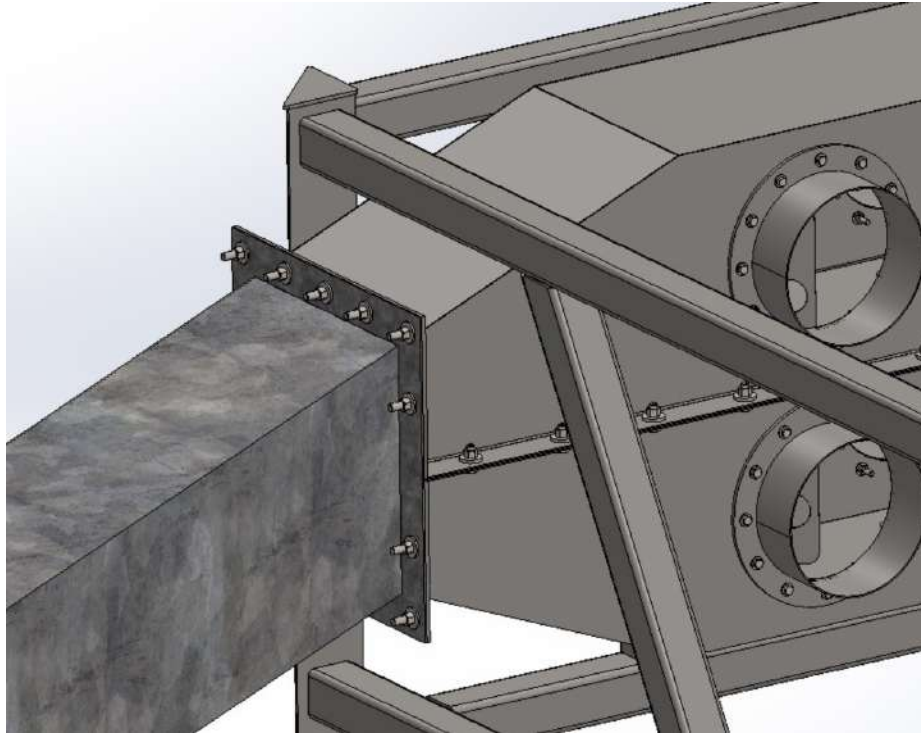


Figura 5-28: Vinculación entre ducto y colectores.

7. Conducto de aire – ventilador

Para la selección del ventilador se utilizó la velocidad de entrada al ducto obtenida en el punto anterior, correspondiente a 70 m/s. A partir de este valor es posible determinar el caudal requerido para el correcto funcionamiento del sistema de soplado.

Considerando que el área de ingreso al ducto es:

$$A_i = 0.787 \text{ m} \times 0.392 \text{ m} = 0.308 \text{ m}^2$$

El caudal puede calcularse como:

$$Q = A_i \times Vel$$

$$Q = 0.308 \text{ m}^2 \times 70 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}$$

$$Q = 77743 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Según los cálculos realizados, el caudal de servicio requerido es de 77743 m³/h. Para el correcto funcionamiento del sistema de soplado, se adoptó un factor de servicio de 1,3 sobre dicho valor. Este criterio permite evitar que el ventilador opere de manera permanente en condiciones de máxima exigencia, reduciendo así el riesgo de desgaste prematuro y aumentando la vida útil del equipo.

Adicionalmente, este margen de funcionamiento posibilita incrementar el caudal de soplado en caso de ser necesario durante el proceso de templado, el cual, como se mencionó anteriormente, puede verse afectado por variaciones en las condiciones ambientales.

Se seleccionó un soplador de la marca SODECA, modelo CMRS-1250-6T-100 IE3, cuyo caudal máximo alcanza los 121200 m³/h, valor suficiente para cubrir el caudal de servicio previamente calculado junto con el margen asociado al factor de servicio adoptado **Figura 5-29**.



Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máx admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel Presión Sonora dB(A)	Peso aprox (Kg)	According ErP
		230 V	400 V	690 V					
CMRS-630-4T-10 IE3	1465		13,90	8,06	7,5	24600	75	227	2015
CMRS-630-6T-2 IE3	950	6,43	3,70		1,5	12200	66	171	2015
CMRS-630-6T-3 IE3	950	9,08	5,22		2,2	15350	68	181	2015
CMRS-710-4T-15 IE3	1470		20,90	12,10	11	27550	78	352	2015
CMRS-710-4T-20 IE3	1465		27,90	16,20	15	34900	78	377	2015
CMRS-710-6T-4 IE3	970	12,00	6,91		3	17200	70	276	2015
CMRS-710-6T-5,5 IE3	960	15,60	8,99		4	21700	71	285	2015
CMRS-800-4T-25 IE3	1470		35,10	20,30	18,5	38250	81	480	2015
CMRS-800-4T-30 IE3	1470		41,00	23,80	22	48250	83	503	2015
CMRS-800-6T-7,5 IE3	970		11,20	6,49	5,5	24400	74	359	2015
CMRS-800-6T-10 IE3	975		14,80	8,58	7,5	30900	74	412	2015
CMRS-900-4T-50 IE3	1480		66,80	38,70	37	54300	85	810	2015
CMRS-900-4T-60 IE3	1475		80,90	46,90	45	69550	85	849	2015
CMRS-900-6T-15 IE3	975		21,90	12,70	11	34650	76	521	2015
CMRS-900-6T-20 IE3	975		28,20	16,30	15	42600	76	583	2015
CMRS-1000-4T-75 IE3	1480		98,60	57,20	55	76650	87	1082	2015
CMRS-1000-4T-100 IE3	1485		134,00	77,70	75	96150	88	1319	2015
CMRS-1000-6T-25 IE3	980		35,90	20,80	18,5	48750	77	783	2015
CMRS-1000-6T-30 IE3	980		42,40	24,60	22	61800	78	810	2015
CMRS-1120-6T-40 IE3	985		55,40	32,10	30	71900	80	1081	2015
CMRS-1120-6T-50 IE3	985		67,20	39,00	37	85950	80	1261	2015
CMRS-1250-6T-75 IE3	985		103,00	59,70	55	98300	83	1618	2015
CMRS-1250-6T-100 IE3	990		139,00	80,60	75	121200	84	1947	2015
CMRS-1400-6T-125 IE3	990		165,00	95,70	90	142150	87	2328	2015
CMRS-1400-6T-150 IE3	990		201,00	117,00	110	173400	88	2476	2015

Figura 5-29: Soplador seleccionado

El equipo seleccionado presenta dimensiones generales similares a las del soplador actualmente instalado, por lo que se prevé su ubicación dentro de la sala de servicio existente. Esto permite aprovechar tanto la estructura de soporte ya disponible como la toma de aire exterior, reduciendo la necesidad de modificaciones adicionales sobre la instalación existente que, debido a la falta de acceso a la sala de servicio y a la inexistencia de planos actualizados de dicha instalación, no se presentarán los planos correspondientes.

El factor de servicio adoptado también permite contemplar la caída de presión asociada a la vinculación entre el soplador y el conducto de ventilación, la cual no fue calculada específicamente debido a que se considera despreciable en comparación con las pérdidas de carga presentes en el resto del circuito.

5.4. Diseño propuesto

El diseño final consiste en un ensamble de los componentes desarrollados anteriormente, integrados mediante una estructura reticulada de caños encargada de soportar la totalidad del sistema.

Si bien podrían realizarse adaptaciones para aprovechar parte de la estructura actualmente instalada en el horno, se optó por modelar un soporte completamente nuevo debido a la falta de los planos originales del Horno Vertical. Esta decisión permitió desarrollar una estructura independiente, compatible con los requerimientos geométricos y funcionales del sistema propuesto **Figura 5-30**.

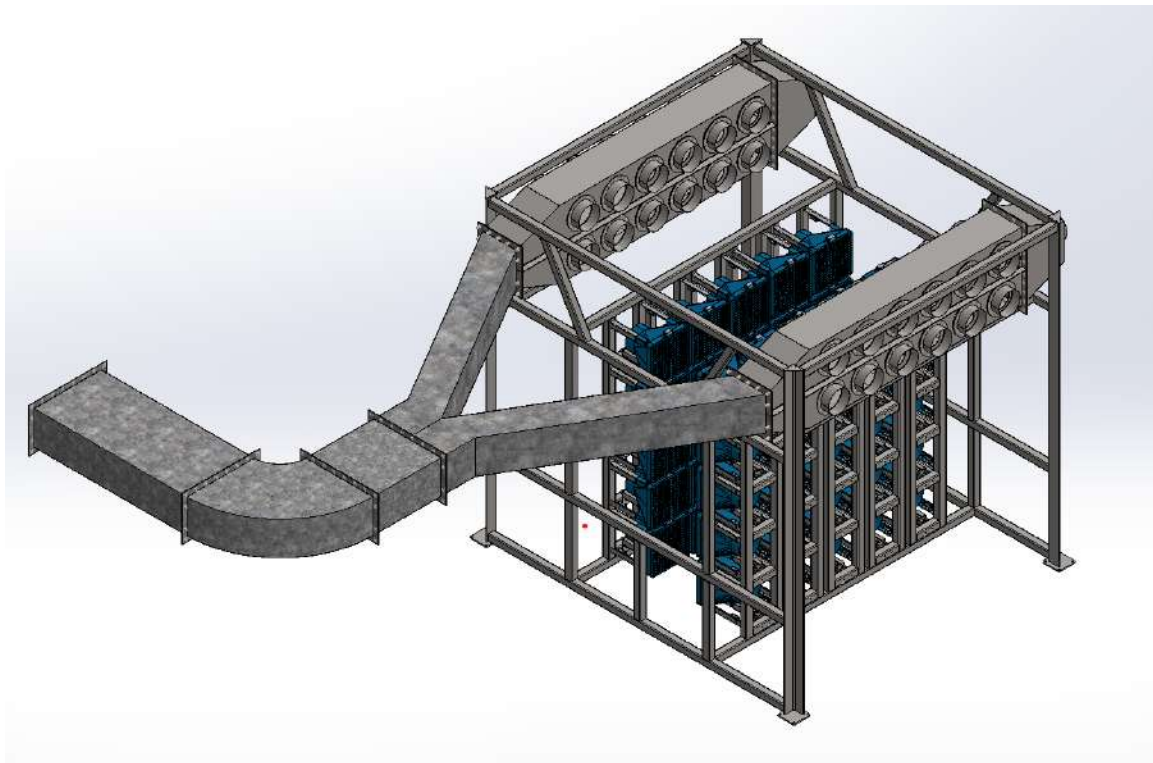


Figura 5-30: Diseño final.

El diseño integral del sistema contempla además una estructura capaz de soportar el peso de la totalidad de los componentes, permitiendo al mismo tiempo un acceso adecuado para tareas de reparación, mantenimiento y vinculación de conexiones neumáticas y eléctricas. Asimismo, se consideró el espacio necesario para el tendido y funcionamiento de las mangueras de aire, cuyas dimensiones generan una ocupación espacial considerable dentro del sistema. Debido a esto, el diseño contempló recorridos y zonas de vinculación que permitan evitar interferencias entre componentes móviles y garantizar condiciones adecuadas de funcionamiento.

El conjunto incorpora también el sistema de automatización previamente desarrollado, compuesto por sensores ópticos y actuadores neumáticos encargados del posicionamiento de los módulos. Cada módulo cuenta además con un soporte individual que, además de cumplir una función estructural, actúa como riel de guiado para su desplazamiento horizontal dentro del sistema.

En paralelo, se respetaron las dimensiones generales y restricciones geométricas del Horno Vertical existente, permitiendo la integración del diseño sin modificaciones significativas sobre la estructura principal del equipo.

El material seleccionado para la fabricación de la estructura corresponde a caño estructural de acero al carbono IRAM F24. Sus dimensiones generales y configuración pueden observarse en el plano **ESTR_SCON03**.

Con el objetivo de validar el comportamiento estructural del conjunto, se realizaron simulaciones considerando tanto el peso propio de la estructura como las cargas adicionales generadas por los restantes componentes del sistema. Los resultados obtenidos se presentan en la **Figura 5-31**.

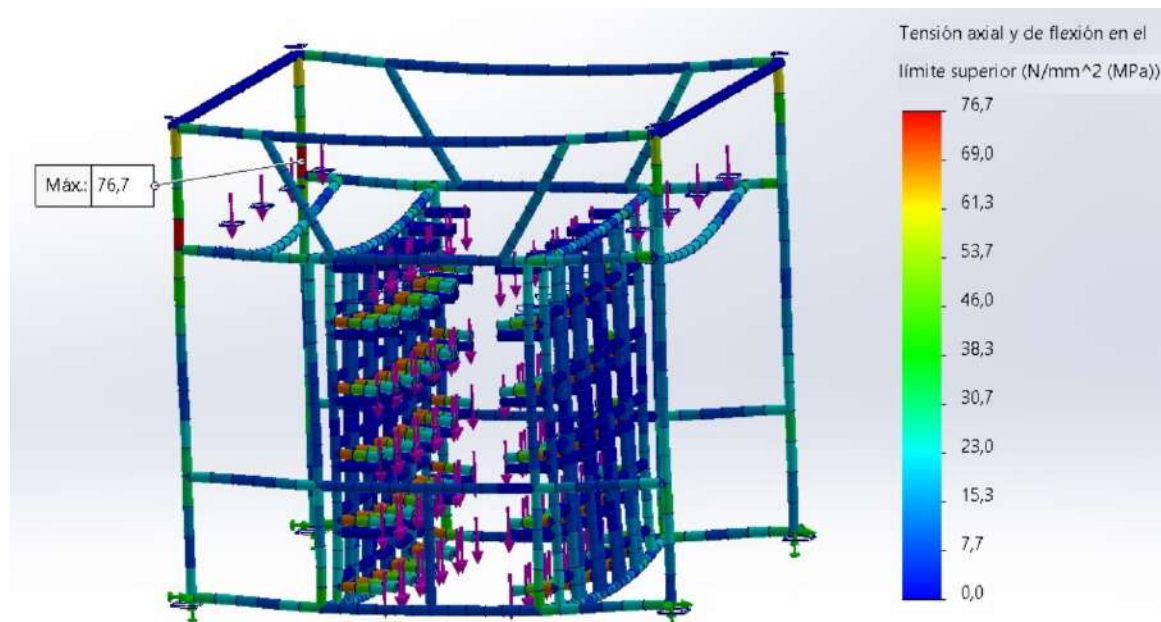


Figura 5-31: simulación de tensiones en estructura.

Considerando que el acero seleccionado presenta una tensión de fluencia del orden de 240 MPa y una tensión máxima de 76,7 Mpa, puede afirmarse que la estructura es capaz de soportar adecuadamente las cargas previstas, obteniéndose un factor de seguridad ligeramente superior a 3.

Un factor importante considerado en el diseño del soporte de los módulos fue la distancia entre ellos, ya que esta se encuentra directamente condicionada por la separación necesaria entre sus respectivos soportes. Si bien se buscó minimizar dicha distancia para reducir la separación entre picos de salida de aire y evitar la generación de zonas con un templado deficiente, también fue necesario contemplar la disposición del sensor óptico **Figura 5-32**, cuyas dimensiones y ubicación introducen restricciones sobre el espaciamiento mínimo posible entre módulos.

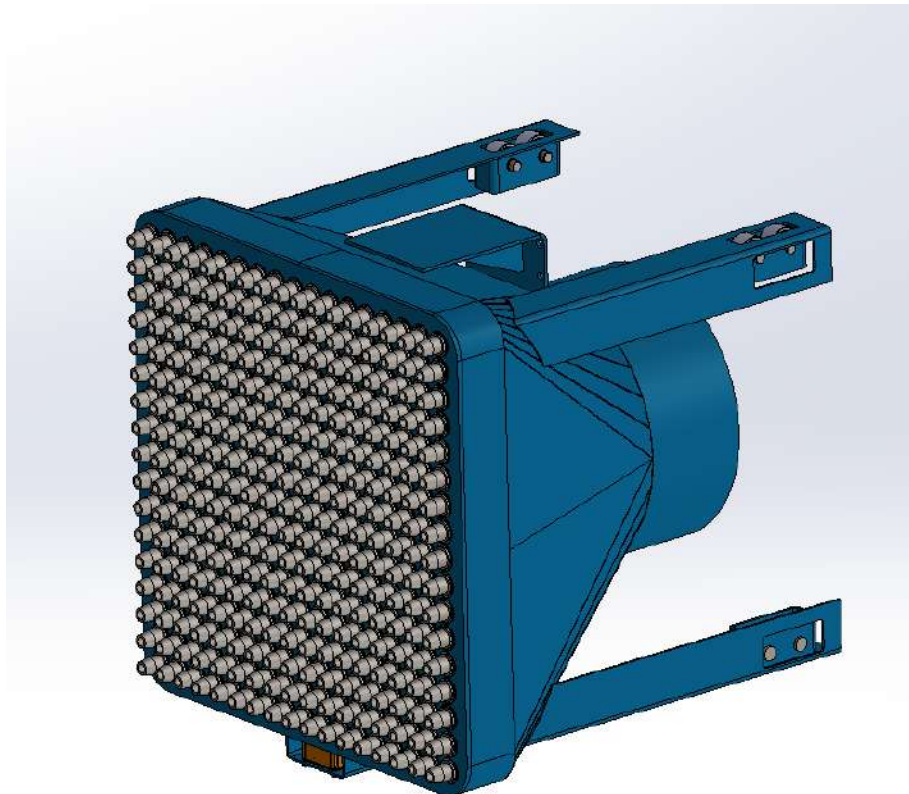


Figura 5-32: Módulo con sensor.

A partir de estas restricciones, se definió una separación vertical y horizontal entre módulos de 30 mm **Figura 5-33**. Si bien dicho valor hace que se supere el espaciamiento ideal entre orificios de salida de aire planteado inicialmente, la diferencia no resulta significativa y permite mejorar la circulación del flujo alrededor del vidrio. En particular, el espaciamiento entre módulos favorece la evacuación del aire que, luego de impactar contra la superficie del vidrio, aumenta su temperatura. De esta manera, se facilita el ingreso de aire más frío hacia la zona de intercambio térmico, condición necesaria para mantener un enfriamiento efectivo y completar correctamente el proceso de templado.

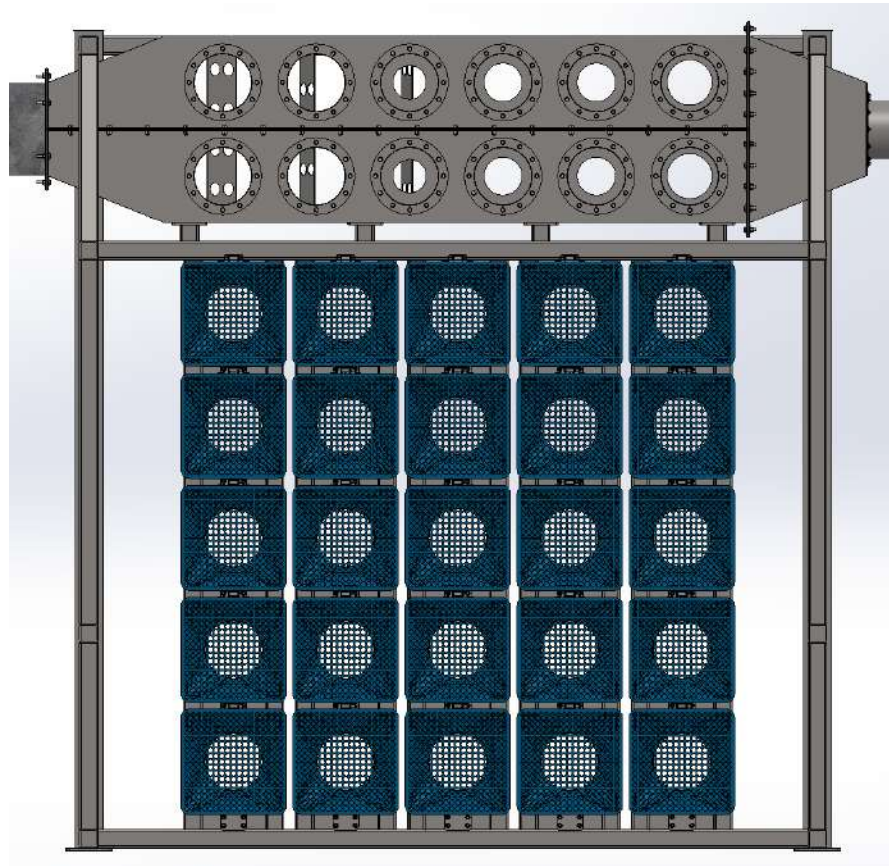


Figura 5-33: Disposición de módulos de soplado.

Por otro lado, para la sujeción del actuador neumático encargado del movimiento del módulo, se incorporó un soporte inferior en forma de L, fabricado a partir de chapa plegada de espesor 6,4 mm, vinculado mediante uniones abulonadas tanto al actuador como al módulo **Figura 5-34**.

Este elemento no solo soporta los esfuerzos horizontales asociados al desplazamiento del módulo, sino también las cargas verticales generadas por el peso del conjunto.

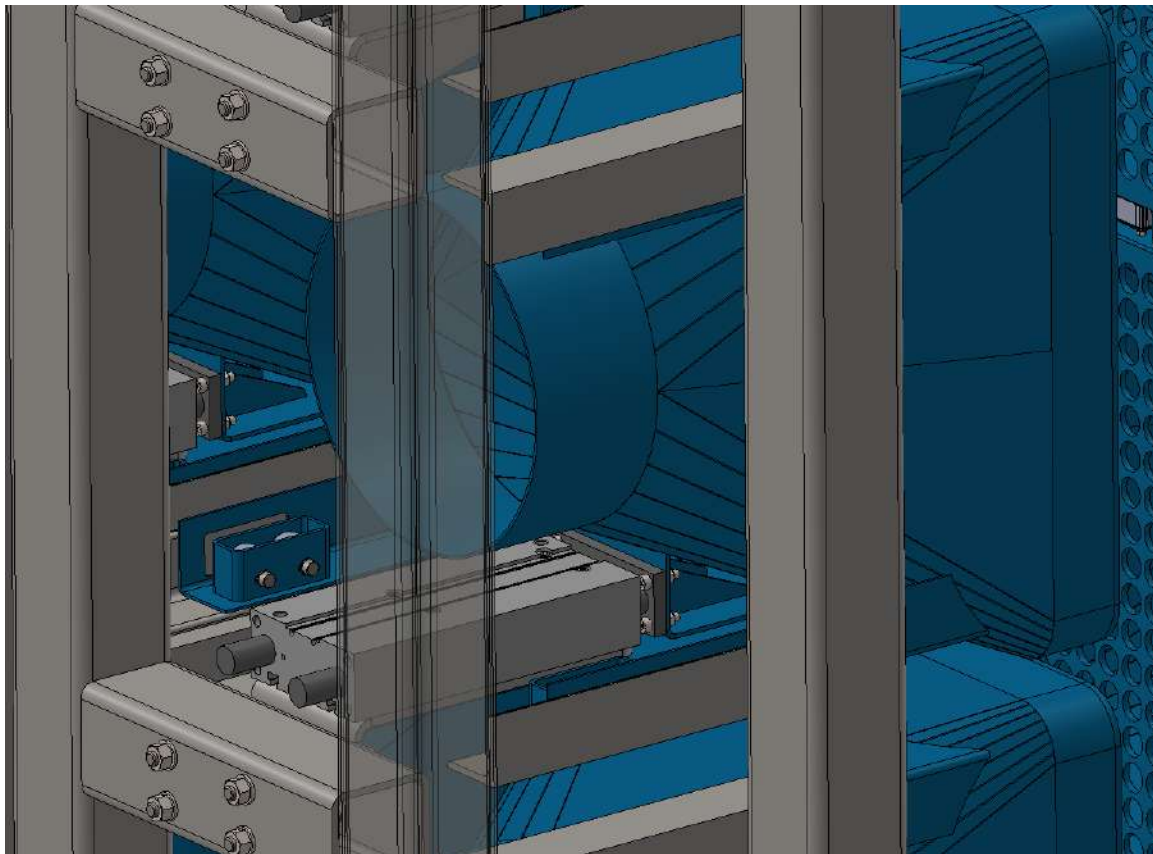


Figura 5-34: Sujeción del sensor.

Finalmente, la estructura también debe alojar los colectores de aire y soportar las cargas asociadas a los mismos. Esta condición fue contemplada dentro de la simulación estructural inicial, obteniéndose resultados favorables, por lo que puede considerarse que el diseño final cumple con los requerimientos estructurales planteados.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Tomando como objetivo central la reducción del tiempo de puesta a punto, puede considerarse que, en líneas generales, el proyecto presentado cumple con lo esperado. La principal limitación del sistema actual de soplado del horno vertical se encuentra en el proceso de ajuste, el cual depende en gran medida de intervenciones manuales y presenta dificultades en términos de repetibilidad.

En este sentido, la solución propuesta permite diferenciar claramente dos etapas: la calibración y la puesta a punto. La calibración consiste en un ajuste inicial del sistema, en el cual se determinan y registran las posiciones óptimas de los módulos para un determinado modelo de vidrio. Esta etapa se realiza una única vez por producto y puede implicar varias horas de trabajo, pero permite almacenar la información necesaria para su reutilización.

Por otro lado, la puesta a punto durante la producción se reduce significativamente, ya que consiste principalmente en la selección del modelo previamente calibrado en el sistema. En caso de ser necesario, pueden realizarse ajustes menores en variables como la distancia de soplado o la velocidad del aire. Esto se debe a que, aun tratándose del mismo modelo, el comportamiento del vidrio puede verse afectado por condiciones externas, como variaciones de temperatura ambiente.

De esta manera, el sistema propuesto permite transformar un proceso repetitivo y dependiente del operario en una operación más rápida, controlada y reproducible, logrando una reducción sustancial en los tiempos de preparación del equipo.

En relación con el aumento del volumen de producción, la mejora propuesta se fundamenta principalmente en la eliminación del tiempo destinado a la puesta a punto. En el sistema actual, cada cambio de modelo implica la sustitución de módulos de soplado y su posterior alineación, lo que representa, en términos prácticos, una jornada

completa sin producción efectiva. Al eliminar esta instancia mediante la automatización del sistema, se incrementa de manera directa el tiempo disponible de máquina para producir.

Adicionalmente, la solución propuesta permite trabajar con distintos modelos dentro de una misma jornada, sin necesidad de detener el proceso para realizar ajustes mecánicos. Esto introduce un cambio significativo en la flexibilidad operativa del horno. A modo de ejemplo, la fabricación de los distintos vidrios correspondientes a una cabina de tractor (ventana izquierda, ventana derecha y parabrisas), aun considerando la producción de una única unidad de cada uno, puede demandar en el esquema actual hasta seis días de trabajo, ya que cada modelo requiere una jornada de puesta a punto y una de producción. Con el sistema propuesto, este conjunto podría fabricarse dentro de una misma jornada, e incluso en tiempos considerablemente menores bajo condiciones favorables.

Si bien no se establece un cálculo exacto del incremento en la producción, resulta evidente que la mayor disponibilidad de tiempo de máquina y la posibilidad de alternar modelos sin interrupciones generan un aumento significativo en la capacidad productiva del sistema.

Finalmente, en relación con el diseño del sistema de sopladores, la implementación de módulos de menores dimensiones y peso resulta clave para viabilizar la solución propuesta. La reducción de tamaño permite una mayor cantidad de módulos distribuidos a lo largo del sistema, facilitando su automatización y el control individual de cada zona de soplado. Asimismo, esta configuración mejora la capacidad del sistema para adaptarse a geometrías complejas, particularmente en vidrios de doble curvatura o curvatura no constante, donde la posibilidad de “copiar” la forma del vidrio mediante ajustes locales representa una ventaja significativa frente al diseño actual. De esta manera, el nuevo esquema no solo contribuye a la reducción de tiempos de puesta a punto, sino que también amplía la flexibilidad y el alcance del proceso productivo.

Recomendaciones

Una posible línea de mejora consiste en la reducción adicional del tamaño de los módulos de soplado. Esta modificación permitiría aumentar la capacidad del sistema para adaptarse a geometrías de mayor complejidad logrando abarcar un porcentaje aún mayor de la producción.

Sin embargo, esta alternativa implica un incremento significativo en los costos, principalmente por la necesidad de incorporar un mayor número de actuadores neumáticos, sensores y elementos de control. A esto se suma la complejidad asociada a la fabricación de módulos de menor tamaño, donde las operaciones de plegado y conformado resultan más precisas y costosas.

