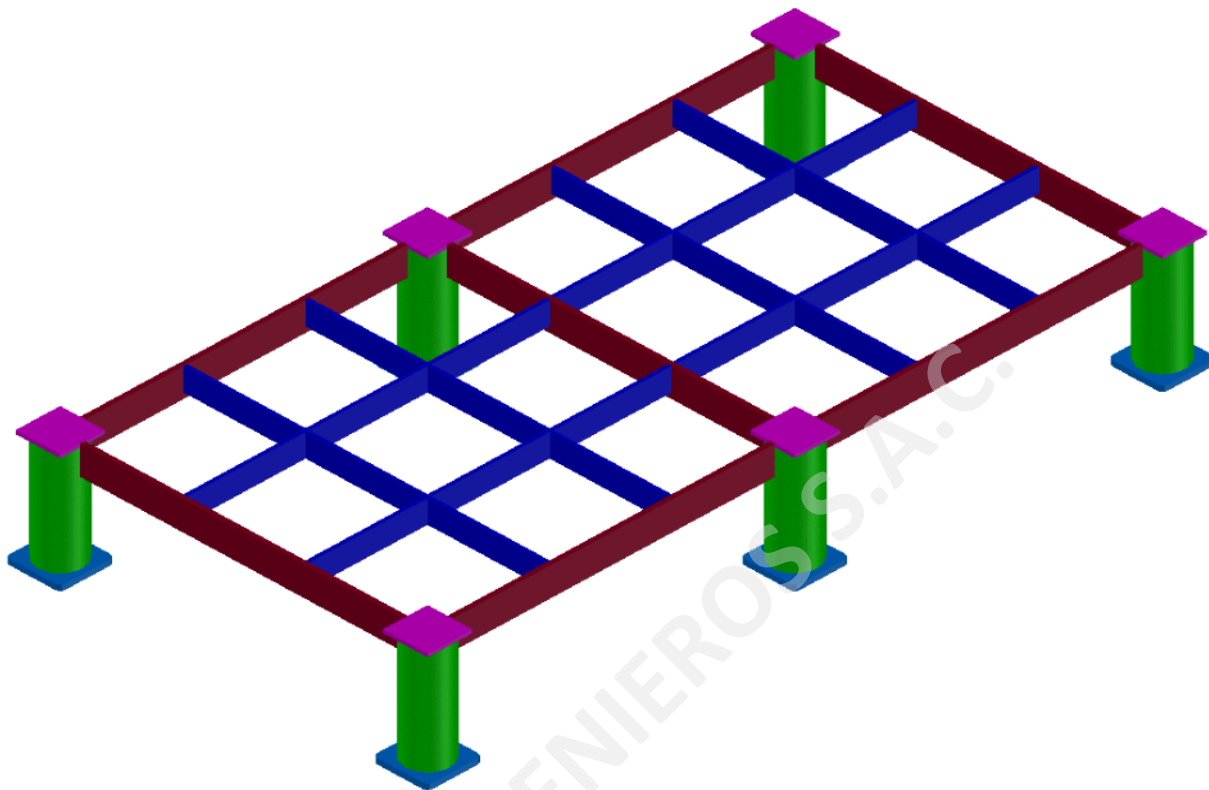


Anexo N°6
Memoria de Cálculo Parihuela (Rev. D)

TAMA INGENIEROS S.A.C.



PARIHUELAS METÁLICAS

ELEMENTOS FINITOS

CLIENTE: TAMA INGENIEROS S.A.C.

OC: INTERNA

Aprobado por : J.M.		Fecha: 25/04/2024	Firma:	
Revisado por : J.M.		Fecha: 23/04/2024	Firma:	
Preparado por : O.C.		Fecha: 22/04/2024	Firma:	
D	Emitido para aprobación - se actualiza peraltes de vigas "V"	J.M.	25/04/2024	
C	Emitido para aprobación	J.M.	20/03/2024	
B	Emitido para aprobación	J.M.	20/03/2024	
A	Emitido para revisión interna	J.M.	20/03/2024	
Nº	Revisiones	Por	Fecha	
CALCULO No. MC-T-CT-003-24		REVISION No. D	FECHA. 25/04/2024	

ÍNDICE

1.-	General	3
	1.1 Objetivo	
	1.2 Códigos y estandares	
	1.3 Referencias	
	1.4 Consideraciones para el diseño	
	1.5 Materiales	
	1.6 Criterio de diseño por metodo de elementos finitos	
2.-	Diseño por método de elementos finitos	5
3.-	Diseño por método de elementos finitos (Parihuela E1)	6
	3.1 Simulación de la parihuela metálica	
4.-	Diseño por método de elementos finitos (Parihuela E2)	8
	4.1 Simulación de la parihuela metálica	
5	Conclusiones	10
6	Recomendaciones	10
7	Anexos	10

CALCULO No.

MC-T-CT-003-24

REVISION No.

D

FECHA.

25/04/2024

1.- DESCRIPCION GENERAL

1.1 OBJETIVO.

- Diseñar y calcular las parihuelas metálicas para la validacion de los elementos estructurales y optimizacion de material (el comportamiento estructural de la parihuela metálica) , brindando seguridad para sus condiciones operativas. Calculado mediante elementos finitos FEA.
- El programa Solidworks Simulation 2022 fue utilizado para su validación

1.2 CODIGOS Y ESTANDARES.

ASTM *American Society for Testing and Materials*

1.3 REFERENCIAS.

- *) T-GI-F-21 Embalaje de metal actual
- *) T-GI-F-21 Embalaje de metal
- *) T-GI-F-21 Tipos de embalaje 10 casos
- *) Zacchei_Design of new modular metal pallets_ Experimental validation and life cycle analysis

1.4 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO.

Se tiene las siguientes consideraciones, tipos de Parihuelas:

DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO (Material)
E1	Para piezas livianas y semipesadas.	(Parihuela de acero)
E2	Para piezas pesadas	(Parihuela de acero)

1.5 MATERIALES.

- Planchas de acero en material ASTM A36 / ASTM A572 Gr.50 / ASTM A709 Gr.50

	Yield Point (min.)		Tensile Strength (min.)	
	ksi	Mpa	ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A572 Gr.50	50	345	65	450
ASTM A709 Gr.50	50	345	65	450

Fig. 01: Propiedades de los materiales

CALCULO No.

MC-T-CT-003-24

REVISION No.

D

FECHA.

25/04/2024

1.6 CRITERIO DE DISEÑO POR METODO DE ELEMENTOS FINITOS

- El análisis considera una modelación mediante el software de elementos finitos SolidWorks Simulation
- El criterio de aprobación del análisis estructural del Soporte del contratorque estará basado en la tensión de Von Mises.
- Existen cuatro teorías sobre la falla o ruptura. A) Von Mises B) Tresca C) Mohr y D) Máximo normal.
- Los resultados experimentales indican que, de todas estas teorías sobre la ruptura, en los materiales dúctiles la que da resultados más adaptados a la realidad es la teoría de distorsión máxima de **Von Mises (criterio de diseño)**

Tensión de Von Mises

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles.

