



PROYECTO FINAL

Revisión: 0

Página 1 de 57

TÍTULO:

Máquina de ensayo Creep

Resumen de proyecto para RIA

Registro de Revisiones:

Revisión	Fecha	Descripción
0	18/04/2024	Revisión General.

Preparó	Revisó	Aprobó
Leonardo González		
Emanuel Torres		
Guillermo Carnelutto		
Matías Difelippo		
Fecha: 18/04/2024	Fecha:	Fecha:

Índice:

1	ETAPA N° 1: Selección del tema a Desarrollar	4
1.1	Presentación del grupo	4
1.2	Descripción del tema a desarrollar	4
1.2.1	Objetivo:	4
1.2.2	Alcance:	4
1.2.3	Justificación del proyecto:.....	4
1.3	Mercado de aplicación:	7
1.3.1	Necesidades industriales:.....	7
1.3.2	Clientes:.....	7
1.3.3	Competidores:.....	7
2	ETAPA N° 2: Especificación de diseño de producto.	9
2.1	Datos de operación	9
2.2	Selección de conceptos.	10
2.3	Análisis de las alternativas del sistema de carga.	10
2.3.1	Matriz de selección de conceptos.....	11
2.4	Esquema de concepto seleccionado.	11
3	ETAPA N°3: Diseño conceptual. Ingeniería Básica.	13
3.1	Diseño de producto.....	13
3.1.1	Introducción	13
3.1.2	Diseño de conjunto medio	16
3.1.3	Diseño de conjunto superior	31
3.1.4	Diseño de conjunto inferior	39
3.1.5	Anclajes y bases de la maquina.....	41
3.1.6	Selección de actuador lineal electro-mecánico	42
3.1.7	Aplicación de carga.....	46
4	ETAPA N° 4: Planos de conjunto y constructivos.	51
4.1	Listado de planos.....	51
5	ETAPA N° 5: Estimación de costos.....	52
5.1	Tabla de costos.....	52



PROYECTO FINAL

6	ETAPA N° 6: Presentación final.	56
7	Documentos que comprenden el proyecto final.	56
8	Anexo del resumen.	57

1 ETAPA N° 1: Selección del tema a Desarrollar

1.1 Presentación del grupo

El grupo está integrado por cuatro alumnos de la carrera de ingeniería mecánica:

Integrantes:
Leonardo González
Matías Difelippo
Carnelutto Guillermo
Torres Emanuel

1.2 Descripción del tema a desarrollar

1.2.1 Objetivo:

Diseñar una maquina para ensayo Creep, brindando a la facultad la posibilidad de fabricarla y poder fortalecer sus actividades de aprendizaje, investigación y obtener ganancias mediante servicios a terceros.

1.2.2 Alcance:

El proyecto consiste en el diseño de la maquina desde la determinación de las necesidades o demandas a cubrir, especificación para el diseño del producto, ingeniería básica y de detalle, análisis de costos y generación de documentación para la fabricación.

1.2.3 Justificación del proyecto:

1.2.3.1 *Marco institucional:*

El desarrollo de este proyecto contribuye con el fortalecimiento de las actividades docentes y de investigación en la Facultad Regional Delta, ya que a futuro con este equipo se podrá obtener las características mecánicas de los materiales, en particular efecto Creep.

El proyecto generará medios con los cuales se facilitará el estudio de asignaturas tales como Ing. Mecánica I y II, Mediciones y Ensayos, y Materiales Metálicos. Las metodologías que se emplearán obedecen a la necesidad de complementar prácticas que ya existen y la creación de nuevas guías de trabajo.

1.2.3.2 *Marco tecnológico:*

El estudio del creep data de 1929, cuando se iniciaron investigaciones serias con vistas a poder utilizar los metales a elevadas temperaturas, en la actualidad se sabe que este tipo de fluencia es función de la temperatura, los esfuerzos, la historia previa del material y el tiempo.

Se ha comprobado que los metales sometidos a temperaturas elevadas (entre 300 y 1400°C) y cargas permanentes, continúan deformándose lentamente en función del tiempo, después de

la aplicación del esfuerzo. A este fenómeno se conoce con el nombre de fluencia viscosa o creep.

De lo expuesto, se deduce que la resistencia de los materiales a la fluencia debe ser referida a su capacidad de resistir los mayores esfuerzos, a las más altas temperaturas y durante el mayor tiempo posible con la menor deformación.

Por todas estas razones, es necesaria la realización de ensayos sobre series de probetas, las que se someten a cargas constantes a diversas temperaturas con el objeto de determinar en todos los casos la fluencia lenta o efecto creep, pues para cada material y carga existe una temperatura hasta la cual las deformaciones que se producen no provocan la rotura.

Marco económico

Para justificar la inversión necesaria para la fabricación de nuestro proyecto, se requiere determinar un costo estimado del mismo y compararlo con las máquinas que se venden en el mercado.

Como pre estimación del costo de fabricación del proyecto, se determina el valor de cada componente principal.

En la siguiente tabla se detallan los mismos.

Componentes	Cantidad	Precio (USD)	Total (USD)
Sist. Aplicación de carga	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
Sistema de control de carga	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Celda de Carga	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Controlador de T° y Termopar	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Horno	1	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
Extensometro	1	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
Estructura	1	\$ 500,00	\$ 500,00
Componentes especiales (Barras de tracción , mordazas , rotulas, ect) - Materiales , mecanizado, pintado , etc	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
Logística	1	\$ 500,00	\$ 500,00
TOTAL DE LA MÁQUINA			\$ 60.700

La marca española Ibertest posee en el mercado una máquina de 70.000 dólares. Este valor no contempla el costo de envío del equipo a nuestro país, ni los impuestos aduaneros para su ingreso.

Serie IB-CREEP de IBERTEST

- Cargas máximas por modelo: 10kN / 20kN / 30kN / 50kN / 100kN / 200kN
- Temperaturas de trabajo: 300 °C a 1200 °C
- Husillo: 1 husillo a bolas de alta precisión con raspadores
- Fuente de alimentación: Trifásico 380 V más neutro y tierra, 50/60 Hz (a especificar)
- Peso por modelo: 750 kg (10kN / 20kN / 30kN / 50kN), 1000kg (100kN), 1125kg (200kN)
- Dimensiones por modelo:
- Alto: 2350mm (10kN / 20kN / 30kN / 50kN), 3172mm (100kN), 3525mm (200kN)
- Ancho: 710mm (10kN / 20kN / 30kN / 50kN), 958mm (100kN), 1065mm (200kN)
- Profundidad: 635mm (10kN / 20kN / 30kN / 50kN), 857mm (100kN), 952mm (200kN)



La marca alemana Zwick-Roell, posee un valor que ronda entre los 120.000 a 160.000 dólares, que son importadas por una empresa nacional, es por eso que este valor ya contempla los impuestos.

Series Kappa SS de Zwick-Roell

- Cargas máximas por modelo: 50kN / 100kN
- Temperaturas de trabajo: 100/200 °C a 1200 °C
- Fuente de alimentación: 230 VAC, 1 KVA
- Peso por modelo: 700 kg (50 SS / 100 SS)
- Dimensiones por modelo:
- Alto: 2312mm (50 SS / 100 SS)
- Ancho: 860mm (50 SS / 100 SS)
- Profundidad: 655mm (50 SS / 100 SS)



Kappa 50 SS

Comparando los costos de realizar el proyecto con la compra de una máquina del mercado, se concluye la viabilidad económica del mismo.

1.3 Mercado de aplicación:

1.3.1 Necesidades industriales:

Como se mencionó anteriormente al fabricar nuestra máquina, la facultad tendrá la posibilidad de brindar este ensayo a terceros.

Tras el análisis realizado se observó la falta de oferta en el mercado para satisfacer esta demanda de las empresas de la zona. Detectando una oportunidad para introducirse en el mismo obteniendo grandes beneficios.

A continuación se detalla el análisis realizado.

1.3.2 Clientes:

Como nombramos anteriormente la región en la cual estaría localizada la máquina para realizar los ensayos nuestros posibles clientes serían los siguientes:

Clientes	Datos
SIDERCA	Teléfono: (03489) 43-3100- Dr J Simini 250 , Campana, Buenos Aires
SIDERAR	Av. Leandro N. Alem 1067 20º , (1001) Ciudad De Buenos Aires, Capital Federal - Teléfono: (011) 4018-2100 - Fax: (011) 4018-2545
I.A.S.	Ing. Héctor Sbuttoni sbuttoni@siderurgia.org.ar + 54 336 4461805 int. 16
ACINDAR	Av. Dr. Ignacio Arieta 4936 B1766DQP La Tablada, Buenos Aires, Argentina Conmutador: +5411 5077-5000
Atucha I-II	Dirección: RN9 Km 103,5, Buenos Aires Inauguración: 1974 Provincia: Provincia de Buenos Aires Teléfono: 03487 48-0677
Carem	Dirección: RN9 Km 103,5, Buenos Aires Inauguración: 1974 Provincia: Provincia de Buenos Aires Teléfono: 03487 48-0677

1.3.3 Competidores:

Los potenciales competidores que la facultad deberá considerar son los que se detallan a continuación.



