

Introducción

SEDEMI

Soluciones a la medida para proyectos de infraestructura



Proceso de armado y soldadura manual actual:

Tiempos del proceso manual del armado de vigas

Proceso	Tiempo (min)
Preparación de los elementos y equipos necesarios	20
Armado de la viga	36
Soldadura de la viga	21,6
Total	77,6

Fuente. Propia

Cantidad de mano de obra del proceso manual

Mano de obra	Cant
Armadores	2
Soldadores	2
Ayudantes	4
Total	8

Fuente. Propia

Cantidad de vigas producidas diariamente: 6

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de armado de vigas tipo H con proceso de soldadura GMAW, para obtener una capacidad de producción de al menos 12 vigas diarias en la empresa SEDEMI.

Específicos

Realizar un estudio de la productividad en el proceso de ensamblaje de vigas tipo H en la empresa SEDEMI SCC.

Diseñar y simular computacionalmente una máquina ensambladora de vigas tipo H y mecanismos complementarios.

Desarrollar planos de elementos, conjunto, subconjunto y montaje de los elementos estructurales y mecánicos de la máquina.

Realizar una evaluación de los gastos implicados en la construcción futura de la máquina de ensamblaje de vigas.

JUSTIFICACIÓN

Se tiene cuellos de botella en los procesos de armado y soldadura manual actual.

SEDEMI tiene la posibilidad de desarrollar y fabricar una máquina a medida, además una máquina comprada no tiene la facilidad de ajustar las medidas que se requiere.

SEDEMI ahorrará costos y aumentará la producción de vigas.

ZONAS DEL SISTEMA DE ARMADO DE VIGAS TIPO H

Armado y transporte



Soldadura



Post - soldadura



Nota. Las imágenes fueron tomadas del video de Youtube (Corimpex, 2022)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y REQUERIMIENTOS DE SEDEMI

Especificaciones técnicas de la máquina

Especificaciones técnicas	
Concepto	Descripción
Función	La máquina debe ser capaz de ensamblar miembros estructurales en forma de "H" con diversas dimensiones.
Carga útil	La máquina debe ser capaz de resistir la carga de 4047 N, que es el peso de la viga más grande que se puede ensamblar.
Tiempo de funcionamiento	La máquina debe tener la capacidad de trabajar 8 horas por día.
Energía	Energía eléctrica y preferiblemente sistemas neumáticos.
Capacidad de producción diaria	≥ 12 unidades
Velocidad de avance-zona de transporte y armado	1500 mm/min
Velocidad de avance-zona de soldadura	700 mm/min

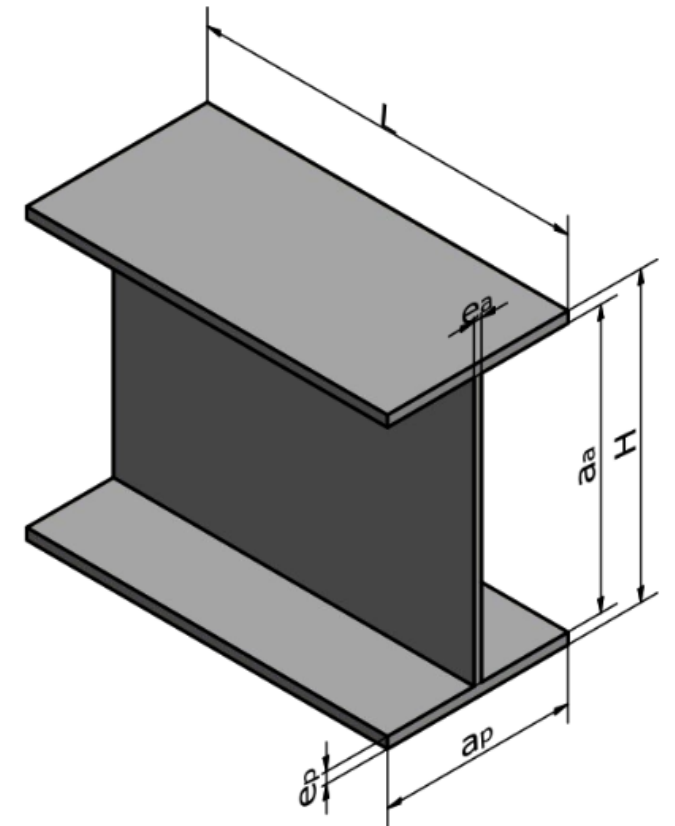
Fuente. Propia

DIMENSIONES QUE SE PODRÁ FABRICAR EN LA MÁQUINA

Resumen de dimensiones que se podrá fabricar

Dimensiones de miembros estructurales "I"	
Denominación	Rango
Peralte H(mm)	100-300
Ancho del patín a_p (mm)	100-250
Ancho del alma a_a (mm)	88-276
Espesor del alma e_a (mm)	3-10
Espesor del patín e_p (mm)	6-12
Longitud L (m)	2-6

Fuente. Propia



Parámetros del proceso de soldadura

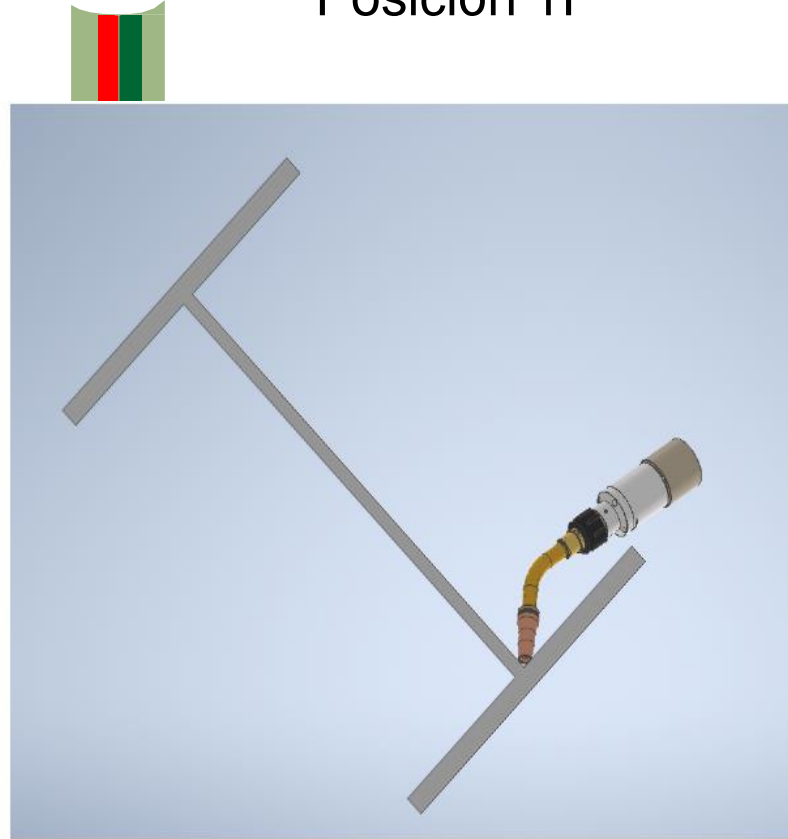
Parámetros del proceso de soldadura

PARÁMETROS DE SOLDADURA		
Parámetro	Viga con espesor mínimo (3 mm)	Viga con espesor máxima (12 mm)
Corriente (A)	180-200	625
Voltaje (V)	20-24	36
Diámetro del electrodo (mm)	1.1	2.4
Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	5334-7336	4064
Velocidad de avance (mm/min)	685,8-812,8	584,2
Flujo del gas de protección (LPM)	9,44-11,8	14,16-16,52
Tipo de gas de protección	80% Ar y 20% CO ₂	
Electrodo	ER70S-6	

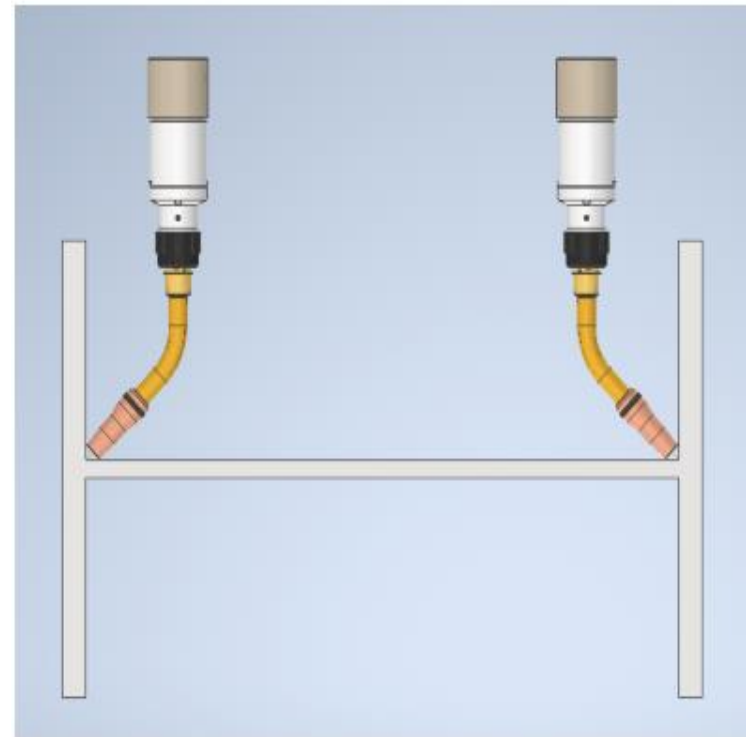
Nota. Los datos fueron tomados de Howard B Cary