La tensión de Von Mises puede calcularse fácilmente a partir de las tensiones principales del tensor, tensión en un punto de un sólido deformable, mediante la expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

Siendo σ_1 , σ_2 , σ_3 , las tensiones principales y habiéndose obtenido la expresión a partir de la energía de distorsión en función de las tensiones principales:

$$E_{def, dist} = \frac{1}{6G} \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]$$

La tensión de Von Mises y el criterio de fallo elástico asociado debe su nombre a Richard Edler von Mises (1913) propuso que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasaba cierto valor. Sin embargo, el criterio fue claramente formulado con anterioridad por Maxwell en 1865 más tarde también Huber (1904), en un artículo en polaco anticipó hasta cierto punto la teoría de fallo de Von Mises. Por todo esto a veces se llama a la teoría de fallo elástico basada en la tensión de Von Mises como teoría de Maxwell-Huber-Hencky-von Mises y también teoría de fallo.

En consecuencia se prevé que ocurrirá la fluencia cuando:

$$\sigma_{VM} \geq \sigma_{Fluencia\ acero} \dots\dots (Criterio\ de\ Diseño)$$

CALCULO No.

MC-T-CT-003-24

REVISION No.

D

FECHA.

25/04/2024

2.- Diseño por Metodo de Elementos Finitos

2.1 Calculo de aplicación de fuerzas en la parihuela metálica

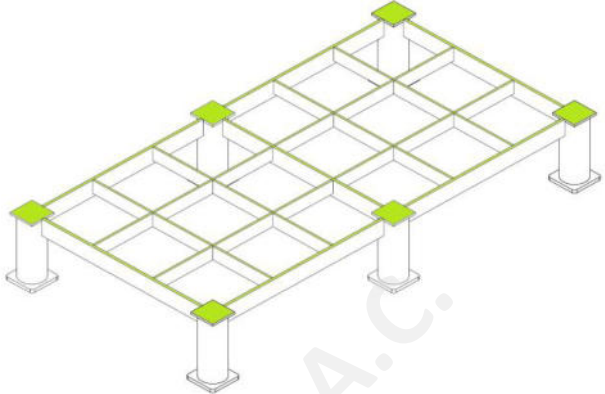
Dimensiones : Medidas generales y ubicación de cargas

La fuerza "F" se aplica depende del tipo de parihuela:

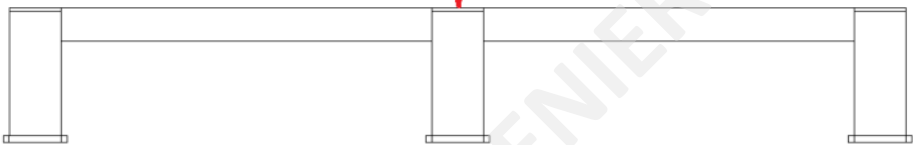
W=mg

Datos:

m = masa : Kg
g = gravedad : m/s²



LA FUERZA "F" QUE SE APLICA ES UNA CARGA DISTRIBUIDA.



Calculos :

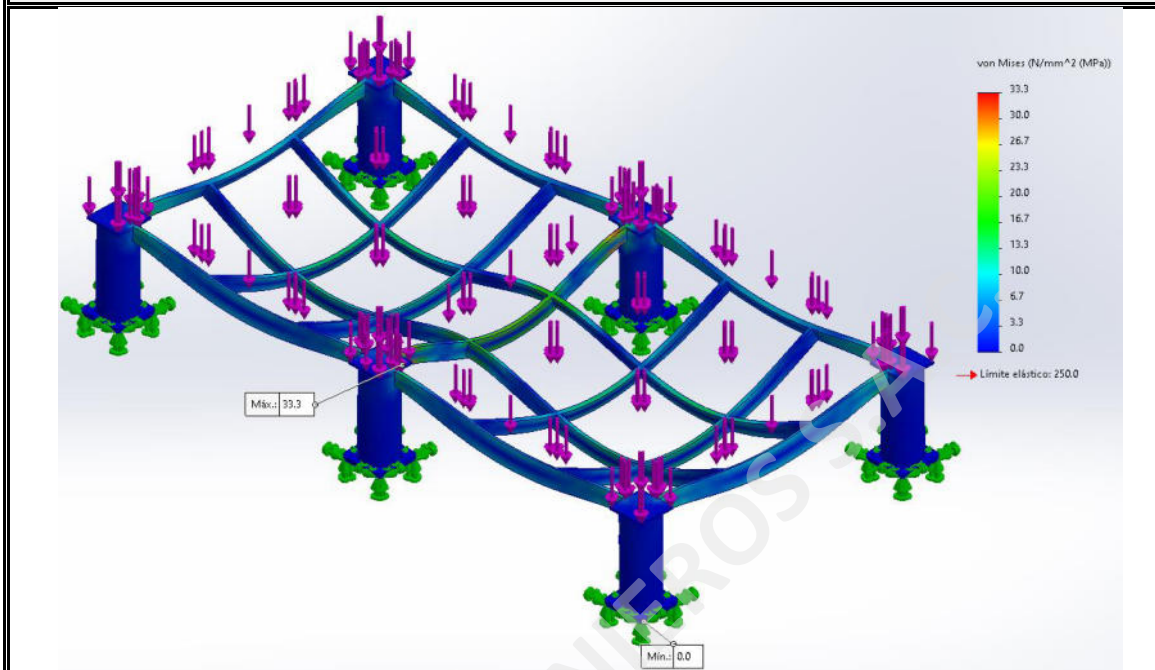
La fuerza "F" se aplica depende del tipo de parihuela, de acuerdo a la siguiente tabla:

PARIHUELAS METÁLICAS		CARGA MÁX.
LIVIANAS - SEMIPESADAS ≤ 500 Kg/m ²	E1	500 Kg/m ²
PESADAS (500-1200 Kg/m ²)	E2	1200 Kg/m ²

3.- Diseño por Metodo de Elementos Finitos (Parihuela E1)

3.1 Simulación de la parihuela metálica : Se considera la simulación en las condiciones mas críticas

Resultados : Tensiones de Von Mises



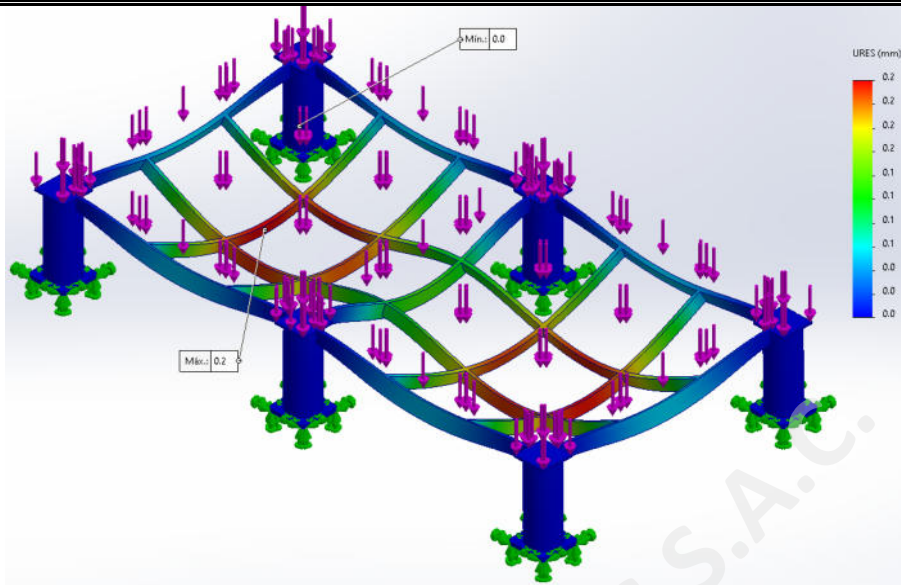
¡IMPORTANTE!