PROYECTO FINAL

Revisión: 0

Página 8 de 57

Competidores	Datos
Lemit	Calle: 52 e/ 121 y 122 - B1900AYB - La Plata Provincia de Buenos Aires - República Argentina
INTI	Av. Gral. Paz 5445 e/ Constituyentes y Albarelos - Casilla de Correo 157 - (B1650KNA) - Edificios 9, 43 y 46 San Martín - Bs. As. - Argentina (54 11) 4724-6200 Int: 6460 Directo / Fax (54 11) 4752-0818

2 ETAPA N° 2: Especificación de diseño de producto.

Se definieron las especificaciones que se deben cumplir basadas en las necesidades de los clientes y la referencia del mercado actual, entre otros:

2.1 Datos de operación

- **Accionamiento:** Se definió por un sistema electromecánico.
- **Transmisión de carga a probeta:** Mediante barras y mordazas vinculadas en uno de sus extremos a celda de carga y otro a actuador de desplazamiento lineal.
- **Fuerza máxima proporcionada:** 100 KN (Esta carga máxima de ensayo variará en función de la temperatura aplicada a la probeta).
- **Medición de carga:** Celda de carga universal (tensión- compresión).
- **Precisión de carga:** $\leq \pm 1\%$ del valor de la fuerza aplicada (Norma ISO 7500-2 en referencia a ISO 204).
- **Repetitividad de carga:** $\leq 1\%$ del valor de la fuerza aplicada. (Norma ISO 7500-2 en referencia a ISO 204).
- **Rango de velocidad de desplazamiento:** 0.001 mm/min a 100 mm/min
- **Alargamiento máximo probeta:** 250 mm
- **Medición de desplazamiento:** Extensómetro electrónico
- **Resolución de instrumento de medición:** 0,001 mm
- **Temperatura máxima de ensayo:** 1100 °C
- **Dispositivo de aplicación de calor:** Horno resistivo
- **Instrumento de medición:** Termopares tipo K
- **Error de control de temperatura:** $\leq 2^\circ\text{C}$ (Norma ASTE E-139 -06)
- **Precisión de medición:** $\leq \pm 1\%$ temperatura aplicada. (ISO 204)
- **Resolución de instrumento:** $\leq 0,5^\circ\text{C}$ (ISO 204)

- **Alimentación:** 380 V a 50 Hz
- **Potencia maquina sin horno:** ≤ 1000 W
- **Potencia aproximada del horno (a máxima temperatura):** 2000 W
- **Potencia máxima estimada:** ≤ 3 KW
- **Altura:** 3000 mm
- **Ancho:**1200 mm
- **Profundidad:** 700 mm
- **Peso:** 1000 kg sin accesorios

2.2 Selección de conceptos.

Como se definió en las etapas anteriores el ensayo Creep o fluencia lenta, consiste en determinar la deformación en el tiempo de una probeta de ensayo mediante la aplicación de una carga y temperatura constantes.

En base a estos parámetros medidos y aplicados, las maquinas destinadas a realizar estos ensayos poseen tres sistemas principales:

- Sistema de aplicación de carga
- Sistema de aplicación y control de temperatura
- Sistema de medición de deformación.

Se definió que el diseño del equipo comenzara con el análisis del sistema de aplicación de la carga, por ser el mismo la parte fundamental ya que este define los componentes principales y la estructura de la máquina.

2.3 Analisis de las alternativas del sistema de carga.

El mercado de las máquinas de ensayo Creep se encuentra dividido en tres grandes grupos teniendo en cuenta su sistema de carga.

Estos se dividen en sistemas de carga electromecánico, sistema de carga con pesos y sistema de carga hidráulico.

La selección de el sistema elegido mediante una matriz de selección de conceptos.

2.3.1 Matriz de selección de conceptos

		Conceptos (Sistemas de aplicación de carga)							
		Concepto A		Concepto B		Concepto C		Concepto D	
Crterios de selección	Peso	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
Facilidad de operación	10%	2	0,2	1	0,1	2	0,2	3	0,3
Precisión de carga	20%	2	0,4	1	0,2	2	0,4	3	0,6
Vida útil	25%	2	0,5	2	0,5	3	0,75	3	0,75
Costo	30%	2	0,6	5	1,5	2	0,6	3	0,9
Facilidad manufactura	10%	1	0,1	4	0,4	2	0,2	3	0,3
Espacio físico requerido	5%	1	0,05	1	0,05	2	0,1	3	0,15
	Puntuación Total	1,85		2,75		2,25		3	
		Seleccionado							

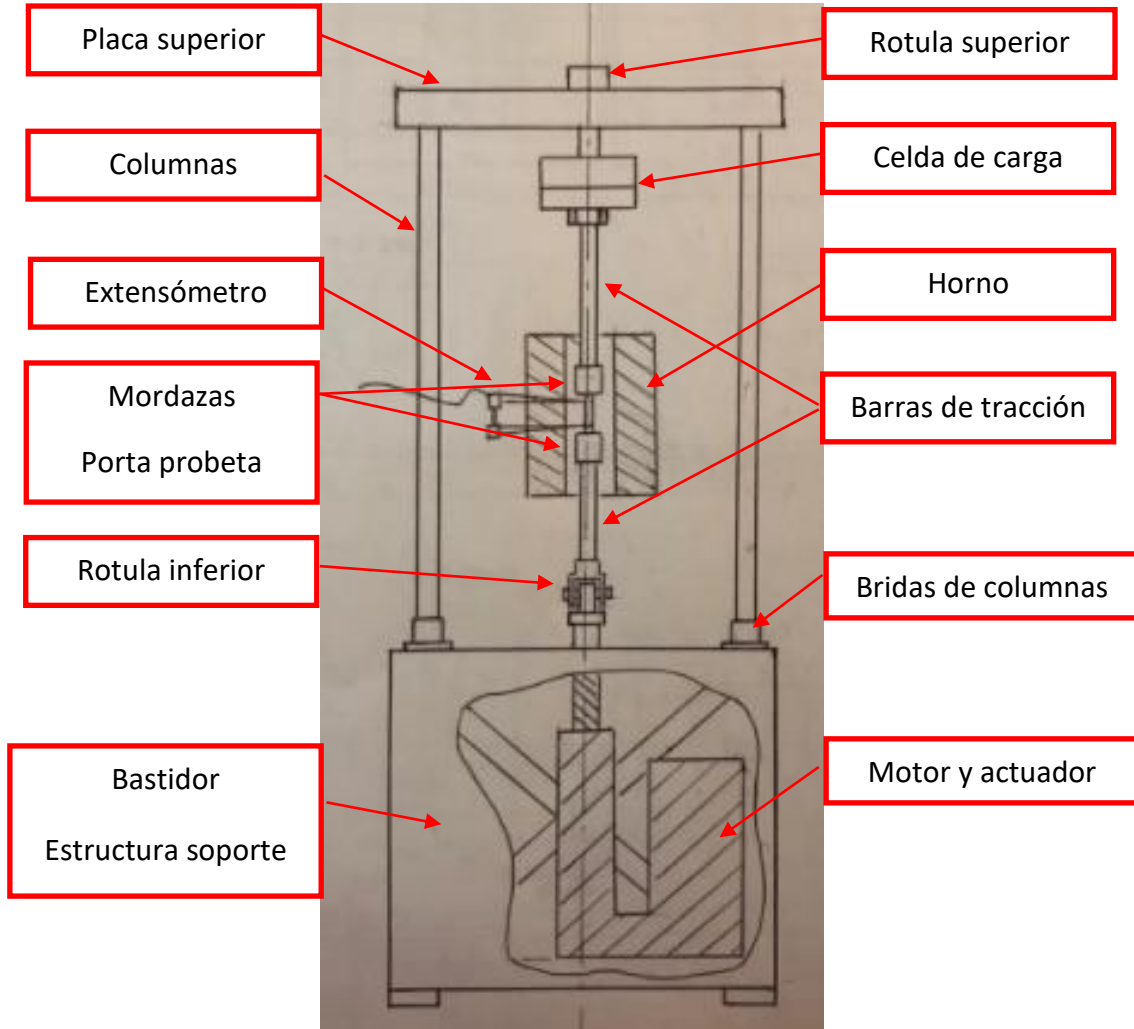
- **Concepto A:** Sistema hidráulico; **Concepto B:** Sistema manual con pesos; **Concepto C:** Sistema electromecánico con brazo de palanca equilibrado con pesos o resortes; **Concepto D:** Sistema electromecánico lineal con husillo y motor.

Como se observa el concepto con mayor puntuación fue el tomado como referencia, que a su vez es el tipo de sistema con mayor existencia en el mercado, por lo que se toma como el concepto elegido para continuar con su diseño.

