

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NOROESTE
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES



Escuela de Tecnología

Práctica Profesional Supervisada

Ingeniería Mecánica

***Proyecto de Izaje Monorriel
para carga de Perfilería en
Máquina Cortadora Laser***

Autor:

Puppio, Nehuén Agustín

Docente Tutor:

Mateos, Alejandro Andrés

Tutor Empresa:

Rodríguez Benetti, Guillermo

ESCUELA DE
TECNOLOGÍA

Fecha: 2025

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 2 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Índice

Resumen	3
1. Introducción	3
2. Objetivos Generales	5
3. Plan de Trabajo y Carga Horaria	5
4. Descripción de la Práctica Profesional Supervisada	6
4.1. “Análisis de funcionamiento y Situación actual”	6
4.2. “Carga de Materiales”	8
4.3. “Planteo y Análisis de Alternativas”	10
4.4. “Marco Teórico”	12
4.5. “Predimensionamiento”	17
4.6. “Dimensionamiento”	34
4.6.3. Resultados de verificación de la viga:	37
4.6.4. Verificación de la estructura metálica del taller	43
5. Conclusión	54
6. Cartilla bibliográfica	56
7. Agradecimientos	57
ANEXOS	58

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 3 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Resumen

El presente informe presentará el diseño de un sistema de izaje estilo monorriel, para la carga de perfilería en la máquina cortadora laser de la empresa Torres Americanas S.A. planta Chacabuco. La finalidad de este informe es para validar las prácticas profesionales supervisadas de la carrera de Ingeniería Mecánica, que en mi caso las he realizado en dicha empresa.

El sistema consiste en una viga formada con dos perfiles UPN 140, soldados a espaldas, formando una figura de perfil doble T, sobre el cual se desplazará un sistema aparejo que permita levantar la perfilería a la máquina, mejorando la ergonomía y evitando posibles accidentes o incidentes laborales, como así también ayudando al mantenimiento de la máquina.

El sistema está capacitado para levantar los perfiles de mayor dimensión que se trabajan en la fábrica, el mismo es un perfil "L" de 203 x 203 x 19 (mm), que tiene una densidad lineal de 57,9 (kg/m). La viga no solo ocupa el largo del taller 16 (m) de largo, sino que tiene un extremo de 4 (m) hacia la parte externa del taller, pensada para la carga de perfiles desde el exterior, hacia el interior del predio, aprovechando así la disposición del almacenaje de perfiles que se encuentra en la parte externa. La metodología adoptada para la resolución es el uso de elementos finitos, junto con métodos de estabilidad vistos en la carrera.

1. Introducción

En 2001, en la ciudad de Chacabuco, provincia de Buenos Aires, Argentina, nace Torres Americanas, con una fabricación netamente destinada a estructuras metálicas para líneas de media y alta tensión, comenzando con fabricación seriada de las torres Cross Rope y Auto soportadas para diferentes tipos de obras, entre las que se pueden nombrar las líneas eléctricas de alta tensión (L.E. A.T 500 kV) de Rincón Santa María y CHOELE CHOEL.



Ilustración 1. Logo vigente de Torres Americanas S.A.

En el 2005, certifica su proceso de producción por la norma de calidad ISO:9001, manteniéndose dicha certificación al día de entrega de este informe.

Con el pasar de los años, la producción de torres ha ido aumentando tanto en volumen de producción como en gama de producción, de torres de media y alta tensión.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 4 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025



Ilustración 2. INTESAR/ LEAT 500 kV. CHOELE CHOEL/Puerto Madryn.

A pesar de que su *Misión* sea “Fabricación de torres para la distribución de energía eléctrica y también otras estructuras metálicas, que posibilitan la transformación de la vida de las personas. Nuestra misión se basa en las necesidades futuras para contribuir al desarrollo de nuestro país y expandirse con orgullo hacia otros”, la planta ha optado porque parte de sus tareas productivas sean aplicadas a otras tareas de ingeniería y de carácter metalúrgicas. Entre ellas, plataformas hidrantes, ascensores en estadios de fútbol, trabajos de corte para la comunidad, entre algunas menciones.

Teniendo en mente la mejora continua (kaisen), aplicadas por su programa de gestión de calidad, han ido variando sus equipos para mejorar su competencia en el mercado. Entre ellos se encuentra la maquina cortadora laser sobre la que trata en parte este informe. La misma es una **cortadora laser de la marca G. WEIKE Laser, modelo LF3015LNR**, que en un futuro cercano, la dirección de la empresa ha tomado la decisión de reemplazarla por un modelo que ofrece características superiores, como mayor precisión, terminación, velocidad de corte, etc.



Ilustración 3. Torre modelo afuera de la empresa. Fuente: Torres Americanas S.A.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 5 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

2. *Objetivos Generales*

Realizar el proyecto de ingeniería de un sistema de izaje monorriel para la alimentación de perfilería a un equipo de corte por láser.

Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual.
- Confeccionar memoria descriptiva sobre el funcionamiento.
- Diseñar el Lay Out del sector de corte Laser.
- Diseñar el sistema colaborativamente con las diversas áreas de la empresa.
- Analizar estructuralmente.

Alcance

Queda fuera de este informe, todo lo relacionado con especificaciones precisas del montaje, el diseño para su instalación eléctrica del sistema aparejo y el diseño en sí del aparejo.

3. *Plan de Trabajo y Carga Horaria*

Para la realización de la misma, se cumplió con el requisito mínimo de 200 horas establecidas para la acreditación de la Práctica Profesional Supervisada. La jornada se encontraba organizada de la siguiente manera: los días lunes a viernes de 8:00 a 16:00 horas, desde el 13 de marzo de 2025 hasta el 24 de abril de 2025, acumulando un total de 208 horas al finalizar el periodo de práctica, un total de 5 semanas.

Durante este periodo se llevaron a cabo diferentes actividades con el propósito de cumplir con los objetivos de la práctica profesional, la misma se dividió en el siguiente diagrama de Gantt, plasmadas en las 5 semanas.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 6 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

CRONOGRAMA DE TAREAS						
Diagrama de Gantt de la distribución en el tiempo de las actividades a realizar en la PPS y entrevistas con el/la Tutor/a Docente para informar el grado de avance del Plan de Trabajo						
N°	ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACIÓN				
		SEMANAS				
		1	2	3	4	5
1	Reunión con el tutor de la empresa	■		■		■
2	Reuniones con encargados y operarios del láser	■	■		■	
3	Reunión con docente tutor		■	■		■
4	Análisis de la situación actual	■	■			
5	Diseño del dispositivo		■	■	■	
6	Diseño de lay out del sector de corte láser			■	■	
7	Redacción de informe				■	■
8	Confección de memoria descriptiva			■	■	■
9	Presentación de propuestas de mejoras a la Gerencia de Planta					■

Ilustración 4. Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración propia.

4. Descripción de la Práctica Profesional Supervisada

4.1. "Análisis de funcionamiento y Situación actual"

Al comienzo de la práctica, se realizó un reconocimiento del sector y de las actividades a llevar a cabo en el mismo. A partir de esto se reconocieron dos equipos principales dedicados al seccionamiento de materiales:

- Pantógrafo: utilizado para cortes de chapas de todo tipo, pero sobre todo para espesores gruesos. Su terminación es rugosa.
- Máquina Corte por Laser: de la marca GWEIKE, modelo LF3015, que tiene una potencia de 1000 (W), utilizada hasta chapa y perfiles de ½" de espesor. Su terminación es de alta calidad. La empresa prevé reemplazar este equipo por uno de mayor potencia, que permita realizar cortes de mayores espesores.

Como se mencionó en la introducción, en la empresa se trabajan varios tipos de perfiles y chapas usadas en las distintas piezas de los trabajos que realizan. Entonces, un dato muy importante para la elaboración del sistema de carga, es reconocer que tipos de perfiles opera la máquina de corte laser, para establecer las condiciones iniciales del sistema a proyectar. La tabla con los componentes que se manipulan en estas máquinas se encuentra anexada en este informe. ([anexo 1](#)).

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 7 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

De dicha tabla destacamos que la empresa utiliza el pantógrafo para las operaciones de corte en materiales de espesores mayores a 1/2", aunque también podría cortar espesores menores, pero para ello utiliza el "Laser", ya que este tiene una mejor terminación superficial en el área de corte.

Lay Out- Disposición de las Máquinas en el taller

En la siguiente fotografía, vemos una vista de planta (CAD) del galpón donde se encuentran las dos maquinarias.

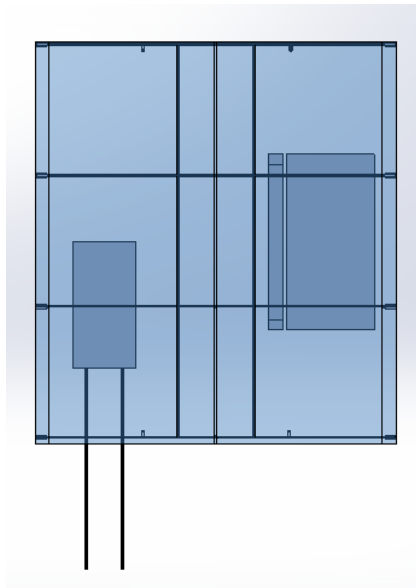


Ilustración 5. Vista Planta de la disposición de las máquinas en el predio. Fuente: Medidas sacadas del taller de corte de Torres Americanas S.A. Dibujo elaborado por software CAD.

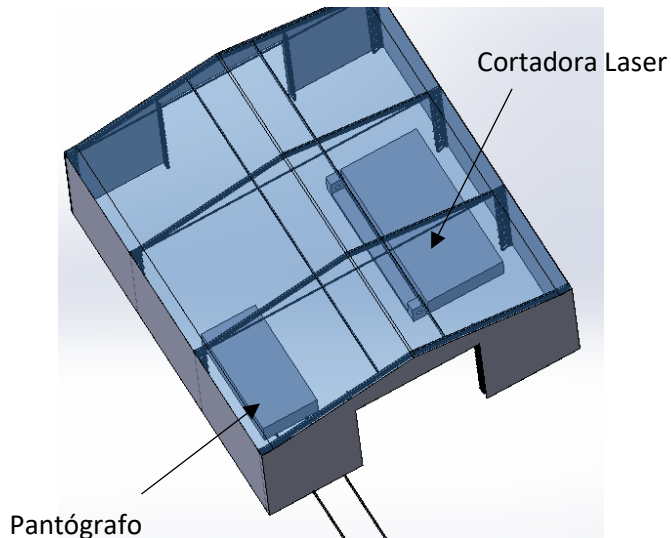


Ilustración 6. Perspectiva de la situación. Fuente: Medidas sacadas del taller de corte de Torres Americanas S.A. Dibujo elaborado por software CAD.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 8 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025

4.2. "Carga de Materiales"

Para el Pantógrafo, utilizan un par de rieles para poder desplazar la cama de la maquina hacia fuera del taller, permitiendo acopiar las chapas directamente desde el auto elevador.

Para el corte laser, si es chapa, el auto elevador entra al taller con la misma descansada sobre las uñas de este. Una vez dentro, el operario se ayuda con un dispositivo de izaje que está montado con un sistema de bisagra en una de las columnas laterales del taller. El mismo, está limitado a levantar cargas de 250 kgf en su mayor extremo, y hasta cargas de 400 kg en el centro. El mismo no permite cargar material a la parte de corte de perfilería. A continuación se presenta una fotografía del mismo:



Ilustración 7. Sistema Aparejo con apoyo bisagra. Fuente: Torres Americanas S. A.

Durante la carga de chapas, se corren ciertos riesgos de golpes a la máquina, pudiendo dañarla, pero mediante ciertos recaudos tomados por el personal de manejo del auto elevador, la tarea se puede desarrollar con normalidad.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 9 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025



Ilustración 8. Modelo de máquina. Fuente: GWeike.

La carga de perfiles presenta varios inconvenientes asociados a cuestiones ergonómicas del personal, posibilidad de accidentes, golpes en cabezales de apriete de la máquina, desgaste de las mordazas, posibilidad de golpear el lente de corte.

Actualmente, la alimentación de perfiles se realiza mediante un previo transporte de perfiles por auto elevadores hasta los caballetes que se encuentran en la siguiente figura. Una vez cargados, los operarios deben realizar la labor de transportarlos a mano hacia la máquina, realizando maniobras para esquivar la columna que se muestra en la figura, y a su vez, que la pieza entre en las mordazas de la máquina.



Columna que interrumpe la carga. Tiene 1,5 (m) de alto (aproximadamente)

Ilustración 9. Representación de una de las problemáticas principales al momento de cargar materiales a la máquina que se utiliza actualmente.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 10 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025

Esta situación es la que impulsa la necesidad de contar con alguna solución de carga de perfiles que dinamice la carga de materiales

4.3. ***“Planteo y Análisis de Alternativas”***

A partir de la necesidad, se analizaron varias opciones para abordar el problema

Por un lado, se pensó en fabricar un sistema de rieles por donde se mueva toda la maquinaria hacia afuera del taller, para realizar la carga desde el exterior por un auto elevador. Al igual que como funciona el pantógrafo. Como ventajas, podemos decir que facilitaría tanto el montaje de perfiles como de chapa a la máquina. Como desventaja, esta solución requiere por un lado la construcción de los rieles, y por otro, modificar la estructura de la pared, tanto así como el chasis de la máquina para equiparla como si fuera un vagón de tren.

Otra idea plasmada, fue la de realizar un mecanismo de cadenas acopladas con un sistema de paletas de acero, que mueven al perfil hacia la zona de corte. Este pareció ser de las ideas más novedosas para la carrera, ya que contemplaba un gran número de mecanismos, como así también de mantener sincronismos para mantener cierto grado de automatización. La principal ventaja es la semiautomatización de la carga de perfiles. Como desventajas, poco acceso para la carga de perfiles a la estructura, la carga a este debería ser manual; poco espacio de pasillo entre ambas máquinas; además hay poco espacio de altura para hacer caer el perfil a la zona de corte, ya que esta se encuentra a 30 cm del nivel del suelo, lo que complica la altura del mecanismo.

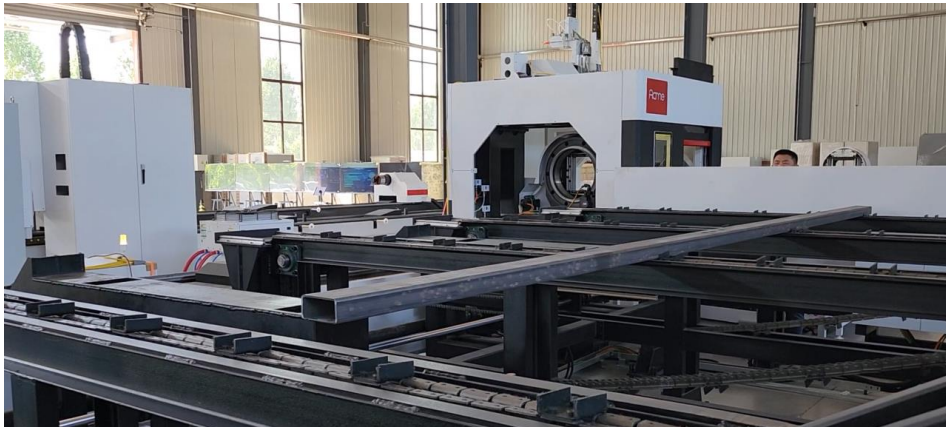


Ilustración 10. Una de las primeras soluciones pensadas para cargar materiales. Fuente: Torres Americanas S.A.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 11 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025



Ilustración 11. Una de las primeras soluciones pensadas para cargar materiales. Fuente: Torres Americanas S.A.



Ilustración 12. Otra de las primeras soluciones pensadas para cargar materiales. Fuente: Torres Americanas S.A.

Con estas dos ideas, se decidió directamente realizar un sistema de izaje en altura, con dos alternativas: a) tipo puente grúa, b) con sistema monorriel. Primeramente se pensó en la opción a), pero luego de una evaluación con el área de ingeniería, no era viable económicamente, por ende, se terminó optando por un sistema de viga monorriel que cruce el taller a lo largo de la máquina, solamente para la elevación de perfiles. Como ventajas, se puede mencionar que se utilizaran materiales y perfiles de la planta; libre zona para movilizarse entre las dos máquinas; poder cargar perfiles de forma ergonómica desde el exterior. Como desventajas, solicitar la estructura metálica del taller con posibles cargas excesivas.

La solución seleccionada fue la del sistema monorriel, lo que implica bajar vínculos desde las cabriadas del taller, mediante un sistema de ménsulas en forma de "U". Estas fueron diseñadas a partir de la condición de la empresa de sustituir el equipo laser por uno de mayor potencia, lo que también implica camas de trabajo de diferentes medidas a la actual, por ende la viga debería trabajar sobre otro plano.

El análisis de los esfuerzos se realizó por medio de elementos finitos, para ello primeramente se tomaron las medidas reales del taller, para realizar un diseño CAD de la nave. Posterior a eso, se realizó con el diseño de las ménsulas, y posteriormente de la viga.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 12 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025

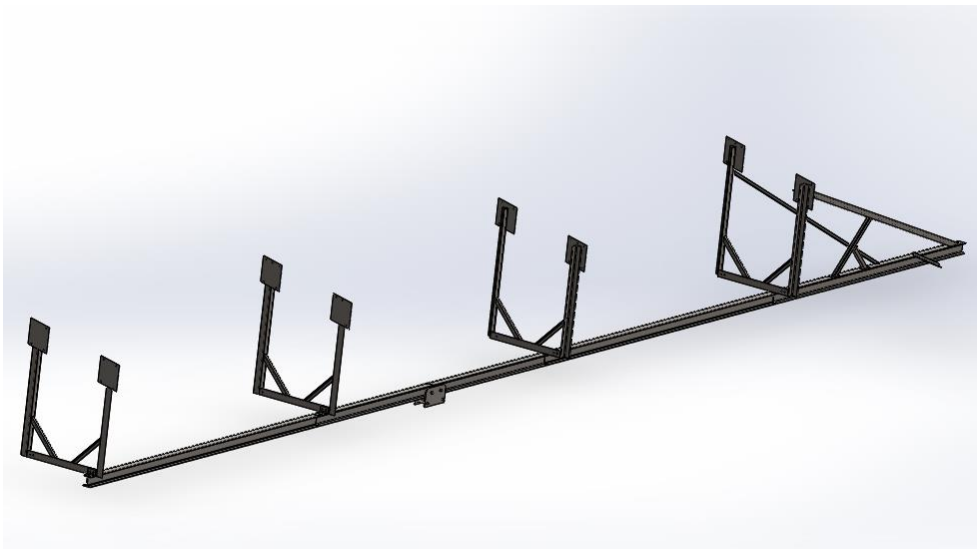


Ilustración 13. Idea seleccionada para estudiar su dimensionamiento según las condiciones del problema.

A continuación se encuentra un listado de piezas que conforman a este modelo, las dimensiones precisas y el ordenado de ellas, se encuentran en la sección de anexos, con su correspondiente planimetría, dichos planos se encuentran anexados en la sección de anexos, específicamente en “[Anexos Planimetría](#)” de este informe.

Piezas	Cantidad
Marcos “U”	4
Viga	1
Ángulos unión entre viga y marcos “U”	4
Tornillos M16 x 30	8
Tornillos M8 x 30	50
Refuerzos exteriores	3
Triangulo apoyo para parte exterior	1
Refuerzos para marcos U	8
Chapas apoyo marcos “U”	11
Carro Aparejo	1
Cable Acero x 6 (mm)	1
Motor aparejo	1

Tabla 1. Listado de piezas

4.4. “Marco Teórico”

En este apartado del desarrollo de la práctica profesional, se desarrollará brevemente al marco teórico para la realización de esta práctica.

4.4.1. Análisis estático de estructura:

Como método de resolución para el objetivo principal, el de construir un sistema de izaje, realizamos una verificación por el método de elementos finitos (MEF), mediante el uso de un software CAD, en este caso se utilizó SolidWorks. Este método es puramente realizado por el software, aunque se tuvo un cuidado especial con el mallado, para no realizar un mallado excesivo y saturar de ecuaciones diferenciales al

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 13 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

computador. Como principal ventaja, permite una resolución más rápida y con mayor visualización tanto de resultados, como del modelo realizado.

4.4.2. Verificación de tornillos:

Este fue el principal método para la resolución estática de la viga, así como también su verificación a fatiga.

Luego de esto verificamos los bulones a corte y aplastamiento de forma analítica, para ello:

$$\text{Tensión de Corte} = \tau = \frac{P}{N \times n \times F_{bul}}$$

- *P*: Carga.
- *N*: Cantidad de Bulones.
- *n*: Secciones de corte
- *F_{bul}*: Sección del bulon

$$\text{Tensión de Aplastamiento} = \sigma = \frac{P}{N \times t \times \phi}$$

4.4.3. Normativa para Soldadura:

IRAM-ISO 2553:2015 "Procesos de Soldadura y Afines- Representación simbólica en dibujos"

Reglamento CIRSOC 304: "Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras en Acero"

Para las soldaduras, se recomiendan los siguientes 3 ítems:

- 1) Que durante la ejecución de soldadura, se hayan seguido en todo momento las reglas de buena práctica;
- 2) Que las características mecánico-resistencias del metal de aporte, sean lo más similar posible al metal base.
- 3) Los recaudos necesarios a la hora de seleccionar el metal de aporte, para evitar fisuración, ya sea en caliente o en frío.

Las diferentes uniones a realizar, se diseñan según la tabla 2.3. del CIRSOC 304, de la cual consideramos las uniones soldadas con *Junta de Penetración Parcial (JPP)*, *Soldadura de Empalme o Traslapada* y *Soldadura de Botón*. ([Anexo 3](#))

El mínimo tamaño efectivo en uniones soldadas a tope con JPP, deberá ser igual o mayor que el valor *E* especificado en la tabla 3.4. del reglamento CIRSOC 304, que se encuentra en el [anexo 4](#) de este informe.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 14 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025

Las uniones del tipo empalme o traslapadas, están solicitadas al corte al eje de la soldadura, por ende su tensión admisible es del 30% de la mínima resistencia a la tracción del metal de aporte, de acuerdo con la clasificación de norma.

Las uniones con soldadura de botón, también se trabajaron con tensiones admisibles al 30% de la mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma.

Tensiones existentes en un cordón de soldadura

Las tensiones que pueden ocurrir en un cordón de soldadura en ángulo están descritas en la siguiente figura

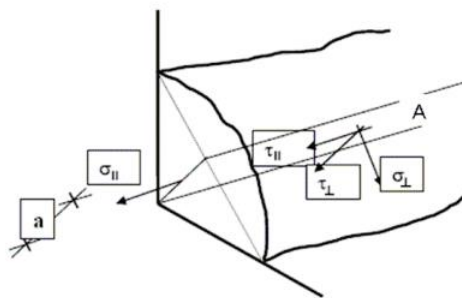


Ilustración 14. Distribución de las tensiones en un cordón de soldadura. Fuente: Catedra de Unión de Materiales por Soldadura.

A partir de la fotografía anterior, se determina a la sección de calcula definida por una altura “a” (conocida como la garganta del cordón).

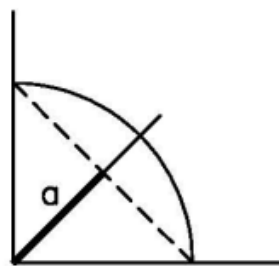


Ilustración 15. Garganta del cordón de soldadura. Fuente: Catedra de Unión de Materiales por Soldadura.

Sobre el plano conformado por “a” y la longitud “L” (largo del cordón), se definen las tensiones que se generan en el cordón: *Tensión normal al plano* σ , y dos componentes sobre el plano de referencia y perpendiculares entre sí: τ_a y τ_n .

A partir de estas tensiones, cada norma monta su expresión de cálculo, por lo general obtenida de base experimental, que proporciona la resistencia ultima de un cordón de soldadura.

Para las soldaduras de traslape, debemos seguir la recomendación de la norma, que indica lo siguiente:

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 15 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraiel para Cortadora Laser	Edición 2025

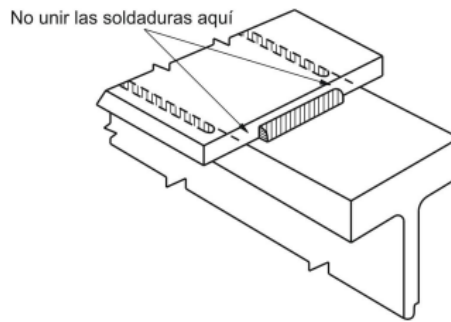


Ilustración 16. Fuente: CIRSOC 304.

4.4.4. Simbología de soldadura:

Para la soldadura a utilizarse se siguió la simbología de la norma IRAM ya que es la vigente en nuestro país, la misma es la IRAM-ISO 2553:2015 “Procesos de soldadura y afines – Representación simbólica en dibujos”. Para el enfoque de representación se utilizó el enfoque americano ANSI/AWS, donde el símbolo correspondiente al lado de la flecha se ubica por debajo de la línea de referencia y el “otro lado” por encima de la línea de referencia. ([Anexo 5](#)).

4.4.5. Consideraciones para calculo estructural:

Así también para el cálculo estructural, se tuvo en cuenta que las tensiones obtenidas del software no superen el límite elástico del material. Para la aplicación de cargas a la estructuras consideramos:

- Carga Real, que no es más que ni menos, que el peso del perfil más grande que se maneja en la fábrica, el mismo es el perfil “L” 203x203x19 (mm), que tiene una densidad de 57,9 (kg/m), y llega en vigas de 6 metros de longitud, por ende, la carga es de, 347,4 kg, redondeando a 350 (kg). A esto se le suma, el peso aproximado de un aparejo, que es cercano a los 15 kg.
- Carga Dinámica. Al ser un elemento en el que la carga no es estática pura, ya que el perfil se va a ascender y descender reiteradas veces objetos, las cargas son dinámicas. En estos materiales, la deformación de rotura se reduce en forma considerable. Asimismo, la experiencia realizadas demuestran incrementos del límite de fluencia y de la tensión de la rotura. Muchos materiales que frente a cargas estáticas tienen un comportamiento dúctil, en el caso de cargas dinámicas presentan comportamientos frágiles.

Las cargas dinámicas producidas por impactos, como puede ser, un deslizamiento del cable del aparejo, una rotura de este, etc. Puede originar en la estructura efectos vibratorios.

Otro efecto que juega un papel importante en el proceso de choque, es la dispersión de la energía, que es muy difícil de cuantificar. En este sentido, el amortiguamiento que pudieran proveer los vínculos es sumamente importante.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 16 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraiel para Cortadora Laser	Edición 2025

La determinación en forma rigurosa de las tensiones que se originan como consecuencia de las cargas dinámicas resulta compleja, y en cierto modo, un tanto indefinida.

En base a esto, en la mayoría de los casos se tratan de cuantificar los efectos dinámicos en forma experimental. Lo que se utilizó en este informe, es el concepto de “cargas estáticas equivalentes”, que no son sino cargas ficticias que actuando estáticamente producen el mismo efecto que las cargas verdaderas actuando en forma dinámica.

Este valor de “carga estática equivalente” se obtiene multiplicando a la carga real por un “coeficiente de impacto o dinámico”, en nuestro caso lo consideramos como el doble, es decir, como la carga actuante para las etapas de predimensionamiento y para verificación, es el doble de la carga real.

- Gravedad (peso propio de los materiales).
- Carga de viento sobre la estructura, siguiendo la normativa CIRSOC 102 para cargas de viento aplicables en estructuras.
- Peso de la chapa, distribuida sobre las cabriada.

4.4.6. Normativa de Izaje:

ASME B.30.2 “Grúas Pórtico y Elevadas (Grúa móvil tipo puente, mono viga o de múltiples vigas, Polipasto móvil con carro)”.

Como se trabaja con situaciones de izaje mediante sistemas de aparejos sobre sistemas monorraeles, aplica la normativa ASME B30.2, la cual aplica criterios para este informe, así esta norma establece el siguiente **alcance**:

“El volumen de la norma B30.2 incluye disposiciones que aplican a la construcción, instalación, operación, inspección, y mantenimiento de grúas pórtico y elevadas operadas manual y mecánicamente que tienen un puente con una o múltiples vigas, con uno o más polipastos móviles con carro, usados para la elevación vertical y el descenso de cargas no guiadas suspendidas que están compuestas de equipos y materiales (véanse las figuras 1 – 5). Los requerimientos incluidos en este volumen también aplican a grúas que tienen las mismas características fundamentales tales como grúas pórtico voladizas, grúas semipórtico y grúas de pared.

Este volumen no incluye los requerimientos de una grúa usada para un fin particular tal como, pero que no está limitado al, servicio de elevación no vertical, izamiento de una carga guiada, o izamiento de personal.”

A su vez establece 3 capítulos importantes a seguir en cuenta:

- **Capítulo 2-1: Construcción e Instalación.**
- **Capítulo 2-2: Inspección, Pruebas y Mantenimiento.**
- **Capítulo 2-3: Operaciones**

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 17 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

De estos capítulos, hemos recopilado parte de la información necesaria para la conformación de este diseño, que cierta información no se encuentre en el mismo no debe quitar importancia dada por la normativa.

4.4.7. Unidades

El sistema utilizado es el sistema internacional, aunque se encuentran ciertas medidas en el sistema técnico que por alguna conveniencia durante el cálculo se utilizó, pero a la formalidad que se necesita de un informe, se respetó el primer sistema, llevando estas a su equivalencia.

4.5. **“Predimensionamiento”**

En primera instancia, se comienza con una etapa de predimensionamiento en la etapa de diseño de piezas, para lo cual se debe tener en cuenta algunos criterios, como evaluar las piezas a tensiones de tracción, flexión, corte, torsión si existiera el caso, etc. Así luego, se utiliza una teoría de verificación de resistencia, en este trabajo se utilizó por excelencia la teoría de Von Mises.

Despiece para predimensionamiento:

4.5.1. **Viga:**

Este sistema por sí mismo es hiperestático, ya que a simple vista puede notarse la superioridad de incógnitas ante las ecuaciones de la estática. Entrando más en detalle, hay 4 vínculos dobles, lo que indica un total de 8 (ocho) incógnitas, para las 3 ecuaciones de la estática, lo que indican un grado de hiperestaticidad de 5 (cinco). Lo que a continuación se realizó es el predimensionamiento de este elemento del diseño, mediante dos métodos de la estática para sistemas indeterminados.

Predimensionamos la viga al Momento Flector Máximo

Se realizaron dos hipótesis de predimensionamiento: a) sistema isostático, en el cual se piensa a la viga en sus fragmentos dados por las distancias entre cabriadas (o los marcos “U”), apoyadas en un extremo por un vínculo doble y en el otro en un vínculo simple; b) sistema hiperestático, este modelo es más realista, ya que considera a la viga en su totalidad y a partir de él se calcularon las reacciones y los diagramas de momento flector y cortante, a partir del *método de las fuerzas o método de las flexibilidades*.

Sistema Isostático:

La carga a aplicarse es la del perfil máximo utilizado en planta, independientemente de si se puede o no cortar en la máquina, ya que esta podría cambiarse en algún futuro, dicho valor de la carga es de 365 kgf (**3.577 N**). Considerando cargas dinámicas, la carga se duplica, por ende la misma es de 730 kgf (**7.154 N**) para poder simular situaciones de impacto en nuestro modelo.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 18 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

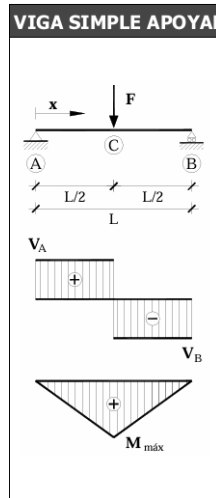


Ilustración 17. Formulas básicas de la estática para vigas simplemente apoyadas. Fuente: Apuntes de la cátedra de estabilidad III.