Se observa que se obtiene un Esfuerzo máx de 33.3 Mpa --->
Estando por debajo del Esfuerzo máx de Fluencia (Límite elástico) del material ASTM A36 (250 Mpa)

- Analisis estático 2* (-Predeterminado-)
 - Piezas
 - Conexiones
 - Interacciones entre componentes
 - Sujeciones
 - Fijo-1
 - Cargas externas
 - Fuerza-1 (:Por elemento: 5,000 N:)
 - Malla
 - Trazado de calidad de malla
 - Opciones de resultados
 - Resultados
 - Tensiones1 (-vonMises-)**
 - Desplazamientos1 (-Despl res-)
 - Deformaciones unitarias1 (-Equivalente-)
 - Factor de seguridad1 (-FDS-)

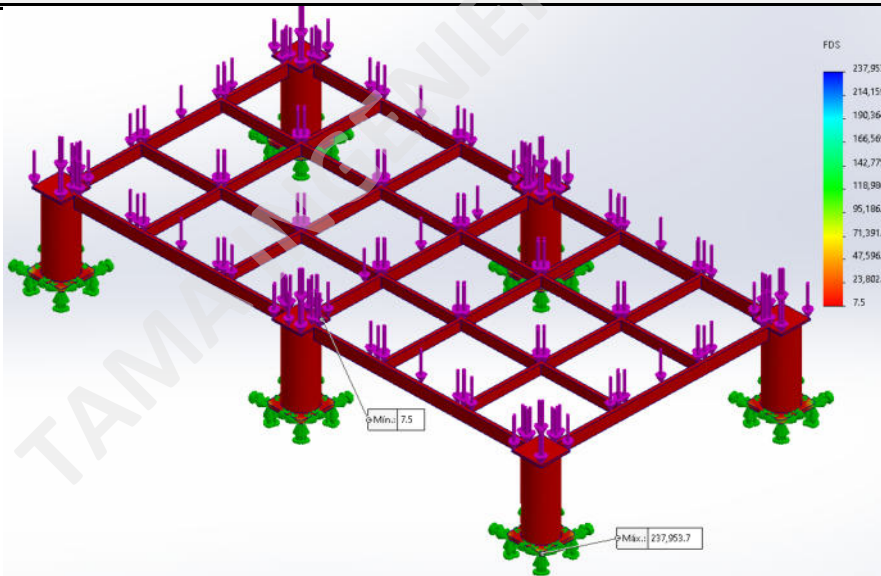
Tensión de Von Mises Max:	33.3	Mpa
Tensión de Von Mises Min:	0.000	Mpa