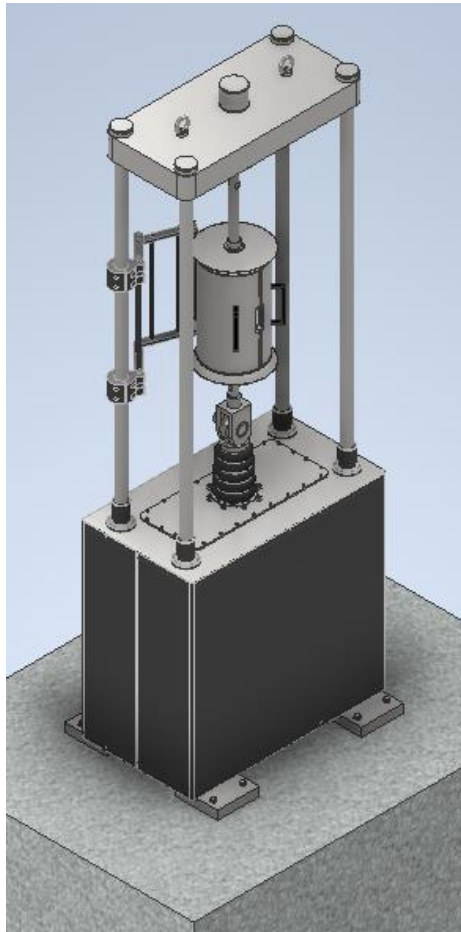
2.4 Esquema de concepto seleccionado.

En base a las especificaciones de diseño planteadas y luego del análisis de varios conceptos detallados anteriormente, se obtiene el mostrado en el siguiente esquema.

PROYECTO FINAL



3 ETAPA N°3: Diseño conceptual. Ingeniería Básica.



3.1 Diseño de producto

3.1.1 Introducción

Las dimensiones iniciales del concepto se plantearon en base a las condiciones de borde definidas. Estas medidas surgieron en base a un análisis de las máquinas de las mismas características que se encontraban en el mercado.

Luego se definieron las partes que se podrían encontrar de manera comercial, como el actuador, el horno y la celda de carga, los cuales fueron modificadas las dimensiones iniciales.

Es por esto que gran parte el diseño se basó en verificar y optimizar mediante iteraciones analíticas y por simulación, el diseño de los componentes mecánicos de origen no comercial.

Por motivos de complejidad, se dividió el análisis de la maquina en tres partes, un conjunto superior, otro inferior y un conjunto medio, el cual se encuentra sometido a un gradiente térmico de muy alta temperatura. Por último, aparte, se hará el diseño y selección del sistema de control de carga.

El diseño del conjunto superior comprende los siguientes subconjuntos:

- Estructura superior del bastidor. Comprende placa superior con cáncamos de elevación, columnas y bridas. También tapas y cobertores de uniones.
- Cabezal de rotula superior. Interacción de la rótula axial con la estructura y demás componentes.
- Sujeción superior de celda de carga.
- Selección de celda de carga.

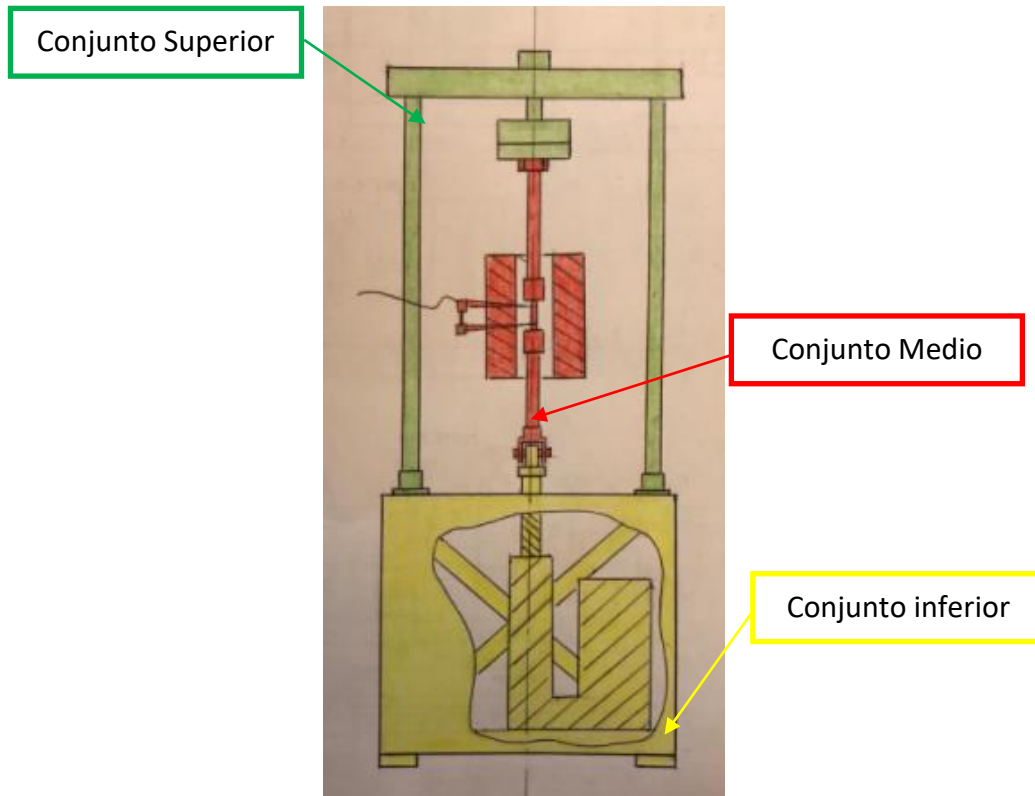
El diseño del conjunto medio comprende los siguientes subconjuntos:

- Soporte y conexiones mecánicas requeridas para el horno.
- Barras de tracción, mordazas y probeta
- Conexiones de rotura inferior a barras de tracción.
- Selección Horno para calentamiento de probeta.
- Selección de extensómetro para medición de deformación de probeta
- Diseño y selección del sistema de control de temperatura.

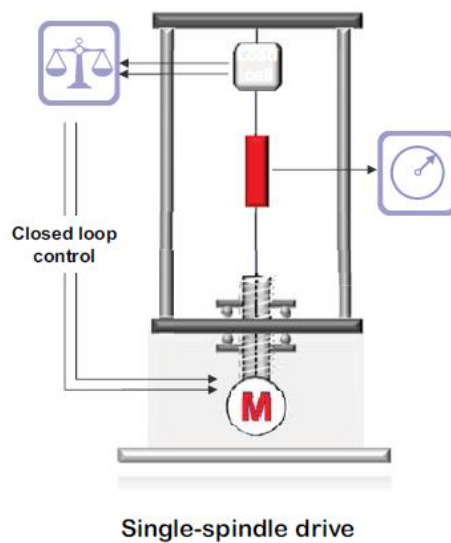
El diseño del conjunto inferior comprende los siguientes subconjuntos:

- Bastidor inferior, construido de perfiles estandarizados.
- Soportes del actuador electromecánico.
- Diseño o selección del sistema de electromecánico de accionamiento de carga.
- Diseño y/o selección del sistema de control de carga.
- Diseño del sistema de anclaje a piso y análisis de fundación necesaria.

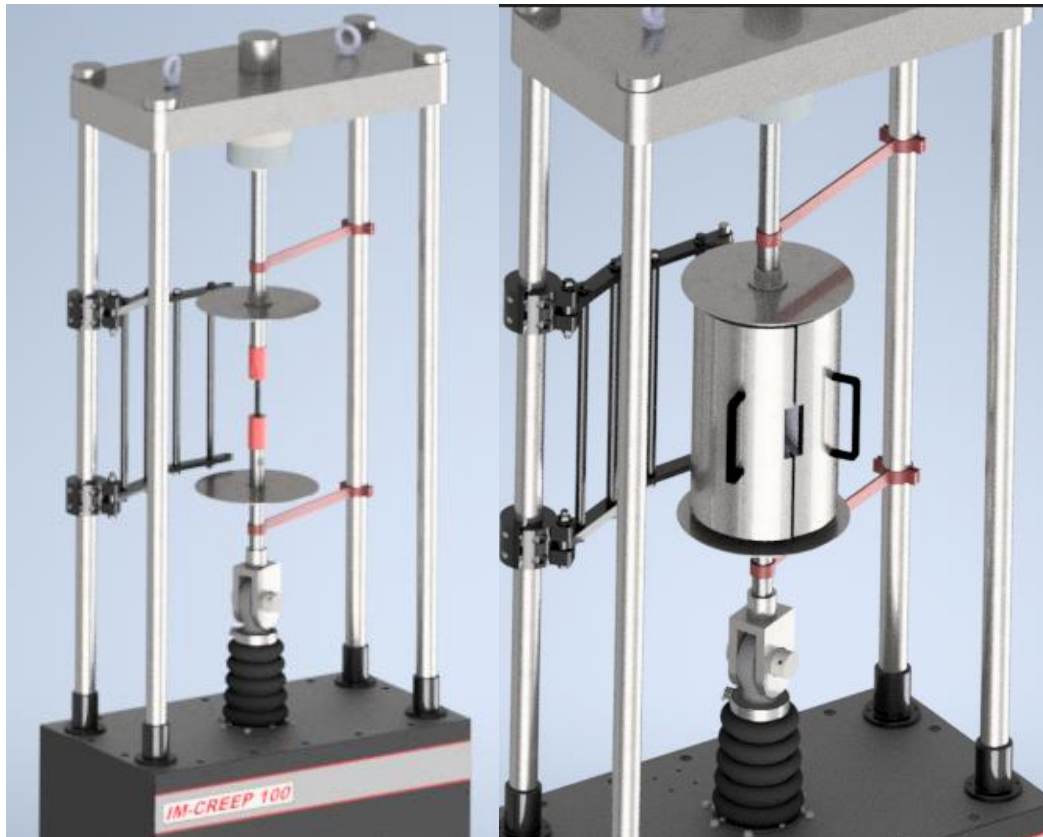
En el siguiente bosquejo se muestra como se dividió los componentes de la maquina en conjunto inferior, medio y superior.