Reacciones y solicitaciones	
Reacciones:	$R_A = R_B = \frac{F}{2}$
Cortantes:	$V_{AC} = \frac{F}{2} \quad V_{CB} = -\frac{F}{2}$
Flectores:	$M_{AC} = \frac{F}{2}x \quad M_{CB} = \frac{F}{2}(L-x)$
	$M_{\text{máx}} = M_C = \frac{FL}{4} \quad \text{para } x = \frac{L}{2}$

Ilustración 18. Formulas básicas de la estática para vigas simplemente apoyadas. Fuente: Apuntes de la cátedra de estabilidad III.

La viga en total tiene 20 metros, pero dentro del predio se encuentran 16 metros, divididos en la estructura por 4 marcos "U" que se utilizan para apoyos, cada tramo de viga dentro del taller tiene 5,3 (m), por ende, predimensionamos cada tramo como una viga de 5,3 metros apoyada con dos extremos, uno doble y otro simple.

La función de momento a lo largo de un tramo es de:

$$M_{AC} = \frac{F}{2} * x = \frac{7.154(N)}{2} * x =$$

$$M_{CB} = \frac{7.154(N)}{2} * (5,3(m) - x) =$$

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 19 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

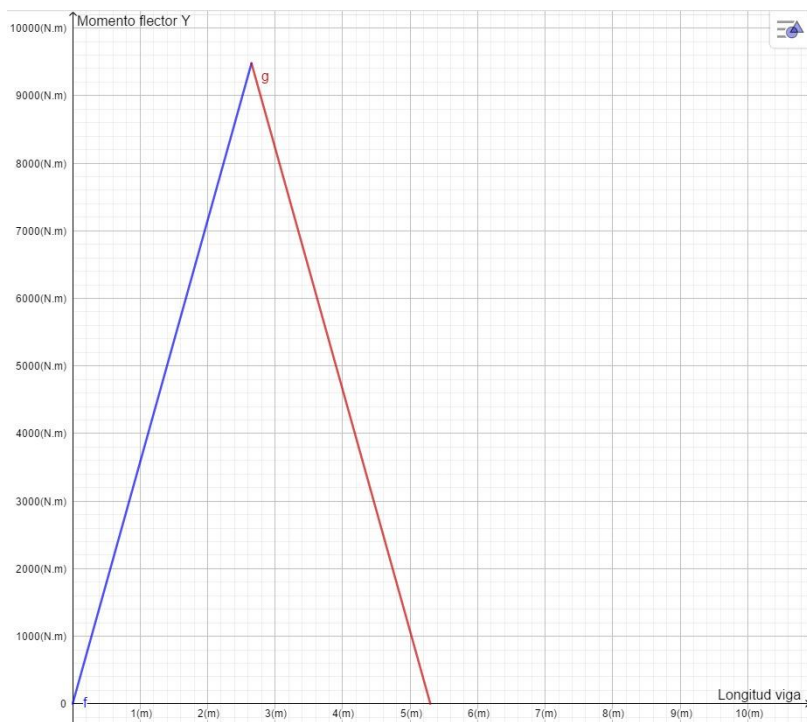


Ilustración 19. Diagrama de Momento flector. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo un momento máximo de

$$M_{Max} = \frac{F \times L}{4} = \frac{7.154(N) \times 5,3(m)}{4} = 9.479,05 (N.m) \equiv 967,25 (kg.m)$$

$$= 9.479,05 (J)$$

$$\sigma_{fl} = 2400 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

$$\sigma_{Adm} = \frac{\sigma_{fl}}{2} = 1200 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Tomando un perfil creado por dos perfiles UPN 140, tenemos lo siguiente...

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 20 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

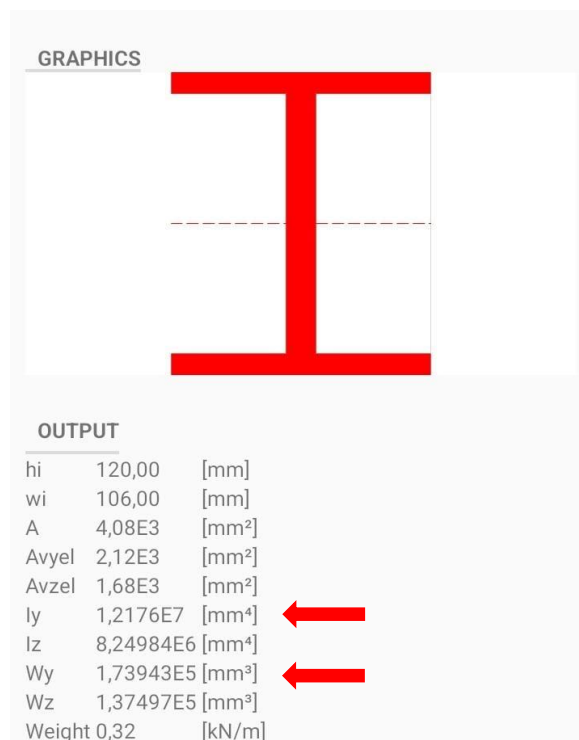


Ilustración 20. Fuente: Elaboración propia del cálculo de los valores del momento de inercia y del momento resistente por medio del teorema de Steiner.

$$\sigma_{ADM} > \frac{M_{fmax}}{w_{xx}} = \frac{96.659,41 (kg * cm)}{173,94 (cm^3)} = 555,696 \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \equiv \mathbf{54,52 (MPa)}$$

$$\sigma_{ADM} > \mathbf{54,52106273 (MPa)}$$

Por ende, este perfil cumple con las solicitaciones dadas, y es la peor de las situaciones ya que en este caso la viga se encuentra isostática, y predimensionar la estructura con este primer método no estaría mal por las teorías de la estabilidad.

Predimensionamiento utilizando el "Método de las Fuerzas": Método Hiperestático

Para tener un predimensionamiento más real de nuestra estructura hiperestática, realizaremos el cálculo de las reacciones mediante el "Método de las Fuerzas". En forma sintética, los pasos del procedimiento se pueden listar como:

1. Planteo de la estructura fundamental. Se liberan vínculos de manera de transformar la estructura hiperestática en un isostático.
2. Se calculan los desplazamientos en las direcciones liberadas debidos a las cargas externas actuantes en el fundamental.
3. Se calculan los desplazamientos en las direcciones liberadas debidos a magnitudes estáticas (desconocidas y adoptadas a priori con valor unitario) actuando en las direcciones liberadas en el fundamental. Esto se realiza para cada una de las incógnitas separadamente.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 21 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

- Se plantean las ecuaciones compatibilizando, en cada dirección liberada los desplazamientos producidos por las cargas externas más los producidos por las incógnitas (las unitarias), con los desplazamientos de la estructura original.
- Se despejan las incógnitas del método.
- Se resuelven los efectos sumando los efectos en cada una de las estructuras fundamentales.

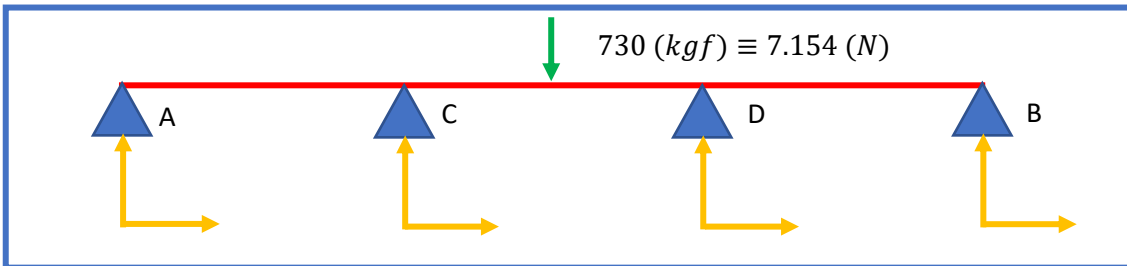


Ilustración 21. Representación de la situación. Fuente: Elaboración propia.

Como se dijo, modificamos los vínculos para que la misma sea isostática, reemplazando estos vínculos por incógnitas:

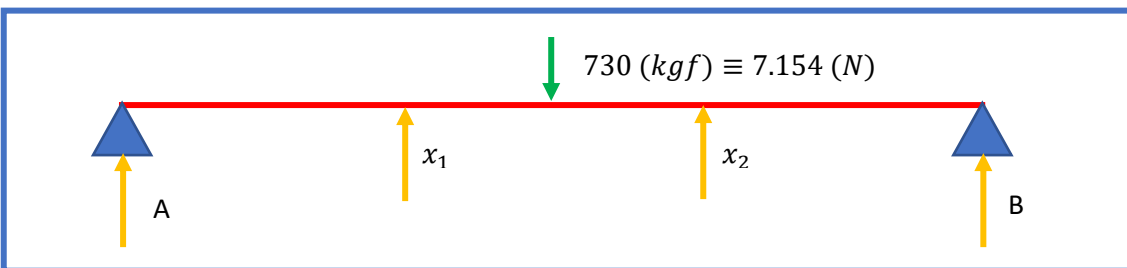


Ilustración 22. Representación de las incógnitas. Fuente: Elaboración propia.

Así, las ecuaciones de la estabilidad en el eje "Y" y la de momento quedan como:

$$\sum_y = 0 = A_y + x_1 + x_2 + B_y - 730 \text{ (kgf)}$$

$$\sum_{M_A} = 0 = x_1 * 5,3 \text{ (m)} - 730 \text{ (kgf)} * 8 \text{ (m)} + x_2 * 10,66 \text{ (m)} + B_y * 16 \text{ (m)}$$

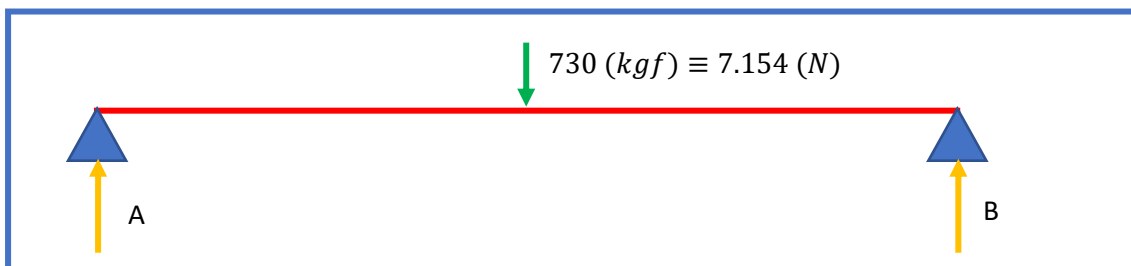


Ilustración 23. Diagrama de fuerzas simplificado. Fuente: Elaboración propia.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 22 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

$$\sum_{M_A} = 0 = -730(kgf) * 8(m) + B_Y * 16(m)$$

$$B_Y = 365(kgf) \equiv 3.577(N)$$

$$\sum_y = 0 = A_Y + 365(kgf) - 730(kgf)$$

$$A_Y = 365(kgf) \equiv 3.577(N)$$

Así, procedemos luego a calcular los cortes en las diferentes secciones, primero calculando los momentos reales, y luego para las cargas virtuales.

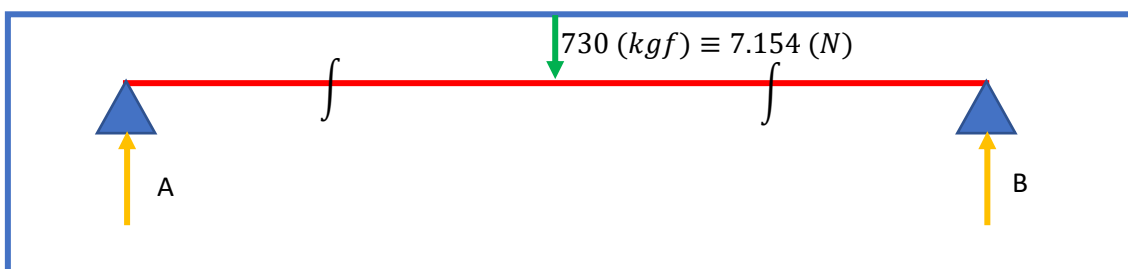


Ilustración 24. Cortes de sección para analizar las ecuaciones de momentos. Fuente: Elaboración propia.

Corte 1:

$$M = 365(kgf) * x(m) \quad 0 < x < 8(m)$$

Corte 2:

$$M = 365(kgf) * x(m) - 730(kgf) * (x - 8(m)) \quad 8(m) < x < 16(m)$$

Estado 1:

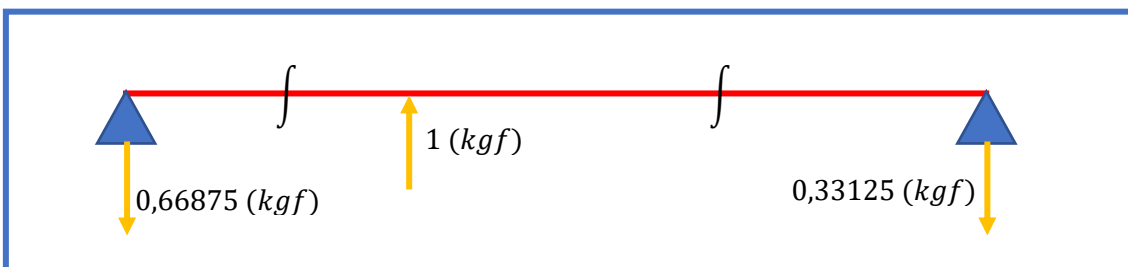


Ilustración 25. Estado (1), representando a la incógnita 1, con una fuerza de 1 (kg). Fuente: Elaboración propia.

$$\sum_{M_A} = 0 = 1(kgf) * 5,3(m) - B_Y * 16(m)$$

$$B_Y = 0,33125(kgf)$$

$$\sum_y = 0 = A_Y - 0,33125(kgf) + 1(kgf)$$

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 23 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

$$A_Y = -0,66875 \text{ (kgf)}$$

Corte 1:

$$m_1 = -0,66875 \text{ (kgf)} * x(m) \quad 0 < x < 5,33 \text{ (m)}$$

Corte 2:

$$m_1 = -0,66875 \text{ (kgf)} * x(m) + 1 \text{ (kgf)} * (x - 5,33) \quad 5,33(m) < x < 16 \text{ (m)}$$

Estado 2:

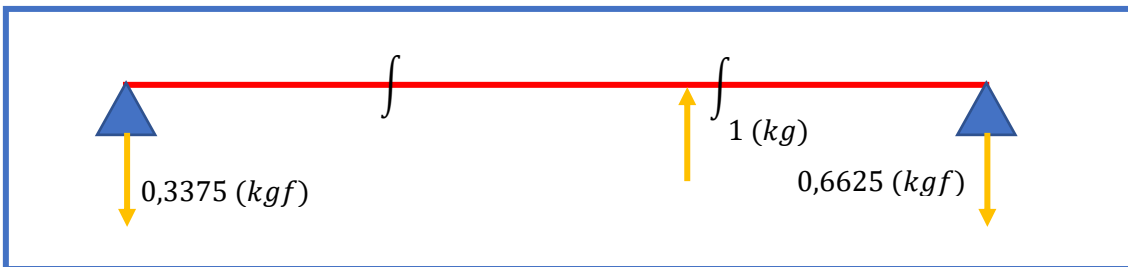


Ilustración 26. Estado (2), representando a la incógnita 2, con una fuerza de 1 (kg). Fuente: Elaboración propia

$$\sum_{M_A} = 0 = 1 \text{ (kgf)} * 10,66 \text{ (m)} - B_Y * 16 \text{ (m)}$$

$$B_Y = 0,6625 \text{ (kgf)}$$

$$\sum_y = 0 = A_Y - 0,6625 \text{ (kgf)} + 1 \text{ (kgf)}$$

$$A_Y = -0,3375 \text{ (kgf)}$$

Corte 1:

$$m_2 = -0,3375 \text{ (kgf)} * x(m) \quad 0 < x < 10,66 \text{ (m)}$$

Corte 2:

$$m_2 = -0,3375 \text{ (kgf)} * x(m) + 1 \text{ (kgf)} * (x - 10,66) \quad 10,66(m) < x < 16 \text{ (m)}$$

Luego, resolvemos las ecuaciones de las deformaciones, primero las del sistema isostático, y luego las del sistema virtual.

Desplazamientos en el vínculo C al eliminar los vínculos para originar el sistema isostático

$$\Delta_1 = \int_0^L \frac{M * m_1}{E * I} dx$$

Desplazamientos en el vínculo D al eliminar los vínculos para originar el sistema isostático

$$\Delta_2 = \int_0^L \frac{M * m_2}{E * I} dx$$

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 24 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Coefficiente de flexibilidad originado por la carga unitaria ubicada en la reacción B

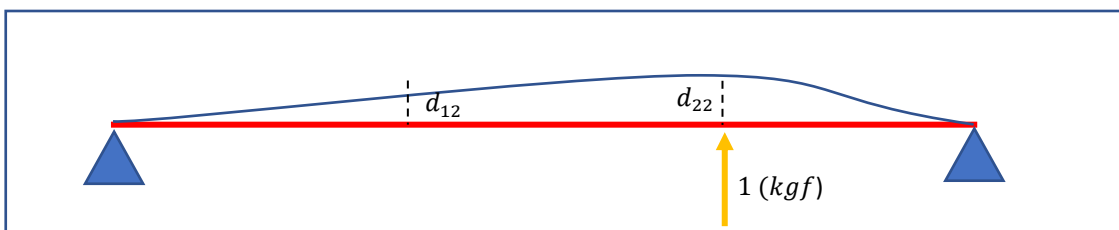
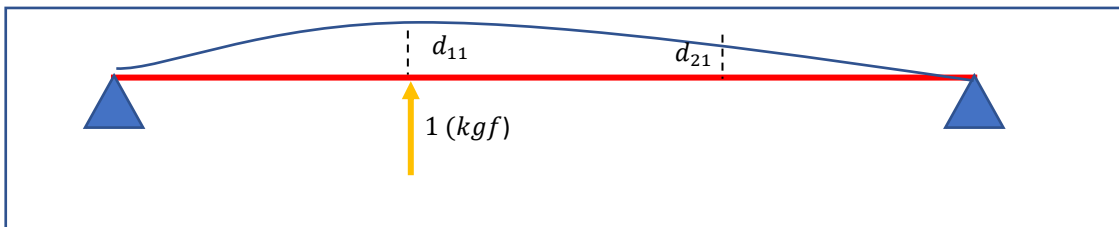
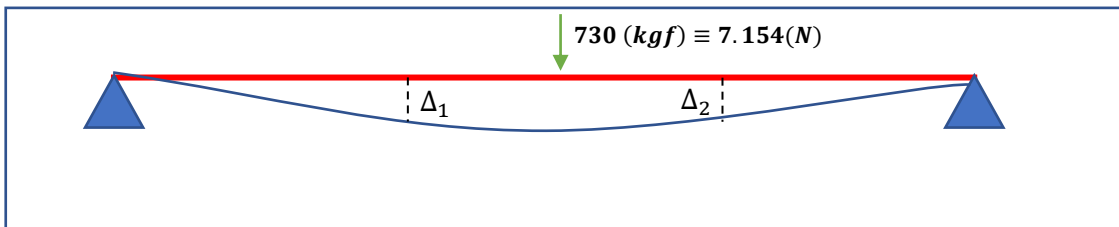
$$d_{11} = \int_0^L \frac{m_1 * m_1}{E * I} dx$$

Coefficiente de flexibilidad originado por la carga unitaria ubicada en la reacción C

$$d_{22} = \int_0^L \frac{m_2 * m_2}{E * I} dx$$

Coefficiente de flexibilidad originado por las cargas unitarias x1 y x2 en las reacciones opuestas al punto donde se aplican. Relaciona la acción de una reacción con la deformación provocada en la otra reacción.

$$d_{12} = d_{21} = \int_0^L \frac{m_1 * m_2}{E * I} dx$$



Resolviendo cada integral por partes, según las variables correspondientes, se llegaron a los siguientes resultados...

$$\Delta_1 = -0,20666$$

$$\Delta_2 = -0,21043$$

$$d_{11} = 0,00025$$

$$d_{22} = 0,00026$$

$$d_{12} = d_{21} = 0,00022$$

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 25 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Se encuentra en la sección de anexos ([Anexo 6](#)), la hoja de cálculo de este método.

Luego resolveremos, la siguiente ecuación...

$$\begin{aligned}
 X_1 * d_{11} + X_2 * d_{12} + \Delta_{01} &= 0 \\
 X_1 * d_{21} + X_2 * d_{22} + \Delta_{02} &= 0 \\
 0,00025 * X_1 + 0,00022 * X_2 - 0,20666 &= 0 \\
 0,00022 * X_1 + 0,00026 * X_2 - 0,21043 &= 0
 \end{aligned}$$

Así...

$$X_1 = 448,012 \text{ (kgf)} \equiv 4.390,52 \text{ (N)}$$

$$X_2 = 430,259 \text{ (kgf)} \equiv 4.216,54 \text{ (N)}$$

Considerando que las reacciones obtenidas corresponden al marco 2 y 3, sumando las dos componentes de Y de cada marco.

Así, las reacciones de los vínculos A y D quedaron como:

$$\begin{aligned}
 \sum M_A = 0 &= 448,012 \text{ (kgf)} * 5,33 \text{ (m)} - 730 \text{ (kgf)} * 8 \text{ (m)} + 430,259 \text{ (kgf)} \\
 &* 10,66 \text{ (m)} + D_Y * 16 \text{ (m)} = 0
 \end{aligned}$$

$$1.134,4649 = -D_Y * 16 \text{ (m)}$$

$$D_Y = -70,9 \text{ (kgf)} \equiv -695,53 \text{ (N)}$$

$$\sum_Y = 0 = A_Y + 448,012 \text{ (kgf)} - 730 \text{ (kgf)} + 430,259 \text{ (kgf)} - 70,9 \text{ (kgf)}$$

$$A_Y = -77,371 \text{ (kgf)} \equiv -759 \text{ (N)}$$

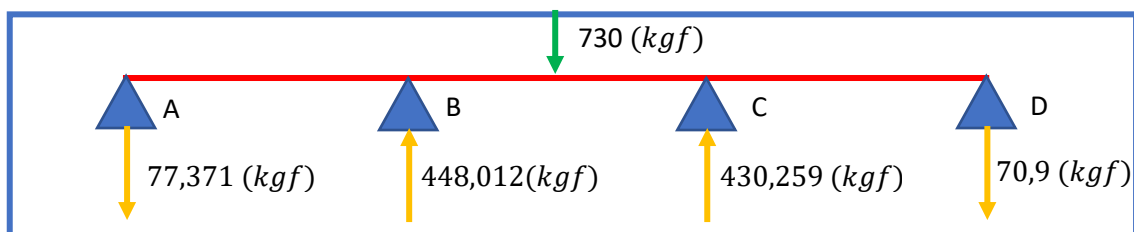


Ilustración 27. Resultado del cálculo de reacciones, aplicadas en la viga. Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de Corte:

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 26 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

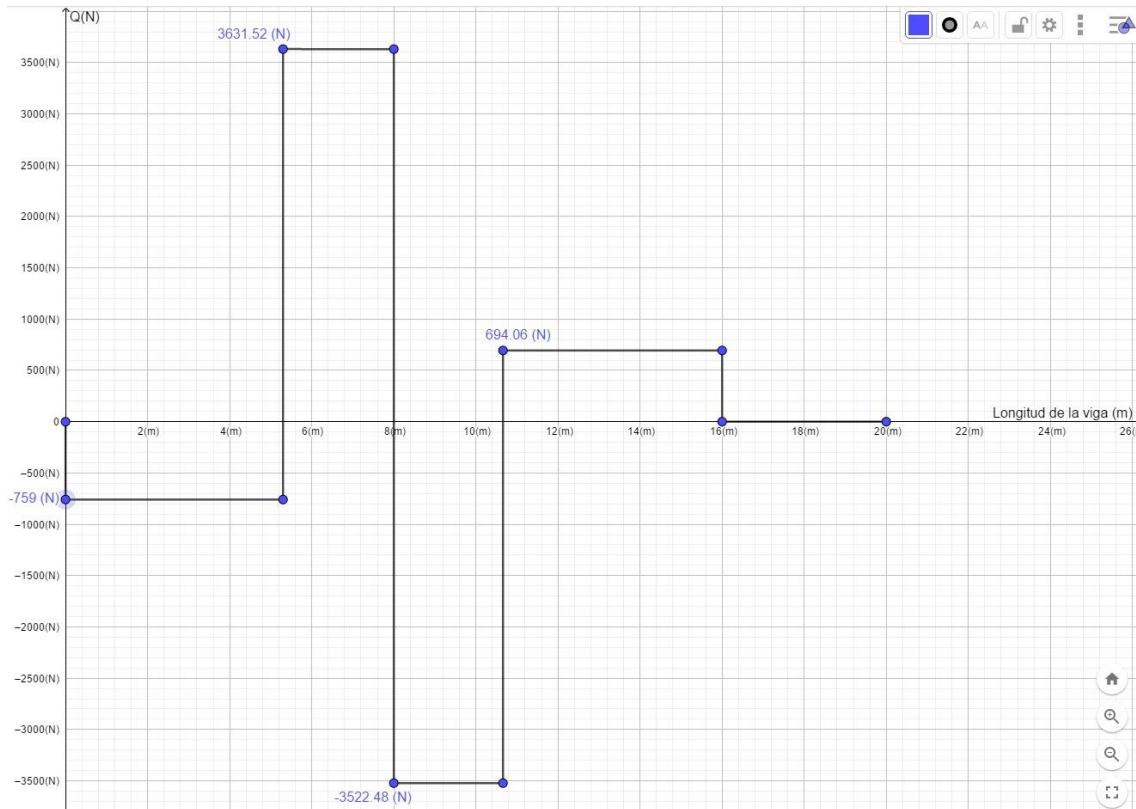


Ilustración 28. Diagrama de Corte de la viga. Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de Momentos

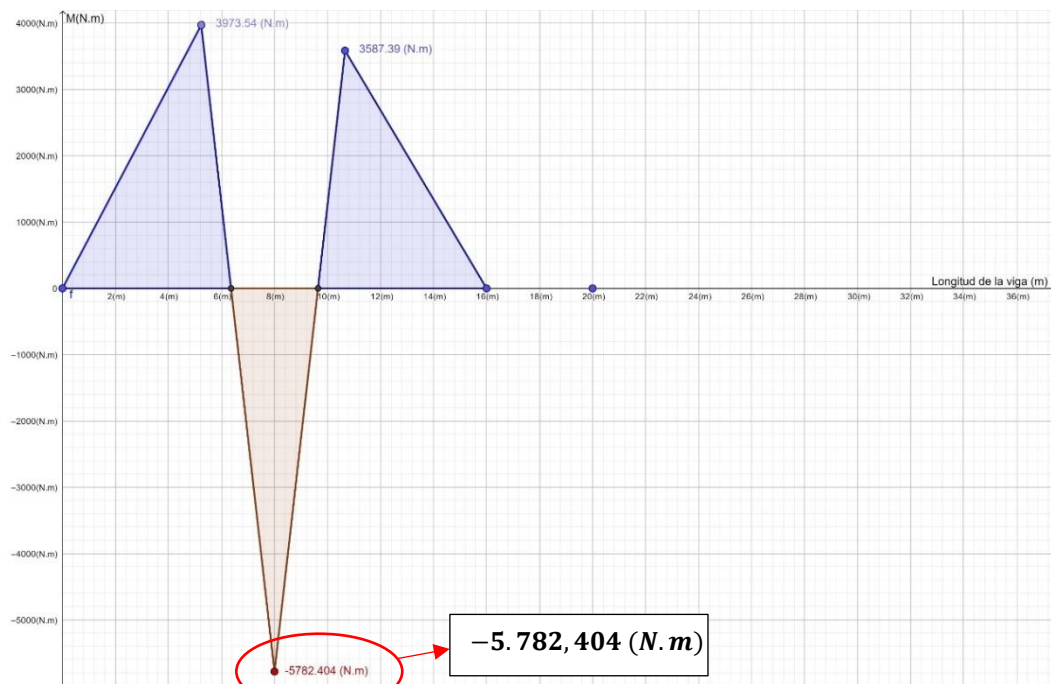


Ilustración 29. Diagrama de momentos. Fuente: Elaboración propia.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 27 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Luego de calcular el diagrama de momentos, sabemos que el momento flector máximo es de 5.782,404 (N.m) \equiv **58.944,1 (kgf * cm)**.

$$M_{Max} = 58.944,1 \text{ (kgf * cm)}$$

$$\sigma_{fl} = 2400 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$\sigma_{Adm} = \frac{\sigma_{fl}}{2} = 1200 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

Tomando el mismo perfil seleccionado anteriormente de dos perfiles UPN 140 soldados a espalda tal que formen un perfil doble T, tenemos...

$$\sigma_{ADM} > \frac{M_{fmax}}{W_{xx}} = \frac{58.944,1 \text{ (kgf * cm)}}{173,94 \text{ (cm}^3)} = 338,876 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$\sigma_{ADM} = 120.000.000 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right) > \mathbf{33,2324 \text{ (MPa)}}$$

Entonces predimensionamos con un enfoque más realista que el modelo isostático, mediante el cálculo de las reacciones con el método de las fuerzas o método de las flexibilidades.

Comparación de datos con el modelo diseñado en SolidWorks:

Para comparar estos cálculos obtenidos se realizó una simulación del modelo en el software de SolidWorks, aplicando la carga sin considerar los efectos gravitatorios.

Para lo cual se trabajó en un sistema de mallado que se respetó para la etapa de verificaciones.

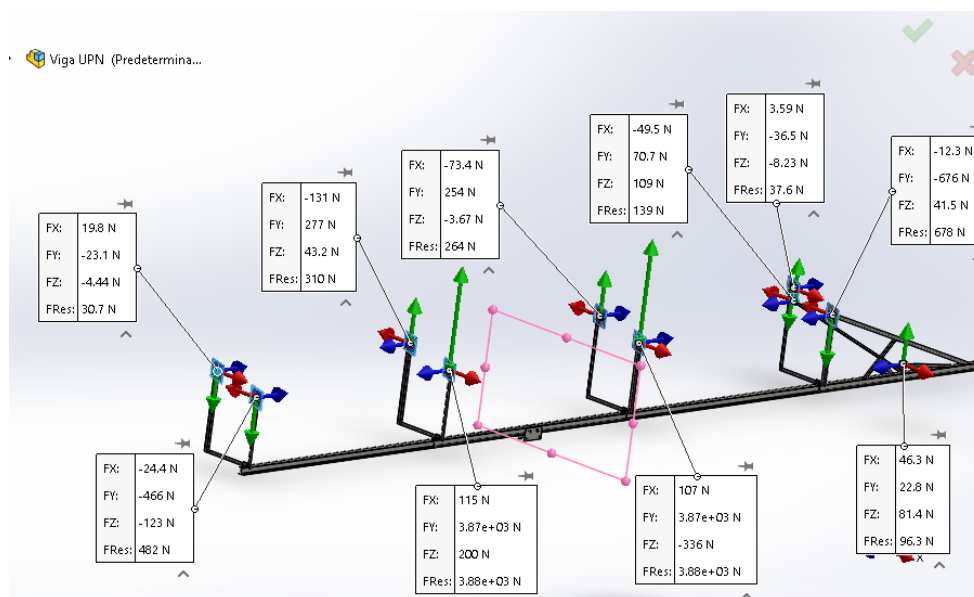


Ilustración 30. Corroboración de resultados de reacciones, mediante una simulación en SolidWorks, sin utilizar los efectos gravitatorios. Fuente: Elaboración propia.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 28 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

4.5.2. Marco U

Para dimensionar esta parte de la estructura, se tuvieron en cuenta las reacciones calculadas en la etapa anterior.

