



Trabajo Fin de Grado

Diseño y fabricación de corredor de mantenimiento
para horno de tratamiento térmico.

Design and manufacture of metallic supports for
heat treatment furnaces

Autor/es

Jose Luis Monfil Perez-Caballero

Director/es

Jose Manuel Franco Gimeno

Titulación del autor

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza

Año

2024/2025

RESUMEN

La idea de Trabajo de Fin de Grado surge como una iniciativa personal para enfrentarme a un desafío que se pudiera dar en mi futura vida profesional. En este caso consistiría en simular la ejecución de un proyecto industrial que cumpla todos los requerimientos del cliente.

A lo largo de este escrito se presentará una propuesta de diseño basada en un análisis previo de la normativa vigente Norma ISO 14122:2017 “*Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanentes a máquinas*”. Se elaborará además un fluograma de procesos, así como una hoja-resumen de cada uno de los mismos, desarrollando cada etapa necesaria para alcanzar el objetivo, además de una partida presupuestaria que recogerá el costo íntegro del proyecto y una estimación del tiempo para la consecución de este.

En los anexos se encontrará todo el material complementario (planos, hojas de procesos, análisis estructural) para el correcto entendimiento y ejecución del proyecto.

INDICE

1.Presentación de objetivos	1
2. Diseño	1
2.1 Porta Estructuras.....	2
2.1.1 Normativa Porta estructuras	2
2.1.2 Diseño Porta estructuras	5
2.2 Guardacuerpos y Rodapié.....	6
2.2.1 Normativa Guardacuerpos	7
2.2.2 Normativa Rodapié.....	8
2.2.3 Diseño Guardacuerpos y Rodapié.	9
2.3 Escaleras de acceso	9
2.3.1 Normativa Escaleras de acceso.....	10
2.3.2 Diseño Escalera de acceso	10
2.4 Pilares	11
2.4.1 Normativa pilar	11
2.4.2 Diseño pilar	11
3.Fabricación.....	12
3.1 Materias primas	12
3.2 Flujograma.....	13
3.3 Hoja de Procesos	14
3.4 Estimación de tiempo y presupuesto	18
4.Conclusiones.....	20
5.Bibliografia.....	21
ANEXO I: Análisis estructural y dimensionado de piezas.....	23
1. Dimensionamiento del Porta estructuras	23
2. Dimensionamiento del pilar.....	27
3. Dimensionamiento del Guardacuerpos	29
ANEXO II: Hojas de Procesos	31
Proceso P1.1: Taladrado de Agujeros	31
Proceso P1.2 Soldadura de la Base-Pilar.....	31
Proceso P2.1: Corte 1(Transversal)	32
Proceso P2.2.1: Corte 3(Empalme)	32

Proceso P2.2.2: Corte 2(Bisel)	33
Proceso P2.3: Preparación de la Soldadura	33
Proceso P2.4: Soldadura Longitudinal	34
Proceso P2.5: Soldadura Porta estructuras	34
Proceso P3.1: Corte 1(Transversal)	35
Proceso P3.2: Corte 2 (Bisel)	35
Proceso P3.3: Preparación de la Soldadura	36
Proceso P4.1.1: Corte 1(Transversal)	36
Proceso P4.1.2: Corte 2(Bisel)	37
Proceso P5.2: Corte 2(Bisel).....	38
Proceso P7.1: Corte 1(Transversal)	38
Proceso P8.1: Corte 1(Transversal)	38
ANEXO III: Planos	41
1.Planos Explosionado Pilar	41
2.Planos Pilares.....	42
3.Planos Explosionado Porta estructuras	43
4.Planos porta estructuras	44
5.Planos Explosionado Guardacuerpos y Rodapiés.....	45
6.Planos Guardacuerpos y Rodapiés	46
7.Planos Explosionado Escaleras	47
8.Planos Escaleras	48
A1.Planos Auxiliar Pieza P1.1.....	49
A2.Planos Auxiliar Pieza P1.2.....	50
A3.Planos Auxiliar Pieza P2.1.1	51
A4.Planos Auxiliar Pieza P2.4.....	52
A5.Planos Auxiliar Pieza P2.5.a	53
A6.Planos Auxiliar Pieza P2.5.b.....	54
A7.Planos Auxiliar Pieza P3.2.....	55
A8.Planos Auxiliar Pieza P5.2.....	56

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1:Vista global del corredor de mantenimiento	1
Figura 2: Porta estructuras	2
Figura 3:Sección de acceso en las pasarelas.....	3
Figura 4: Alcance por encima de una estructura de protección	4
Figura 5:Tabla Alcance por encima de las estructuras de protección.....	4
Figura 6: Marco estructural de vigas IPE	6
Figura 7:Vista ampliada de rejillas antideslizantes	6
Figura 8: Guardacuerpos y Rodapié	6
Figura 9:Esquema del Ensayo 1	8
Figura 10: Esquema del Ensayo 2.....	8
Figura 11:Modulo Guardacuerpos	9
Figura 12:Vista ampliada del rodapié	9
Figura 13:Escalera	9
Figura 14:Pilares.....	11
Figura 15:Pilar explosionado	12
Figura 16: Listado de materias primas.....	13
Figura 17:Flujograma de procesos	14
Figura 18:Ejemplo de hoja de proceso de corte.....	15
Figura 19: Ejemplo de hoja de procesos de taladrado.....	16
Figura 20: Tabla de procesos	17
Figura 21: Tabla de tiempos de los procesos.....	18
Figura 22: Tabla de costes materias primas	19
Figura 23: Tabla de costes operario-maquina	20
Figura 24:Diagrama de fuerzas viga biempotrada	23
Figura 25:Flecha máxima perfil IPE 160	24
Figura 26: Tensión normal del perfil IPE 160	26
Figura 27: Diagrama de esfuerzos del perfil IPE 160.....	26
Figura 28:Tabla de las propiedades físicas de los perfiles IPE	28
Figura 29:Deformaciones Axiales	28
Figura 30:Flecha máxima ensayo.....	29
Figura 31:Flecha máxima ensayo 2	30

1. Presentación de objetivos

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo la elaboración de un proyecto industrial, en el que se abordara el diseño y la planificación de la fabricación de un corredor metálico. Esta estructura estará destinada a facilitar tanto el mantenimiento como el acceso al interior y mejorar la manipulación de las piezas que serán tratadas en un horno de tratamientos térmicos.

El diseño deberá respetar las dimensiones del horno, 10x5x3m, además de tener en consideración que el horno se encuentra dentro de una nave industrial, también tendrá cumplir la vigente Norma ISO 14122:2017 además del “Documento Básico: Seguridad estructural” para estructuras metálicas de acero.

En cuanto al proceso de fabricación, se elaborarán hojas que resuman toda la información de los procesos y un flujograma que esquematice todos estos. Se planificará todo el proceso teniendo en cuenta que la localización del final de la estructura no será la misma que la de su producción.

2. Diseño

El corredor se ha diseñado con una geometría rectangular, con unas dimensiones superficiales de 12,6m de largo y 7,6m de ancho, por el interior, la estructura rodeara al horno en toda su periferia mediante una pasarela de 1.1m de ancho. El corredor se ha diseñado de tal manera que su piso se encuentre a ras con el techo del horno, es decir, a 3 metros de altura respecto del suelo.

Para entender y explicar mejor el diseño del conjunto, se va a dividir la estructura en 4 partes independientes: el Porta estructuras, el Guardacuerpo y Rodapié, los pilares y las Escaleras; cada una con su propia normativa que determinaran las dimensiones principales.

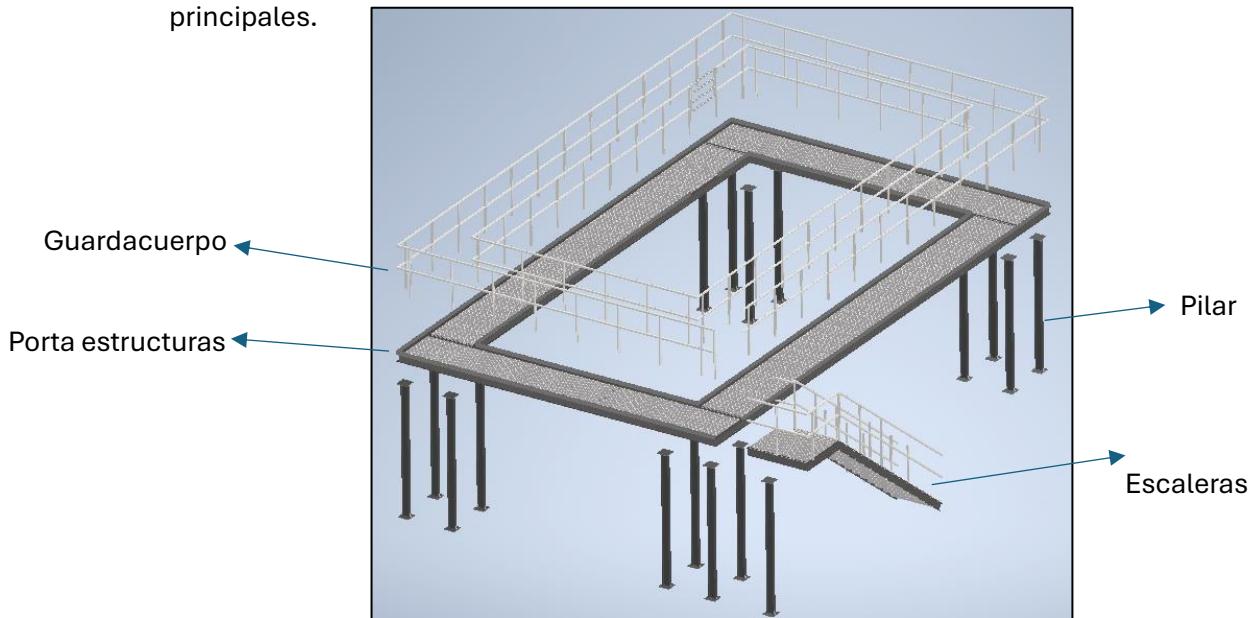


Figura 1: Vista global del corredor de mantenimiento

2.1 Porta Estructuras

El Porta estructuras va a ser la parte más importante en cuanto a resistencia y rigidez de toda la estructura, pues en torno a ella se van a diseñar y montar el resto de los elementos. Va a ser el encargado de distribuir las cargas y esfuerzos a los pilares y de aportar cohesión al conjunto, como ya se ha mencionado previamente el piso del Porta estructuras estará a ras con el techo del horno de tratamientos térmicos, para el resto de las dimensiones generales, como se mencionará en los siguientes apartados, se deducirán de la Norma ISO 14122:2017

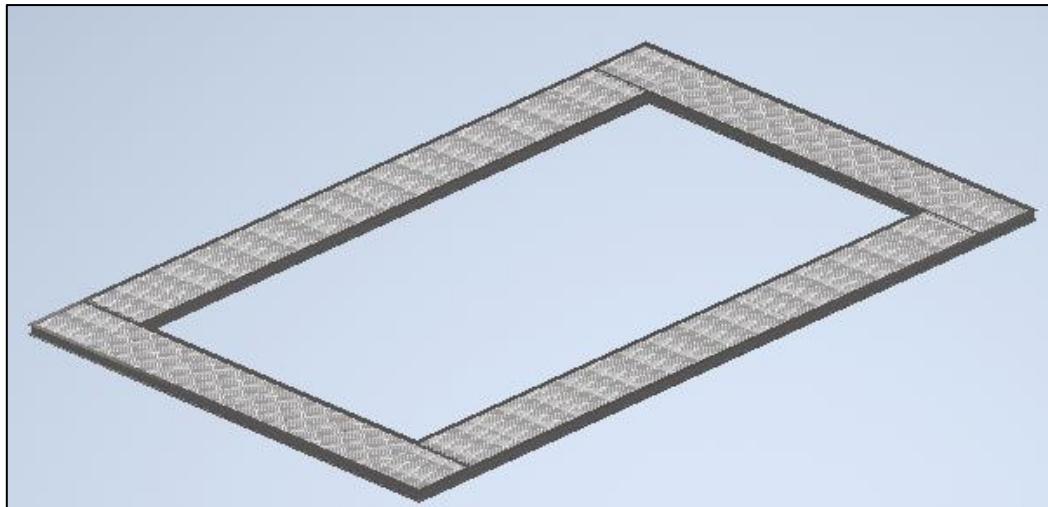


Figura 2: Porta estructuras

2.1.1 Normativa Porta estructuras

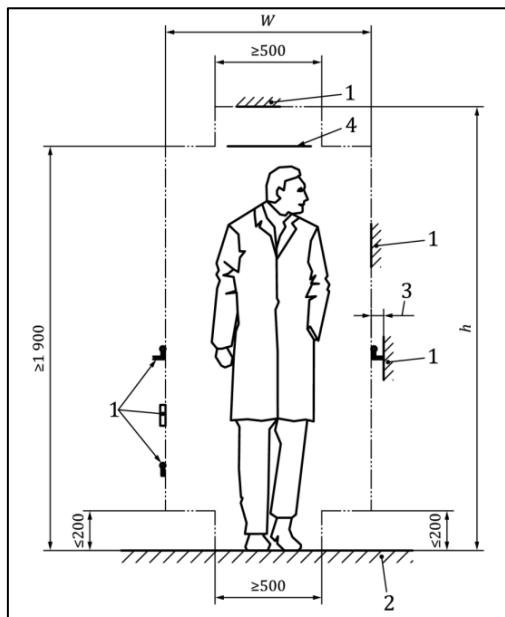
A partir de ahora y para el resto de la estructura nos apoyaremos en las tres primeras partes de la ISO 14122:2017, pues según la Norma ISO 14122-1:2017 *“Parte 1: Selección de medios de acceso fijos y requisitos generales de acceso”* en donde se lee “ Esta parte de la Norma ISO 14122 da requisitos generales para el acceso a las máquinas fijas y orientaciones para la selección correcta de los medios de acceso cuando, siendo necesario el acceso a la máquina fija, no es posible realizarlo directamente desde el nivel de la base o desde una planta o piso”(ISO 14122-1:2017).

Para el correcto diseño del Porta estructuras nos centraremos en la Norma ISO 14122-2:2017 *“Parte 2: Plataformas de trabajo y pasarelas”* en donde se define como plataforma de trabajo “Superficie horizontal a distinto nivel utilizada para el manejo, el mantenimiento, la inspección, la reparación, la toma de muestras y otras fases de trabajo relativas a la máquina”(ISO 14122-2:2017) y pasarela como “Superficie inclinada o a distinto nivel utilizada para desplazarse de un punto a otro”(ISO 14122-2:2017).

Las dimensiones del corredor quedan muy bien definidas en el apéndice 4.2.2 de la ISO 14122-2:2017 en donde se explica que las longitudes y anchuras libres de las pasarelas y plataformas de trabajo deben diseñarse en función de:

- a) los requisitos de la tarea; por ejemplo, posiciones, naturaleza y velocidad del movimiento, fuerza aplicada, etc.;
- b) que los operadores lleven o no herramientas, piezas de repuesto, etc.;
- c) la frecuencia y duración de la tarea y la utilización;
- d) el número de operadores y equipos utilizados que puedan estar al mismo tiempo sobre la pasarela o plataforma de trabajo;
- e) la posibilidad de que se encuentren los operadores;

Por lo que al ser un corredor en el que está pensado para que puedan trabajar dos operadores, la anchura libre queda determinada por la norma que estipula: “Si la pasarela se utiliza con frecuencia para que pasen o se crucen simultáneamente varias personas, la anchura libre, w , debe aumentarse al menos a 1 000 mm” (ISO 14122-2:2017)



- 1 Obstrucción permanente, tal como guardacuerpo, pared, máquina, techo.
- 2 Pasarela/plataforma.
- 3 Espacio mínimo entre pasamanos y obstáculo.
- 4 Obstáculo que cruza.
- w Anchura libre.
- h Altura libre.

Figura 3: Sección de acceso en las pasarelas

Otra dimensión que queda restringida por otra norma la podemos encontrar en la Norma ISO13857:2019 “*Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores*” en donde se nos indica la distancia de seguridad que debe haber por encima de una estructura de protección que, en otras palabras, nos indica la distancia mínima entre el Guardacuerpo y el horno de tratamientos térmicos, que a su vez restringe la distancia entre el horno y el Porta estructuras.

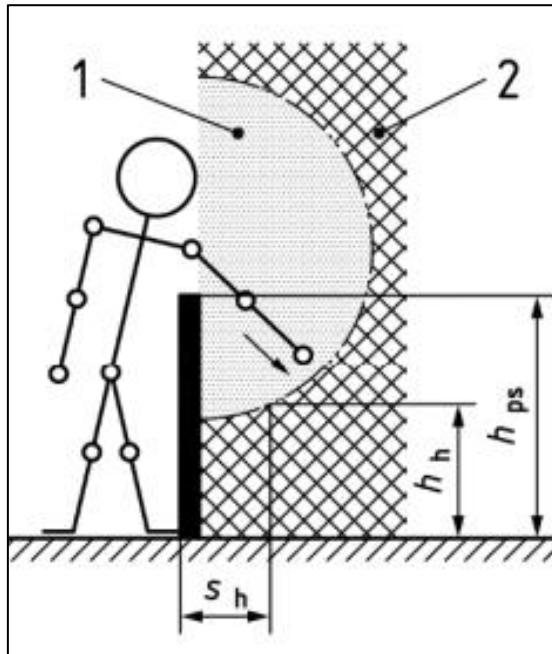


Figura 4: Alcance por encima de una estructura de protección

Por lo que como se nos explicará más adelante en la normativa relacionada con el Guardacuerpos, cuando este se instale su altura mínima deberá de ser de al menos 1100 mm de altura. La norma también se nos explica que deberemos instalar un rodapié que impida la caída de objetos o permita sacar los pies de la estructura por lo que deberá tener al menos una altura de 100mm, por lo que, con estos datos, siendo la altura del guardacuerpos la h_{ps} y la del rodapié la h_h , la distancia s_h de seguridad horizontal quedara fijada según la tabla de la propia ISO13857:2019(véase Figura 5).

h_h , altura del punto de la zona peligrosa más próximo a la zona de alcance de los miembros superiores	h_{ps} , altura de la estructura de protección ^a									Medidas en milímetros
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	
s_h , distancia de seguridad horizontal del punto de la zona peligrosa más próximo de la zona de alcance de los miembros superiores										
2 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2 400	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
2 200	600	600	500	500	400	350	250	0	0	
2 000	1 100	900	700	600	500	350	0	0	0	
1 800	1 100	1 000	900	900	600	0	0	0	0	
1 600	1 300	1 000	900	900	500	0	0	0	0	
1 400	1 300	1 000	900	800	100	0	0	0	0	
1 200	1 400	1 000	900	500	0	0	0	0	0	
1 000	1 400	1 000	900	300	0	0	0	0	0	
800	1 300	900	600	0	0	0	0	0	0	
600	1 200	500	0	0	0	0	0	0	0	
400	1 200	300	0	0	0	0	0	0	0	
200	1 100	200	0	0	0	0	0	0	0	
0	1 100	200	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 5:Tabla Alcance por encima de las estructuras de protección

Por lo tanto, habrá que dejar un espacio de al menos 200mm entre el contorno interior del Porta estructuras y el contorno exterior del horno.

En cuanto al piso se nos indican que debemos diseñarlo evitando peligros como: por acumulación de fluidos, por acumulación de sustancias, por tropiezos o por caída de objetos, además de indicarse en el apéndice 4.1.2 “Las pasarelas y plataformas de trabajo deben diseñarse y construirse de manera que las superficies de paso tengan propiedades antideslizantes duraderas”. La solución adoptada cumplirá estos requisitos mediante la utilización de rejillas antideslizantes de acero galvanizado.

Por último, se nos indica finalmente las cargas y esfuerzos mínimos que debe de soportar el corredor, así como la flecha máxima admisible según la norma “Las cargas mínimas a tener en cuenta para las pasarelas y plataformas de trabajo son:

- 2 kN/m² carga uniformemente distribuida a considerar para la estructura;
- 1,5 kN carga puntual aplicada en la posición más desfavorable, repartida en una superficie de 200 mm × 200 mm de piso.

La flecha del piso sometido a las cargas de diseño no debe ser superior a 1/200 de la luz.” (ISO 14122-2:2017)

2.1.2 Diseño Porta estructuras

Como se ha mencionado en el apartado anterior, el diseño del Porta estructuras debe asegurar unas cotas dimensionales, así como unas propiedades del piso que garanticen los requisitos de seguridad. Las dimensiones exteriores serán de 12,6m de largo y 7,6m de ancho, el hueco interior tendrá una longitud de 10,4m y una anchura de 5,4m lo que deja una pasarela de 1.1m de ancho a cada lado (consultar plano en Anexo III).

Para el diseño se ha decidido utilizar perfiles IPE 160, para el marco exterior, y perfiles IPE 100, para los elementos transversales del marco interior (véase Figura 6), ambos de acero estructural S-235 JR. Esta elección está basada en diferentes aspectos como: la versatilidad que proporcionan a la hora de la fabricación, sus propiedades mecánicas y precio. En cuanto al piso, como debía de cumplir la condición de que tuviese propiedades antideslizantes, se ha optado por unas rejillas de flejes iguales con dentado ondulado de acero galvanizado (véase Figura 7) del proveedor Grupo Relesa (véase en Bibliografía).

Al diseñar el marco estructural, se ha tenido en cuenta la reducción de las secciones longitudinales más grandes, es por eso que las vigas interiores de los lados largos son más cortas que las exteriores y van empotradas directamente a las de los extremos cortos, esta decisión del diseño es debido a que cuando se realice el análisis estructural, estas serán las más solicitadas en términos de esfuerzos. Por último, hay que mencionar que se han elegido los perfiles IPE 100 debido a que cuando se suelden al alma de los IPE 160 la diferencia de altura entre sus alas será la misma que la altura de las rejillas por lo que estas no sobresaldrán respecto de los IPE 160.