Se muestra a continuación el esquema de aplicación de carga a utilizado.



3.1.2 Diseño de conjunto medio



3.1.2.1 *Introducción*

Este apartado detalla el diseño del sistema transmisión de carga desde el accionamiento a la probeta, la selección de horno para la aplicación de calor hacia la misma y diseño del sistema de medición de temperatura y deformación de la probeta.

Este sistema está formado por distintos tipos de dispositivos, los cuales algunos son seleccionados debido a que se encuentran de manera estándar en el mercado y otros se diseñarán debido a nuestras condiciones particulares.

Dentro de los dispositivos más importantes del sistema se encuentran:

- Barras de tracción
- Mordazas de probeta
- Horno para el calentamiento de la probeta
- Accesorios de conexión entre los dispositivos mencionados anteriormente.
- Soporte y conexiones mecánicas requeridas para el horno.

- Extensómetro para medición de deformación de probeta
- Sistema de control de temperatura.

Antes de comenzar con la etapa de diseño se definieron las condiciones límites iniciales, las cuales son el punto de partida para nuestro proyecto.

A su vez todo el diseño debe respetar las normas establecidas para este tipo de ensayos, por lo que será la base fundamental para el mismo.

3.1.2.2 Normas relacionadas:

- ASTM E 139. (Standard Test Methods for Conducting Creep, Creep-Rupture, and Stress-Rupture Tests of Metallic Materials)
- ISO 204. (Metallic materials — Uniaxial creep testing in tension — Method of test)
- ASTM E 292. (Standard Test Methods for Conducting Time-for-Rupture Notch Tension Tests of Materials)
- ASTM E8. Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials
- ISO 7500-1. Verification of static uniaxial testing machines

3.1.2.3 Probeta

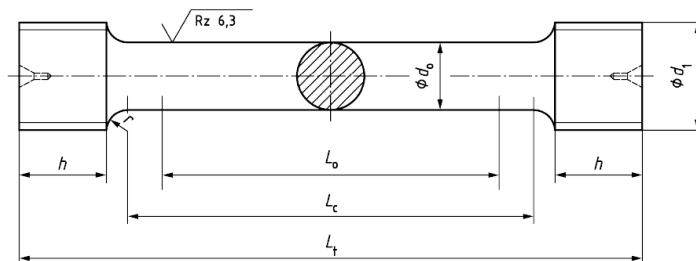
Para este ensayo se encuentran normalizadas una serie de probetas, las cuales varían en formas y dimensiones.

Por razones de estandarización, calidad de ensayo, versatilidad y compatibilidad con los accesorios suministrados se recomienda el uso de las siguientes probetas:

Serie corta acorde DIN EN ISO 6892-2:

A.4 Proben für Drähte, Stäbe und Profile mit einem Durchmesser oder einer Dicke größer oder gleich 4 mm

Bei diesen Erzeugnissen werden häufig Gewindeköpfe verwendet (siehe Bild A.3 und Tabelle A.3).



Legende

d_0 Probendurchmesser in der Versuchslänge
 d_1 Metrisches ISO-Gewinde
 r Übergangsradius
 h Kopfhöhe

L_0 Anfangsmesslänge ($L_0 = 5 d_0$)
 L_c Versuchslänge ($L_c \geq L_0 + d_0$)
 L_t Gesamtlänge der Probe

Tabelle A.3 — Beispiele für zylindrische Proben mit Gewindeköpfen

Maße in Millimeter

d_o	L_o	d_1	r min.	h min.	L_c min.	L_t min. ^a
4	20	M6	3	6	24	41
5	25	M8	4	7	30	51
6	30	M10	5	8	36	60
8	40	M12	6	10	48	77
10	50	M16	8	12	60	97
12	60	M18	9	15	72	116
14	70	M20	11	17	84	134
16	80	M24	12	20	96	154
18	90	M27	14	22	108	173
20	100	M30	15	24	120	191
25	125	M33	20	30	150	234

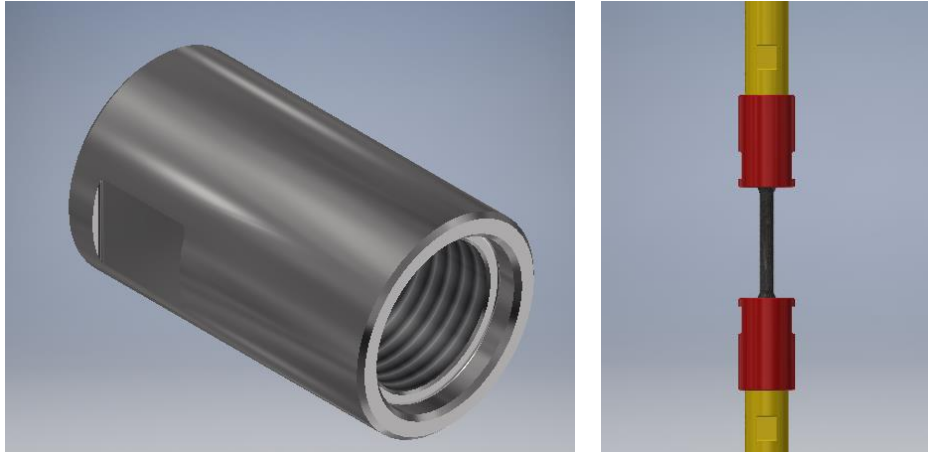
^a Der Mindestwert ist nur dann ausreichend, wenn der Übergangsradius r , die Kopfhöhe h und die Versuchslänge L_c die Mindestwerte sind.

Como se muestra en la tabla anterior, se seleccionó para el diseño de las mordazas y la selección del horno la probeta diámetro reducido $d_o = 14$ mm, por ser la unión roscada a las mordazas la que presenta un factor de seguridad más cercano a lo definido en nuestro diseño para la carga máxima aplicada. Para probetas de menores dimensiones, la rosca tendrá mayores esfuerzos para la misma carga, por ende menores factores de seguridad en el diseño de las mordazas, por lo que la carga máxima a utilizar será menor a la establecida para la máquina. En caso de que las dimensiones sean mayores, se podrán diseñar mordazas que posean un factor de diseño mayor y por ende más resistentes.

Como se estableció en el párrafo anterior tamaño de la conexión roscada de la probeta va a definir las dimensiones de las mordazas, las cuales pueden ser reemplazadas si se elige utilizar otras de las probetas estándar.

La norma ISO 204 exige que la probeta se encuentre a la temperatura de ensayo especificada y a la vez las mordazas de la probeta y accesorios se encuentren bajo equilibrio térmico, con el fin de garantizar un gradiente de temperaturas muy bajo en la zona afectada por la medición, por lo tanto el largo de la probeta definirá las dimensiones de la zona caliente del horno a seleccionar.

3.1.2.4 Mordazas de sujeción de probeta.



Como base para el diseño de las mordazas se tomaron en cuenta dispositivos que se encuentran en el mercado para máquinas de las mismas características, las cuales presentan uniones roscadas en ambos extremos, para la conexión de la probeta y las barras de tracción.

El diseño comienza con una preselección del material a utilizar, este debe soportar como valor límite una carga de 100 KN y temperaturas de 1100 °C en base a las especificaciones de diseño. Esto no quiere decir que deban cumplirse los valores límites simultáneamente, sino que se detallaran determinadas temperaturas y cargas para los valores límites y para valores intermedios de condiciones de ensayo.

Para la preselección del material, se analizan se comparan los esfuerzo de fluencia de los mismos, el cual será el parámetro a tomar como esfuerzo máximo a soportar, de diferentes materiales a diferentes temperaturas.

En base a este análisis se reduce la preselección a dos materiales, los cuales son utilizados por proveedores y soportan mayores cargas, lo que permite reducir la dimensión de las mordazas y poseen un costo por kg similares al resto. Los dos materiales preseleccionados son el Inconel 718 e Inconel 713 C.

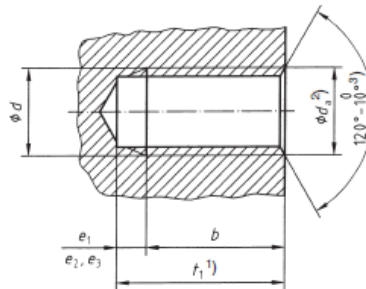
3.1.2.4.1 Diseño de la mordaza.