Resultados : Desplazamiento



Desplazamiento Max: 0.200 mm
Desplazamiento Min: 0.000 mm

Resultados : Factor de seguridad FDS



Se observa un factor de seguridad de 7.5

Factor Seguridad Min: 7.5

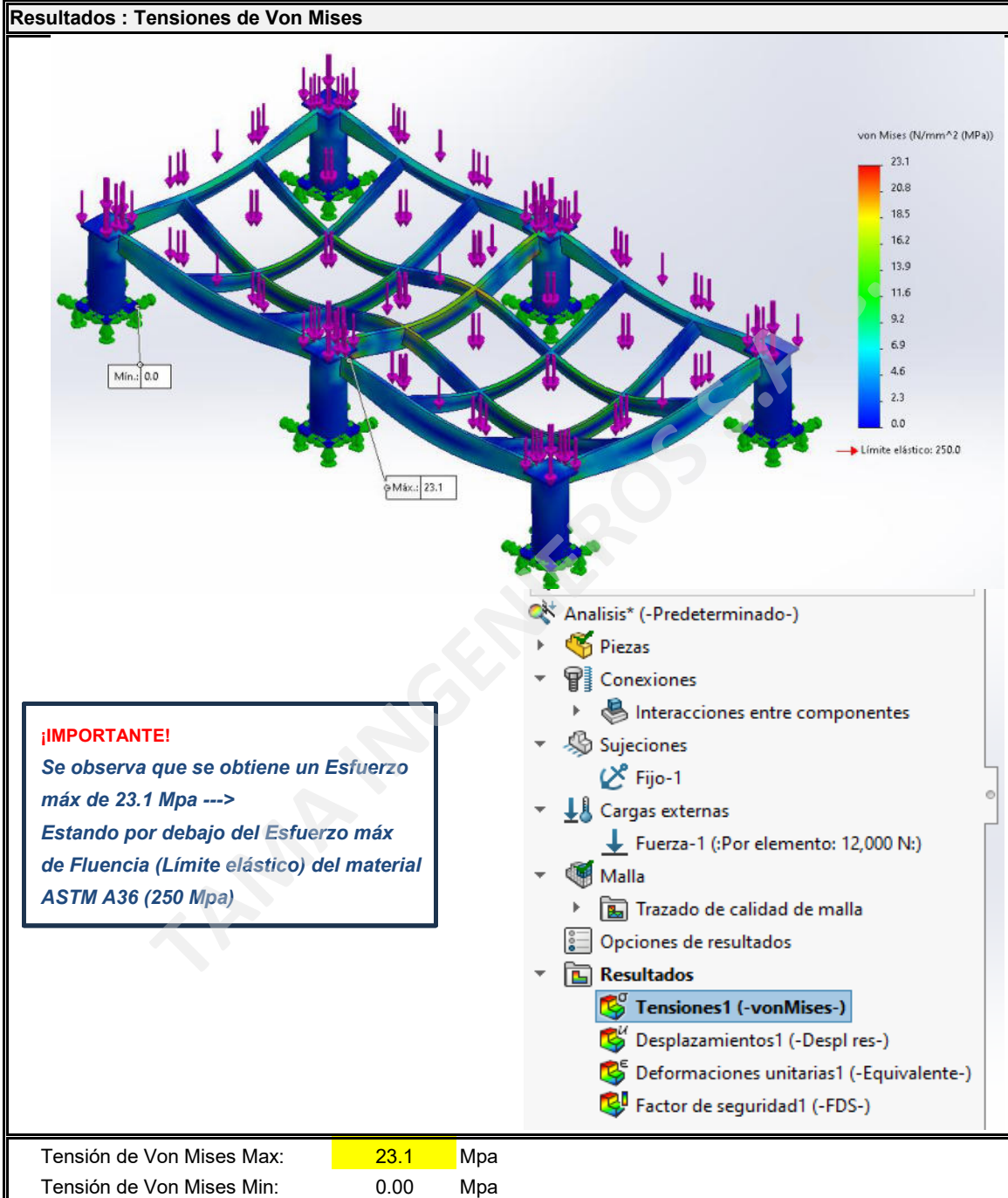
CALCULO No.
MC-T-CT-003-24

REVISION No.
D

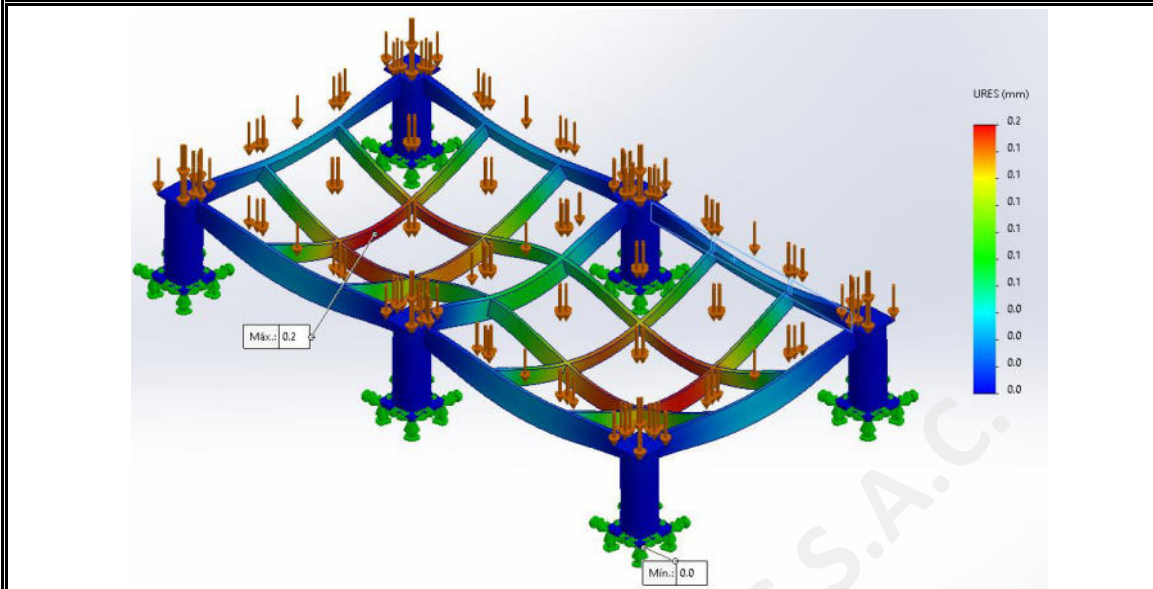
FECHA.
25/04/2024

4.- Diseño por Metodo de Elementos Finitos (Parihuela E2)

4.1 Simulación de la parihuela metálica : Se considera la simulación en las condiciones mas críticas .

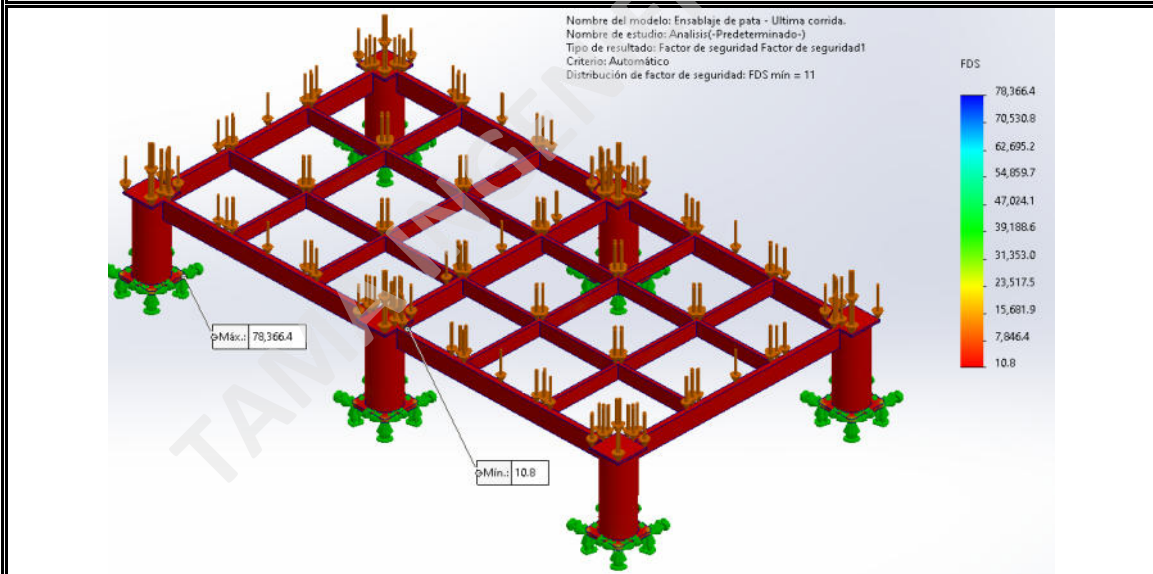


Resultados : Desplazamiento



Desplazamiento Max: 0.200 mm
Desplazamiento Min: 0.000 mm

Resultados : Factor de seguridad FDS



Se observa un factor de seguridad de 10.8

Factor Seguridad Min: 10.8

CALCULO No.
MC-T-CT-003-24

REVISION No.
D

FECHA.
25/04/2024

5- Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el acápite anterior Simulación de Parihuela Metálica se tiene:

-Parihuela "E1"

- La tensión máxima de Von Mises calculado es de **33.3 Mpa**, siendo este valor menor a 250 Mpa para el material analizado ASTM A36.
- El factor de seguridad mínimo calculado es de **7.5** por lo cual se asegura que el esfuerzo de Von Mises (Esfuerzo calculado) no supera el esfuerzo de fluencia del material.

-Parihuela "E2"

- La tensión máxima de Von Mises calculado es de **23.1 Mpa**, siendo este valor menor a 250 Mpa para el material analizado ASTM A36.
- El factor de seguridad mínimo calculado es de **10.8** por lo cual se asegura que el esfuerzo de Von Mises (Esfuerzo calculado) no supera el esfuerzo de fluencia del material.

El análisis realizado se ha desarrollado con material ASTM A-36 (esfuerzo de fluencia de 250 Mpa); considerando que también se usaran las planchas y perfiles en Gr.50 (esfuerzo de fluencia de 350 Mpa); para fabricar las parihuelas metálicas el factor de seguridad se incrementará entre 30-40%

6.- Recomendaciones

Se recomienda pintar la parihuela para evitar la corrosión.