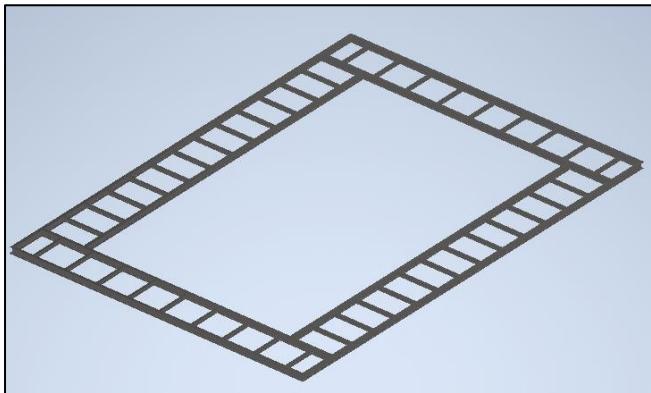


Figura 6: Marco estructural de vigas IPE

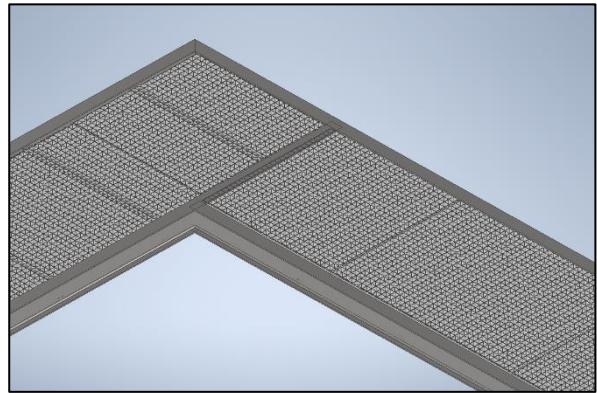


Figura 7: Vista ampliada de rejillas antideslizantes

2.2 Guardacuerpos y Rodapié

La función principal de estos dos elementos es la de evitar precipitaciones al vacío desde la estructura, el Guardacuerpos impide que cualquier operario pueda caerse del corredor y le proporciona soporte mediante el pasamanos. El Rodapié es un elemento muy simple pero eficaz que impide que el operario pueda sacar los pies por fuera del corredor y que no pueda precipitarse al exterior cualquier pieza o herramienta que se caiga al piso.

Es por todo eso que, si antes hemos considerado al Porta estructuras como el más importante en cuanto a resistencia y rigidez, se debería considerar al conjunto Guardacuerpos y Rodapié como el más importante en cuanto a la prevención de riesgos y garantización de la seguridad.

El Guardacuerpos es respecto al techo del horno de tratamientos la parte que más se eleva en altura del corredor, y junto con los pilares, los elementos más llamativos de la estructura por lo que, aun que tanto el Rodapié como el Guardacuerpos cumplen una función puramente de seguridad, esto no debería impedir que su diseño fuera igual de estético como funcional.

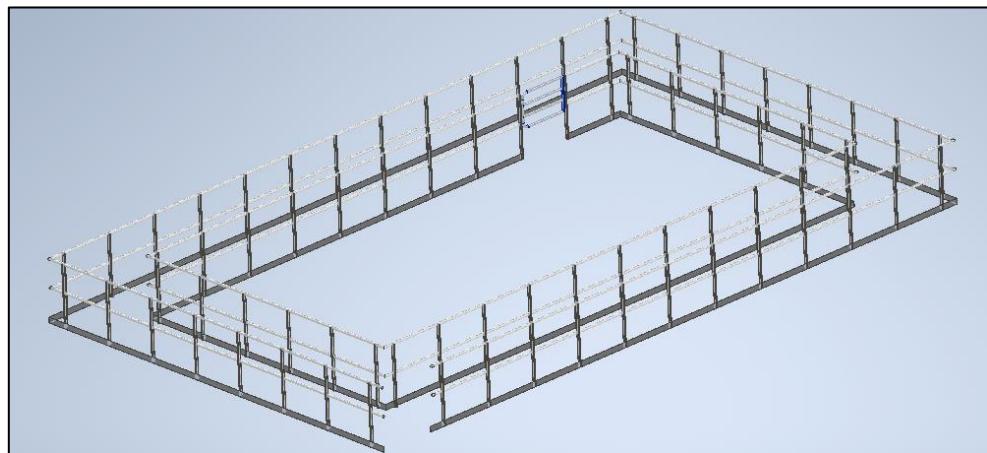


Figura 8: Guardacuerpos y Rodapié

2.2.1 Normativa Guardacuerpos

Para encontrar todo lo relacionado con las normas que indiquen y restrinjan su diseño tenemos que acudir a la Norma ISO 14122-3:2017 “*Parte 3: Escaleras, escalas de escalones y guardacuerpos*” en donde en el apéndice 7.1.1 se nos justifica la fabricación y uso del guardacuerpo siempre y cuando la altura de la posible caída sea superior a 500mm, que en nuestro caso particular es superada con creces.

En cuanto a las dimensiones, no hay mucho margen a la interpretación puesto que se nos explica claramente algunas condiciones generales:

“-La altura mínima del guardacuerpo debe ser 1100 mm. La altura del pasamano debe ser ≤1100 mm. El pasamano debe ser paralelo a la línea de huella.

- El guardacuerpo debe incluir, al menos, un listón intermedio o cualquier otra protección equivalente. El espacio libre entre el pasamano y el listón intermedio, así como entre el listón intermedio y el rodapié, no debe ser superior a 500 mm.” (ISO 14122-3:2017).

Por último, se nos especifica como en el caso de contar con una puerta de seguridad en el guardacuerpo esta debería cumplir una de las siguientes cualidades:

- Disponer de cierre automático.
- Mantenerse en posición cerrada pero no bloqueada.
- Diseñarse para ser abiertas con facilidad hacia la plataforma o piso.
- Disponer de un cierre contra un tope firme para evitar caídas de los usuarios.

En cuanto a las cargas y esfuerzos que el Guardacuerpos debe de resistir la norma indica una serie de ensayos estructurales que debe cumplir para considerar la estructura segura, y son:

-La carga para la verificación de usabilidad está representada por la fórmula (1):

$$F_U = 300 \text{ N/m} \times L \quad (1)$$

-La carga para la verificación de la resistencia está representada por la fórmula (2):

$$F_S = \gamma \times F_U \quad (2)$$

Para el acero y aluminio como el factor de material $\gamma = 1,75$, se utiliza la fórmula (3):

$$F_S = 525 \text{ N/m} \times L \quad (3)$$

La carga previa está representada por la fórmula (4):

$$F_P = 75 \text{ N/m} \times L \quad (4)$$

Ensayo 1

Para evitar los efectos del ajuste, la carga previa, F_P , se aplica en el pasamano en la posición 1, como se muestra en la figura 11 durante 1 min. Despues de retirar la carga, el medidor de desplazamiento se reiniciará a cero. La carga F_U se aplica en la posición 1 de

la misma manera. La flecha durante la aplicación de la carga no debe exceder de 30 mm. Después de medir la flecha, la carga debe incrementarse a FS. Se aplica FS durante un minuto. Después de retirar la carga, la flecha permanente no debe exceder el 0,3% de la altura, H

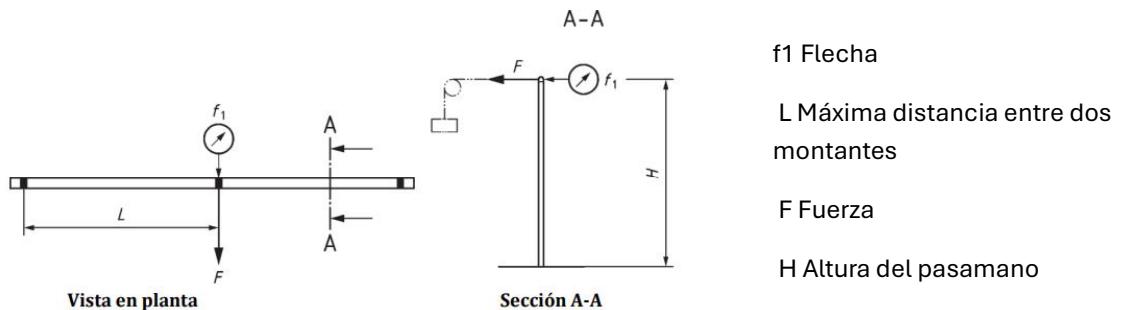


Figura 9: Esquema del Ensayo 1

Ensayo 2

Para evitar los efectos del ajuste, la carga previa, FP, se aplica en el guardacuerpo en la posición 2, como se muestra en la figura 12 durante 1 min. Después de retirar la carga, el medidor de desplazamiento tiene que ser reiniciado a cero.

La carga FU se aplica en la posición 1 de la misma manera. La flecha durante la aplicación de la carga no debe exceder de 30 mm.

Después de medir la flecha, la carga debe incrementarse a FS. Se mantiene FS durante un minuto. Después de retirar la carga, la flecha permanente no debe exceder el 0,3% de la distancia, L.

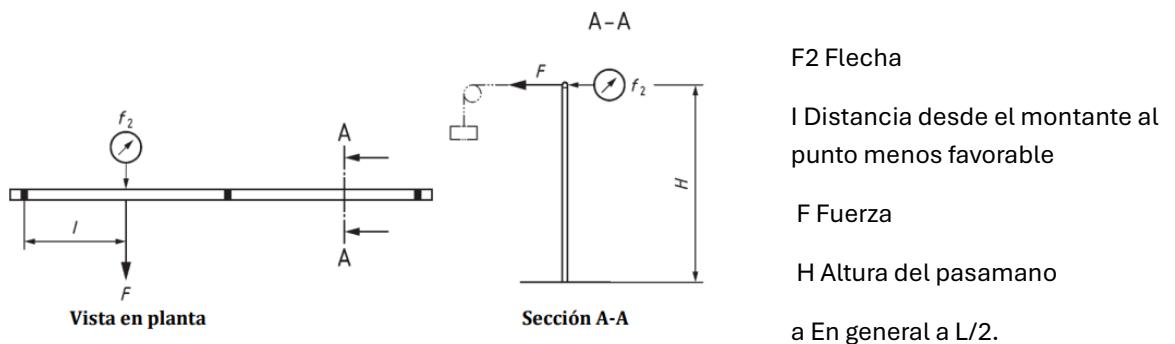


Figura 10: Esquema del Ensayo 2

2.2.2 Normativa Rodapié

La Norma ISO 14122-2:2017 es muy contundente en el uso del Rodapié pues, en el apéndice 4.2.4.5.2 se nos indica que se deberá instalar un rodapié siempre que el hueco entre la pasarela y un elemento contiguo (en nuestro caso el horno) se $\geq 20\text{mm}$, condición

que siguiendo la normativa del Porta estructuras se cumple. En cuanto a la altura del rodapié, la norma obliga en que sea de al menos 100mm.

2.2.3 Diseño Guardacuerpos y Rodapié.

El conjunto Guardacuerpos y Rodapié va a ser el más voluminoso del conjunto, es por eso que a la hora de seleccionar los componentes y materiales hay que valorar diferentes aspectos como: resistencia, facilidad para trabajarlos, peso, coste, estética...

Es por todo esto que el material finalmente seleccionado ha sido el aceroS-235 JRH, para el Guardacuerpos (consultar plano en Anexo III) vamos a utilizar 2 tipos de tubos: uno rectangular con una sección de 50x25x2,5mm y un circular de sección ø50x5mm (véase Figura 10). Los tubos rectangulares conformaran el montante y tendrán una altura de 1100 para cumplir con la normativa, para el pasamanos y el listón intermedio utilizaremos los de sección circular; en cuanto al rodapié, estará formado por una chapa de 100mm de altura y 3mm de espesor y se instalara por ambos lados del corredor (véase Figura 11).

Al estar el Guardacuerpos montado en el Porta estructuras, todas sus cotas dimensionales vendrán determinadas por este último, mencionadas en el apartado 2.1.2.



Figura 11:Modulo Guardacuerpos

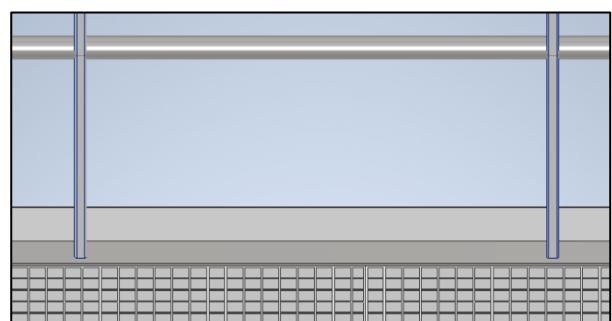


Figura 12:Vista ampliada del rodapié

2.3 Escaleras de acceso

Como su propia definición indica la escalera de acceso es un elemento auxiliar que facilita el acceso y tránsito de los empleados en la obra con seguridad, pero aun que sea un elemento auxiliar de tránsito no le resta importancia respecto al resto de estructuras del corredor.



Figura 13:Escalera

2.3.1 Normativa Escaleras de acceso

La ISO 14122-3:2017 es bastante estricta en cuanto a las dimensiones y posiciones de los escalones, lo primero que se nos indica es que para que sea considerada una escalera, el ángulo de inclinación tiene que estar comprendido entre 30° - 38° y como máximo 45° . En cuanto a la posición y orientación de los escalones, la norma está orientada a la prevención de la caída de objetos por el hueco entre escalones o tropiezos de los operarios y dice que los requisitos generales aplicables a la escalera son:

1. La huella, g , y la contrahuella, h , deben respetar la formula (1): $600 \leq g + 2h \leq 660$ (dimensiones en mm) (1) .
2. La huella (distancia entre la profundidad del escalón y la proyección) debe estar entre 210 mm y 310 mm.
3. La proyección, del escalón debe ser ≥ 10 mm y se debe aplicar igualmente a los descansillos y plantas.
4. En un mismo tramo, la contrahuella, debe ser constante, en el caso de que no sea posible mantenerla constante, la contrahuella del primer escalón en el tramo se puede reducir, como máximo un 15%.
5. El escalón más alto debe estar al mismo nivel que el descansillo.
6. La altura libre (calabazada), debe ser, como mínimo 2 300 mm.(ISO 14122-3:2017)

En cuanto a la normativa para los cálculos de resistencia y dimensiones tanto del porta estructuras como del guardacuerpo y rodapié de la escalera recaen en la previamente mencionada.

2.3.2 Diseño Escalera de acceso

En cuanto al diseño se ha querido seguir el concepto y la estética que han regido los diseños anteriores, se usarán los mismos elementos y materiales para el Guardacuerpos y Rodapié. Para el Porta estructuras, mantendremos los perfiles IPE 100 para sujetar las rejillas antideslizantes, sin embargo, se sustituirán los perfiles IPE 160 por unos perfiles UPN 160 para el diseño de las zancas y el marco exterior, los cuales son más baratos y ligeros. Este cambio se debe a que al tener un pilar exclusivamente para soportar el peso de la escalera, los perfiles estarán menos demandados y no necesitarán tanta resistencia, además de que para soldar los escalones será más fácil soldar por el lado plano del perfil, que si tuviera geometría IPE (consultar planos en Anexo III).

En cuanto a los escalones, debido a su dificultad para manufacturarlos, se ha optado por comprarlos a un distribuidor, los cuales tendrán las dimensiones normalizadas que deseamos y cumplirán la normativa que corresponda, por lo que serán de acero galvanizado y contaran con propiedades antideslizantes (véase Figura 13).

2.4 Pilares

Los pilares son la base del corredor del mantenimiento, y los encargados de soportar todo el peso de la estructura y de fijarla al suelo. Debido a que son los elementos que más solicitados de todo el conjunto habrá que tener especial cuidado a la hora de dimensionarlos.

Tanto los pilares como el Porta estructuras se han diseñado para que en combinación de alturas el piso del Porta estructuras quede a ras con la parte superior del horno de tratamientos térmicos, que en este caso se encuentra a 3 metros respecto al nivel del suelo.

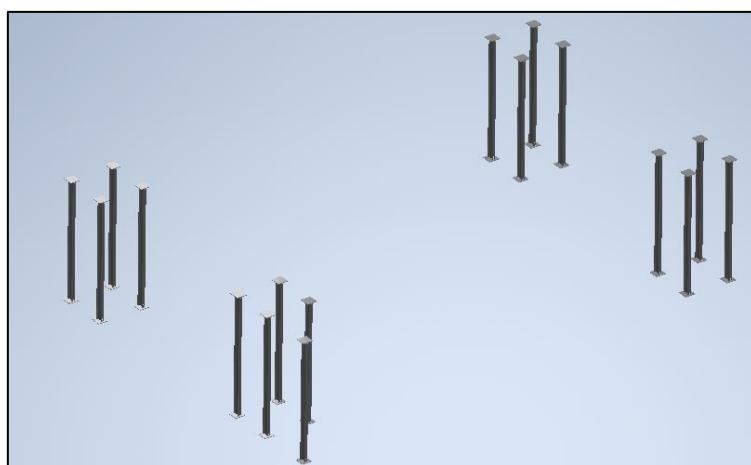


Figura 14:Pilares

2.4.1 Normativa pilar

La normativa que regirá y establecerá los límites para el diseño de los pilares en cuanto a la seguridad y estabilidad del pilar viene comprendida en el “Documento Básico: Seguridad estructural” en el que se recoge en el apéndice 4.3.3.2 que la flecha máxima ante desplazamientos horizontales es 1/250 de la altura de la planta, además de que se deberá dimensionar, evitando en todo momento la posibilidad de pandeo (ver Anexo I).

2.4.2 Diseño pilar

La estructura está constituida por 17 pilares, cuatro en cada esquina del Porta estructuras más pilar adicional en la esquina exterior de las escaleras para asegurar su integridad (consultar plano en Anexo III). Cada pilar está a su vez formado por dos placas de acero estructural S-235 JR de 250x250x15 mm, un perfil IPE 160 de 2810 mm, además de dos juegos cartelas de refuerzo (véase Figura 15), para mitigar posibles esfuerzos horizontales por algún accidente, ya que el corredor solo va a estar sometido a cargas axiales.

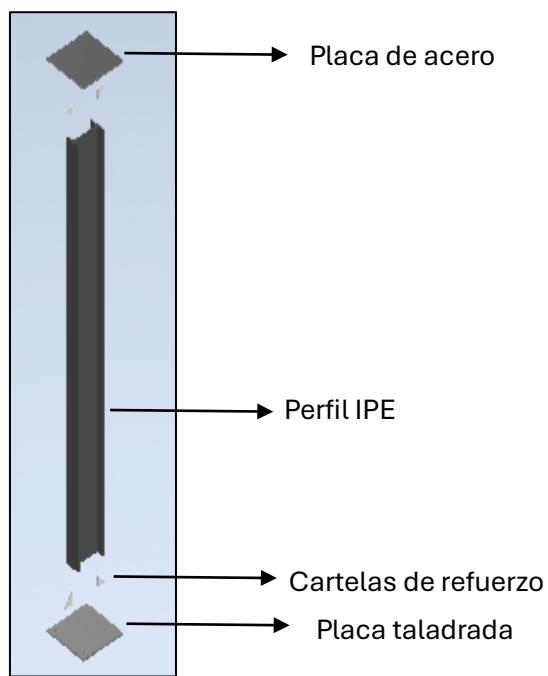


Figura 15:Pilar explosionado

3.Fabricación

La fabricación es el proceso de transformación de materias primas o componentes en productos acabados mediante el uso de herramientas, maquinaria y trabajo humano. En esta sección vamos a seguir todo el proceso de la estructura, empezando por la recepción de materiales, pasando por todos los procesos que le realizaremos a las piezas en el taller industrial, hasta que salen camino a la localización en donde se montaran el corredor de mantenimiento. Concluiremos este apartado dando una partida presupuestaria tanto de los materiales como de los procesos además de una estimación del tiempo previsto.

3.1 Materias primas

A la hora de diseñar se ha seguido la normativa vigente y se ha dimensionado usando en la medida de lo posible cotas normalizadas, además del seleccionado de materiales más comunes y de los que hay gran oferta como es el caso de los aceros S-235 JR Y S-235 JRH, por lo que nos va a resultar sencillo adquirir todos los componentes necesarios en el mercado a través de distintos proveedores.

Elemento	Cantidad
Pletinas Rodapié	83
Tubos Circulares	36
Rejillas L=1.4m	20

Cartelas de refuerzo	68
Vigas IPE 160	25
Tubos Rectangulares	19
Peldaños	14
Placas Acero 15mm	34
Viga IPE 100	9
Rejillas L=1m	8
Vigas UPN 160	3
Puerta Seguridad	1

Figura 16: Listado de materias primas

La propuesta de un diseño simple y sencillo a resultado en un listado reducido en el que se pueden agrupar las materias primas en categorías (Vigas, tubos, rejillas...) resultando más fácil la adquisición de elementos desde un mismo proveedor.

3.2 Flujograma

El flujograma es la parte más importante del proceso de fabricación puesto que es la representación gráfica y secuencial del proceso o flujo de trabajo con todas las tareas y actividades principales necesarias para la fabricación de los elementos que compondrán la estructura final.

Esta herramienta sirve a su vez para organizar las labores de fabricación según la maquinaria que se va a utilizar o la materia prima que se va a procesar, gracias a este esquema visual, es posible llevar a cabo un análisis crítico de la optimización de procesos y secuencias de trabajo. Esto no solo permite identificar oportunidades para reducir los costos asociados a la producción, sino también disminuir significativamente los tiempos de trabajo, incrementando la eficiencia y la competitividad en el entorno industrial.

Para nuestro proyecto de fabricación se ha diseñado el flujograma teniendo en mente dos conceptos, la agrupación de procesos según la materia prima que se esté manufacturando en ese momento, es decir visualizar todas las operaciones secuenciadas que vamos a realizar a un mismo elementos y segundo, la realización de la mayor cantidad de procesos posibles en el taller industrial de fabricación. Esto se entiende mejor si comprendemos que donde se van a elaborar las piezas no es la misma localización en donde se va a montar el corredor de mantenimiento, por lo que sería posible montar toda la estructura en el taller, pero sería inviable a la hora de transportarla puesto que la conjunto tiene un volumen aproximado de 12,6x7,6x3m, por lo que se van a fabricar y ensamblar la mayor cantidad de piezas las cuales no dificultarían su transporte en camión o tráiler.