Preseleccionado el material se comienza con el diseño de la geometría de la misma.

Partiendo de la probeta estandarizada, se tiene que la unión a esta es roscada, mediante una rosca métrica de M20x2,5 y una longitud de roscado de 17 mm.

El lado contrario está unido mediante rosca a las barras de tracción que como se verá más adelante se requirió en base al diseño y cálculos de la misma una rosca métrica M30x3,5.

En base a la recomendación de las roscas de la norma ISO en DIN 13-1, de la siguiente tabla se realiza la geometría de las roscas.



Thread pitch, P	Nominal diameter(s), d (coarse thread)	Thread run-out *) (guideline values)			Thread undercut					
		e_1	e_2	e_3	d_g	g_1 Min.		g_1 Max.		r
						Type C	Type D	Type C	Type D	
2	14; 16	9,3	5,8	14,8	$d + 0,5$	8	5	10,3	7,3	1
2,5	18; 20; 22	11,2	7	17,9	$d + 0,5$	10	6,3	13	9,3	1,2
3	24; 27	13,1	8,2	21	$d + 0,5$	12	7,5	15,2	10,7	1,6
3,5	30; 33	15,2	9,5	24,3	$d + 0,5$	14	9	17,7	12,7	1,6
4	36; 39	16,8	10,5	26,9	$d + 0,5$	16	10	20	14	2
4,5	42; 45	18,4	11,5	29,4	$d + 0,5$	18	11	23	16	2

Definidas ambas roscas, se realiza el cálculo de esfuerzos para ambas uniones roscadas, para determinar si dicha configuración posee un factor de seguridad acorde a lo requerido.

El cálculo de roscas como bien se definió anteriormente se realiza con dos bibliografías distintas, para poder definir que la rosca es acorde por distintos métodos.

Debido a que en la unión roscada barra de tracción – mordaza, los materiales son los mismos se utiliza la formula detallada en el anexo “Bibliografía cálculo de uniones roscadas” para dicha unión de elementos iguales. En el caso de la probeta, el material puede tener mayor, menor o igual resistencia, debido a que los matearles a ensayar pueden ser diversos, se considera que el material a ensayar es el mismo para el cálculo de unión roscada.

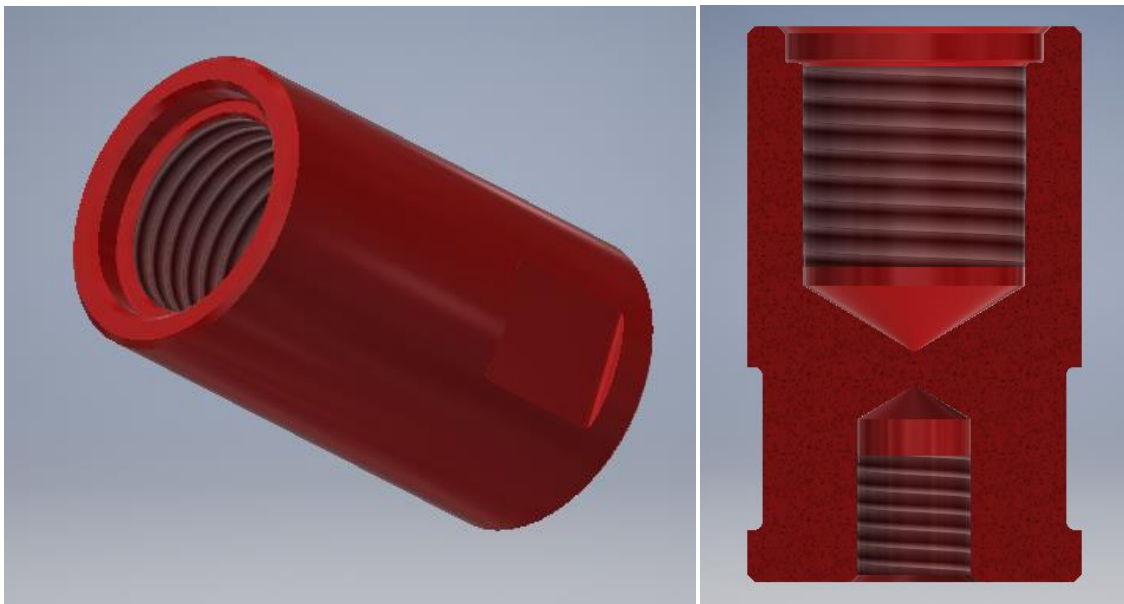
Se observa que el factor de seguridad el criterio de Norton es más conservador, por lo tanto será el valor a utilizar en ambas roscas. A su vez se ve que ambos factores de diseño se encuentran dentro de lo considerado acorde para esta pieza, debido a que será la pieza más comprometida de la aplicación de carga, debido a la temperatura a la cual se encuentra sometida, dicha pieza se realizará del menor tamaño posible para su reemplazo luego de su vida útil.

A su vez como se observa en la imagen del diseño a continuación, en la parte superior de la rosca del acople con la barra de tracción, se realizó un alojamiento, el cual permitirá el correcto centrado de la mordaza con la barra, de manera de evitar esfuerzos de flexión sobre la probeta, siendo estos lo más axiales posibles dentro de los parámetros permitidos por las normas utilizadas para este diseño.

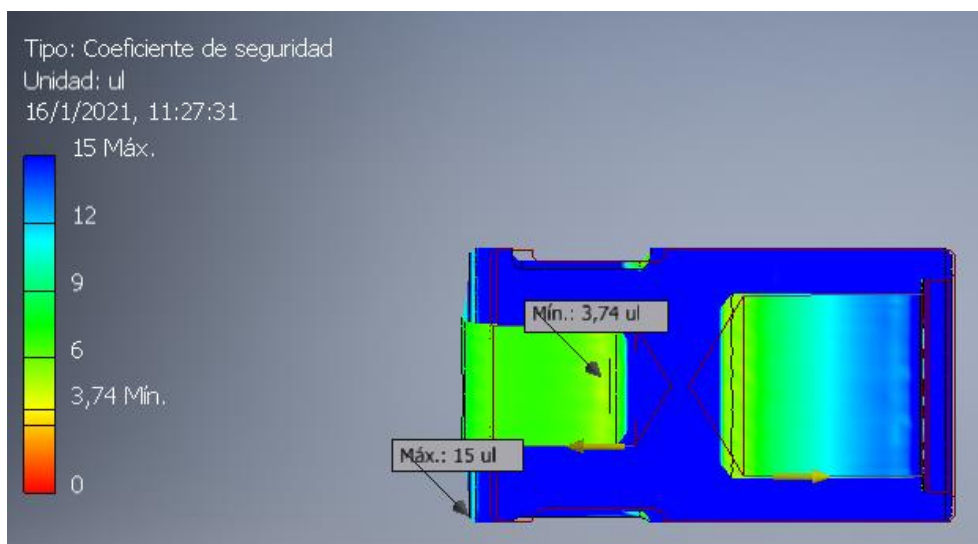
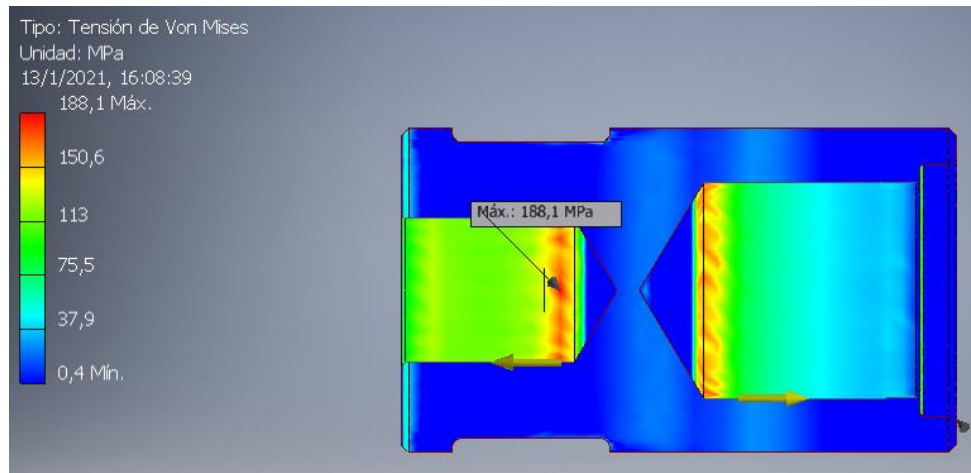
Posterior a esto se realiza una geometría inicial para realizar la simulación de esfuerzos mediante un programa de modelado 3D. Esto permite determinar si la pieza puede soportar los esfuerzos térmicos y de carga solicitada y con qué factor de diseño lo hace.

En base a esta simulación se realizan modificaciones para mejorar el factor de diseño de la misma.