ALTERNATIVAS DE DISEÑO

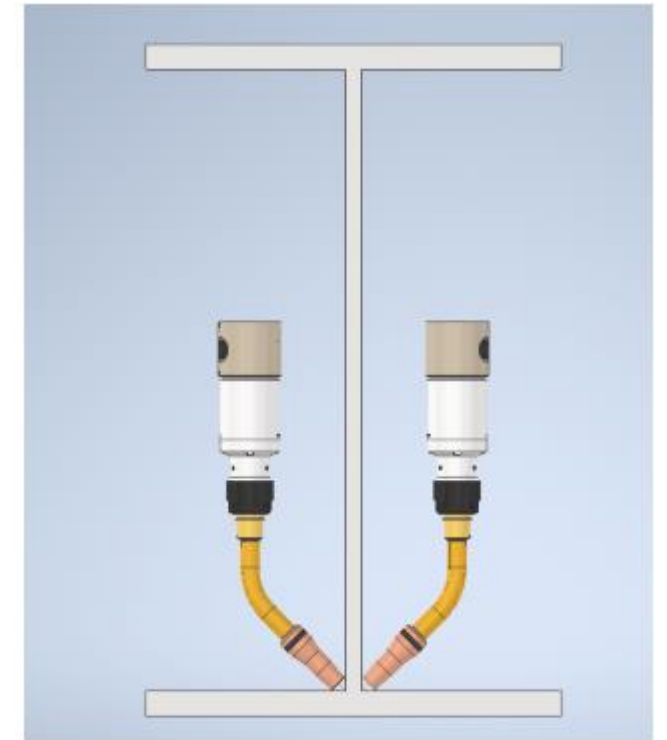
Posición 1F



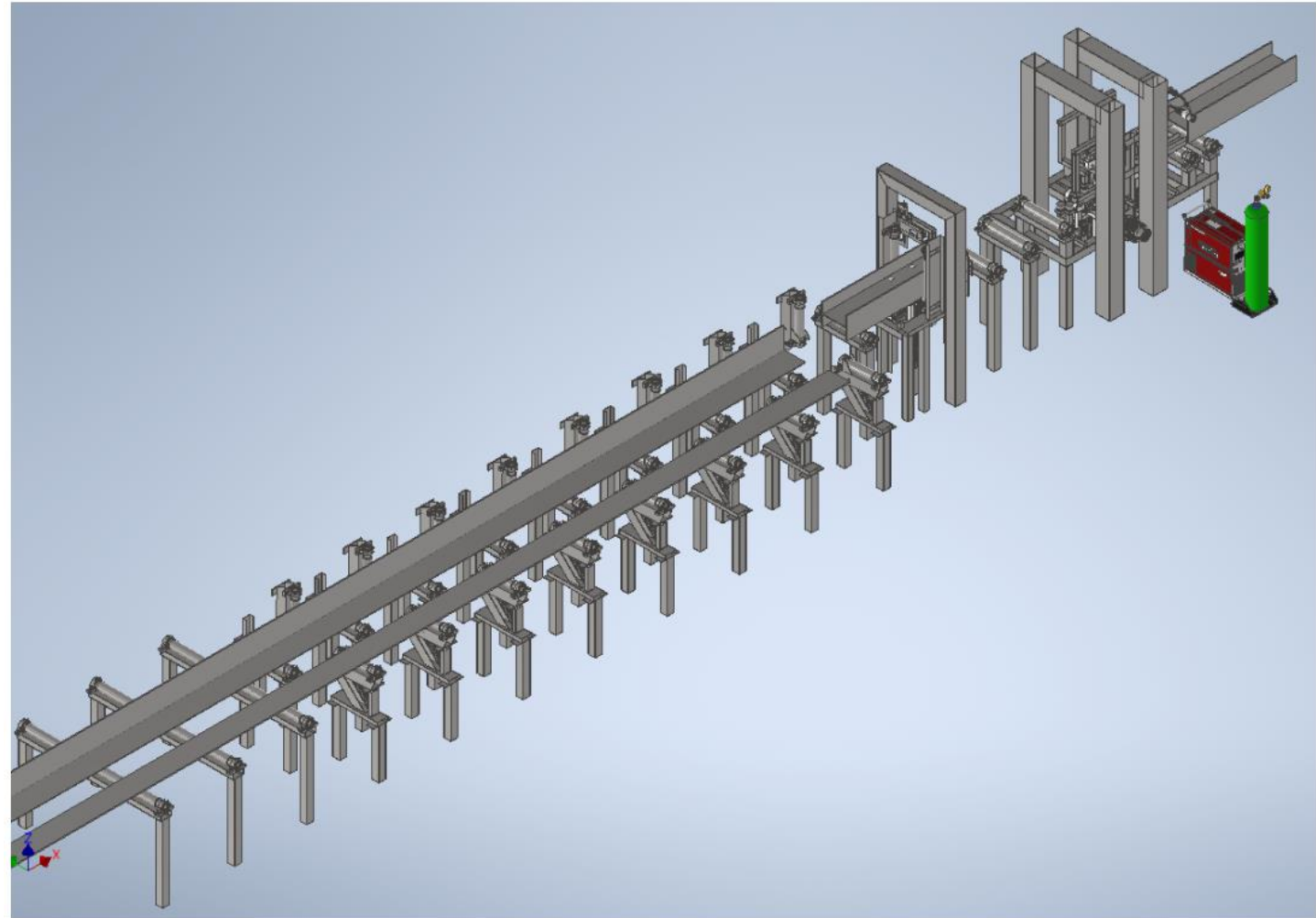
Posición 2F, alma horizontal



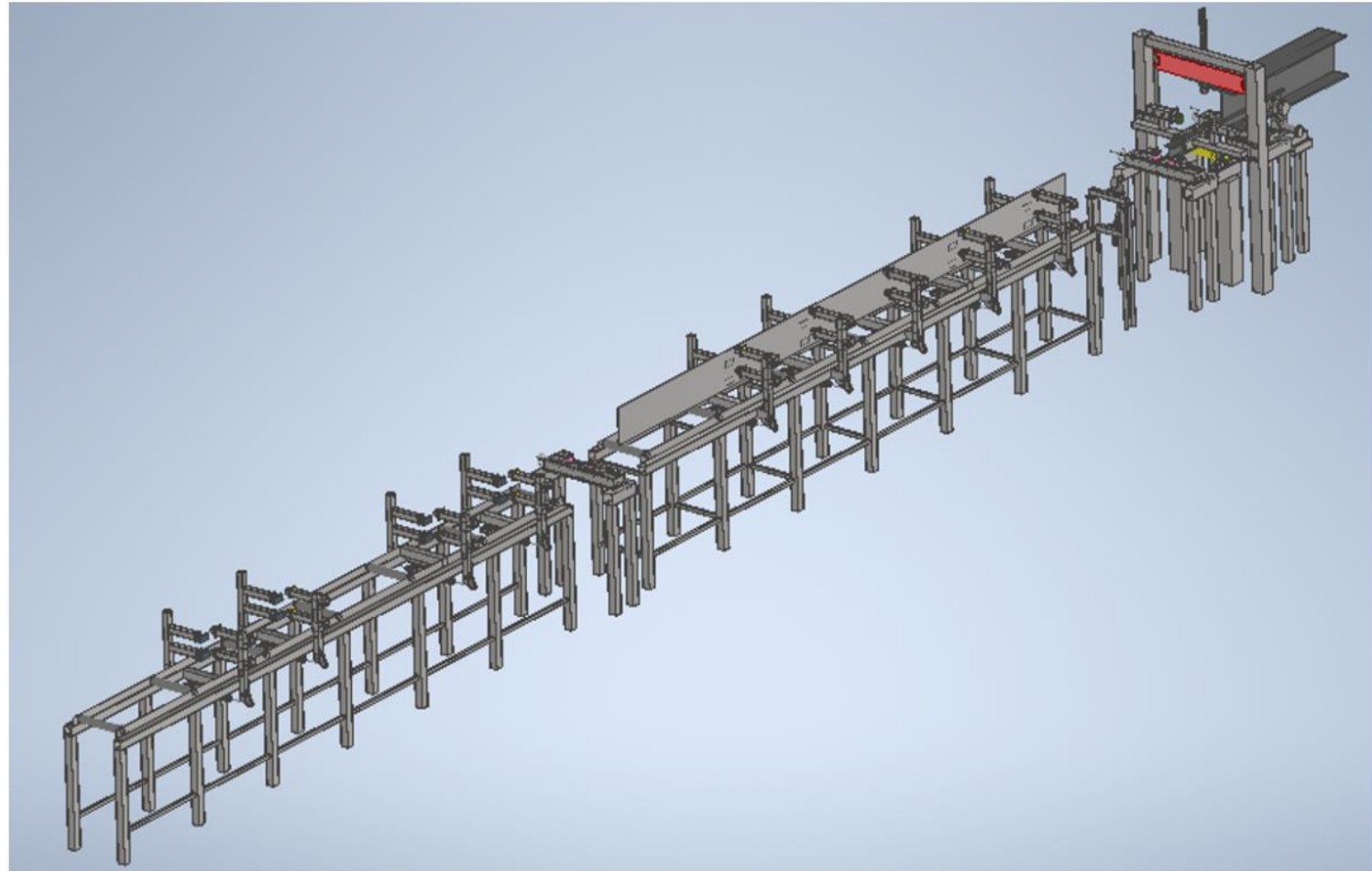
Posición 2F, alma vertical



Alternativa 1: Solución horizontal: Posición 2F, alma horizontal



Alternativa 2: Solución vertical: Posición 2F, alma vertical



Análisis y selección de la mejor alternativa

Tabla resumen para la evaluación de criterios de las soluciones horizontal y vertical

N°	Criterio	Solución horizontal	Solución vertical
1	Costo (\$)	21904,44	10359,94
2	Mecanismos y equipos utilizados	67	56
3	Movimientos utilizados	20	15
4	Elección específica de SEDEMI	1	0

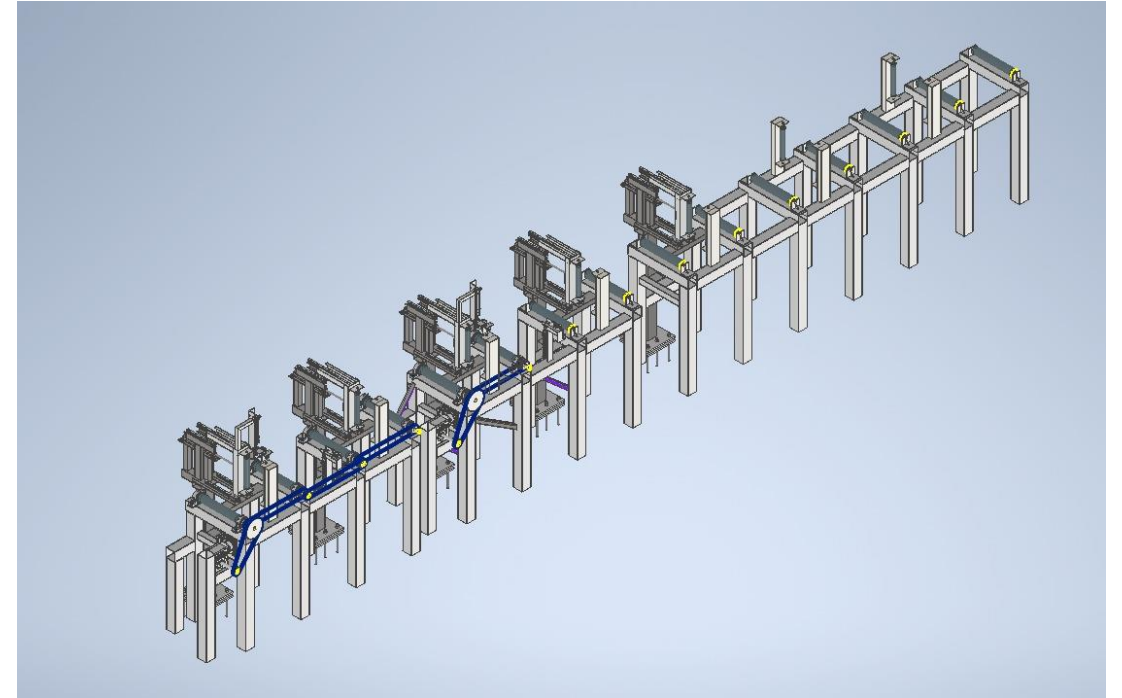
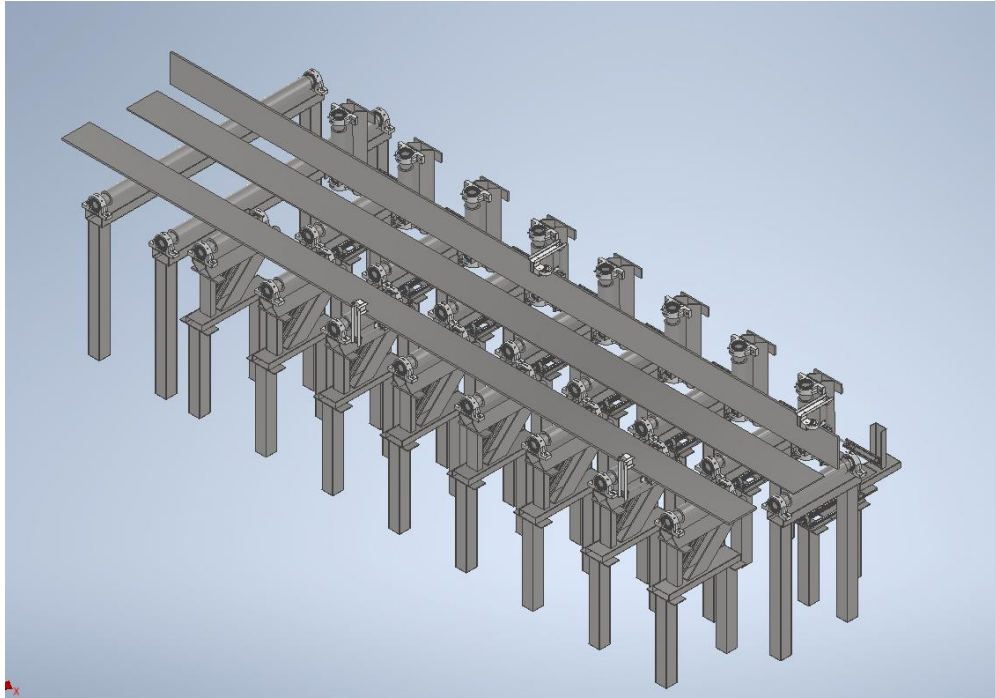
Matriz de resultados

Criterio	Costo	Mecanismos utilizados	Movimientos	Elección específica de SEDEMI	Total	Porcentaje	Posiciones
Alternativas Porcentaje	28 %	12 %	18 %	42 %			
Solución horizontal	3	3	3	9	6	55 %	1
Solución vertical	7	7	7	1	5	45 %	2
				Total	60	100 %	