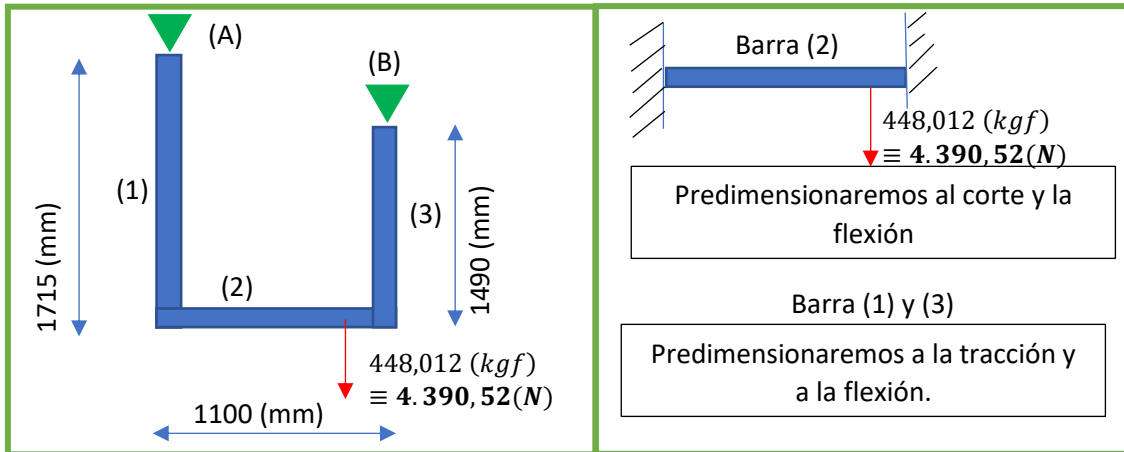


Ilustración 31. Diagrama de fuerzas de los marcos "U"

Las reacciones las obtuvimos a partir del libro de Timoshenko, "Resistencia de Materiales":

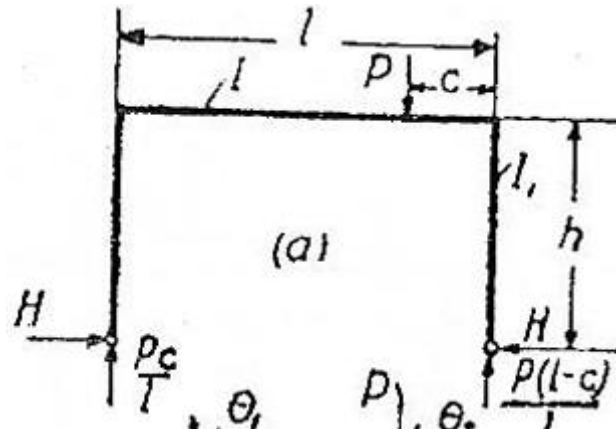


Ilustración 32. Fuente: Timoshenko.

$$\sum Y = 0 = R_A + R_B - 448,012 \text{ (kgf)}$$

$$R_A = P * \left(\frac{c}{L}\right)$$

$$R_B = P * \left(\frac{l-c}{2}\right)$$

$$R_A = 448,012 \text{ (kgf)} * \left(\frac{115}{1100}\right) = 46,83 \text{ (kgf)} \equiv 458.934 \text{ (N)}$$

$$R_B = 448,012 \text{ (kgf)} * \left(\frac{1100 - 115}{1100}\right) = 401,17 \text{ (kgf)} \equiv 3.931,51 \text{ (N)}$$

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 29 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Y las cargas horizontales son:

$$H_B = \frac{P * c * (l - c)}{2 * h * l} * \left(\frac{1}{1 + \frac{2}{3} * \frac{I}{I_1} * \frac{h}{l}} \right)$$

$$H_B = \frac{448,01(kgf) * 11,5(cm) * (110 - 11,5)(cm)}{2 * 149(cm) * 110(cm)} * \left(\frac{1}{1 + \frac{2}{3} * \frac{149}{110}} \right) = 8,13 (kgf)$$

$$= 79,73 (N)$$

Y el momento en cada lado sería dado por la distancia de h según corresponda:

$$M = 8,13(kgf) * 149 (cm) = 1211,37 (kgf * cm)$$

$$= 11.871,426 (N * cm) \equiv 118,7 (N.m)$$

Entonces, predimensionamos las piezas (1) y (3) a la tracción y al momento:

$$\sigma_{ADM} = 1200 \left(\frac{kgf}{cm^2} \right) > \frac{448,012 (kgf)}{A}$$

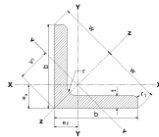
$$A > 0,3733 (cm^2)$$

$$\sigma_{ADM} = 1200 \left(\frac{kgf}{cm^2} \right) > \frac{1211,37 (kgf * cm)}{W_{xx}}$$

$$W_{xx} > 1,009 (cm^3)$$

Entonces, se eligió un perfil que supere estos valores, y que además se encuentre en planta. Así el perfil seleccionado es, un perfil "L" 64x64 x6,4", que tiene las siguientes especificaciones:

Perfiles Angulo según IRAM-IAS U 500-558



Ag = Área bruta de la sección transversal.
 I = Momento de Inercia de la sección respecto de los ejes principales.
 $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$ Radio de giro.
 S = Módulo resistente elástico de la sección.
 Q = Momento estático de media sección.
 Z = Módulo plástico de la sección.
 J = Módulo de torsión.
 Cw = Módulo de alabeo.

Página 2/2

Designación del perfil	Designación Comercial	Dimensiones		Radios de acuerdo		Relación	Ag	Peso	Dist. al centro de gravedad			X - X = Y - Y			v - v			z - z		J	Cw
		b	t	r	r ₁				e _x	w	v ₁	I _x = I _y	S _x = S _y	r _x = r _y	I _v	S _v	I _v	I _z	I _z		
		mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Kg/m	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ²	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm ⁶
L 64 x 64 x 4,8"	L 2 1/2 x 2 1/2 x 3/16	63,5	4,8			13,2	6,00	4,71	1,72	4,53	2,43	22,70	4,85	1,95	8,65	3,56	1,20	36,76	2,48	0,450	1,401
x 6,4"	x 1/4	63,5	6,4	9	4,5	9,9	7,87	6,18	1,80	4,53	2,53	29,43	6,39	1,93	11,49	4,54	1,21	47,37	2,45	1,054	3,193
x 7,9	x 5/16	63,5	7,9			8,0	9,57	7,52	1,86	4,53	2,62	35,30	7,77	1,92	14,07	5,37	1,21	56,54	2,43	1,957	5,784
x 9,5	x 3/8	63,5	9,5			6,7	11,34	8,91	1,92	4,53	2,71	41,14	9,19	1,90	16,74	6,18	1,21	65,55	2,40	3,358	9,659

Ilustración 33. Tabla de Perfiles con listado de detalles de propiedades. Fuente: CIRSOC

La barra (2), la predimensionamos al corte y a la flexión, este último tiene el mismo resultado que para las barras (1) y (3). Lo que se hizo fue verificar que con el mismo perfil que las barras (1) y (3), cumpla las especificaciones de (2),

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 30 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

$$Q = \frac{F}{A} = \frac{448,012 \text{ (kgf)}}{7,87 \text{ (cm}^2\text{)}} < 1200 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}\right)$$

Por ende, los perfiles seleccionados son L 64 x 64 x 6,4", los mismos cumplen con las especificaciones estructurales y se encuentran disponibles en planta para construir esta solución.

El diagrama del momento flector lo sacaremos a partir de diagramar la situación de corte en la barra.

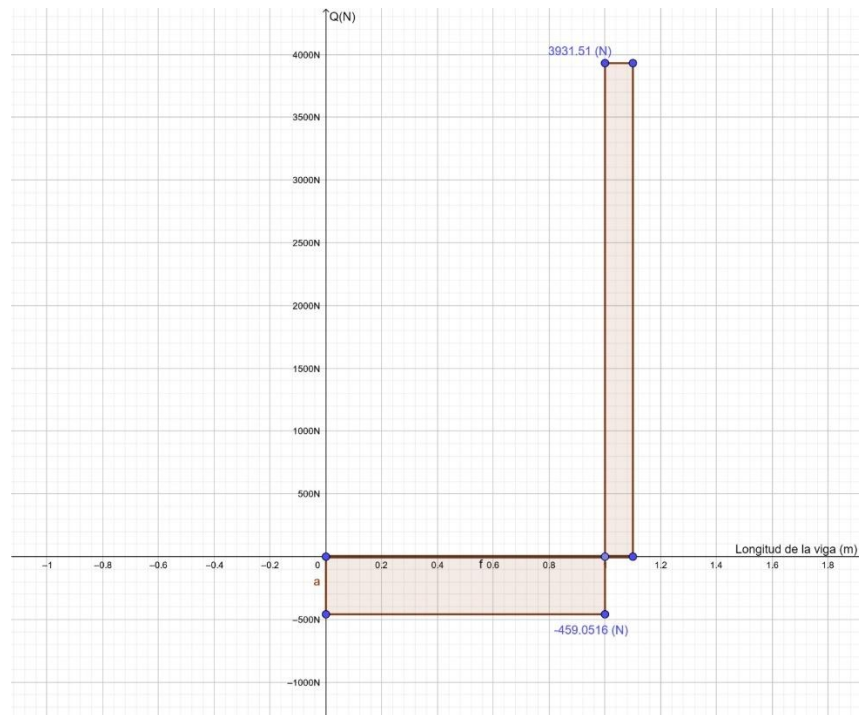


Ilustración 34. Diagrama de Corte de la barra 2. Fuente: Elaboración propia.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 31 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraiel para Cortadora Laser	Edición 2025

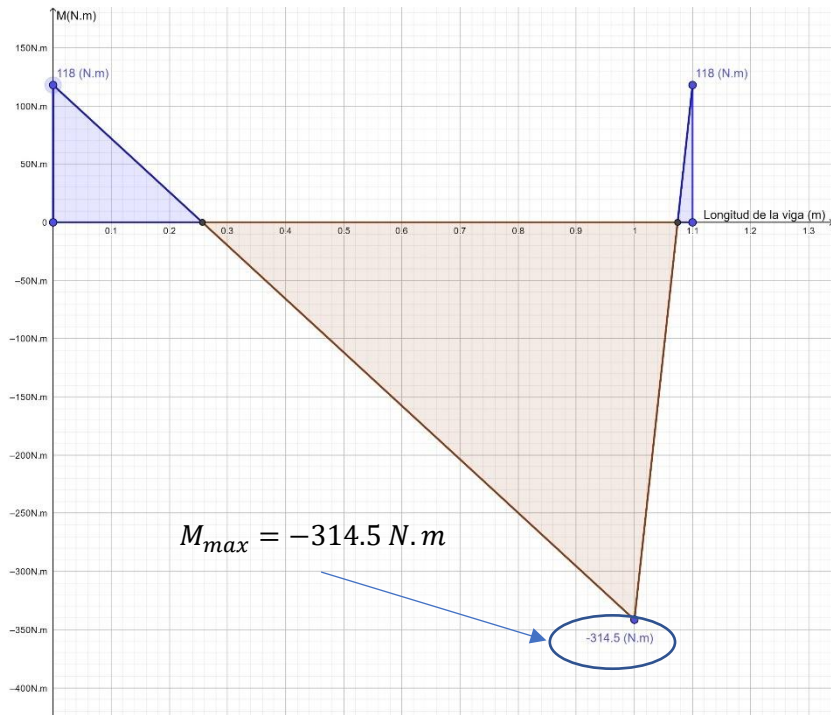


Ilustración 35. Diagrama de momento flector de la barra 2. Fuente: Elaboración propia.

Si realizamos la división entre el momento flector máximo de la barra 2 (**3.207 kg*cm**) por el módulo resistente del perfil ángulo, que es 4,85 (cm³), obtendremos la tensión normal en este eje:

$$\sigma = \frac{3.207 \text{ (kgf * cm)}}{4,85 \text{ (cm}^3\text{)}} = 661,23 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) \equiv \mathbf{64,84 \text{ (MPa)}}$$

A este resultado, lo comparamos con el análisis realizado en SolidWorks.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 32 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

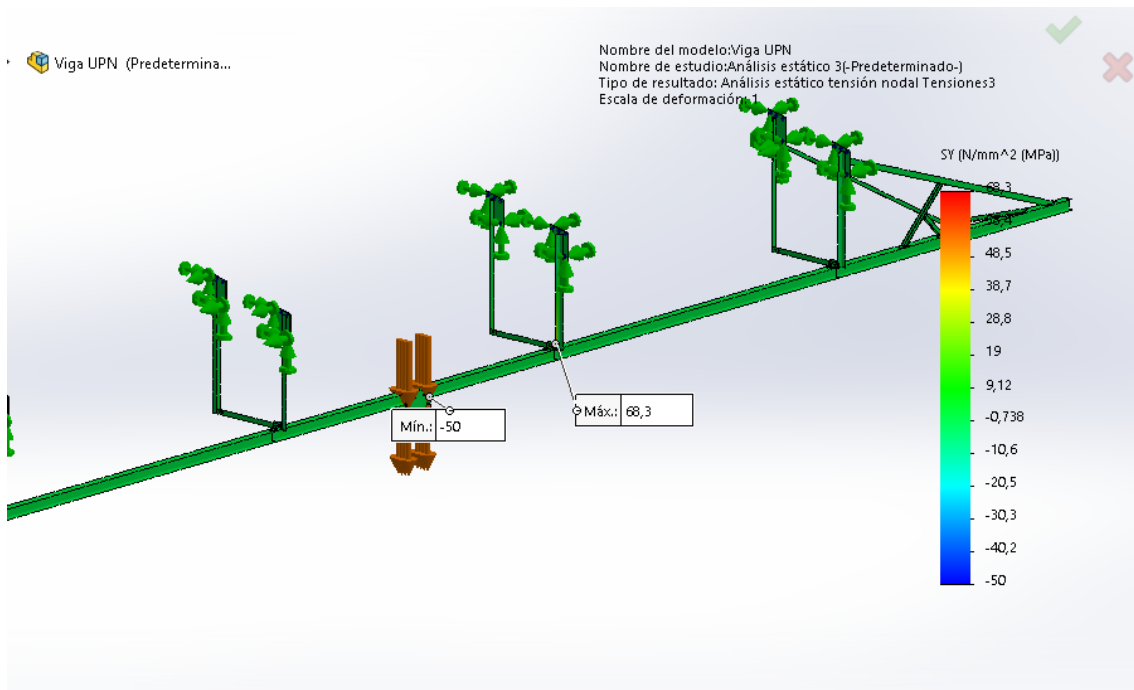


Ilustración 36. Comparación de resultados con Software SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.

Tensión normal: 68,3 (MPa)

4.5.3. Tornillos

Para el cálculo de los tornillos de la estructura, se consideró directamente a la fuerza de impacto de 730 kgf para su cálculo sobredimensionando a estos, en vez de trabajar con las reacciones que sería lo más real para esta situación. Para su cálculo se tuvo en cuenta el [anexo 2](#) de este informe.

Predimensionamos los tornillos, al corte y a la tensión de aplastamiento. Primero comenzaremos con los tornillos del ángulo que une a la viga con los marcos "U":

$$\tau = \frac{P}{N * n * F_{bul}} = \frac{730 \text{ (kgf)}}{2 * 1 * \left(\frac{\pi * (1,6 \text{ (cm)})^2}{4} \right)} = 181,53 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$= 17,80 \text{ (MPa)}$$

Para esta aplicación utilizaremos tornillos M16 x 40 (mm), con un grado de 8,8. Estos bulones tienen una fluencia a las tensiones normales de 6400 (kgf/cm²), por ende su tensión de corte admisible es la mitad de este valor (3.200 kgf/cm²), y utilizaremos un coeficiente de seguridad de 2, esto nos lleva a una tensión admisible de,

$$\tau_{ADM} = \frac{3.200 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{2} = 1.600 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) > 181,53 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$= 17,807 \text{ (MPa)}$$

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 33 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

En total, cada unión lleva 2 tornillos, al ser 4 marcos, lleva un total de 8 tornillos.

A continuación, predimensionamos los tornillos y las chapas al aplastamiento,

$$\sigma = \frac{P}{N * t * \phi} = \frac{730 \text{ (kgf)}}{2 * 6,4 \text{ (mm)} * 1,6 \text{ (mm)}} = 35,64 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$= \mathbf{3,49509006 \text{ (MPa)}}$$

Luego, predimensionaremos los tornillos que unen a los marcos "U" con las cabriada de la estructura metálica del taller. Para ello utilizaremos 5 tornillos M8x 40 (mm).

$$\tau = \frac{730 \text{ (kgf)}}{5 * 1 * \left(\frac{\pi * (0,8 \text{ (cm)})^2}{4} \right)} = 290,45 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$= \mathbf{28,48341493 \text{ (MPa)}}$$

Al igual que en el caso anterior, se trabajó con tornillos calidad 5,6, que tienen una fluencia al corte de 1.500 kgf/cm², y con un coeficiente de seguridad de 2, nos lleva a una tensión admisible de 750 kgf/cm².

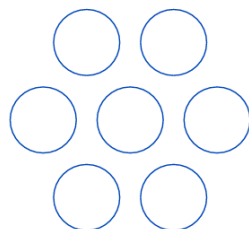
Por último, calculamos el esfuerzo de aplastamiento a esta chapa.

$$\sigma = \frac{P}{N * t * \phi} = \frac{730 \text{ (kgf)}}{5 * 6,4 \text{ (cm)} * 0,8 \text{ (cm)}} = 28,515 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$= \mathbf{2,79 \text{ (MPa)}}$$

4.5.4. Cable de Acero

Al levantar cargas dinámicas cercanas de 730 kgf, se opta por la selección de un cable de acero de 6 (mm), tomada del catálogo de "PROAR", que puede soportar una carga de 33,75 (kN), equivalente a una carga de 3.443,9 (kgf). El cable es de cordón galvanizado 1x7.



**Cordón
Galvanizado
1 x 7**

4.5.5. Soldadura

Todas las uniones deben estar verificadas según *los reglamentos CIRSCO 301 y 304*.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 34 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025

Las uniones de las vigas, se deben realizar de tal manera que no se junten cuatro extremos de vigas, para no debilitar la unión. Por ello, lo mejor es que al querer unir dos extremos de viga, se hagan entre cruzados con los otros dos que forman la sección doble T.

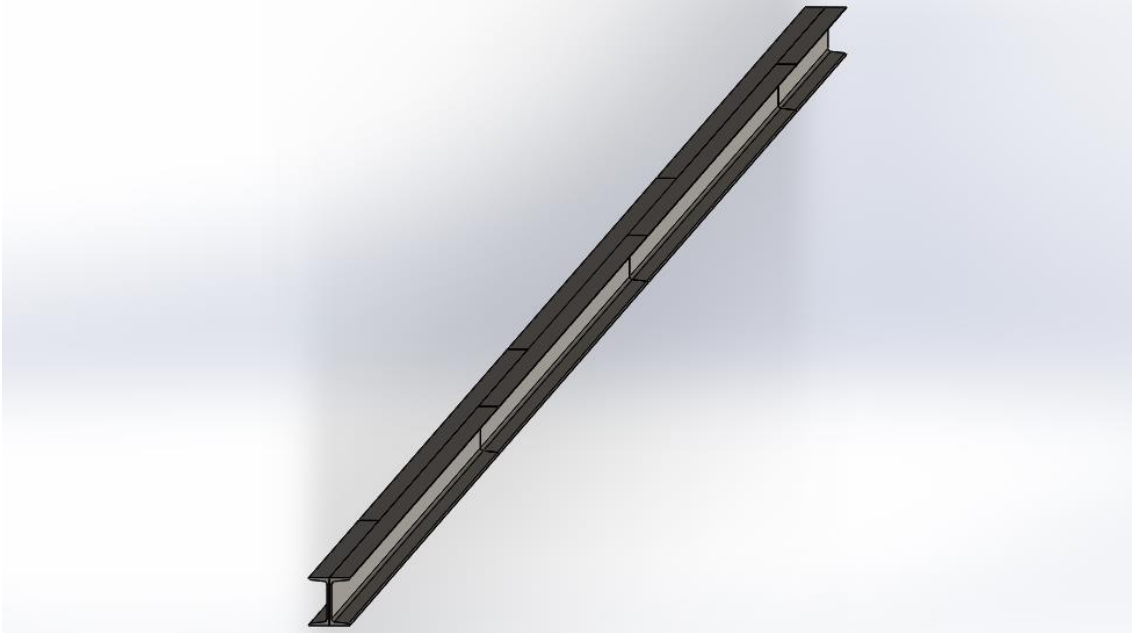


Ilustración 37. Forma de unir a los extremos de perfiles U para formar el doble T. Fuente: Elaboración propia.

Aunque las secciones mínimas de material que recomiendan esta etapa son las mencionadas anteriormente, desde la oficina técnica de la empresa, recomendaron utilizar el material existente en planta, por lo cual, varias de esas piezas fueron reemplazadas por dichos materiales, optando por las opciones superiores en resistencia a lo necesario.

4.6. “Dimensionamiento”

Luego de realizar el predimensionamiento en el capítulo anterior, procedemos a verificar estas medidas seleccionadas, con todo el estado tensional más real posible aplicado a la estructura.

A su vez, en esta etapa se agrega la verificación del tramo agregado para levantar la materia prima desde el exterior del taller, así el largo total de la viga son 20 metros y no 16 (m), como se había previsto en la etapa de predimensionamiento. El perfil con el que se construirá este tramo es el mismo con el que se venía diseñando el tramo anterior.

4.6.1. Refuerzos:

Para garantizar más la estructura de izaje, se realizaron varios agregados a la misma, como los refuerzos en el marco “U”, como los refuerzos en el tramo de viga que se encuentra en el exterior del predio para entrar la materia prima.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 35 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025

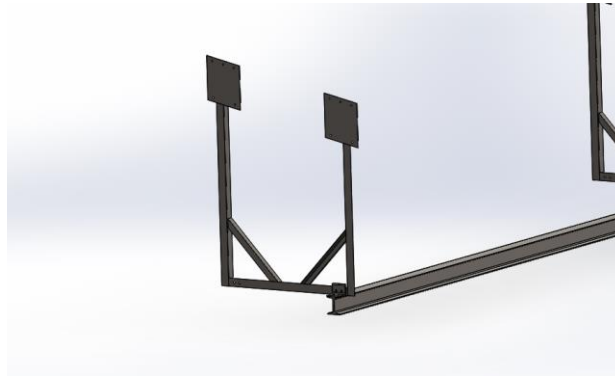


Ilustración 38. Diseño de "Marco U" con refuerzos. Fuente: Elaboración propia.

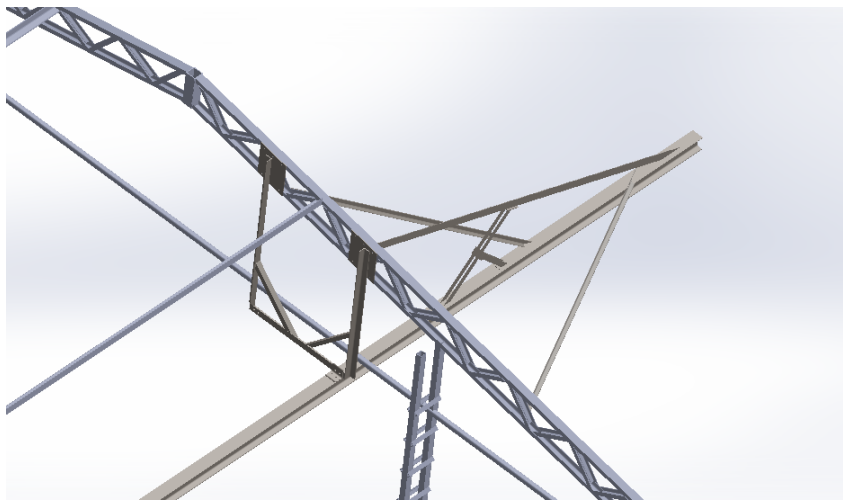


Ilustración 39. Refuerzo para el extremo que se encuentra en el exterior. Fuente: Elaboración propia.

4.6.2. Verificación:

Para resolver esta estructura hiperestática, utilizaremos el método de elementos finitos para realizar el cálculo de la viga. El mismo se analizará comparando la tensión de von Mises con el límite elástico del material. Al ser toda las partes metálicas, tomamos como material predominante al de menor resistencia, que es Acero A-36, de propiedades muy similares al acero F-24. Los perfiles "L" 64x64x6,4 (mm), también son de acero F-24.

Acero A36		
Propiedad	Valor	Unidad
Modulo Elástico	200.000	N/mm ²
Coficiente de Poisson	0.26	No tiene
Modulo Cortante	79.300	N/mm ²
Densidad	7.800	Kg/m ³
Límite de Tracción	400	N/mm ²
Limite Elástico	250	N/mm ²
Acero F-24		

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 36 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Propiedad	Valor	Unidad
Modulo Elástico	2.100.000	$\frac{kg}{cm^2}$
Coefficiente de Poisson	0.3	-
Modulo Cortante	80.000	$\frac{kg}{cm^2}$
Densidad	7.800	$\frac{kg}{m^3}$
Límite de Tracción	360-510	MPa
Limite Elástico	235	MPa

Tabla 2. Propiedades de materiales.

Consideraciones para el dimensionamiento:

Como dijimos, realizamos el dimensionamiento a la estructura de viga, y por otro lado, a la estructura metálica del taller. Para ello tuvimos en cuenta las siguientes combinaciones:

- 1) Primera simulación de viga, con primera combinación de esfuerzos:
 - a. Carga de izaje, simulando impacto, aplicada en la dirección vertical (perpendicular al suelo).
 - b. Efectos de la gravedad.
 - c. Peso del aparejo.
- 2) Segunda simulación de viga, con segunda combinación de esfuerzos:
 - a. Carga de izaje, simulando impacto, aplicada en dirección cruzada a 30° de la vertical del plano. Simulando que se cargue en una posición no líneal con la viga.
 - b. Efectos de la gravedad.
 - c. Peso del aparejo.
- 3) Tercera Simulación de viga, con tercera combinación de esfuerzos:
 - a. Carga de izaje, aplicadas en el exterior del taller, simulando la carga de perfiles. Se simula impacto. La fuerza esta aplicada en dirección vertical.
 - b. Efectos de la gravedad.
 - c. Peso del aparejo.

Aquí el lector podría pensar porque no simular la viga y la estructura metálica en combinación, pero lo que se realizó fue trabajar por separado, por una cuestión de recursos de computadora con la que fue diseñado esta estructura. Entonces, para solucionar este inconveniente, se debieron encontrar las reacciones de la estructura metálica sometida con las combinaciones anteriores, y dichas reacciones se trasladaron a la estructura metálica. Lo mismo se encuentra en la sección de dimensionamiento de verificación de estructura metálica del taller.

Dichas reacciones, se cargan como fuerzas, donde la resultante de esas fuerzas aplicadas a la estructura, deben cargarse de forma opuesta en cada dirección, de forma

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 37 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

que la resultante de las fuerzas esté en la misma dirección pero sentido opuesto, para que la estructura simule tener el mismo efecto de esfuerzos que al tener la estructura cargada. A continuación se encuentra una fotografía donde puede apreciar las reacciones enumeradas:

4.6.3. Resultados de verificación de la viga:

4.6.3.1. Primera Simulación

Tensión de Von Mises

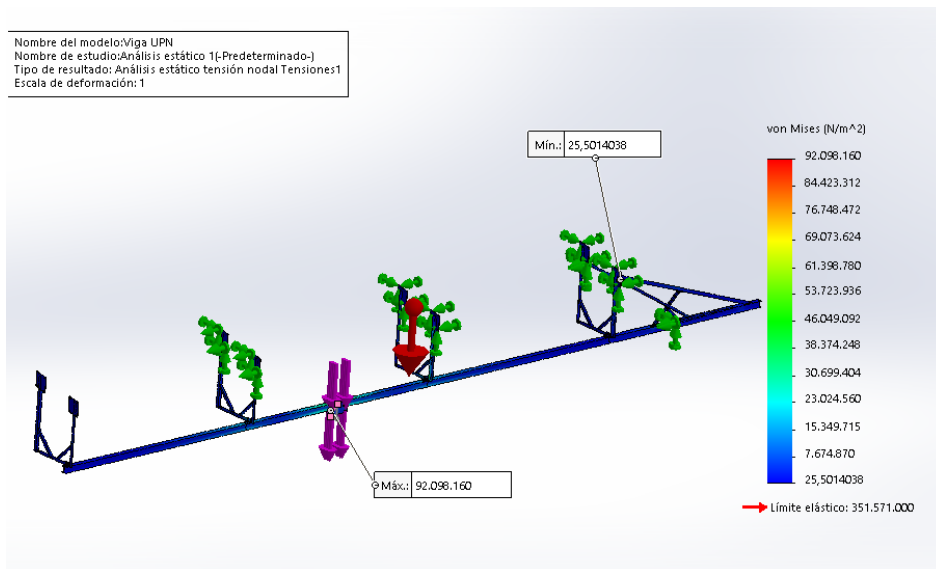


Ilustración 40. Resultado de la primera simulación, tensión de von mises. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

Valor de Von Mises: 92,098 (MPa)

Deformaciones:

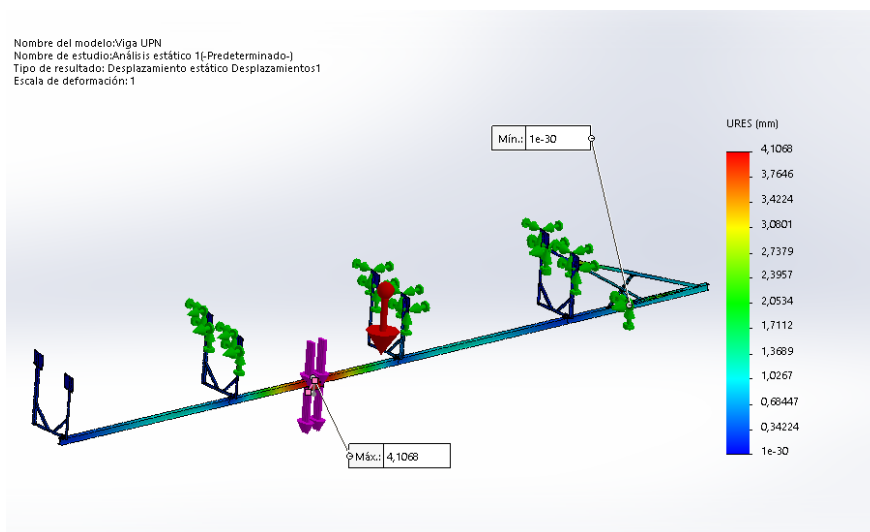


Ilustración 41. Resultado de la primera simulación, deformaciones. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 38 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Deformaciones: 4,1 (mm)

Análisis de Fatiga

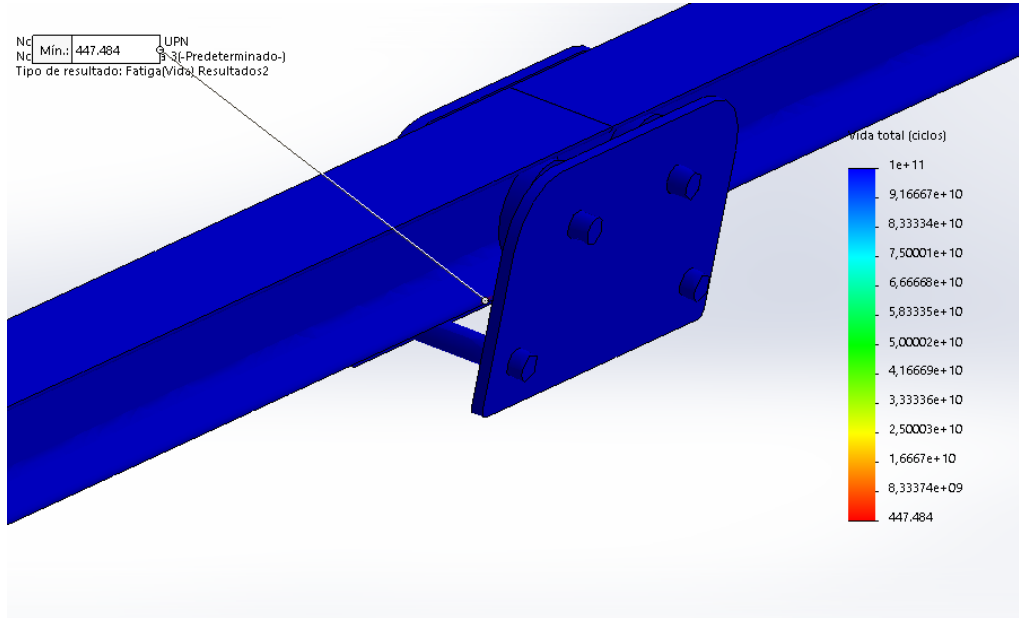


Ilustración 42. Resultado de la primera simulación, análisis de fatiga. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

Análisis de fatiga: 447.484 ciclos

Evaluando este valor para un ejemplo máximo de 10 cargas por día, da una vida útil de 122 años.