3.1.2.4.1.1 *Diseño 3D de la mordaza de conexión a probeta.*



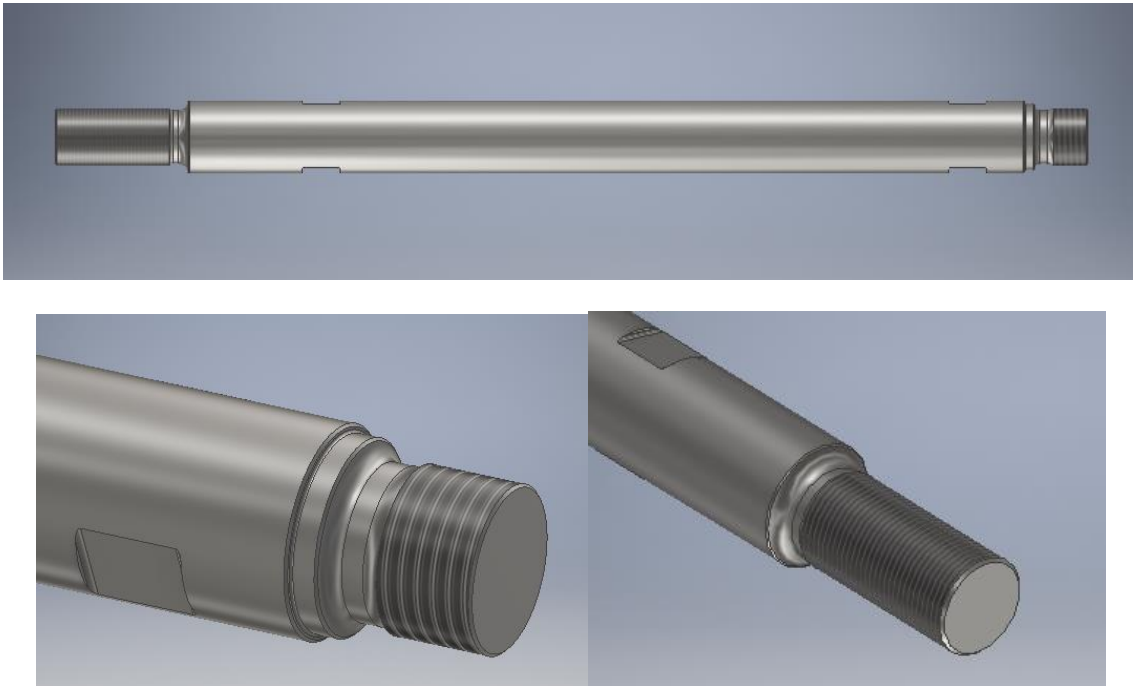
De dicho diseño se realiza la simulación para la temperatura y carga que generan un mayor esfuerzo sobre la misma, para determinar el menor factor de seguridad.



Como se observa el punto más solicitado presenta un factor de seguridad de 3.7 lo cual el diseño puede considerarse correcto.

Este último diseño presentado surge de un proceso iterativo de variación de las condiciones geométricas de la pieza, debido a su relación con las barras de tracción, las cuales también sufrieron varias modificaciones durante la etapa de diseño.

3.1.2.5 Barras de tracción



El proceso de diseño de las barras de tracción se realizó de manera iterativa en conjunto con las mordazas debido a su vinculación.

El primer paso consistió en definir el material a utilizar, el cual como se definió en la mordazas, debido a que parte de la barra se encontrara sometidas a altas temperaturas el material que mejor cumple con las condiciones solicitadas es el Inconel 713C.

Por lo que se utilizará el mismo material de las mordazas. Sus propiedades fueron definidas anteriormente.

Distribución de las temperaturas:

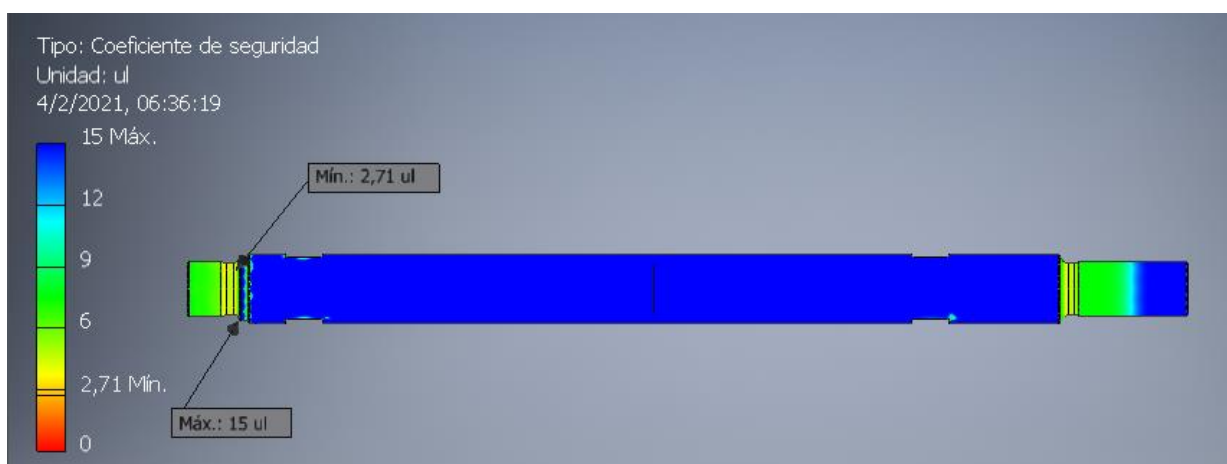
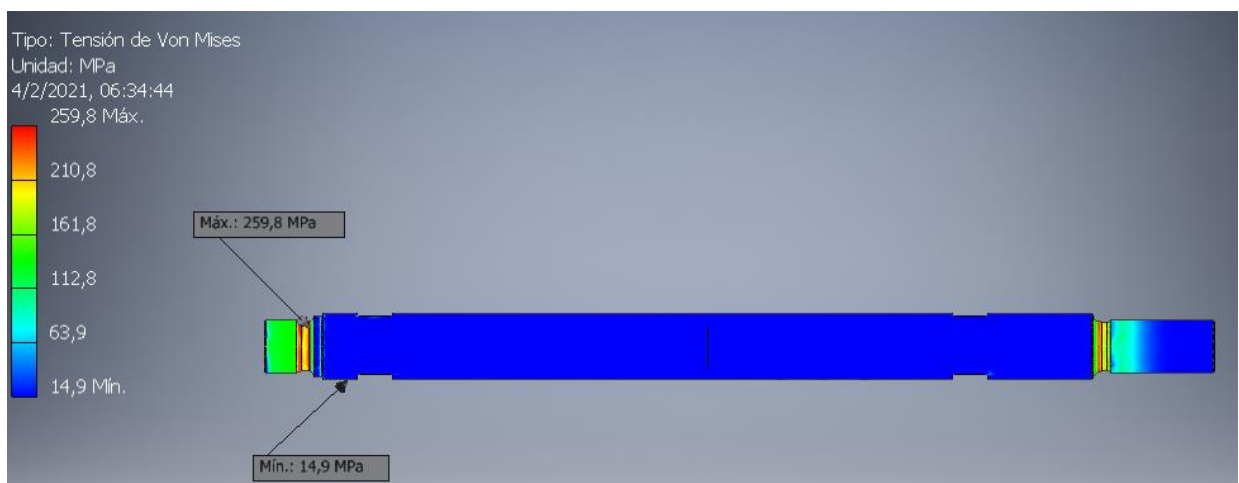
Dado que las probetas y mordazas se encuentran calefaccionadas, estas conducen el calor aportado por el horno hacia el resto de los componentes, generando un gradiente térmico. La celda de carga que se encuentra conectada a una de las barras de tracción no puede someterse a más de 50°C para que trabaje con compensación térmica. A su vez la otra barra de tracción se encuentra conectada a la rótula inferior, la cual debe estar sometida a una temperatura inferior de los 150 °C.

Para estimar la distancia mínima que se debe dejar entre la celda de carga y el horno, se realiza el cálculo de transferencia de calor con conducción y convección sobre el conjunto medio.

De la distribución de temperaturas sobre las barras de tracción surge el largo mínimo requerido de las mismas. La longitud mínima total de la barra de tracción superior fuera del área de temperatura del horno es de 435 mm, por lo que la longitud utilizada será 440 mm.

La longitud mínima de la barra inferior, de manera que la rotura está sometida a la temperatura establecida es 211 mm, por lo que se considera para diseño una longitud de 220 mm.

A continuación se simulan los esfuerzos sobre la barra.