Por otro lado, debe considerarse que, tal como se mencionó previamente, el mayor porcentaje de la producción corresponde a vidrios destinados al sector agrícola, los cuales presentan en general curvaturas de baja flecha. En este contexto, una reducción extrema del tamaño de los módulos no necesariamente se traduce en un beneficio proporcional en términos productivos.

Bibliografía

[1] NASA. Impingement heat transfer from turbulent air jets to flat plates (May 1973).
P.32.  Impingement heat transfer from turbulent air jet to flat plates

[2] CÁMARA DEL VIDRIO PLANO Y SUS MANUFACTURAS. Manual del vidrio plano.
Cuarta edición.

[3] AGUSTÍN MARTÍN DOMINGO. Apuntes de transmisión del calor.

[4] JONATHAN BARR. The Glass Tempering Handbook.

[5] CÁNOVAS. Ficha técnica Vidrio Templado.

[6] IRAM 12843. Vidrio plano para la construcción: vidrio templado (requisitos y métodos de ensayo).

[7] IRAM 12556. Vidrios planos de seguridad para la construcción (incluye vidrio templado como vidrio de seguridad).

[8] IRAM 12595. Práctica recomendada de seguridad para áreas vidriadas susceptibles de impacto humano (criterios de uso/seguridad).

[9] MICRO-EPSILON. More Precision optoNCDT 1220 / 1320 / 1420 // High precision laser sensors in miniature design. P.7.  More Precision optoNCDT.pdf

[10] SCM. Compact Guide Cylinder (Basic type). P.3.  Compact Guide Cylinder.pdf

[11] REHAU. Mangueras industriales y accesorios. P.14.
 Mangueras industriales y accesorios.pdf

[12] SHEREX FASTENING SOLUTIONS. Rivet nut insert catalog. P.33.
 Rivet Nut Insert Catalog.pdf

[13] RUSSEL J. HAND. 2021, Encyclopedia of Materials: Technical Ceramics and Glasses. Disponible en: [Chemical Tempering - an overview | ScienceDirect Topics](#)

[14] SKF. Rodamiento 62300-2RS1. Disponible en: [62300-2RS1 Rodamiento rígido de bolas con sellos o placas de protección](#)

[15] SODECA. Soplador CMRS-1250-6T-100 IE3. P.241. Disponible en  Ventiladores centrífugos y extractores en línea para conductos.pdf

[16] CÁNOVAS. Ficha técnica Vidrio templado. Disponible en:  Ficha técnica Vidrio templado.pdf

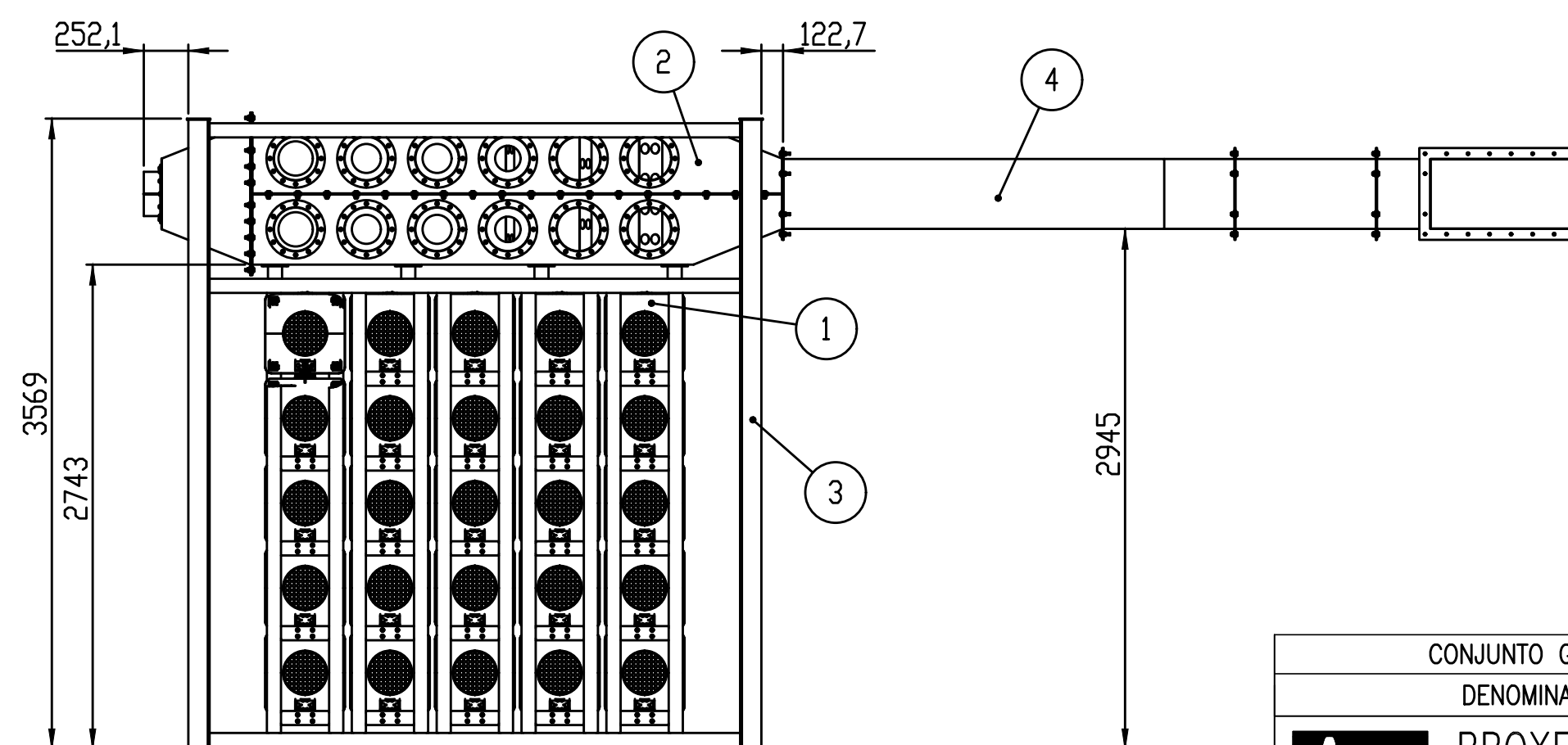
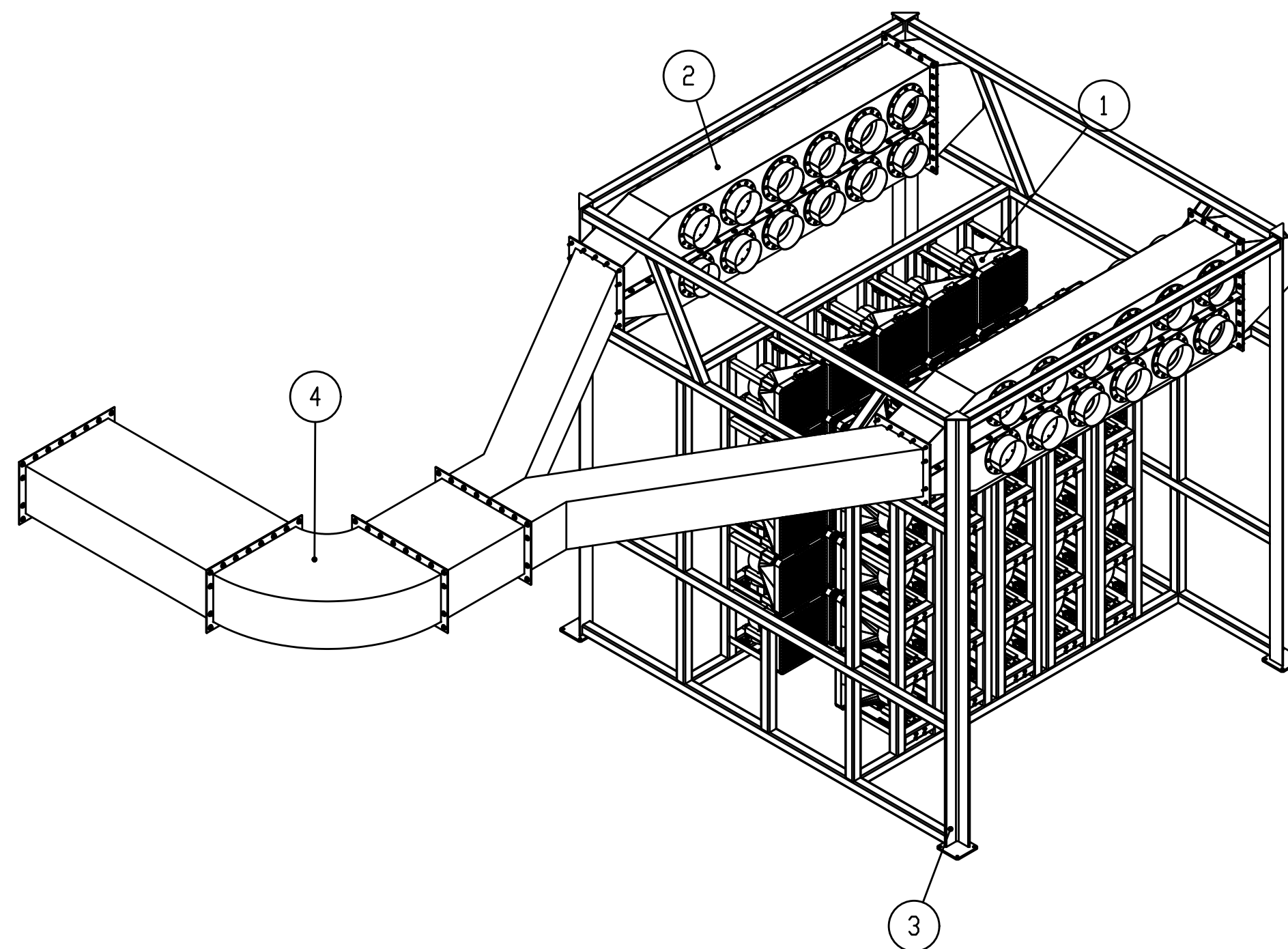
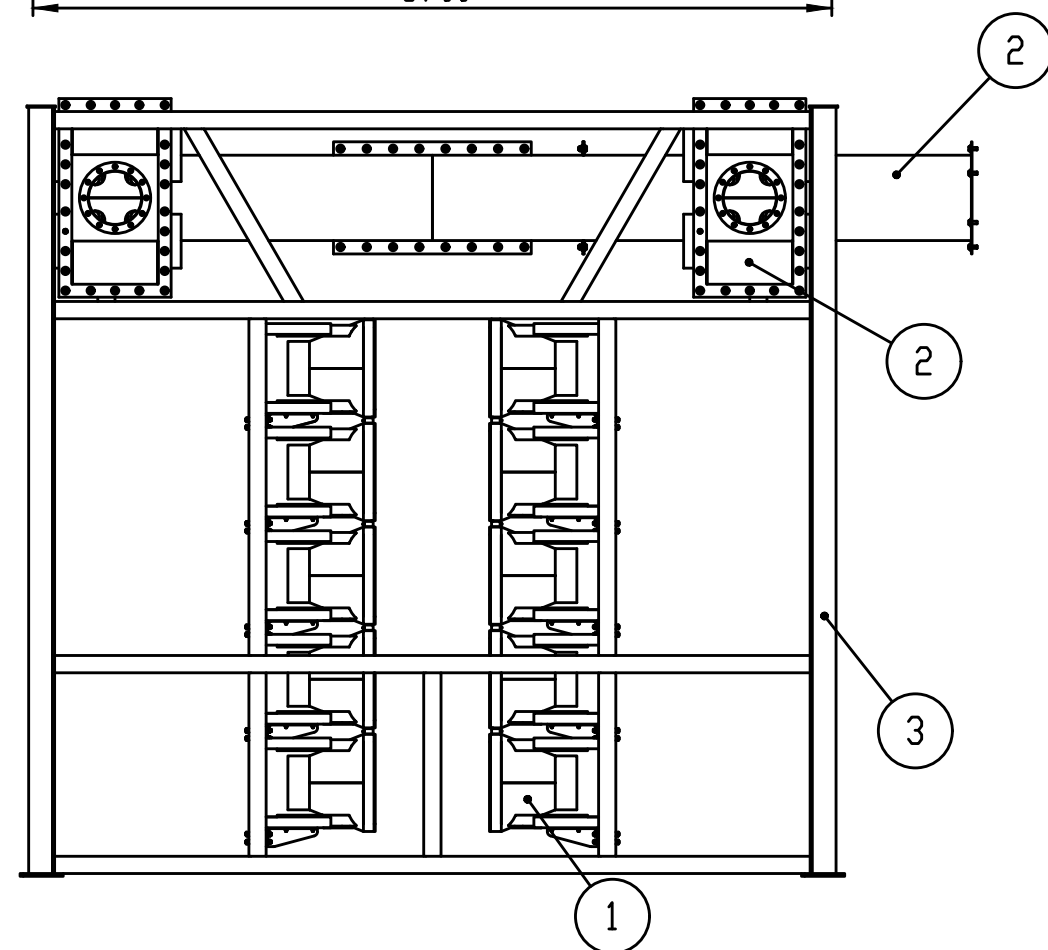
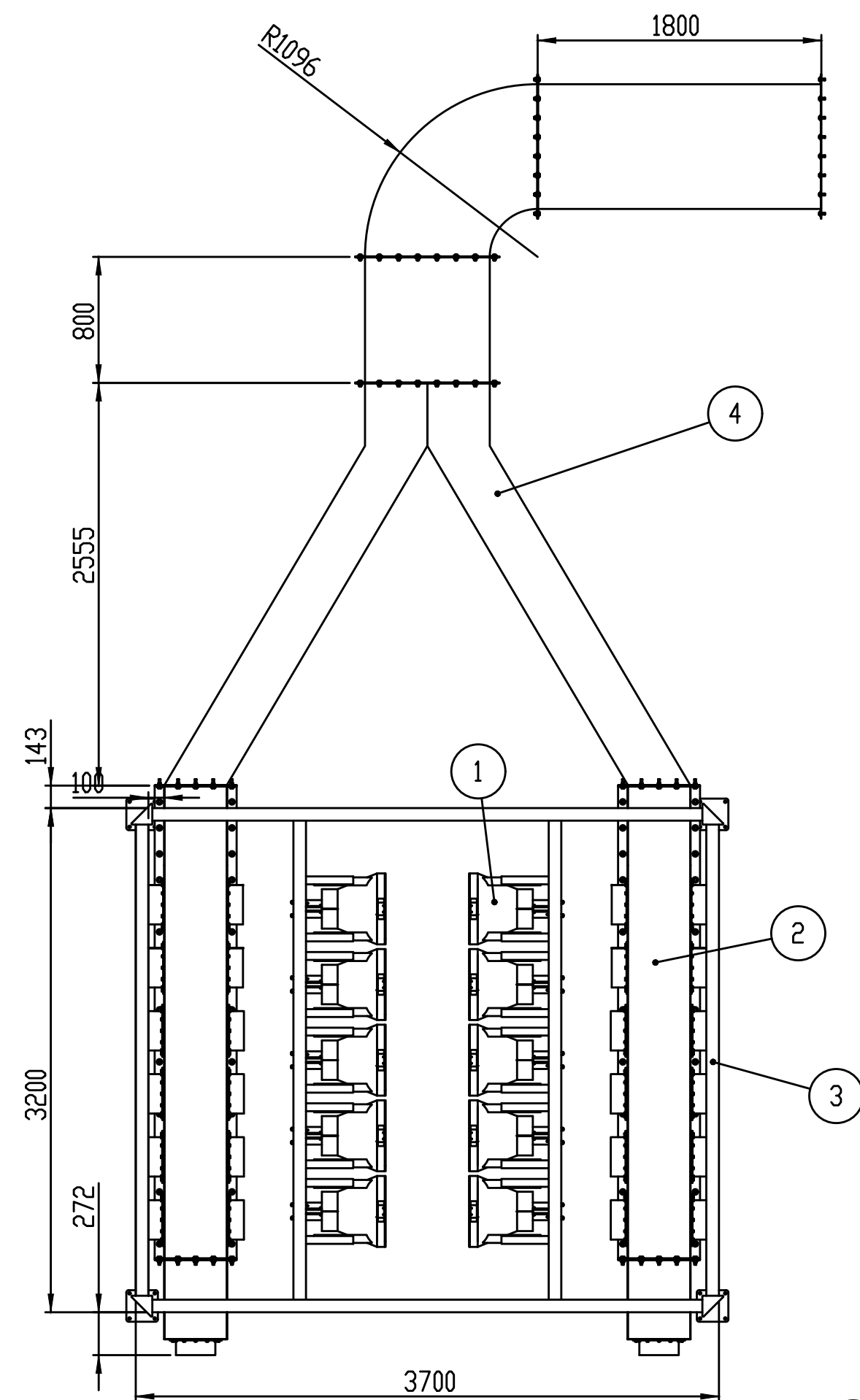
Anexo A: Planimetría

El presente anexo contiene la totalidad de los planos constructivos de los diferentes componentes analizados para este proyecto.

Se cuenta con un total de 4 subconjuntos, los cuales, a su vez, están formados por múltiples piezas. Estos son:

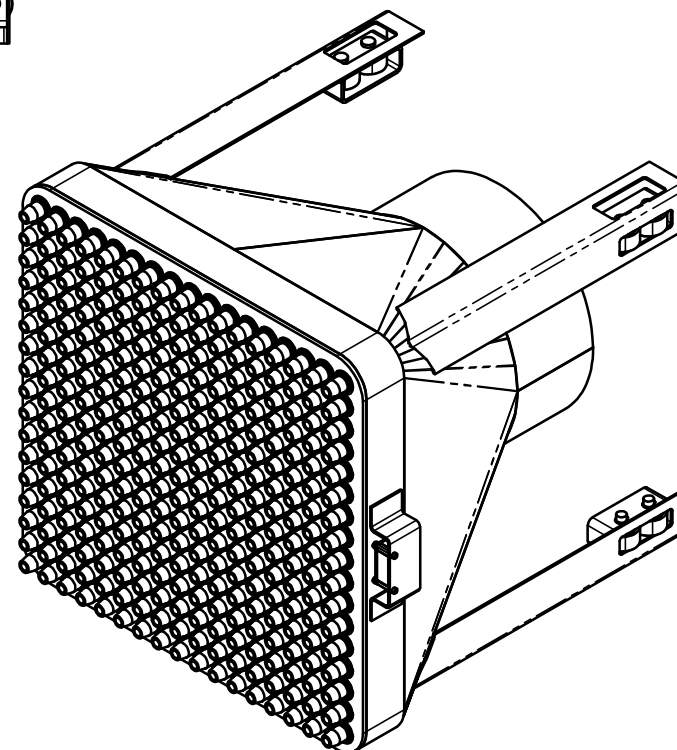
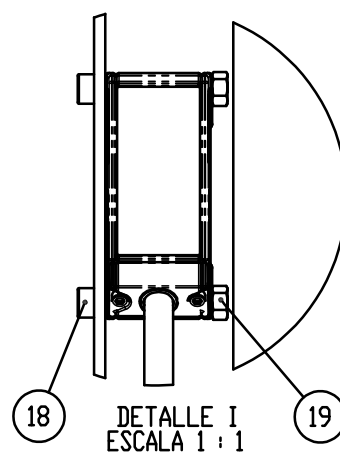
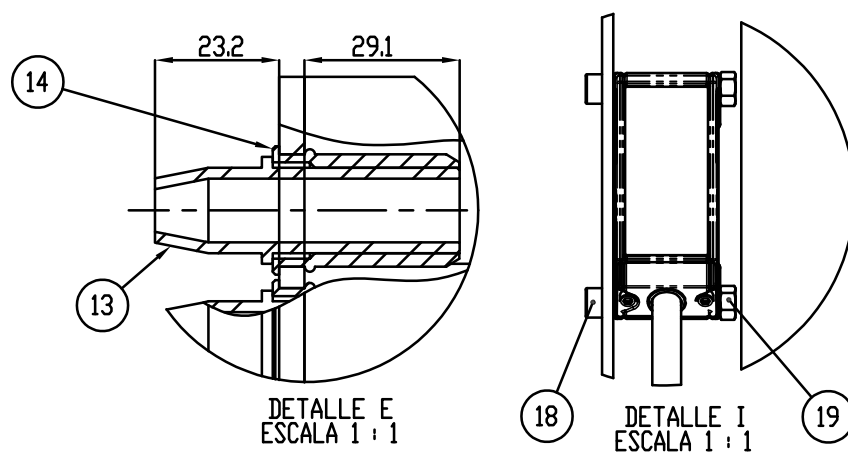
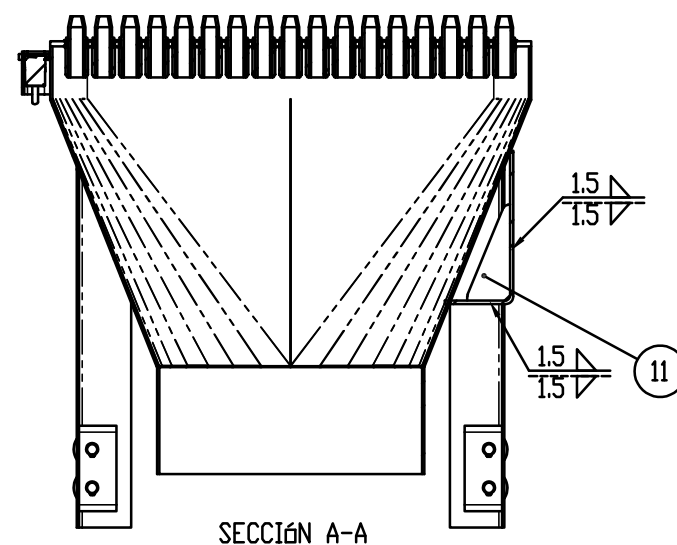
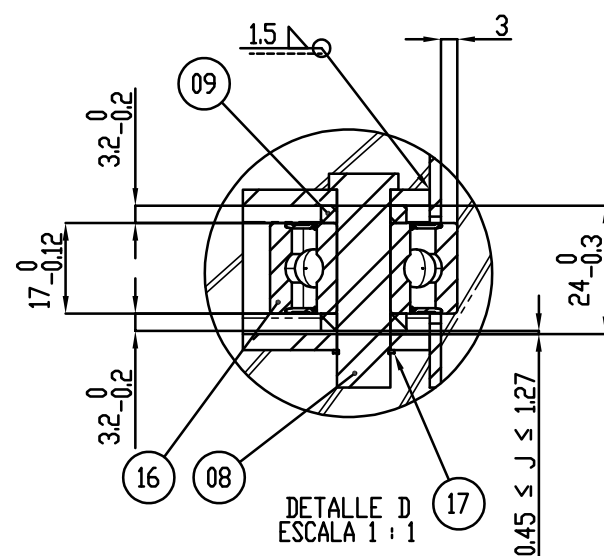
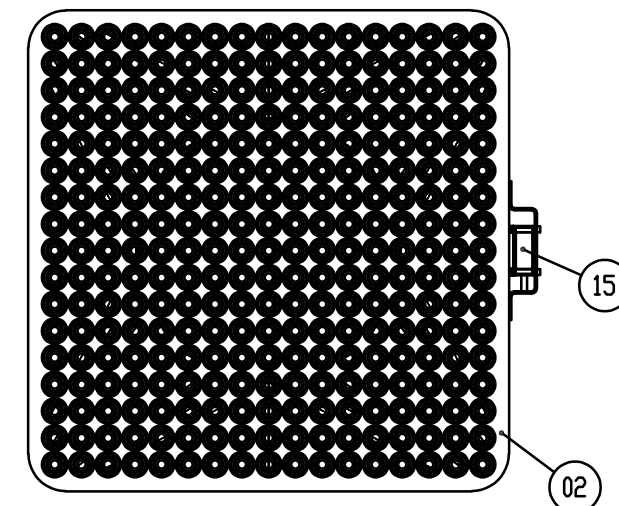
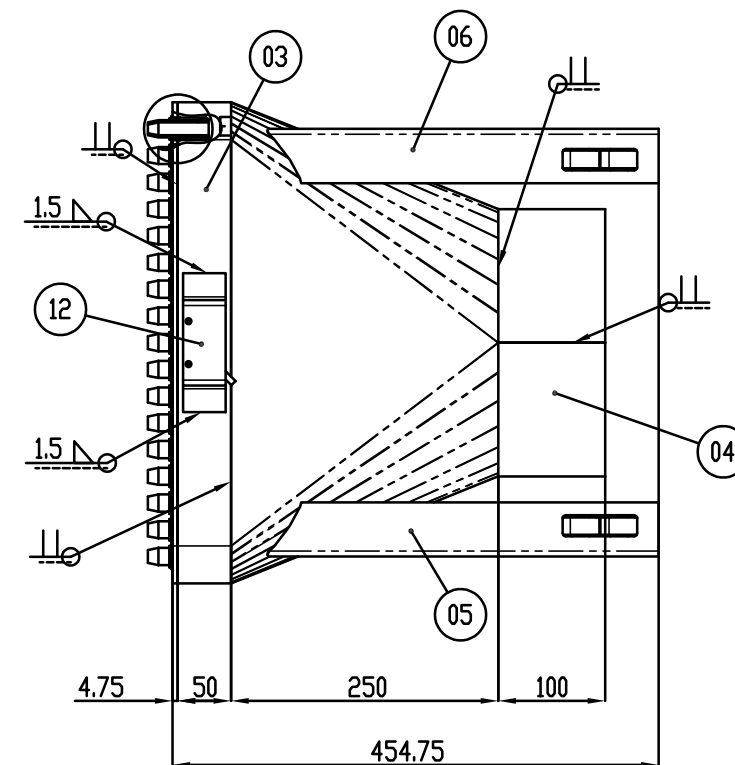
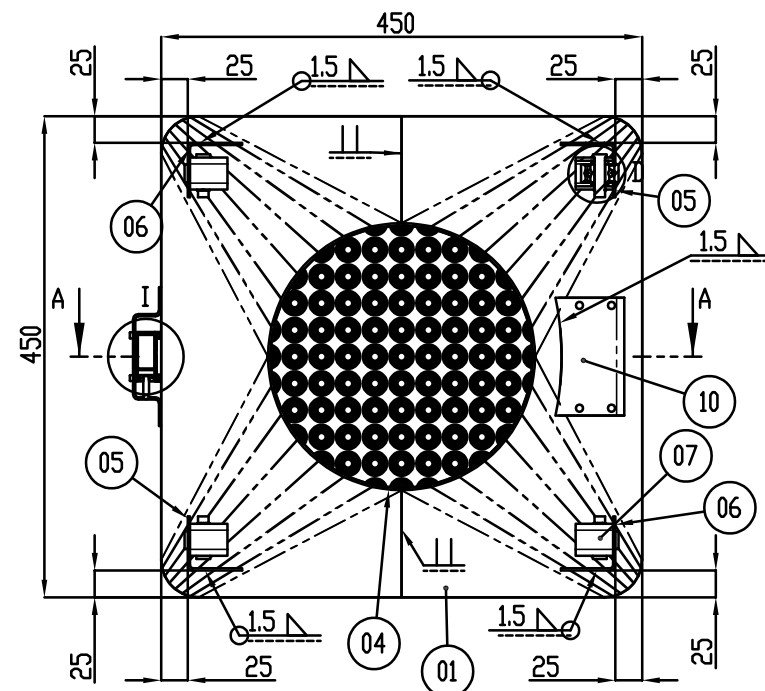
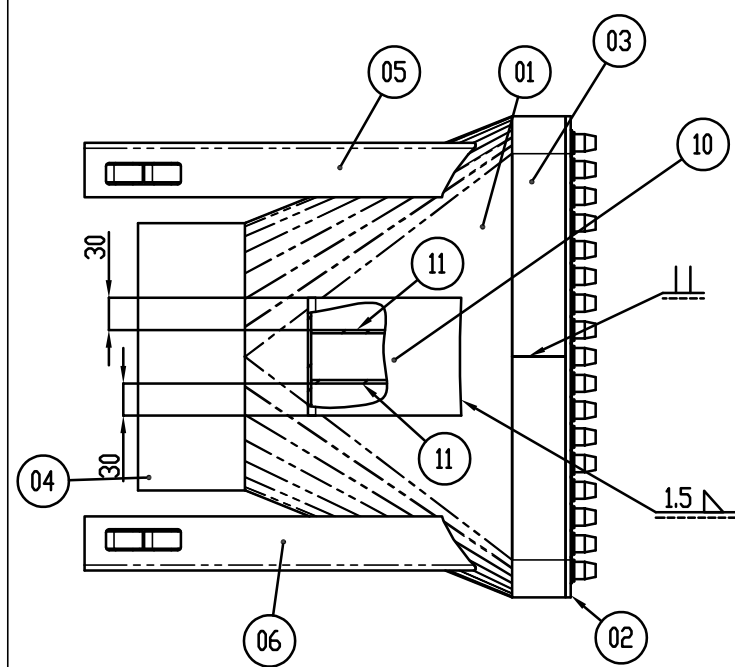
- Subconjunto 01: Módulo (Plano de subconjunto: **MOD_SCON01**)
- Subconjunto 02: Colector (Plano de subconjunto: **COL_SCON02**)
- Subconjunto 03: Estructura soporte (Plano de subconjunto: **ESTR_SCON03**)
- Subconjunto 04: Ducto principal (Plano de subconjunto: **DUCT_SCON04**)

El ensamble de todos los subconjuntos mencionados se encuentra en el plano **CONJUNTO GENERAL**.