Reacciones

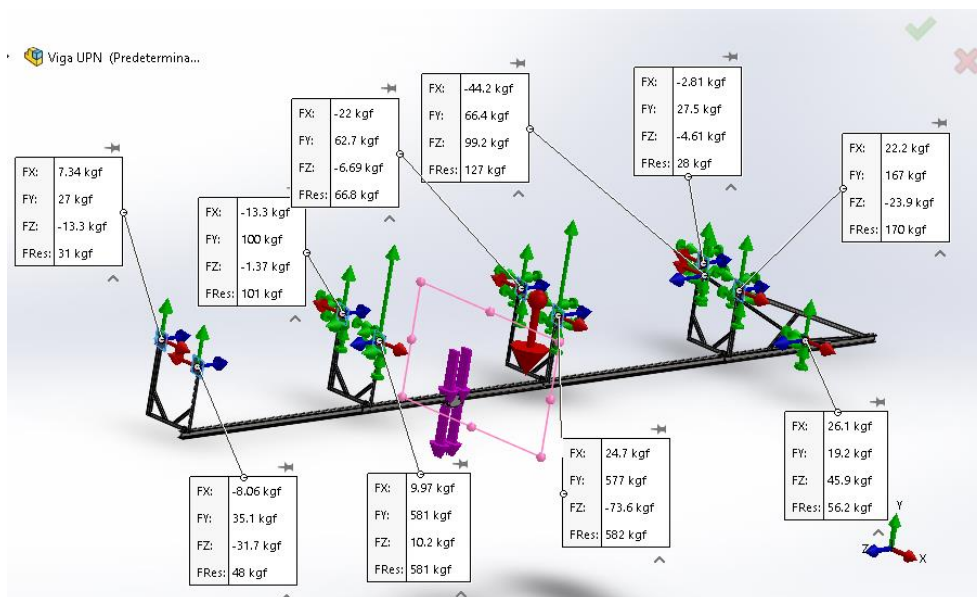


Ilustración 43. Resultado de la primera simulación, reacciones. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

4.6.3.2. Segunda Simulación

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 39 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Tensión de Von Mises

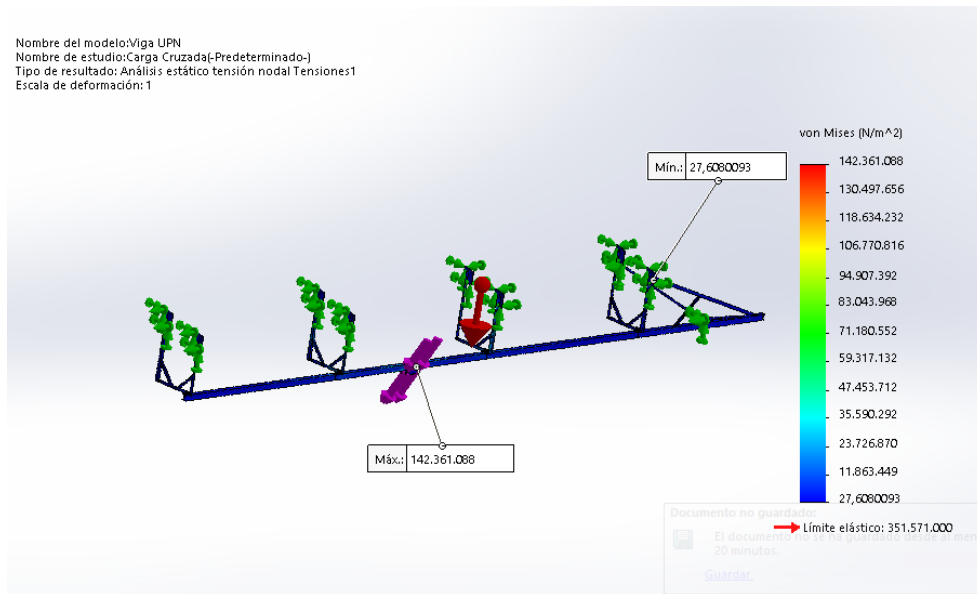


Ilustración 44. Resultado de la segunda simulación, tensión de von Mises. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

Tensión de Von Mises: 142,36 (MPa)

Deformaciones:

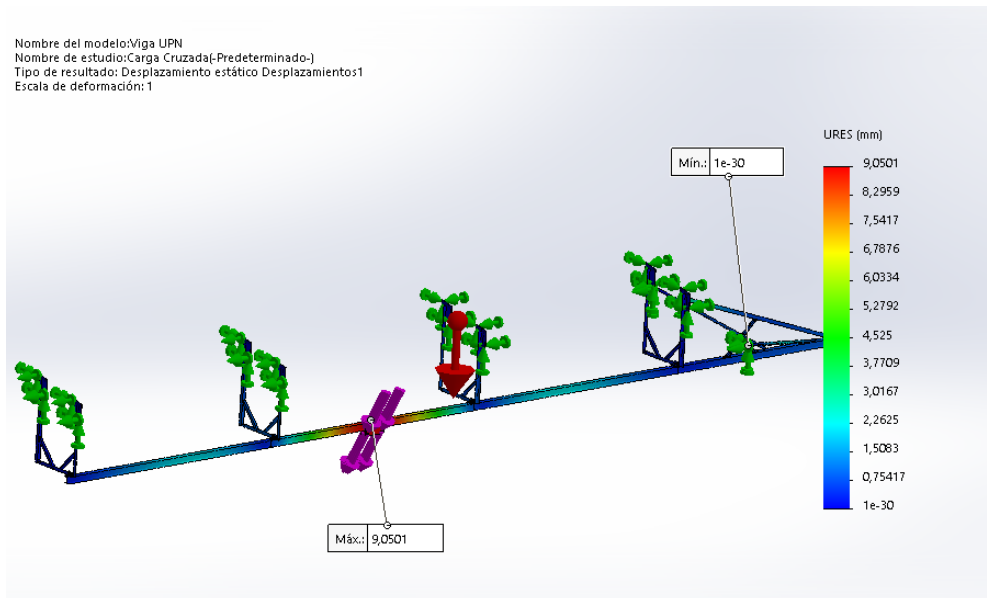


Ilustración 45. Resultado de la segunda simulación, deformaciones. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

Deformaciones máximas : 9 (mm)

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 40 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

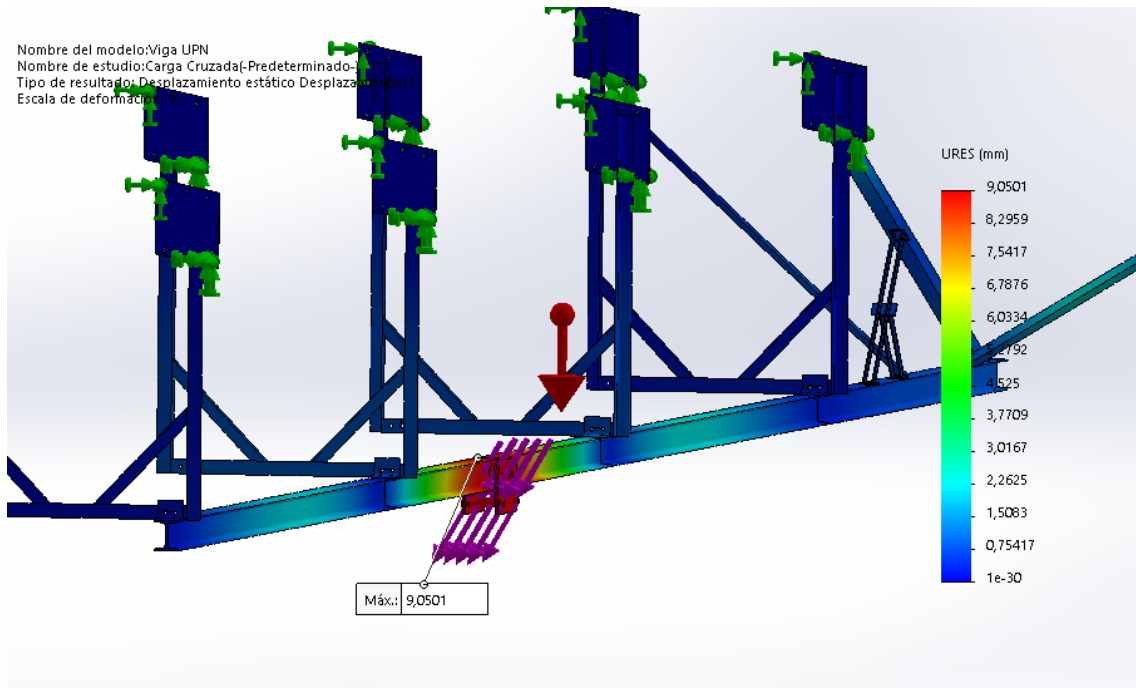


Ilustración 46. Resultado de la segunda simulación, deformaciones. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

Reacciones

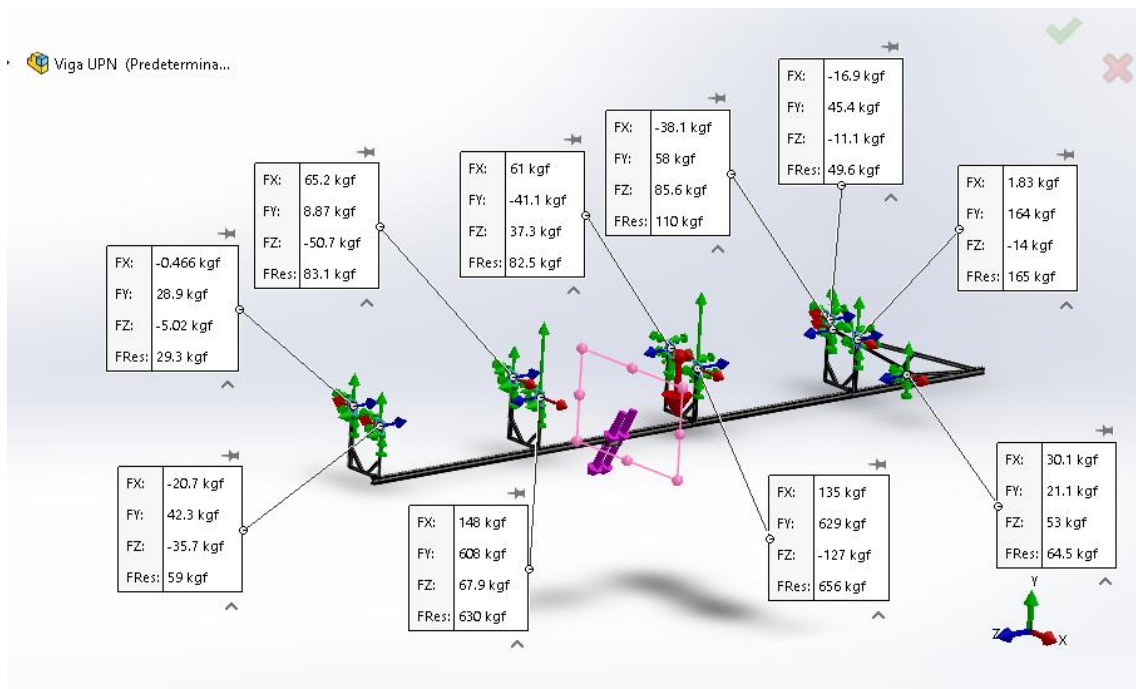


Ilustración 47. Resultado de la segunda simulación, reacciones. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

4.6.3.3. Tercera Simulación

Tensión de Von Mises

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 41 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025

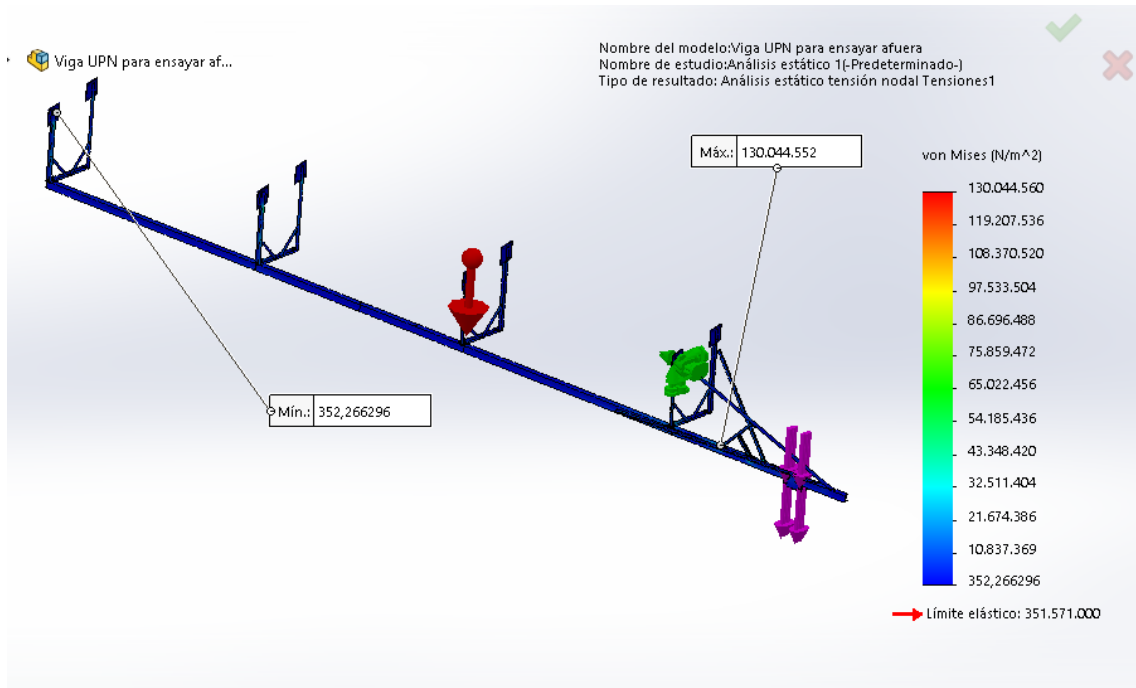


Ilustración 48. Resultado de la tercera simulación, tensión de von Mises. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

Tensión de Von Mises: 130,04 (MPa)

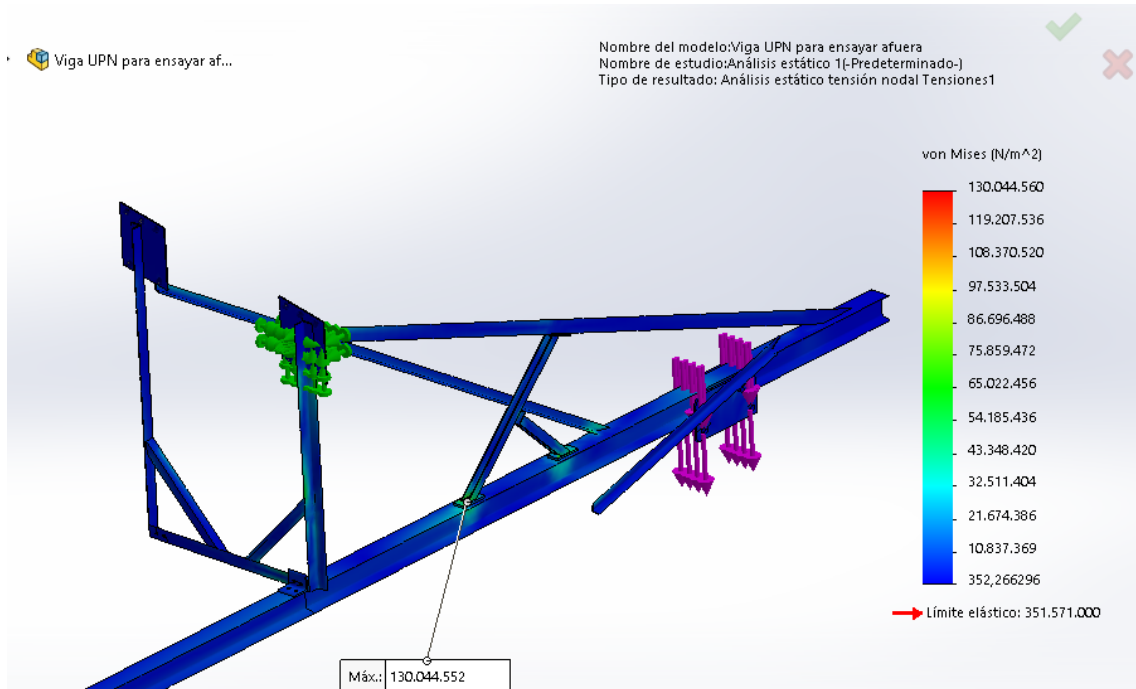


Ilustración 49. Resultado de la tercera simulación, tensión de von Mises. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

Deformaciones

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 42 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Nombre del modelo: Viga UPN para ensayar afuera
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 1

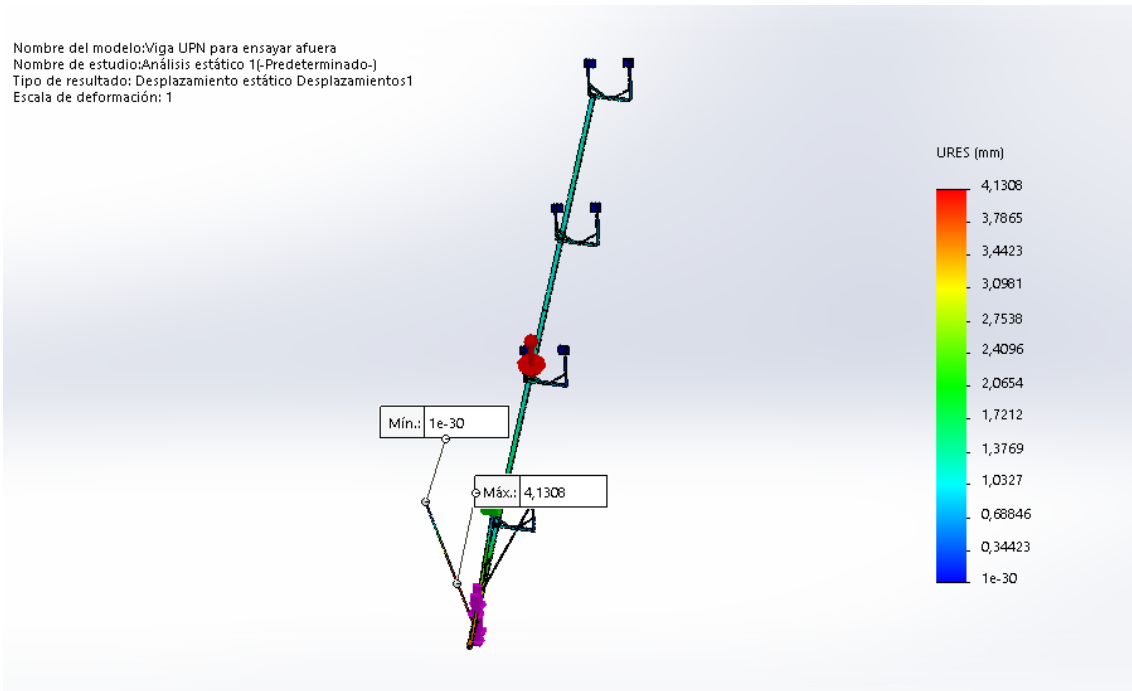


Ilustración 50. Resultado de la tercera simulación, deformaciones. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

Deformaciones: 4,13 (mm)

Reacciones

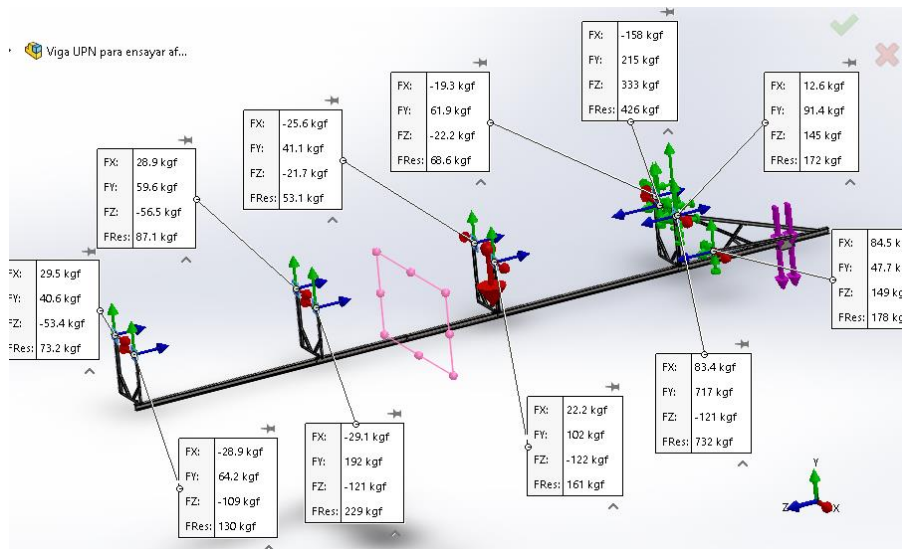


Ilustración 51. Resultado de la tercera simulación, reacciones. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

Fatiga

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 43 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

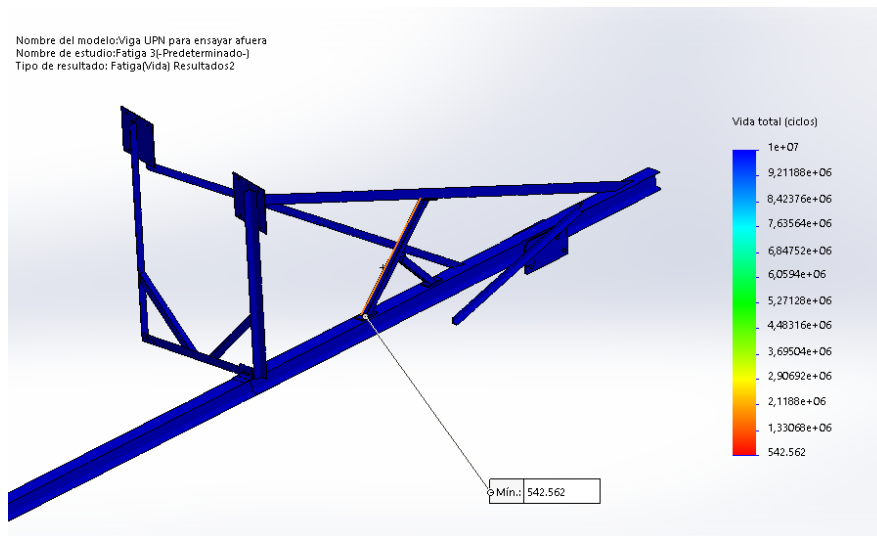


Ilustración 52. Resultado de la tercera simulación, análisis de fatiga. Fuente: Elaboración propia por software CAD.

4.6.4. Verificación de la estructura metálica del taller

Para obtener el dimensionamiento de esta estructura hiperestática compleja, utilizaremos el método de elementos finitos para realizar el cálculo de las tensiones en el predio, junto con el análisis de las deformaciones. El mallado seleccionado por excelencia para resolver estructuras metálicas es el de tipo viga.

Como se dijo anteriormente, se trabajó con diferentes simulaciones, y los resultados obtenidos, fueron trasladados como fuerzas en los puntos de vinculación de la viga con las cabriadas, basándonos en la tercera ley de Newton de acción y reacción.

A partir de estas cargas, se realizaron diferentes tipos de simulaciones, realizadas con las siguientes combinaciones:

- 1) Primera Combinación de esfuerzos:
 - a. Carga aplicada en el centro del taller, simulando impacto en dirección vertical al plano de planta (perpendicular al suelo).
 - b. Efectos de la gravedad.
 - c. Peso de la chapa del techo.
 - d. Peor escenario de cargas de viento.
- 2) Segunda simulación con otro tipo de combinación de esfuerzos:
 - a. Carga aplicada en el centro del taller, simulando impacto cruzada a 30° de la vertical.
 - b. Efectos de la gravedad.
 - c. Peso de la chapa del techo.
 - d. Peor escenario de cargas de viento.
- 3) Tercera simulación con tercer tipo de combinación de esfuerzos:
 - a. Carga aplicada en el exterior, simulando impacto en dirección vertical al plano de planta (perpendicular al suelo).

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 44 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

- b. Efectos de la gravedad.
- c. Peso de la chapa del techo.
- d. Peor escenario de cargas de viento.

4.6.4.1. *Peso de la chapa:*

Las chapas son de acero galvanizado corrugadas, de 0,4 (mm) de espesor. Y con una densidad de 3,15 (kg) el metro cuadrado. Eso en la totalidad del predio da un total de 700 (kg) de chapa, repartidas entre las 4 columnas cabriadas.

4.6.4.2. *Carga de viento:*

Se consideró en la etapa de dimensionamiento a la carga de viento, según la norma CIRSCO-102, para analizar el estado de tensiones que generara el izaje de perfiles, en un contexto más realista.

Cálculo de carga de viento:

Nos basamos en la normativa vigente en nuestro país, CIRSOC 102, para cálculos de carga de acción del viento, siguiendo su método 2, "procedimiento analítico":

Datos del edificio:

- Ubicación: Chacabuco, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- Topografía: Homogénea (terreno llano).
- Terreno: Sub-Urbano, zona de quintas.
- Dimensiones de la estructura:
 - Largo: 16 (m)
 - Ancho: 14 (m)
 - Cubierta en dos aguas, con pendiente de 15°, con una altura de 1,4 (m).
 - Altura de paredes: 4,9 (m).
 - Altura central de la estructura 6,75 (m).

1. **Velocidad básica del Viento:**

Velocidad básicas del viento (V): Velocidad de ráfaga para un intervalo de 3 segundos, a 10 metros sobre el terreno, en exposición clase C (según el artículo 5.6.1.) y asociada con una probabilidad anual de 0,02 de ser igualada o excedida (intervalo medio de recurrencia de 50 años).

Para la provincia de Buenos Aires, se utiliza un valor de:

$$V = 50 \left(\frac{m}{s} \right) \quad \text{Figura 19 CIRSOC 102}$$

2. **Factor de Direccionalidad:**

Factor de direccionalidad del viento, K_d : Factor que tiene en cuenta las probabilidades reducidas de que los vientos máximos provengan de cualquier dirección determinada y de que los coeficientes de presión. Se obtiene de la tabla 6 del reglamento:

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 45 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

$$K_d = 0,85$$

3. Clasificación del edificio:

Tabla 1.14-1. Categoría de riesgo para edificios y otras estructuras

Uso u ocupación del edificio u otra estructura	Categoría de riesgo
Edificios y otras estructuras que representan bajo riesgo para la vida humana ante un evento de falla.	I
Todos los edificios y otras estructuras excepto aquellos listados en las categorías de riesgo I, III y IV.	II
Edificios y otras estructuras cuya falla representa un riesgo sustancial para la vida humana. Edificios y otras estructuras no incluidos en la categoría de riesgo IV, con potencial para causar un impacto económico sustancial y/o una disrupción masiva de la vida cotidiana de la comunidad ante un evento de falla. Edificios y otras estructuras no incluidos en la categoría de riesgo IV (incluyendo, pero no limitado a, instalaciones de manufactura, procesos, manipulación, almacenamiento, uso o disposición de sustancias tales como combustibles peligrosos, químicos peligrosos, residuos peligrosos, explosivos) conteniendo sustancias tóxicas o explosivas donde la cantidad de material excede un umbral de cantidad establecido por la Autoridad Jurisdiccional y es suficiente para producir una amenaza para el público si se liberan.	III
Edificios y otras estructuras designados como instalaciones esenciales. Edificios y otras estructuras cuya falla representa una amenaza sustancial para la comunidad. Edificios y otras estructuras (incluyendo, pero no limitado a, instalaciones de manufactura, proceso, manipulación, almacenamiento, uso, o disposición de sustancias tales como combustibles peligrosos, químicos peligrosos o residuos peligrosos) conteniendo suficientes cantidades de sustancias altamente tóxicas que exceden el umbral de cantidad establecido por la Autoridad Jurisdiccional y es suficiente para producir una amenaza al público si se liberan. Edificios y otras estructuras requeridos para mantener la funcionalidad de otras instalaciones de categoría de riesgo IV.	IV

Ilustración 53. Clasificación del edificio. Fuente: CIRSOC 102.

TIPO II

4. Factor de Importancia:

El factor de importancia "I" para un edificio u otra estructura que se obtiene de la tabla 1, se debe determinar en base a las categorías de edificios y otras estructuras indicadas en dicha tabla:

$$\text{Factor de Importancia} = 1 \quad (\text{art. 5.5}) \text{ (Tabla 1)}$$

5. Categoría de exposición:

Para cada dirección de viento considerada, se debe determinar una categoría de exposición que refleje adecuadamente las características de las irregularidades de la superficie del terreno para el lugar en el cual se va a construir el edificio o la estructura.

Exposición C

6. Coeficiente de exposición dinámica:

en base a la categoría antes seleccionada se obtiene de la siguiente tabla un coeficiente de exposición para la presión dinámica K_z .

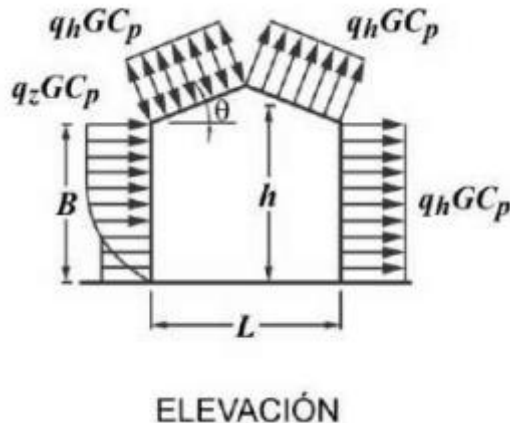
UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 46 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Altura sobre el nivel del terreno, z (m)	Exposición (Nota 1)		
	B Casos 1 y 2	C Casos 1 y 2	D Casos 1 y 2
0 - 5	0,59	0,87	1,05
10	0,71	1,00	1,19
15	0,79	1,08	1,27
20	0,85	1,15	1,34
25	0,90	1,20	1,39
30	0,95	1,25	1,44
35	0,99	1,29	1,47
40	1,02	1,33	1,51
45	1,05	1,36	1,54
50	1,08	1,39	1,57
60	1,14	1,44	1,62
70	1,19	1,49	1,66
80	1,23	1,53	1,70
90	1,27	1,56	1,74
100	1,30	1,60	1,77
110	1,34	1,63	1,80
120	1,37	1,66	1,83
130	1,40	1,69	1,85
140	1,43	1,71	1,88
150	1,45	1,74	1,90

Ilustración 54. Coeficientes para la presión dinámica. Fuente: CIRSOC 102.