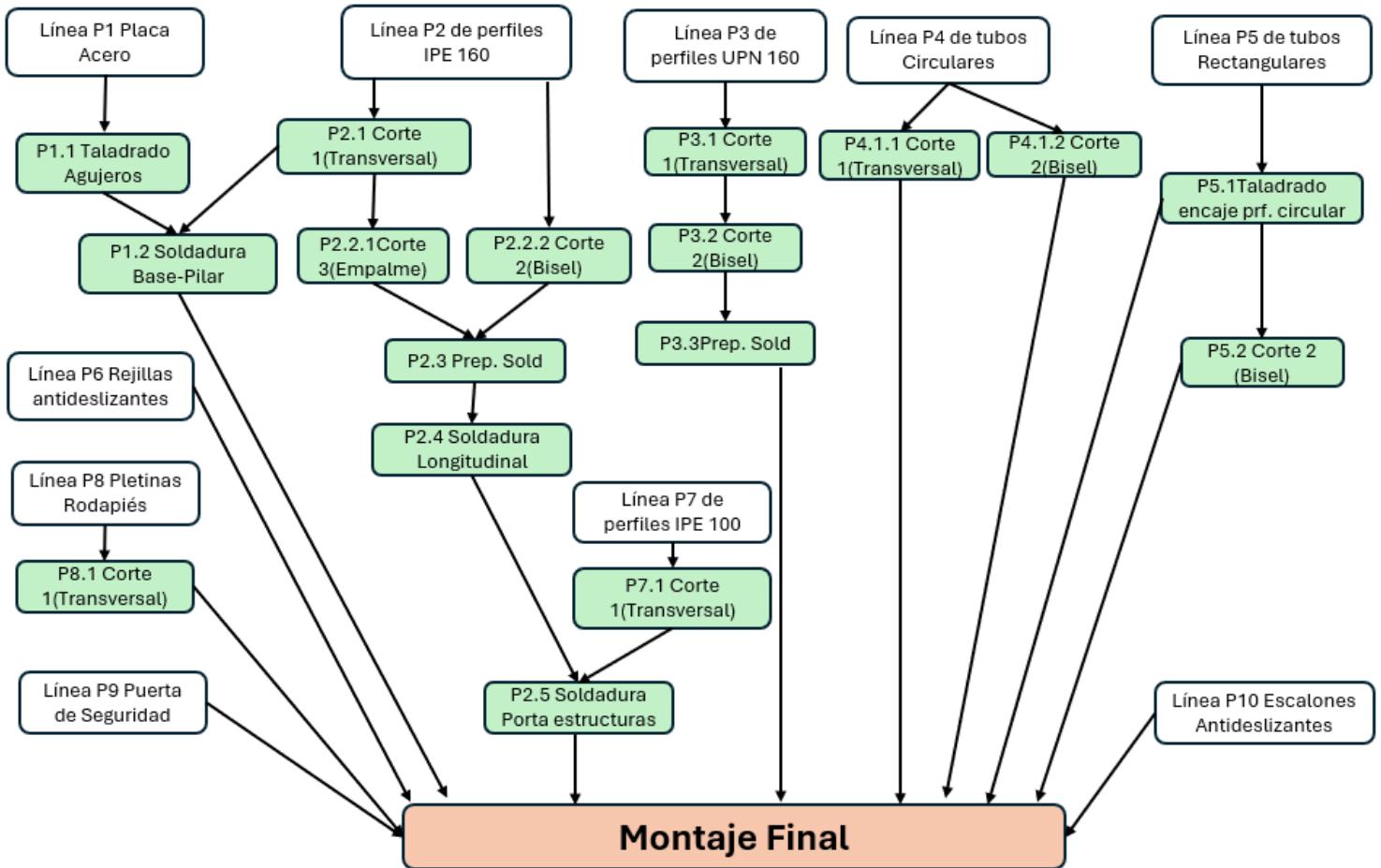


Figura 17:Flujograma de procesos

Como se puede observar, se ha organizado el flujograma en líneas de trabajo según los elementos que van a estar involucrados en los procesos (perfiles IPE, tubos, placas...), además de incluirse elementos a los cuales no se van a realizar ningún proceso, como la puerta de seguridad, las rejillas antideslizantes o los escalones. También se ha facilitado el montaje final, soldando algunos elementos en el taller, como los pilares de la base o las vigas y corredores del Porta estructuras, elementos que son muy largo pero que cabrían perfectamente en un tráiler.

3.3 Hoja de Procesos

Las hojas de procesos son el recurso necesario y complementario al flujograma, son la materialización de este, además constituyen el medio a través del cual el ingeniero, encargado de diseñar y elaborar el plan de fabricación, transmite la información necesaria al operario que llevará a cabo la producción de las piezas en el taller.

Por lo que su forma y redacción es de vital importancia para completa comprensión y entendimiento de este, puesto que tiene que ser capaz de explicar de manera completa, todos los detalles y parámetros tanto de la pieza como de la máquina y herramienta para la

correcta realización de la pieza a una persona que ha sido ajena a todo el proceso de diseño, que en este caso serían los operarios que van a utilizar la maquinaria solicitada.

Para este proyecto hemos organizado la estructura de las hojas de procesos en tres bloques:

- Entrada: En donde se definen las características básicas de la preforma que entra al proceso, como dimensiones significativas o el material del que está hecho, además de una indicación de cómo se debe alimentar y preposicionar la pieza y cuantos operarios deben involucrarse en el proceso.
- Proceso: Aquí se detalla la máquina o herramienta que se van a utilizar, así como los parámetros del proceso, también se indican los utillajes necesarios para la correcta realización del proceso.
- Extracción: Se indica como deber ser la extracción y las dimensiones finales de la pieza, si la pieza es muy compleja se debe de acompañar con un plano en donde se entienda el proceso que se debe aplicar a esta.

Por último, se añade a la pieza un desglose del tiempo que se tarda en completar todo el proceso, indicando los tiempos de alimentación, extracción y del tiempo de funcionamiento de la máquina.

A continuación, se añaden unos ejemplos de las hojas de procesos, con diferentes máquinas para la realización del corredor (véase Figura 15 y 16), el resto de las hojas de procesos se encuentran en el Anexo II: "Hoja de procesos".

Proceso P2.1: Corte 1(Transversal)

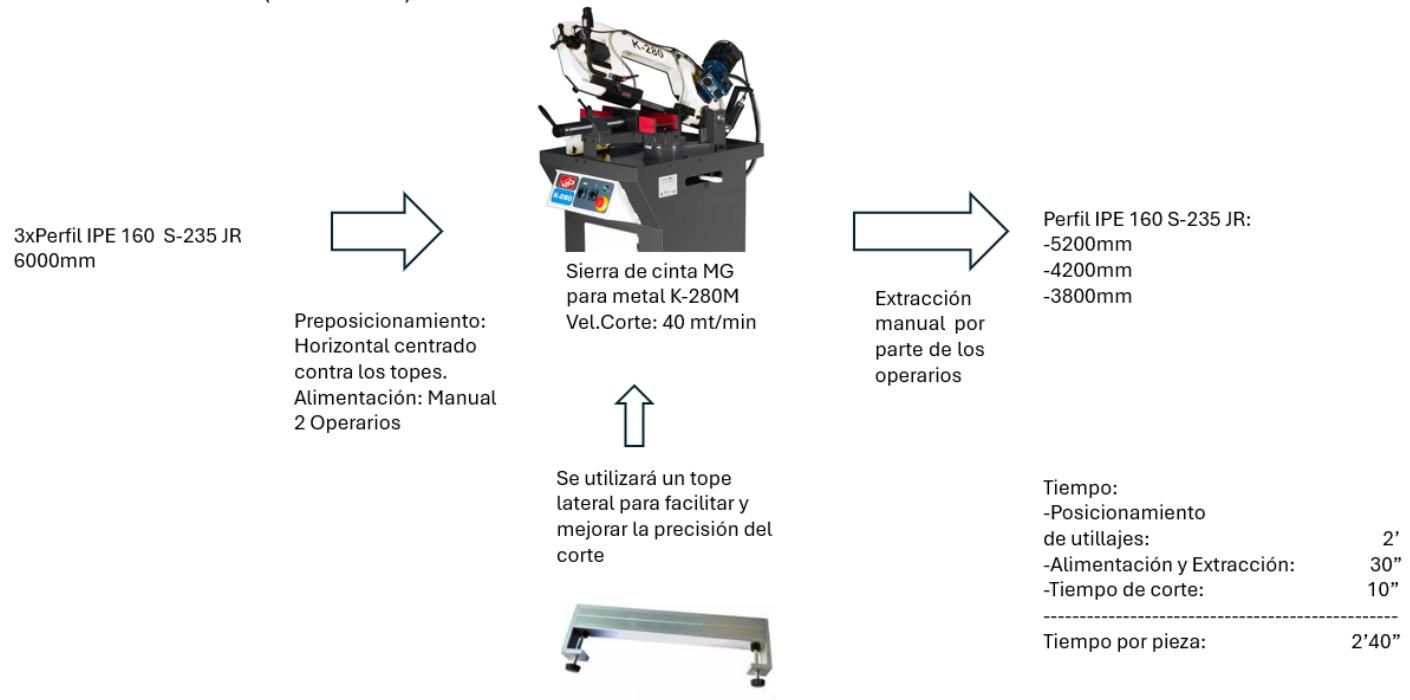


Figura 18:Ejemplo de hoja de proceso de corte

Como se puede comprobar, la estructura esta simplificada, sin usar palabras de más y en donde en todo momento se explica la secuencia lógica, para que el operario de un solo vistazo pueda entender en que consiste el proceso. En este caso entran tres perfiles IPE con una determinada longitud a una sierra de cinta, se colocan los topes con las dimensiones deseadas de corte, y después de un corte, salen los mismos perfiles con una longitud diferente. En el margen inferior izquierdo se encuentra el desglose con los tiempos estimados de cada operación del proceso.

Proceso P5.1: Taladrado para el encaje del Perfil Circular

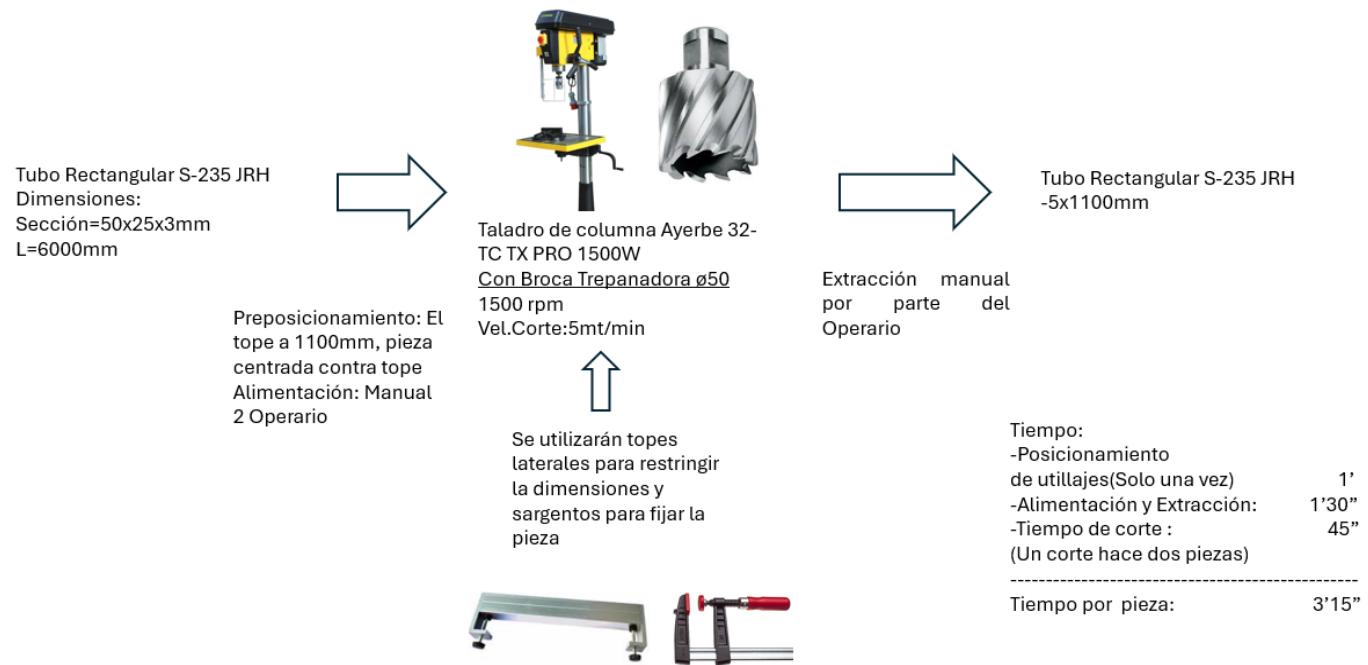


Figura 19: Ejemplo de hoja de procesos de taladrado

La estructura es la misma para todos los procesos sin importar la máquina o la preforma que se vaya a utilizar. Este es otro caso para un proceso de taladrado en el que entra un tubo rectangular y se le realizará un encaje circular en donde coincide tanto el diámetro de la broca como la anchura del tubo, por lo que a su vez seccionará también el tubo, por lo que para una misma pieza se realizará varias veces la misma operación.

A la vez que se realizan las hojas con los diferentes procesos también es conveniente ir elaborando una tabla en donde se recoge de manera más resumida y agrupada todas las características ya descritas de cada proceso. Para proyectos muy complejos con un número elevado de procesos la utilización de este recurso facilita la búsqueda de información de un determinado proceso, la comparativa entre los mismos, y como el flujo gráfico, otorga al operario de taller una visión más global del proceso de fabricación.

En nuestro caso, dado a que no vamos a construir por completo el corredor de mantenimiento, si no que vamos a realizar todos los procedimientos previos a su montaje, se nos queda una tabla con 16 procesos diferentes (véase Figura 17), un tamaño acorde con las limitaciones previamente mencionadas.

Proceso	Preforma	Alimentación	Preposicionamiento	Máquina/Herramienta	Utilaje	Parámetros del proceso	Extracción	Pieza	Tiempo
P1.1 Taladrado Agujeros	Placas S-235 JR 250x250x15mm	Manual 1 Operario	Contra los topes centrado para el agujero	Taladro de columna Ayerbe Broca M10	Tope Lateral Sargentos	1500 rpm Vel.Corte:5mt/min	Manual 1 Operario	Plano Pieza P1.1 Pieza P1.1	3'40"
P1.2 Soldadura Base-Pilar	Pieza P1.1 S-235 JR IPE160 6000mm S-235 JR Placas 250x250x15mm S-235 JR	Manual 2 Operarios	Fijadas en posición de soldeo horizontal en mesa, una vez soldada una orientación ir rotando la estructura	ARCCAPTAIN MAG: MAG 138 Gas de Protec.: Argón Hilo MC710H	Mesa de soldador Siegmund	I:150~190A/V:18~22V	Manual 2 Operarios	Plano Pieza P1.2 Pieza P1.2	8'45"
P2.1 Corte 1 (Transversal)	IPE 160 S-235 JR 6000mm	Manual 2 Operarios	Horizontal centrado contra los topes	Sierra de cinta MG para metal K-280M	Tope Lateral	Vel.Corte: 40 mt/min	Manual 1 Operario	Piezas P2.1	2'40"
P2.2.1 Corte 3(Empalme)	IPE 160 S-235 JR Longitudes: 5200/4200/3800mm	Manual 2 Operarios	Fija en el banco de trabajo, una vez acabo un ala, se gira la pieza y se hace la otra ala.	GWS 20-230 P Professional ø230mm	Mesa de Trabajo Sargentos	2500 rpm 20mt/min	Manual 2 Operarios	Plano Piezas P2.2.1 Piezas P2.2.1	6'30"
P2.2.2 Corte 2 (Bisel)	IPE 160 S-235 JR 6000mm	Manual 1 Operario	Horizontal centrado contra los topes. Corte a 45º	Sierra de cinta MG para metal K-280M	Tope Angular	Vel.Corte: 40 mt/min	Manual 2 Operarios	Piezas P2.2.2	1'40"
P2.3 Prep. Sold	Piezas P2.2.1 Piezas P2.2.2 2xIPE 160 S-235 JR 4200mm	Manual 1 Operario	Fijo en mesa de trabajo orientación vertical	Amoladora Bosch GWS 30-180 PB Professional	Mesa de soldador Siegmund	6000rpm Vol.arrancado: 20mm^3/s	Manual 2 Operarios	Piezas P2.3	5'20"
P2.4 Soldadura Longitudinal	Piezas P2.3	Manual 2 Operarios	Fijadas en posición de soldeo horizontal en mesa, una vez soldada una orientación ir rotando la estructura	ARCCAPTAIN MAG: MAG 138 Gas de Protec.: Argón Hilo MC710H	Mesa de soldador Siegmund	I:150~190A/V:18~22V	Manual 2 Operarios	Piezas P2.4	8'45"
P2.5 Soldadura Porta Estructuras	Piezas P2.4 Piezas P7.1	Manual 2 Operarios	Fijadas en posición de soldeo horizontal en mesa, el operario deberá ir rotando para soldar todo el contorno	ARCCAPTAIN MAG: MAG 138 Gas de Protec.: Argón Hilo MC710H	Mesa de soldador Siegmund	I:150~190A/V:18~22V	Manual 2 Operarios	Piezas P2.5	7'15"
P3.1 Corte 1 (Transversal)	UPN 160 S-235 JR 6000mm	Manual 2 Operarios	Horizontal centrado contra los topes	Sierra de cinta MG para metal K-280M	Tope Lateral	Vel.Corte: 40 mt/min	Manual 2 Operarios	Piezas P3.1	2'40"
P3.2 Corte 2 (Bisel)	Piezas P3.1	Manual 2 Operarios	Horizontal centrado contra los topes	Sierra de cinta MG para metal K-280M	Tope Angular	Vel.Corte: 40 mt/min	Manual 2 Operarios	Piezas P3.2	1'10
P3.3 Prep. Sold	Piezas P3.2	Manual 2 Operarios	Fijo en una posición, al acabar voltear la pieza	Amoladora Bosch GWS 30-180 PB Professional	Mesa de soldador Siegmund	6000rpm Vol.arrancado: 20mm^3/s	Manual 2 Operarios	Piezas P3.3	5'15"
P4.1.1 Corte 1(transversal)	Tubo Circular ø50mm S-235 JRH e=4mm/L=6000mm	Manual 2 Operarios	Horizontal centrado contra los topes	Sierra de cinta MG para metal K-280M	Tope Lateral	Vel.Corte: 40 mt/min	Manual 1 Operario	Pieza P4.1.1	1'40"
P4.1.2 Corte 2 (Bisel)	Tubo Circular ø50mm S-235 JRH e=4mm/L=6000mm	Manual 2 Operarios	Horizontal centrado contra los topes	Sierra de cinta MG para metal K-280M	Tope Angular	Vel.Corte: 40 mt/min	Manual 1 Operario	Pieza P4.1.2	1'40"
P5.1 Mandrinado encaje perfil circular	Tubo Rectangular S-235 JRH Sección=50x25x3mm L=6000mm	Manual 2 Operarios	El tope a 1100mm, pieza centrada contra tope	Taladro de columna Ayerbe Broca Trepanadora ø50mm	Tope Lateral Sargentos	1500 rpm Vel.Corte:5mt/min	Manual 1 Operario	Piezas P5.1	3'15"
P5.2 Corte 2 (Bisel)	Tubo Rectangular S-235 JRH L=1100mm	Manual 1 Operario	Horizontal centrado contra los topes	Sierra de cinta MG para metal K-280M	Tope Angular	Vel.Corte: 40 mt/min	Manual 1 Operario	Plano Pieza P5.2 Pieza 5.2	1'40"
P7.1 Corte 1 (Transversal)	IPE 100 S-235 JR 6000mm	Manual 1 Operario	Horizontal centrado contra los topes	Sierra de cinta MG para metal K-280M	Tope Lateral	Vel.Corte: 40 mt/min	Manual 1 Operario	Pieza P7.1	1'40"
P8.1 Corte 1 (Transversal)	Chapa de acero Z275 1000mm h=100mm/e=3mm	Manual 1 Operario	Horizontal centrado contra los topes	Sierra de cinta MG para metal K-280M	Tope Lateral	Vel.Corte: 40 mt/min	Manual 1 Operario	Pieza P8.1	1'35"

Figura 20: Tabla de procesos

3.4 Estimación de tiempo y presupuesto

Una vez abordados ya todos los aspectos previos de diseño y estructurada la fabricación queda estimar la duración del proceso de fabricación y el coste de esta, nos centraremos primero en el cálculo de horas de trabajo de taller que supondrá tener todas las piezas listas para enviarlas a su localización final. Para estimar el tiempo directo operario-máquina nos podemos apoyar en el tiempo de cada proceso, puesto que solo hay que multiplicar de manera directa cuantas veces realizamos cada proceso para obtener las piezas necesarias (véase Figura 18).

Proceso	Cantidad de Horas*
P1.1	18'
P1.2	1h54'
P2.1	11'
P2.2.1	59'
P2.2.2	10'
P2.3	2h24'
P2.4	1h19'
P2.5	5h19'
P3.1	19'
P3.2	5'
P3.3	21'
P4.1.1	52'
P4.1.2	53'
P5.1	2h25'
P5.2	9'
P7.1	31'
P8.1	22'
TOTAL	18h31'

*Se han redondeado los segundos

Figura 21: Tabla de tiempos de los procesos

Considerar esta cifra como la válida para todo el proceso de fabricación sería una inexactitud, puesto que esta cifra solo toma en cuenta el tiempo que se tarda en realizar todos los procesos. Hay que tener en cuenta que no todas las materias primas llegan al mismo tiempo, por lo que no se puede manufacturar todas las piezas a la vez si no solo las que disponemos las preformas. Tampoco tiene en cuenta el transporte de las materias primas por la nave, desde que se reciben en los muelles de carga y descarga hasta que llegan a la estación de trabajo. Por último, tampoco tiene en cuenta el tiempo que se tarda en almacenarlas o preparar el envío hacia su destino final.

En conclusión, esta estimación de tiempo nos da una idea aproximada de la magnitud que tendrá la cifra final, para lo que si nos sirve será, como veremos más adelante, para calcular los costes operario-máquina a la hora de estimar el costo final de ejecución de proyecto.