7.- Anexos

- * Parihuela Metálica Liviana - Semipesada (E1) - PLANO: T0323526 R.2
- * Parihuela Metálica Liviana - Pesada (E2) - PLANO: T0323527 R.2
- * Placa de Identificación - PLANO: T032528 R.0

CALCULO No.

MC-T-CT-001-24

REVISION No.

D

FECHA.

25/04/2024

TOLERANCIAS ADMISIBLES PARA MEDIDAS DE LONGITUD EN CALDERERIA (ISO 13920)										Medidas nominales (valores en mm.)									
más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000	más de 4000 hasta 8000	más de 8000 hasta 12000	más de 12000 hasta 16000	más de 16000 hasta 20000	más de 20000 hasta 20000	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9

TAMA INGENIEROS S.A.C.

ESTA ESTRUCTURA HA SIDO DISEÑADA Y FABRICADA POR TAMA INGENIEROS S.A.C. Calle 3, Mz. B, Lt. 1, Urbanización Borbodillo, Ate, Lima, Perú / Telf.: 715-1281 E-mail: tamasac@tama.pe / ventas@tamasac@tama.pe Página Web: www.tamaingenieros.pe Diseñado para manipulación con MONTACARGAS (NO IZAR)

TIEMPO DE VIDA ÚTIL ESPERADO DE 20 AÑOS PESO NETO: _____ Kg.

DIMENSIONES: _____ mm. SERIE Nº: OT-_____

CARGA MÁX. 500 Kg/m² 1200 Kg/m² FECHA DE FABRICACIÓN: ____/____/____

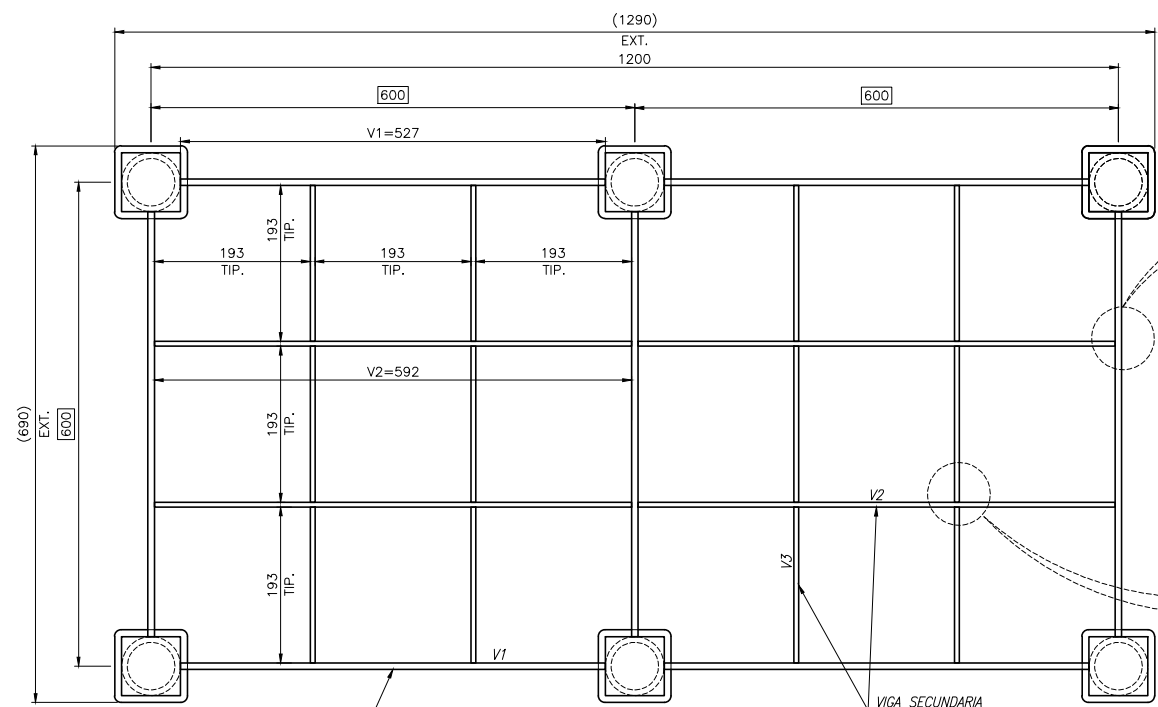
REV.	DESCRIPCION	POR	APROB.	FECHA
2	SE ACTUALIZA LOS VALORES DE LAS VIGAS V1, V2 Y V3	O.D.G.	E.C.C.	25.04.24