SUBCONJUNTOS DE REFERENCIA		
ITEM	SUBCONJUNTO	CANTIDAD
1	MOD_SCON01	50
2	COL_SCON02	2
3	ESTR_SCON03	1
4	DUCT_SCON04	1

CONJUNTO GENERAL				—		—		—	
DENOMINACION				MATERIAL		CANT.		PESO (KG)	
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"					
DIBUJO		FECHA	NOMBRES		ESCALA		A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.		
APROBO		15/04/26	CATENA, DELFINO		1:35				

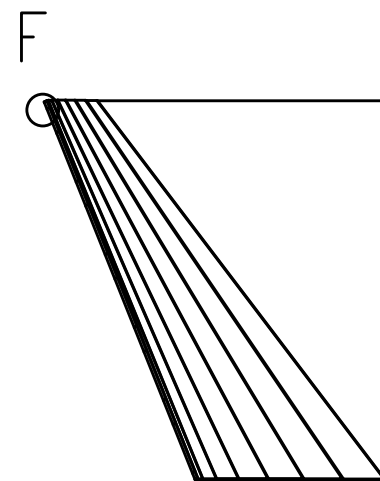
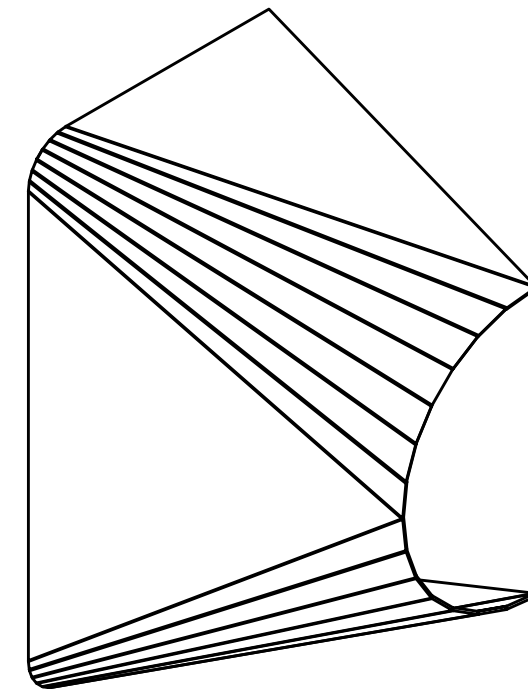
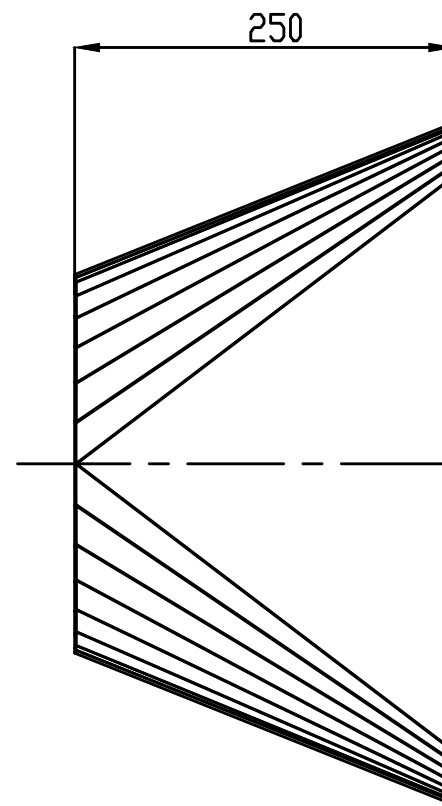
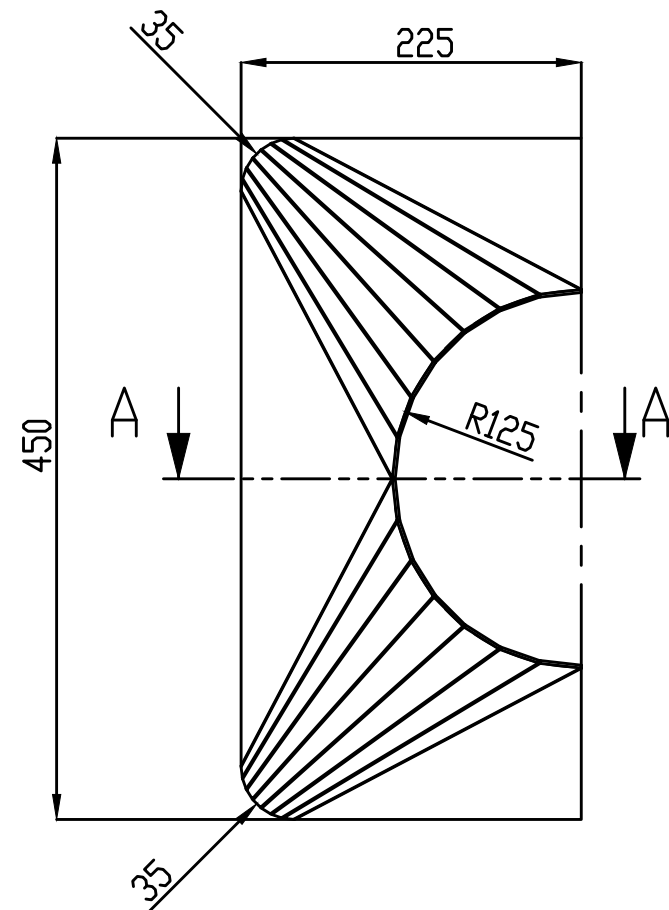


NOTAS:

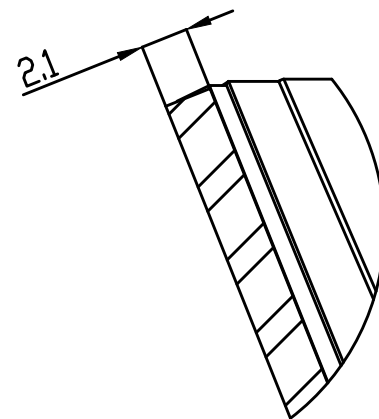
PINTAR EL CONJUNTO CON DOS MANOS DE ESMALTE SINTÉTICO
COLOR AZUL (RAL 5005)

LISTA DE MATERIALES			
ITEM	PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
01	MOD_P01	IRAM F24	2
02	MOD_P02	IRAM F24	2
03	MOD_P03	IRAM F24	1
04	MOD_P04	IRAM F24	1
05	MOD_P05	IRAM F24	2
06	MOD_P06	IRAM F24	2
07	MOD_P07	IRAM F24	4
08	MOD_P08	IRAM F24	8
09	MOD_P09	IRAM F24	16
10	MOD_P10	IRAM F24	1
11	MOD_P11	IRAM F24	2
12	MOD_P12	IRAM F24	1
13	MOD_P13	IRAM F24	289
14	REMACHE ROSCADO LRGR2-1620-5.0 M16x2	COMERCIAL	289
15	SENSOR OPTICO MICRO EPSILON OPTONCDT 1420	COMERCIAL	1
16	RODAMIENTO RIGIDO DE BOLAS SKF 62300 2RS1	COMERCIAL	8
17	ARO SEEGER EXTERIOR DIN 471 DN 10 MM	COMERCIAL	8
18	TORNILLO CABEZA ALLEN CILINDRICA M3 x 0.5 x 25	ACERO AL CARBONO	2
19	TUERCA HEXAGONAL M3 x 0.5	ACERO AL CARBONO	2

1	MOD_SCON01	-	50	29.3
N° SUBCONJUNTO	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO				



SECCIÓN A-A

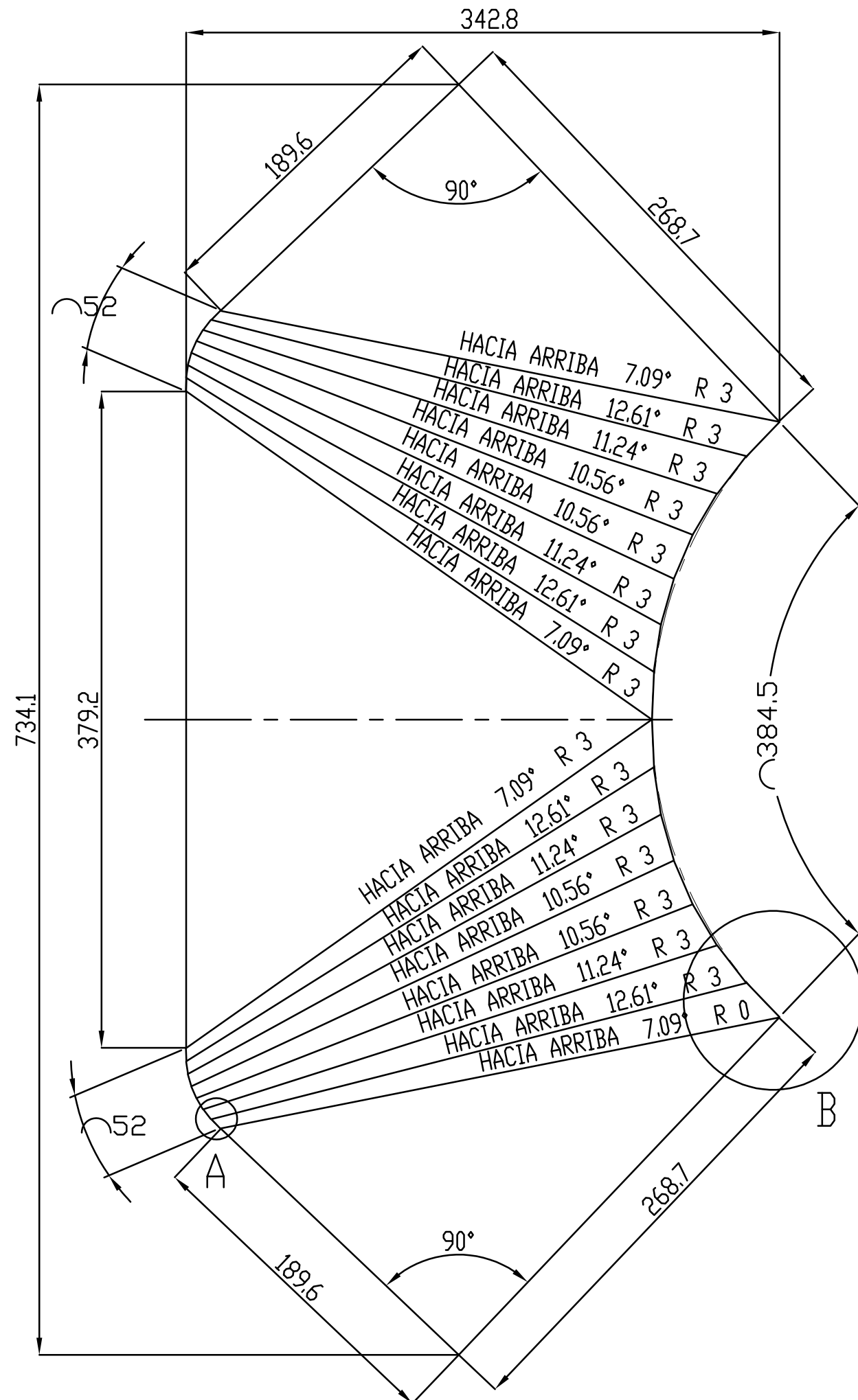


DETALLE F
ESCALA 3 : 1

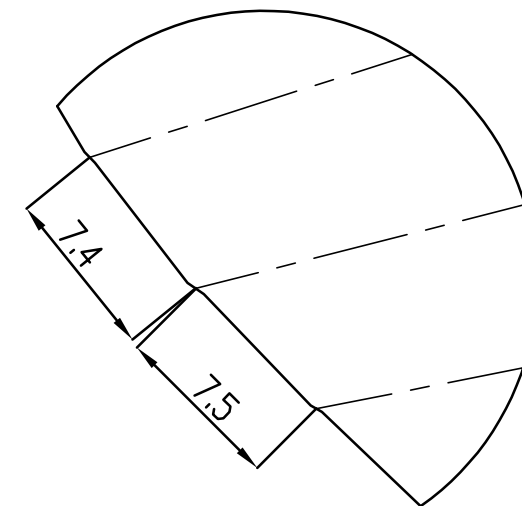
NOTAS:

- 1) CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE FACETADO. PARA VER DETALLES CONSTRUCTIVOS PARA EL FACETADO, CONSULTAR PLANO REFERENCIAL "MOD_P01-01".

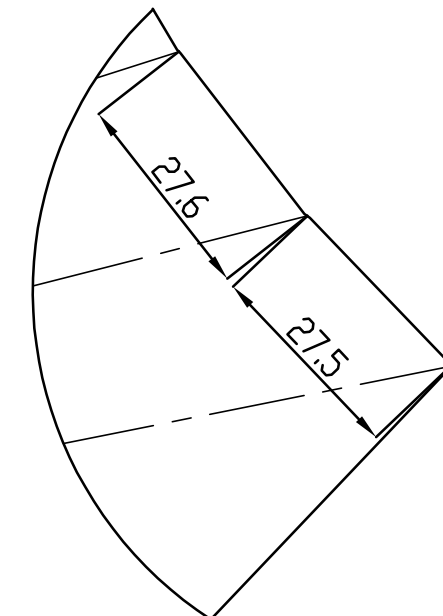
1	1	MOD_P01		ACERO IRAM F24	2	2.9
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
		FECHA	NOMBRES	ESCALA		
DIBUJO		15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO				A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.		



LONGITUDES DE CUERDA ENTRE EXTREMOS DE LÍNEAS DE PLEGADO



DETALLE A
ESCALA 3 : 1

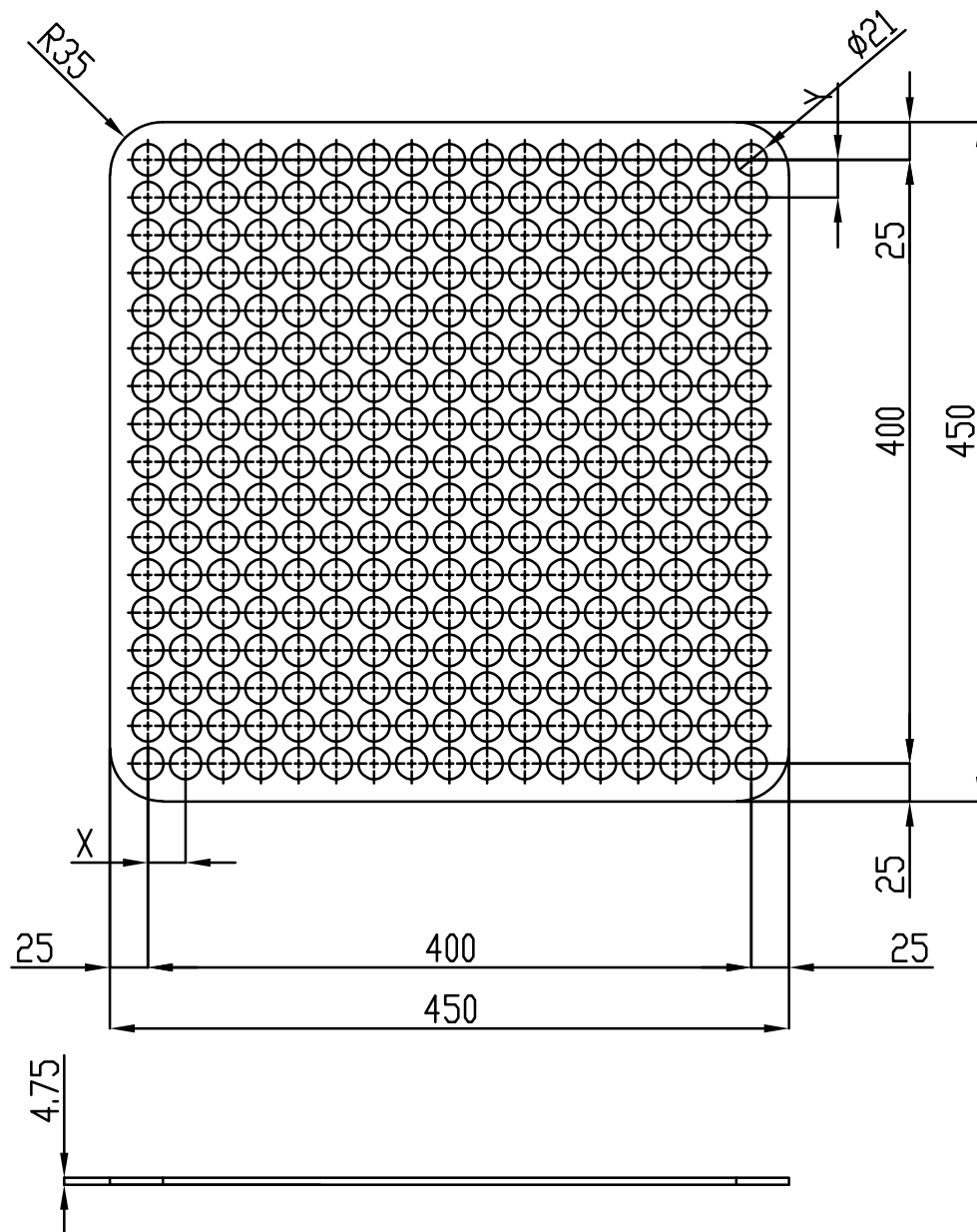


DETALLE B
ESCALA 1 : 1

NOTAS:

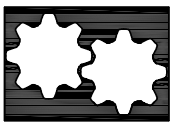
VER PLANO REFERENCIAL "MOD_P01"

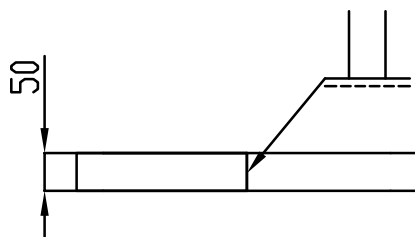
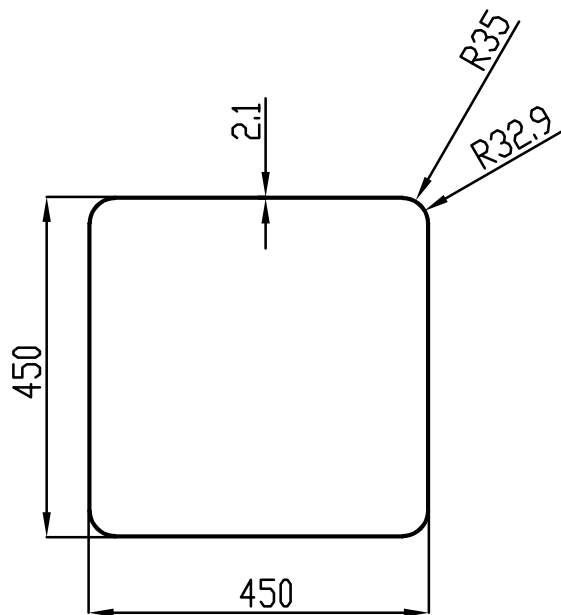
	1	MOD_P01-01	ACERO IRAM F24	1	2.9
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:3		
APROBO					



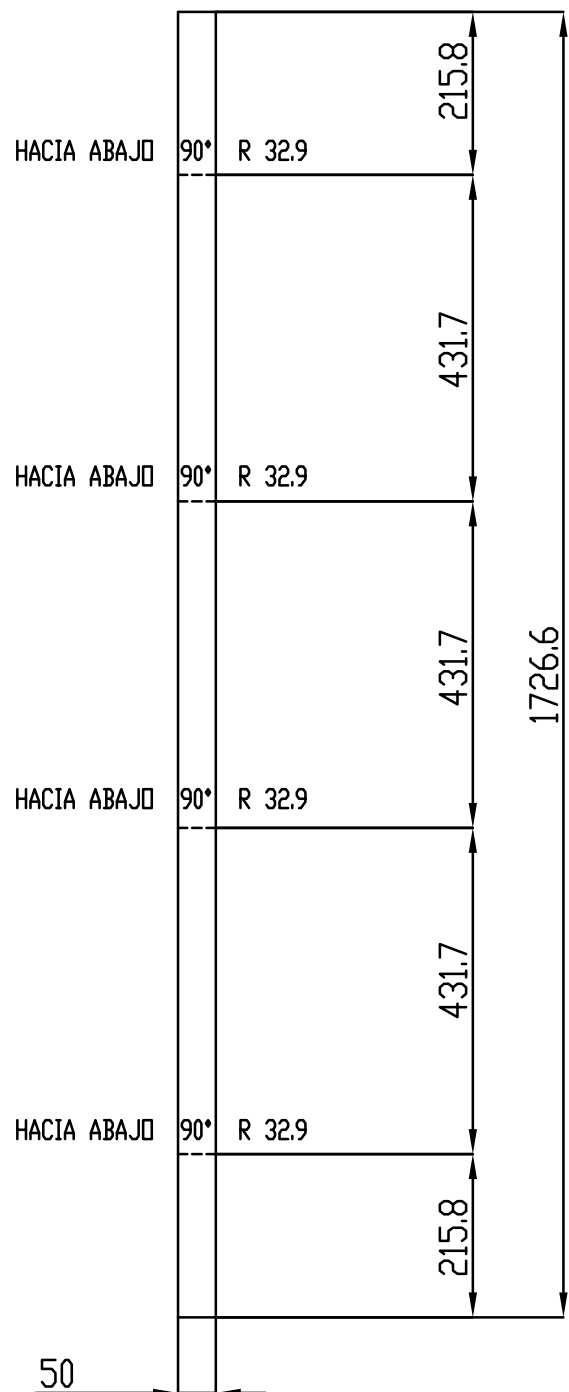
MALLA DE PERFORACIONES EQUIESPACIADAS

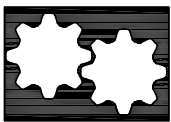
- ◊ DIÁMETRO= 21 MM
- ◊ N° DE FILAS= 17
- ◊ N° DE COLUMNAS= 17
- ◊ N° DE PERFORACIONES= 289
- ◊ SEPARACIÓN " X " =25 MM
- ◊ SEPARACIÓN " Y " = 25 MM

2	1	MOD_P02	ACERO IRAM F24	1	3.8
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

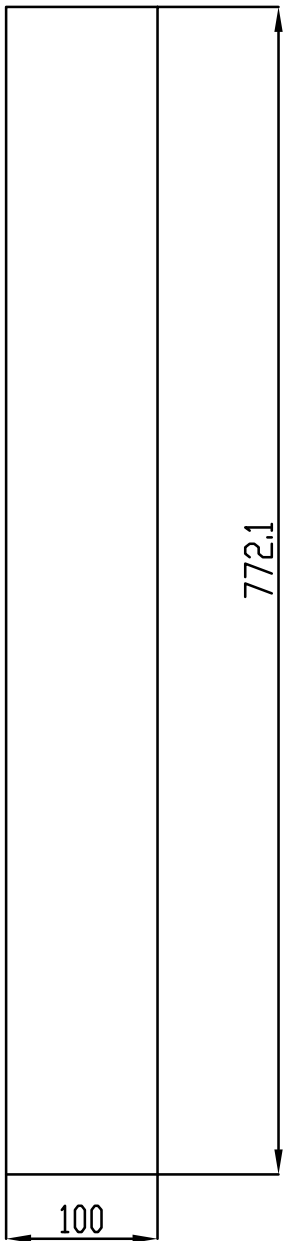
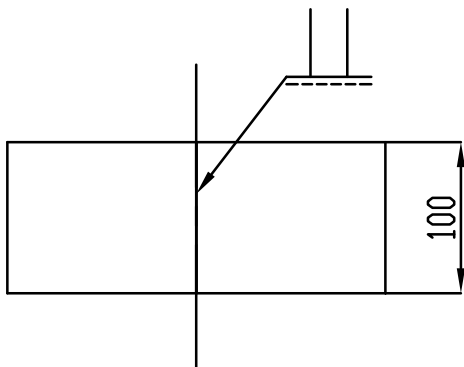
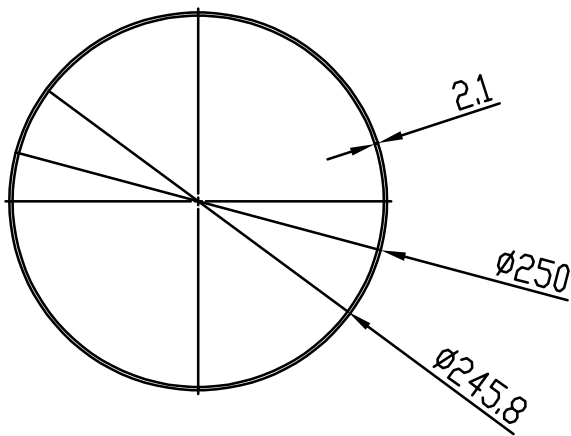


CHAPA DESPLEGADA



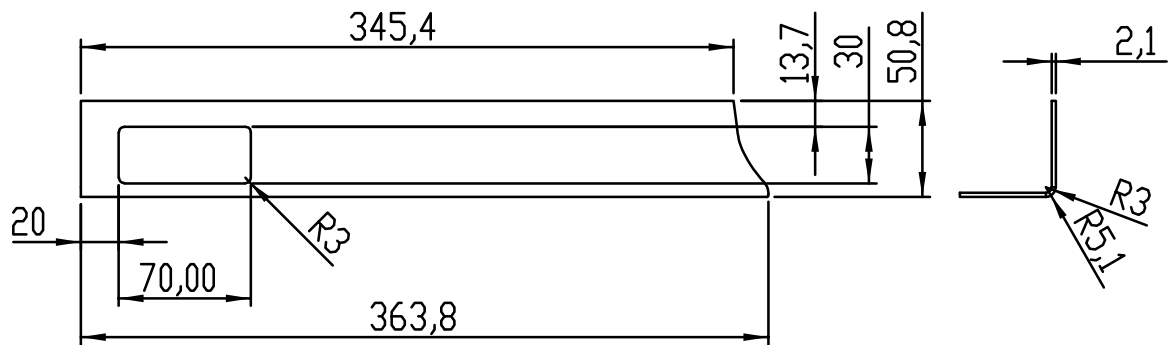
3	1	MOD_P02	ACERO IRAM F24	1	1.4
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

CHAPA DESPLEGADA

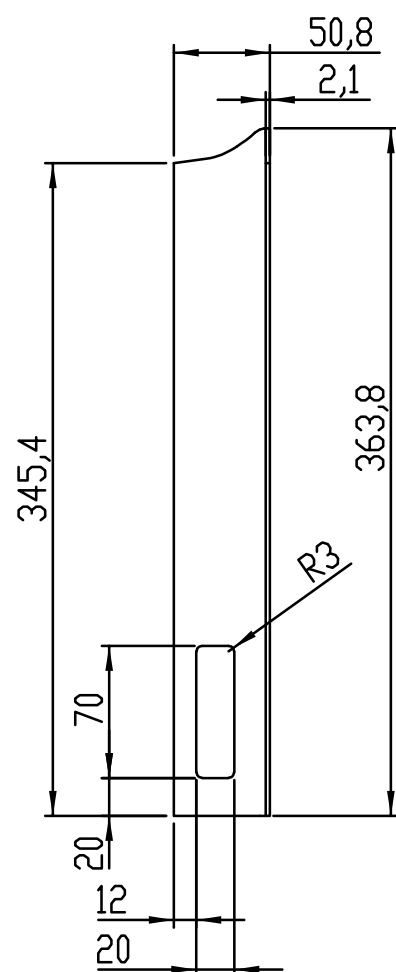
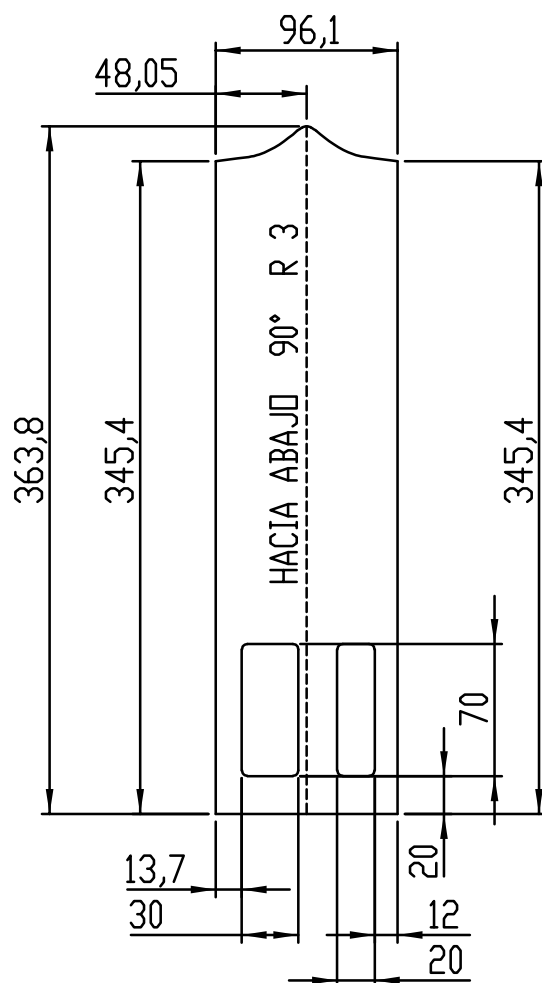


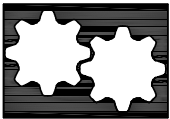
NOTAS:
CONSTRUCCION A PARTIR DE ROLADO.