Para calcular el coste total de ejecución se van a clasificar los importes en dos categorías: materias primas y salarios de taller. En cuanto a las materias primas, el cálculo es muy sencillo puesto que se han comprado todas a proveedores externos, por lo que tenemos el precio de cada una.

Elemento	Precio Unitario(€/ud)	Cantidad	Precio Total (€)
Vigas IPE 160	128,14	25	3.203,5 €
Viga IPE 100	52,6	9	473,40 €
Vigas UPN 160	135,98	3	407,94 €
Rejillas L=1m	63	8	504,00 €
Rejillas L=1.4m	94,5	20	1.890,00 €
Tubos Rectangulares	28,24	19	536,56 €
Tubos Circulares	24,09	36	867,24 €
Placa Acero 15mm	12,07	34	410,38 €
Pletinas Rodapié	21,32	83	1.769,56 €
Peldaños	48,64	14	680,96 €
Puerta Seguridad	522,98	1	522,98 €
Cartelas de refuerzo	17,35	68	1.179,8 €
			12.446,32 €

Figura 22: Tabla de costes materias primas

Para calcular el importe que le vamos a facturar al cliente que encargó el corredor de mantenimiento por las horas trabajadas de taller, hay que calcular tanto el salario del operario como el coste por la utilización de la máquina (en donde se incluye la amortización de la misma). Gracias a un contacto de la empresa en donde realice las prácticas externas me han facilitado una cifra aproximada en donde se incluye tanto el salario de operario como la actividad y mantenimiento de la máquina. Por lo tanto, en nuestro caso no tenemos que hacer una distinción entre gasto directo de operario y gasto directo de máquinas. Los precios de hora trabajada con los que vamos a continuar el resto de las estimaciones son:

- 45 euros hora de coste operario/máquina para la calderería.
- 60 euros hora de coste operario/máquina para la soldadura.

Por lo que para los procesos nos queda un costo de:

Proceso	Numero de operarios	Cant.Horas	Precio Unitario (€/h)	Precio Total (€)
P1.1	1	18'	45	13,75 €
P1.2	2	1h54'	60	227,5 €
P2.1	2	11'20"	45	17 €
P2.2.1	2	59'	45	87,75 €
P2.2.2	2	11'	45	15,5 €
P2.3	2	2h24'	60	288 €
P2.4	2	1h19'	60	158 €
P2.5	2	5h19'	60	638€
P3.1	2	19'	45	28 €
P3.2	2	5'	45	7 €
P3.3	2	21'	60	42 €
P4.1.1	2	52'	45	78,5 €
P4.1.2	1	53'	45	40 €
P5.1	2	2h25'	45	217,5 €
P5.2	1	9'	45	6,75 €
P7.1	2	31'	45	47 €
P8.1	1	22'	45	16,62 €
				1.928,87€

Figura 23: Tabla de costes operario-maquina

Esta cifra de 1.928,87€ , como ya se ha explicado antes, conlleva el coste integral de los procesos de fabricación. Junto con el coste de materia prima de 12.446,32 €, supone el coste directo de la estructura, para un total de **14.375,19€**.

4. Conclusiones

A lo largo de este Trabajo de Fin de Grado, se ha aportado una propuesta para una estructura metálica que cumpliera los requerimientos del cliente y estuviera diseñada acorde a la normativa vigente . Desde sus inicios, en la fase de estudio de la normativa y diseño, he seleccionado las dimensiones y los materiales en base al criterio adquirido a lo largo de la carrera. En la segunda parte del proyecto, con la elaboración de un plan de fabricación, se ha tenido en cuenta la eficiencia y la reducción de costes de los procesos. El montaje del corredor de mantenimiento se haría con los planos adjuntados en los anexos. El diseño propuesto, al cumplir al pie de la letra con la normativa, también serviría para otro tipo de estructuras, solo habría que cambiar las dimensiones pertinentes, en cuanto al proceso de fabricación lo mismo.

En cuanto a las conclusiones personales, este Trabajo de Fin de Grado me ha servido para comprobar todo el conocimiento y utilizar todas las herramientas adquiridas a lo largo del Grado de Ingeniería de Tecnologías Industriales.

5.Bibliografia

[1] ATT Stainless Steel Engineering “Plataformas y Estructuras”

<https://att.eu/wp-content/uploads/2018/06/Plataformas-y-estructuras.pdf>

[2] YPSOS “Pasarelas de cruce: UNE EN ISO 14122-2”

<https://ypsossafety.com/pasarelas-de-cruce-une-en-iso-14122-2/>

[3] Grupo Relesa “Rejilla prensada de flejes iguales con dentado ondulado”

<https://gruporelesa.com/productos/rejilla-prensada-de-flejes-iguales-con-dentado-ondulado/>

[4] Acero Panel “Perfil viga IPE 160mm”

<https://aceropanel.es/viga-ipe/248-perfil-viga-ipe-160mm?srslid=AfmBOoqlNzt4yKhtsDiF71U5hGo8UewjLOy9ecqnHSvpnpRr4bsc1Z->

[5] Acero Panel “Perfil viga IPE 100mm”

<https://aceropanel.es/viga-ipe/74-perfil-viga-ipe-100mm>

[6] Acero Panel “Perfil viga UPN 160mm”

<https://aceropanel.es/viga-upn/308-perfil-viga-upn-160mm>

[7] Prontuarios Ingeniería Civil “IPE (sección bruta)”

<http://prontuarios.info/perfiles/IPE>

[8] Brico metal “Chapa de acero galvanizado”

<https://bricometal.com/es/chapas-acero-galvanizado/48-chapa-acero-galvanizado-de-3-mm-espesor-a-medida.html>

[9] Acero Panel “Chapa placa de acero 250x250mm E15”

<https://aceropanel.es/chapa-a-medida/1336-chapa-placa-de-acero-250x250mm-e15>

[10] Grupo Relesa “Peldaño para soldar”

<https://gruporelesa.com/productos/peldano-para-soldar/>

[11] manxa FERROS “Tubo estructural redondo”

https://www.manxaferros.com/es/84-TUBO_ESTRUCTURAL_REDONDO?p=19#/espesor-5/dimetro-50

[12] manxa FERROS “Tubo estructural rectangular”

https://www.manxaferros.com/es/86-TUBO_ESTRUCTURAL_RECTANGULAR#/espesor-3/base-50/altura-25

[13] Safeway360 “Door pedestrian 150”

https://safeway360.com/wp-content/uploads/2023/03/SAFEWAY360-Puertas_DOOR-PEDESTRIAN-150.pdf

[14] Grumeber sl “*¿Cómo hacer una hoja de procesos de mecanizado?*” recuperado el 3 de diciembre de 2020

<https://grumeber.com/como-hacer-una-hoja-de-procesos-mecanizado/>

[15] UNE-EN ISO 14122-1:2017 “*Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanentes a máquinas. Parte 1: Selección de medios de acceso fijos y requisitos generales de acceso.*” Publicado en marzo de 2017

<https://plataforma-aenormas-aenor-com.cuarzo.unizar.es:9443/pdf/UNE/N0058000>

[16] UNE-EN ISO 14122-2:2017 “*Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanentes a máquinas. Parte 2: Plataformas de trabajo y pasarelas.*” Publicado en marzo de 2017.

<https://plataforma-aenormas-aenor-com.cuarzo.unizar.es:9443/pdf/UNE/N0058001>

[17] UNE-EN ISO 14122-3:2017 “*Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanentes a máquinas. Parte 3: Escaleras, escalas de escalones y guardacuerpos.*” Publicado en marzo de 2017.

<https://plataforma-aenormas-aenor-com.cuarzo.unizar.es:9443/pdf/UNE/N0058002>

[18] UNE-EN ISO 13857:2020 “*Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores.*” Publicado en septiembre de 2020.

<https://plataforma-aenormas-aenor-com.cuarzo.unizar.es:9443/pdf/UNE/N0064556>

[19] Tolerancias generales. Parte 1: “*tolerancias para cotas dimensionales lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.*”

<https://plataforma-aenormas-aenor-com.cuarzo.unizar.es:9443/standard/UNE/N0010984>

ANEXO I: Análisis estructural y dimensionado de piezas

1. Dimensionamiento del Porta estructuras

Como se ha explicado en el apartado anterior, la ISO 14122-2:2017 es clara en cuanto a los criterios para el dimensionamiento de las vigas que deberán constituir el corredor, pues nos indica las cargas mínimas que debería soportar la estructura sin que sus vigas se deformen más de 1/200 de su longitud total. Se podría hacer un estudio individual de todas las vigas, pero sería una pérdida de tiempo, puesto que, si analizamos el caso más desfavorable y dimensionamos acorde a este, el resto de las vigas cumplirán la norma.

El caso más desfavorable se dará en la viga de mayor dimensión(10,4m) cuando la carga puntual de 1,5kN se situé en la mitad de su longitud, por lo que vamos a analizar este caso:

Gracias al diseño de los pilares, cada viga está apoyada en dos columnas, la interior es la que soportara la mayoría de la carga, pero es gracias a la existencia de la exterior que provocara que no haya desplazamientos horizontales en el pilar interior debido a la flexión de la viga. Por lo que se puede considerar esta viga como una biempotrada, lo que nos facilitara los cálculos:

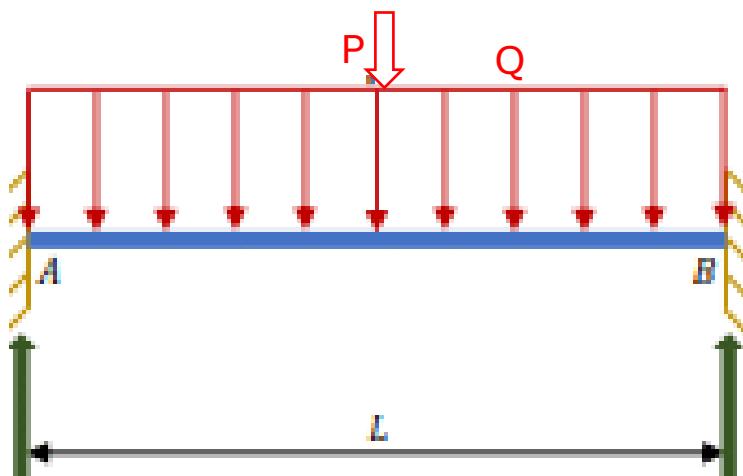


Figura 24:Diagrama de fuerzas viga biempotrada

Por lo que su flecha máxima aparecerá en el centro de la viga y se calculará con la ecuación (3):

$$f_{max} = \frac{Q*L^4}{384*E*I} + \frac{P*L^3}{192*E*I} \quad (3)$$

Con:

- Q carga distribuida, la norma nos dice que tiene que ser $\frac{2kN}{m^2}$ si consideramos que el ancho del corredor es 1,1m y que esta carga esta repartida entre las dos vigas de cada lado del corredor, la carga que soporta la viga del estudio es de 1,1kN/m.
- P es la carga puntual, que para el caso más desfavorable estará únicamente en la viga del estudio y la norma nos dice que tiene un valor de 1,5kN
- E el módulo de elasticidad (Acero S-235 JR) con valor 210 GPa.
- I es el momento de inercia que queremos calcular.
- f_{max} es la flecha máxima admisible, que en este caso es 1/200 de la longitud de la viga o 52mm.

Consideraciones:

Es importante mencionar que las cargas irán mayoradas con coeficientes parciales de seguridad acordes al Documento Básico "Seguridad Estructural", en este caso al ser cargas desfavorables irán mayoradas con coeficiente parcial de seguridad de 1,35.

A la carga puntual habrá que sumarle el peso de la estructura (sin los pilares y la escalera) que son aproximadamente 2800kg, si suponemos que el peso está distribuido uniformemente por unidad de área de la pasarela, nos queda que, para el tramo de 10,4m cada viga experimenta 404,4kg o lo que es lo mismo 3,97kN.

Sustituyendo los datos y despejando nos queda que el momento de inercia mínimo de las vigas tiene que ser de $810,47 \times 10^4 mm^4$ por lo que podríamos usar los perfiles IPE 160 del pórtico para hacer las vigas también ya que poseen un momento de inercia de $869,3 \times 10^4 mm^4$ (véase Figura 28) por lo que nos quedaría una flecha máxima de 48,33mm (véase Figura 25).

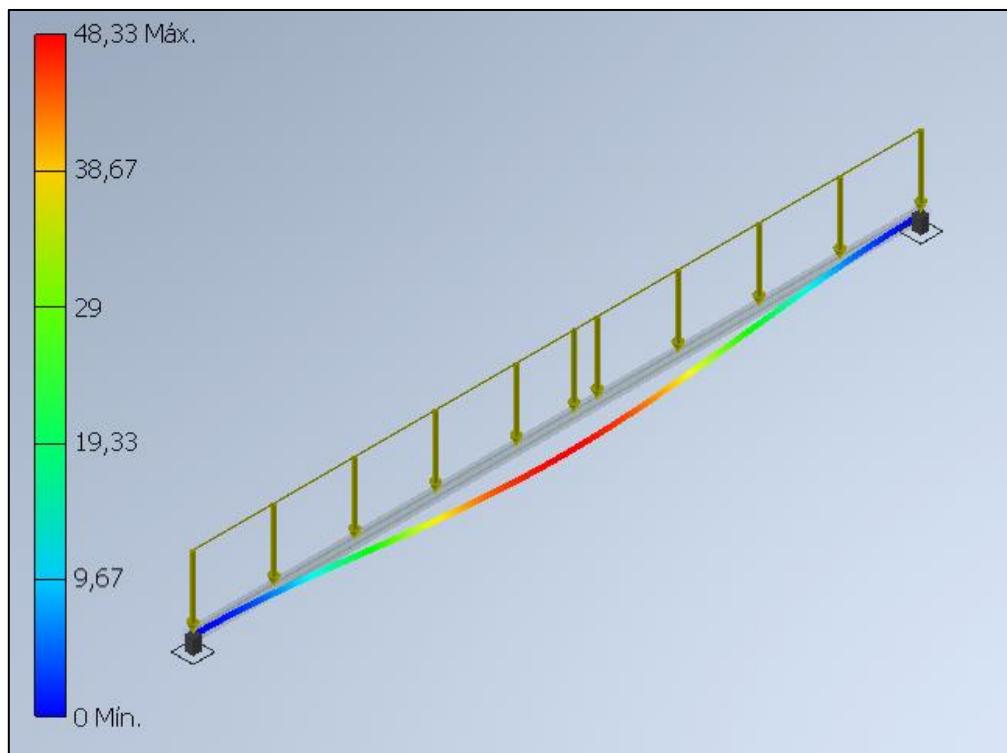


Figura 25:Flecha máxima perfil IPE 160

Ahora verificaremos que la viga no se deforme de manera permanente haciendo un estudio de los esfuerzos que soporta. En primer lugar, habrá que definir el estado de la viga, puesto que se trata de viga hiperestática, que a su vez se puede separar en dos estados hiperestáticos con 4 incógnitas:

- Una viga biempotrada con una carga puntual en el centro.
- Una viga biempotrada con una carga distribuida.

En ambos casos se pueden calcular directamente sus esfuerzos cortantes y momentos flectores sobre el eje fuerte con fórmulas derivadas de los teoremas de Mohr. Para el primer caso queda un cortante V y un momento flector M_z :

$$V = \frac{P}{2} \quad y \quad M_z = \frac{P * L}{8}$$

Siendo P la carga puntual que va en mitad de la viga, y que es el sumatorio del peso de corredor (3,97kN) más la fuerza definida en la ISO 14122-2 (1,5kN en la posición más desfavorable) multiplicadas ambas por un factor de mayoración de 1.35 definido en el Documento Básico "Seguridad Estructural" para un valor total de 7,385kN. Por lo que nos queda un cortante V de 3,6925kN y un momento flector M_z de 9599,85 kN*mm

Para el segundo caso queda un caso queda un cortante V y un momento flector M_z :

$$V = \frac{Q * L}{2} \quad y \quad M_z = \frac{Q * L^2}{24}$$

Siendo Q la carga distribuida, que es la establecida por la norma ISO 14122-2 que soporta cada viga del corredor (1,1kN/m) multiplicada por un factor de mayoración de 1.35 definido en el Documento Básico "Seguridad Estructural" para un valor de 1,485kN/m. Por lo que nos queda un cortante V de 7,722kN y un momento flector M_z de 6692,4 kN*mm.

Por lo que si sumamos los dos estados nos queda un cortante V_{tot} de 11,4145kN y un momento flector M_{ztot} de 16292,25kN*mm. Con estos valores ya podemos empezar a comprobar la viga, empezando por comprobar si la tensión normal generada por el flector en el punto máximo (extremo superior o inferior del perfil) y verificando que no sea mayor a la tensión admisible por el material (ecuación 1):

$$\sigma_x = \frac{M_{ztot}}{W_z} \leq \sigma_{adm} \quad (1)$$

Con σ_{adm} la tensión admisible del material (S-235JR) que es 235 MPa dividida por un coeficiente de seguridad de 1.05, para un valor de 223,809 MPa.

Con W_z es el módulo resistente elástico que como se puede apreciar en la imagen 28, tiene un valor de 108,7 mm³.

Por lo que resolviendo la ecuación (1) nos queda que:

$$155,67 \leq 223,80 \text{ [MPa]}$$

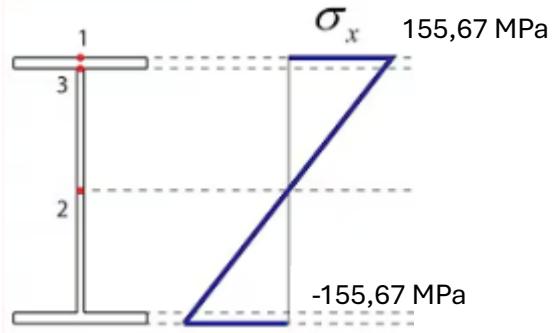


Figura 26: Tensión normal del perfil IPE 160

Por lo que ahora calcularemos la tensión tangencial máxima a lo largo de toda la sección para poder calcular la tensión equivalente y comprobar si el material deformara o no.

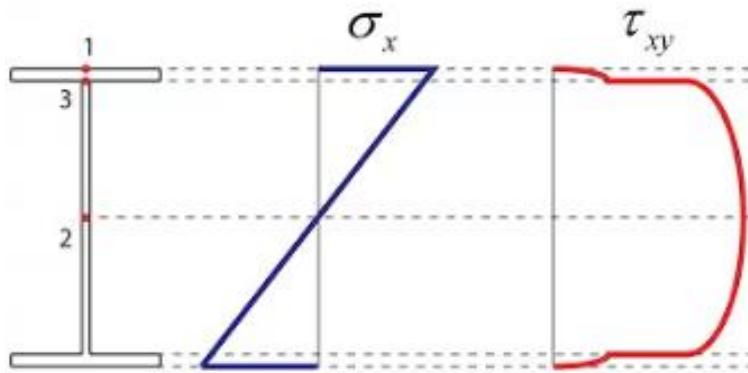


Figura 27: Diagrama de esfuerzos del perfil IPE 160

En el punto 2 la tensión tangencial máxima cuya formula es $\frac{V * S}{e * I}$ con:

- V el valor del cortante, previamente calculado.
- S el momento estático de media sección, con modulo $68,3 \text{ mm}^3$ (véase Figura 28).
- e el espesor del alma del perfil de modulo 5mm.
- I la inercia según el eje fuerte, que para este caso tiene un módulo de $869,3 \text{ mm}^4$

Por lo que para este caso la tensión tangencial máxima τ_{xy} tiene un valor de 17,93 MPa, por lo que si aplicamos la fórmula de tensión equivalente del criterio de Von Misses (2).

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (2)$$

Por lo que, sustituyendo, sabiendo que σ_x en el punto 2 es cero, nos da un valor de tensión equivalente de 31,06 MPa, muy inferior a la tensión admisible σ_{adm} , por lo que se puede asegurar que en el punto 2 no se deformara el material, ahora comprobaremos esto mismo en el punto 3, el más demandado. Para esto habrá que calcular tanto el valor de la tensión normal como de la tensión tangencial en el punto 3:

$$\sigma_x = \frac{M_{ztot}}{I_z} * y \quad \tau_{xy} = \frac{V * m_z}{e * I}$$

Por lo que ahora tenemos que "y" es igual a $\frac{altura}{2} - espesor\ del\ ala$ y m_z es igual a $S - \frac{3*altura}{4} * espesor\ del\ ala$, por lo que sustituyendo los valores (que se encuentran en la tabla de la figura 28) nos quedan unos valores $\sigma_x = 136,06\ MPa$ y $\tau_{xy} = 14,4856\ MPa$, por lo que calculando la tensión equivalente de la ecuación (2) nos da un valor de 138,35 $\leq \sigma_{adm}$. Por lo que se puede asegurar que la viga no se deformara de manera permanente o plastificara en toda su sección.

2. Dimensionamiento del pilar

Para el cálculo y dimensionado del pilar hay que tener en consideración las diferentes reacciones del pilar ante las cargas a las que va a estar sometida, las más importantes van a ser el pandeo y los desplazamientos horizontales.

El pandeo, como su definición indica, es el fenómeno que se produce cuando una estructura, más o menos esbelta, sometida a cargas de compresión deja de ser estable debido a la aparición de desplazamientos transversales a la dirección principal de compresión; el pandeo ocurre debido a las cargas axiales, que son a las que estarán sometidos los pilares en todo momento, es por eso que vamos a calcular el momento de inercia mínimo del pilar para el cual empieza a aparecer deformaciones por pandeo. Para ello usaremos las fórmulas que se no da en el Documento Básico "Seguridad estructural del acero".

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 * E * I \quad (3)$$

Con:

- N_{cr} la carga crítica, que es la carga axial máxima que puede soportar una columna sin deformarse por pandeo.
- L_k la longitud de pandeo de la pieza, que para el caso de una viga empotrada y articulada es $0,7*L$ (longitud total).
- E el módulo de elasticidad (Acero S-235 JR).
- I el momento de inercia respecto al eje débil (Perfiles IPE).