Fuente. Propia

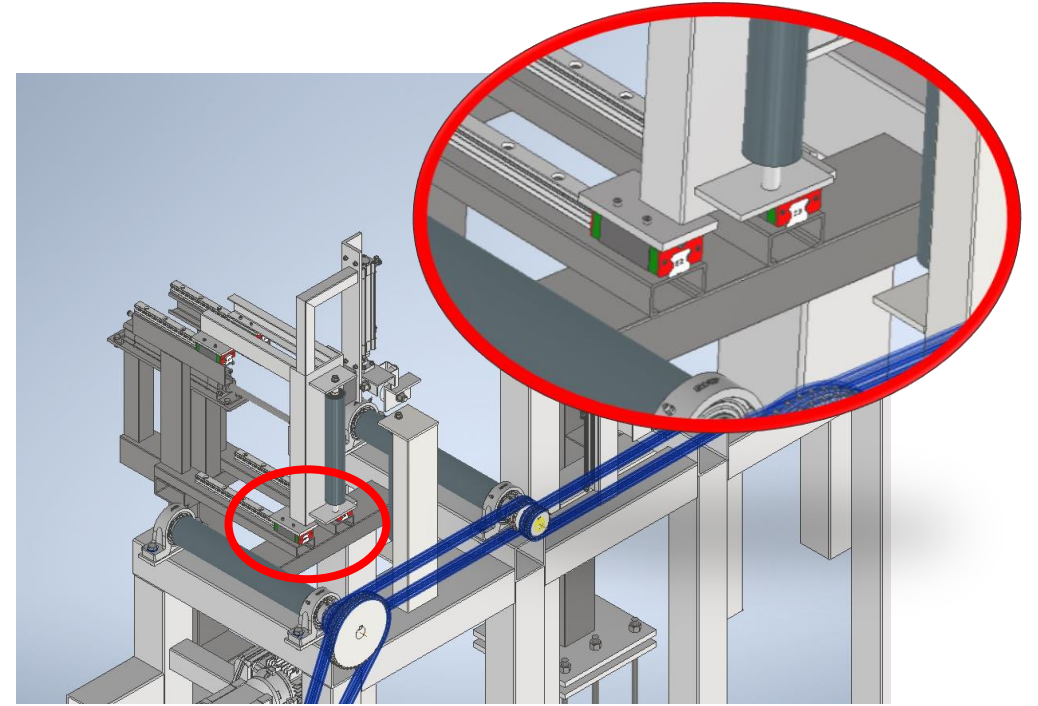
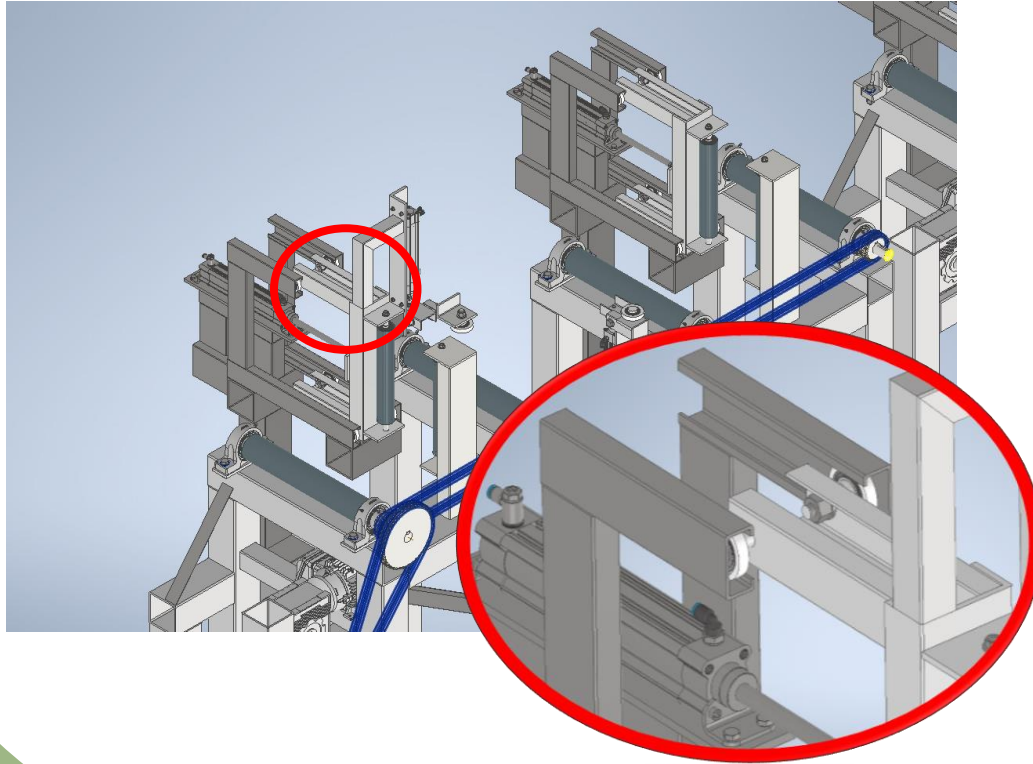
Fases de diseño

Diseño conceptual zona de armado



Fases de diseño

Diseño conceptual sistema de presión de patines



Diseño detallado

Nota: Los materiales seleccionados para el diseño provienen de la disponibilidad de la empresa. La empresa solicita que se utilicen los recursos disponibles en la bodega para el diseño.

Cargas requeridas del sistema:

$$V_{\text{patin}} = a_p \cdot e_p \cdot L$$

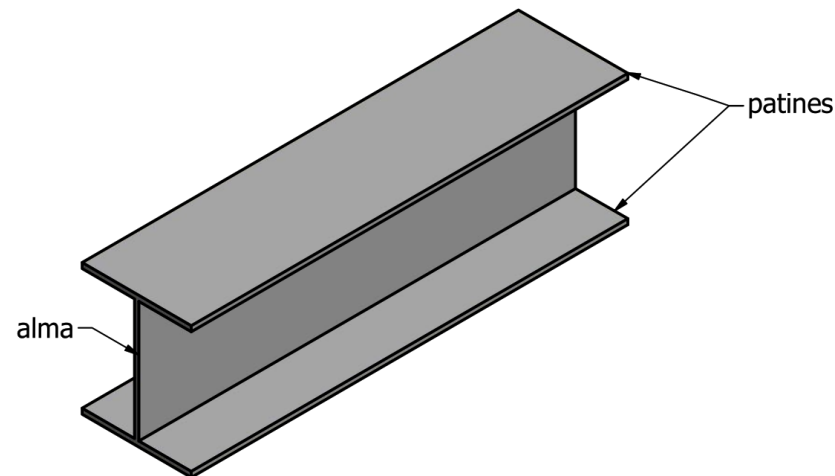
$$\rho_p = V_{\text{patin}} \cdot \rho_{\text{acero}}$$

$$\rho_p = 141,3 \text{ kgf} = 1385,68 \text{ N}$$

$$V_{\text{alma}} = a_a \cdot e_a \cdot L$$

$$\rho_a = V_{\text{alma}} \cdot \rho_{\text{acero}}$$

$$\rho_a = 129,996 \text{ kgf} = 1274,825 \text{ N}$$

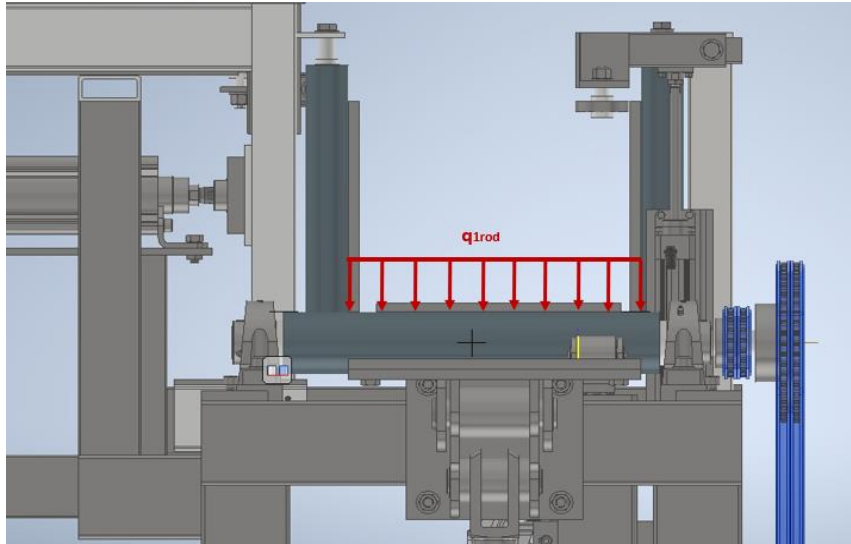
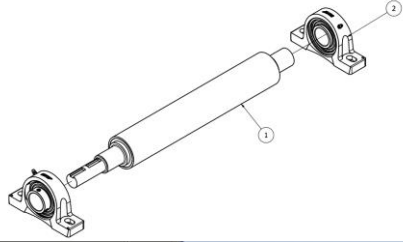


$$C_{\text{total}} = \rho_a + 2 \cdot \rho_p$$

$$C_{\text{total}} = 4046,185 \text{ N}$$

Diseño detallado

Diseño de rodillos motrices

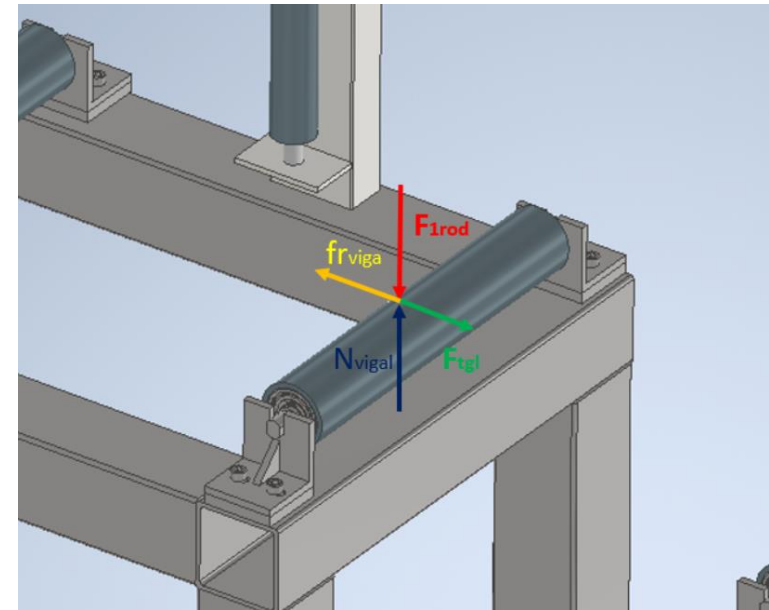
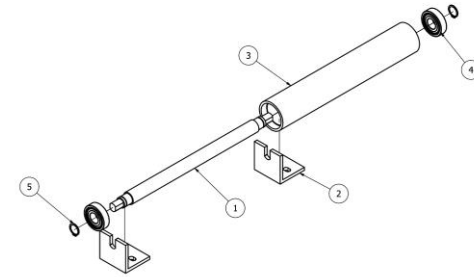


Memorias de cálculo en ejes y rodillos:

- Análisis estático
- Diseño a fatiga (Método ASME)
- Diseño por rigidez (Criterio de Wei Jiang)

$$Def_{max} = 0,0005 l$$

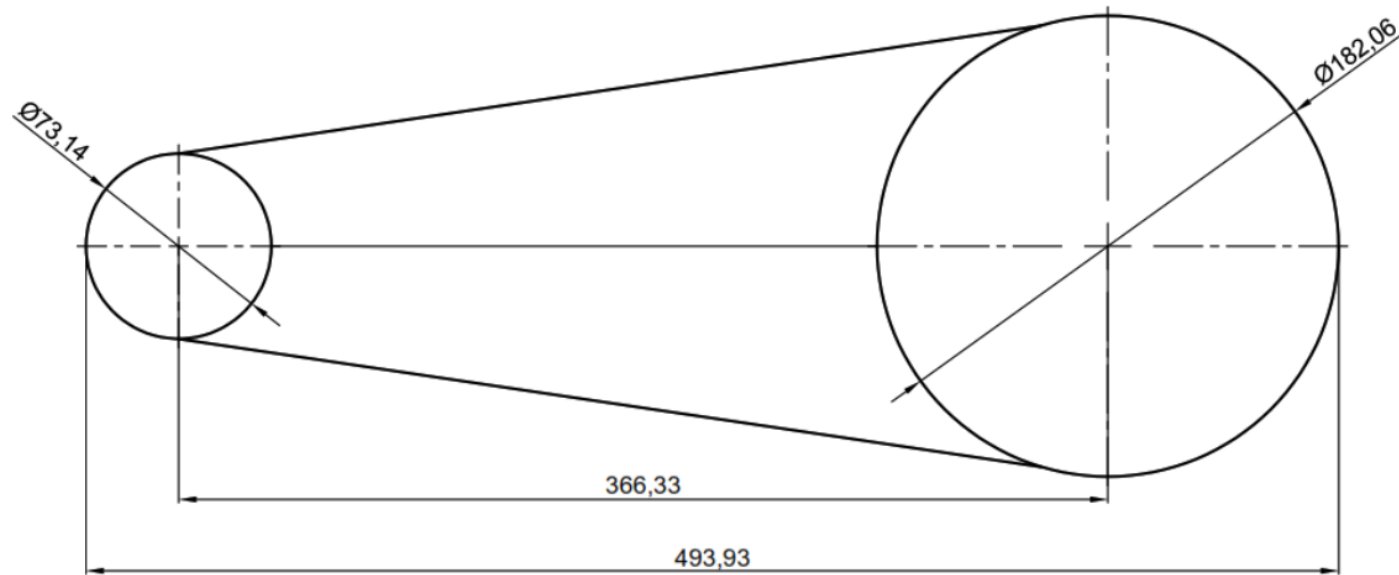
Diseño de rodillos locos



Diseño detallado

Selección de cadenas y catalinas para sistema de transmisión:

Solución del sistema de transmisión

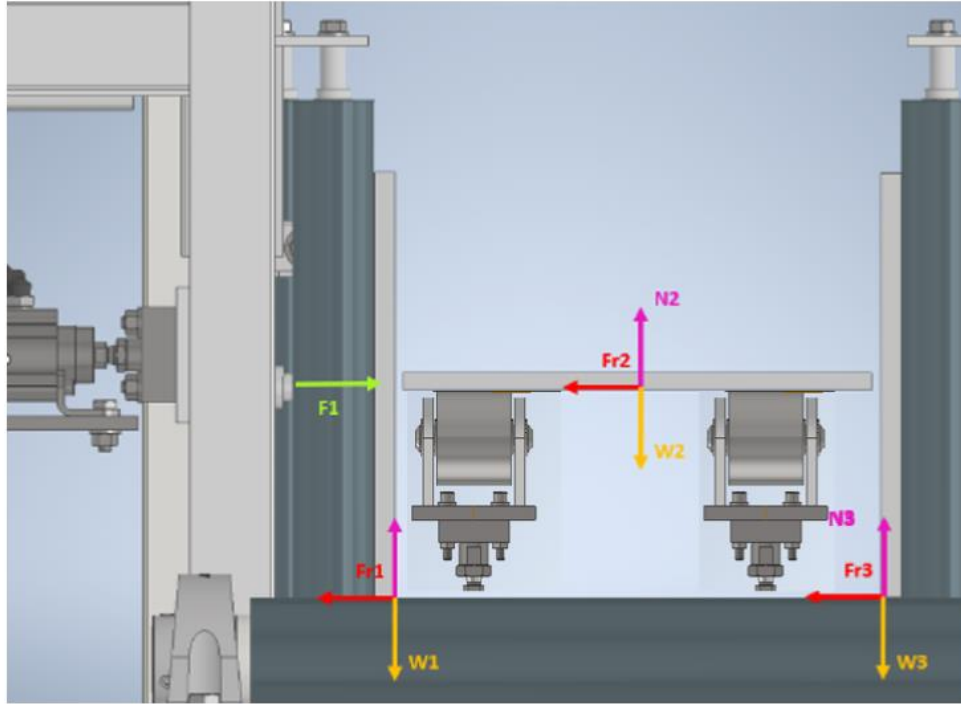


Memorias de cálculo en sistema de transmisión:

- Análisis de velocidades (Relación de transmisión).
- Determinación de número de dientes.
- Requisitos geométricos.
- Selección de cadena y catalinas en función de la disponibilidad local.

Diseño detallado

Selección de cilindros neumáticos:



Especificaciones del cilindro neumático seleccionado

Cilindro normalizado DSBC, ISO 15552

Hoja de datos

Función

Amortiguación elástica



Diámetro
32 ... 125 mm

Amortiguación PPV



Carrera
1 ... 2800 mm

Amortiguación PPS



www.festo.com



Especificaciones técnicas generales

Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Forma constructiva	Émbolo/vástago/camisa perfilada						
Modo de operación	De doble efecto						
Conexión neumática	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5	M27x2

Memorias de cálculo en cilindros neumáticos:

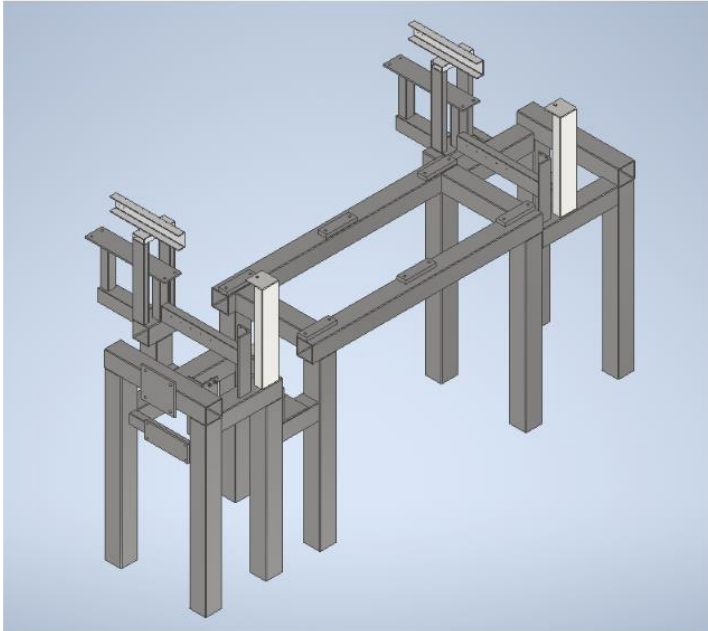
- Análisis estático.
- Velocidad de desplazamiento del vástago, carrera del cilindro.
- Determinación del diámetro del émbolo necesario.
- Verificación de pandeo.

$$F_{pandeo} \geq F_{compresión} \quad F_{pandeo} = \frac{\pi^2 * E * I}{L_p^2 * F.S.}$$

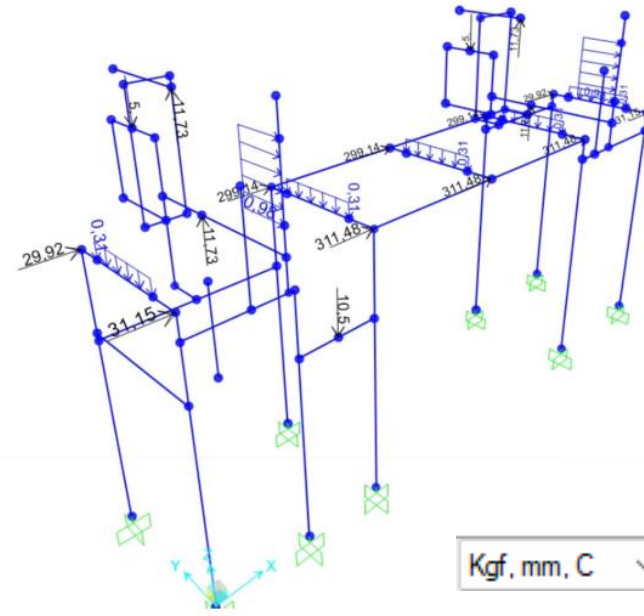
Diseño detallado

Diseño de bastidores:

Diseño geométrico del bastidor de la zona de transporte y armado



Cargas sobre la estructura de la zona de transporte



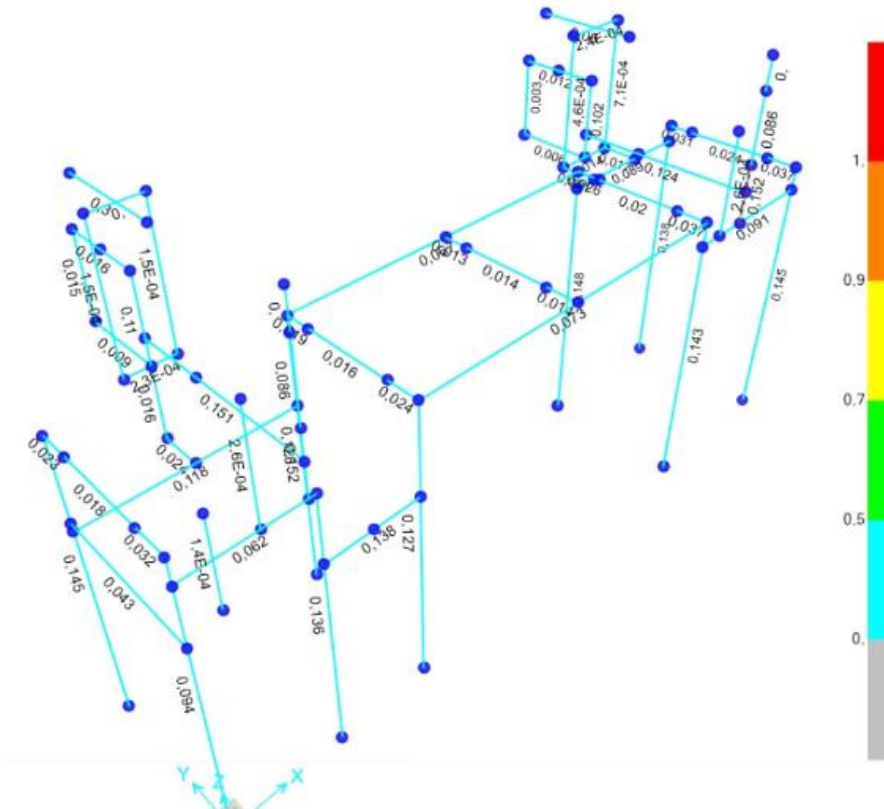
Criterios de diseño:

- Diseño geométrico (ausencia de interferencias, facilidad de conexión de elementos).
- Verificación de demanda capacidad.
- Chequeo de deflexiones (serviciabilidad), Criterio de Mott ($0,0175$ longitud/longitud de viga).
- Chequeo de periodos de vibración.
- Uso de normas y estándares como AISC 360, NEC - SE - DS, NEC - SE - CG, NEC - SE - AC.

Simulación de estructuras y elementos críticos

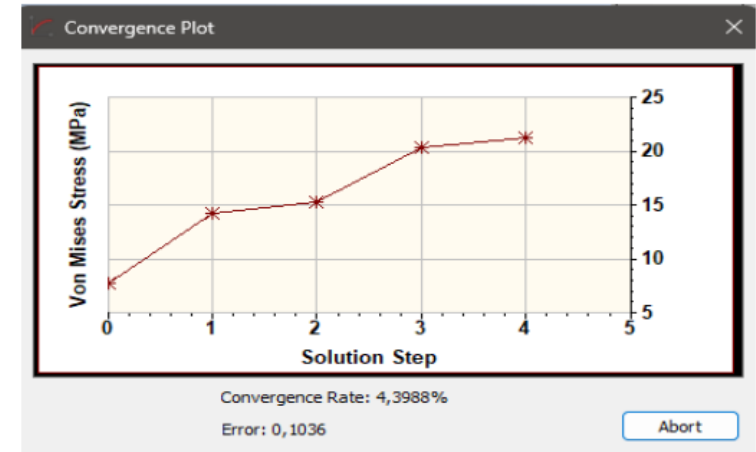
Simulación de estructuras:

Resultados de demanda/capacidad

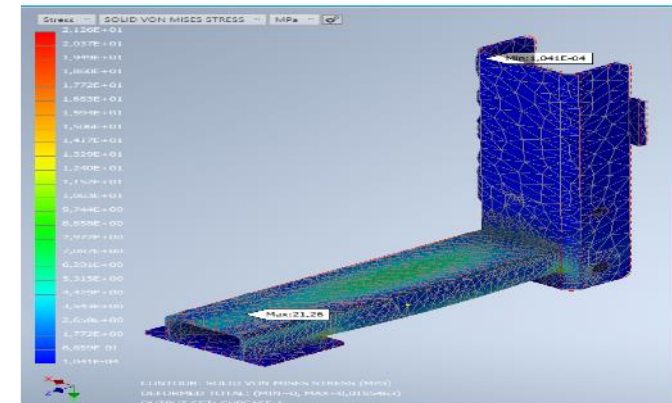


Simulación de elementos críticos:

Convergencia de la simulación



Esfuerzo de Von Misses



Diseño detallado

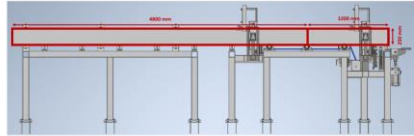
Área tributaria de patin para cálculo de la carga del patin sobre la rueda