INGENIERIA VALIDO PARA FABRICACION

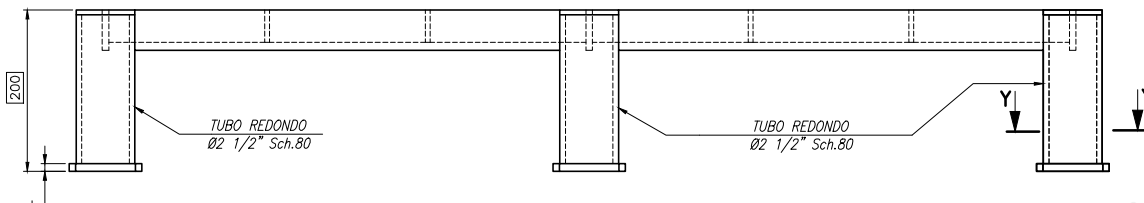
Vista: 25/04/24

C.I.F.: P28

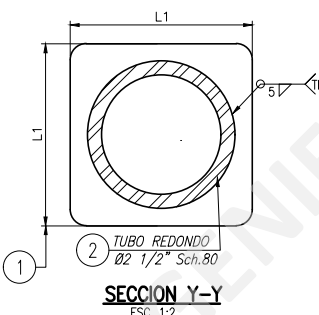
C.I.F.: P29



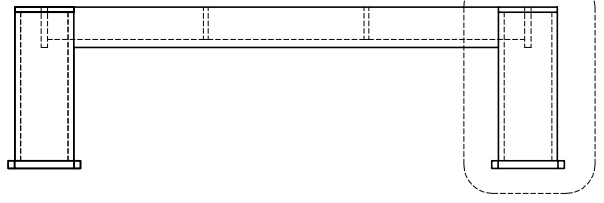
VISTA DE PLANTA ESC. 1:1



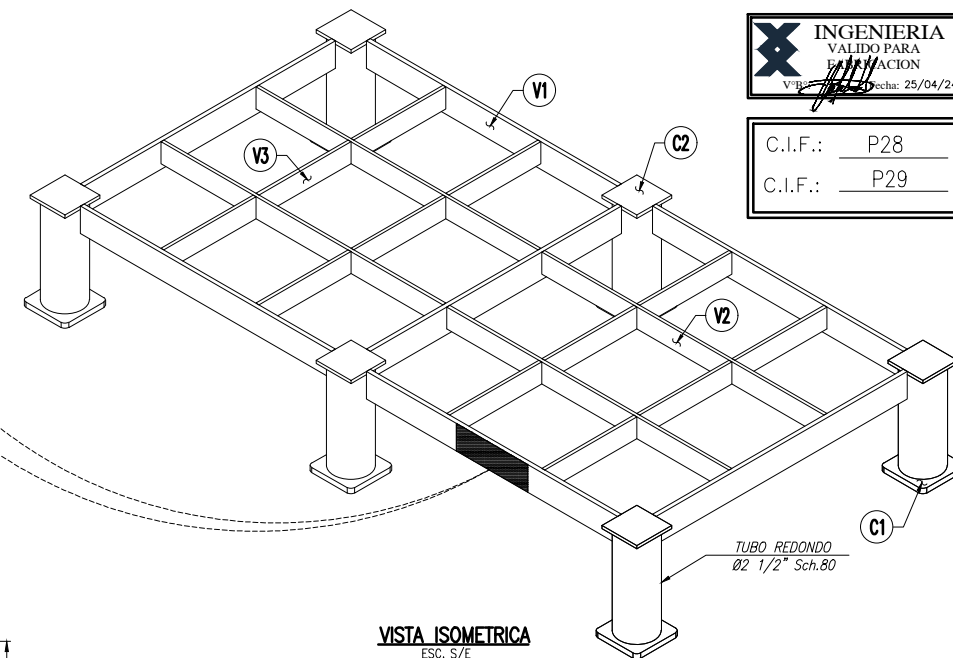
VISTA FRONTAL ESC. 1:1



SECCION Y-Y ESC. 1:2

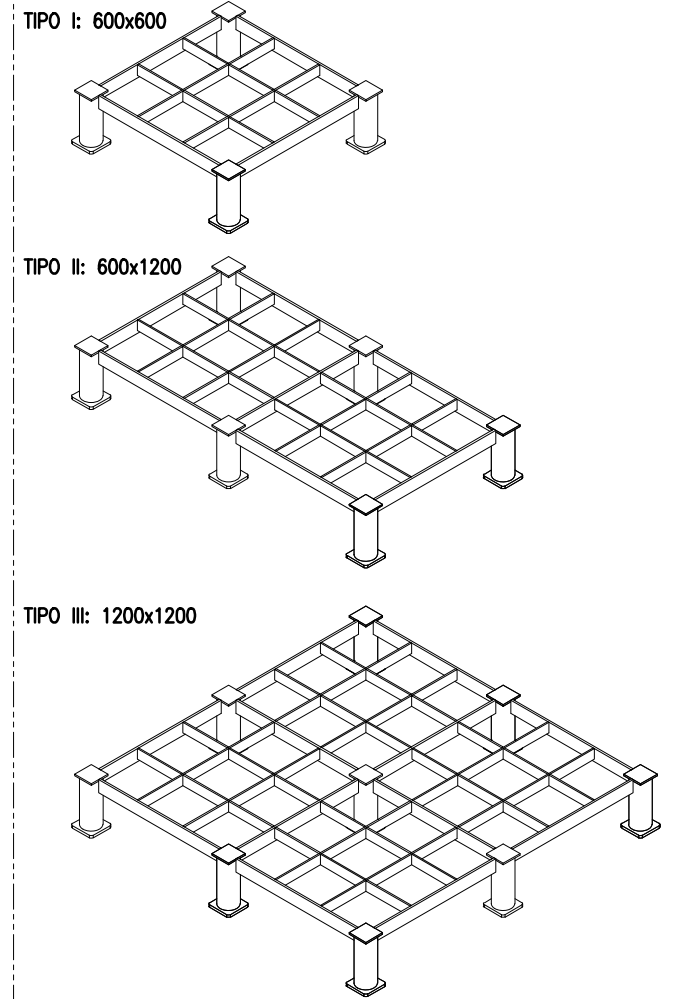


VISTA LATERAL ESC. 1:1

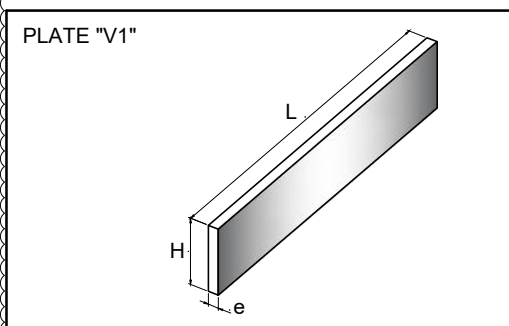


VISTA ISOMETRICA ESC. 5/E

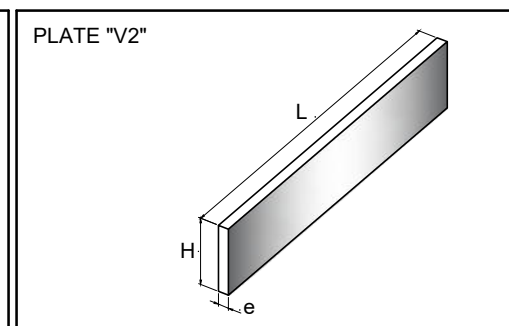
TIPOS DE PARIHUELAS METÁLICAS:



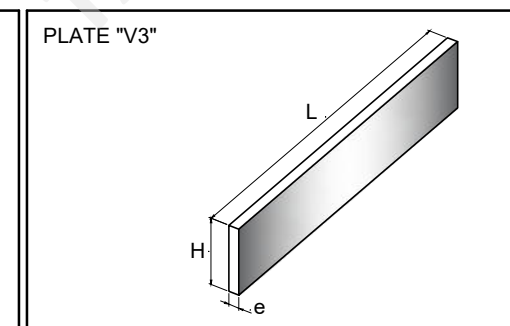
- NOTAS:
- TODAS LAS DIMENSIONES INDICADAS ESTÁN DADAS EN MILIMETROS (mm), SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
 - ELIMINAR FILOS & REBASAS 0.25 x 45°.
 - LONGITUD VARIABLE, SE DEFINE EN CAMPO.



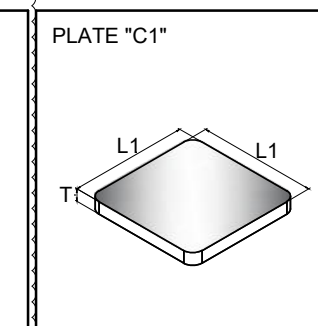
N°	e	H	L	Ix-x (mm ⁴)	Iy-y (mm ⁴)	Peso (Kg)
1	8	30	527	18000	1280	0.99
2	9.5	25	527	12369	1786	0.98
3	10	25	527	13020	2083	1.03



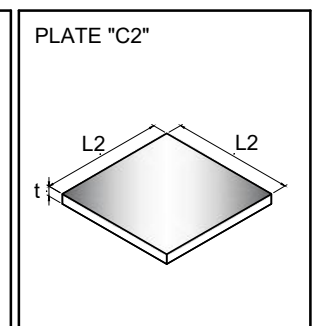
N°	e	H	L	Ix-x (mm ⁴)	Iy-y (mm ⁴)	Peso (Kg)
1	6	25	592	7812	450	0.69
2	8	20	592	5333	853	0.74
3	9.5	20	592	6333	1429	0.88



N°	e	H	L	Ix-x (mm ⁴)	Iy-y (mm ⁴)	Peso (Kg)
1	6	25	193	7812	450	0.22
2	8	20	193	5333	853	0.24
3	9.5	20	193	6333	1429	0.28



N°	T	L1	L1	Peso (Kg)
1	6	90	90	0.38
2	8	90	90	0.50
3	9.5	90	90	0.60
4	10	90	90	0.63



N°	t	L2	L2	Peso (Kg)
1	4.5	73	73	0.18
2	5	73	73	0.20
3	6	73	73	0.25

PARIHUELAS METÁLICAS		
TIPO	DESCRIPCION	CARGA
E1	PARIHUELA PARA PIEZAS LIVIANAS Y SEMI PESADAS	≤500Kg/m ²

TAMA INGENIEROS S.A.C.