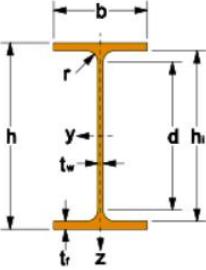
Antes de sustituir los datos tenemos que encontrar cual es la carga máxima en la situación más desfavorable, esta se va a producir en cualquiera de los pilares de las esquinas interiores, ya que en ellos se apoya la mitad del peso de las pasarelas que soportan, además habrá que sumarle los esfuerzos que rige la Norma ISO 14122 del caso anterior.

También hay que tener en cuenta que estos pilares van a soportar prácticamente ellos solos todo el peso de la estructura. A esta todas estas cargas habrá que aplicarle un coeficiente de mayoración recogido en el Documento Básico "Seguridad Estructural", en este caso al ser cargas desfavorables irán mayoradas con coeficiente parcial de seguridad de 1,35.

$$N_{cr} = 1,35 * \left(\frac{2\left(\frac{kN}{m^2}\right)*(10,4(m[largo])+5,4(m[largo])*1,1(m[ancho]))}{4} + 1,5(kN) + \frac{3000*9,81}{4*1000}(kN) \right) = 23,68\ kN \quad (4)$$

Por lo que sustituyendo este valor en la ecuación (3) y con $L_k = 1967\text{mm}$ y $E = 210\text{kN/mm}^2$ nos sale un momento de inercia máximo antes de pandeo de 44.204mm^2 .

IPE



I = momento de inercia
 i = radio de giro
 W_{el} = módulo elástico
 W_{pl} = módulo plástico
 A_y = área a cortante
 I_t = constante de torsión
 I_w = módulo de alabeo



e-STRUC
cálculo de
estructuras online

Perfil	Dimensiones							Área	Propiedades mecánicas								Peso				
									Propiedades respecto al eje fuerte				Propiedades respecto al eje débil								
	h	b	t_w	t_f	r	h_l	d		I_y	i_y	$W_{el,y}$	$W_{pl,y}$	A_y	I_z	i_z	$W_{el,z}$	$W_{pl,z}$	A_z	I_t	I_w	p
Perfil	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	$\text{mm}^2 \times 10^2$	$\text{mm}^4 \times 10^4$	mm	$\text{mm}^3 \times 10^3$	$\text{mm}^3 \times 10^3$	$\text{mm}^2 \times 10^2$	$\text{mm}^4 \times 10^4$	mm	$\text{mm}^3 \times 10^3$	$\text{mm}^3 \times 10^3$	$\text{mm}^2 \times 10^2$	$\text{mm}^4 \times 10^4$	$\text{mm}^6 \times 10^9$	kg/m
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	70	60	7,6	80,1	3,24	20,0	23,2	5,00	8,5	1,05	3,7	5,8	3,58	0,70	0,12	6,00
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	89	75	10,3	171,0	4,07	34,2	39,4	6,67	15,9	1,24	5,8	9,2	5,08	1,20	0,35	8,1
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	107	93	13,2	317,8	4,90	53,0	60,7	8,47	27,7	1,45	8,7	13,6	6,31	1,74	0,89	10,4
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	126	112	16,4	541,2	5,74	77,3	88,3	10,47	44,9	1,65	12,3	19,3	7,64	2,45	1,98	12,9
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	145	127	20,1	869,3	6,58	108,7	123,9	12,84	68,3	1,84	16,7	26,1	9,66	3,60	3,96	15,8
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	164	146	23,9	1317,0	7,42	146,3	166,4	15,21	100,9	2,05	22,2	34,6	11,25	4,79	7,43	18,8
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	183	159	28,5	1943,0	8,26	194,3	220,6	18,25	142,4	2,24	28,5	44,6	14,00	6,98	12,99	22,4

Figura 28:Tabla de las propiedades físicas de los perfiles IPE

Por lo que el primer perfil que cumple esta propiedad es el perfil IPE 140, pero el margen es muy pequeño por lo que usaremos el perfil IPE 160, con esta selección vamos a calcular los desplazamientos axiales con el software “Inventor Professional” para un perfil IPE 160 de acero S-235 JR de longitud 2980mm.

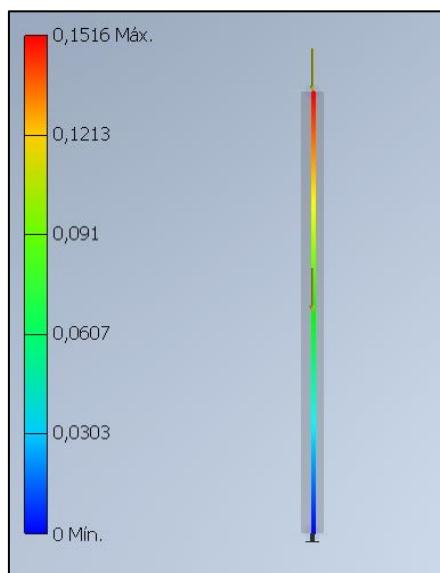


Figura 29:Deformaciones Axiales

Siendo las unidades mm, se puede comprobar como las deformaciones son mínimas y no se produce pandeo para esta sección.

En cuanto a los desplazamientos horizontales, como la estructura se situara dentro de una nave industrial, no estará sometida a cargas laterales debido a las inclemencias del tiempo, como podrían ser la lluvia o el viento, además debido a su función de trabajo no va a experimentar ninguna carga transversal al eje, aunque siempre puede pasar algún accidente, como por ejemplo el choque de un vehículo de transporte, en cuyo caso la norma nos dice que los pilares deberían aguantar y permitir una deformación máxima de 1/300 la longitud del pilar antes de que la estructura falle.

3. Dimensionamiento del Guardacuerpos

No tenemos manera de calcular numéricamente secciones mínimas o inercias como hemos hecho en los apartados anteriores, por lo que haremos un predimensionamiento inicial teniendo los criterios ergonómicos para la facilitación del trabajo, por lo que vamos a utilizar tubos de acero S-235 JRH, para el pasamanos y listón intermedio usaremos un tubo circular $\varnothing 50 \times 5$ mm y para el montante un tubo rectangular $50 \times 25 \times 3$ mm, por lo que comprobaremos si cumplen los requisitos con los dos ensayos que se nos indican en la Norma ISO 14122-3:2017.

Para los ensayos usaremos un módulo representativo del Guardacuerpos de 3 m, los ensayos nos indican que hay que usar dos cargas de aplicación una de 300 N/m y la flecha no puede superar los 30 mm y otra en la que aplicaremos 525N/m y la flecha no puede superar un 3% de la altura del guardacuerpo, que en nuestro caso es 33mm, como podemos comprobar la más restrictiva es la segunda puesto que la carga es mucho mayor y la flecha admisible no difiere mucho de la primera.

Para el ensayo 1 la carga aplicada tiene que coincidir con la unión del montante con el pasamanos, le aplicaremos una carga de 6615N ($525 \times 12,6$): con lo que experimenta una deformación de 13,56mm <33mm.

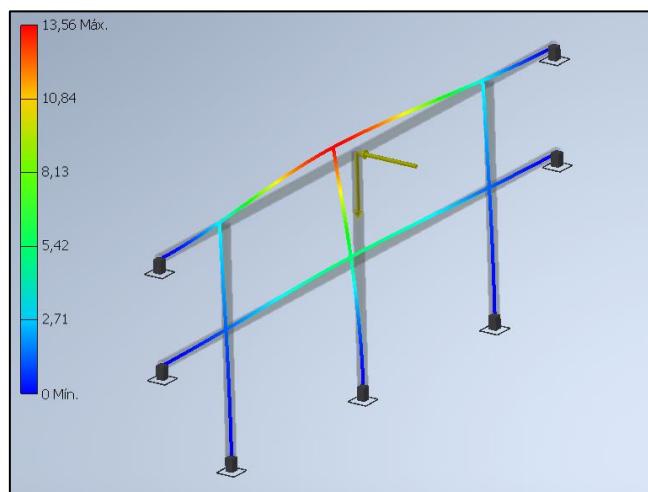


Figura 30:Flecha máxima ensayo

Para el ensayo 2 usaremos los mismos parámetros, pero esta vez la carga aplicada tiene que situarse en el pasamanos a media distancia entre un montante y otro, le aplicaremos una carga de 6615N (525*12,6): con lo que experimenta una deformación de 14,37mm <33mm.

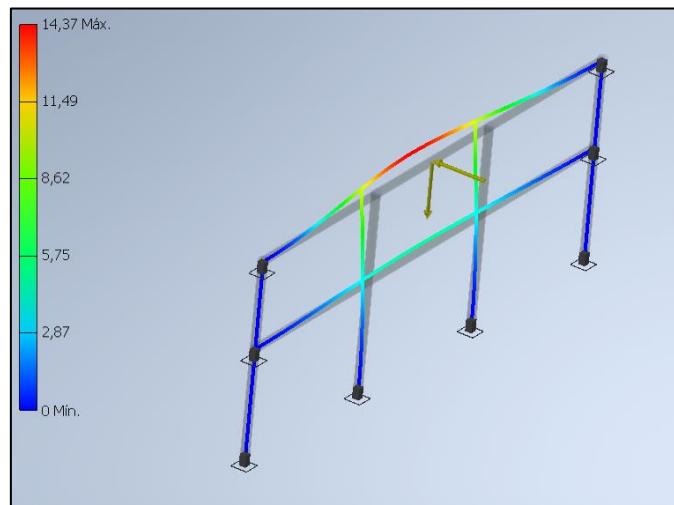
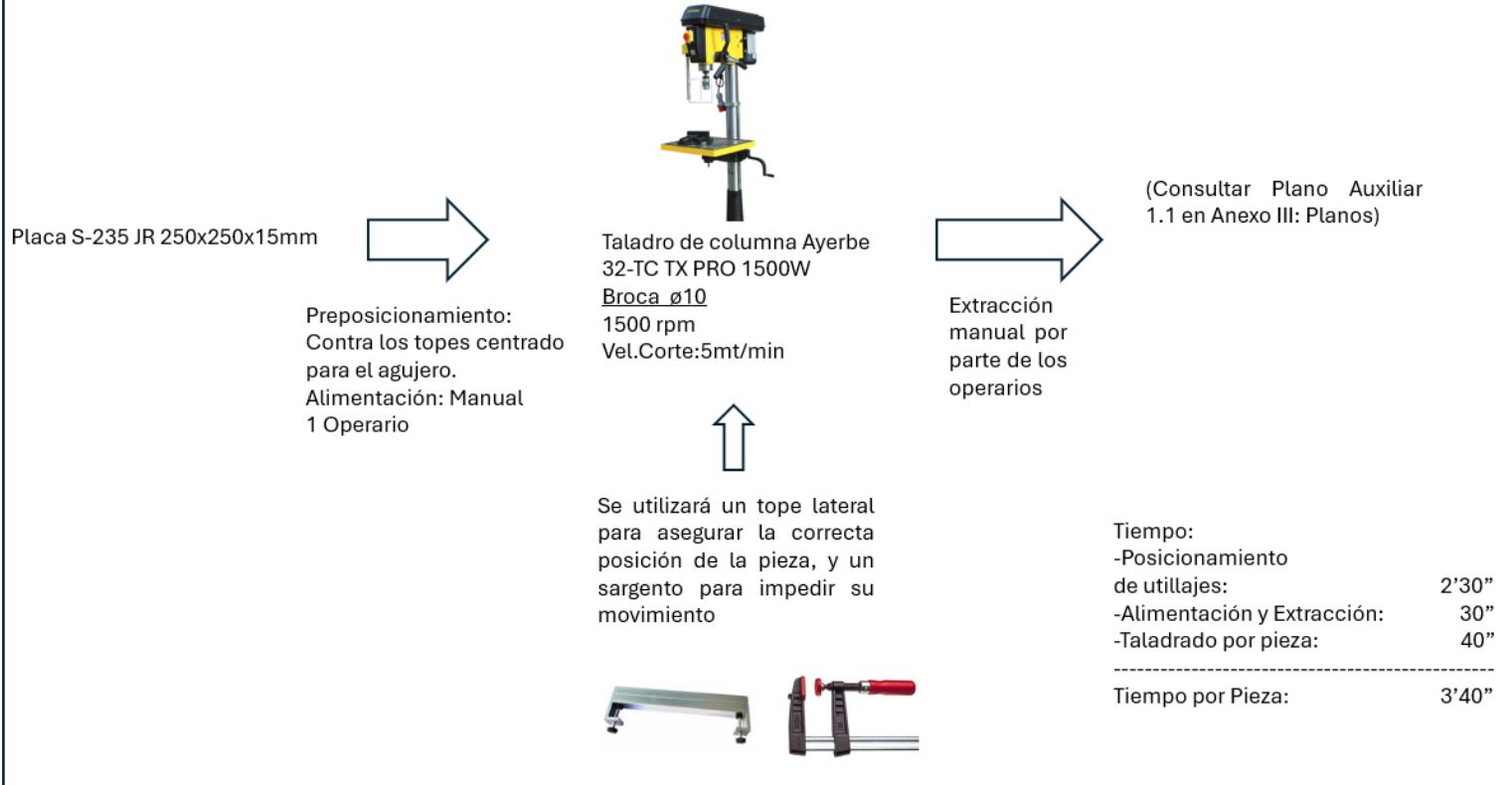


Figura 31:Flecha máxima ensayo 2

ANEXO II: Hojas de Procesos

Proceso P1.1: Taladrado de Agujeros



Proceso P1.2 Soldadura de la Base-Pilar

Base-Pilar
Perfil IPE 160 2810mm
S-235 JR
Placas S-235 JR
250x250x15mm
Piezas P1.1
Cartela de Refuerzo

Pre posicionamiento:
Fijadas en posición de soldado horizontal en mesa, una vez soldada un contorno en una orientación ir rotando la estructura
Posiciones de soldadura:
Horizontal 2F
Vertical 3F
Alimentación: Manual
2 Operario



ARCCAPTAIN MAG: MAG 138
I: 150~190 A / V: 18~22 V.
Gas de Protección: Argón
Hilo MC710H

Extracción manual por parte de los operarios

Extracción (Consultar Plano Auxiliar 1.2 en Anexo III: Planos)

Mesas de soldador Siegmund equipada con todo tipo de utilajes para fijar la pieza



Tiempo:
-Posicionamiento y fijado de la pieza: 5'30"
-Soldado de las piezas: 3'15"

Tiempo Total por Pieza: 8'45"

Proceso P2.1: Corte 1(Transversal)

3xPerfil IPE 160 S-235 JR
6000mm



Preposición:
Horizontal centrado
contra los topes.
Alimentación: Manual
2 Operarios



Se utilizará un tope
lateral para facilitar y
mejorar la precisión del
corte



Perfil IPE 160 S-235 JR:
-5200mm
-4200mm
-3800mm

Extracción
manual por
parte de los
operarios

Tiempo:
-Posicionamiento
de utilajes:
-Alimentación y Extracción:
-Tiempo de corte:

Tiempo por pieza:

2'
30"
10"

2'40"

Proceso P2.2.1: Corte 3(Empalme)

Perfil IPE 160 S-235 JR



GWS 20-230 P
Professional Ø230mm
2500 rpm
20mt/min



Preposición: se
fija en el banco de
trabajo, una vez acabo un
ala, se gira la pieza y se
hace la otra ala.
Alimentación: Manual
2 Operario



Extracción manual
por parte de los
operarios

Se utilizará una mesa de
trabajo y sargentos para
asegurar y restringir el
movimiento de la pieza



Perfil IPE 160 S-235JR Longitud:
(Consultar Plano Auxiliar 2.2.1
en Anexo III: Planos)

Tiempo:
-Posicionamiento
de utilajes:
-Alimentación y Extracción:
-Tiempo de corte:

Tiempo por pieza:

1'
30"
5'

6'30"

Proceso P2.2.2: Corte 2(Bisel)

3xPerfil IPE 160 S-235 JR
6000mm



Preposición: Horizontal centrado contra los topes.
Corte a 45° por un extremo

Alimentación: Manual
2 Operarios



Sierra de cinta MG para metal K-280M
Vel.Corte: 40 mt/min



Extracción manual por parte de los operarios



Se utilizará un tope angular para asegurar el ángulo de corte



Perfil IPE 160 S-235 JR:
-4550mm
-4250mm
-3850mm

Tiempo:
-Posicionamiento de utilajes(Solo 3 veces): 1'
-Alimentación y Extracción: 30"
-Tiempo de corte: 10"

Tiempo por pieza: 1'40"

Proceso P2.3: Preparación de la Soldadura

Perfil IPE 160 S-235 JR



Preposición: Fijo en mesa de trabajo orientación vertical.
Alimentación: Manual 2 Operario



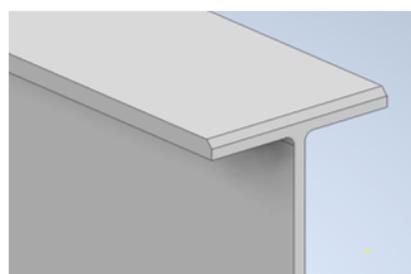
Amoladora Bosch GWS 30-180 PB Professional
6000rpm
Vol.arrancado: 20mm^3/s



Mesa de soldador Siegmund equipada con todo tipo de utilajes para fijar la pieza



Extracción manual por parte de los operarios



Chaflan de 3mm para soldadura

Tiempo:
-Posicionamiento de utilajes: 1'
-Alimentación y Extracción: 1'15"
-Tiempo de chaflanado: 45"

Tiempo por sección: 5'20"

Proceso P2.4: Soldadura Longitudinal

Perfil IPE 160 S-235 JR



ARCCAPTAIN MAG: MAG 138
I: 150~190 A / V: 18~22 V.
Gas de Protección: Argón
Hilo MC710H



Extracción
manual por
parte de los
operarios

Perfil IPE 160 S-235 JR
(Consultar Plano Auxiliar 2.4 en
Anexo III: Planos)

Preposición:
Fijadas en posición de
soldeo horizontal en
mesa, una vez soldada
una orientación ir rotando
la estructura.
Posiciones de soldadura:
Plano 1G
Vertical 3G
Alimentación: Manual
2 Operario

Utilización de varias mesas de
soldador Siegmund equipada con
todo tipo de utensilios para fijar la
pieza y facilitar el soldado



Tiempo:
-Posicionamiento
y fijado de la pieza: 4'30"
-Soldado de las piezas: 4'15"

Tiempo Total por Pieza: 8'45"

Proceso P2.5: Soldadura Porta estructuras

Perfil IPE 160 S-235 JR
Perfil IPE 100 S-235 JR



ARCCAPTAIN MAG: MAG 138
I: 150~190 A / V: 18~22 V.
Gas de Protección: Argón
Hilo MC710H



Extracción
manual por
parte de los
operarios

Armazón: Perfil IPE 160 S-235 JR
Refuerzos: Perfil IPE 100 S-235 JR
(Consultar Plano Auxiliar 2.5a y
2.5b en Anexo III: Planos)

Preposición:
Fijadas en posición de
soldeo horizontal en
mesa, el operario deberá
ir rotando para soldar
todo el contorno.
Posiciones de soldadura:
Horizontal 2F
Vertical 3F
Alimentación: Manual
2 Operario

Utilización de varias mesas de
soldador Siegmund equipada con
todo tipo de utensilios para fijar la
pieza y facilitar el soldado



Tiempo:
-Posicionamiento
y fijado de la pieza: 5'
-Soldado de las piezas: 2'15"

Tiempo Total por Pieza: 7'15"

Proceso P3.1: Corte 1(Transversal)

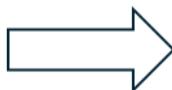
2xPerfil UPN 160 S-235 JR:
6000mm



Preposición:
Horizontal centrado
contra topes.
Alimentación: Manual
2 Operarios



Sierra de cinta MG
para metal K-280M
Vel.Corte: 40 mt/min



Extracción
manual por
parte de los
operarios

Perfil UPN 160 S-235 JR:
-4825mm
-1240 mm



Se utilizará un tope
lateral para facilitar y
mejorar la precisión del
corte



Tiempo:
-Posicionamiento
de utilajes: 1'
-Alimentación y Extracción: 30"
-Tiempo de corte: 10"

Tiempo por pieza: 2'40"

Proceso P3.2: Corte 2(Bisel)

2xPerfil UPN 160 S-235 JR:



Preposición:
Horizontal centrado
contra tope.
Alimentación: Manual
2 Operarios



Sierra de cinta MG
para metal K-280M
Vel.Corte: 40 mt/min



Extracción manual
por parte de los
operarios

Perfil UPN 160 S-235 JR:
(Consultar Plano Auxiliar 3.2
en Anexo III: Planos)



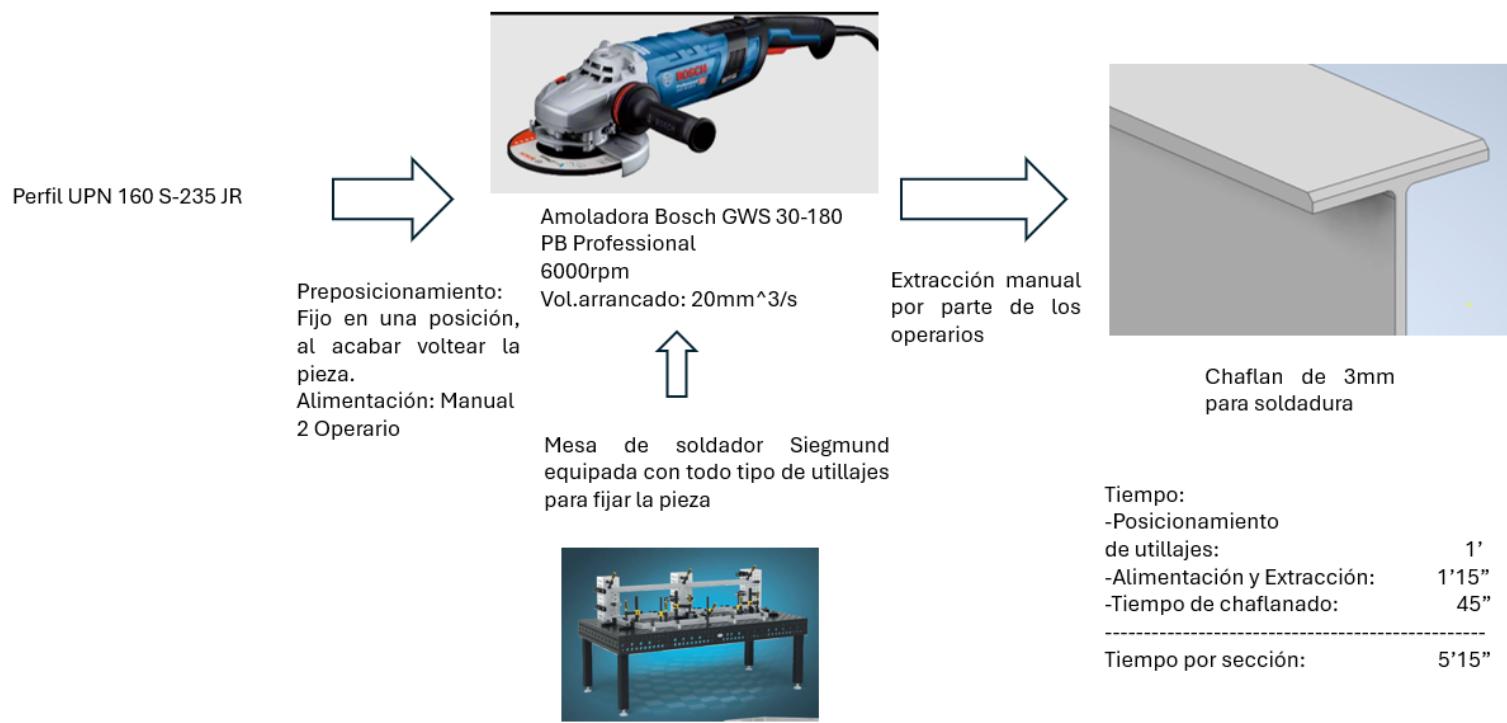
Se utilizará un tope
angular para asegurar el
ángulo de corte