3.1.2.6 Horno, control de temperatura y extensómetro

3.1.2.6.1 Horno

Las condiciones de borde a cumplir según especificaciones de diseño son las siguientes:

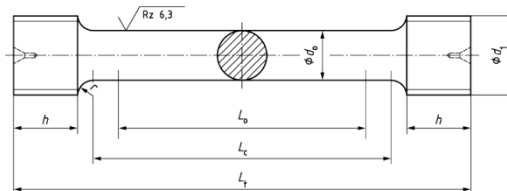
Aplicación de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura máxima de ensayo: 1100 °C - Dispositivo de aplicación de calor: Horno resistivo. - Temperatura por fuera del volumen de la máquina: Ambiente
Medición y control de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> - Instrumento de medición: termopares tipo K - Error de control de temperatura : $\leq 2^{\circ}\text{C}$ (Norma ASTE E-139 -06) - Precisión de medición: $\pm 1\%$ temperatura aplicada. (ISO 204) - Resolución de instrumento: $\leq 0,5^{\circ}\text{C}$ (ISO 204)

Además de los parámetros establecidos en la tabla anterior debe tenerse en cuenta que la zona caliente del horno debe cubrir por completo las probetas estándar a utilizar y las mordazas. A su vez el diámetro de estas últimas debe ser contenido dentro de esta zona del horno.

En la siguiente tabla se definen las longitudes de las probetas estándar:

A.4 Proben für Drähte, Stäbe und Profile mit einem Durchmesser oder einer Dicke größer oder gleich 4 mm

Bei diesen Erzeugnissen werden häufig Gewindeköpfe verwendet (siehe Bild A.3 und Tabelle A.3).



Legende

d_0 Probedurchmesser in der Versuchslänge	L_0 Anfangsmesslänge ($L_0 = 5 d_0$)
d_1 Metrisches ISO-Gewinde	L_c Versuchslänge ($L_c \geq L_0 + d_0$)
r Übergangsradius	L_t Gesamtlänge der Probe
h Kopfhöhe	

Tabelle A.3 — Beispiele für zylindrische Proben mit Gewindeköpfen

Maße in Millimeter

d_o	L_o	d_1	r min.	h min.	L_c min.	L_t min. ^a
4	20	M6	3	6	24	41
5	25	M8	4	7	30	51
6	30	M10	5	8	36	60
8	40	M12	6	10	48	77
10	50	M16	8	12	60	97
12	60	M18	9	15	72	116
14	70	M20	11	17	84	134
16	80	M24	12	20	96	154
18	90	M27	14	22	108	173
20	100	M30	15	24	120	191
25	125	M33	20	30	150	234

^a Der Mindestwert ist nur dann ausreichend, wenn der Übergangsradius r , die Kopfhöhe h und die Versuchslänge L_c die Mindestwerte sind.

La longitud de la zona caliente requerida será igual a:

$$L_{caliente} = L_c + 2r + 2L_{mordaza}$$

La longitud de la mordaza, dependerá de las dimensiones de la rosca de la probeta, sin embargo puede determinarse que para la probeta seleccionada al inicio, para la determinación del diseño de la mordaza, la longitud total de esta es de 70 mm, donde la longitud de roscado es de 17 mm.

Por lo tanto L_c en la condición de diseño será:

$$L_{caliente} = 84 + 2 \cdot 11 + 2 \cdot 70 = 246 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta que la longitud de roscado de la probeta determinará el largo de la mordaza, se estima que la longitud total de la misma para la probeta de $d_0=25$ mm será:

$$L_{caliente} = 150 + 2 \cdot 20 + 2 \cdot (70 + 30 - 17) = 356 \text{ mm}$$

Es decir que se buscará un horno que pueda satisfacer la mayor parte de los tamaños de probetas estándar, buscando un equilibrio entre prestaciones y costos.

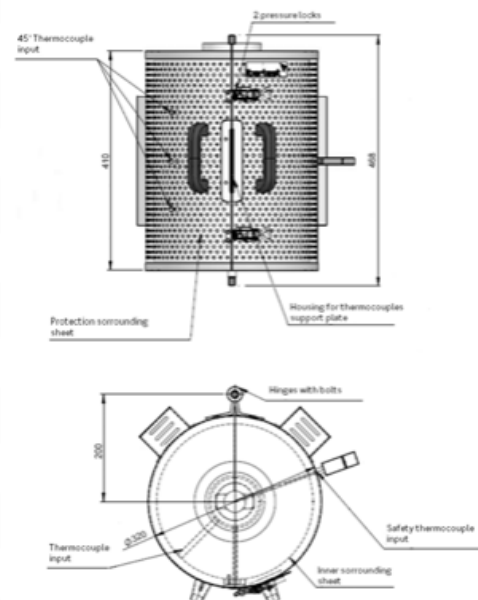
Tras un análisis de distintos dispositivos encontrados en el mercado que puedan satisfacer los requisitos anteriormente establecidos, se seleccionó el siguiente horno:

3.1.2.6.1.1 Horno seleccionado:

- Marca y modelo: Ibertest IB-TRX3-13
- Características:

Furnace

SERIE	IB-TRX3-13
Maximum working temperature:	1300 °C
Maximum working temperature for continuous works:	1200 °C
Accuracy:	±1 °C
Fluctuation of temperature control:	±2 °C
Homogeneity in 100 mm:	±5 °C
Independent heating zones	3 (100 - 100 - 100 mm)
Internal dimension (height):	300 mm
Exterior dimensions:	410 mm (height) x 320 mm (diameter)
Junction box dimensions:	240 mm (height) x 80 mm (width) x 50 mm (depth)
Upper hole diameter:	70 mm
Lower hole diameter:	40 mm
Inner hole diameter:	90 mm
Power:	1.95 kW
Power supply:	Three Phase 400 V + N+ G. 50/60 Hz

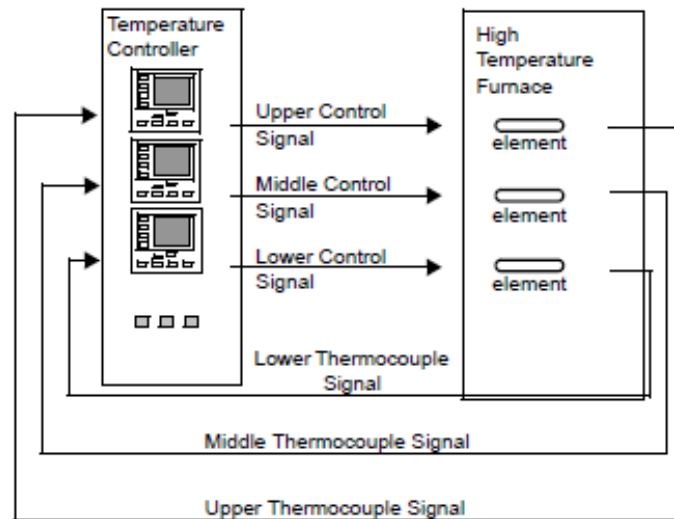


Como se observa en la tabla anterior, el horno cumple todos los requisitos establecidos en las especificaciones de diseño planteadas.

A su vez el diámetro de la zona caliente es de 90 mm, por lo que la mordaza cuyo diámetro es de 50 mm, montado de forma concéntrica al horno, se encontrará contenida en la misma sin interferencias.

El largo de esta zona es de 300 mm, por lo que la mordaza quedará contenida para la probeta utilizada para este diseño ($L_{caliente} = 246$ mm). Además permite que se ensayen probetas estándar de mayores dimensiones, hasta de diámetros $d_o = 20$ mm de la tabla de probetas normalizadas ya detalladas, abarcando un amplio rango de las mismas.

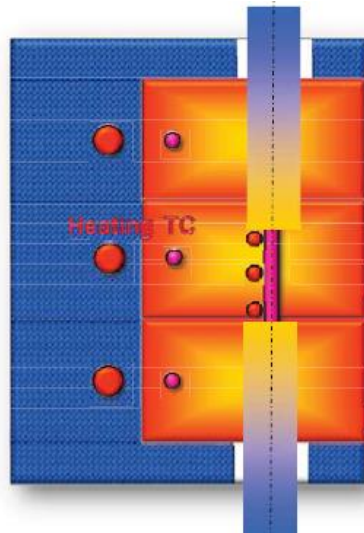
3.1.2.6.2 Controlador de temperatura y termopar



El horno será retroalimentado por el controlador de temperatura de la marca MTS, modelo 409.83 el cual contiene un módulo de control para cada zona caliente en el horno elegido, que en este caso serán tres. Cada módulo es fabricado por Eurotherm, modelo 2216.



Cada módulo de control acepta una entrada de termopar y salida de potencia proporcional al horno respectivo elemento de calefacción. Cada termopar será ubicado sobre la probeta, según normas ASTM E 139 e ISO 204, una en cada extremo paralelo y la restante en el medio.



3.1.2.6.3 Extensómetro

Se utilizará el extensómetro modelo W-E418-50, fabricado por Instron, por ser compatible con la apertura del horno. No existen comercialmente extensómetros para muy altas temperaturas que puedan trabajar con longitudes de medición mayores a 50mm.



Características:

- Longitud calibrada máxima: Hasta 50 mm.
- Deformación axial máxima: Hasta 20%.
- Temperatura operativa máxima: 1200 °C.
- Error: No mayor a 0,15%.
- Longitud de brazos: 152,4 mm.

3.1.2.6.4 Soporte horno

El diseño del soporte se realizará en base a los soportes que el proveedor del horno seleccionado utiliza en sus máquinas de ensayo.

El mismo se muestra en la siguiente figura.