Distancia de separación entre brazos

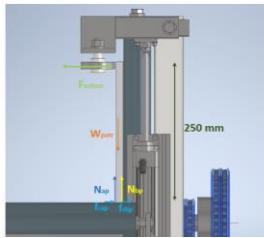
Distribución de áreas tributarias para los rodillos verticales de transporte

Figura 49

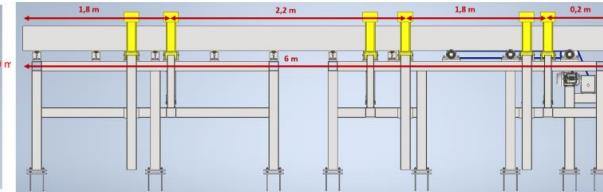
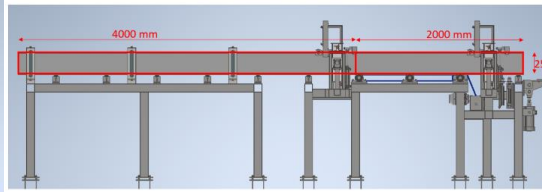
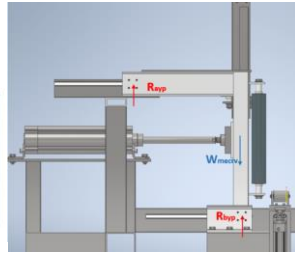
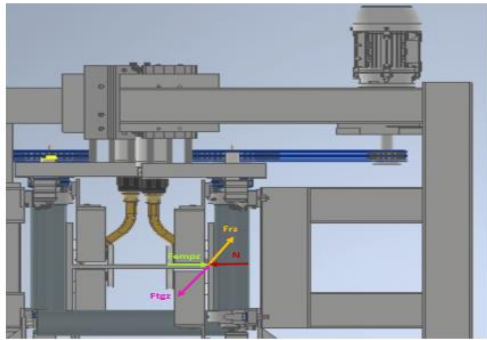
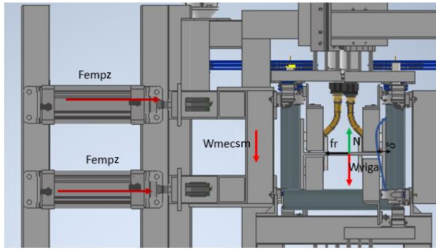
Distribución por áreas tributarias para los rodillos verticales



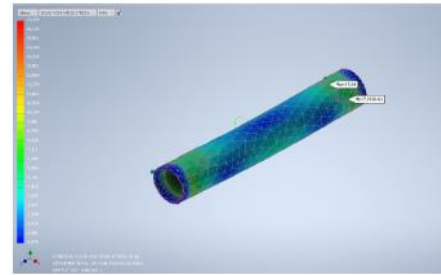
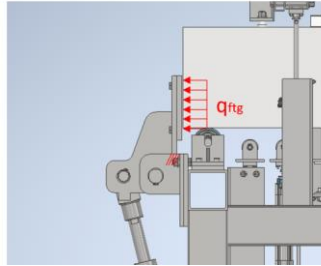
D.C.L. fuerza de volteo de patin



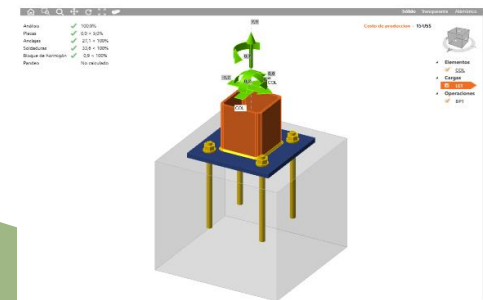
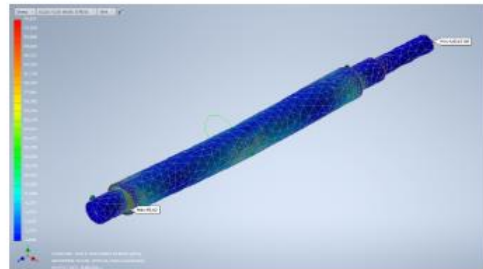
D.C.L. de la zona de soldadura



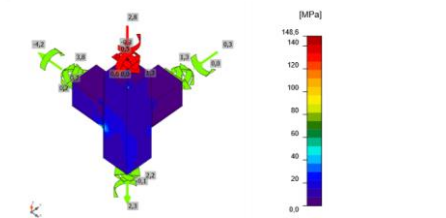
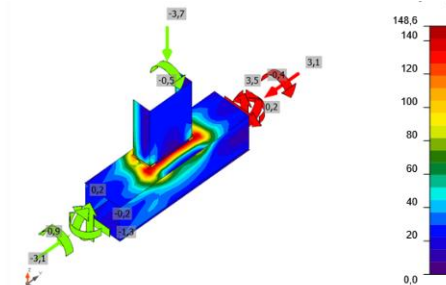
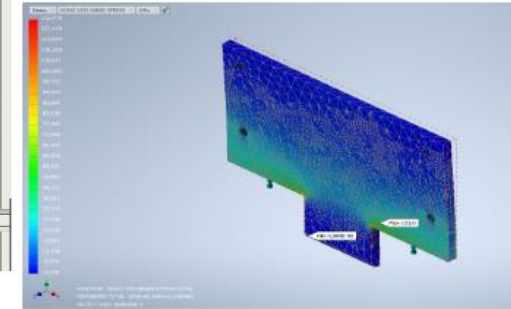
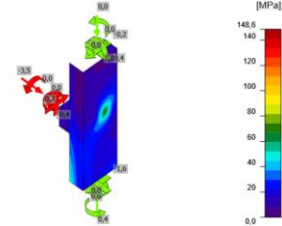
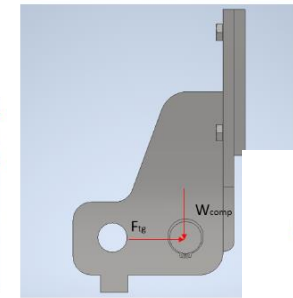
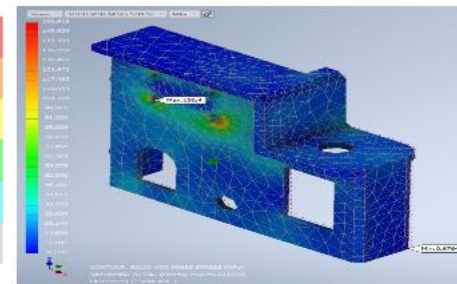
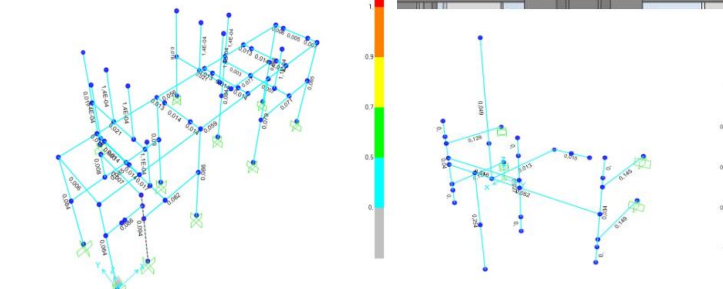
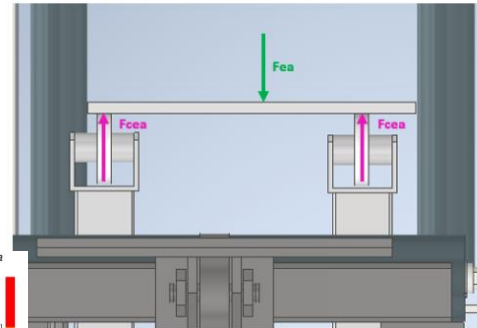
Caso 2: Análisis de compuerta