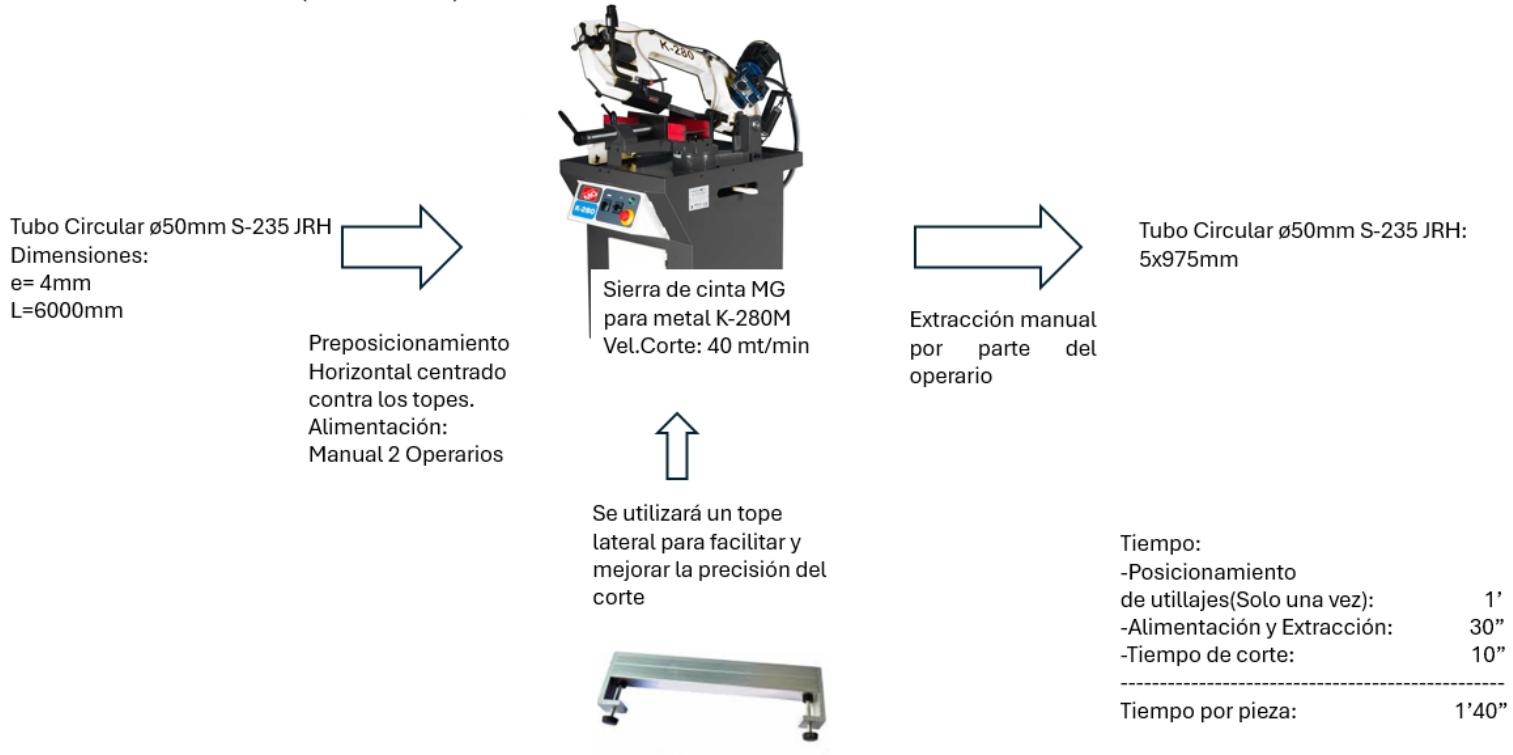
Tiempo:
-Posicionamiento
de utilajes: 1'
-Alimentación y Extracción: 30"
-Tiempo de corte: 10"

Tiempo por pieza: 1'10"

Proceso P3.3: Preparación de la Soldadura

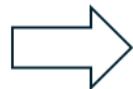


Proceso P4.1.1: Corte 1(Transversal)



Proceso P4.1.2: Corte 2(Bisel)

Tubo Circular ø50mm S-235 JRH
Dimensiones:
e= 4mm
L=6000mm



Preposicionamiento
Horizontal centrado
contra el tope.
Alimentación: Manual
2 Operarios



Se utilizará un tope
angular para asegurar el
ángulo de corte



Tubo Circular ø50mm S-235 JRH:
-Corte a 45°

Extracción manual
por parte de los
operarios

Tiempo:
-Posicionamiento
de utilajes:
-Alimentación y Extracción:
-Tiempo de corte:

Tiempo por pieza: 1'40"

Proceso P5.1: Taladrado para el encaje del Perfil Circular

Tubo Rectangular S-235 JRH
Dimensiones:
Sección=50x25x3mm
L=6000mm



Preposicionamiento: El
tope a 1100mm, pieza
centrada contra tope
Alimentación: Manual
2 Operario



Se utilizarán topes
laterales para restringir
la dimensiones y
sargentos para fijar la
pieza



Tubo Rectangular S-235 JRH
-5x1100mm

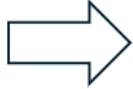
Extracción manual
por parte del
Operario

Tiempo:
-Posicionamiento
de utilajes(Solo una vez) 1'
-Alimentación y Extracción: 1'30"
-Tiempo de corte : 45"
(Un corte hace dos piezas)

Tiempo por pieza: 3'15"

Proceso P5.2: Corte 2(Bisel)

Tubo Rectangular S-235 JRH
Dimensiones:
Sección=50x25x3mm
L= 11100mm



Sierra de cinta MG
para metal K-280M
Vel.Corte: 40 mt/min



Tubo Rectangular S-235 JRH
-1100mm
(Consultar Plano Auxiliar 5.2
en Anexo III: Planos)

Preposicionamiento:
Horizontal centrado
contra tope.
Alimentación:
Manual 1 Operario



Se utilizará un tope
angular para asegurar el
ángulo de corte



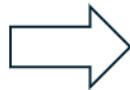
Extracción manual
por parte de los
operarios

Tiempo:
-Posicionamiento
de utilajes:
(Solo la primera vez) 1'
-Alimentación y Extracción: 30"
-Tiempo de corte: 10"

Tiempo por pieza: 1'40"

Proceso P7.1: Corte 1(Transversal)

Perfil IPE 100 S-235 JR 6000mm



Sierra de cinta MG
para metal K-280M



Perfil IPE 100 S-235 JR:
-1400mm
-1100mm

Preposicionamiento
Horizontal centrado
contra topes.
Alimentación: Manual
2 Operarios



Se utilizará un tope
lateral para facilitar y
mejorar la precisión del
corte



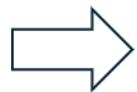
Extracción
manual por
parte de los
operarios

Tiempo:
-Posicionamiento
de utilajes:
(Solo se cambiarán 2 veces) 1'
-Alimentación y Extracción: 30"
-Tiempo de corte: 10"

Tiempo por pieza: 1'40"

Proceso P8.1: Corte 1(Transversal)

Chapa de acero Z275 1000mm
Dimensiones:
 $h=100\text{mm}$
 $e=3\text{mm}$



Preposiciónamiento
Horizontal centrado
contra tope.
Alimentación: Manual
1 Operarios



Sierra de cinta
MG para metal
K-280M



Se utilizará un tope
lateral para facilitar y
mejorar la precisión del
corte



Chapa de acero Z275



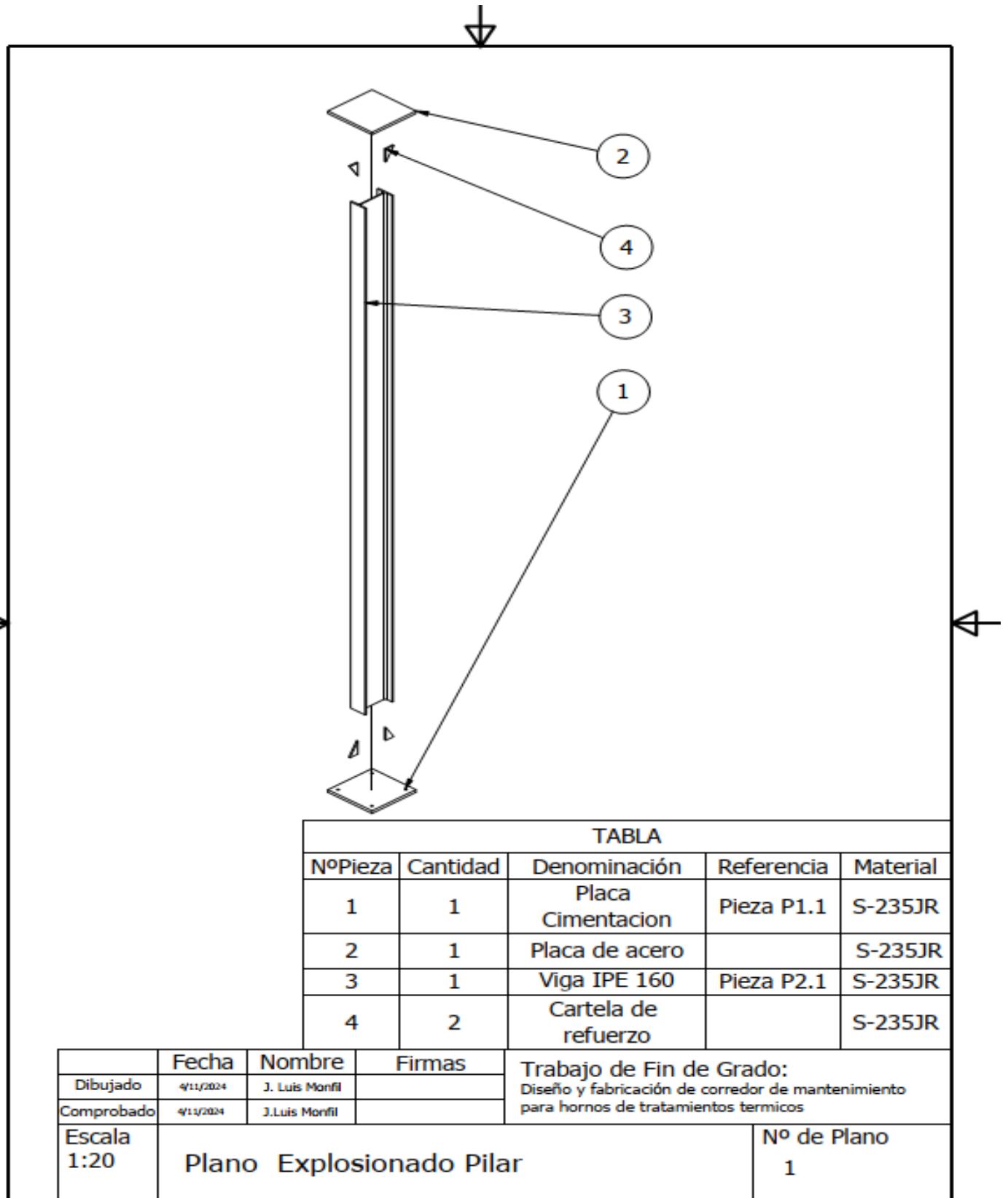
Extracción
manual por
parte de los
operarios

Tiempo:
-Posicionamiento
de utilajes: 1'
-Alimentación y Extracción: 30"
-Tiempo de corte: 5"

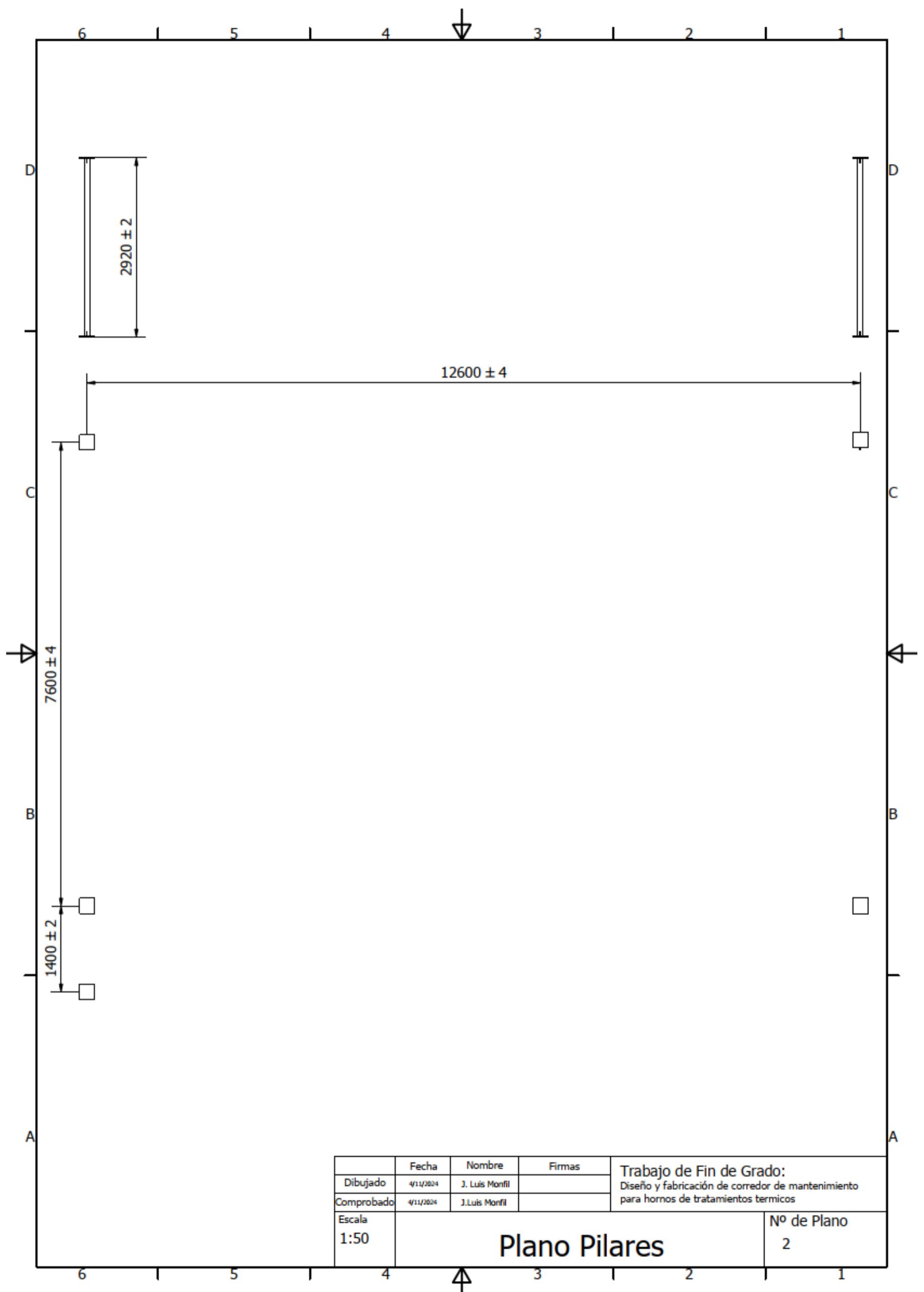
Tiempo por pieza: 1'35"