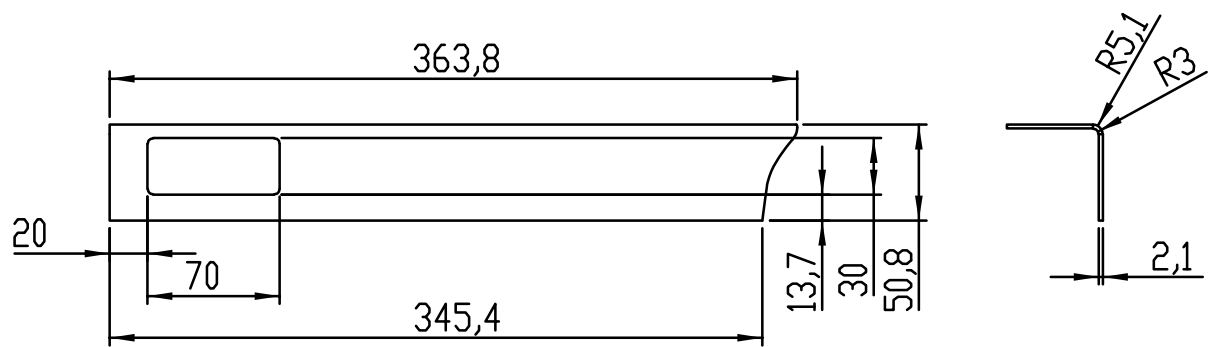
4	1	MOD_P02	ACERO IRAM F24	1	1.3
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO		
			"MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					



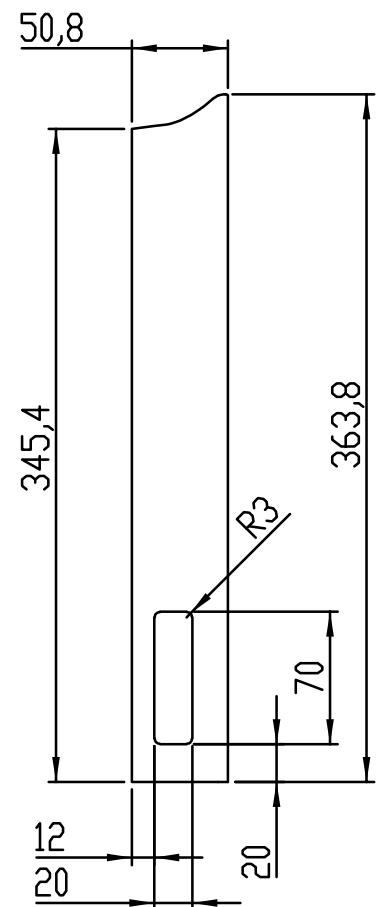
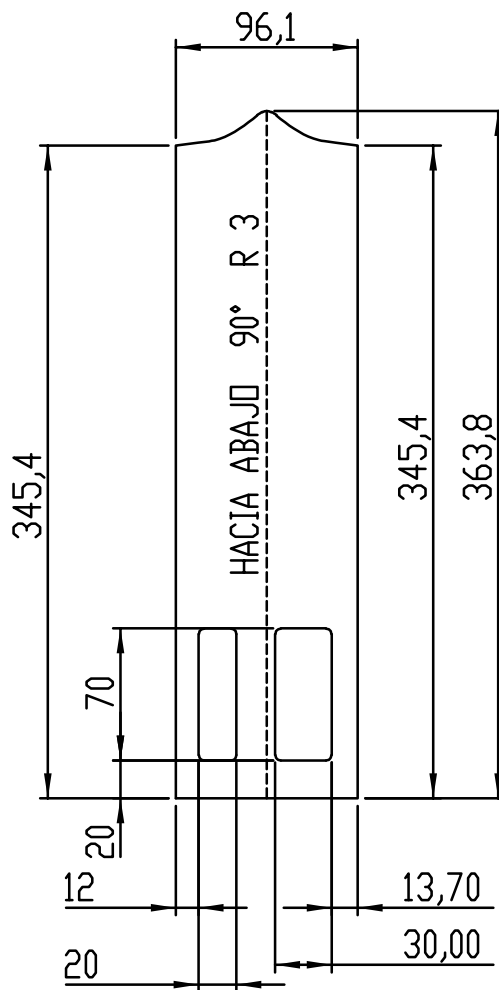
CHAPA DESPLEGADA



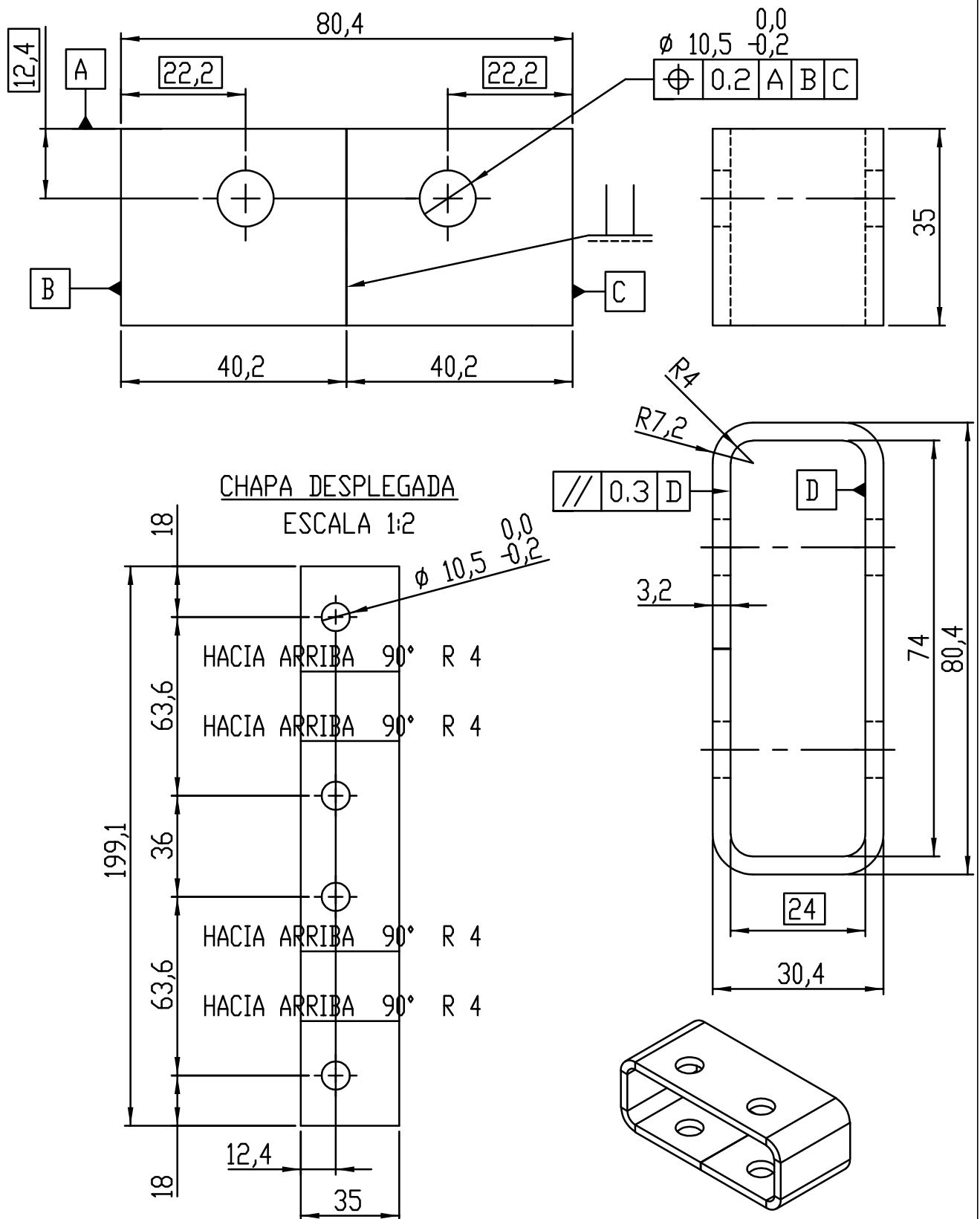
5	1	MOD_P05	ACERO IRAM F24	2	0.5
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:4		
APROBO					



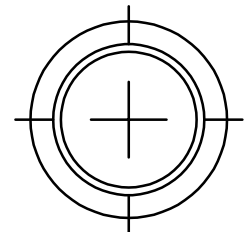
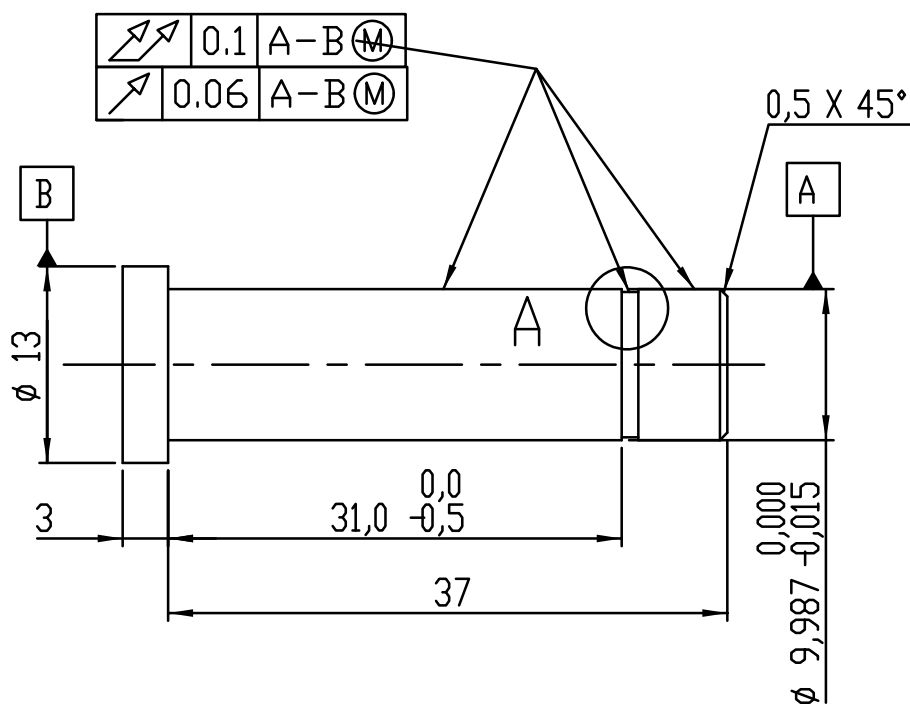
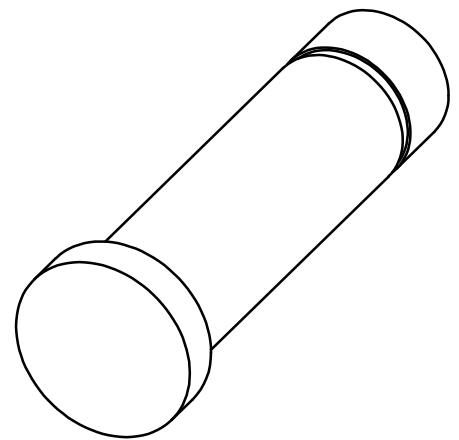
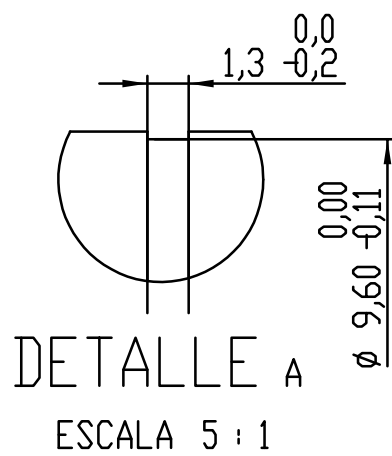
CHAPA DESPLEGADA

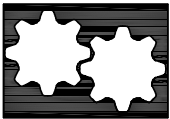


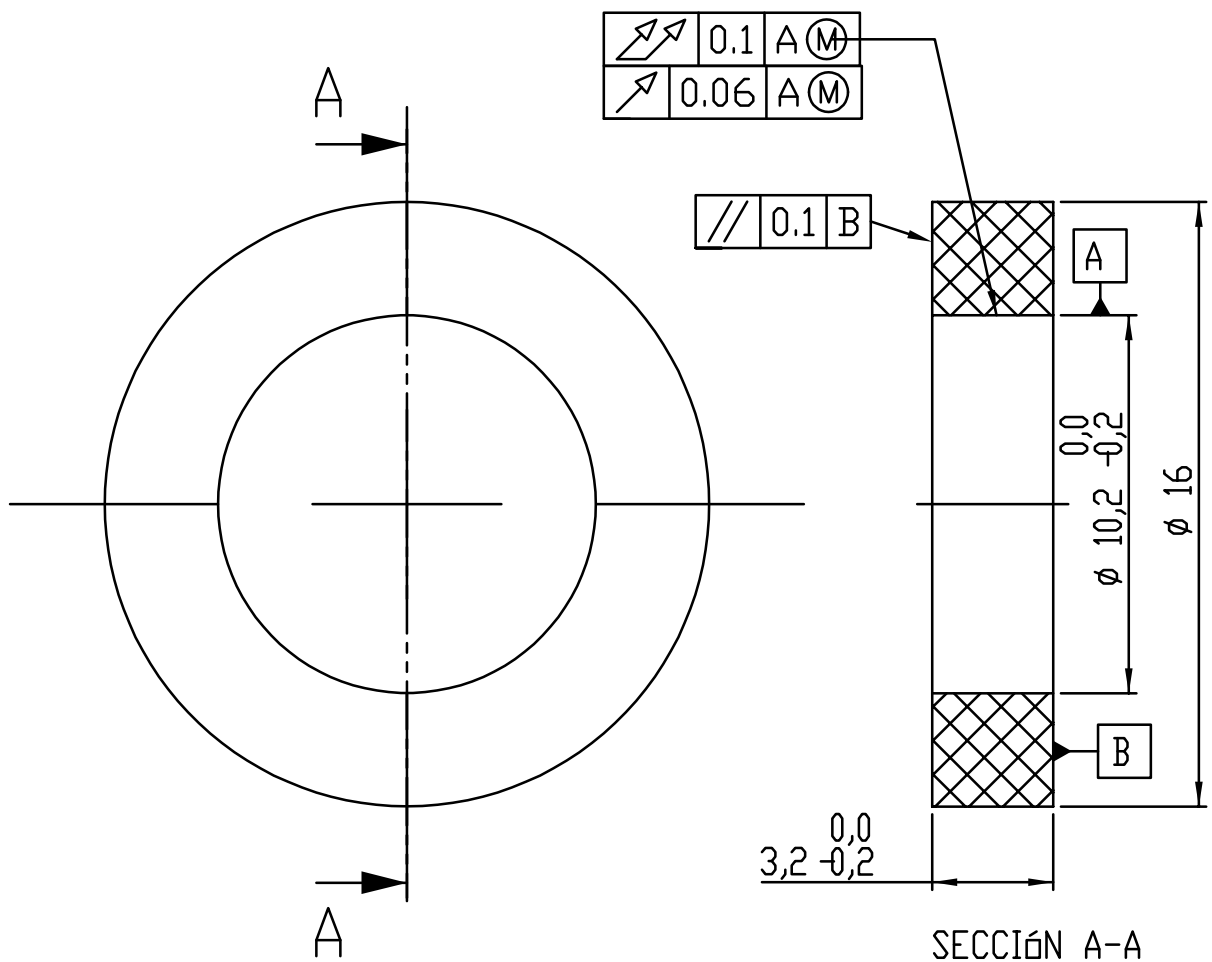
6	1	MOD_P06		ACERO IRAM F24	2	0.5
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.		
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:4			
APROBO						

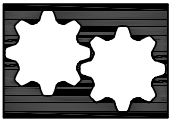


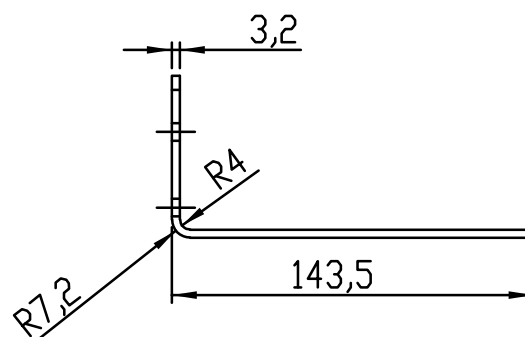
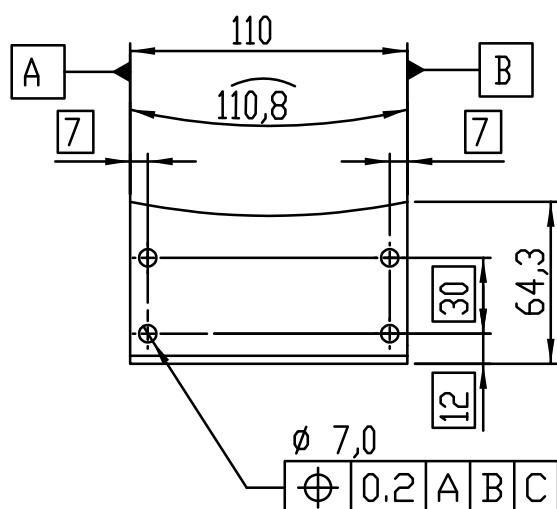
7	1	MOD_P07		ACERO IRAM F24	4	0.16
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO		
				"MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.		
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:1			
APROBO						



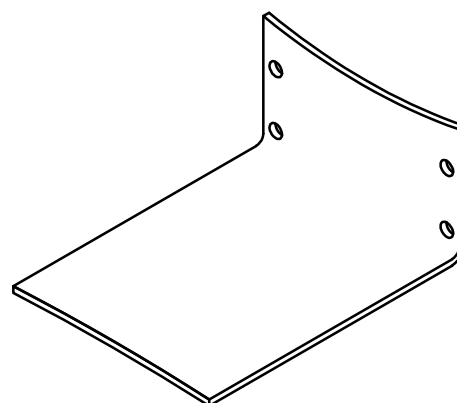
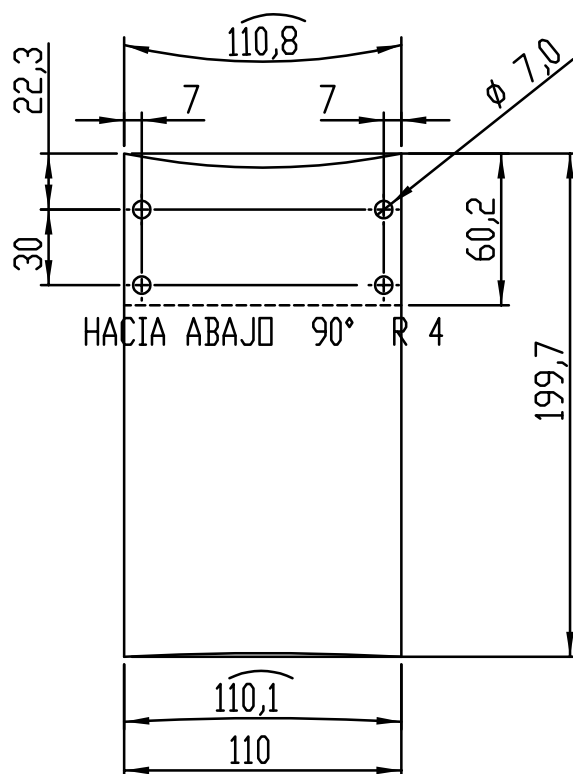
8	1	MOD_P08	ACERO SAE 1045	8	0.03
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:1		
APROBO					

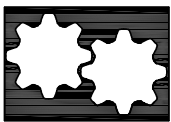


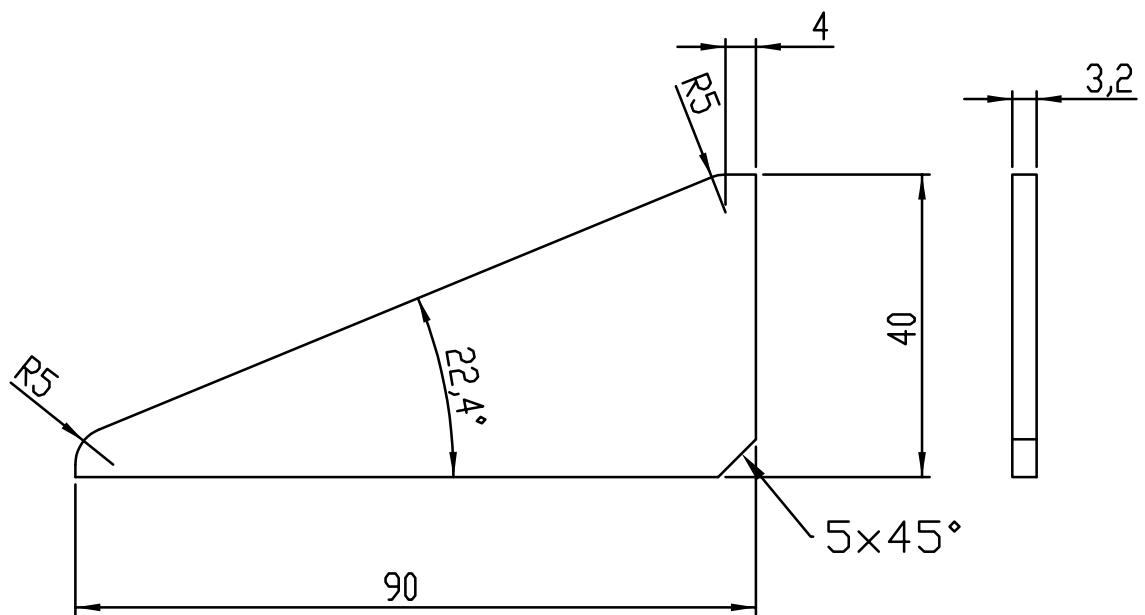
9	1	MOD_P09	POLIAMIDA TIPO 6	16	0.005
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:1		
APROBO					

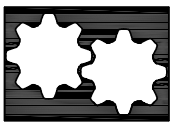


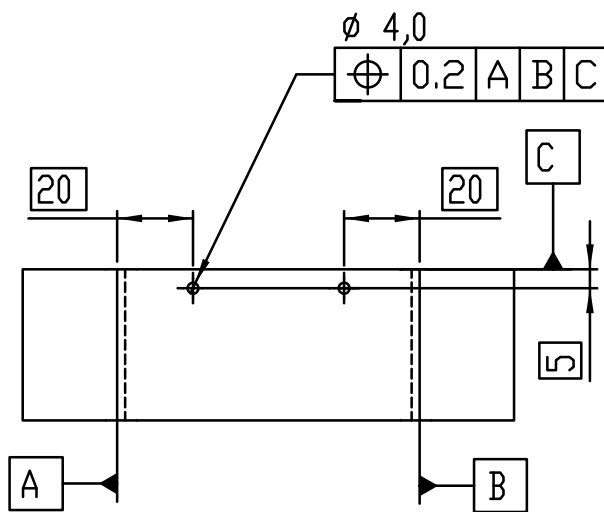
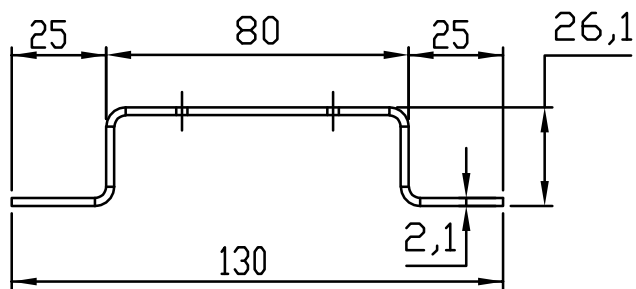
CHAPA DESPLEGADA



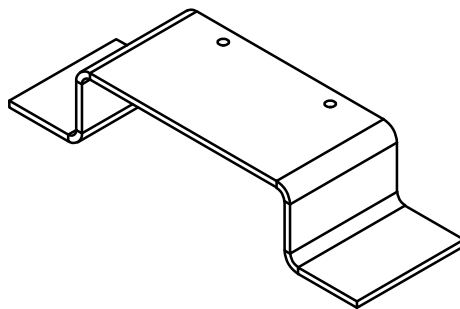
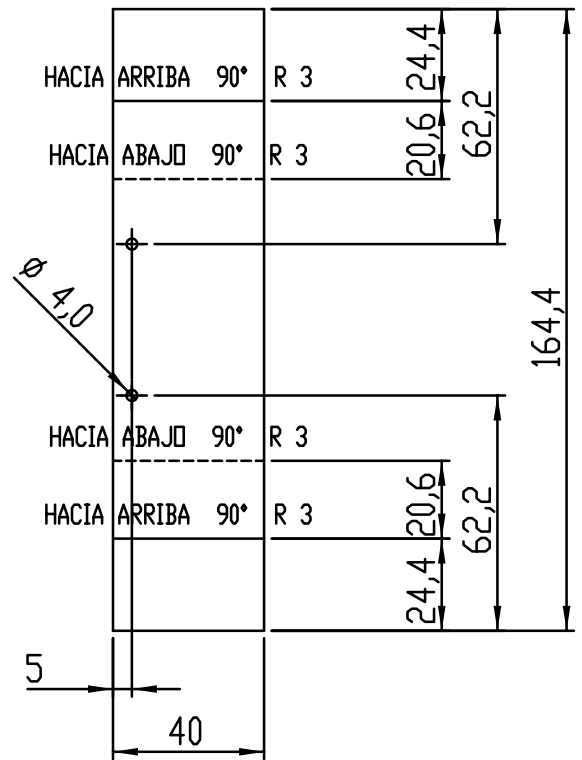
10	1	MOD_P10	ACERO IRAM F24	1	0.6
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:3		
APROBO					