Resultados de demanda capacidad del bastidor de la zona de post-soldadura

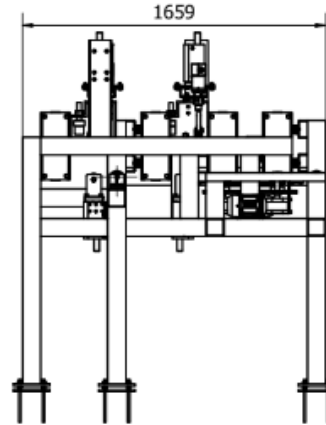


Reacciones del sistema elevador del alma

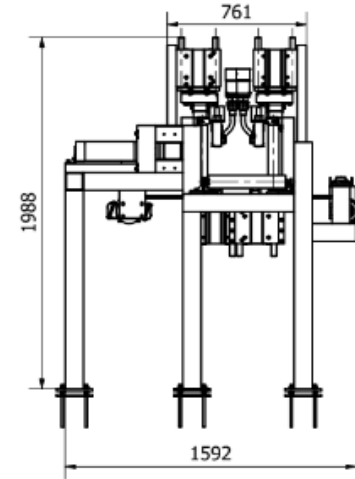


Planos generales

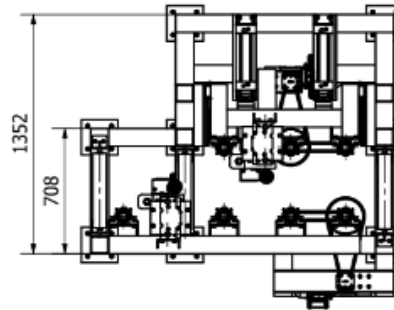
VISTA FRONTAL ZONA DE SOLDADURA



VISTA LATERAL ZONA DE SOLDADURA



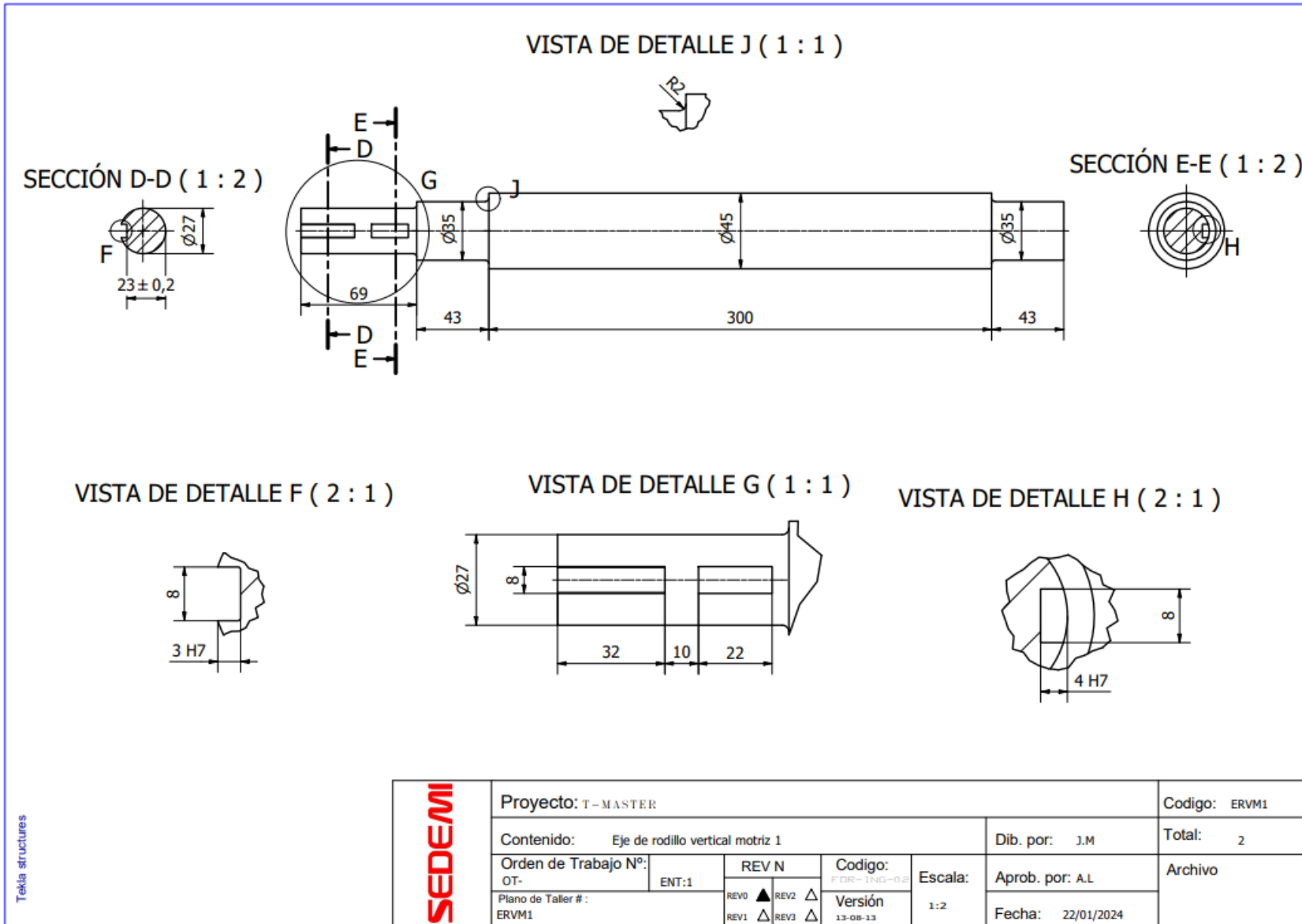
VISTA SUPERIOR ZONA DE SOLDADURA



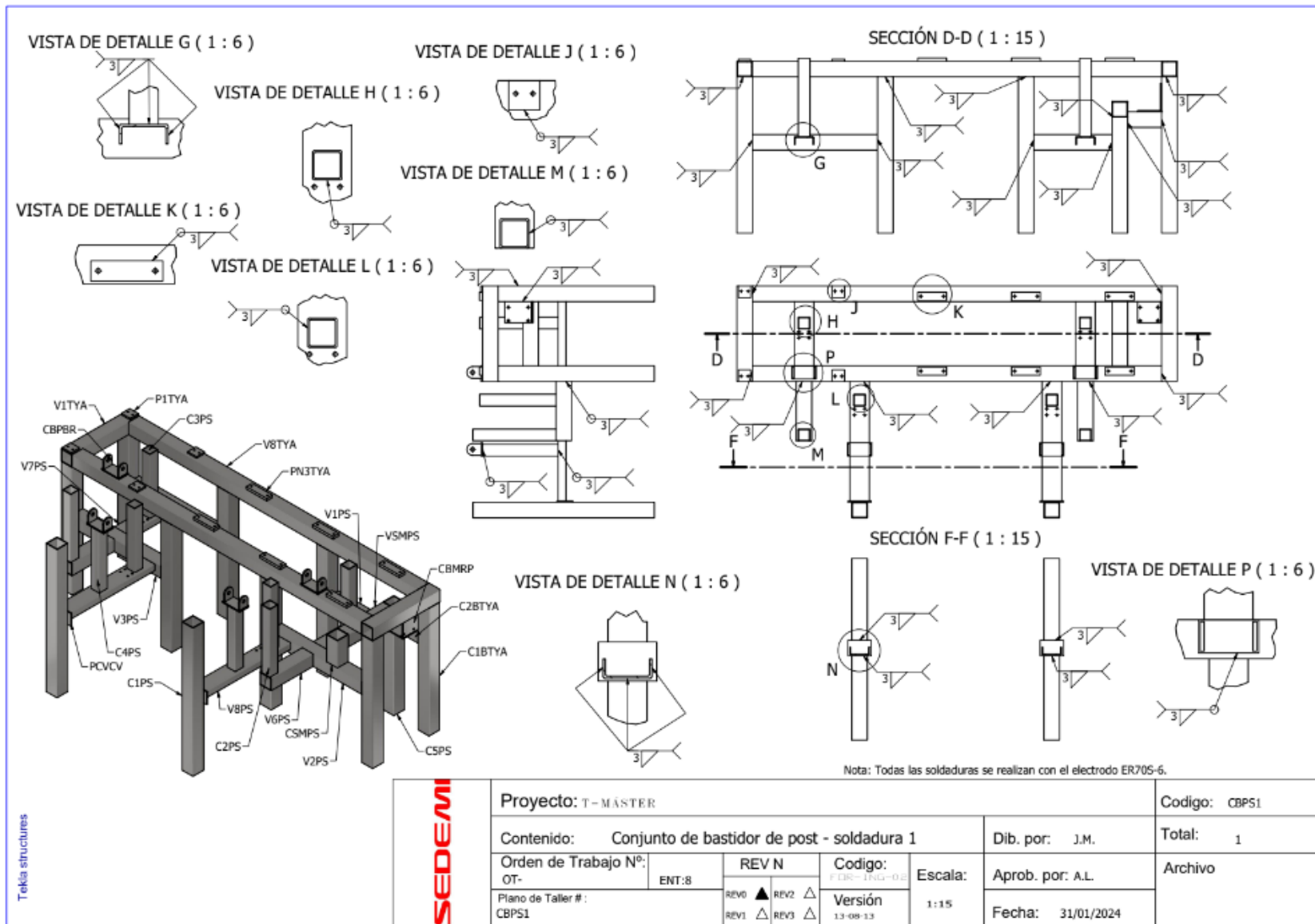
Tekia structures

SEDEMI	Proyecto: T-MASTER				Codigo: PZSTM2	
	Contenido: Plano general zona de soldadura 2				Dib. por: M.G.	
	Orden de Trabajo Nº: OT-ENT:1		REV N		Codigo: FDR-ING-02	
	Plano de Taller #: PZSTM2		REV0 ▲ REV2 △ REV1 △ REV3 △		Escala: 1:11 Aprob. por: A.L Fecha: 28/12/2023	
				Total: 1		
				Archivo		

Planos de elementos



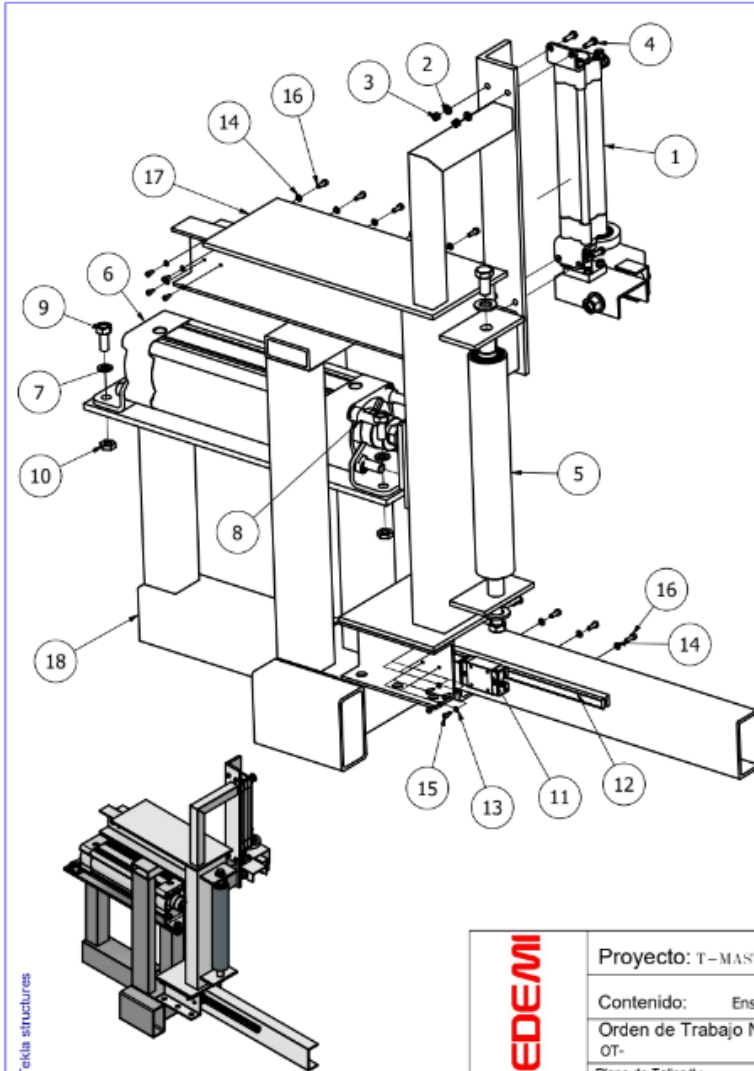
Planos de conjuntos y subconjuntos



Tekla structures

SEDEMI	Proyecto: T-MÁSTER				Código: CBPS1	
	Contenido: Conjunto de bastidor de post - soldadura 1			Dib. por: J.M.	Total: 1	
	Orden de Trabajo N°: OT-ENT:8	REV N	Código: FCB-PLG-0.8	Escala:	Aprob. por: A.L.	Archivo
	Plano de Taller #: CBPS1	REV0 ▲ REV2 △ REV1 △ REV3 △	Versión 1.3-09-13	1:15	Fecha: 31/01/2024	

Planos de ensamblaje



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
1	1	Ensamble mecanismo de soporte de patines	EMSP
2	4	Arandela plana	ANSI B18.22.1 - Nº 12
3	4	Tuerca hexagonal	ANSI B18.2.4.2M - M5x0,8
4	4	Pernos cabeza hexagonal	AS 1110 - M5 x 16
5	1	Ensamble rodillo vertical zona de transporte y armado	ERVTA
6	1	Cilindro neumático	DSBC 08103
7	4	Arandela plana	AS 1237 - 10
8	4	Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 912 - M12 x 30
9	4	Tornillos métricos	AS 1427 - M10 x 25(7)
10	4	Tuerca hexagonal	AS 1474 - M10(1)
11	2	Patín Hiwin	HGL15CA1T350Z0H
12	2	Riel Hiwin	HGL15CA1T350Z0H
13	8	Arandela plana	AS 1237 - 3
14	11	Arandela plana	AS 1237 - 4
15	8	Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 912 - M3 x 8
16	11	Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 912 - M4 x 12
17	1	Conjunto bastidor móvil transporte y armado	CBMTA
18	1	Conjunto bastidor fijo transporte y armado	CBFTA

Tekla structures

SEDEMI

Proyecto: T-MASTER

Codigo: EPPTA

Contenido: Ensamble presionador de patines zona de transporte y armado

Dib. por: M.G.

Total: 2

Orden de Trabajo Nº:
OT-

ENT:1

REV N

Codigo:
FOR-150-00

Escala:

Aprob. por: A.L

Archivo

Plano de Taller #:
EPPTA

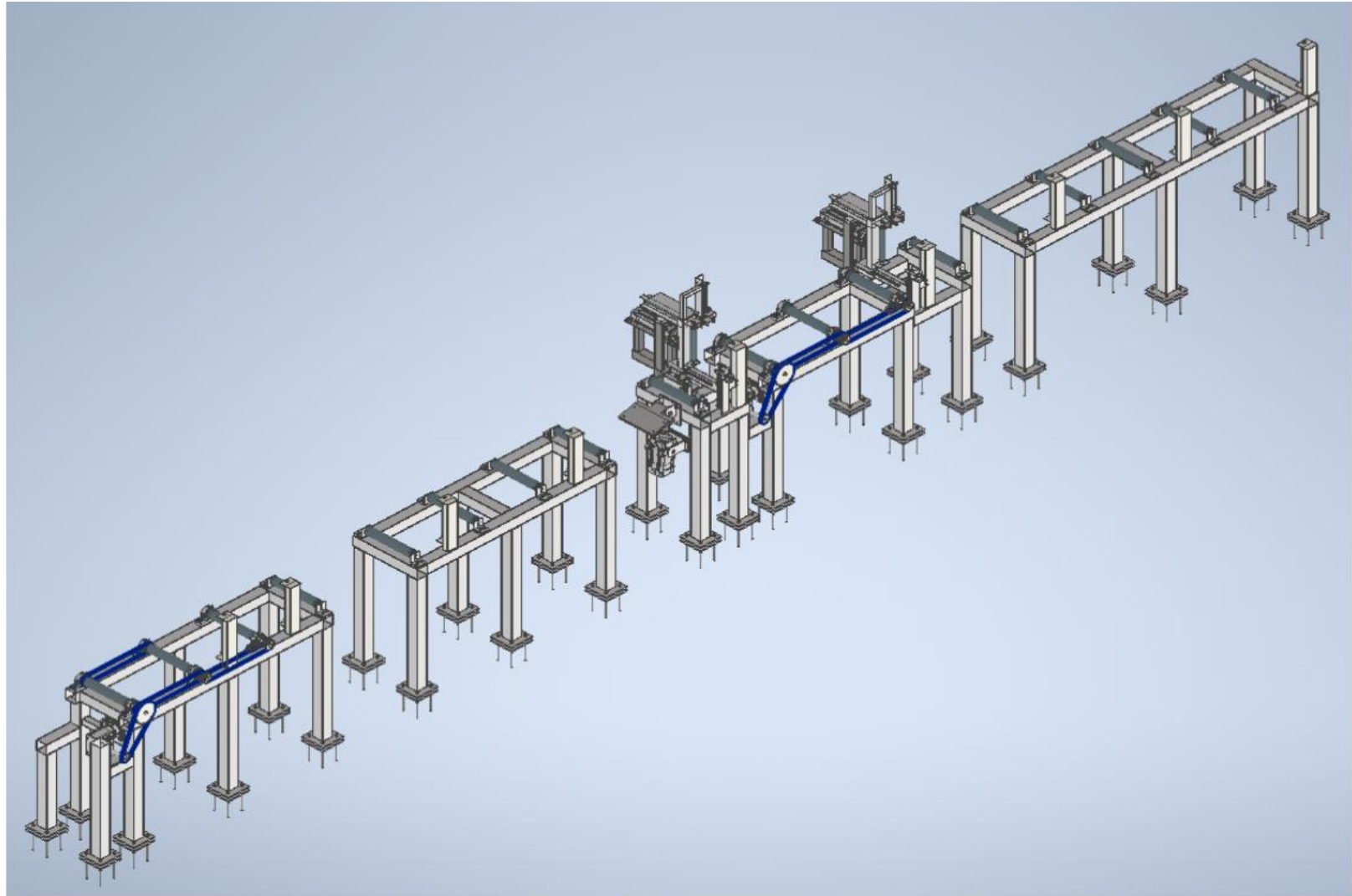
REV0 ▲ REV2 △
REV1 △ REV3 △

Versión
13-08-13

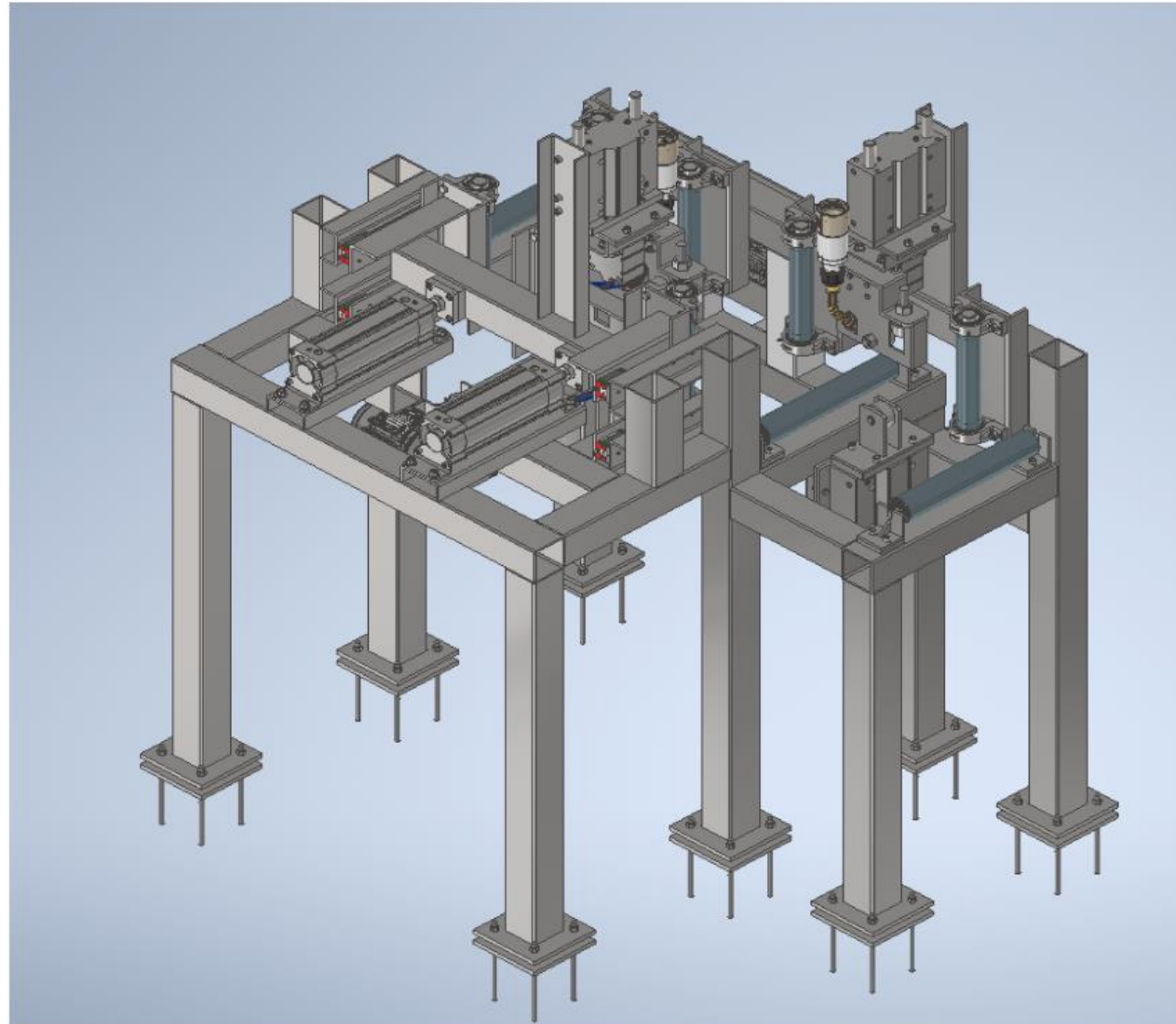
1:5

Fecha: 25/01/2024

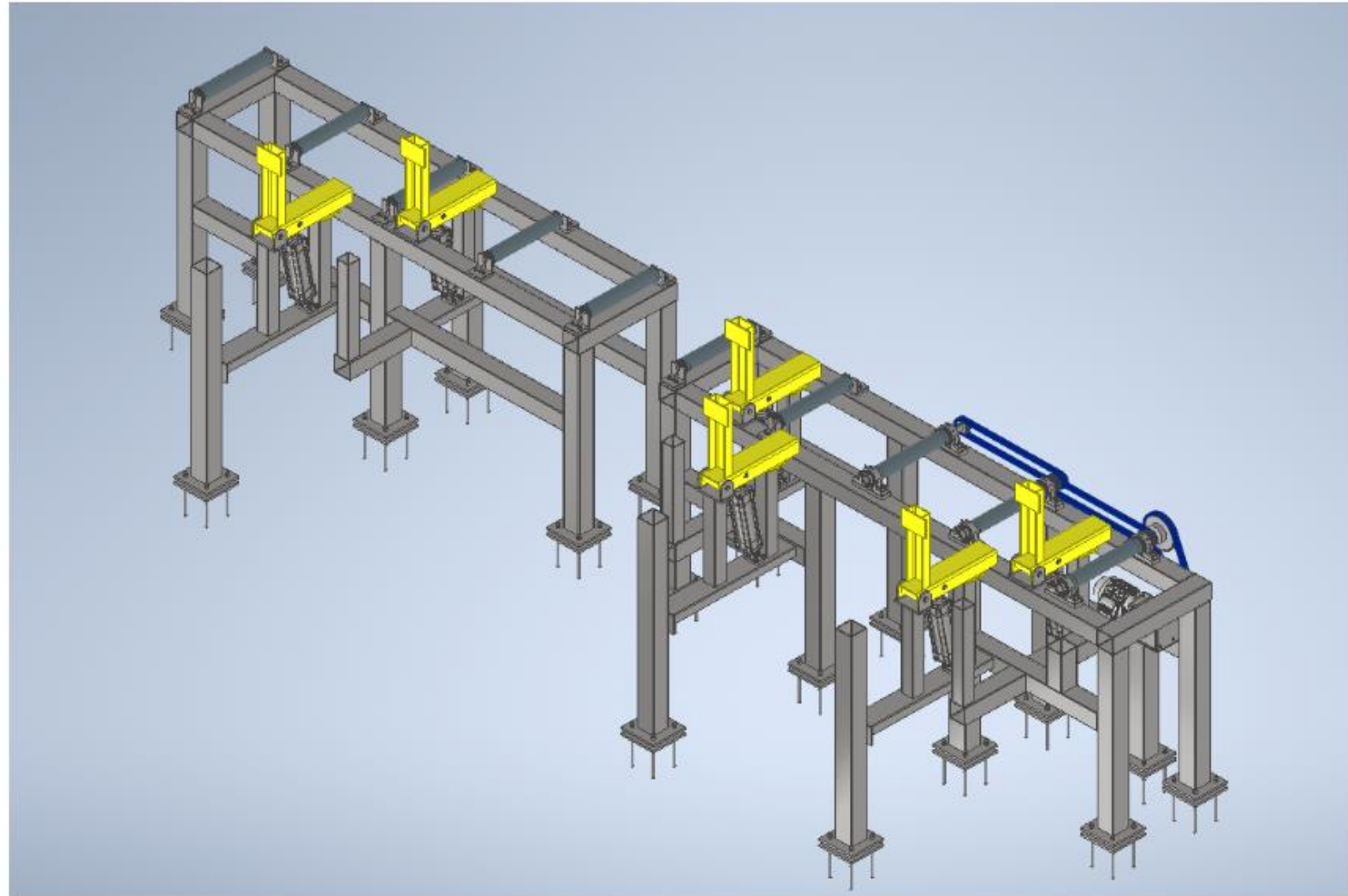
Resultados de la zona de transporte y armado