PARIHUELA METÁLICA LIVIANA-SEMI PESADA(TIPO A)

ARREGLO GENERAL

Dibujado: O.D.G.	Aprobado: E.C.C.	Escala: IND.	Proyeccion	Peso:	O.T.	No. PLANO	Rev.
Revisado: E.S.M.	Fecha: 25.04.24	Formato: A1	---	---	****-**	T032526	2

TAMA INGENIEROS S.A.C. advierte que copiar, reproducir o usar indebidamente, la informacion contenida en este plano sin una debida autorizacion de sus propietarios, esta penada ante la ley.

TOLERANCIAS ADMISIBLES PARA MEDIDAS DE LONGITUD EN CALDERERIA (ISO 13920)										Medidas nominales (valores en mm.)									
más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000	más de 4000 hasta 8000	más de 8000 hasta 12000	más de 12000 hasta 16000	más de 16000 hasta 20000	más de 20000 hasta 20000	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9

TAMA INGENIEROS S.A.C.

ESTA ESTRUCTURA HA SIDO DISEÑADA Y FABRICADA POR TAMA INGENIEROS S.A.C. Calle 3, Mz. B, Lt. 1, Urbanización Barbedillo, Ate, Lma, Perú / Telf.: 715-1281 E-mail: tamaingenieros@tama.pe Página Web: www.tamaingenieros.pe Diseñado para manipulación con MONTACARGAS (NO IZAR)

TIEMPO DE VIDA ÚTIL ESPERADO DE 20 AÑOS PESO NETO: _____ Kg

DIMENSIONES: _____ mm. SERIE N°: OTIP- _____

CARGA MÁX.: 900 Kg/m² 1200 Kg/m² FECHA DE FABRICACIÓN: / /

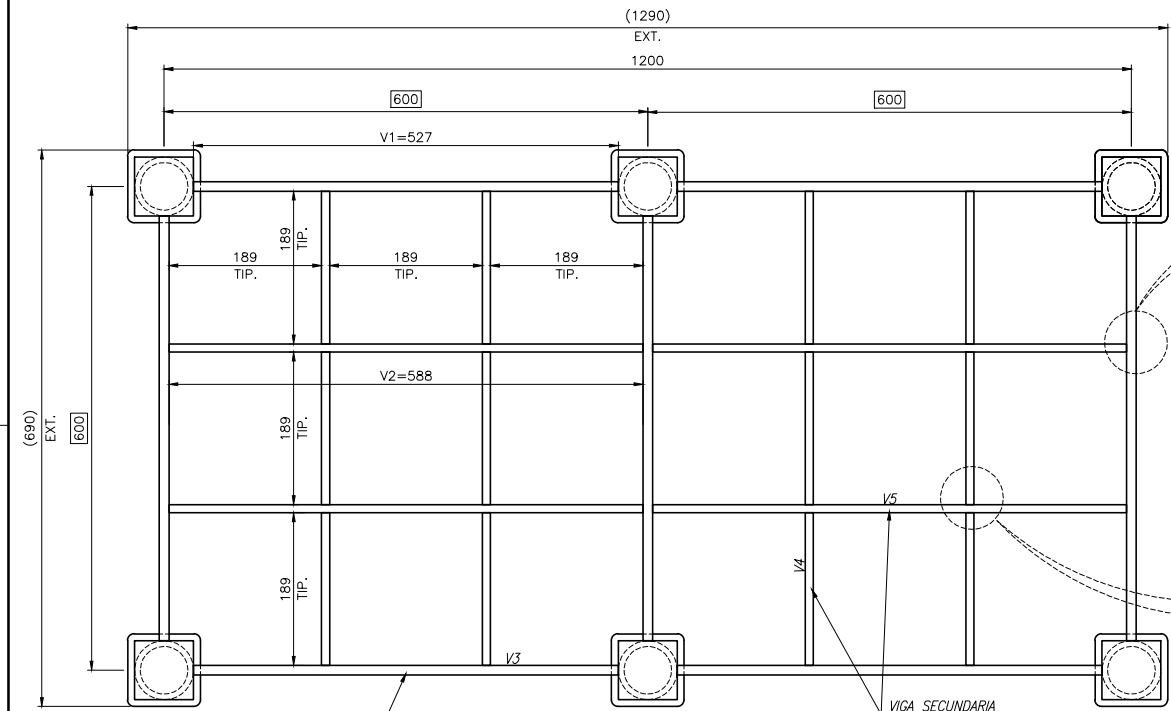
REV.	DESCRIPCION	POR	APROB.	FECHA
2	SE ACTUALIZA LOS VALORES DE LAS VIGAS V4, V5 Y V6	O.D.G.	E.C.C.	25.04.24