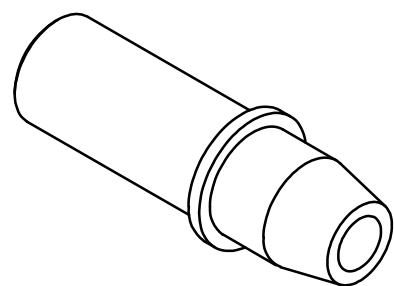
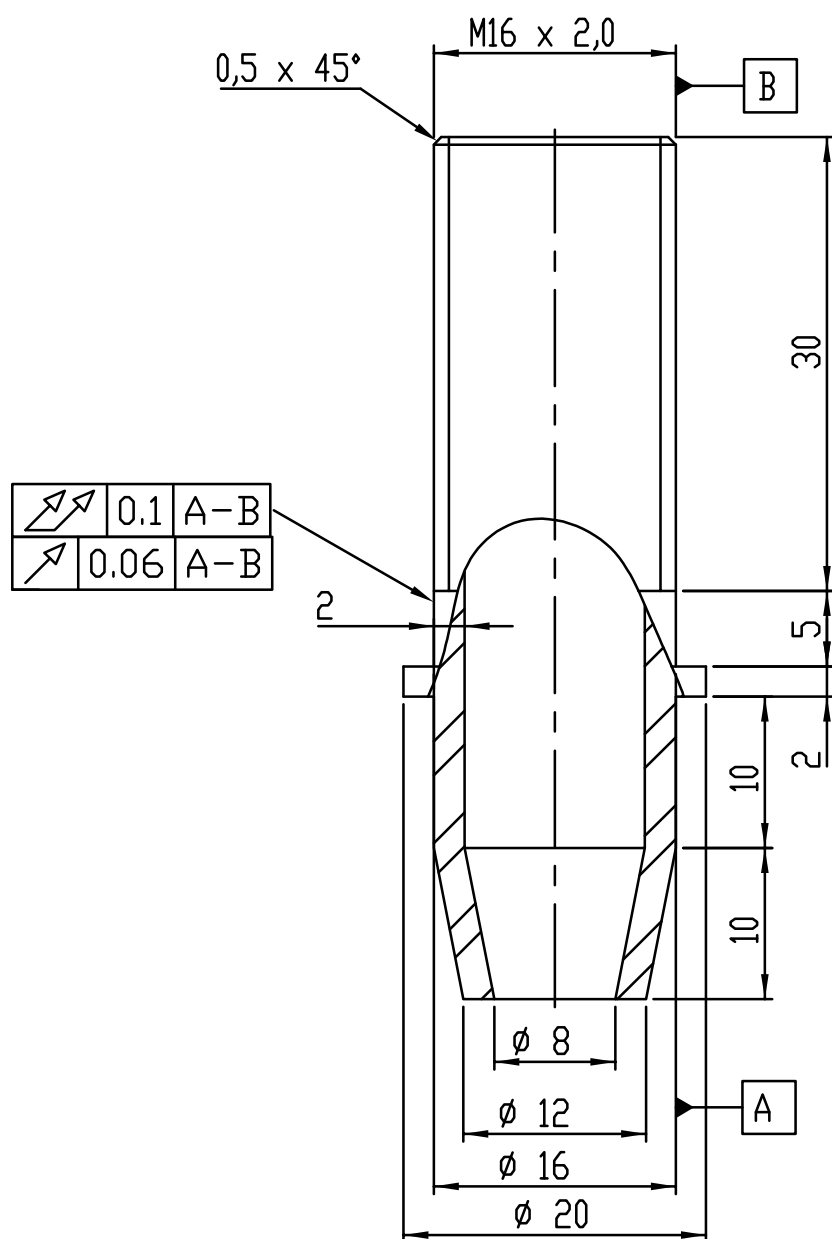
11	1	MOD_P11	ACERO IRAM F24	2	0.05
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:1		
APROBO					

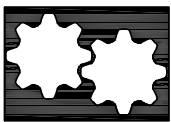


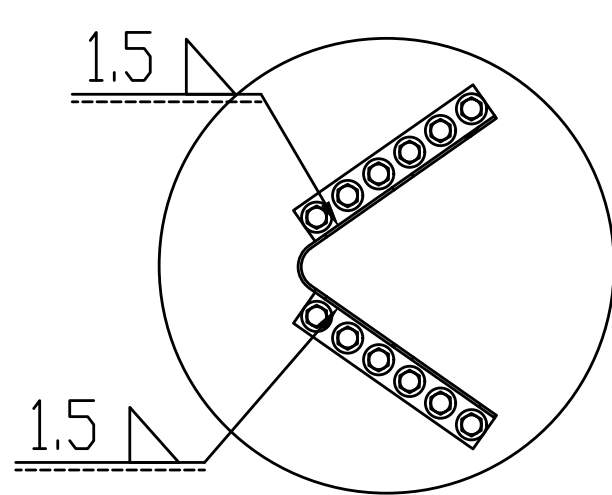
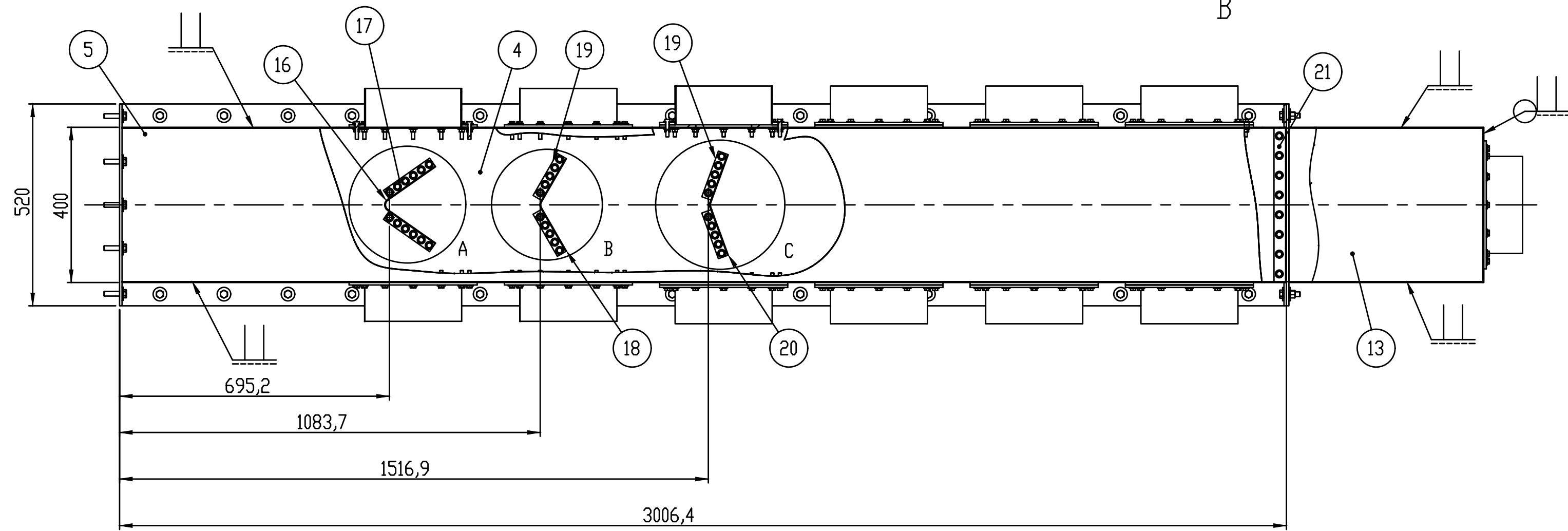
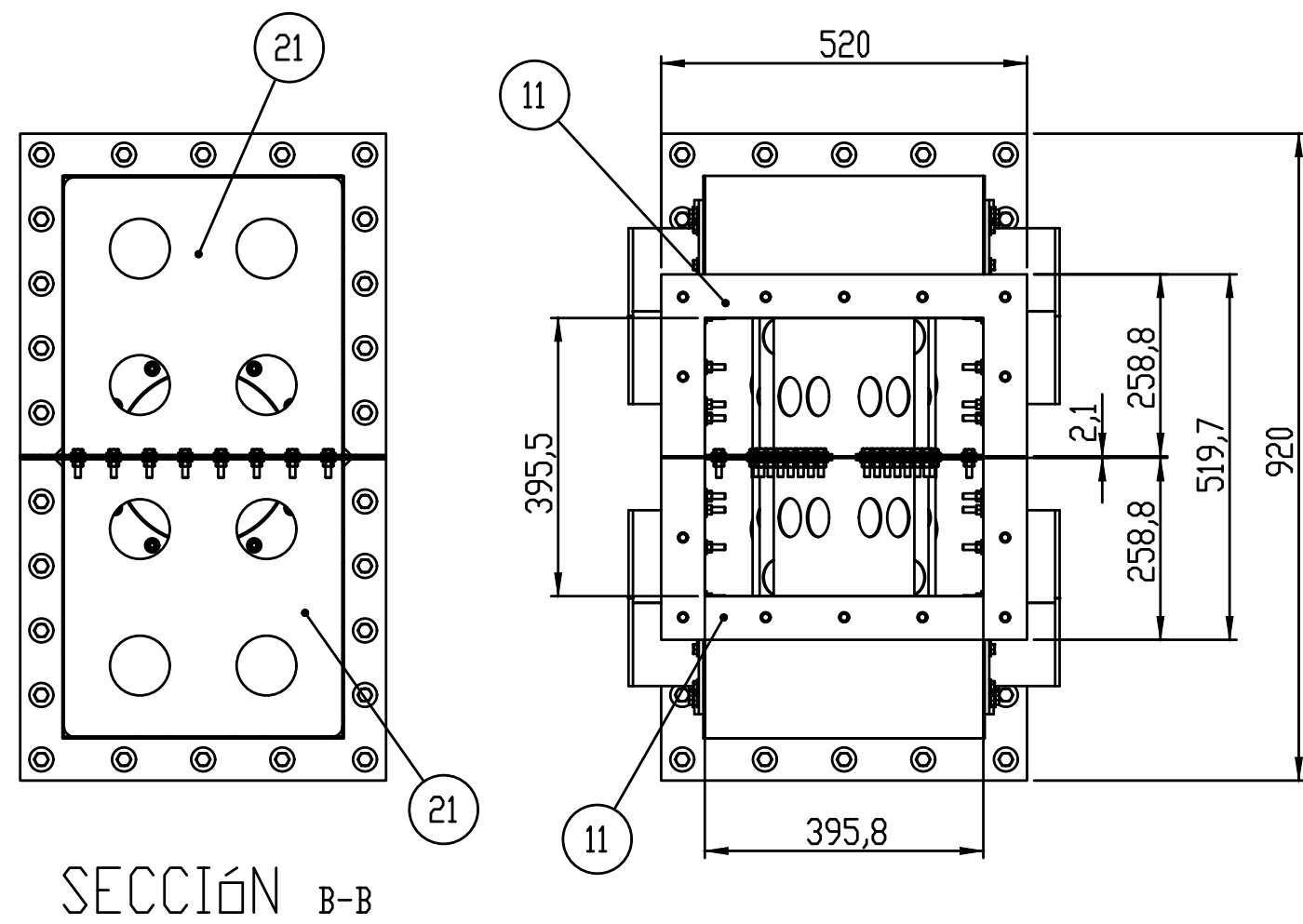
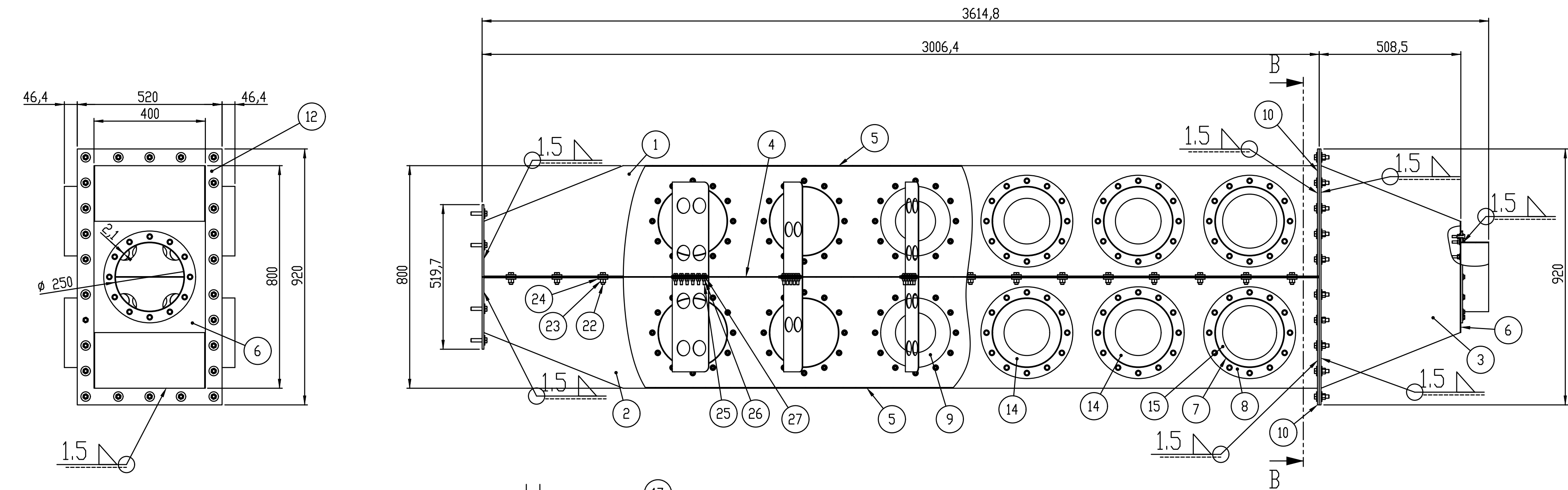
CHAPA DESPLEGADA



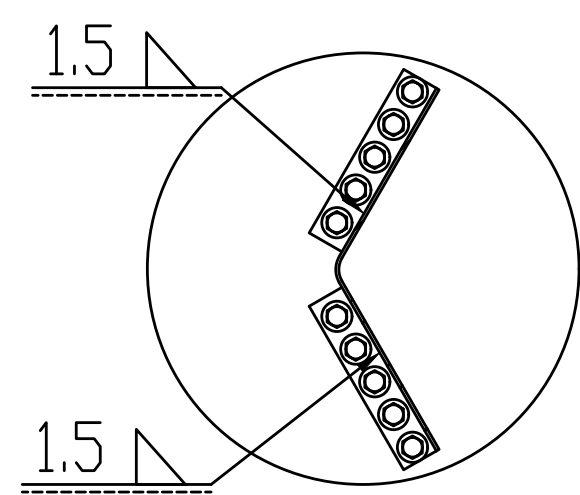
12	1	MOD_P12		ACERO IRAM F24	1	0.11
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.		
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:1			
APROBO						



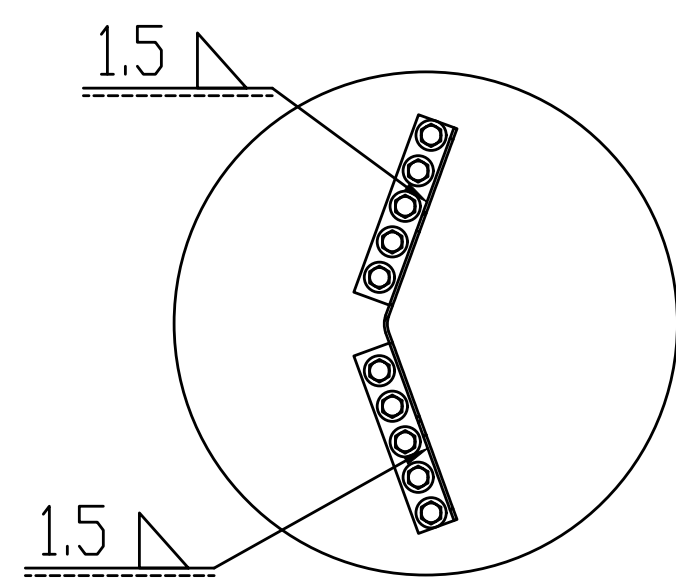
13	1	MOD_P13	ACERO SAE 1010	289	0.04
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	2:1		
APROBO					



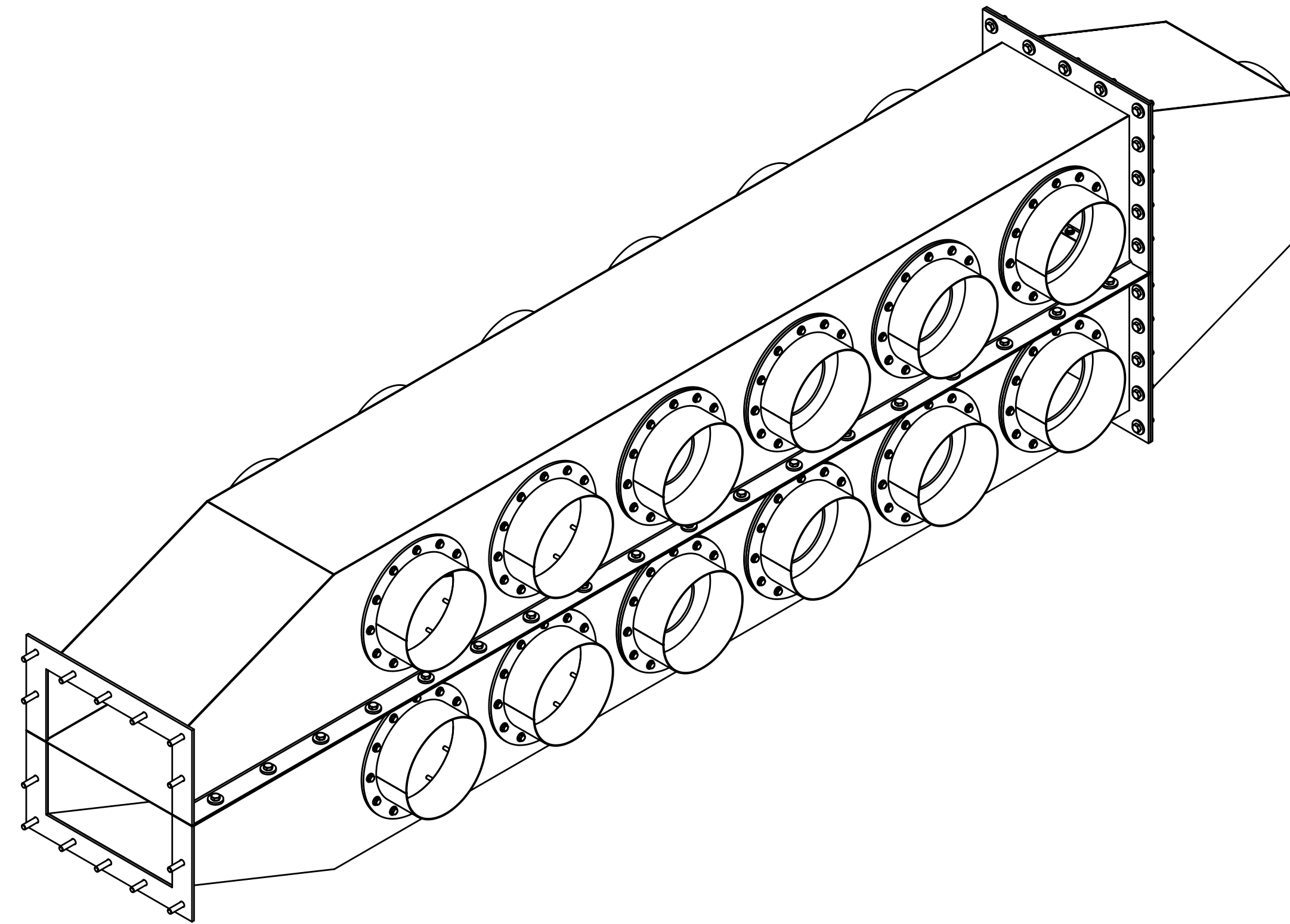
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



DETALLE B
ESCALA 1 : 5



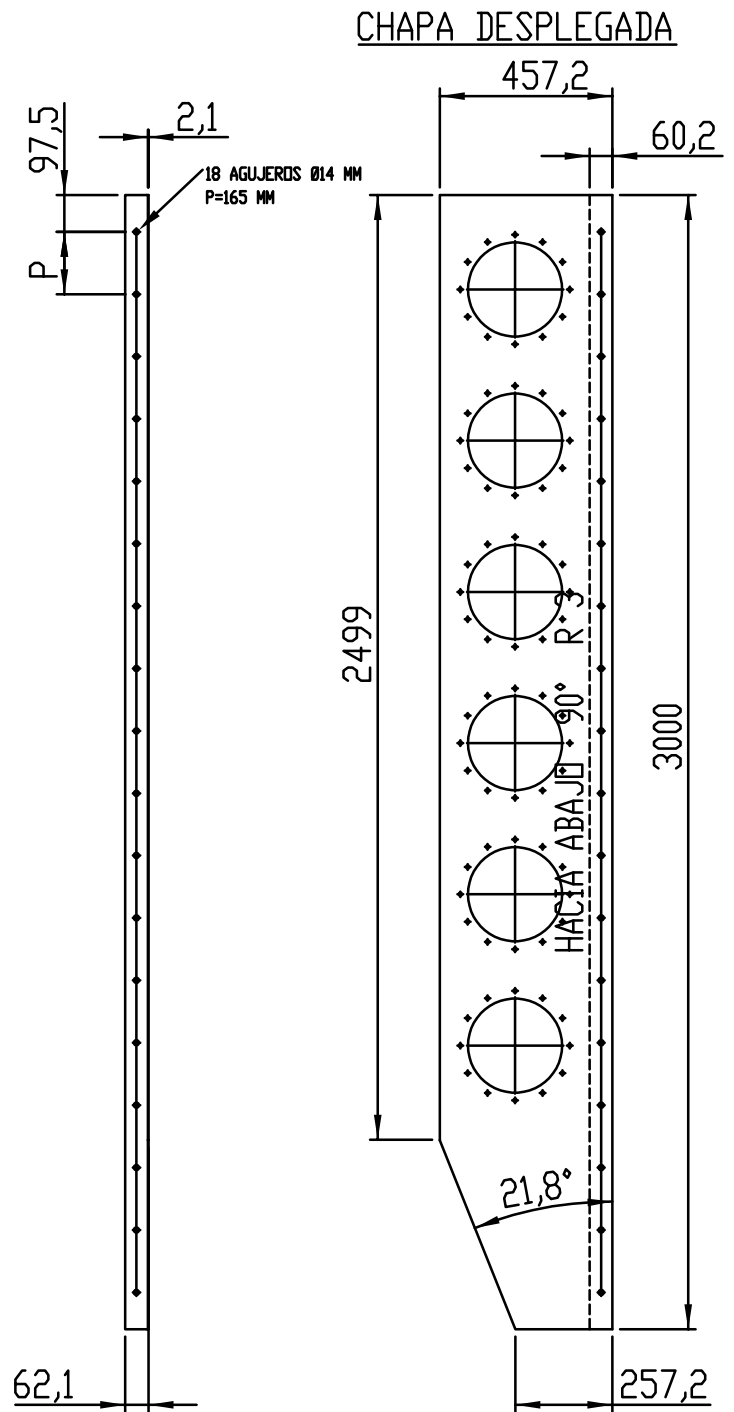
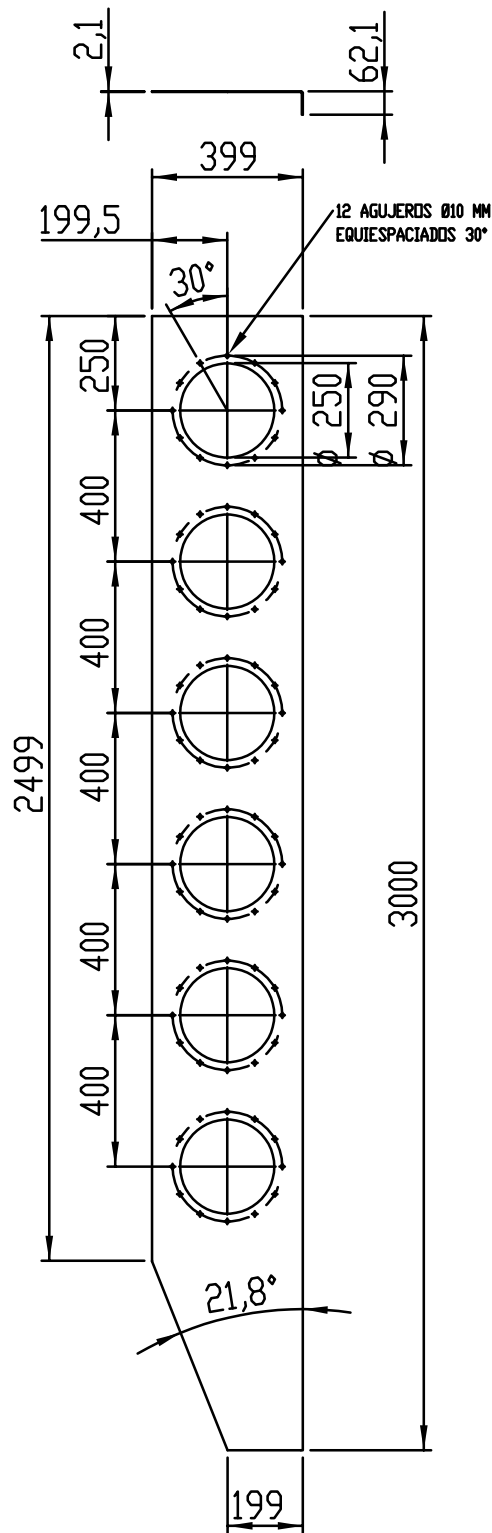
DETALLE C
ESCALA 1 : 5

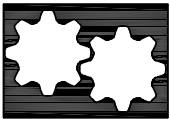


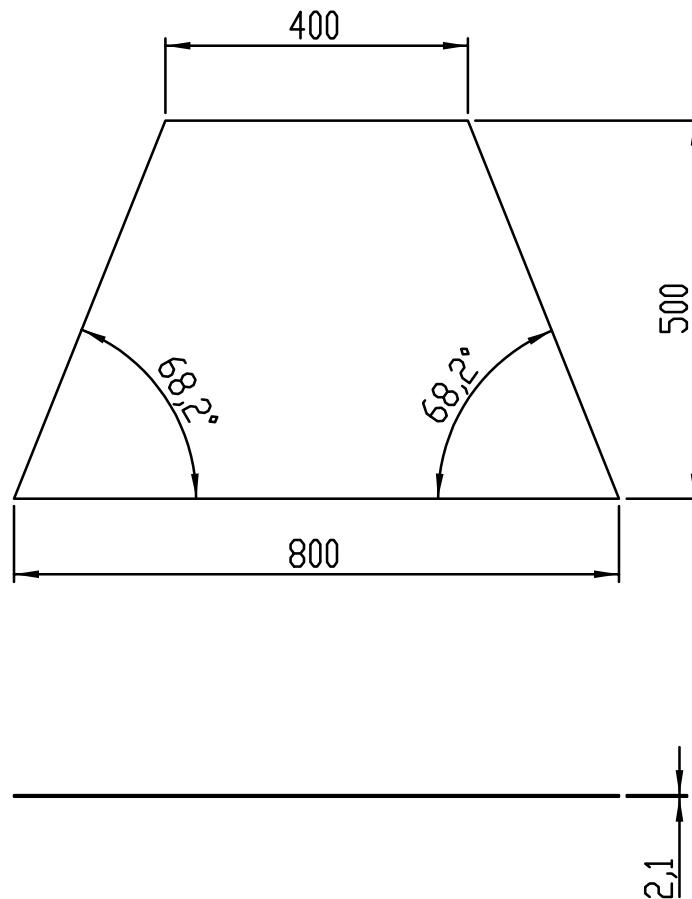
NOTAS:
PINTAR EL CONJUNTO CON 2 MANOS DE
ESMALTE SINTÉTICO AMARILLO (RAL 1016)

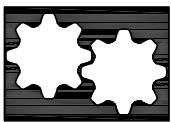
LISTA DE MATERIALES			
ITEM	PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	COL_P01	IRAM F24	2
2	COL_P02	IRAM F24	2
3	COL_P03	IRAM F24	3
4	COL_P04	IRAM F24	1
5	COL_P05	IRAM F24	2
6	COL_P06	IRAM F24	1
7	COL_P07	IRAM F24	25
8	COL_P08	IRAM F24	25
9	COL_P09	IRAM F24	4
10	COL_P10	IRAM F24	2
11	COL_P11	IRAM F24	2
12	COL_P12	IRAM F24	1
13	COL_P13	IRAM F24	2
14	COL_P14	IRAM F24	8
15	COL_P15	IRAM F24	4
16	COL_P16	IRAM F24	2
17	COL_P17	IRAM F24	4
18	COL_P18	IRAM F24	2
19	COL_P19	IRAM F24	8
20	COL_P20	IRAM F24	2
21	COL_P21	IRAM F24	2
22	TORNILLO HEXAGONAL GR 8.8 M12 x 1,75 x 35	ACERO AL CARBONO	76
23	TUERCA M12 x 1,75	ACERO AL CARBONO	76
24	ARANDELA PLANA M12	ACERO AL CARBONO	152
25	TORNILLO HEXAGONAL GR 8.8 M8 x 1,25 x 35	ACERO AL CARBONO	340
26	TUERCA M8 x 1,25	ACERO AL CARBONO	340
27	ARANDELA PLANA M8	ACERO AL CARBONO	680