Para el cálculo de estos coeficientes, se tuvo en cuenta un factor importante como es la altura media de la cubierta:

$$h = \frac{5 \text{ (m)} + 6,9 \text{ (m)}}{2} = 5,95$$



Resumen de los coeficientes dinámicos por (m) de altura del predio	
Altura sobre el nivel del terreno, z	EXPOSICIÓN
(m)	C
	CASO 1 y 2
0-5	0,87
5,95*	0,8985 (Interpolado)
6	0,9
7	0,94

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 47 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

7. Factor Topográfico

El efecto del aumento de la velocidad del viento se debe incluir en el cálculo de las cargas de viento de diseño mediante el factor "Kzt".

Para nuestro caso, no se tuvo en cuenta este factor, ya que no influye en nuestro diseño.

$$K_{zt} = 1$$

8. Factor del efecto de ráfaga

Factor que tiene en cuenta los efectos de carga en la dirección del viento debido a la interacción estructura-turbulencia del viento.

Para las estructuras rígidas definidas en el capítulo 2, el factor de efecto de ráfaga se debe adoptar igual a 0,85.

$$G = 0,85$$

9. Presión dinámica

Las distintas presiones dinámicas para las distintas alturas vienen por la siguiente formula:

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \times I$$

$$q_z = 0,613 * K_z * 1 * 0,85 * (50 \left(\frac{m}{s}\right)^2 * 1 = 1302,625 * K_z \left[\frac{N}{m^2}\right]$$

Tabla de Presiones dinámicas			
Alturas	K _z = Coeficiente para la exposición para la presión dinámica	Calculo	Presiones
(m)	-	-	(N/m ²)
0-5	0,87	$q_z = 1302,625 * K_z$	1133,2837
5,95*	0,895	$q_z = 1302,625 * K_z$	1165,8493
6	0,9	$q_z = 1302,625 * K_z$	1172,3625
7	0,94	$q_z = 1302,625 * K_z$	1224,46

10. Clasificación de los cerramientos.

Edificio abierto: Un edificio que tiene cada pared abierta al menos en un 80%. Esta condición se expresa para cada pared mediante la expresión, $A_0 \geq 0,8 * A_g$ donde:

- A_0 el área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva en m²
- A_g El área total de aquella pared con la cual A_0 está asociada, en m².

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 48 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Edificio cerrado: Un edificio que no cumple con las condiciones establecidas para edificios abiertos o parcialmente abiertos.

Edificios parcialmente cerrados: es un edificio que cumple con las dos condiciones siguientes:

1. El área total de las aberturas de una pared que recibe presión externa positiva excede la suma de las áreas de abertura en el resto de la envolvente del edificio (paredes y cubierta) en más del **10%**.
2. El área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva excede el valor menor entre **0,4 m²** o el **1%** del área de dicha pared, y el porcentaje de aberturas en el resto de la envolvente del edificio no excede el 20%.

Estas condiciones están expresadas por las siguientes expresiones:

1. $A_0 > 1,10 A_{oi}$
2. $A_0 > 0,4 \text{ m}^2$ ó $0,01 A_g$, el que sea menor, y $\frac{A_{oi}}{A_{gi}} \leq 0,2$.

Siendo:

- A_0 el área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva en m².
- A_g , el área total de aquella pared con la cual A_0 está asociada, en m².
- A_{oi} , la suma de las áreas de aberturas en la envolvente del edificio (paredes y cubiertas) no incluyendo A_0 , en m².

EN ESTE CASO SIMULAMOS COMO EDIFICIO CERRADO.

11. Coeficientes de presión interna

Entonces, como simulamos como un edificio cerrado, los coeficientes vienen dados de la tabla 7 del reglamento.

$$GC_{pi} = (+0,18; -0,18)$$

12. Coeficientes de presión externa

Se define como superficie a barlovento, aquella de la construcción que mira hacia la dirección desde donde viene el viento. Superficie a sotavento es aquella que mira hacia dónde va el viento. Las normas usan el siguiente sistema: si se ilumina la construcción con un haz luminoso paralelo a la dirección del viento, la superficie iluminado es la superficie a barlovento. La que queda en sombras es la superficie a sotavento.

Se define también como superficie maestra aquella que resulta de proyectar la construcción sobre un plano perpendicular a la dirección del viento.

Los coeficientes se buscaron según los casos de viento.

CASO A: Viento normal a la c

Sistema principal resistente a la fuerza del viento – Parte 1		Para todo h											
Figura 2.4-1 (cont.)	Coeficientes de presión externa, (C_p)		Paredes y Cubiertas										
Edificios cerrados, parcialmente cerrados o parcialmente abiertos													
Coeficientes de presión en paredes, C_p													
Superficie	L/B	C_p	Usar con										
Pared a barlovento	Todos los valores	0,8	q_z										
Pared a sotavento	0 – 1	-0,5	q_h										
	2	-0,3											
	≥ 4	-0,2											
Paredes laterales	Todos los valores	-0,7	q_h										
Coeficientes de presión para cubiertas, C_p, para usar con q_h													
Dirección del viento	Barlovento								Sotavento				
		Ángulo θ en grados											
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^\circ$	10	15	≥ 20	
Normal a la cumbrera para $\theta \geq 10^\circ$	$\leq 0,25$	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,2	0,0*	0,4	0,4	0,01 θ	-0,3	-0,5	-0,6
	0,5	-0,9	-0,7	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	0,0*	0,4	0,01 θ	-0,5	-0,5	-0,6
	$\geq 1,0$	-1,3**	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	0,0*	0,3	0,01 θ	-0,7	-0,6	-0,6
Norma la la cumbrera para $\theta < 10^\circ$ y paralela a la cumbrera para todo θ	$\leq 0,5$	Distancia horizontal desde el borde a barlovento		C_p		* Se da el valor para fines de interpolación							
		0 a $h/2$		-0,9		** El valor puede reducirse linealmente con el área sobre la cual es aplicable como sigue:							
		$h/2$ a h		-0,18									
		h a $2h$		-0,5									
		$> 2h$		-0,18									
$\geq 1,0$	0 a $h/2$		-1,3**		Área (m^2)		Factor de reducción						
	$> h/2$		-0,18		≤ 10		1,0						
	$> h/2$		-0,7		25		0,9						
$> h/2$		-0,18		≥ 100		0,8							

Ilustración 55. Coeficientes de presión externa para Sistemas Principales Resistentes a la Fuerza del Viento. Fuente: CIRSOC 102.

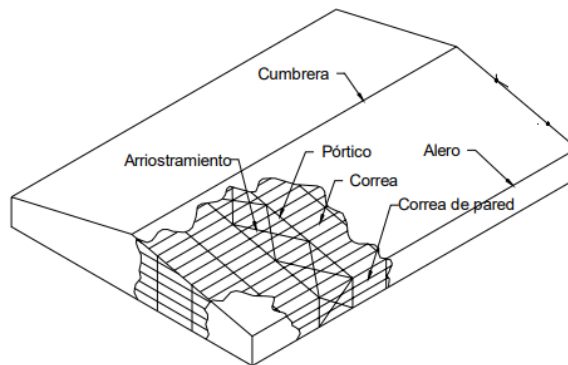
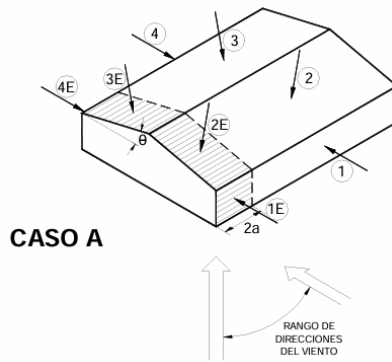


Ilustración 56. Identificación de nombres de las partes de un galpón común.

Se trabajó con dos situaciones, para luego elegir la mejor:

Situación A: viento Perpendicular a la cumbrera.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 50 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

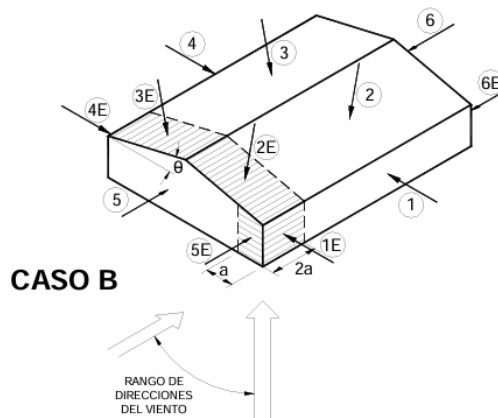


CASO A

CASO A

Angulo de la Cubierta θ en grados	Superficie del edificio							
	1	2	3	4	1E	2E	3E	4E
0 – 5	0,40	-0,69	-0,37	-0,29	0,61	-1,07	-0,53	-0,43
20	0,53	-0,69	-0,48	-0,43	0,80	-1,07	-0,69	-0,64
30 – 45	0,56	0,21	-0,43	-0,37	0,69	0,27	-0,53	-0,48
90	0,56	0,56	-0,37	-0,37	0,69	0,69	-0,48	-0,48

Situación B: Paralelo a la cumbrera.



CASO B

CASO B

Angulo de la cubierta θ en grados	Superficie del edificio											
	1	2	3	4	5	6	1E	2E	3E	4E	5E	6E
0 – 90	-0,45	-0,69	-0,37	-0,45	0,40	-0,29	-0,48	-1,07	-0,53	-0,48	0,61	-0,43

Cargas de Viento de diseño:

$$p = q_h [(GC_{pext}) - (GC_{pint})]$$

13. Resultado de las presiones totales para el Sistema Principal Resistente a la Fuerza del Viento:

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 51 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Direccion del viento	Superficie	qz [N/m ²]	G	Cp	Gcpi con presion interna		Presion de diseño [N/m ²] con presion internas	
					Positiva	Negativa	Positiva	Negativa
Ensayo A	1	307,62792	0,85	0,4	0,18	-0,18	57,52642104	151,6605646
	2	307,62792	0,85	-0,69	0,18	-0,18	-227,4908468	-133,3567033
	3	307,62792	0,85	-0,37	0,18	-0,18	-143,8160526	-49,68190908
	4	x	x	x	x	x	x	x
	1E	307,62792	0,85	0,61	0,18	-0,18	112,4380048	206,5721483
	2E	307,62792	0,85	-1,07	0,18	-0,18	-326,854665	-232,7205215
	3E	307,62792	0,85	-0,53	0,18	-0,18	-185,6534497	-91,5193062
	4E	x	x	x	x	x	x	x
Ensayo B	1	307,62792	0,85	-0,45	0,18	-0,18	-164,7347512	-70,60060764
	2	307,62792	0,85	-0,69	0,18	-0,18	-227,4908468	-133,3567033
	3	307,62792	0,85	-0,37	0,18	-0,18	-143,8160526	-49,68190908
	4	x	x	x	x	x	x	x
	5	307,62792	0,85	0,4	0,18	-0,18	57,52642104	151,6605646
	6	307,62792	0,85	-0,29	0,18	-0,18	-122,897354	-28,76321052
	1E	307,62792	0,85	-0,48	0,18	-0,18	-172,5792631	-78,4451196
	2E	307,62792	0,85	-1,07	0,18	-0,18	-326,854665	-232,7205215
	3E	307,62792	0,85	-0,53	0,18	-0,18	-185,6534497	-91,5193062
	4E	x	x	x	x	x	x	x
	5E	307,62792	0,85	0,61	0,18	-0,18	112,4380048	206,5721483
	6E	307,62792	0,85	-0,43	0,18	-0,18	-159,5050765	-65,370933

Ilustración 57. Resultado de los Ensayos A y B. Fuente: Elaboración Propia.

Así, cargamos estas presiones en la simulación realizada por elementos finitos del software que se utilizó.

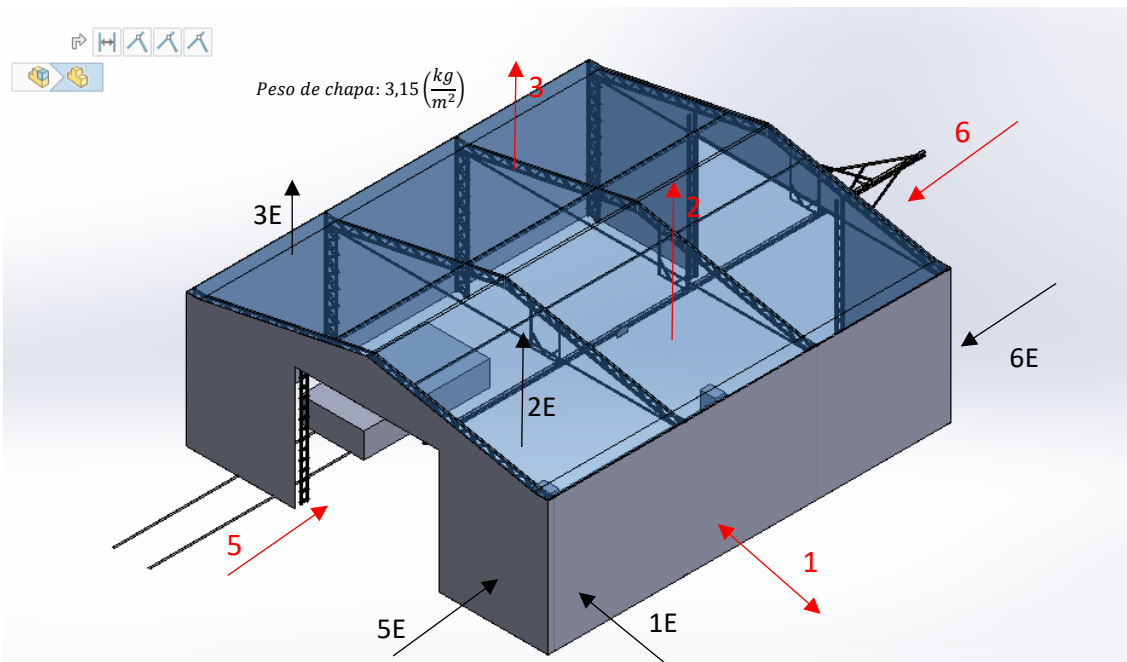


Ilustración 58. Reparto de las diferentes cargas tanto para la situación A o B de la carga de viento, y el valor del peso de la chapa distribuida. Fuente: Elaboración propia entre sistema CAD y herramientas de diseño de Word.

La situación más crítica, fue la del ensayo "A", y estos fueron los que se utilizaron para simular.

4.6.4.3. Resultados simulación estructura metálica:

1) Primera Simulación

Estado de tensiones

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 52 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

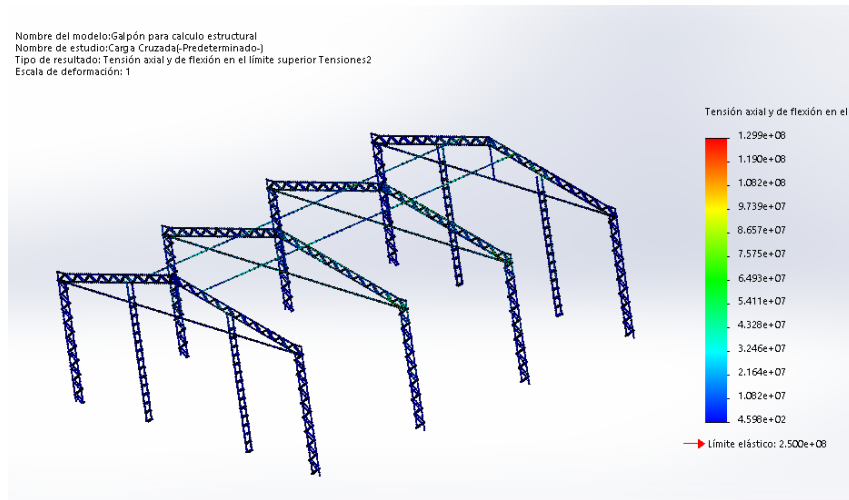


Ilustración 59. Resultado de la primera simulación a la estructura metálica, estado de tensiones. Fuente: Elaboración propia.

Tensión máxima: 129,9 (MPa)

Deformaciones:

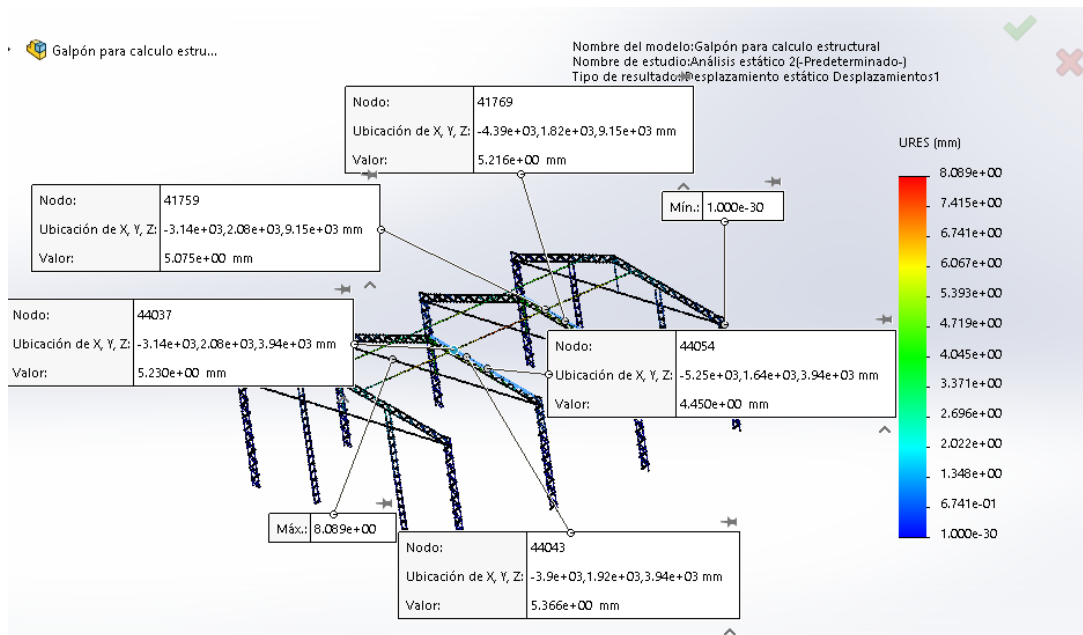


Ilustración 60. Resultado de la primera simulación a la estructura metálica, estado de tensiones. Fuente: Elaboración propia.

Deformación: 8,09 (mm) en el perfil agregado para fortalecer mas la estructura. La deformación en los puntos solicitados de las cabriadas es de 5,3 (mm).

2) Segunda Simulación

Estado de tensiones:

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 53 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

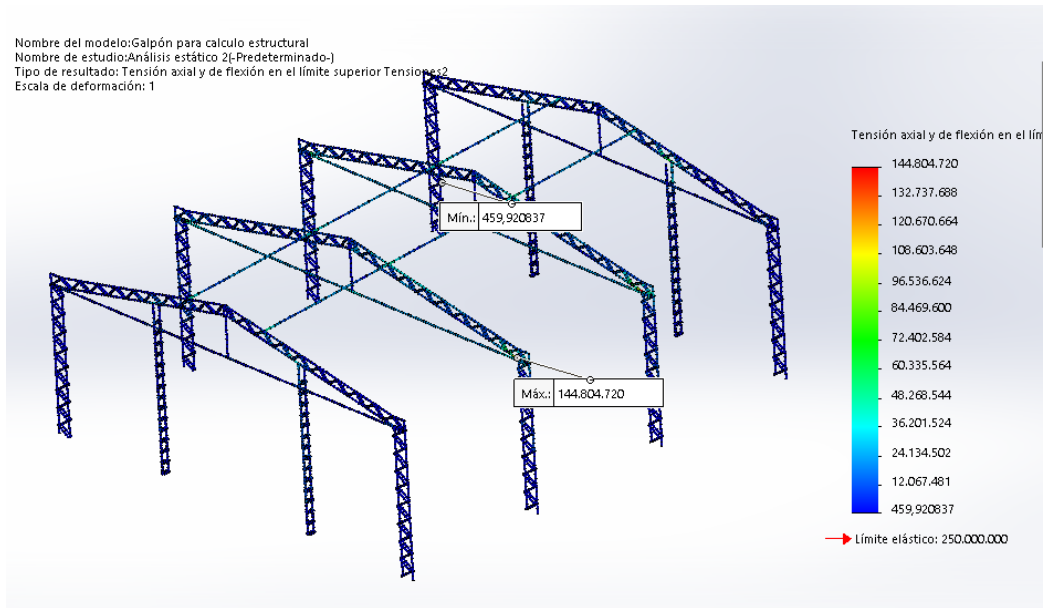


Ilustración 61. Resultado de la segunda simulación a la estructura metálica, estado de tensiones. Fuente: Elaboración propia.

Tensión máxima: 144,804 (MPa)

Deformaciones

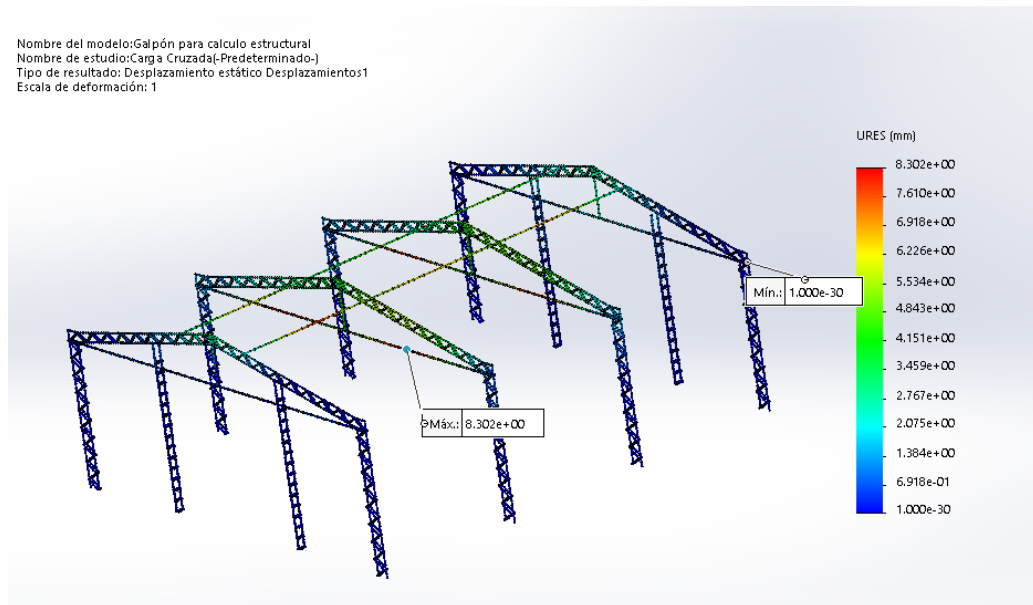


Ilustración 62. Resultado de la segunda simulación a la estructura metálica, estado de tensiones. Fuente: Elaboración propia.

Deformación: 8,302 (mm)

3) Tercera Simulación

Estado de tensiones

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 54 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

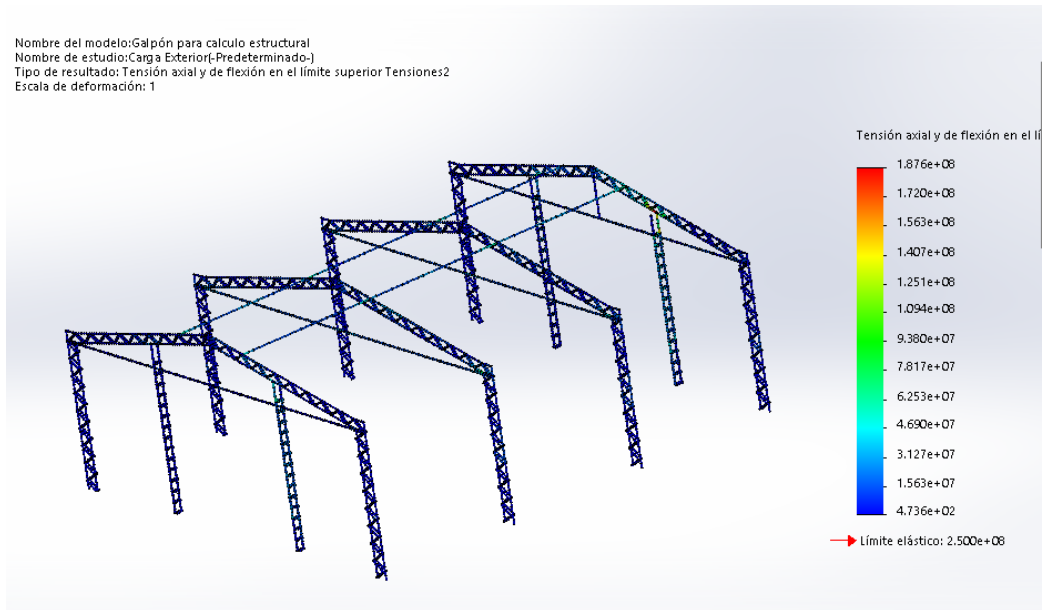


Ilustración 63. Resultado de la tercera simulación a la estructura metálica, estado de tensiones. Fuente: Elaboración propia.

Tensión máxima: 1,876 (mm)

Deformaciones:

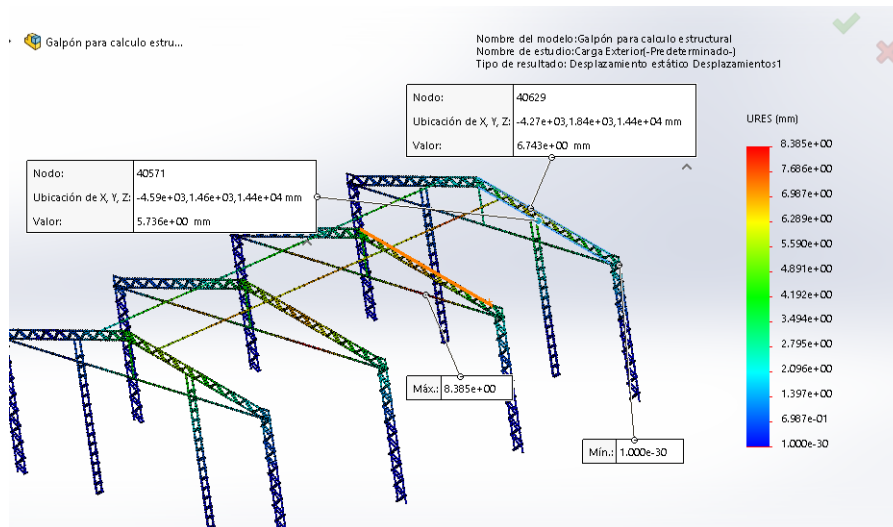


Ilustración 64. Resultado de la tercera simulación a la estructura metálica, estado de tensiones. Fuente: Elaboración propia.

Deformaciones: 8,385 (mm), de nuevo como en las otras dos simulaciones, la deformación máxima en los puntos solicitados es de 6,75 (mm). La deformación de 8,35 (mm), se debe a la flexión del propio peso del perfil por estar sujetado desde los dos pies de la estructura.

5. Conclusión

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 55 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025

En el marco de la ejecución de la Práctica Profesional Supervisada, se logró presentar una alternativa viable a la necesidad para la alimentación de perfiles al equipo de corte por láser.

Este sistema de izaje permite agilizar las etapas de carga y descarga de materiales pesados a la máquina, favoreciendo el nivel ergonómico de la planta, recordando a el peso máximo que puede levantar una persona es 25 kgf (245 N).

A su vez, reduce el desgaste de las mordazas de la máquina, como también favorece para en un futuro a poder reemplazar piezas de la propia maquina debidos a mantenimiento.

Además, permite la carga de materiales desde el exterior, facilitando la tarea del maquinista de los auto elevadores, simplemente apoyando los perfiles arriba de caballetes presentes en la empresa para luego ser cargadas desde el sistema aparejo.

Esta Práctica Profesional Supervisada, no fue solo una de las 52 materias del camino para llegar a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, sino una de las primeras experiencias que contaré donde se me permitió vincular lo aprendido durante estos cinco años con una problemática real que surge de las necesidades de una empresa, por eso la considero como una de las más valiosas de la carrera.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 56 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025

6. Cartilla bibliográfica

- [1] S. Timoshenko. “Resistencia de Materiales” (2009, 5ta edición).
- [2] ASME BTH-1-2020. Diseño de Dispositivos de Izaje debajo del gancho.
- [3] CIRSOC 102. “Cargas de Viento”. Reglamento 2005.
- [4] R. C. Hibbeler. “Análisis Estructural” (Octava edición, 2012).
- [5] Shigley. “Diseño en Ingeniería Mecánica”. (Novena Edición, 2012).
- [6] Apuntes de Catedra de Estabilidad II y III.
- [7] Apuntes de Catedra de Mecanismos y Elementos de Máquinas.
- [8] Apuntes de Catedra de Unión de Materiales por la Soldadura.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 57 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

7. Agradecimientos

En esta parte del informe quiero dejar plasmado mi profundo agradecimiento a todas las personas que me acompañaron en este camino.

En primer lugar, si hay alguien a quien deba completamente este logro es a mi familia. No encuentro al momento de escribir este documento, palabras suficientes para expresar lo que significan para mí. Gracias por su amor incondicional, por el apoyo en cada momento de mi carrera, por estar antes de cada examen tratando de calmar mis nervios, y por sostenerme en aquellos días donde las dificultades se presentaban.

A mis tutores, Ing. Guillermo Benetti Rodríguez y el Ing. Alejandro Mateos, les agradezco por su paciencia, comprensión y experiencia compartida durante la realización de este informe.

A la empresa Torres Americanas S.A., gracias por abrirme sus puertas y brindarme la posibilidad de llevar adelante esta práctica, que significó mucho más que una simple instancia académica.

A la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA), por darme las herramientas y la oportunidad de cumplir uno de mis objetivos en esta vida, recibirme de Ingeniero Mecánico. Agradezco, la posibilidad de presenciar clases de tan grandes profesores, cada uno con notable experiencia en sus respectivas asignaturas.

Y por último, y no por ello menos importante, agradezco profundamente a mis amigos y compañeros de cursada que he cruzado en este camino. Gracias por las risas, los almuerzos, las cenas, los infaltables mates, las charlas eternas y el apoyo constante durante todos estos años. Hoy se transforman en un sinfín de recuerdos que llevaré por siempre conmigo. Si existiera la posibilidad de repetir esta etapa, no dudaría en hacerlo.

Muchas Gracias! Nehuén.

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 58 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorraíl para Cortadora Laser	Edición 2025

ANEXOS

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 59 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Anexo 1:

Tipo de Maquina	Tipo de Perfil	Dimensión Máx.	Densidad	Longitud
Pantógrafo	L	Sin Límites dentro de los perfiles de la planta.	-	-
	Chapa	Sin Límites dentro de los perfiles de la planta.	-	-
	UPN	Sin Límites dentro de los perfiles de la planta.	-	-
	Doble T	Sin Límites dentro de los perfiles de la planta.	-	-
Cortadora por Laser	L	6 x 6 x 1/2"	29,26 kg/m	6(m)
	Chapa	2(m) x 1(m)x 1/2"	100 kg /m ²	2(m)
	UPN	220	29,4 kg/m	6(m)
	Doble T	No puede.	-	-

Tabla 3. Tabla de materiales de trabajo por máquina. Fuente: Elaboración propia según visto en planta.