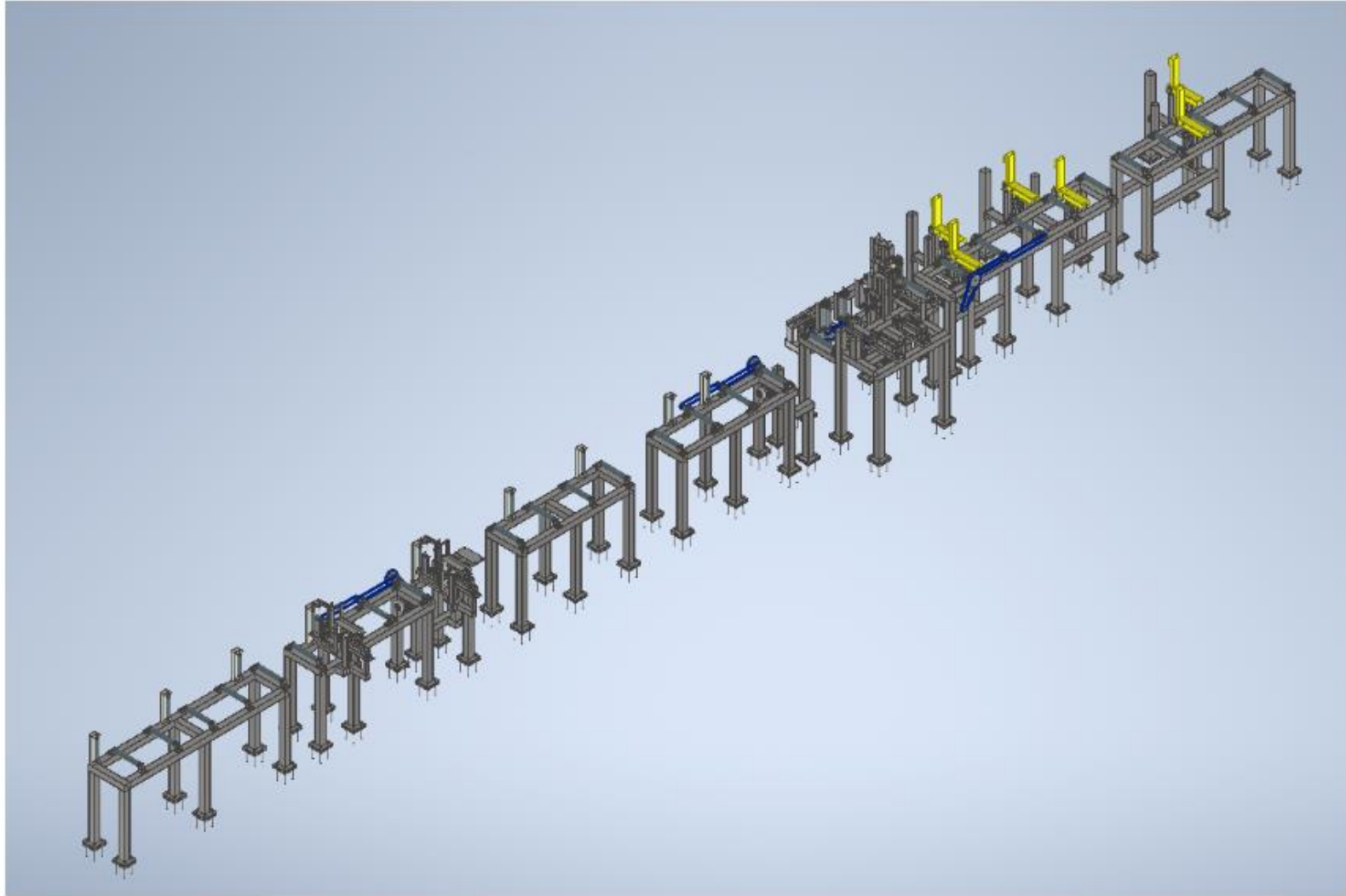
Resultados de la zona de soldadura

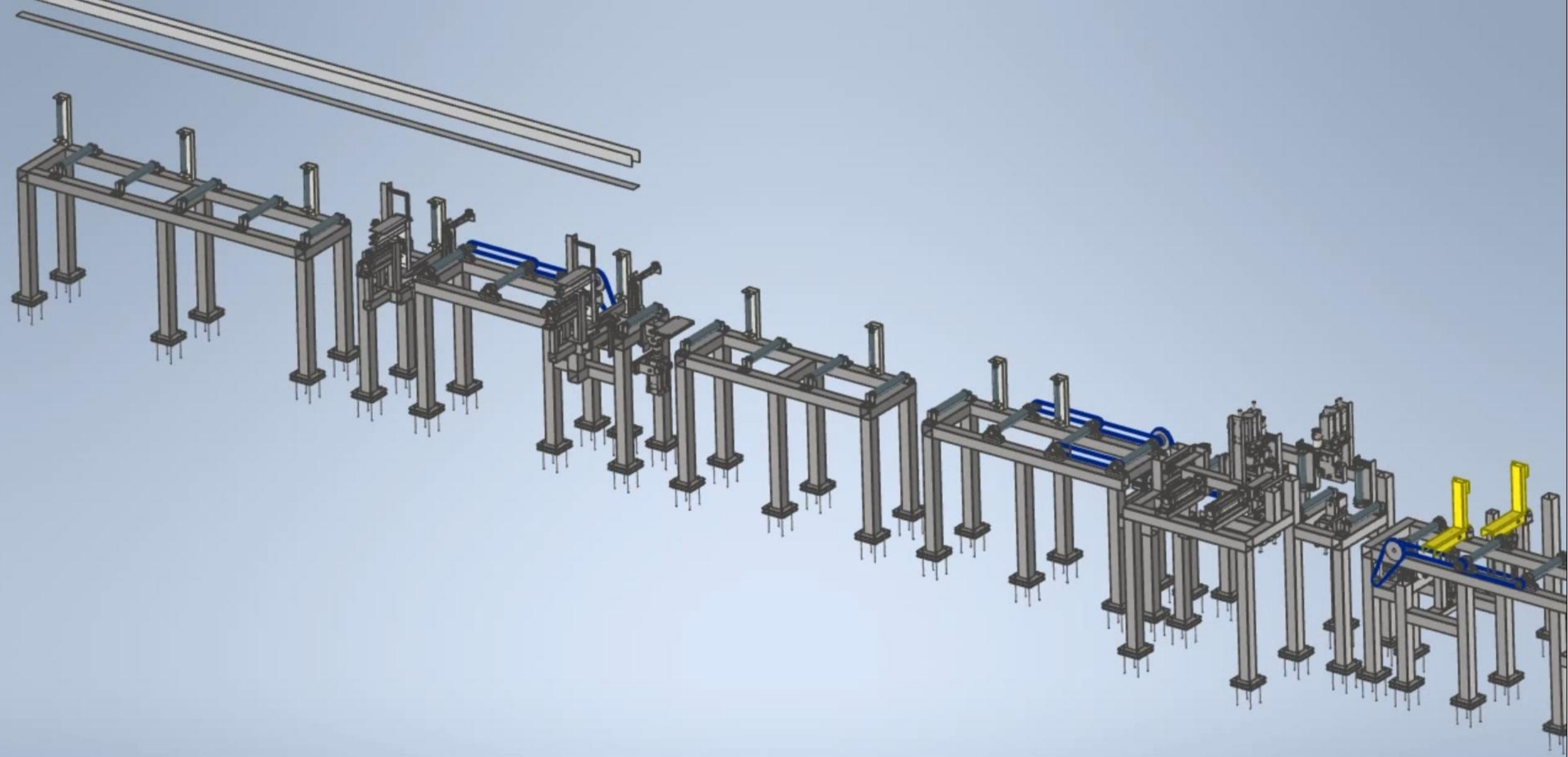


Resultados de la zona de post - soldadura



Solución Total





Costo aproximado

$$\text{Costo} = \frac{\text{Costo}}{\text{kg}} \cdot \text{Peso}_{\text{aprox}}$$

$$\text{Costo} = 1.90 \frac{\$}{\text{Kg}} \cdot 5109,356 \text{ Kg}$$

$$\text{Costo} = 9707,78\$$$

Costos de elementos y equipos comprados

Costos de elementos y equipos comprados

Elemento/Equipo	Costo Total (\$)
Motores y reductores	1783,85
Cadenas y piñones	1149,30
Rieles y patines Hiwin	1109,74
Pernos, tuercas, arandelas y tornillos	315,67
Rodamientos	2815,10
Cilindros neumáticos y accesorios	18541,81
Compresor, tanque de almacenamiento y filtro	725,60
Costo total	26441,07

Fuente. Propia

Costo detallado de los elementos que se fabricarán

Costos de elementos que se fabricarán

Elemento	Costo Total (\$)
Ejes	1250,00
Rodillos cedulados	412,50
Bastidores de la zona de transporte y armado	3589,80
Bastidores de la zona de soldadura	2147,00
Bastidores de zona de post - soldadura	1520,00
Placas de soporte y unión	372,98
Perfiles con desarrollo	415,50
Costo total	9707,78

Fuente. Propia

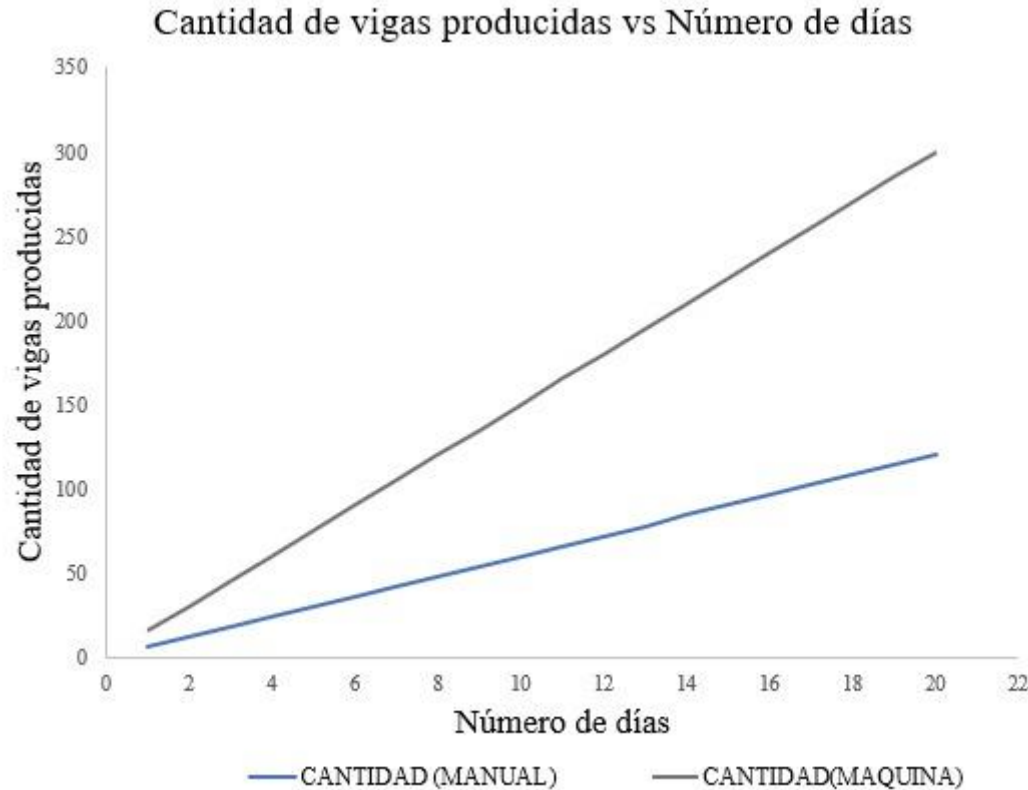
Costo Total

Costos total

Descripción	Costo (\$)
Elementos que se fabrican	9707,78
Elementos y equipos comprados	26441,07
COSTO TOTAL	36148,85

Fuente. Propia

Análisis de productividad



Productividad en función del tiempo

Proceso manual

$$\text{Productividad}_{t_{\text{manual}}} = \frac{6}{8} = 0,75 \text{ vigas por hora}$$

Proceso semiautomático con la solución desarrollada

$$\text{Productividad}_{t_{\text{semi}}} = \frac{16}{8} = 2 \text{ vigas por hora}$$

Productividad en función de la mano de obra

Proceso manual

La productividad de un empleado en el proceso manual es:

$$\text{Productividad}_{m_{\text{manual}}} = \frac{6}{8} = 0,75 \text{ vigas por día}$$

Proceso semiautomático con la solución desarrollada

La productividad de un empleado en el proceso semiautomático es:

$$\text{Productividad}_{m_{\text{semi}}} = \frac{16}{4} = 4 \text{ vigas por día}$$

Carta de conformidad de la empresa

SEDEMI

Quito, 29 de diciembre del 2023

Jaime Echeverría

Director de la Carrera de Ingeniería Mecánica

Presente

Estimado Jaime:

Por medio de la presente, yo, Alexander Loya, con cédula de identidad 1715188569, dejo en constancia que el señor Jossue Sebastián Molina Cárdenas, con cédula de identidad 1750179523 y la señorita Marcela Rubí Gallardo Pavón, con cédula de identidad 1750435792, estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica, han desarrollado el "Diseño mecánico y simulación computacional de un sistema de armado de vigas tipo H con proceso de soldadura GMAW para la empresa SEDEMI SCC" conforme a las necesidades y requerimientos solicitados por la empresa.

Atentamente:



Alexander Loya

Jefe Senior de Planificación y Producción

+593 983 309 255

alexander_loya@sedemi.com

Conclusiones

- Se diseñó y simuló una máquina para armado de vigas tipo H mediante el proceso de soldadura GMAW, en la cual se puede colocar patines de longitudes de ancho variables, abarcando desde 100 mm hasta 250 mm, y espesores que varíen entre 6 mm y 12 mm. Asimismo, puede trabajar con almas de longitudes de ancho variables, abarcando desde 88 mm hasta 276 mm, con espesores que varían entre 3 mm y 10 mm. Este diseño logró alcanzar una capacidad de producción de 16 vigas diarias, superando así el número de vigas establecido en el objetivo general.
- La solución del sistema de armado de vigas tipo H obtenida satisface todos los requisitos establecidos por la empresa SEDEMI SCC. Mediante un análisis de las alternativas, se logró identificar la opción más adecuada, que se ajusta a los requerimientos de producción de la empresa: posición 2F con el alma en posición horizontal.
- Se elaboraron planos detallados de elementos, conjunto, subconjunto, soldadura y ensamblaje de los elementos estructurales y mecánicos de la máquina. Estos planos proporcionan una guía clara y precisa para la futura construcción de la máquina.
- Se realizó el presupuesto aproximado de la máquina, basándose en cotizaciones de proveedores locales y en un costo comercial aproximado de los elementos a fabricar. El resultado reveló un costo total de 36,148.85 dólares para la fabricación y montaje de los componentes mecánicos, indicando que se trata de un presupuesto adecuado y altamente competitivo en comparación con máquinas similares ofrecidas por proveedores internacionales.

Recomendaciones

- Las láminas de acero que ingresen a la máquina deben tener medidas uniformes y estar alineadas, ya que este requisito es fundamental para garantizar la calidad de las vigas obtenidas.
- Proporcionar una capacitación adecuada al personal encargado de operar y mantener la máquina, destacando las prácticas seguras y los procedimientos detallados en la simulación final del sistema.
- Implementar un sistema de control para la máquina, centrado en la automatización de procesos clave. La incorporación de tecnologías avanzadas de control garantizará una producción más precisa y estable.

**¡MUCHAS
GRACIAS!**