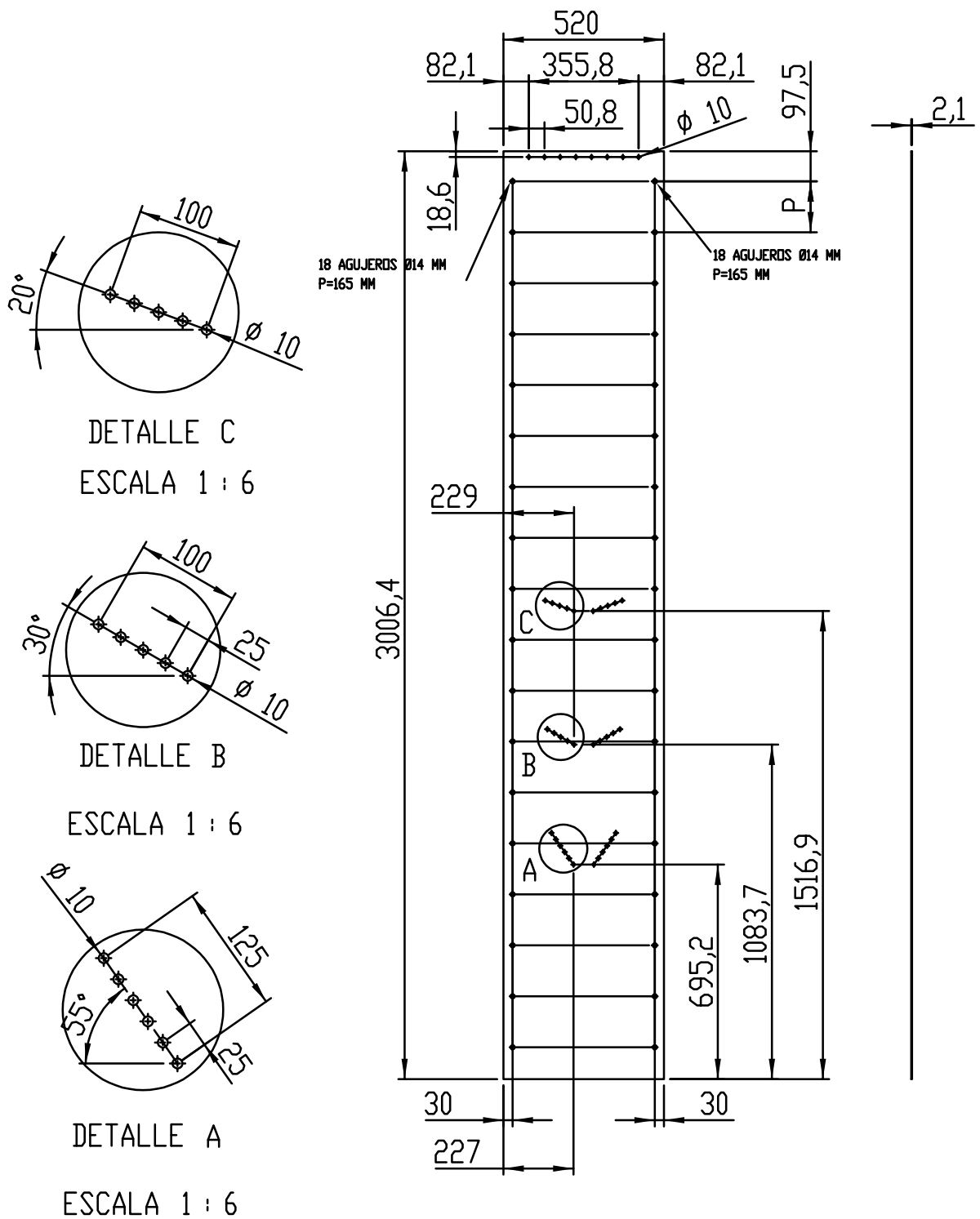
2	COL_SCON02	ACERO IRAM F24	2	437
N° SUBCONJUNTO		DENOMINACION	MATERIAL	CANT. PESO (KG)
		PROYECTO FINAL	TITULO	
		ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO	"MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"	
FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO APROBO	15/04/26	CATENA, DELFINO		

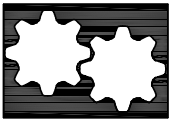


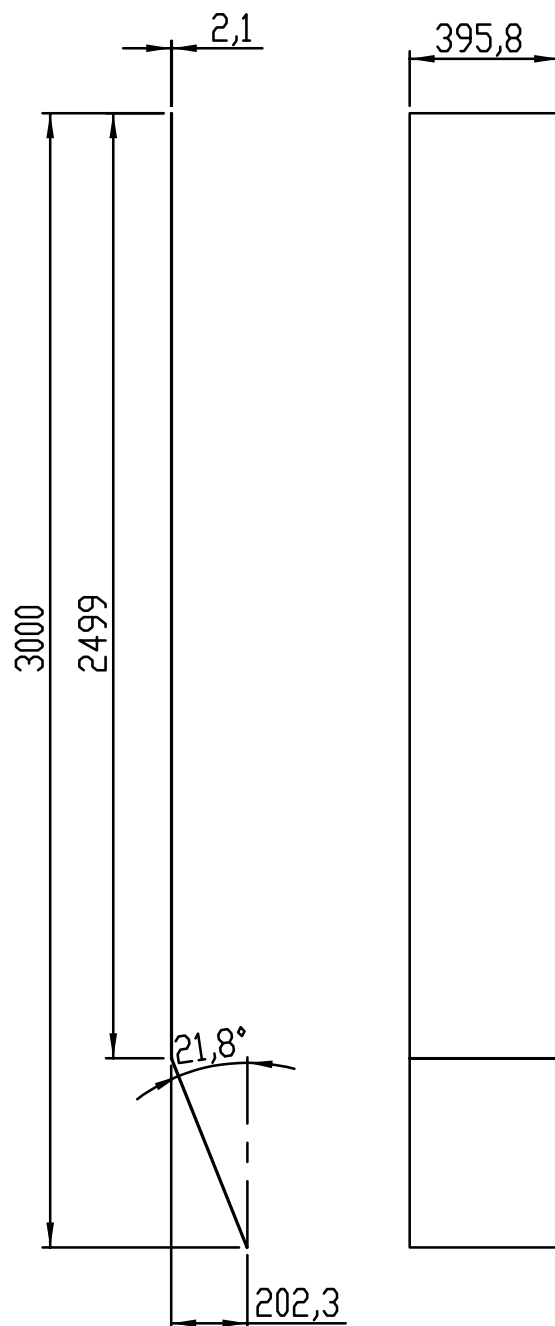
2	2	COL_P02	ACERO IRAM F24	2	16.9
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUOLA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:20		
APROBO					



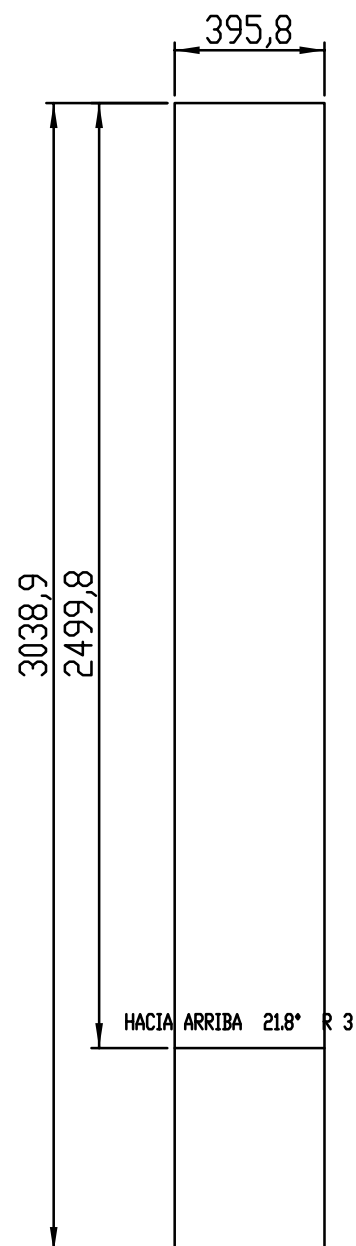
3	2	COL_P03	ACERO IRAM F24	2	5
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:10		
APROBO					



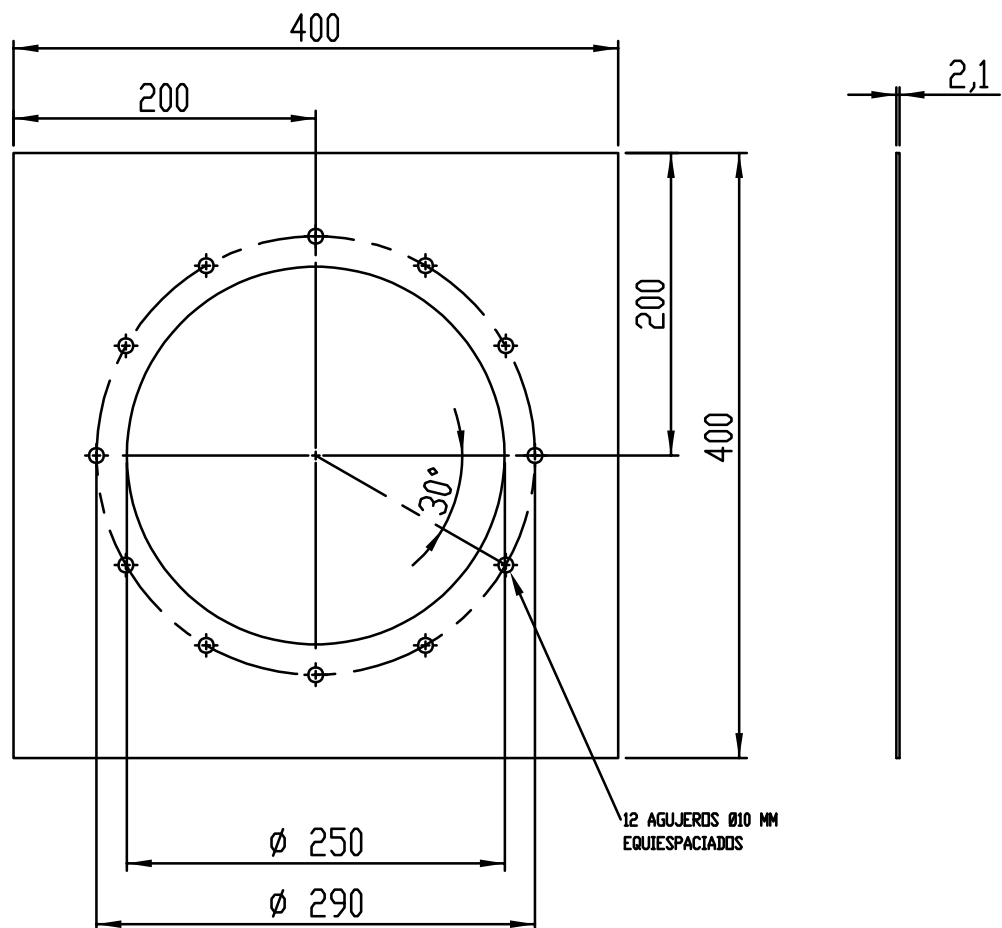
4	2	COL_P04	ACERO IRAM F24	1	25.9
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:20		
APROBO					

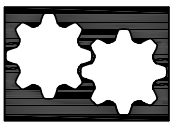


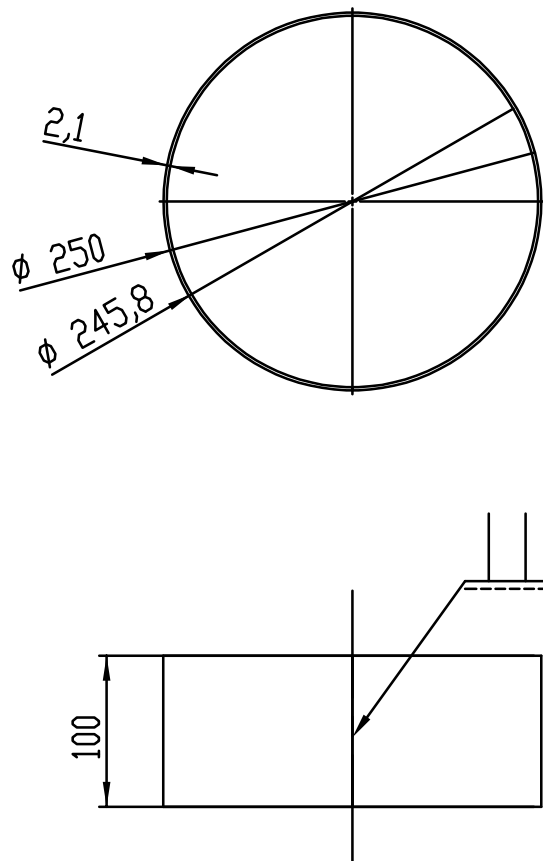
CHAPA DESPLEGADA



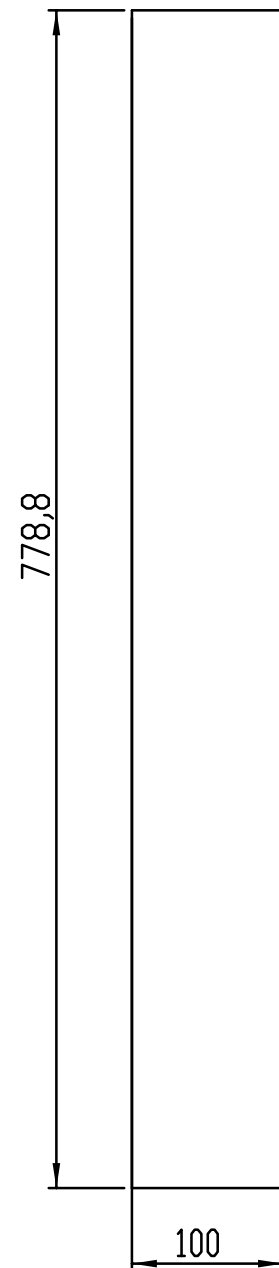
5	2	COL_P05	ACERO IRAM F24	2	20
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:20		
APROBO					



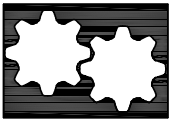
6	2	COL_P06	ACERO IRAM F24	1	1.8
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

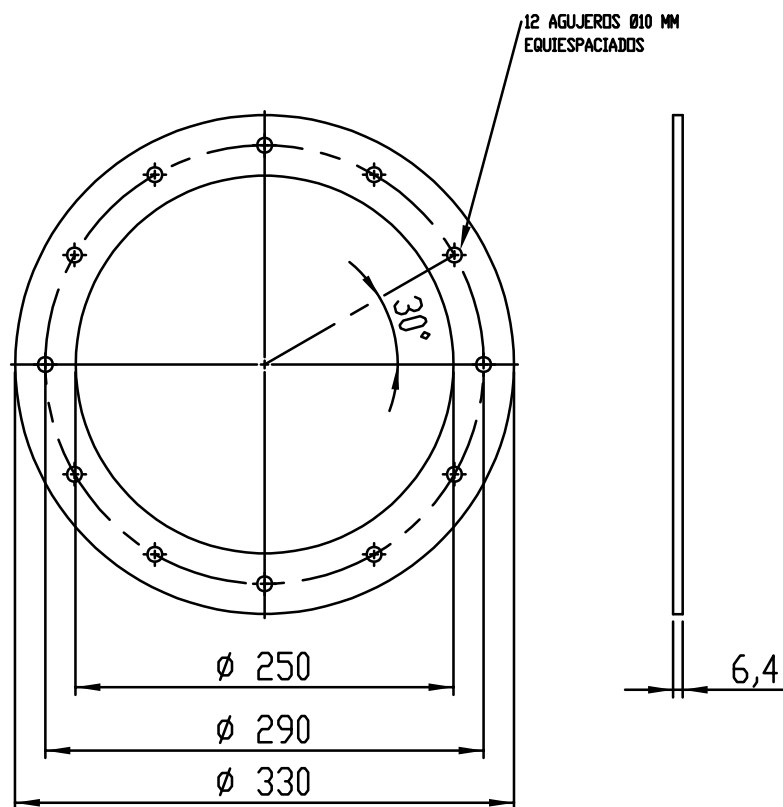


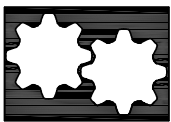
CHAPA DESPLEGADA

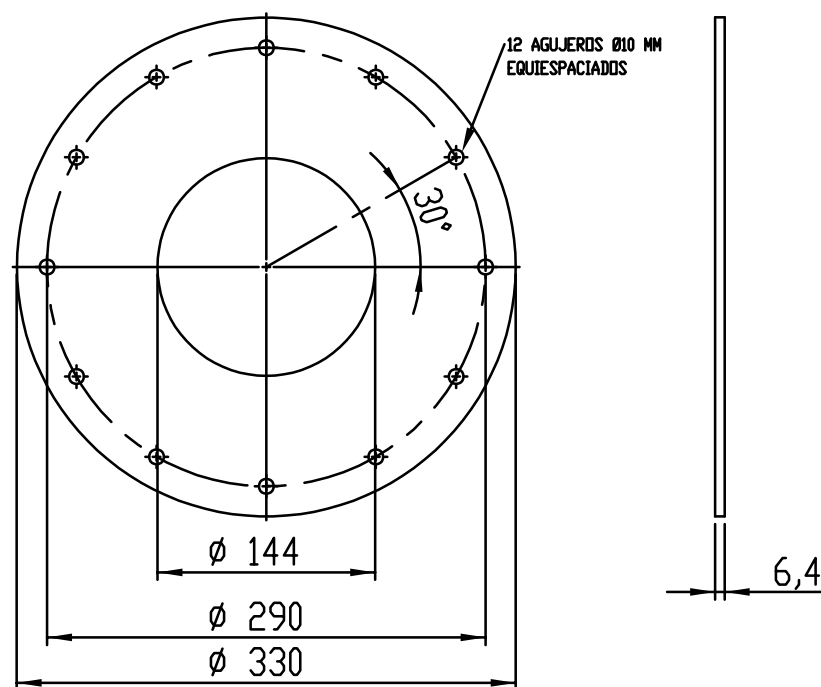


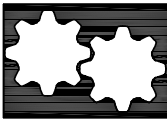
NOTAS:
CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE ROLADO.

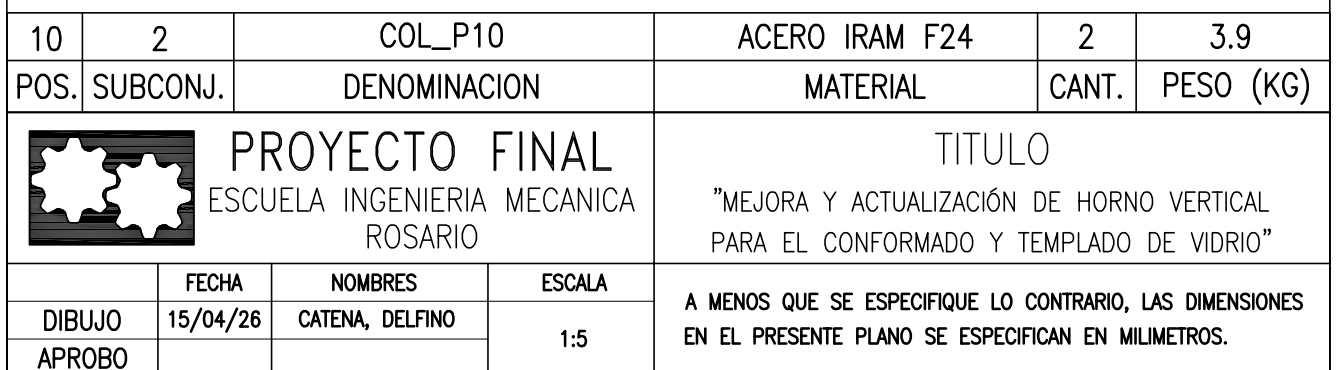
7	2	COL_P07	ACERO IRAM F24	25	1.3
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

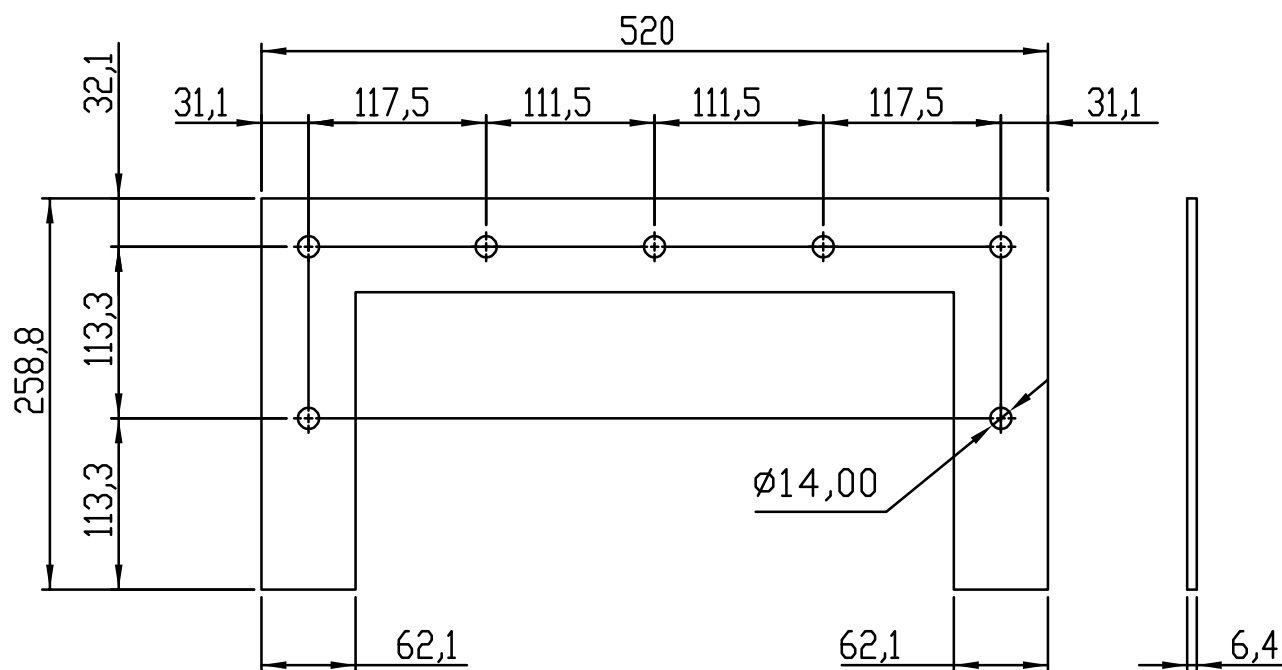


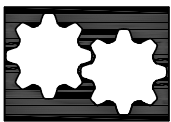
8	2	COL_P08	ACERO IRAM F24	25	1.8
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

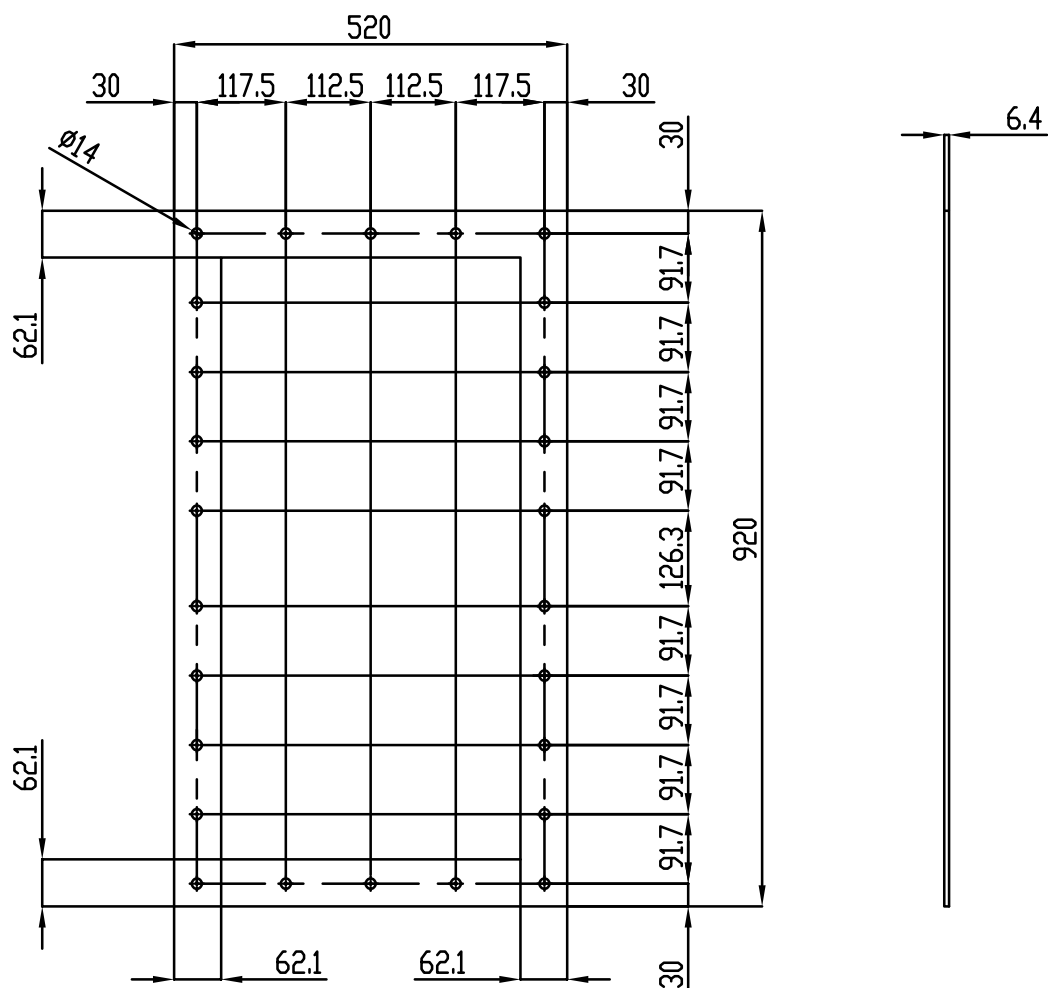


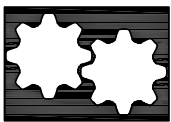
9	2	COL_P09		ACERO IRAM F24	4	3.4
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
		FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO		15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO						