ANEXO III: Planos

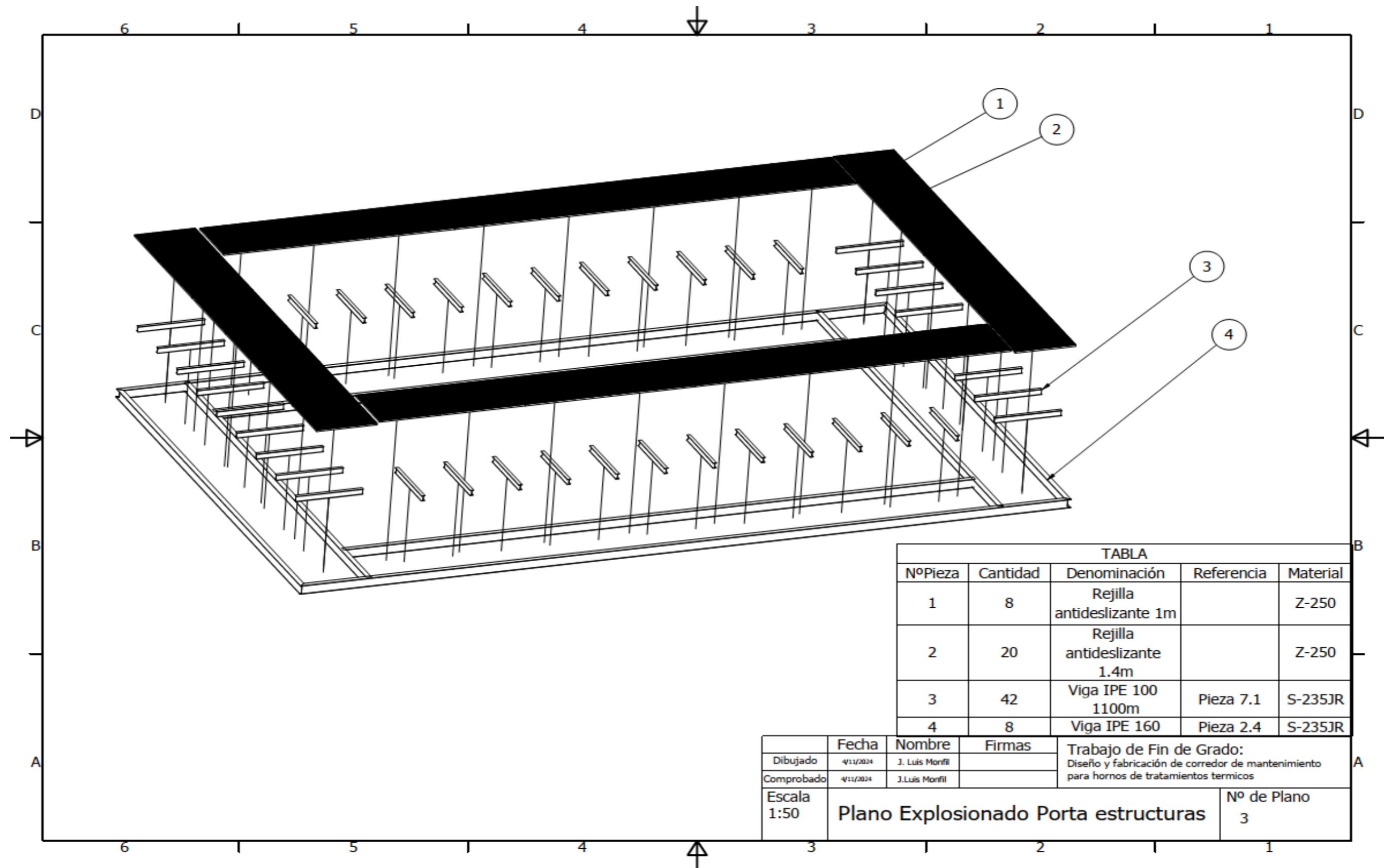
1. Plano Explosión Pilar



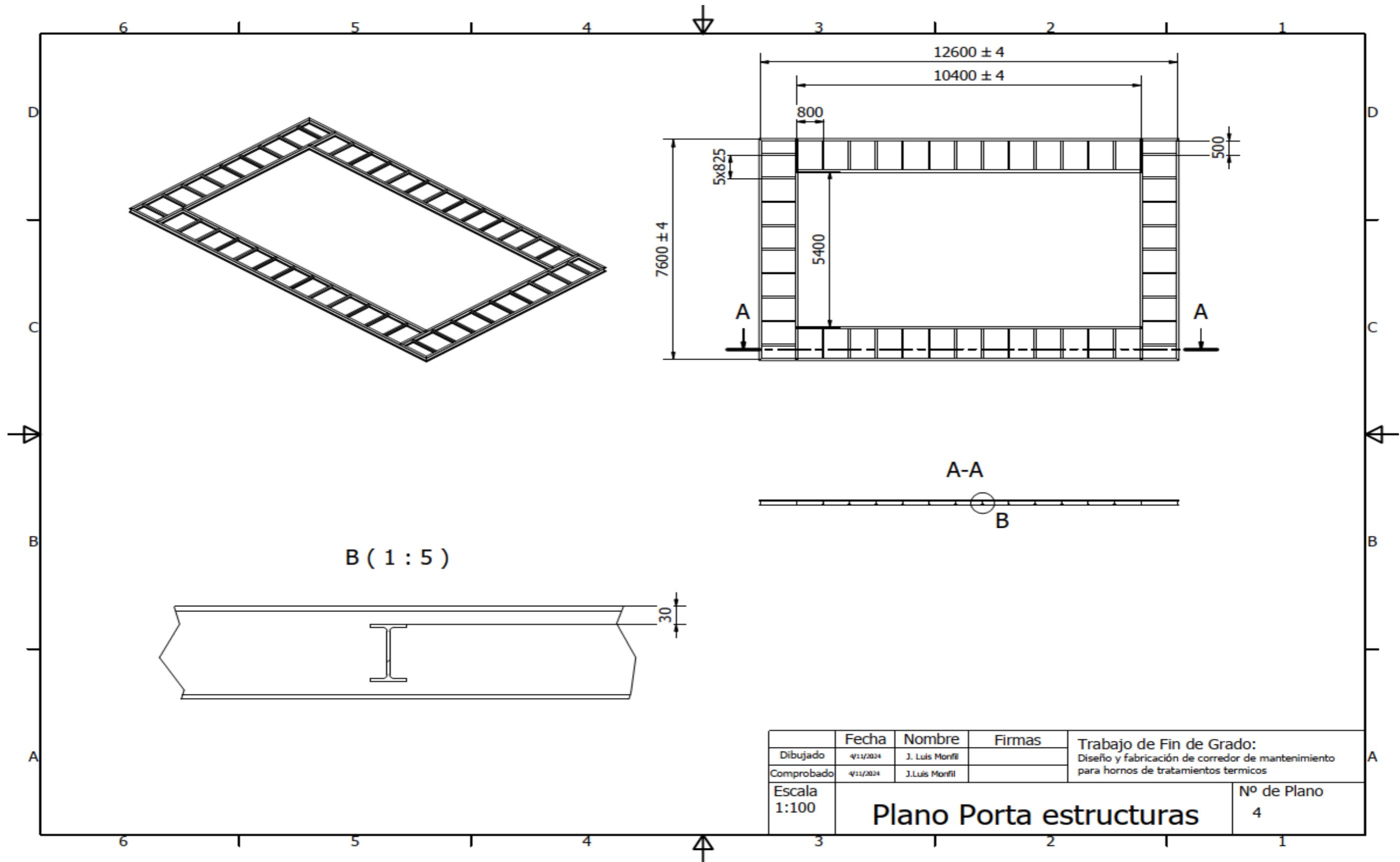
2. Plano Pilares



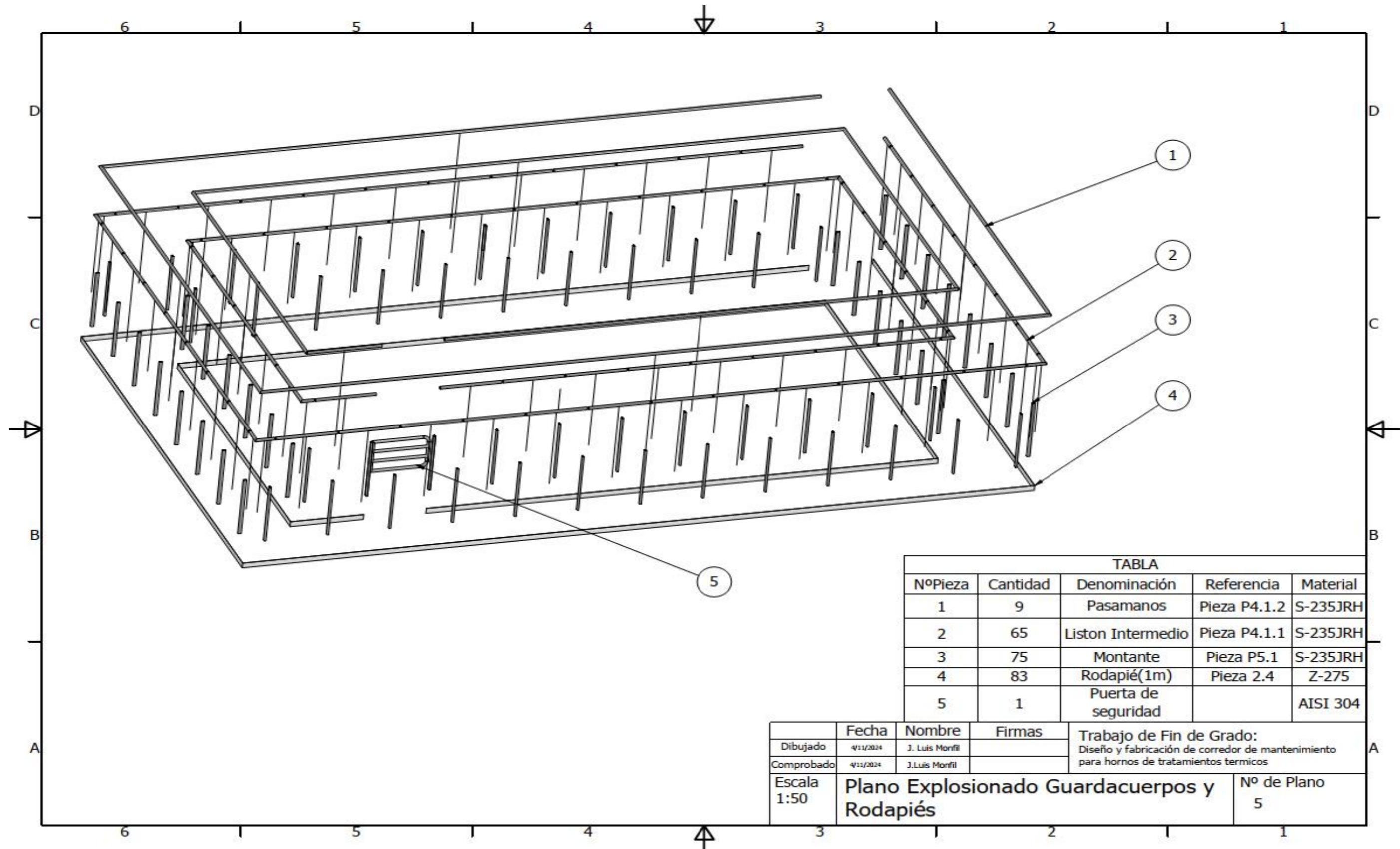
3. Plano Explosión Porta estructuras



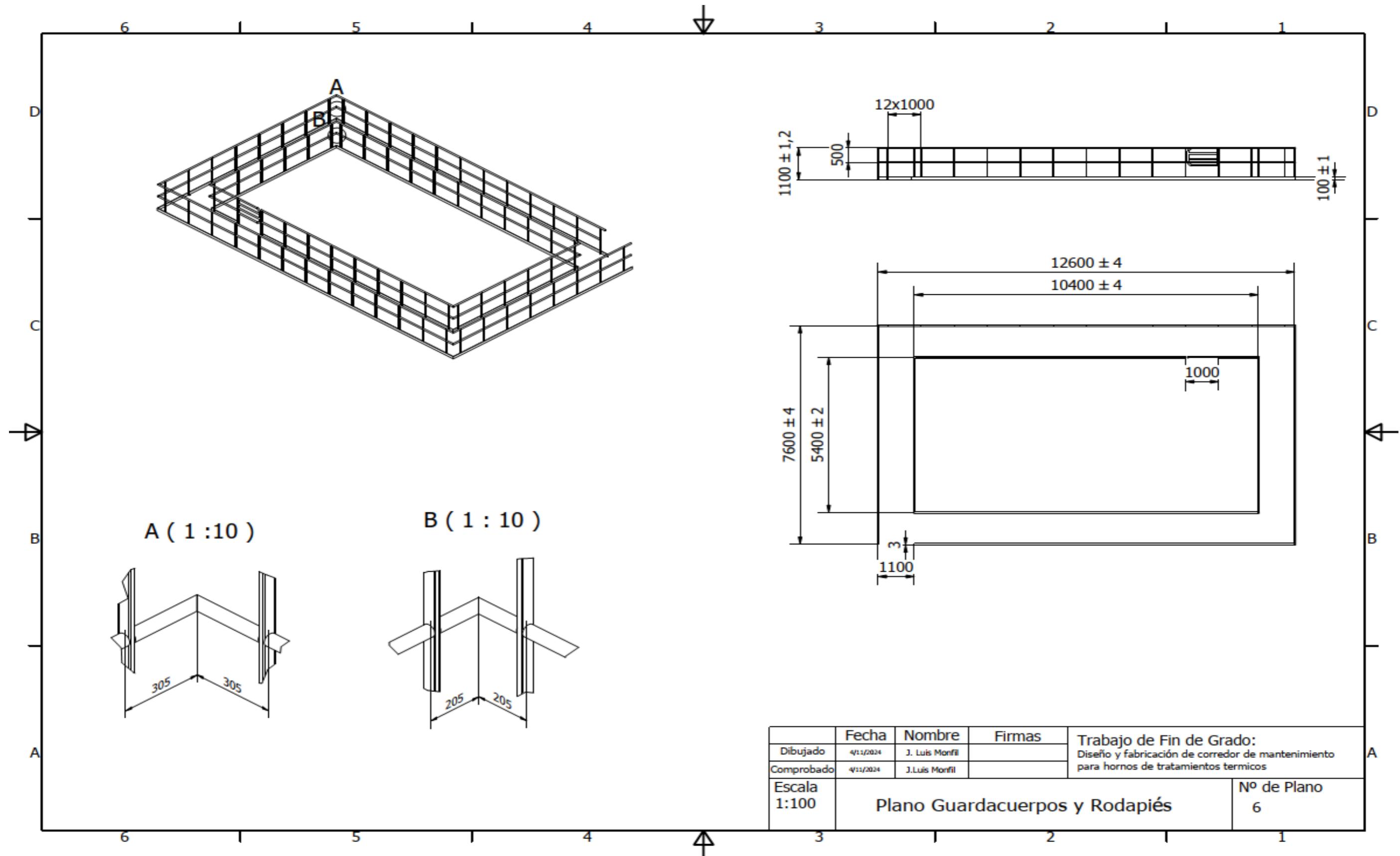
4. Plano porta estructuras



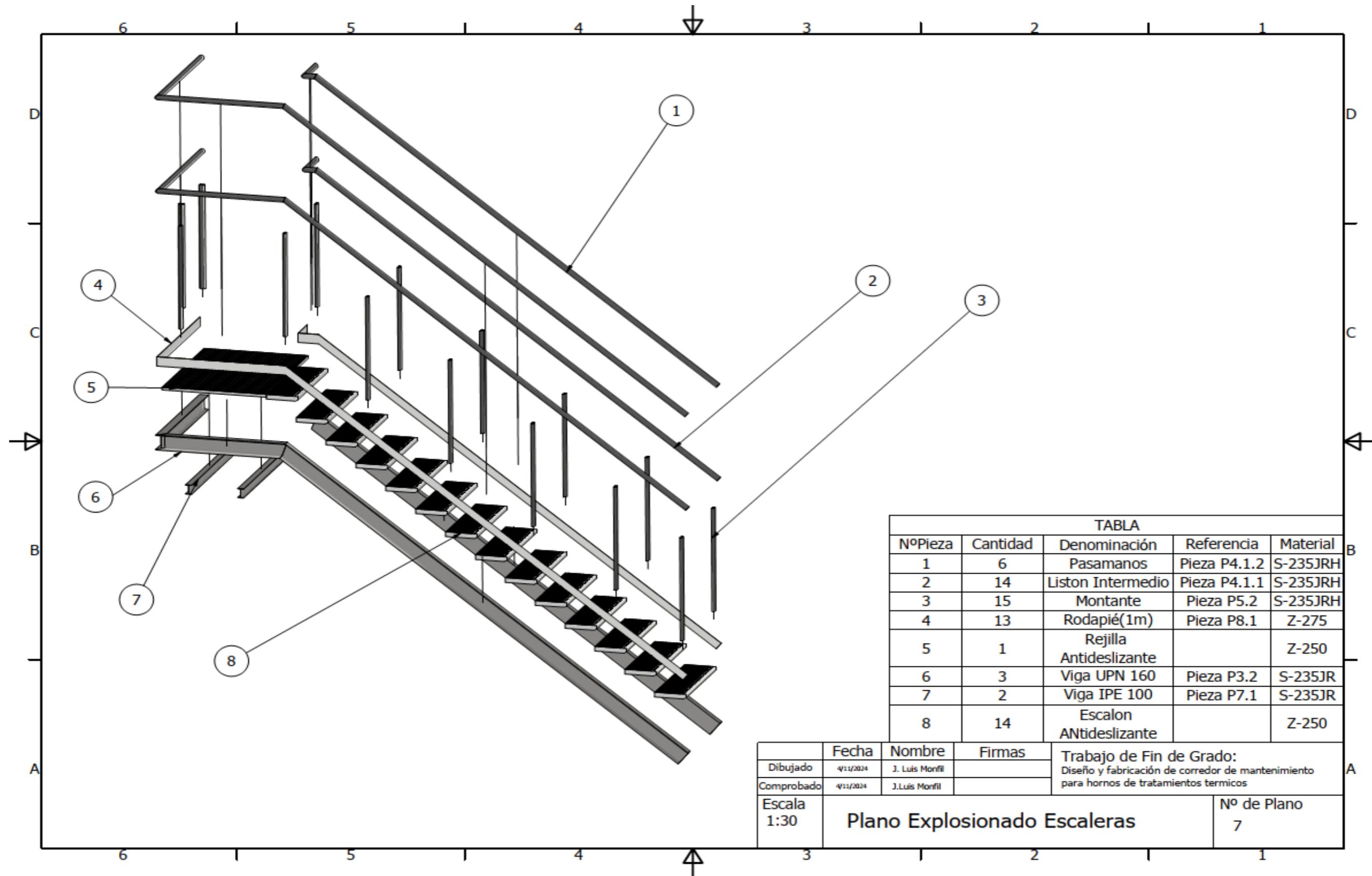
5. Plano Explosión Guardacuerpos y Rodapiés