Anexo 2:

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 60 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

6. VERIFICACIONES

6.1 COEFICIENTE DE SEGURIDAD

PARA PERFILES Y BULONES: 1.6

PARA LAS RIENDAS: 2.24

6.2 TENSIONES ADMISIBLES

6.2.1 PARA CHAPAS Y PERFILES

1500 kg / cm² [F24]

2250 kg / cm² [F36]

6.2.2 PARA BULONES A CORTE Y APLASTAMIENTO

$$\tau_{ADM} = \frac{\sigma'_{FL}}{\gamma_1 \cdot \gamma} \quad \sigma_{ADM} = \frac{\sigma'_{FL}}{\gamma_2 \cdot \gamma} \quad \sigma_{APL} = \frac{\sigma_{FL}}{\gamma_3 \cdot \gamma}$$

τ_{ADM} = tensión de corte admisible del bulón

σ_{ADM} = tensión de tracción admisible del bulón ✓

σ_{APL} = tensión de aplastamiento admisible de la chapa o perfil

σ'_{FL} = tensión de fluencia del bulón

σ_{FL} = tensión de la chapa o perfil

BULONES	4.6			5.6			8.8		
	σ'_{FL}	γ_1	γ_2	σ'_{FL}	γ_1	γ_2	σ_{FL}	γ_1	γ_2
σ'_{FL}	2400			3000			6400		
γ_1	1.53			1.15			1.15		
γ_2	2			2			2		
γ_3	0.67			0.67			0.67		
γ	1.6	1.5	1.4	1.6	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4
τ_{ADM}	984	1049	1124	1630	1739	1863	3478	3710	3975
σ_{ADM}	750	800	857	938	1000	1071	2000	2133	2286
$\sigma_{APL F24}$	2239	2388	2559	2239	2388	2559	2239	2388	2559
$\sigma_{APL F36}$	3358	3582	3836	3358	3582	3838	3358	3582	3838

Ilustración 65. Resumen de fórmulas para analizar al corte y al aplastamiento a los tornillos. Fuente: Torres Americanas S.A.

Anexo 3:

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 61 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Tabla 2.3. Tensiones admisibles para el diseño convencional (DTA o ASD) en cargas estáticas de uniones soldadas no tubulares

Tipo de unión soldada	Tipo de tensión aplicada		Tensiones admisibles	Nivel de resistencia requerido del metal de aporte ⁽¹⁾
Soldaduras con junta de penetración completa, JPC	Tracción normal al área efectiva		Igual al metal base	Se debe usar un metal de aporte que iguale el nivel de resistencia del metal base
	Compresión normal al área efectiva		Igual al metal base	Se debe usar un metal de aporte que iguale el nivel de resistencia del metal base o una clasificación 70 MPa en menos, compatible con el metal base.
	Tracción o compresión paralelas al eje de la soldadura		Sin consideración de diseño para la unión soldada	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al metal base.
	Corte sobre el área efectiva		$0,30 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma. La tensión de corte en el metal base será menor o igual que $0,40 \times$ la tensión de fluencia del metal base	
Soldaduras con junta de penetración parcial, JPP	Compresión normal al área efectiva	Juntas diseñadas como resistentes	$0,90 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma, pero menor o igual que $0,90 \times$ la tensión de fluencia del metal base	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al metal base.
		Juntas no diseñadas como resistentes	$0,75 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma.	
	Tracción o compresión paralelos al eje de la soldadura		Sin consideración de diseño para la unión soldada	
	Corte paralelo al eje de la soldadura o al área efectiva		$0,30 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma. La tensión de corte en el metal base será menor o igual que $0,40 \times$ la tensión de fluencia del metal base	
	Tracción normal al área efectiva		$0,30 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma.	
Soldadura de filete	Corte en el área efectiva		$0,30 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al metal base.
Soldadura de filete	Tracción o compresión paralelos al eje de la soldadura		Sin consideración de diseño para la unión soldada	
Soldaduras en Botón (tapón) y de Ranura (ojal o muesca)	Corte paralelo a las superficies de empalme (en el área efectiva)		$0,30 \times$ mínima resistencia a la tracción del metal de aporte de acuerdo con la clasificación de norma, exceptuando que el esfuerzo de corte en el metal base será menor o igual que $0,40 \times$ la tensión de fluencia del metal base	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor al metal base.

(1) Para aplicar el criterio de igualación de resistencia del metal de aporte con el metal base ver la Tabla 3.1.

Tabla 4. Tabla del CIRSOC 304.

Anexo 4:

Tabla 3.4. Tamaños mínimos de soldaduras precalificadas con JPP

Esesor del metal base (T) ⁽¹⁾	Tamaño mínimo de la soldadura ⁽²⁾
mm	mm
$3 \leq T \leq 5$	2
$5 < T \leq 6$	3
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T \leq 38$	8
$38 < T \leq 57$	10
$57 < T \leq 150$	12
$T > 150$	16

(1) Para procesos de no bajo hidrógeno sin precalentamiento calculado.
T es el espesor de la parte más gruesa a ser soldada. Soldadura de una sola pasada debe ser utilizada.
Para procesos de no bajo hidrógeno pero con cálculo de precalentamiento o procesos de bajo hidrógeno, T es igual ala parte más fina a ser soldada.
(2) No debe exceder el espesor de la parte más delgada a ser soldada.

Tabla 5. Tabla anexada del CIRSOC 304.

Anexo 5:

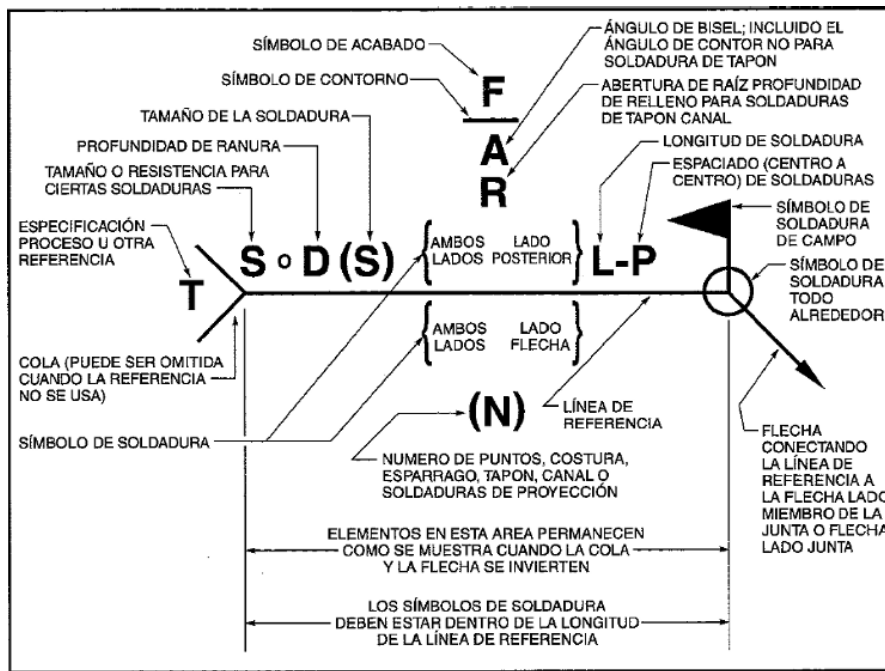


Ilustración 66. Simbología de Soldadura. Fuente: Apuntes de Catedra de Unión de Materiales por soldadura.

Anexo 6:

UNNOBA/Ingeniería Mecánica	Trabajo Final	Página 63 de 63
Práctica Profesional Supervisada	Sistema de Izaje monorriel para Cortadora Laser	Edición 2025

Resolución del Método de las Flexibilidades

$$\Delta_{11} = \int_0^{5,3} \frac{[365 \cdot x] \cdot [-0,66875 \cdot x]}{E \cdot I} dx + \int_{5,3}^8 \frac{[365 \cdot x] \cdot [-0,66875 \cdot x + x - 5,3]}{E \cdot I} dx + \int_8^{10,66} \frac{[365 \cdot x - 730(x-8)] \cdot [-0,66875 \cdot x + x - 5,3]}{E \cdot I} dx$$

$$\Delta_{21} = \int_0^8 \frac{[365 \cdot x] \cdot [-0,3375 \cdot x]}{E \cdot I} dx + \int_8^{10,66} \frac{[365 \cdot x - 730(x-8)] \cdot [-0,3375 \cdot x]}{E \cdot I} dx + \int_{10,66}^{16} \frac{[365 \cdot x - 730(x-8)] \cdot [-0,3375 \cdot x + (x-10,66)]}{E \cdot I} dx$$

$$\delta_{11} = \int_0^{5,3} \frac{(-0,66875 \cdot x)^2}{E \cdot I} dx + \int_{5,3}^8 \frac{[-0,66875 \cdot x + (x-5,3)]^2}{E \cdot I} dx + \int_8^{10,66} \frac{[-0,66875 \cdot x + (x-5,3)]^2}{E \cdot I} dx + \int_{10,66}^{16} \frac{[-0,66875 \cdot x + (x-5,3)]^2}{E \cdot I} dx$$

$$\delta_{22} = \int_0^8 \frac{[-0,3375 \cdot x]^2}{E \cdot I} dx + \int_8^{10,66} \frac{[-0,3375 \cdot x]^2}{E \cdot I} dx + \int_{10,66}^{16} \frac{[-0,3375 \cdot x + (x-10,66)]^2}{E \cdot I} dx$$

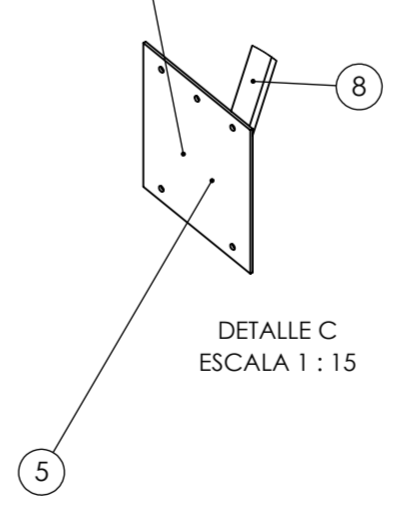
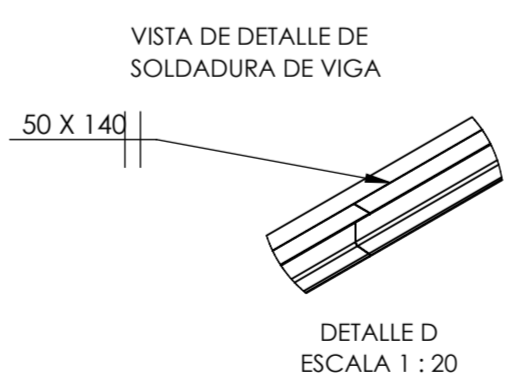
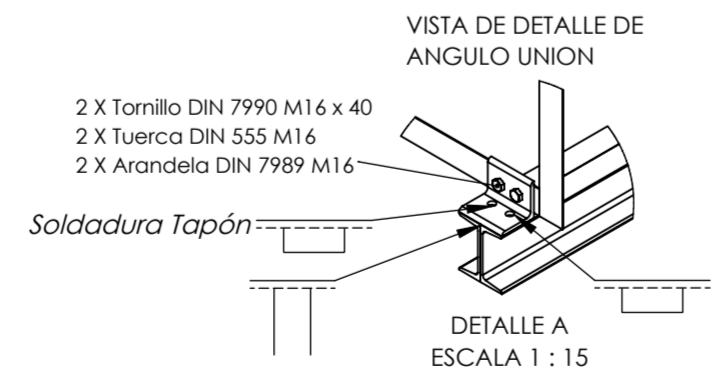
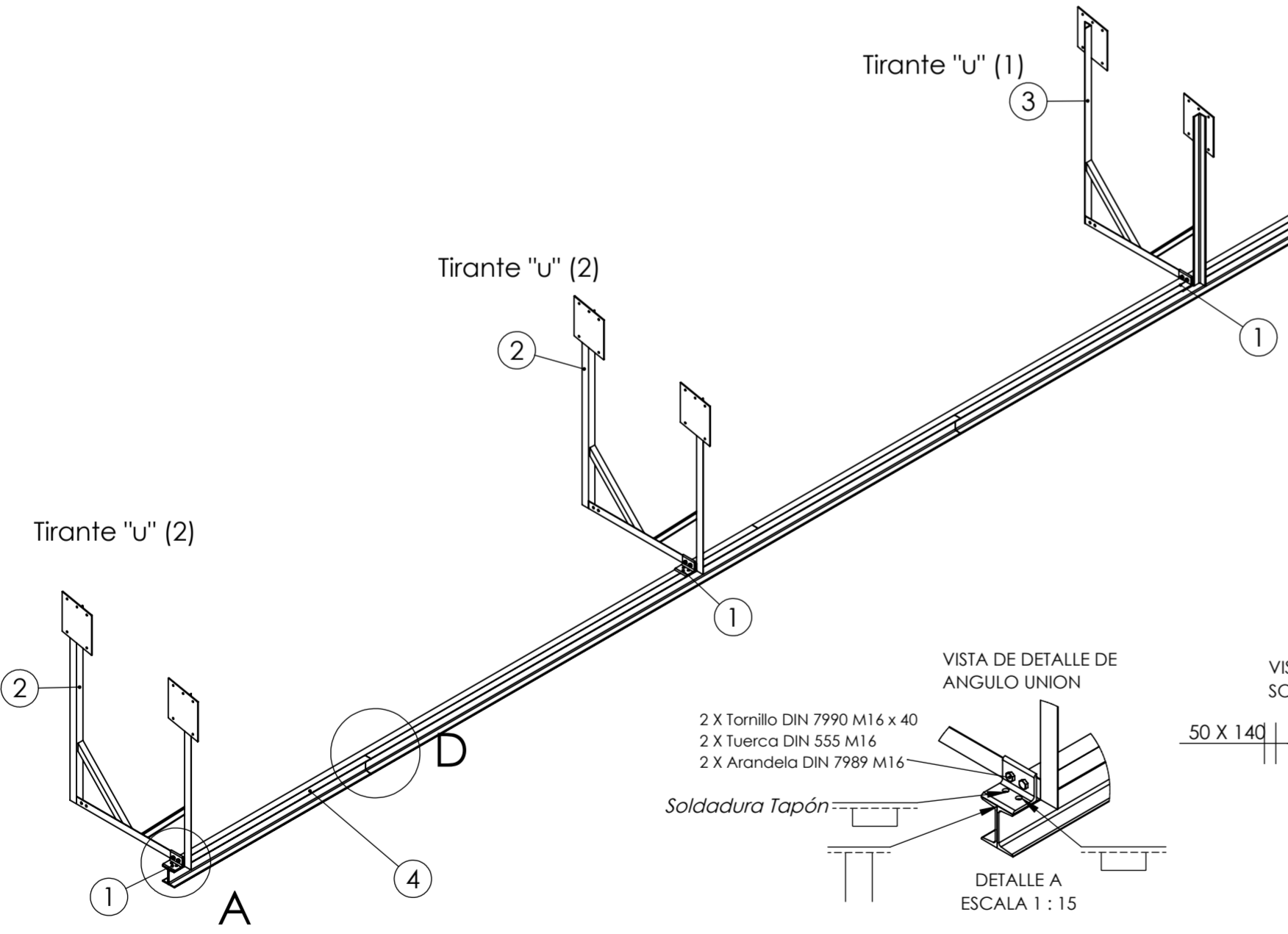
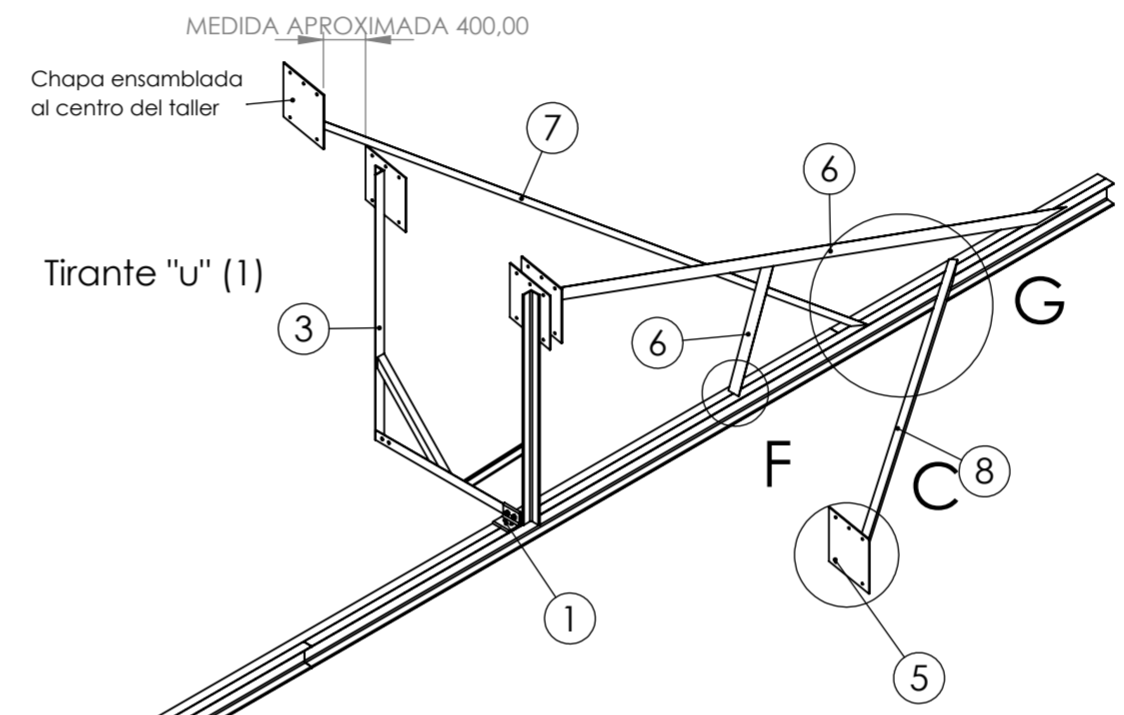
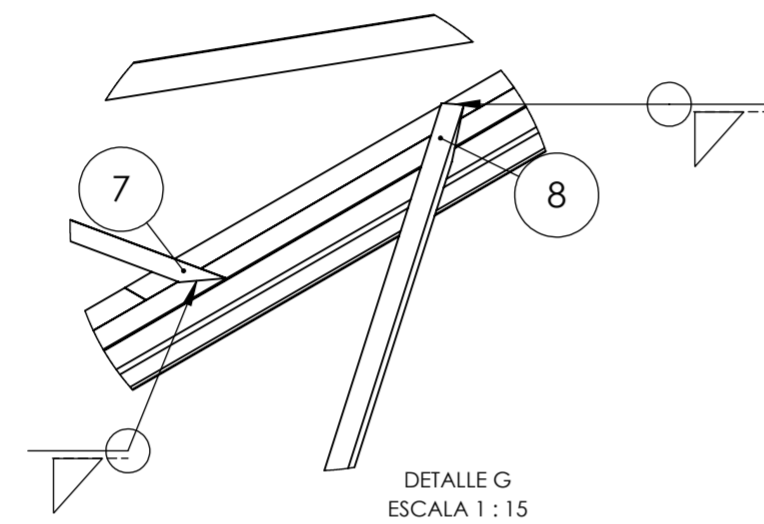
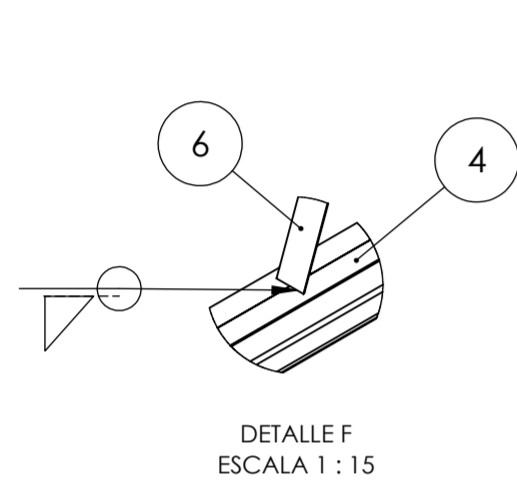
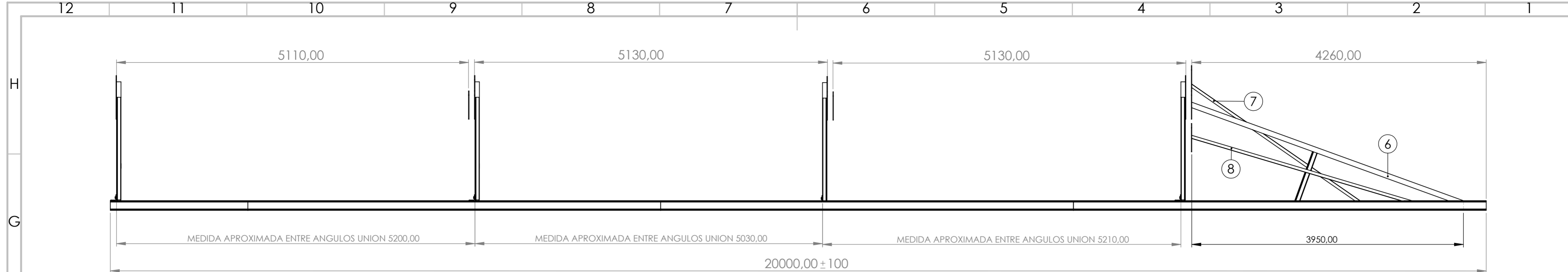
$$\delta_{12} = \delta_{21} = \int_0^{5,3} \frac{[-0,66875 \cdot x] \cdot [-0,3375 \cdot x]}{E \cdot I} dx + \int_{5,3}^{10,66} \frac{[-0,66875 \cdot x + (x-5,3)] \cdot [-0,3375 \cdot x]}{E \cdot I} dx + \int_{10,66}^{16} \frac{[-0,66875 \cdot x + (x-5,3)] \cdot [-0,3375 \cdot x]}{E \cdot I} dx$$

$$+ \int_{10,66}^{16} \frac{[-0,66875 \cdot x + (x-5,3)] \cdot [-0,3375 \cdot x + (x-10,66)]}{E \cdot I} dx$$

$$\begin{cases} X_1 \cdot \delta_{11} + X_2 \cdot \delta_{12} + \Delta_1 = 0 \\ X_1 \cdot \delta_{21} + X_2 \cdot \delta_{22} + \Delta_2 = 0 \end{cases}$$

$F = -\delta^{-1} \cdot \Delta$
 Vector de Fuerzas de Rigidez
 $F = -K \cdot \Delta$
 Matriz de Rigidez
 Vector de Desplazamientos

Anexo Planimetría:



Notas Generales

1. ANTES DE EJECUCIÓN, SE RECOMIENDA LA SUJECIÓN CON RIENDAS ENTRE LAS COLUMNAS DEL TALLER, CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
2. OFICINA TÉCNICA.
3. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILÍMETROS (mm).
4. EJECUTAR CUANDO SE VERIFIQUEN MEDIDAS EN OBRA.
5. EN CASO DE REINGENIERÍA, CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
6. LOS NÚMEROS DE POSICIONES SON REFERIDAS A ESTE PLANO.
7. LA UBICACIÓN DESFASADA DE LOS PERFILES DE LA VIGA CORRESPONDE PARA NO DEBILITAR LA ESTRUCTURA CON LA SOLDADURA. (POSICIONES DE 8 Y 9).
8. LAS MEDIDAS DE ENSAMBLE DE LOS MARCOS "U" ENTRE CABRIADA Y CABRIADA, DEBERÁN ASEGURARSE EN CAMPO.
9. LOS AGUJEROS DE LAS UNIONES DE VIGA, QUE DAN PROPIAMENTE A LA VIGA, SON PARA RELLENAR CON SOLDADURA.
10. PRIMERO EJECUTAR PUNTEOS DE SOLDADURA, LUEGO PROCEDER A EJECUTAR LAS SOLDADURAS NOMBRADAS.
11. AGUJERAR LOS PERFILES DE LA CABRIADA, DE MODO QUE LA VIGA QUEDE ALINEADA CON LA MAQUINA CORTADORA.
12. LAS MEDIDAS DE LAS PIEZAS O SUB-ENSAMBLES, SE ENCUENTRAN EN LOS PLANOS REFERENCIADOS.
13. NO CONFUNDIR, ENTRE MARCO "U" (1) Y MARCO "U" (2).

- Cinco (5) agujeros con posibilidad de:
- Unión permanente, mediante soldadura de tapón o relleno y soldadura escalon por borde de chapa y cabriada.
 - Unión desmontable, mediante abulonado. En su caso, utilizar por lo menos 4 tornillos M12 x 40.

POS.	PIEZA/SUBENSAMBLE	MATERIAL	PESO	REFERENCIA PLANO	CANT.
1	Angulo unión viga	IRAM F-36	5,5	3-7	4
2	Tirante U 2	IRAM F-36	137,5	3-2	2
3	Tirante U	IRAM F-36	137,5	3-1	2
4	Unión de perfiles x 20000	IRAM F-24	605	2-1	1
5	Apoyo Cabriada	IRAM F-24	67,5	3-8	13
6	Reticulado exterior	IRAM F-24	42,5	2-5	1
7	Tensor lateral (2)	IRAM F-24	12	2-6	1
8	Tensor lateral (1)	IRAM F-24	14	2-7	1
9	Tuerca M16	DIN 555	0,5	-	8
10	Tornillo M16 x 40	DIN 7990	1,3	-	8

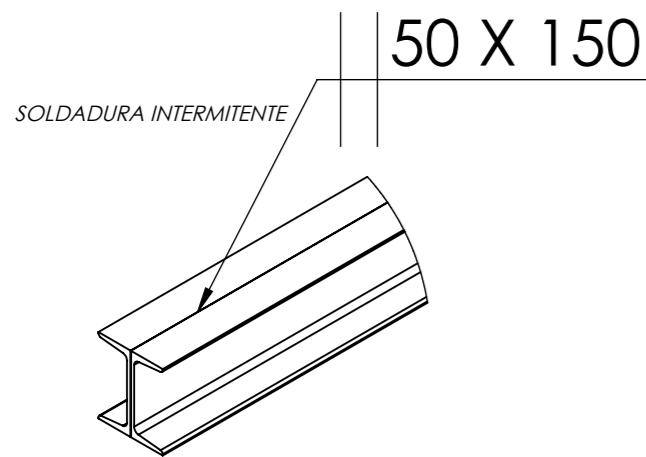
Proceso	Proyectó	Puppio N.	Cliente	001
Ensamble Soldadura	Dibujó	Puppio N.	Torres Americanas S.A.	
	Revisó		Sistema de Izaje-Cortadora Laser	
	Aprobó			
	Escala	Denominación		
	1:40	Ensamble General-Sistema de Izaje de Cortadora Laser		
	Formato A2			



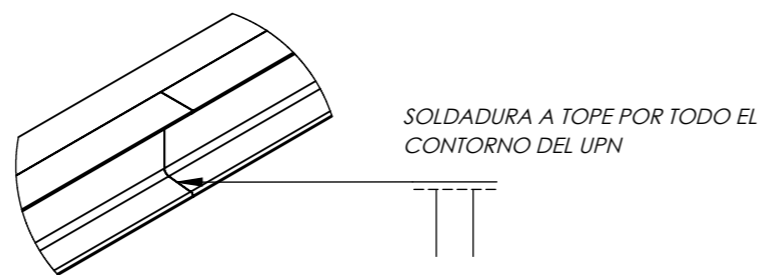
Nº Plano cliente 1-1

Nº Plano 1

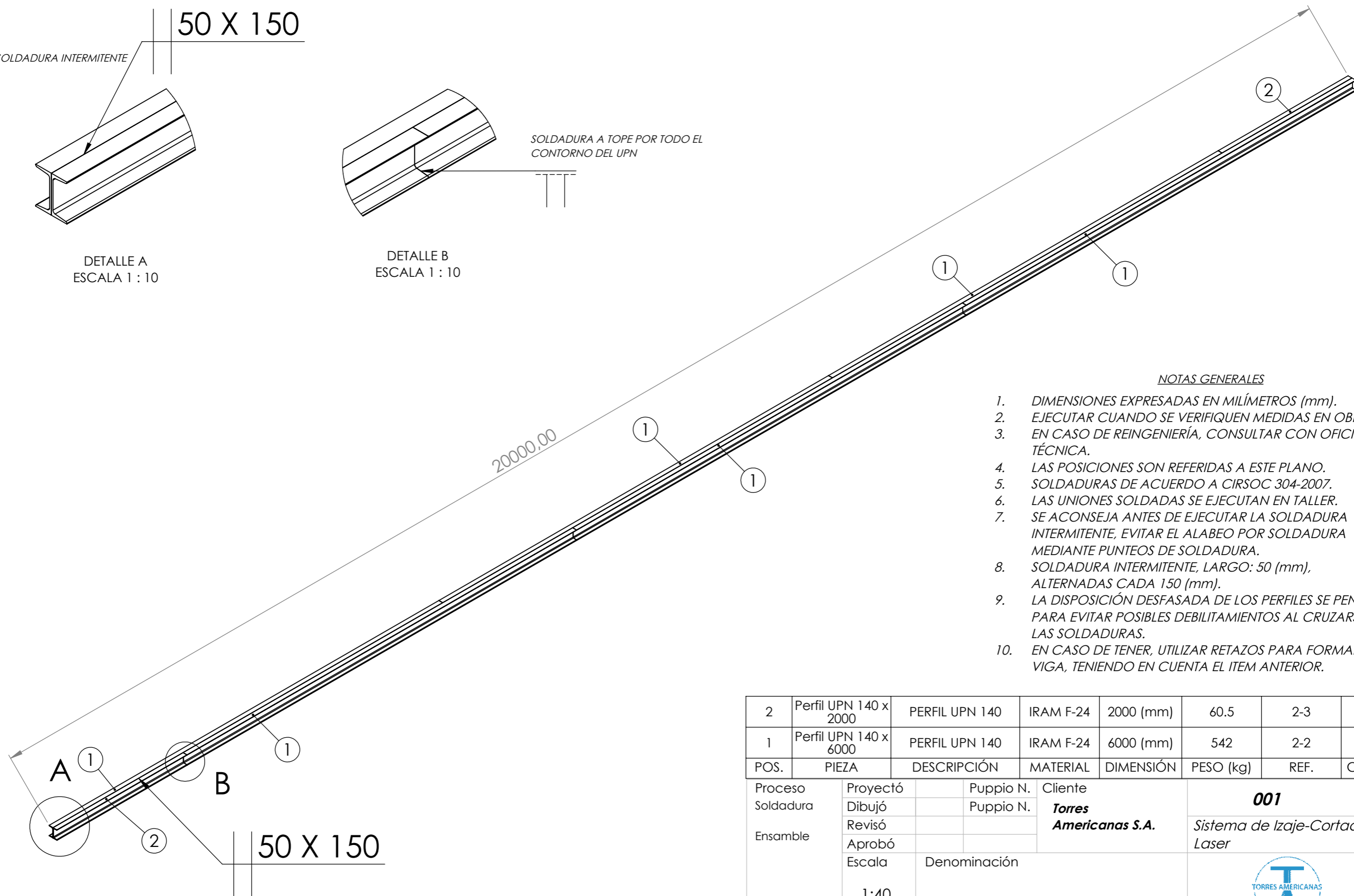
Pág. 1



DETALLE A
ESCALA 1 : 10




DETALLE B
ESCALA 1 : 10

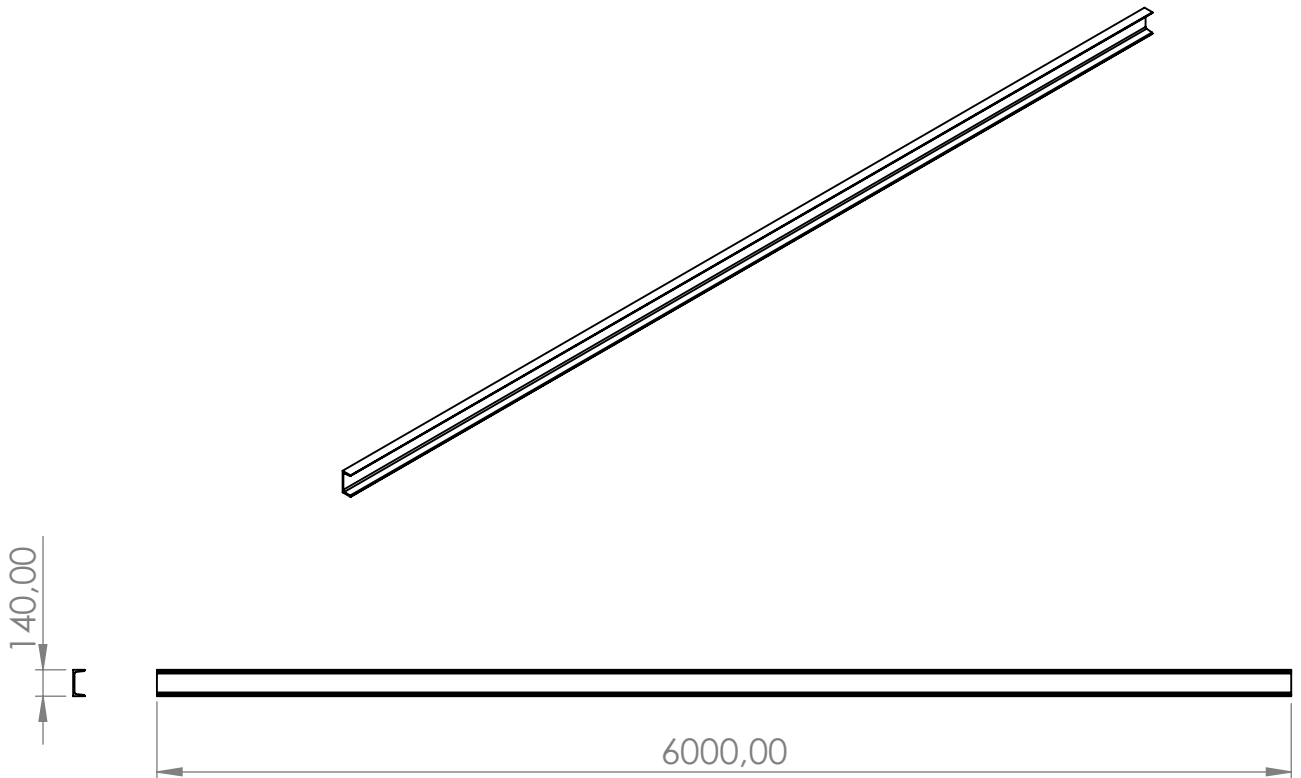


NOTAS GENERALES

1. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILÍMETROS (mm).
2. EJECUTAR CUANDO SE VERIFIQUEN MEDIDAS EN OBRA.
3. EN CASO DE REINGENIERÍA, CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
4. LAS POSICIONES SON REFERIDAS A ESTE PLANO.
5. SOLDADURAS DE ACUERDO A CIRSOC 304-2007.
6. LAS UNIONES SOLDADAS SE EJECUTAN EN TALLER.
7. SE ACONSEJA ANTES DE EJECUTAR LA SOLDADURA INTERMITENTE, EVITAR EL ALABEO POR SOLDADURA MEDIANTE PUNTEOS DE SOLDADURA.
8. SOLDADURA INTERMITENTE, LARGO: 50 (mm), ALTERNADAS CADA 150 (mm).
9. LA DISPOSICIÓN DESFASADA DE LOS PERFILES SE PENSÓ PARA EVITAR POSIBLES DEBILITAMIENTOS AL CRUZARSE LAS SOLDADURAS.
10. EN CASO DE TENER, UTILIZAR RETAZOS PARA FORMAR LA VIGA, TENIENDO EN CUENTA EL ITEM ANTERIOR.



POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO (kg)	REF.	CANT.
2	Perfil UPN 140 x 2000	PERFIL UPN 140	IRAM F-24	2000 (mm)	60.5	2-3	2
1	Perfil UPN 140 x 6000	PERFIL UPN 140	IRAM F-24	6000 (mm)	542	2-2	6

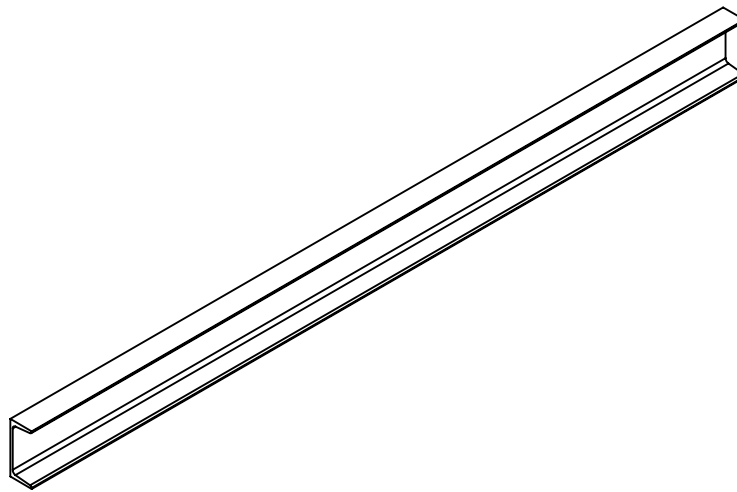
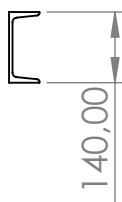
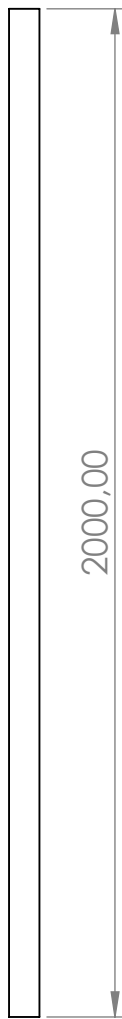
Proceso Soldadura	Proyectó		Puppio N.	Cliente Torres Americanas S.A.	001		
	Dibujó		Puppio N.				
Ensamble	Revisó			Sistema de Izaje-Cortadora Laser			
	Aprobó						
	Escala	Denominación					
	1:40	Ensamble Viga x 20.000 (mm)					
	Formato			Nº Plano cliente	2-1		
	A3			Nº Plano	2	Pág.	1



NOTAS GENERALES


1. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILIMETROS (mm).
2. EJECUTAR CUANDO SE VERIFIQUEN MEDIDAS EN OBRA.
3. EN CASO DE REINGENIERÍA, CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.

1	Perfil UPN 140 x 6000	PERFIL UPN 140	IRAM F-24	6000 (mm)	542	2-2	6
POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO (kg)	REF.	CANT.
Proceso	Proyectó		Puppio N.	Cliente	001 Sistema de izaje- Cortadora Laser		
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.			
	Revisó						
	Aprobó						
	Escala	Denominación			 Nº Plano Cliente 2-2 Nº Plano 2		
1:40	ENSAMBLE VIGA DOBLE UPN 140 x 6000 (mm)			Pág.			
 Formato A4				2			

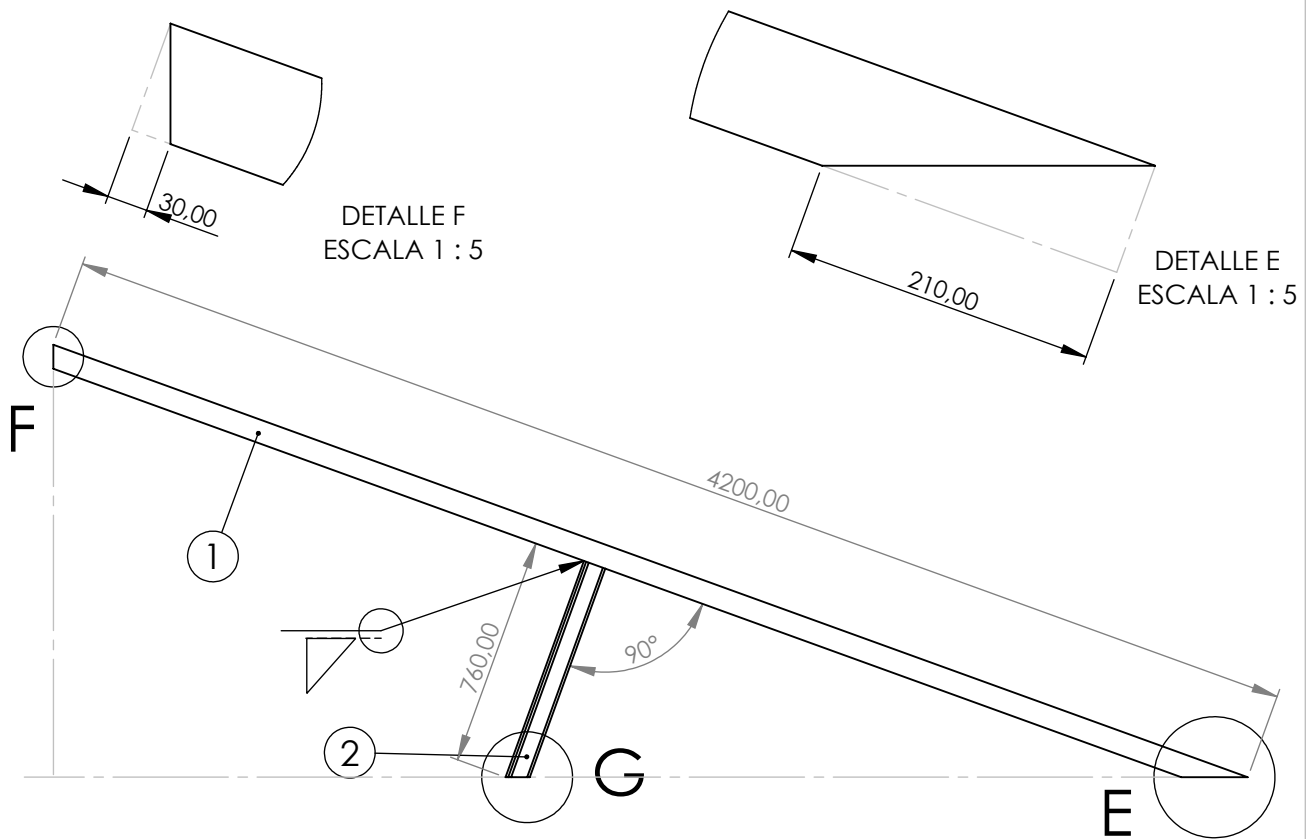


NOTAS GENERALES

1. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILIMETROS (mm).
2. EJECUTAR CUANDO SE VERIFIQUEN MEDIDAS EN OBRA.
3. EN CASO DE REINGENIERÍA, CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.

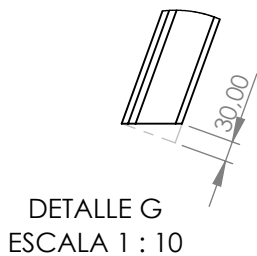
POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO (kg)	REF.	CANT.
2	Perfil UPN 140 x 2000	PERFIL UPN 140	IRAM F-24	2000	60.25	2-3	2
Procesos Corte	Proyectó		Puppio N.	Cliente	001 <i>Sistema de izaje- Cortadora Laser</i>		
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.			
	Revisó						
	Aprobó						
	Escala	Denominación			 N° Plano Cliente 2-3 N° Plano 2 Pág. 3		
1:15	Ensamble VIGADoble UPN 140 x 2000 (mm)						
Formato A4							

VISTA DETALLADA DE LOS CORTES, CON LINEAS ILUSTRATIVAS DE CORTE




NOTAS GENERALES

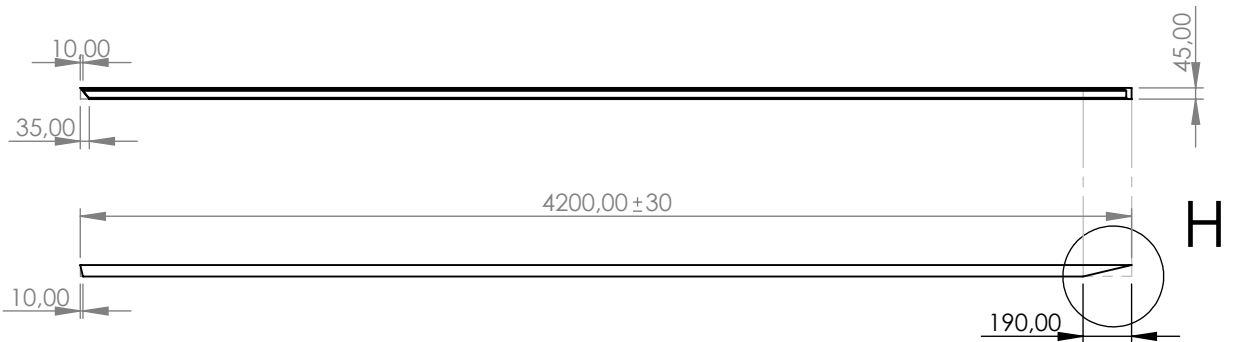
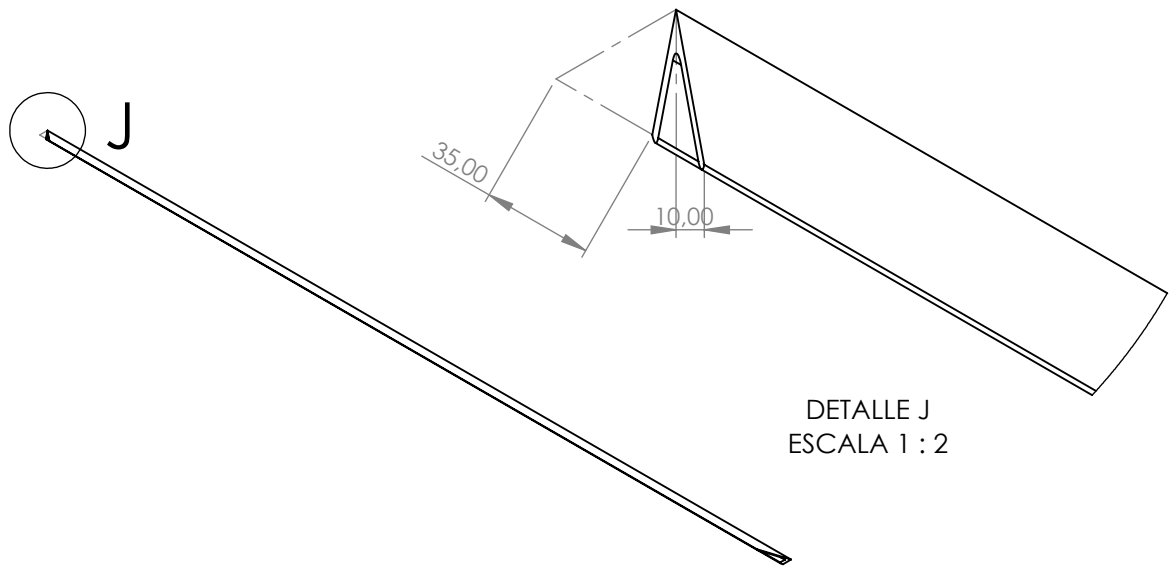
1. LAS MEDIDAS PRESENTADAS EN PLANO SON APROXIMADAS, VERIFICAR EN OBRA PARA EJECUTAR.
2. VISTA DE DETALLE "E", ESTÁ RELACIONADA CON LA TERMINACIÓN PARA UNIÓN CON LA VIGA.
3. VISTA DE DETALLE "F", ESTÁ RELACIONADA CON LA TERMINACIÓN PARA UNIÓN CON LA CABIADA.
4. VISTA DE DETALLE "G", ESTÁ RELACIONADA CON LA TERMINACIÓN DEL ÁNGULO DE REFUERZO PARA LA RIENDA.
5. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILÍMETROS (mm).
6. EN CASO DE REINGENIERÍA, CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
7. SE RECOMIENDA FINALIZAR LAS TERMINACIONES CON PROCESO DE AMOLADO, PARA LOGRAR UN BUEN CONTACTO DURANTE EL PROCESO DE SOLDADURA.



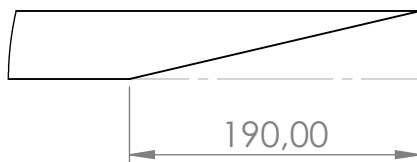
POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO (kg)	REF.	CANT.
2	Angulo rienda exterior de sujeción	PERFIL "L" 79 X 79 X 7,9	IRAM F-24	760 (mm)	6.65	2-5	1
1	Rienda exterior de sujeción	PERFIL "L" 79 X 79 X 7,9	IRAM F-24	4200 (mm)	35.65	2-5	1

Proceso Corte Amolado Soldadura Ensamble	Proyectó		Puppio N.	Cliente	001 Sistema de izaje- Cortadora Laser
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.	
	Revisó				
	Aprobó				
	Escala	Denominación			 Nº Plano Cliente 2-4
1:25	Refuerzo de Viga exterior				
Formato A4				Nº Plano 2	Pág. 4

Vistas de Detalle de las Terminaciones del Tensor





Vistas de Detalle de las terminaciones del Tensor

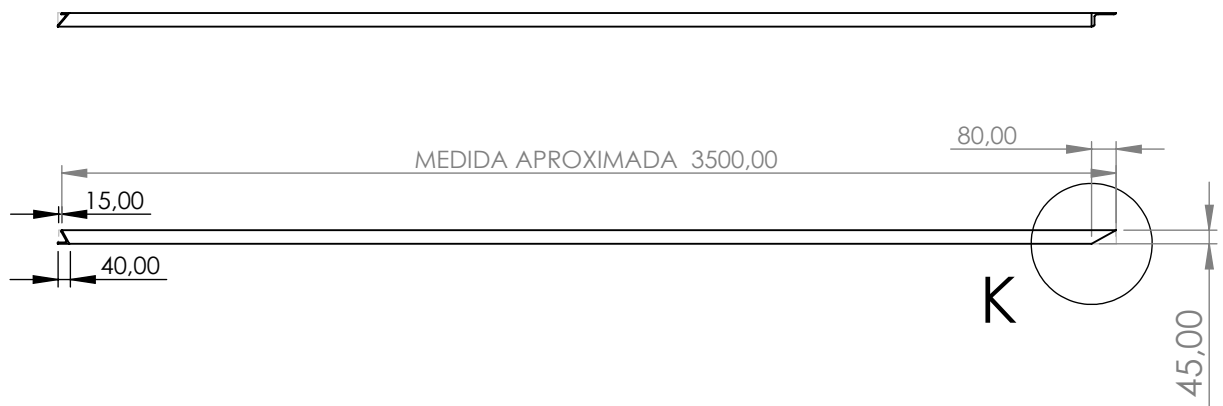
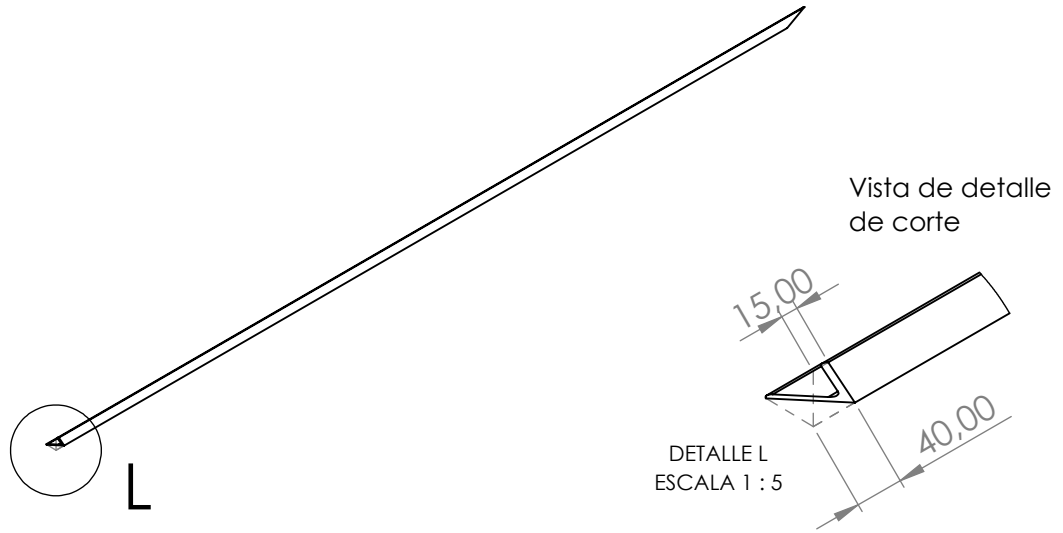


DETALLE H
ESCALA 1 : 5

NOTAS GENERALES

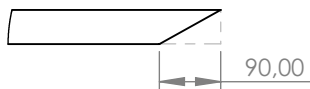
1. LAS MEDIDAS PRESENTADAS EN PLANO SON APROXIMADAS, SE DEBE VERIFICAR EN OBRA PARA EJECUTAR.
2. VISTA DE DETALLE "H", ESTÁ RELACIONADA CON LA TERMINACIÓN PARA UNIÓN CON LA VIGA.
3. VISTA DE DETALLE "J", ESTÁ RELACIONADA CON LA TERMINACIÓN PARA UNIÓN CON LA CABIADA.
4. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILÍMETROS (mm).
5. EN CASO DE REINGENIERÍA, CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
6. PARA LAS TERMINACIONES SE RECOMIENDA, FINALIZAR CON PROCESO DE AMOLADO, PARA LOGRAR UN BUEN CONTACTO DURANTE EL PROCESO DE SOLDADURA.

POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO (kg)	REF.	CANT.
1	Tensor Lateral (1)	PERFIL "L" 45 X 45 X 4,8	IRAM F-24	LARGO: 4200 (mm)	14	2-6	1
Proceso Corte	Proyectó		Puppio N.	Cliente	<p style="text-align: center;">001</p> <p style="text-align: center;"><i>Sistema de izaje-Cortadora Laser</i></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Nº Plano Cliente 2-5</p> <p>Nº Plano 2 Pág. 5</p>		
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.			
	Revisó						
	Aprobó						
	Escala	Denominación					
	1:30	Tensor Lateral (1)					
							
	Formato A4						





NOTAS GENERALES

Vista de detalle de corte

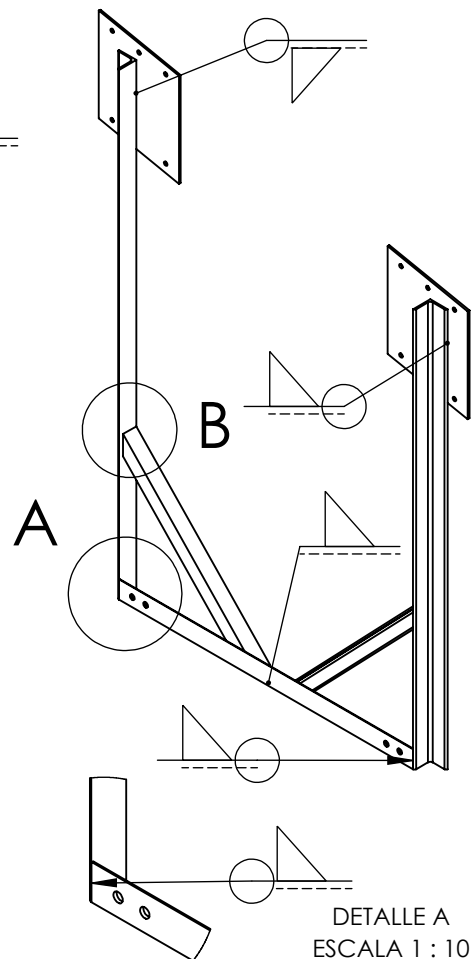
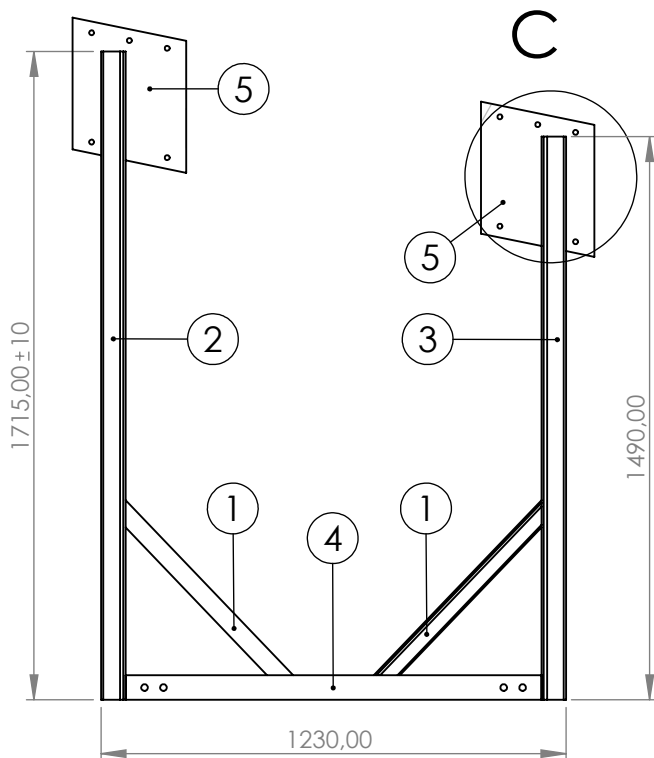
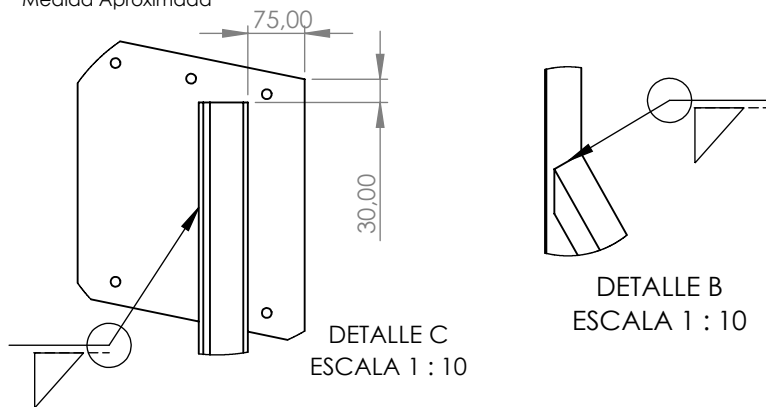


DETALLE K
ESCALA 1 : 10

1. LAS MEDIDAS PRESENTADAS EN PLANO SON APROXIMADAS, SE DEBE VERIFICAR EN OBRA PARA EJECUTAR.
2. VISTA DE DETALLE "A"; ESTÁ RELACIONADA CON LA TERMINACIÓN PARA UNIÓN CON LA VIGA.
3. VISTA DE DETALLE "B"; ESTÁ RELACIONADA CON LA TERMINACIÓN PARA UNIÓN CON LA CABRIADA.
4. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILÍMETROS (mm).
5. EN CASO DE REINGENIERÍA, CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
6. PARA LAS TERMINACIONES SE RECOMIENDA, FINALIZAR CON PROCESO DE AMOLADO, PARA LOGRAR UN BUEN CONTACTO DURANTE EL PROCESO DE SOLDADURA.

POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO (kg)	REF.	CANT.
1	Tensor Lateral (2)	PERFIL "L" 45 X 45 X 4,8	IRAM F-24	LARGO APROXIMADO: 3500 (mm)	12	2-7	1
Proceso	Proyectó		Puppio N.	Cliente	<p style="text-align: center;">001</p> <p style="text-align: center;"><i>Sistema de izaje-Cortadora Laser</i></p> <div style="text-align: center;">  <p>TORRES AMERICANAS</p> </div> <p>Nº Plano Cliente 2-6</p> <p>Nº Plano 2 Pág. 6</p>		
Corte	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.			
Amolado	Revisó						
	Aprobó						
	Escala	Denominación					
	1:30	Tensor Lateral (2)					
							
	Formato A4						


VISTA DE UBICACION DE TIRANTE CON APOYO
Medida Aproximada

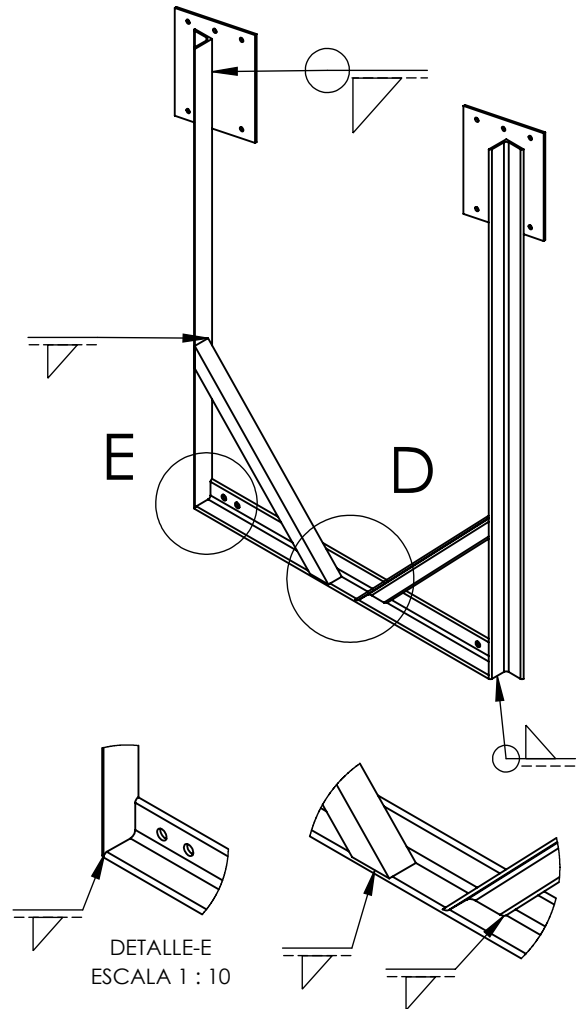
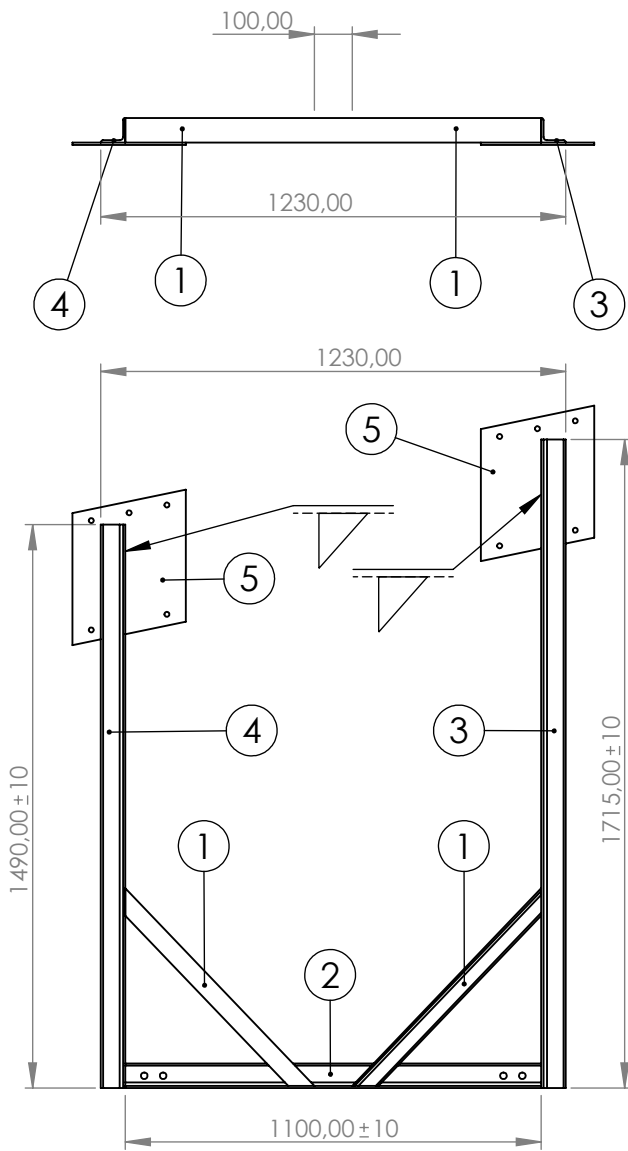


NOTAS GENERALES

1. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILÍMETROS (MM).
2. SOLDADURAS DE ACUERDO A CIRSOC 304-2007.
3. LAS UNIONES SOLDADAS SE EJECUTAN EN TALLER.
4. EJECUTAR CUANDO SE VERIFIQUEN MEDIDAS EN OBRA.
5. EN CASO DE REINGENIERÍA CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
6. LAS CANTIDADES ESTÁN ASOCIADAS A LA FABRICACION DE UN (1) MARCO "U".
7. INDICACIONES DE UBICACIÓN EN REFERENCIA 3-9.