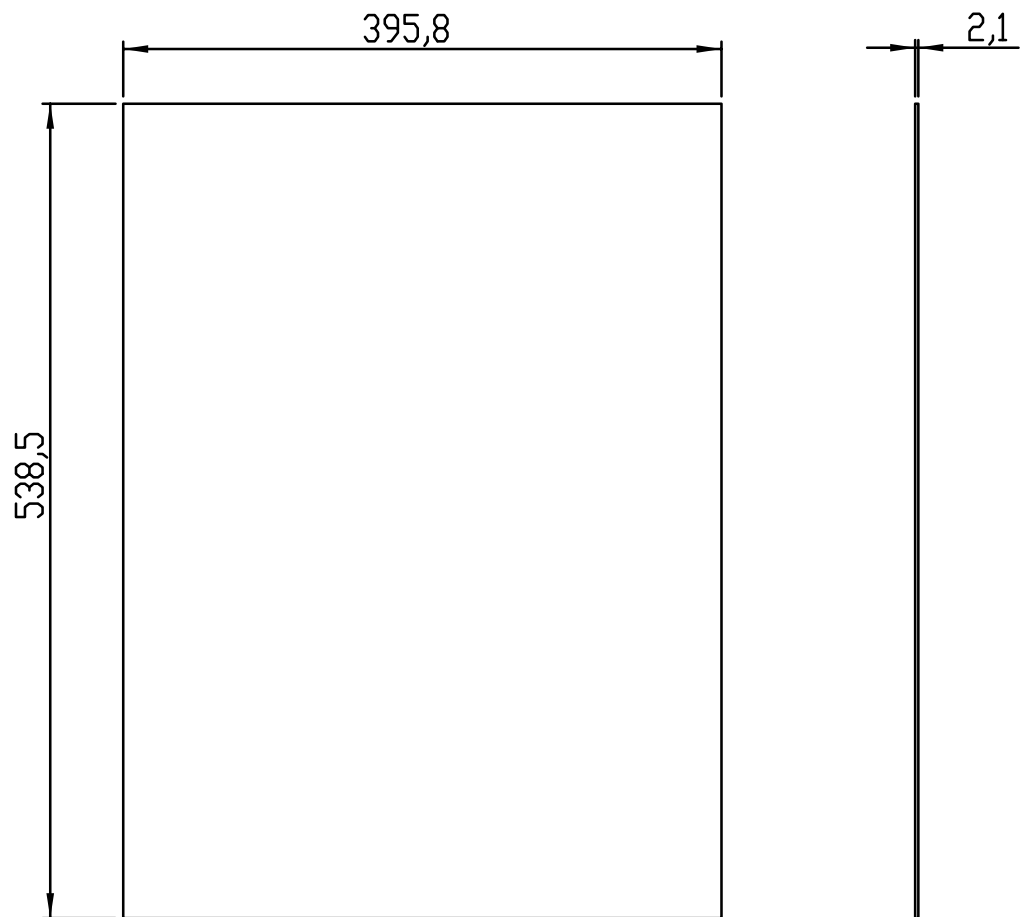


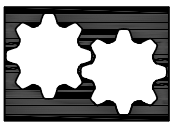


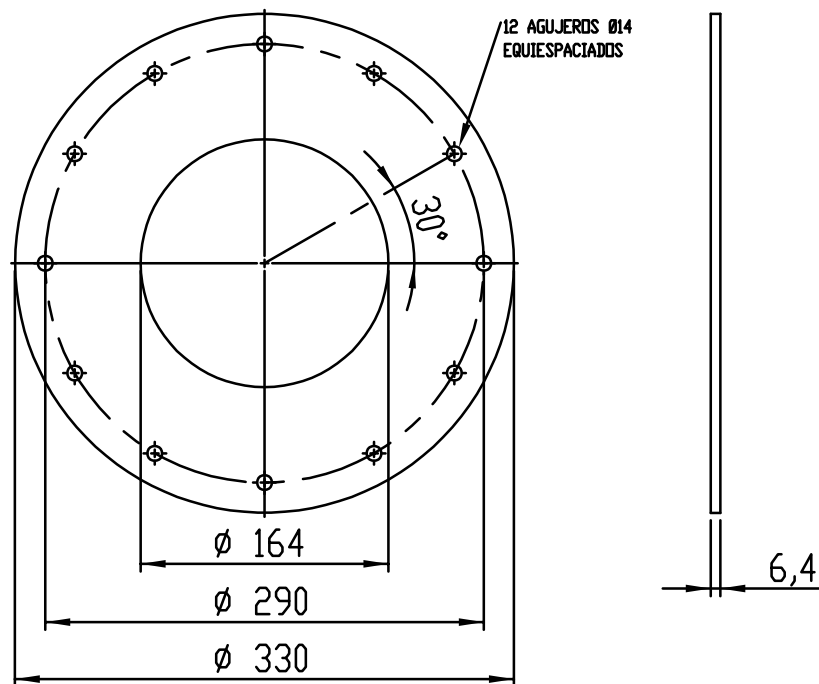
11	2	COL_P11	ACERO IRAM F24	2	2.8
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

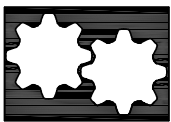


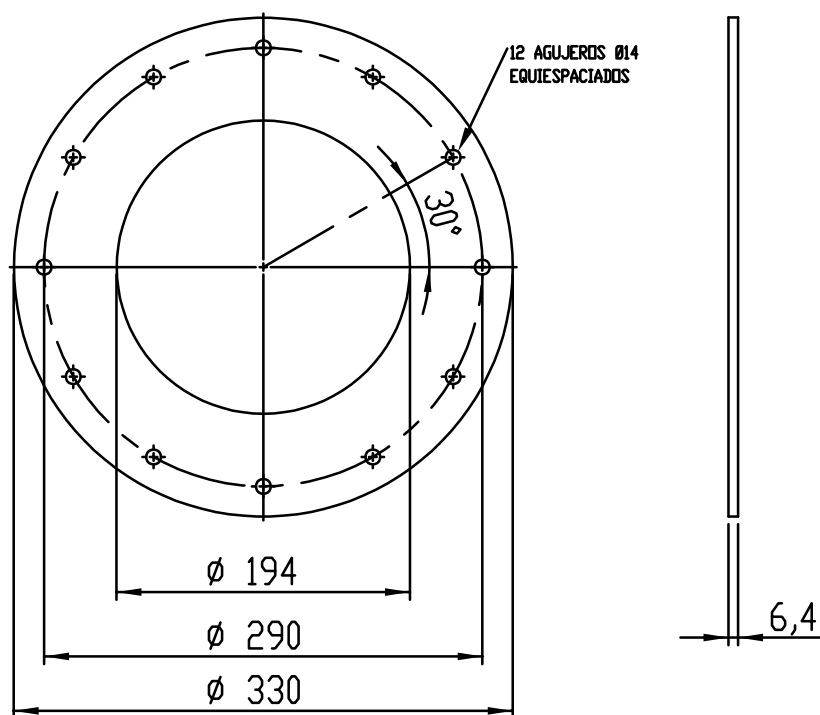
12	2	COL_P12	ACERO IRAM F24	2	8
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUOLA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:10		
APROBO					

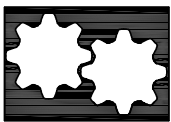


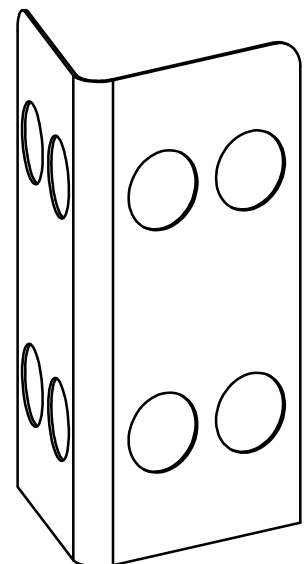
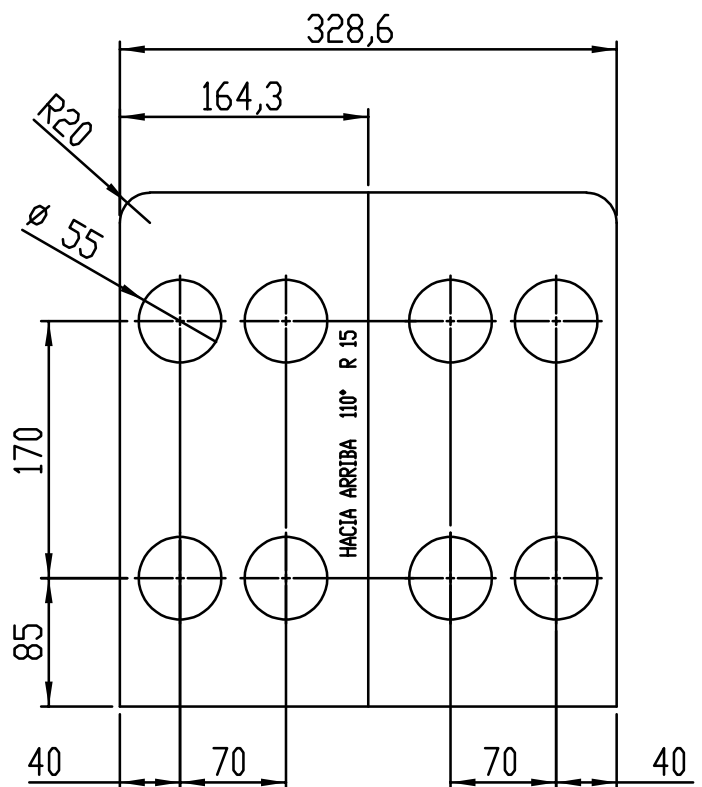
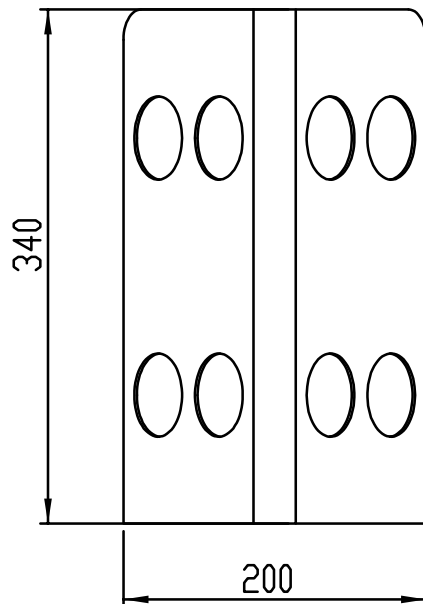
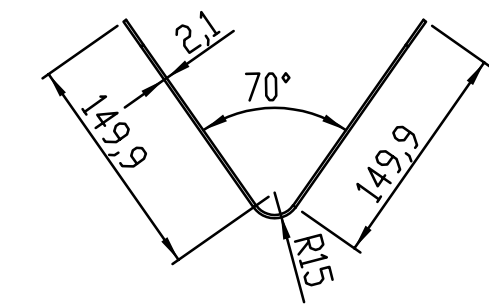
13	2	COL_P13	ACERO IRAM F24	2	3.5
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

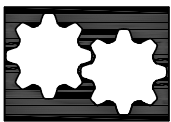


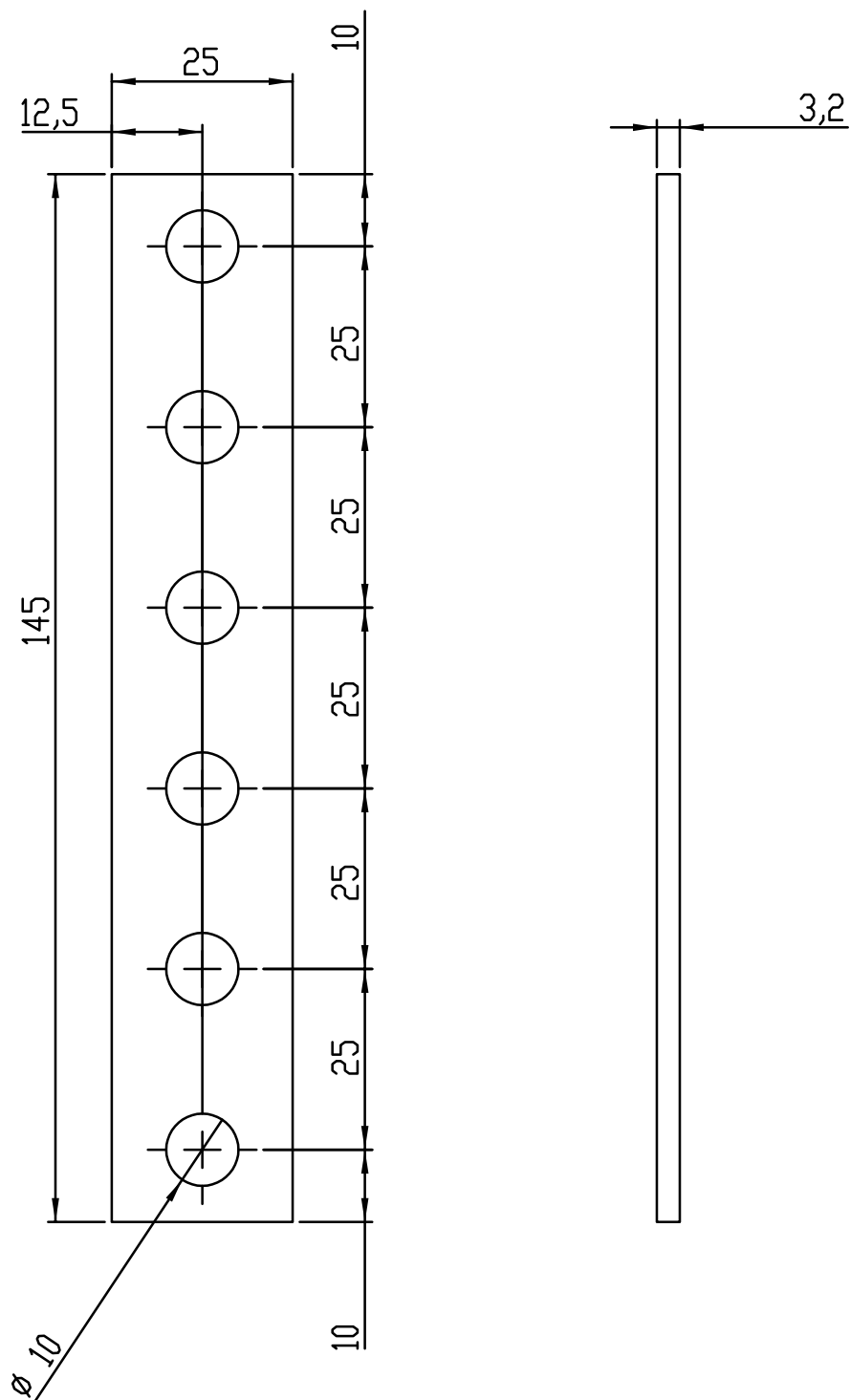
14	2	COL_P14	ACERO IRAM F24	8	3.2
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

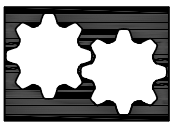


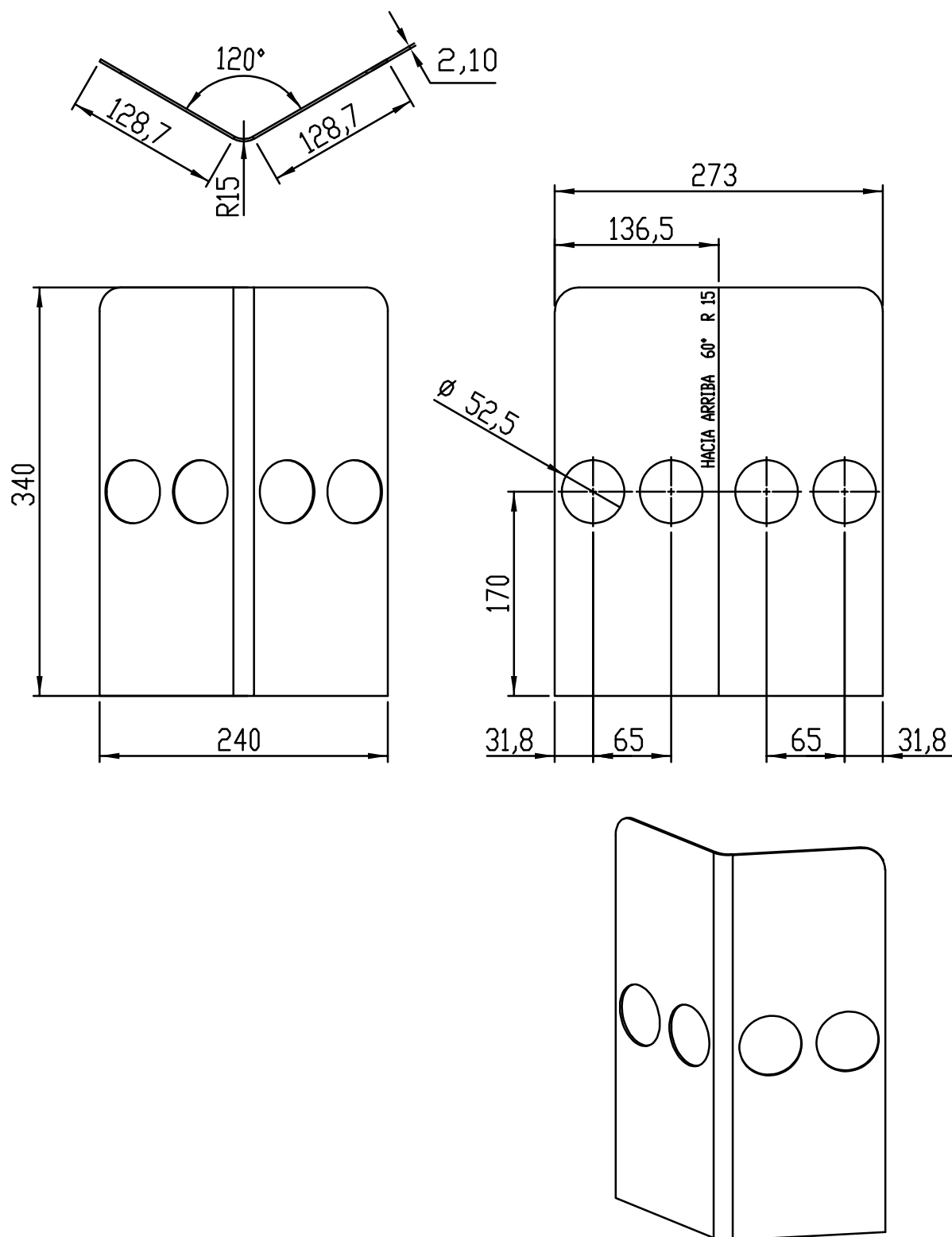
15	2	COL_P15	ACERO IRAM F24	4	2.8
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

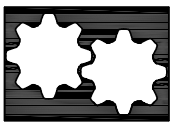


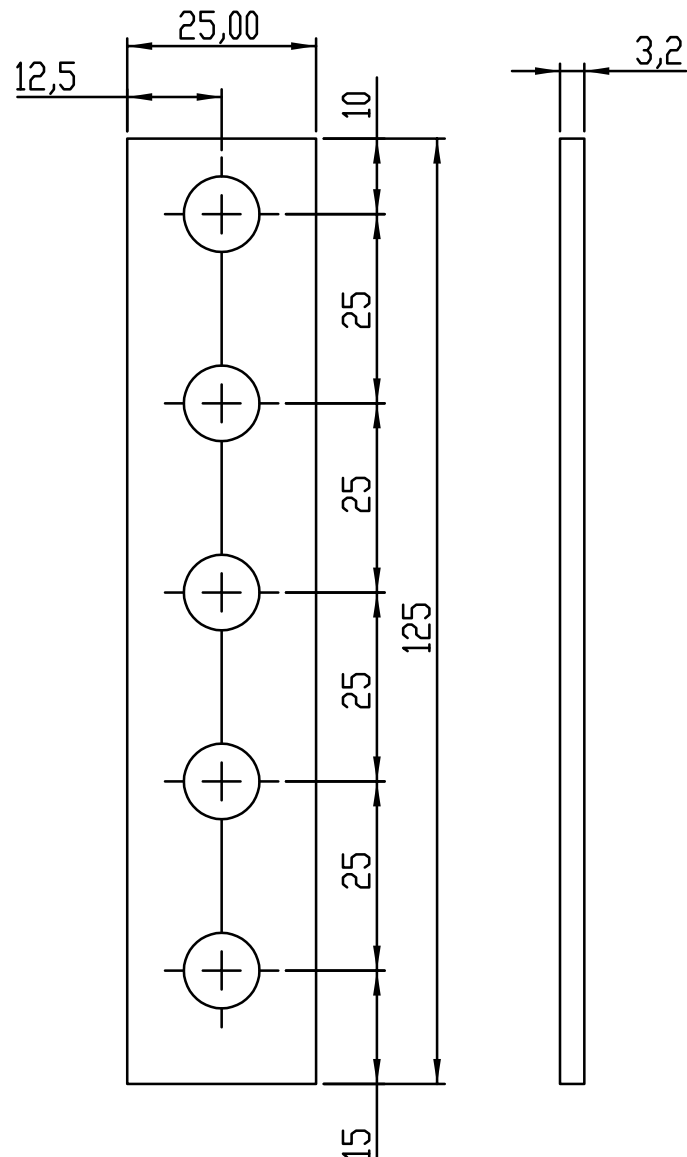
16	2	COL_P16	ACERO IRAM F24	2	1.6
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					



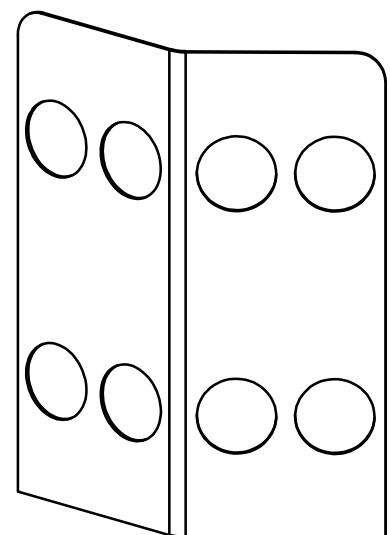
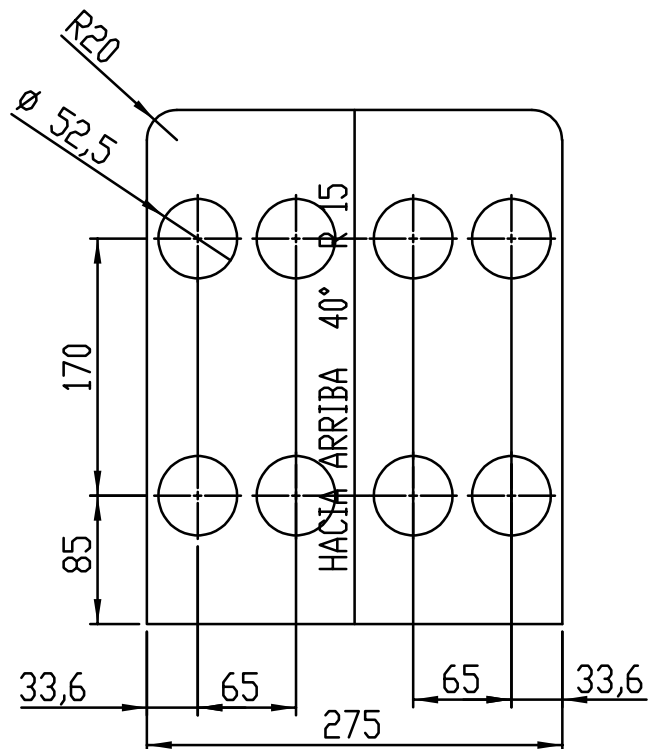
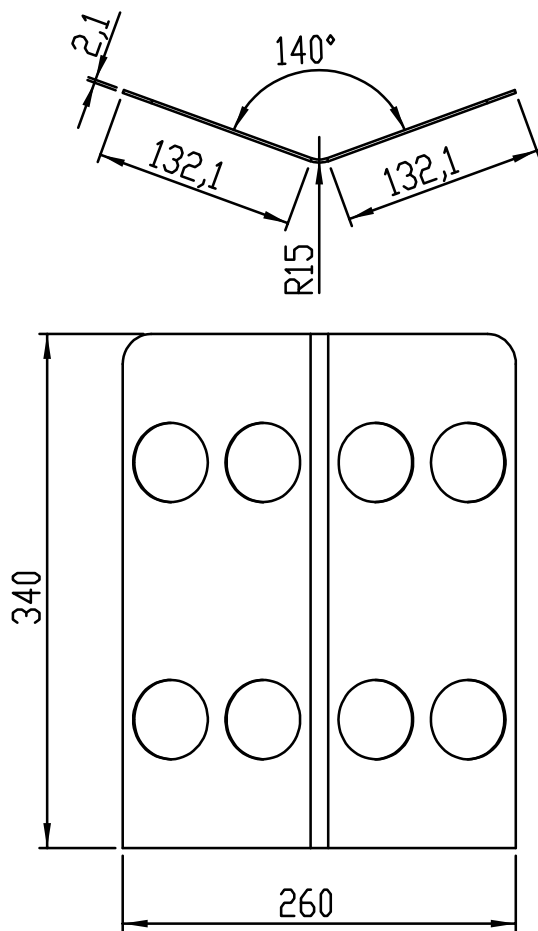
17	2	COL_P17	ACERO IRAM F24	2	0.08
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:1		
APROBO					



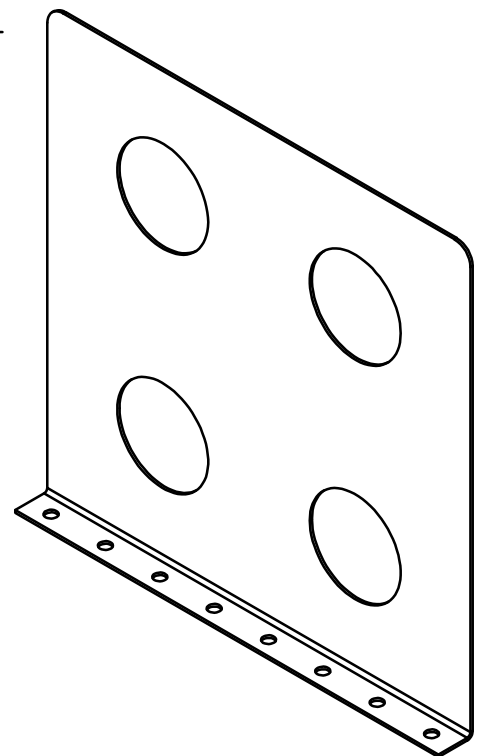
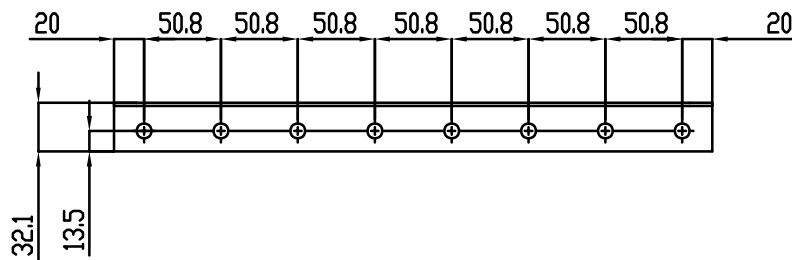
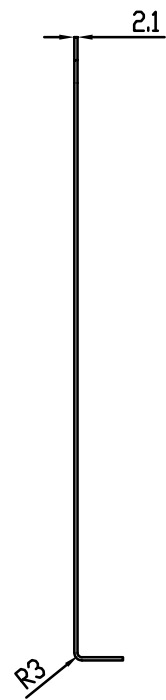
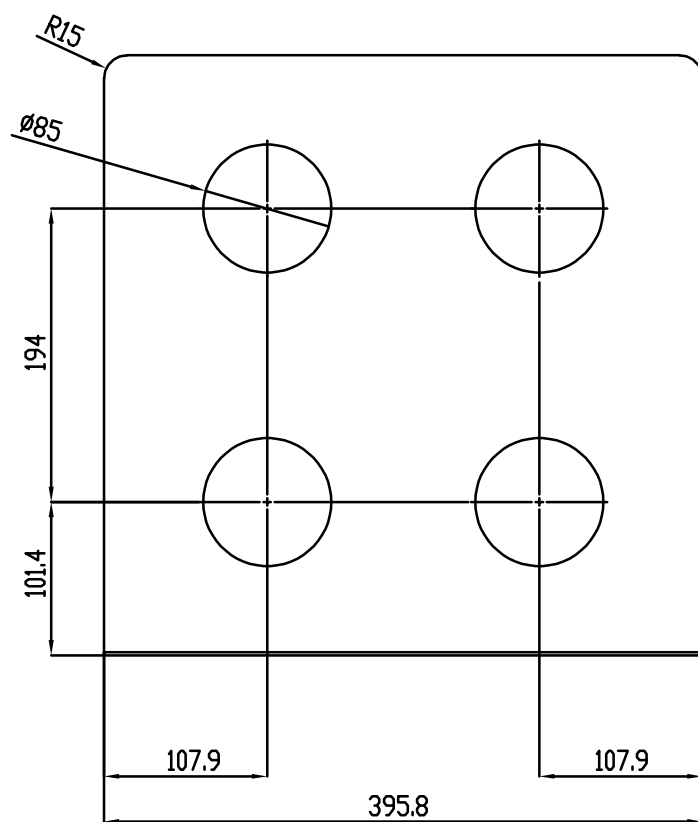
18	2	COL_P18	ACERO IRAM F24	2	1.4
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