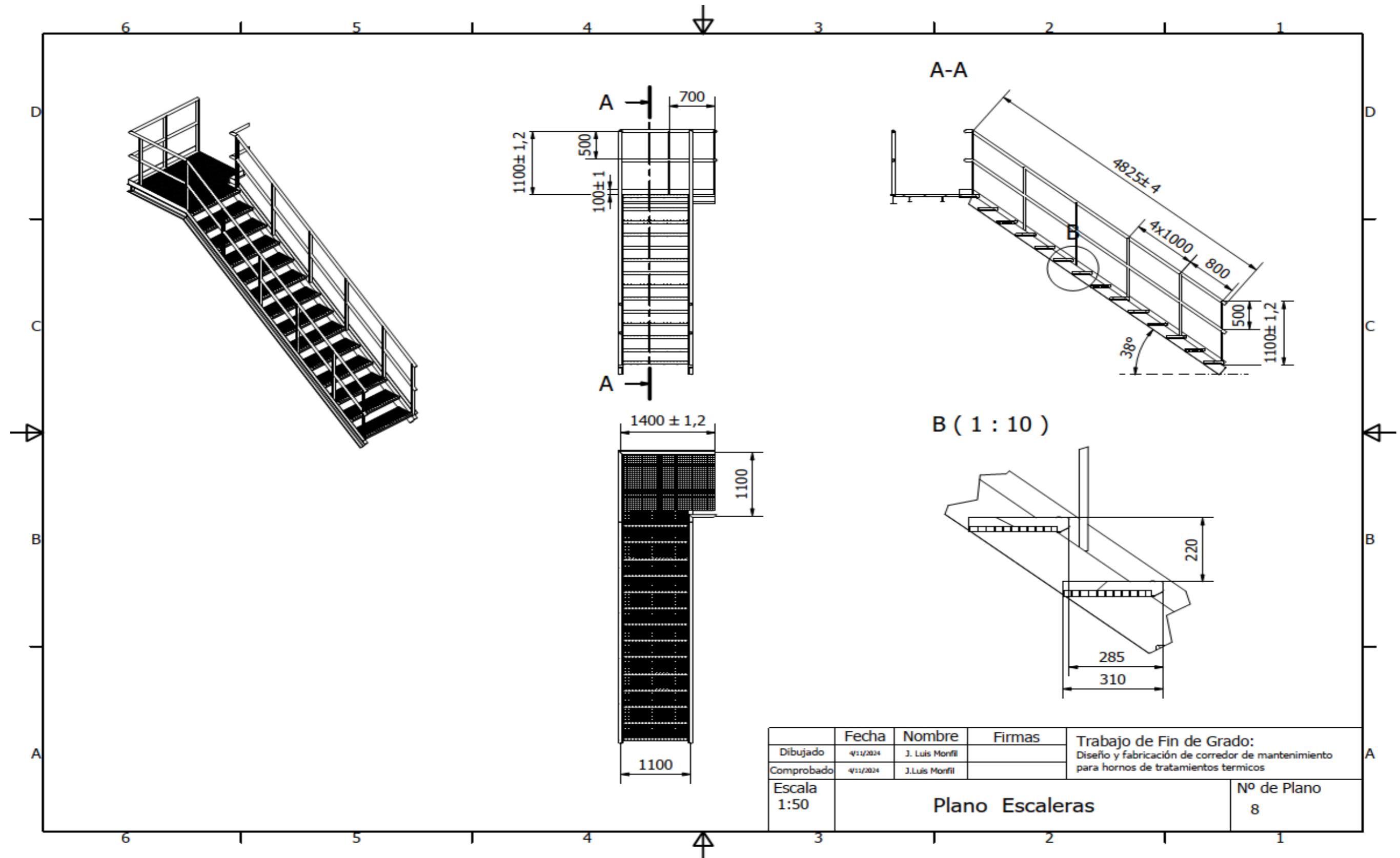
6. Plano Guardacuerpos y Rodapiés



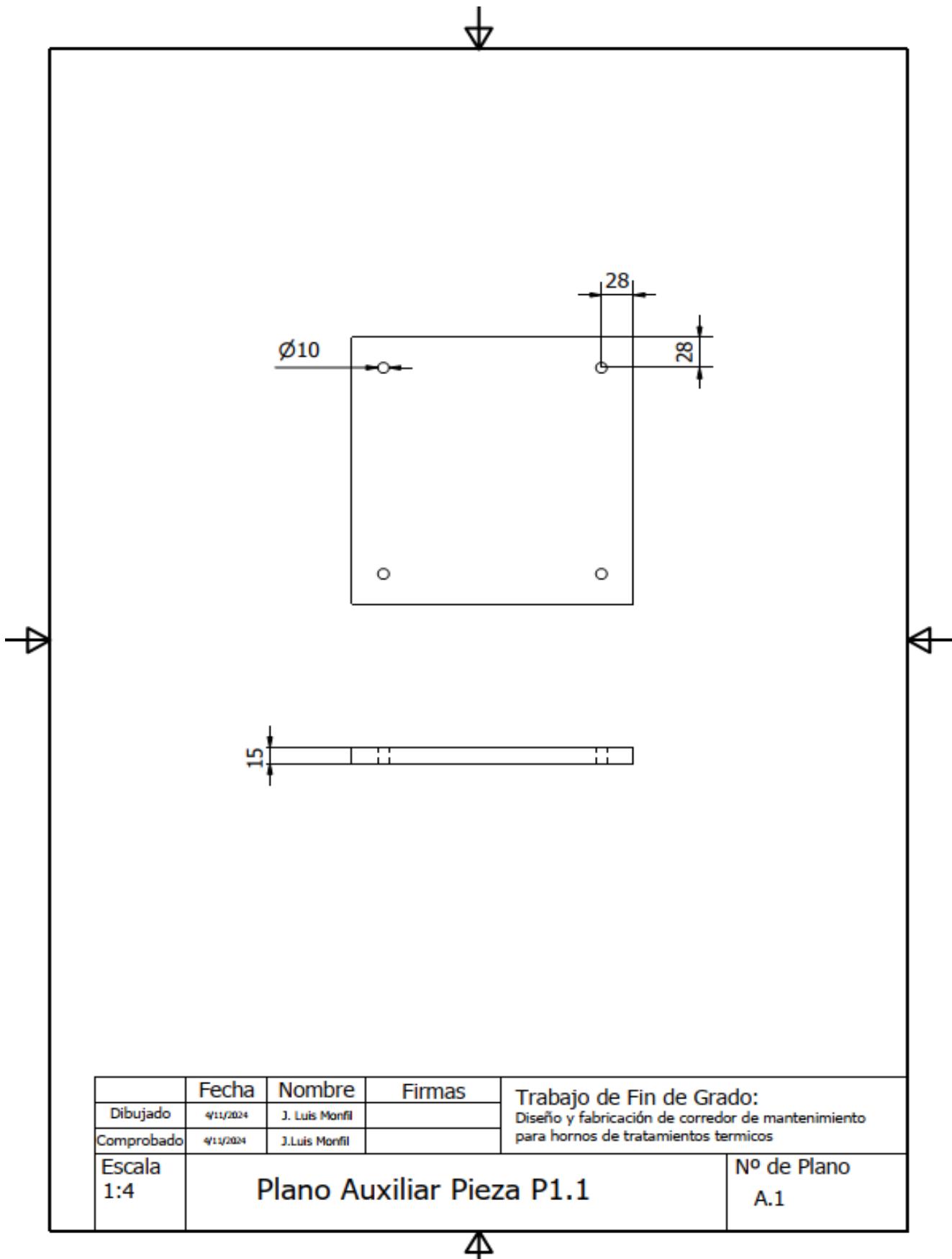
7. Plano Explosión Escaleras



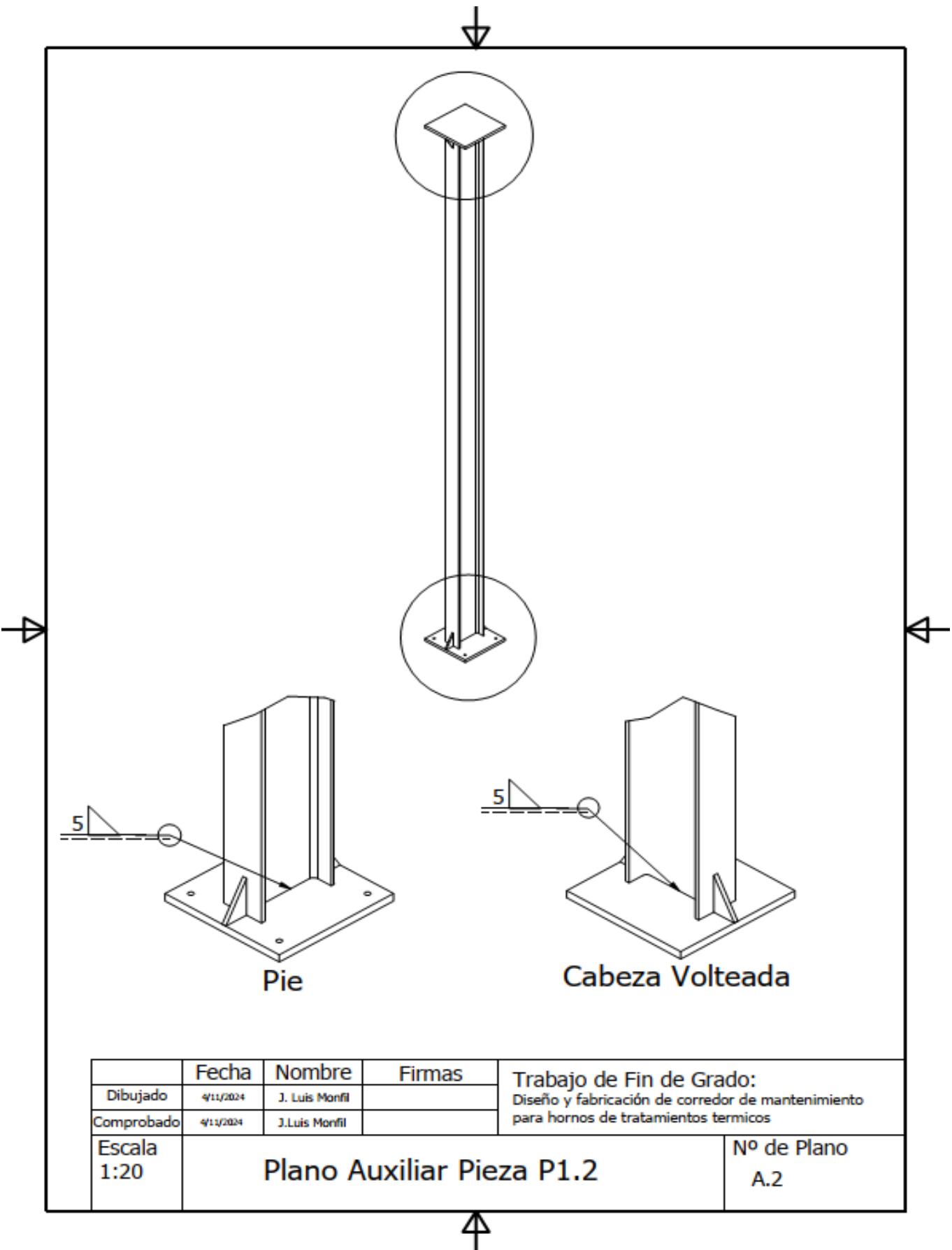
8. Plano Escaleras



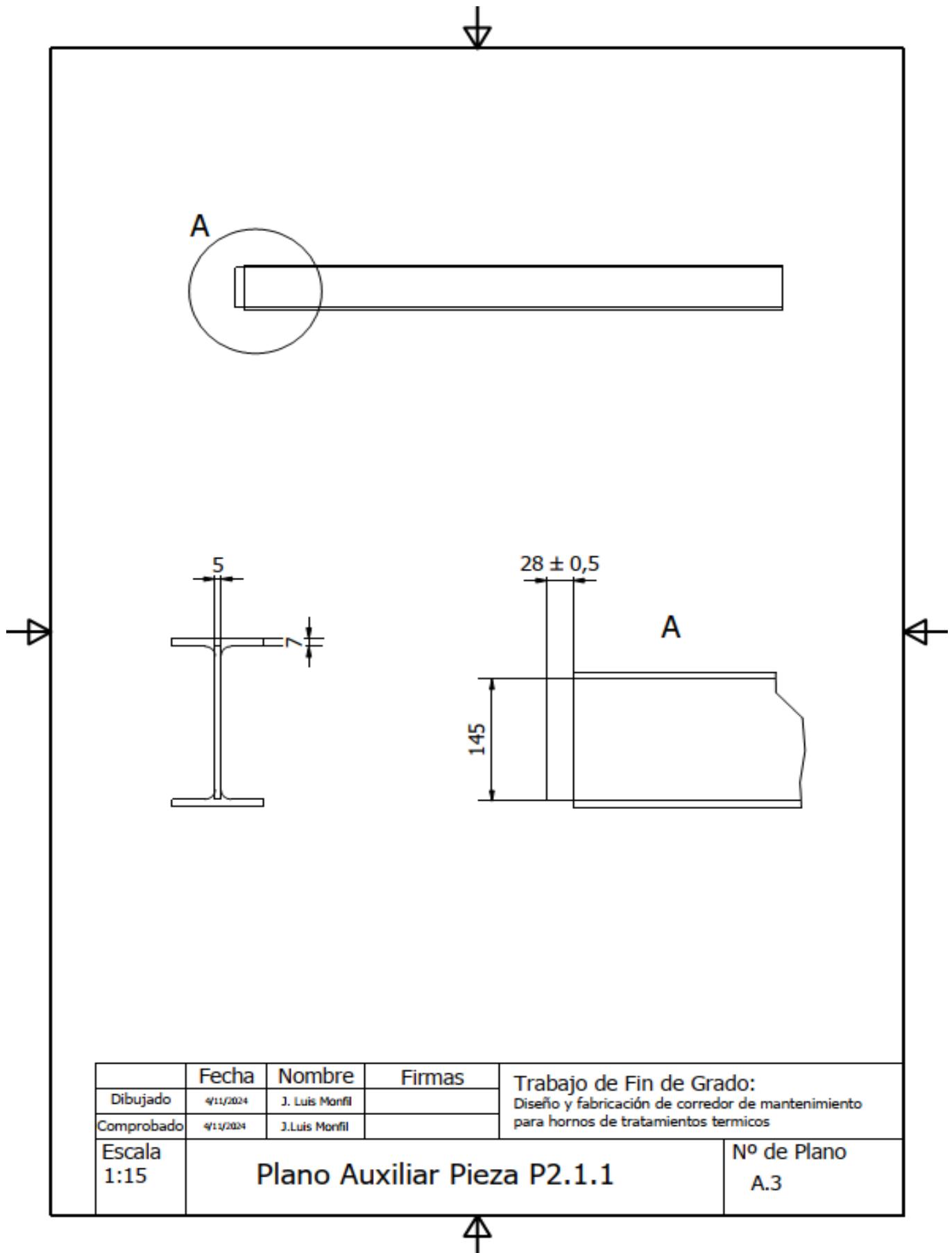
A1.Planos Auxiliares Pieza P1.1



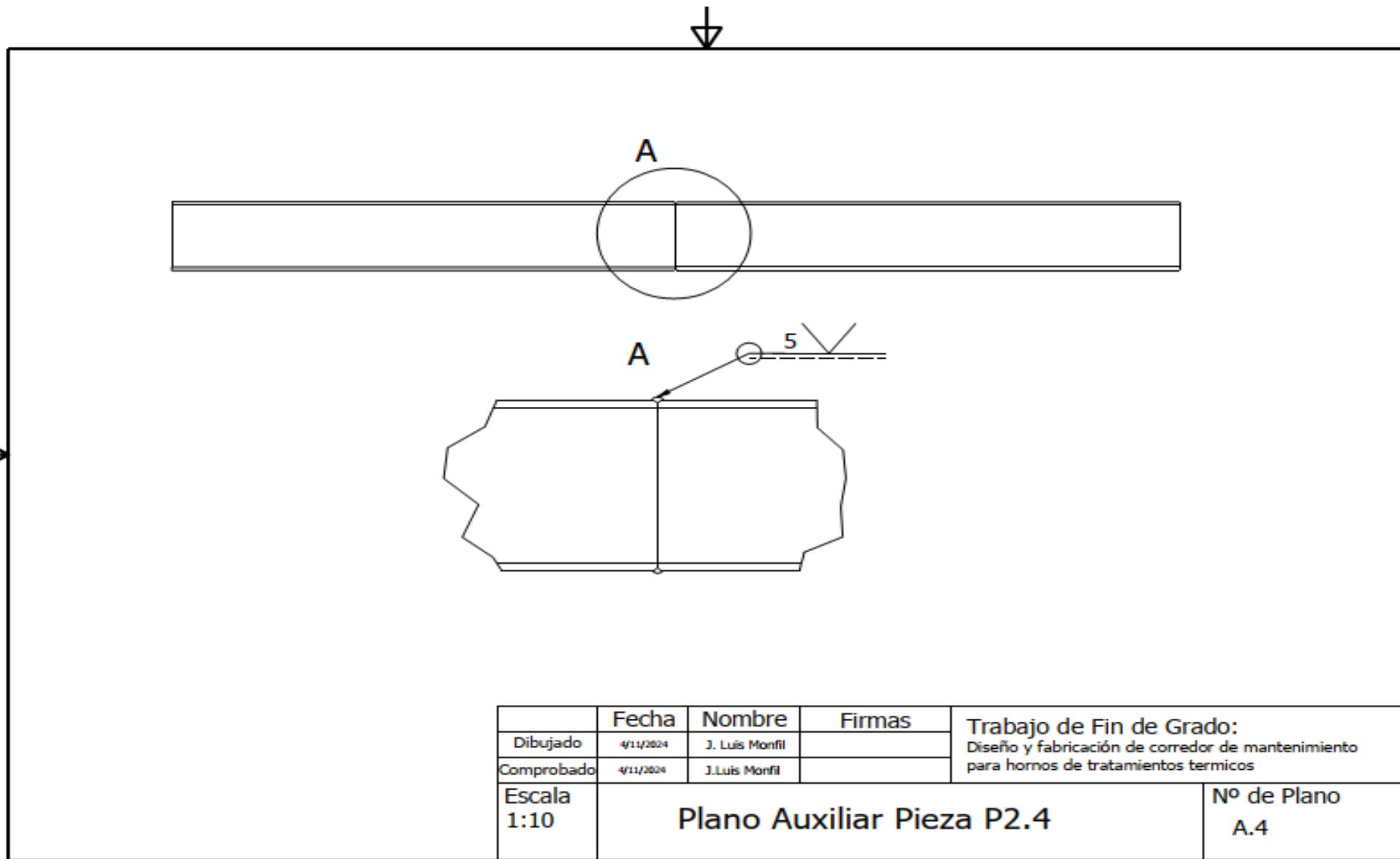
A2. Plano Auxiliar Pieza P1.2



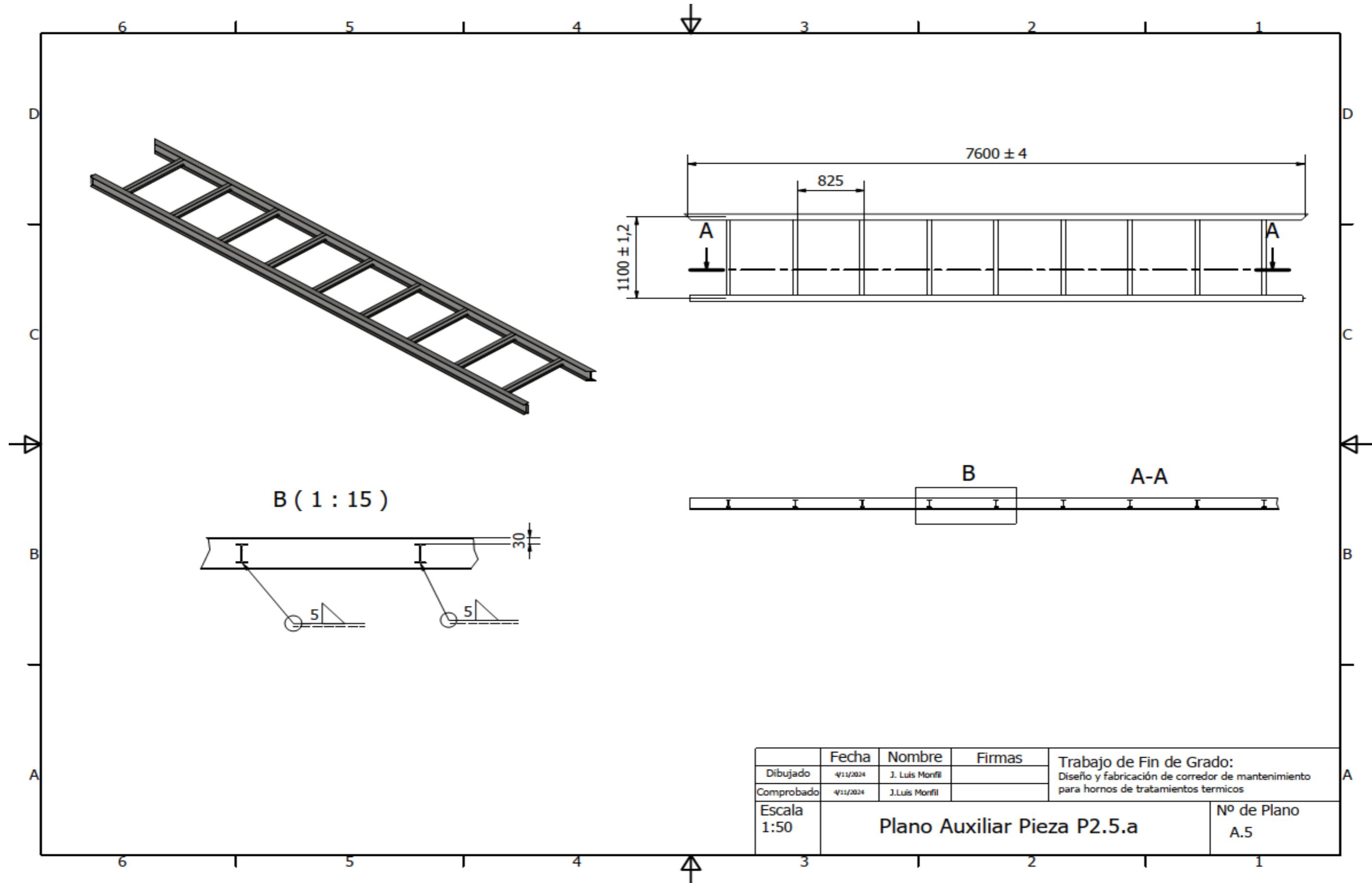
A3.Planos Auxiliares Pieza P2.1.1



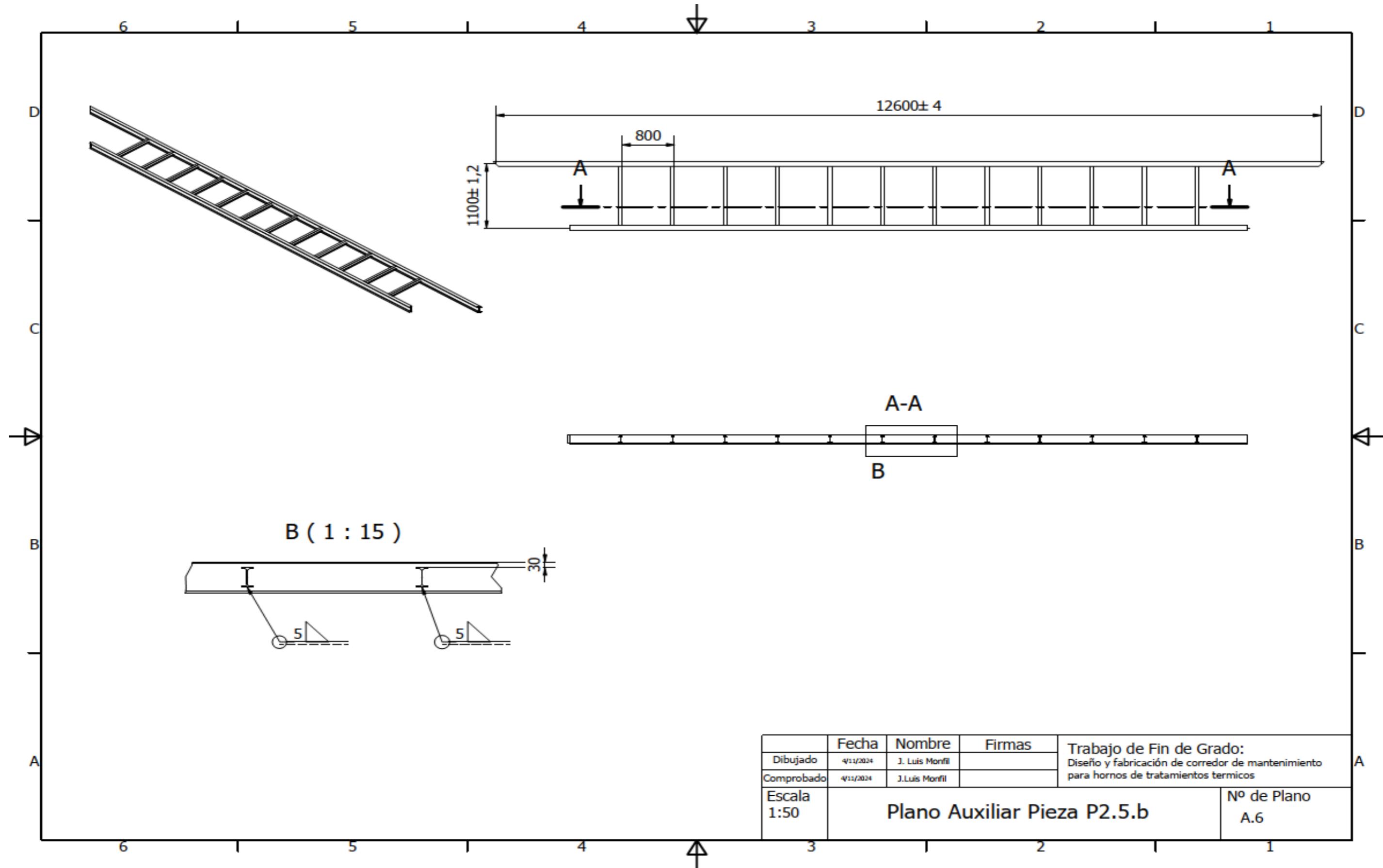
A4.Planos Auxiliares Pieza P2.4



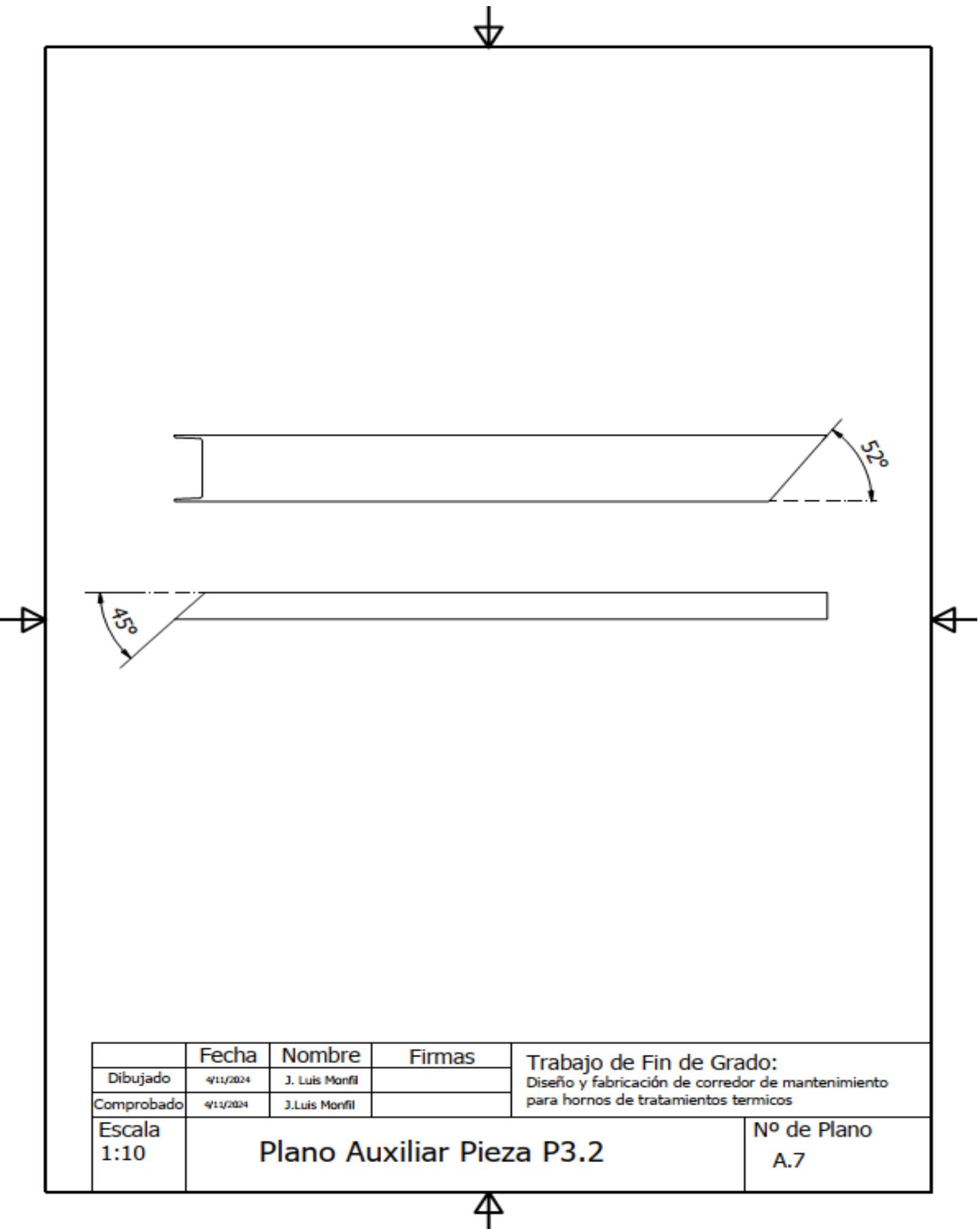
A5. Plano Auxiliar Pieza P2.5.a



A6. Plano Auxiliar Pieza P2.5.b



A7. Plano Auxiliar Pieza P3.2



A8. Plano Auxiliar Pieza P5.2