5	Apoyo Cabriada	CHAPA 1/4" (6,4 mm)	IRAM F-24	MEDIDAS EN PLANO	67.5	X	2
4	Crucero Tirante	PERFIL "L" 64 x 64 x6,4	IRAM F-36	1100 (mm)	47.25	3-4	1
3	Tirante Corto	PERFIL "L" 64 x 64 x6,4	IRAM F-36	1490 (mm)	64.35	3-4	1
2	Tirante Largo	PERFIL "L" 64 x 64 x6,4	IRAM F-36	1715 (mm)	74	3-4	1
1	Refuerzo Tirante U	PERFIL "L" 50 x 50 x 4,8	IRAM F-24	725 (mm)	20.75	3-4	2
POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN (mm)	PESO (kg)	REF.	CANT.

Proceso Ensamble	Proyectó		Puppio N.	Cliente	001
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.	
Soldadura	Revisó				Sistema Izaje de Perfilera-Cortadora Laser
	Aprobó				
	Escala	Denominación			
	1:20	Ensamble Marco "U" (1)			
	Formato A4				Nº Plano Cliente 3-1
					Nº Plano 3 Pág. 1

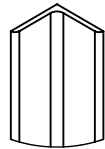
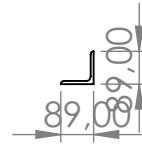
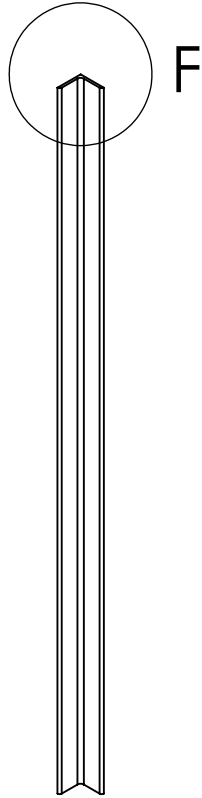


NOTAS GENERALES

1. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILÍMETROS (MM).
2. SOLDADURAS DE ACUERDO A CIRSOC 304-2007.
3. LAS UNIONES SOLDADAS SE EJECUTAN EN TALLER.
4. EJECUTAR CUANDO SE VERIFIQUEN MEDIDAS EN OBRA.
5. EN CASO DE REINGENIERÍA CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
6. LAS CANTIDADES ESTÁN ASOCIADAS A UN (1) MARCO "U".
7. CANTIDADES DE ESTE TIPO DE MARCO A PRODUCIR: (4).

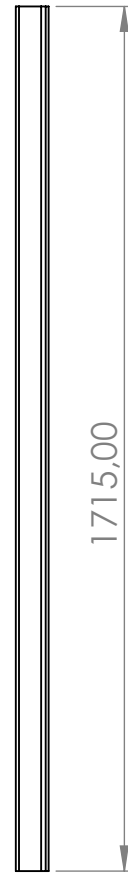
POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO	REF.	CANT.
5	Apoyo cabriada	CHAPA 1/4" (6,4 mm)	IRAM F-24	En plano ref.	67.5	3-8	2
4	Crucero Tirante	PERFIL "L" 64 x 64 x6,4	IRAM F-36	1100 (mm)	47.25	3-5	1
3	Tirante corto	PERFIL "L" 64 x 64 x6,4	IRAM F-36	1490 (mm)	64.35	3-4	1
2	Tirante largo	PERFIL "L" 64 x 64 x6,4	IRAM F-36	1715 (mm)	74	3-3	1
1	Refuerzo Tirante	PERFIL "L" 50 x 50 x 4,8	IRAM F-24	725 (mm)	20.75	3-6	2

Proceso Ensamble Soldadura	Proyectó		Puppio N.	Cliente	001 <i>Sistema de Izaje-Cortadora Laser</i>	
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.		
	Revisó					
	Aprobó					
	Escala	Denominación				
1:20	Ensamblaje Marco "U" (2)					
Formato				Nº Plano Cliente	3-2	
A4				Nº Plano	3	
					Pág.	2



DETALLE F
ESCALA 2 : 15

Terminación recta
De lo contrario, evaluar con
oficina técnica la mejor
terminación para union con
cabriada

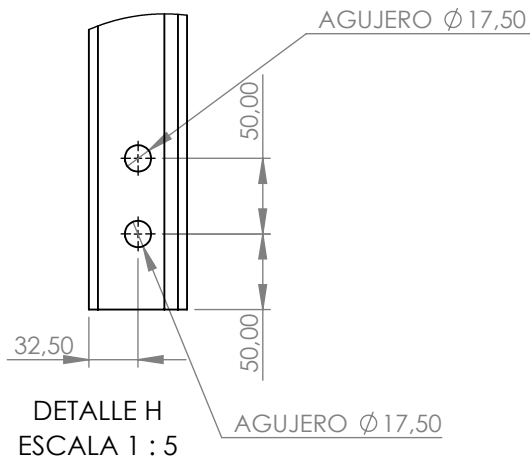
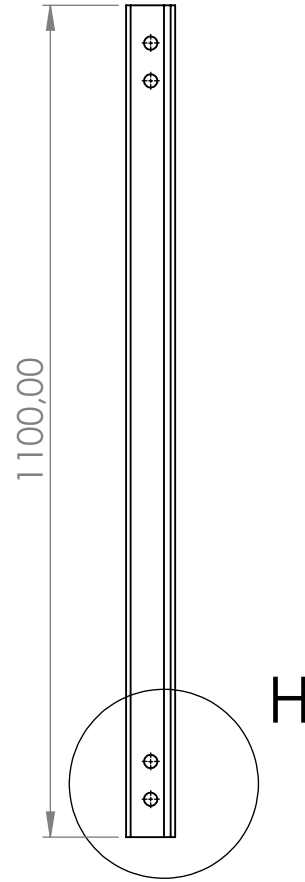
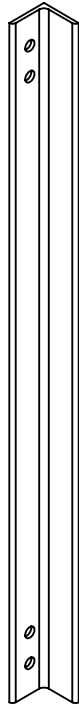


NOTAS GENERALES

1. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILÍMETROS (mm).
2. EJECUTAR CUANDO SE VERIFIQUEN MEDIDAS EN OBRA.
3. EN CASO DE REINGENIERÍA CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
4. LAS POSICIONES SON REFERIDAS A ESTE PLANO.
5. LAS CANTIDADES ESTÁN ASOCIADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE CUATRO (4) MARCO "U". SE UTILIZARÁ UNA (1) CANTIDAD PARA CADA UNO.

1	Tirante Largo	PERFIL "L" 64 x 64 x6,4	IRAM F-36	1715	74	3-3	4
POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN (mm)	PESO (kg)	REF.	CANT.

Proceso Corte	Proyectó		Puppio N.	Cliente	001		
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.			
	Revisó						
	Aprobó						
	Escala	Denominación			Nº Plano Cliente 3-3		
	1:15	Tirante Largo			Nº Plano 3		
	Pág. 3						
Formato	A4						

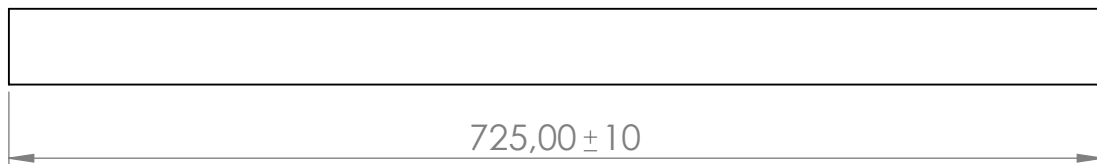
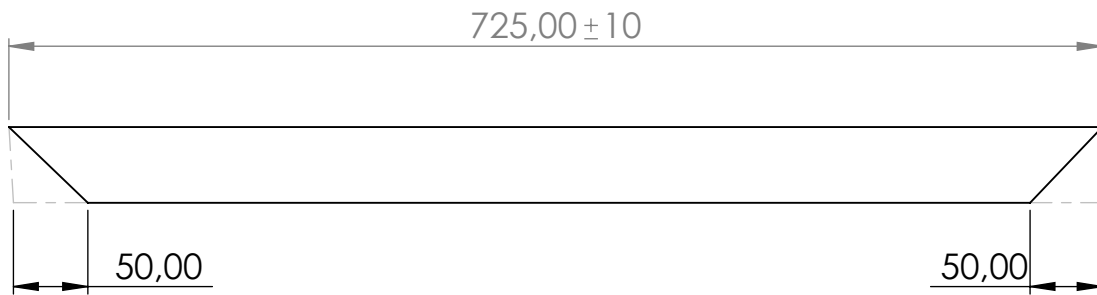


NOTAS GENERALES

1. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILÍMETROS (mm).
2. EJECUTAR CUANDO SE VERIFIQUEN MEDIDAS EN OBRA.
3. EN CASO DE REINGENIERÍA CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
4. LAS POSICIONES SON REFERIDAS A ESTE PLANO.
5. LAS CANTIDADES ESTÁN ASOCIADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE CUATRO (4) MARCO "U". SE UTILIZARÁ UNA (1) CANTIDAD PARA CADA UNO.



1	Crucero	PERFIL "L" 64 x 64 x6,4	IRAM F-36	1100 (mm)	47.25	3-5	4
POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO (kg)	REF.	CANT.

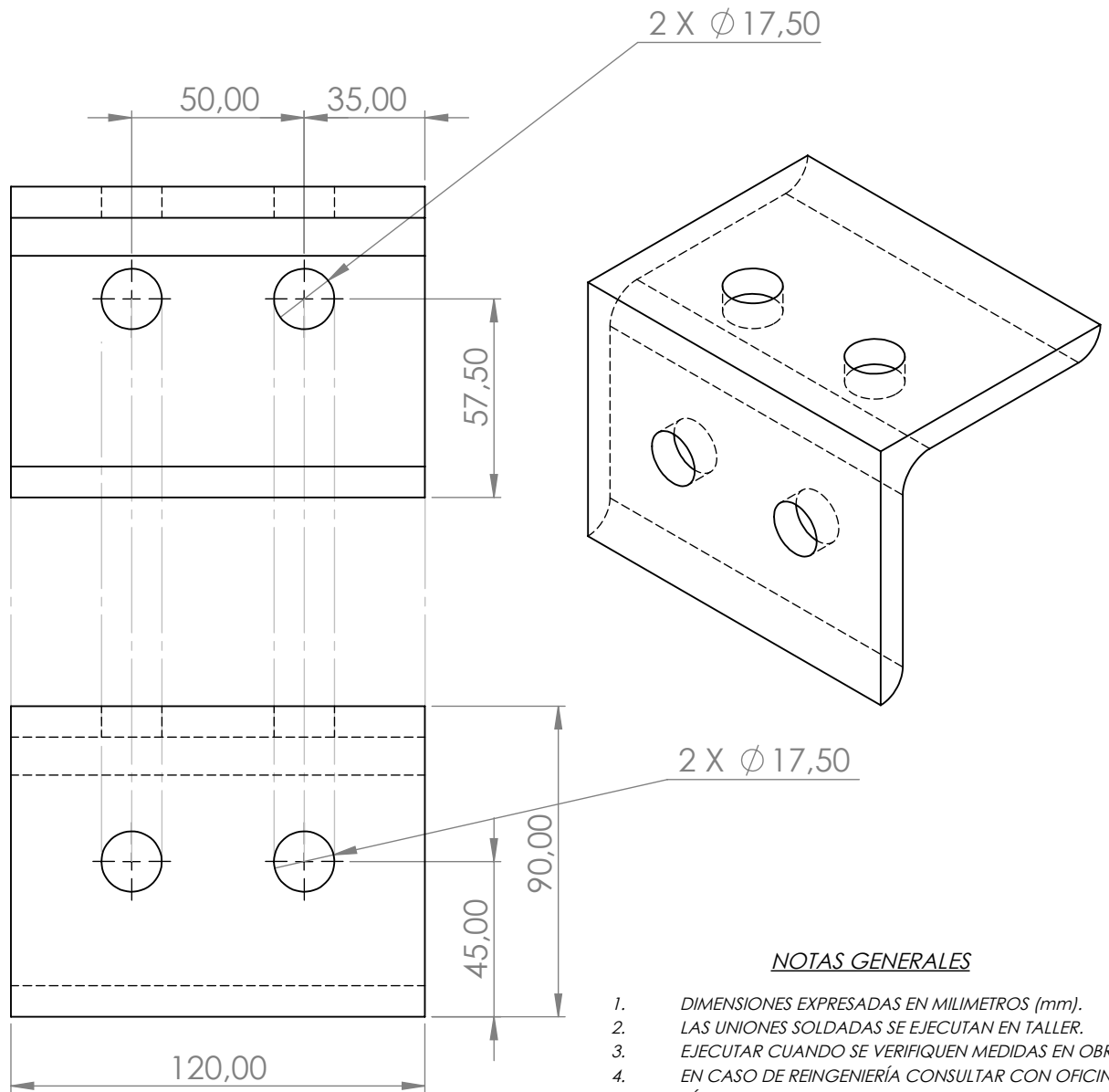
Proceso Corte Taladrado	Proyectó		Puppio N.	Cliente	001			
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.				
	Revisó				<i>Sistema de izaje-Cortadora Laser</i>			
	Aprobó							
	Escala	Denominación						
	1:10	<p align="center">Crucero de Marco "U"</p>			Nº Plano Cliente	3-5		
					Nº Plano	3	Pág.	5
Formato	A4							



NOTAS GENERALES



1. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILIMETROS (mm).
2. EJECUTAR CUANDO SE VERIFIQUEN MEDIDAS EN OBRA.
3. EN CASO DE REINGENIERÍA CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
4. LAS POSICIONES SON REFERIDAS A ESTE PLANO.
5. LAS CANTIDADES ESTÁN ASOCIADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE CUATRO (4) MARCO "U". SE UTILIZARÁ DOS (2) CANTIDADES PARA CADA UNO.

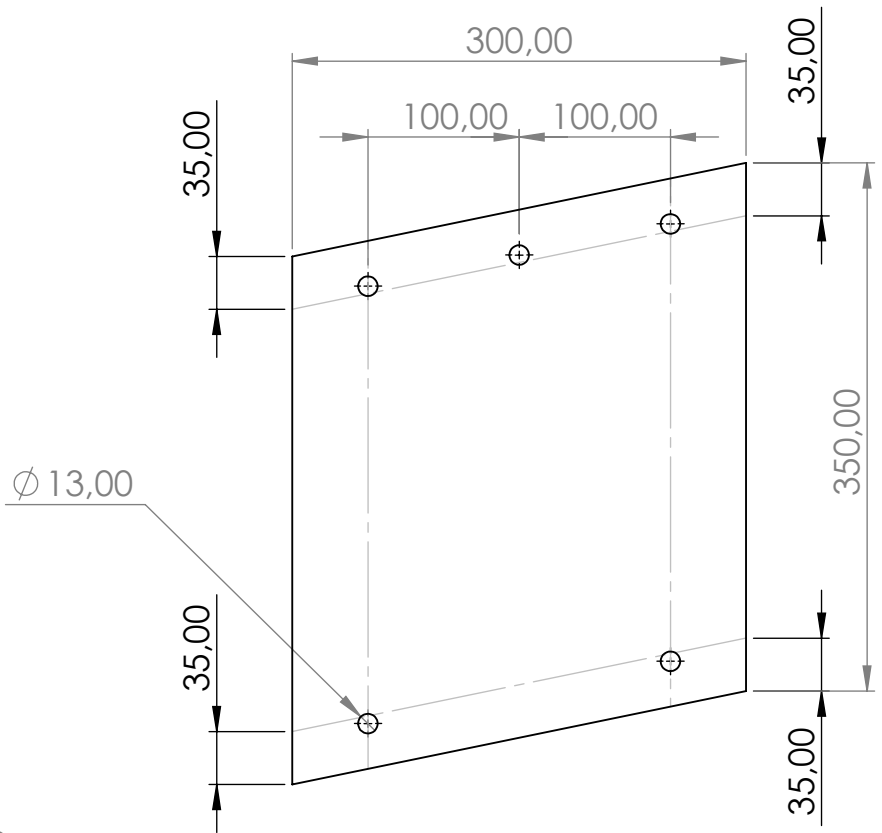
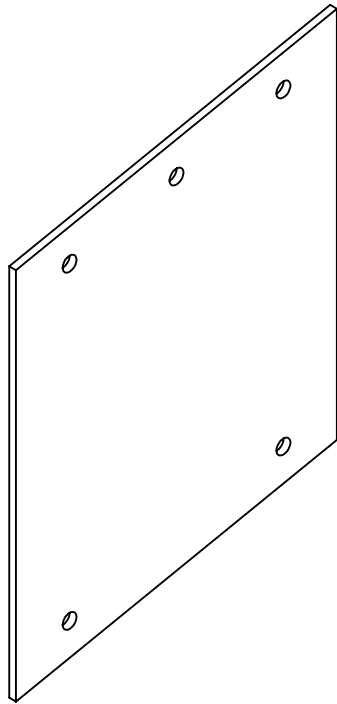
1	Refuerzo	PERFIL "L" 50 x 50 x 4,8	IRAM F-24	725 (mm)	20.75	3-6	8
POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO (kg)	REF.	CANT.
Proceso Corte	Proyectó		Puppio N.	Cliente	<p style="text-align: center;">001</p> <p style="text-align: center;"><i>Sistema de izaje-Cortadora Laser</i></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Nº Plano Cliente 3-6</p> <p>Nº Plano 3 Pág. 6</p>		
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.			
	Revisó						
	Aprobó						
	Escala	Denominación					
1:5		Refuerzo de Marco "U"					
							
Formato							
A4							





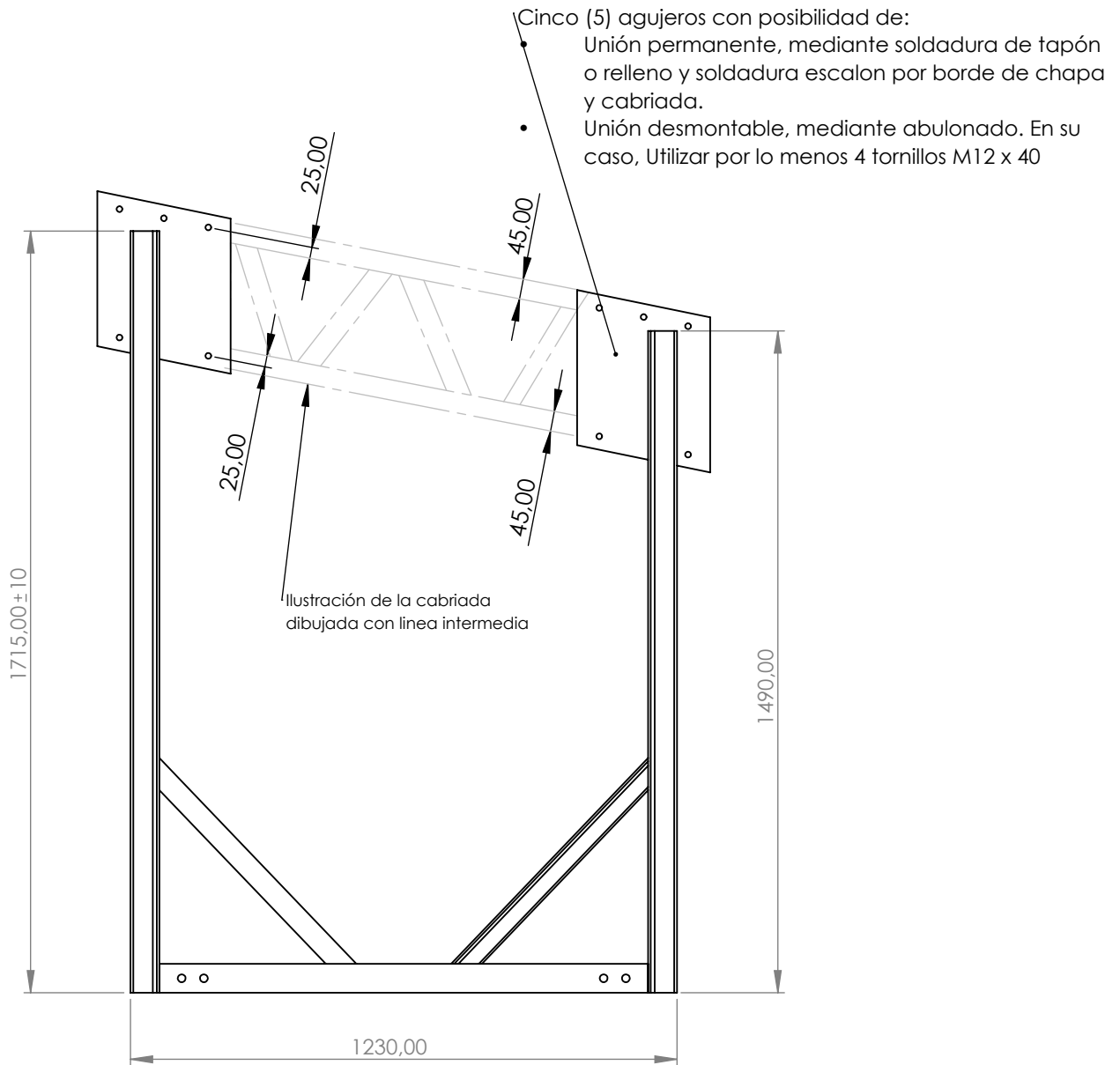
NOTAS GENERALES

1. DIMENSIONES EXPRESADAS EN MILIMETROS (mm).
2. LAS UNIONES SOLDADAS SE EJECUTAN EN TALLER.
3. EJECUTAR CUANDO SE VERIFIQUEN MEDIDAS EN OBRA.
4. EN CASO DE REINGENIERÍA CONSULTAR CON OFICINA TÉCNICA.
5. LAS CANTIDADES ESTÁN ASOCIADAS A TODA LA ESTRUCTURA.
6. TODOS LOS AGUJEROS TIENEN EL MISMO DIAMETRO.

1	Ángulo Unión	PERFIL "L" 64 x 64 x6,4	IRAM F-36	Largo:120 (mm)	5.5	3-7	4
POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO (kg)	REF.	CANT.
Proceso Taladrado Corte	Proyectó		Puppio N.	Cliente	001 <i>Sistema de izaje- Cortadora Laser</i>		
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.			
	Revisó						
	Aprobó						
	Escala	Denominación			 Nº Plano Cliente 3-7 Nº Plano 3		
1:2	Ángulo Unión Viga-Marco "U"						
							
Formato A4				Pág. 7			





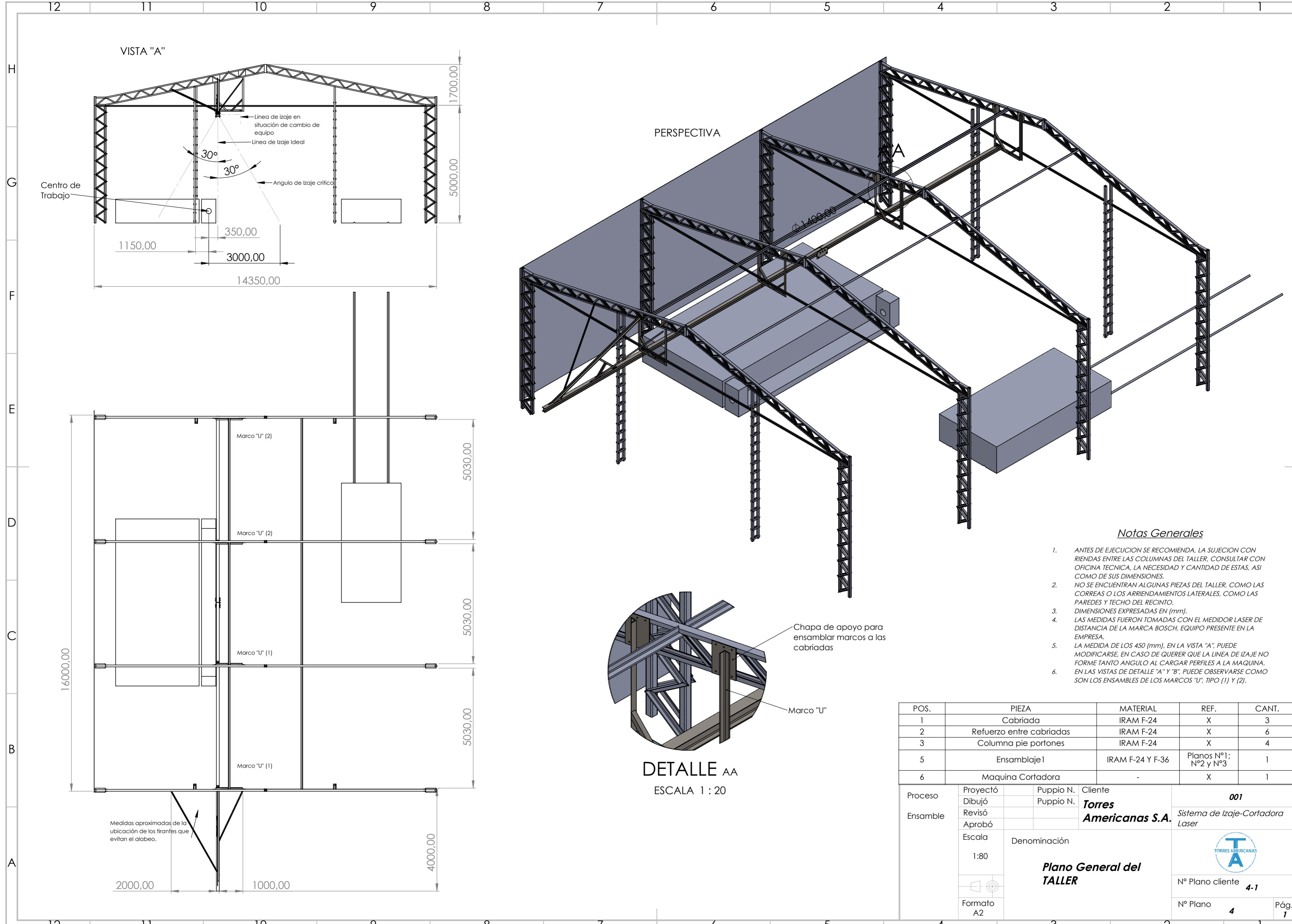
POS.	PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DIMENSIÓN	PESO (kg)	REF.	CANT.
1	APOYO CABRIADA	CHAPA 1/4" (6.4 mm)	IRAM F-24	MARCADAS EN PLANO (mm)	67.5	3-8	13
Proceso Taladrado Corte	Proyectó		Puppio N.	Cliente	001 <i>Sistema de izaje- Cortadora Laser</i>		
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.			
	Revisó						
	Aprobó						
	Escala	Denominación	APOYO CABRIADA			 N° Plano Cliente 3-8	
1:5		N° Plano 3					
 Formato A4							



NOTAS GENERALES

1. LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN (mm).
2. EN CASO DE UTILIZAR TORNILLOS, DEJAR 25 (mm) DESDE EL BORDE LIBRE DEL ALA DEL UPN DE LA CABRIADA, PARA EVITAR POSIBLE ROTURA POR APLASTAMIENTO.
3. EN CASO DE OPTAR POR SOLDAR, PODRIA UTILIZARSE LOS AGUJEROS COMO SOLDADURA "TAPON", PARA SUMAR AL AREA DE SOLDADURA.
4. MISMA SITUACION CON LOS DOS MARCOS, TANTO EL TIPO (1) COMO EL TIPO (2).

Proceso Ensamble	Proyectó		Puppio N.	Cliente	001
	Dibujó		Puppio N.	Torres Americanas S. A.	
	Revisó				
	Aprobó				
Escala	Denominación			Nº Plano Cliente	3-9
1:15	Plano de ubicación del Marco en la cabriada			Nº Plano	3
				Formato	A4



VISTA "A"

PERSPECTIVA

DETALLE AA
ESCALA 1 : 20

Notas Generales

1. ANTES DE EJECUCION SE RECOMIENDA, LA SUJECION CON RIENDAS ENTRE LAS COLUMNAS DEL TALLER, CONSULTAR CON OFICINA TECNICA, LA NECESIDAD Y CANTIDAD DE ESTAS, ASI COMO DE SUS DIMENSIONES.
2. NO SE ENCUENTRAN ALGUNAS PIEZAS DEL TALLER, COMO LAS CORREAS O LOS ARRIENDAMIENTOS LATERALES, COMO LAS PAREDES Y TECHO DEL RECINTO.
3. DIMENSIONES EXPRESADAS EN (mm).
4. LAS MEDIDAS FUERON TOMADAS CON EL MEDIDOR LASER DE DISTANCIA DE LA MARCA BOSCH, EQUIPO PRESENTE EN LA EMPRESA.
5. LA MEDIDA DE LOS 450 (mm), EN LA VISTA "A", PUEDE MODIFICARSE, EN CASO DE QUERER QUE LA LINEA DE IZAJE NO FORME TANTO ANGULO AL CARGAR PERFILES A LA MAQUINA.
6. EN LAS VISTAS DE DETALLE "A" Y "B", PUEDE OBSERVARSE COMO SON LOS ENSAMBLAJES DE LOS MARCOS "U", TIPO (1) Y (2).

POS.	PIEZA	MATERIAL	REF.	CANT.
1	Cabriada	IRAM F-24	X	3
2	Refuerzo entre cabriadas	IRAM F-24	X	6
3	Columna pie portones	IRAM F-24	X	4
5	Ensamblaje I	IRAM F-24 Y F-36	Planos N°1; N°2 y N°3	1
6	Maquina Cortadora	-	X	1

Proceso	Proyectó	Puppio N.	Cliente	001
	Dibujó	Puppio N.	Torres Americanas S.A.	
Ensamble	Revisó			Sistema de Izaje-Cortadora Laser
	Aprobó			
	Escala	Denominación		
	1:80	Plano General del TALLER		
	Formato A2			
				N° Plano cliente 4-1
				N° Plano 4
				Pág. 1