INGENIERIA VALIDO PARA FABRICACION

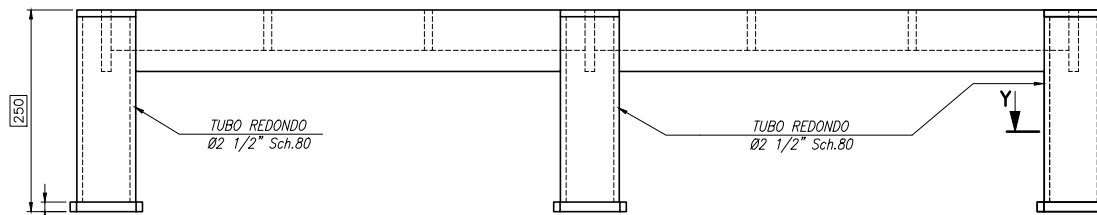
V°B°: _____ Fecha: 25/04/24

C.I.F.: P30

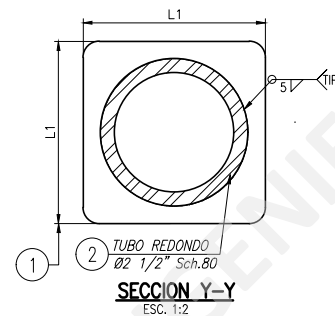
C.I.F.: P31



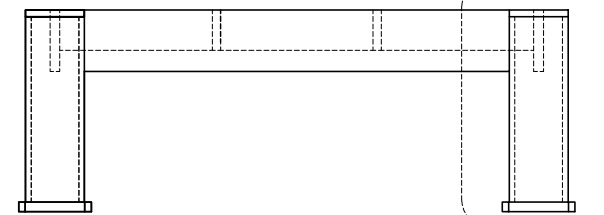
VISTA DE PLANTA
ESC. 1:5



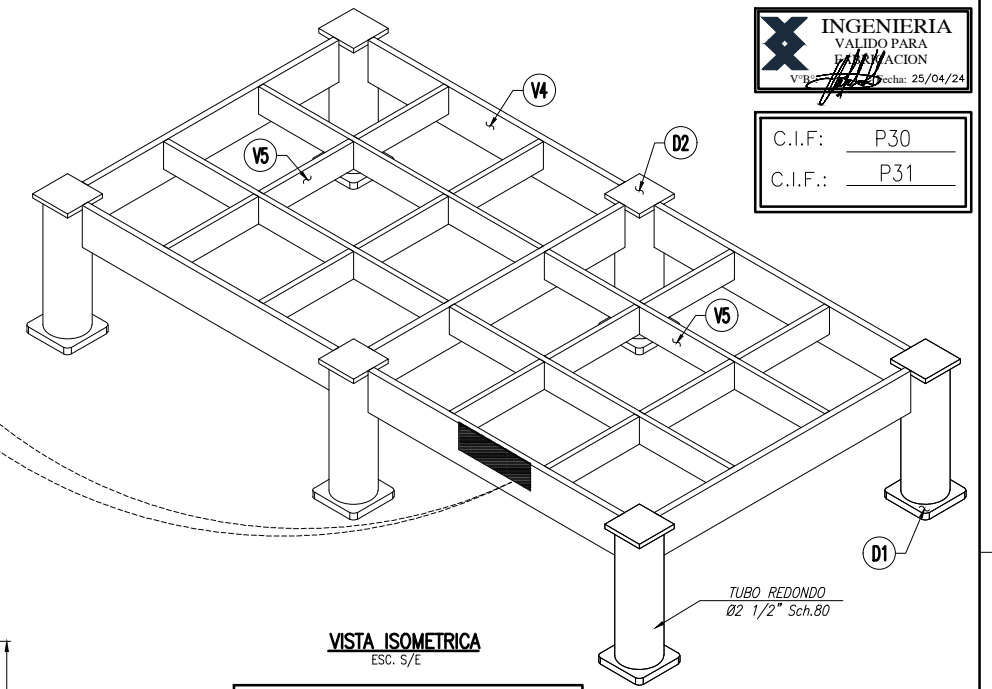
VISTA FRONTAL
ESC. 1:5



SECCION Y-Y
ESC. 1:2



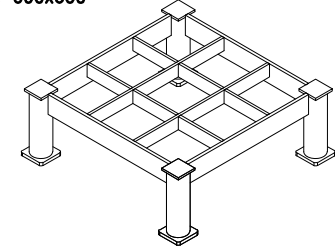
VISTA LATERAL
ESC. 1:5



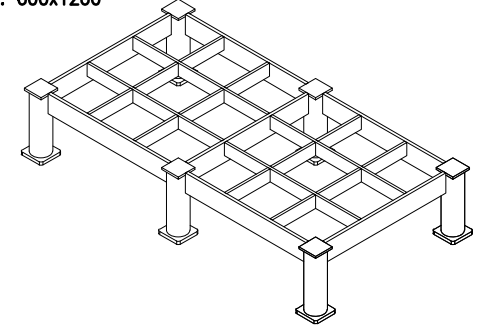
VISTA ISOMETRICA
ESC. 5/8

TIPOS DE PARIHUELAS METÁLICAS:

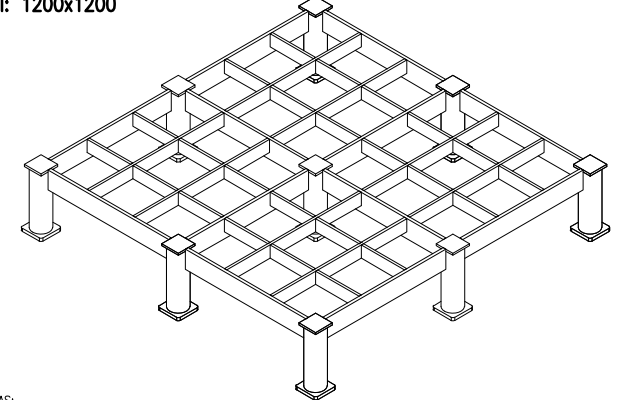
TIPO I: 600x600



TIPO II: 600x1200



TIPO III: 1200x1200



NOTAS:

- TODAS LAS DIMENSIONES INDICADAS ESTÁN DADAS EN MILIMETROS (mm), SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
- ELIMINAR FILOS & REBASAS 0.25 x 45°.
- LONGITUD VARIABLE, SE DEFINE EN CAMPO.

PLATE "V4"							PLATE "V5"							PLATE "V6"							PLATE "D1"					PLATE "D2"					
N°	e	H	L	Ix-x (mm ⁴)	Iy-y (mm ⁴)	Peso (Kg)	N°	e	H	L	Ix-x (mm ⁴)	Iy-y (mm ⁴)	Peso (Kg)	N°	e	H	L	Ix-x (mm ⁴)	Iy-y (mm ⁴)	Peso (Kg)	N°	T	L1	L1	Peso (Kg)	N°	t	L2	L2	Peso (Kg)	
1	12	45	527	91125	6480	2.23	1	8	35	588	28583	1493	1.29	1	8	35	189	28583	1493	0.41	1	12	90	90	0.75	1	8	73	73	0.33	
2	16	45	527	121500	15360	2.97	2	10	30	588	22500	2500	1.38	2	10	30	189	22500	2500	0.44	2	16	90	90	1.00	2	10	73	73	0.42	
3	19	40	527	101333	22863	3.14	3	12	30	588	27000	4320	1.66	3	12	30	189	27000	4320	0.53	3	19	90	90	1.20	3	12	73	73	0.50	
4	25	40	527	133333	52083	4.13																4	25	90	90	1.58					
																						5	32	90	90	2.00					

PARIHUELAS METÁLICAS		
TIPO	DESCRIPCION	CARGA
E2	PARIHUELA PARA PIEZAS PESADAS	≤1200Kg/m ²

TAMA INGENIEROS S.A.C.

TAMA INGENIEROS S.A.C., PARIHUELA METÁLICA PESADA (E2) ARREGLO GENERAL

Dibujado: O.D.G.	Aprobado: E.C.C.	Escala: IND.	Proyeccion	Peso:	O.T.	No. PLANO	Rev.
Revisado: E.S.M.	Fecha: 25.04.24	Formato: A1	---	---	****-**	T032527	2

TAMA INGENIEROS S.A.C. advierte que copiar, reproducir o usar indebidamente, la información contenida en este plano sin una debida autorización de sus propietarios, esta penada ante la ley.