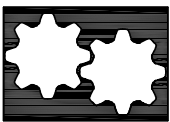


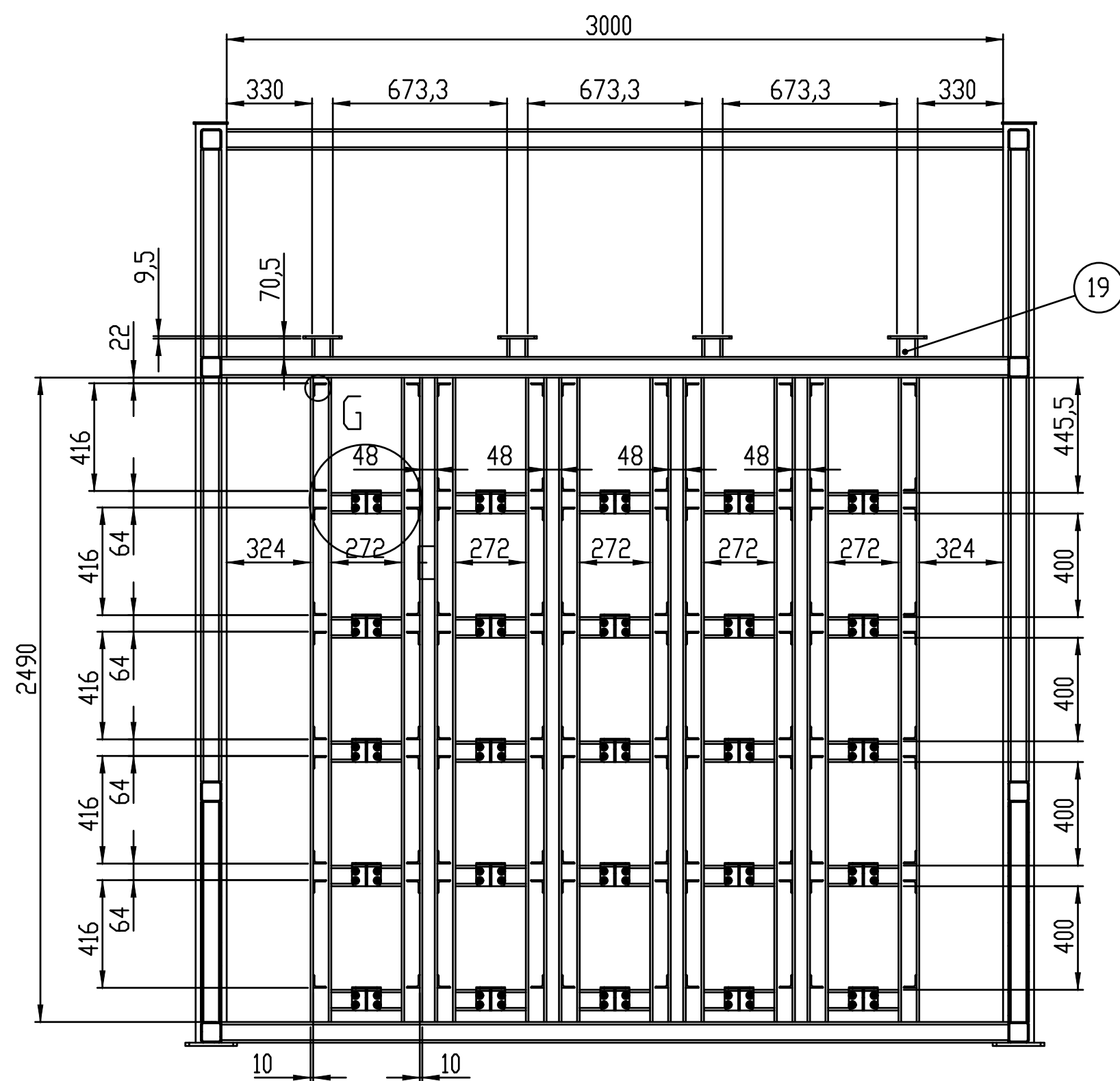
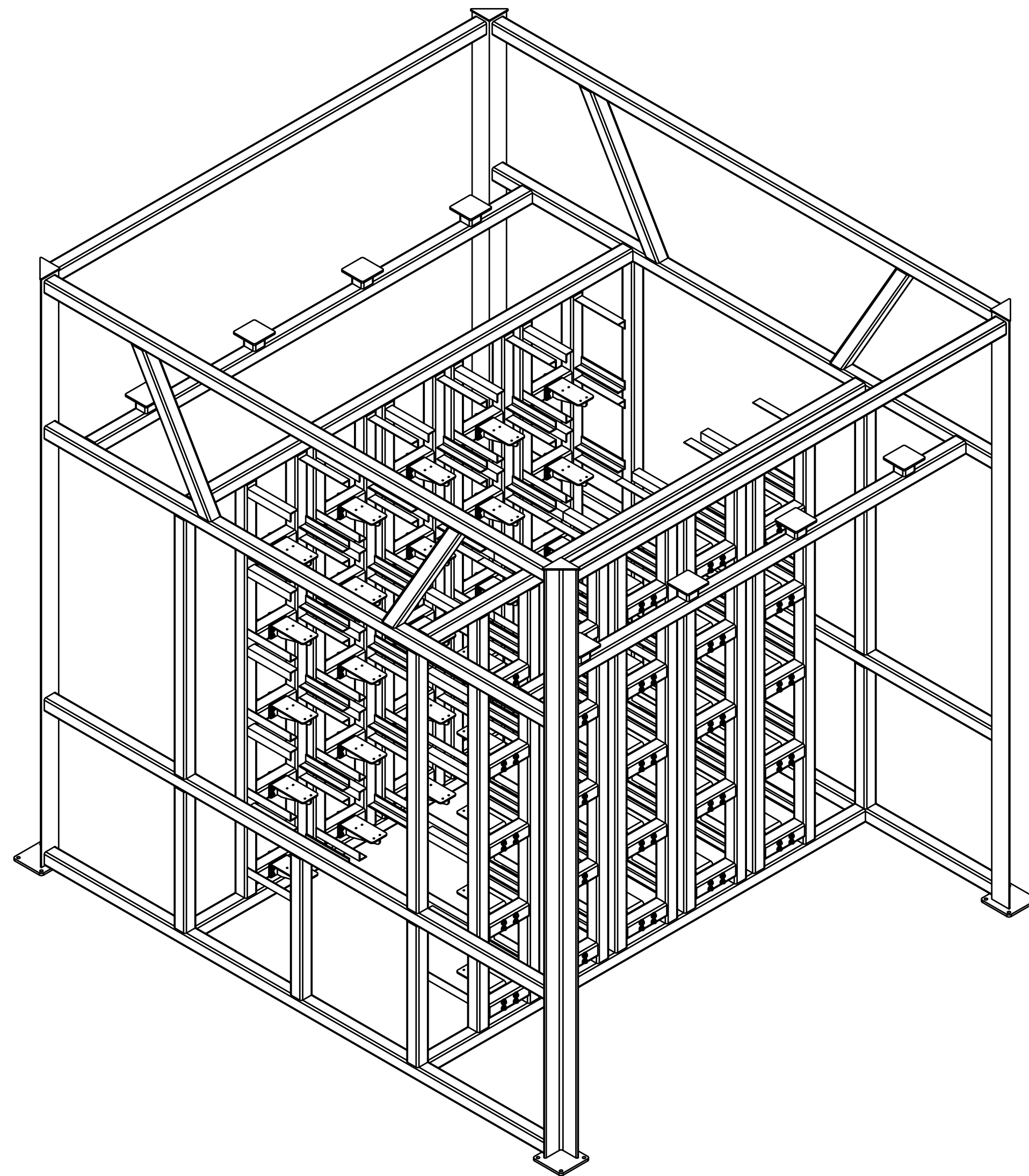
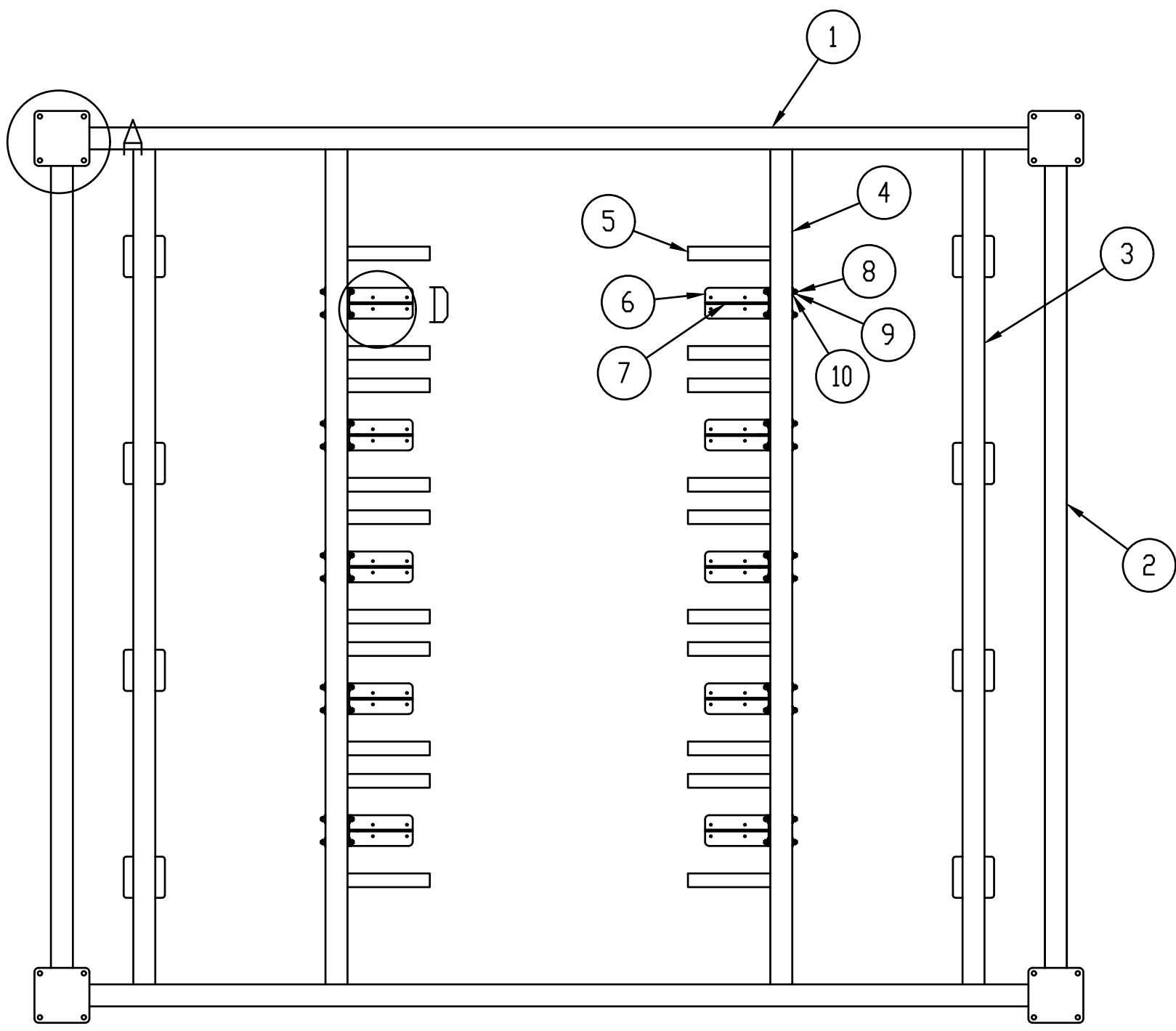
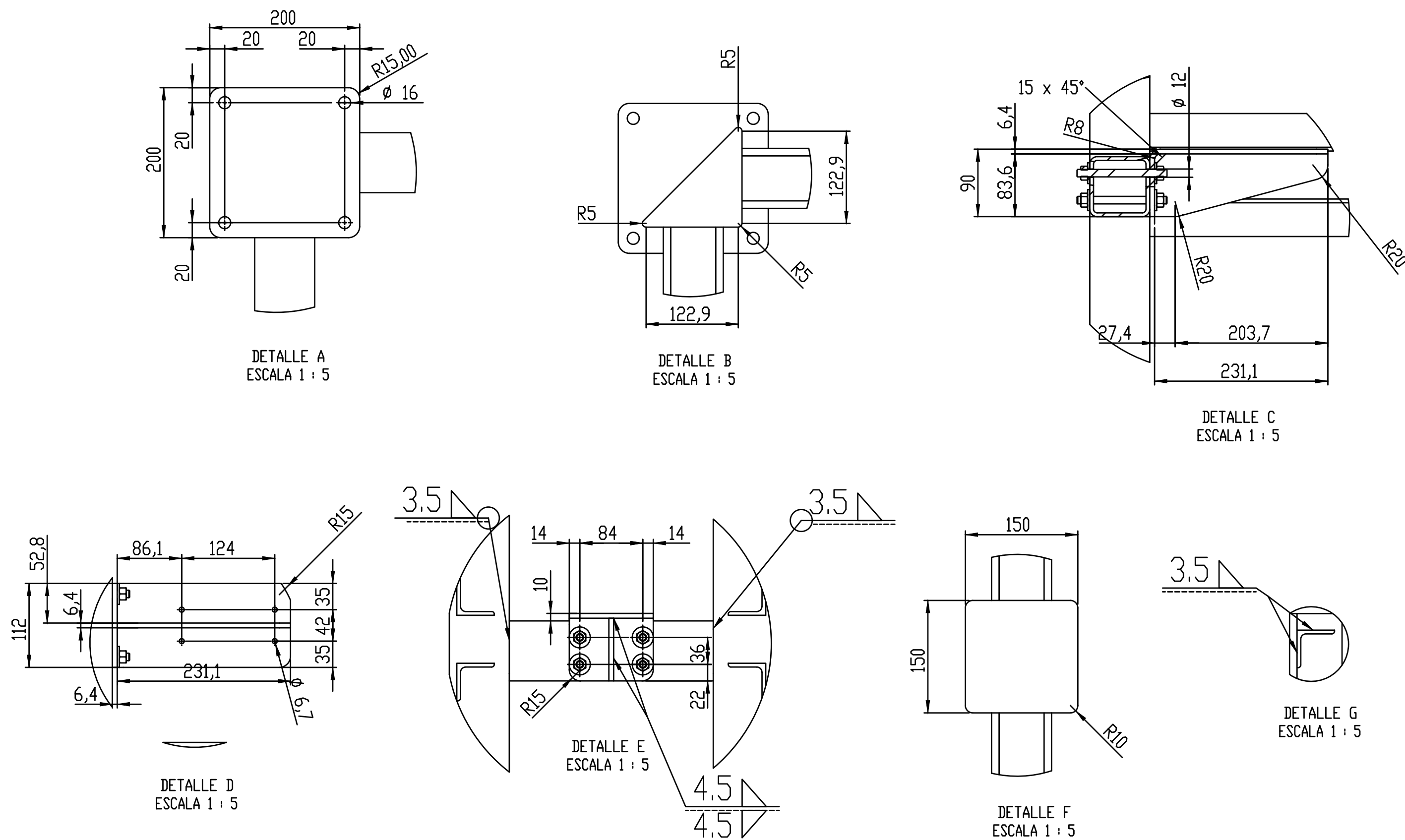
19	2	COL_P19		ACERO IRAM F24	4	0.07
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.		
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:1			
APROBO						



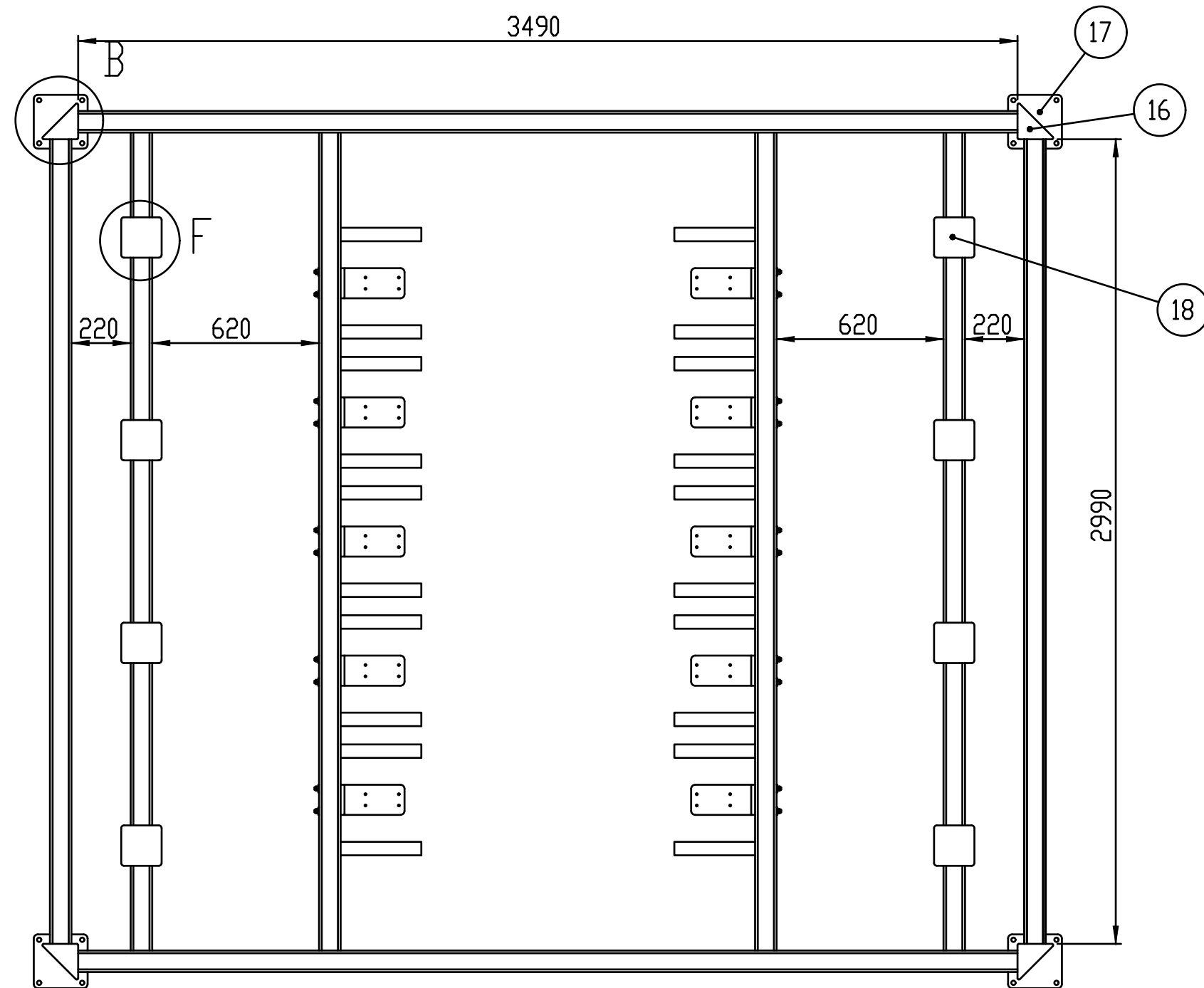
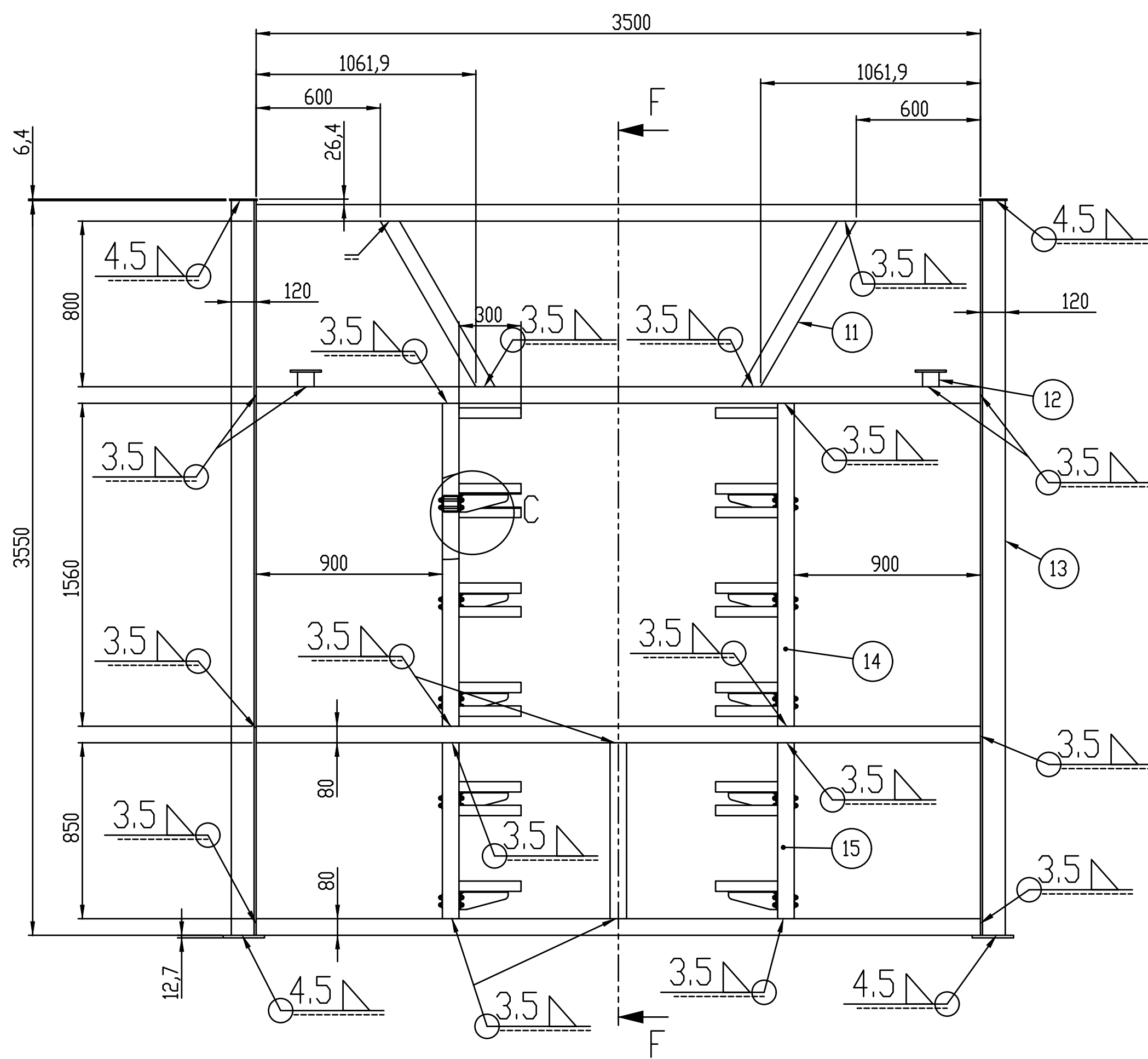
20	2	COL_P20		ACERO IRAM F24	2	1.3
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.		
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5			
APROBO						



21	2	COL_P21	ACERO IRAM F24	2	2.4
POS.	SUBCONJ.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
	FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO	15/04/26	CATENA, DELFINO	1:5		
APROBO					

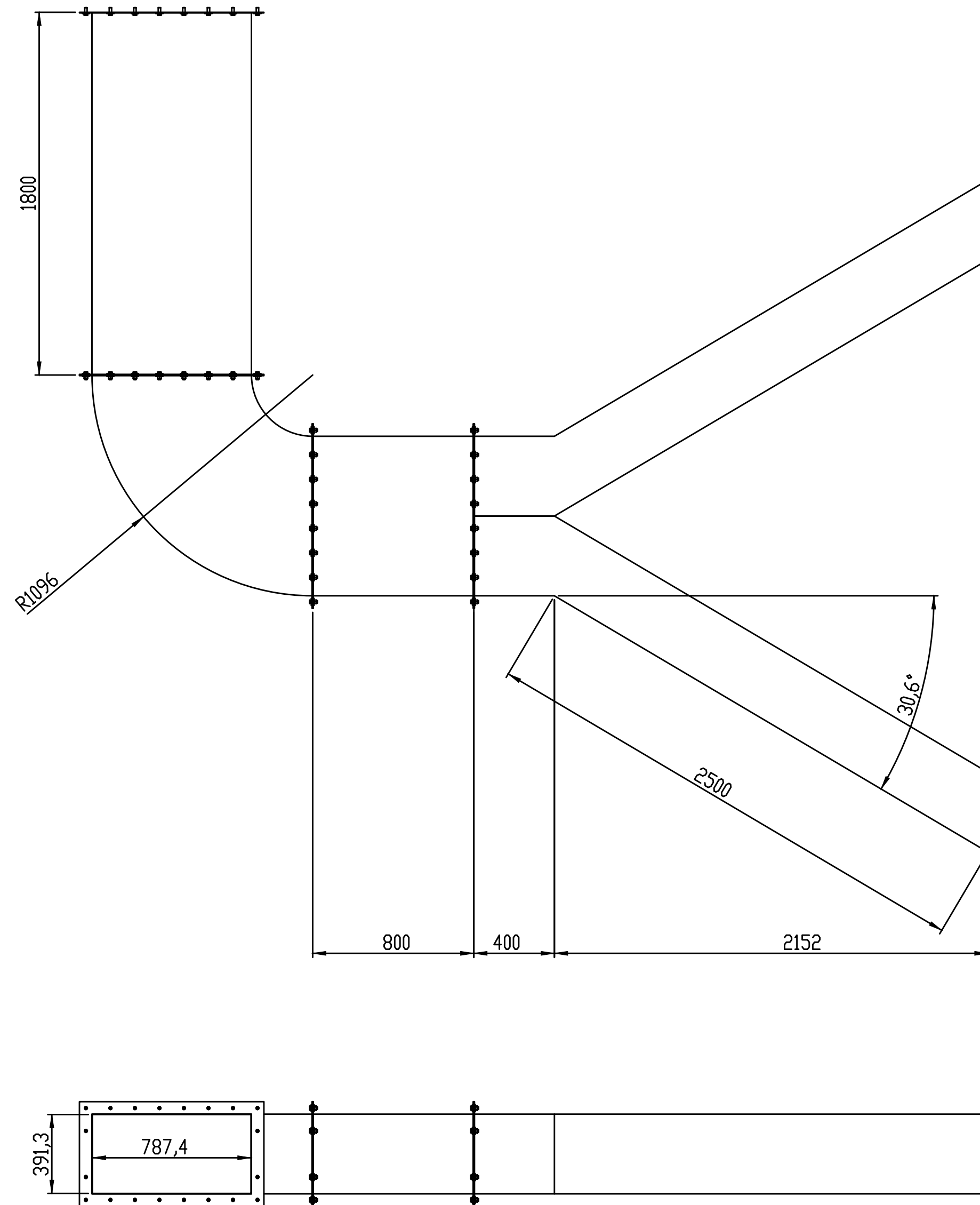


SECCIÓN F-F
ESCALA 1 : 20



ITEM	DENOMINACIÓN	MATERIAL
1	CARO ESTRUCTURAL 80x80x5 mm	ASTM A36
2	CARO ESTRUCTURAL 80x80x5 mm	ASTM A36
3	CARO ESTRUCTURAL 80x80x5 mm	ASTM A36
4	CARO ESTRUCTURAL 80x80x5 mm	ASTM A36
5	ÁNGULO 50 x 5 mm	ASTM A36
6	CHAPA ESP 6,4 mm	F24
7	CHAPA ESP 6,4 mm	F24
8	VARILLA ROSCADA M10 x 1,5 x 120 mm	ACERO AL CARBONO COMERCIAL
9	TUERCA M10 x 1,5	ACERO AL CARBONO COMERCIAL
10	ARANDELA PLANA M10	ACERO AL CARBONO COMERCIAL
11	CARO ESTRUCTURAL 80x80x5 mm	ASTM A36
12	CARO ESTRUCTURAL 80x80x5 mm	ASTM A36
13	ÁNGULO 120 x 120 x 10 mm	ASTM A36
14	CARO ESTRUCTURAL 80x80x5 mm	ASTM A36
15	CARO ESTRUCTURAL 80x80x5 mm	ASTM A36
16	CHAPA ESP 6,4 mm	F24
17	CHAPA ESP 12,7 mm	F24
18	CHAPA ESP 9,5 mm	F24
19	CARO ESTRUCTURAL 80x80x5 mm	ASTM A36

3	ESTR_SCON03	ACERO AL CARBONO	1	-
N° SUBCONJUNTO	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO (KG)
	PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO	TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACION DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"		
FECHA	NOMBRES	ESCALA	A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.	
DIBUJO APROBO	15/04/26 CATENA DELFINO	1:20		



4		DUCT_SCON04		ACERO AL CARBONO GALV.		1			
N° SUBCONJUNTO		DENOMINACION		MATERIAL		CANT.		PESO (KG)	
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO "MEJORA Y ACTUALIZACIÓN DE HORNO VERTICAL PARA EL CONFORMADO Y TEMPLADO DE VIDRIO"					
FECHA		NOMBRES		ESCALA		A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO, LAS DIMENSIONES EN EL PRESENTE PLANO SE ESPECIFICAN EN MILIMETROS.			
DIBUJO		CATENA, DELFINO		1:20					
APROBO									