Como se observa, este soporte articulado permite el movimiento del horno en los tres ejes del espacio, de manera que permite su perfecto centrado para diferentes probetas y barras de tracción. Además de permitir retirar el horno al momento de colocar la probeta o montar/desmontar las mordazas o barras de tracción, evitando posibles daños en el mismo o golpes sufridos a el operador de la máquina.

Debido a que el mismo solo debe soportar el peso del horno se utilizaran aceros estructurales, por ser el mismo de bajo costo, de uso masivo y la mayor parte de los perfiles, chapas y caños son de estos aceros.

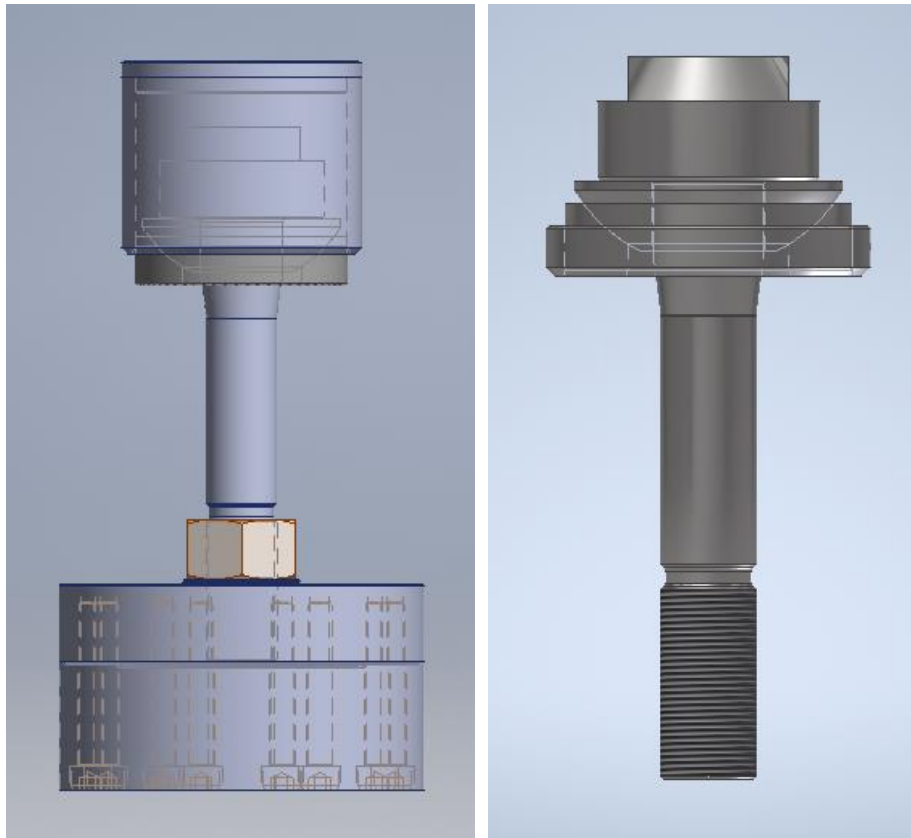


3.1.3 Diseño de conjunto superior

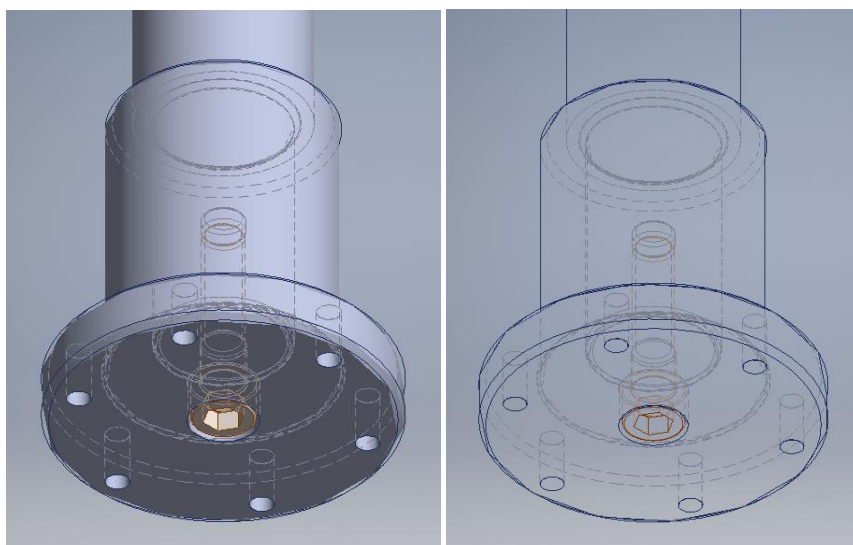
Vista general:



Vista de la rótula:



Vista de la unión entre columnas y bridas:



Dado los cambios de sección e interacciones presentes a lo largo de todo el subconjunto, se optó por realizar una simulación por elementos finitos de los esfuerzos presentes en la estructura.

A continuación, se encuentran ordenadas en tablas las tensiones máximas equivalentes presentes en cada componente, un coeficiente de seguridad y un material asignado que permite cumplir con los requisitos.

3.1.3.1 Listado de esfuerzos en la estructura y materiales asignados

Para definir los coeficientes de seguridad en la estructura se utilizó el libro Diseño de máquinas, de Robert Norton, en donde se adjunta una tabla con coeficientes de seguridad orientativos. Extracto del libro referido a los coeficientes de seguridad:

En el diseño de máquinas es posible definir lineamientos para la selección del coeficiente de seguridad, lo cual se hace con base en la calidad y lo adecuado de los datos disponibles acerca de las propiedades del material, las condiciones ambientales esperadas comparadas con aquellas bajo las cuales se obtuvieron los datos de prueba del material y la exactitud de los modelos de análisis de carga —y esfuerzo— desarrollados para el análisis. La tabla A-3 muestra un conjunto de factores para materiales dúctiles, los que es posible seleccionar en cada una de las tres categorías listadas, según el conocimiento del diseñador o la evaluación de la calidad de información utilizada. Luego, el coeficiente integral de seguridad se toma como el mayor de los tres factores elegidos. Dada la incertidumbre implicada, un coeficiente de seguridad no debería tener más de un decimal de aproximación.

$$N_{dúctil} \cong \text{MÁX}(F1, F2, F3) \quad (\text{A.1a})$$

$$N_{frágil} \cong 2 * \text{MÁX}(F1, F2, F3)$$

PROYECTO FINAL

Tabla A-3 Factores para determinar el coeficiente de seguridad en materiales dúctiles

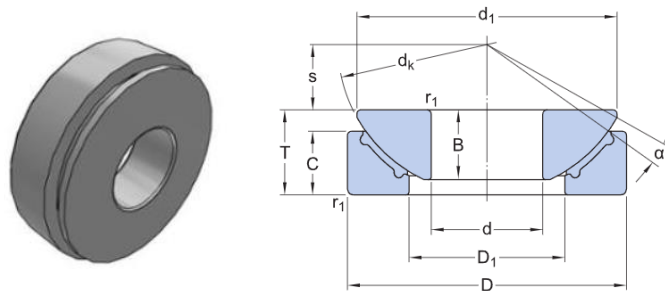
Información	Calidad de la información	Factor
		<i>F1</i>
	Se utilizó material real para la prueba	1.3
Datos de las propiedades del material obtenidos con pruebas	Están disponibles los datos de prueba del material representativo	2
	Están disponibles los datos de prueba del material aceptablemente representativo	3
	Están disponibles los datos de prueba del material poco representativo	5+
		<i>F2</i>
	Son idénticas a las condiciones de las pruebas del material	1.3
Condiciones ambientales donde se utilizará	Condiciones de temperatura ambiente	2
	Ambiente moderadamente exigente	3
	Ambiente extremadamente exigente	5+
		<i>F3</i>
Modelos analíticos de carga y esfuerzo	Los modelos se han probado con experimentos	1.3
	Los modelos representan exactamente el sistema	2
	Los modelos representan aproximadamente el sistema	3
	Los modelos son aproximaciones burdas del sistema	5+

Subconjunto	Componente	Tensiones equivalentes máximas (MPa)	Coeficiente de seguridad requerido
Superior	Placa superior	51	3
	Columnas	32	3
	Bridas	39	3
	Cabezal de rotula	280	3
	Arandela tipo aro	59	3
	Arandela plana	31	3

Componente	Tensiones admisibles requeridas (MPa)	Material requerido	Condición	Dureza
Placa superior	153	ASTM A36	De suministro	-
Columnas	96	AISI 1045	Normalizado	-
Bridas	117	AISI 1045	Normalizado	-
Cabezal de rotula	840	AISI 4340	Temple y revenido	33-37 HRc
Arandela tipo aro	177	AISI 1045	Normalizado	-
Arandela plana	93	AISI 1045	Normalizado	-

3.1.3.2 Selección de la rotula:

Para simplificar la tarea de cálculo se utilizó la herramienta para seleccionar rodamientos en la página web de SKF:



La geometría del rodamiento es la siguiente:

2.1. Bearing data

Designation	Bearing type	Principal dimensions					Angle of tilt α (°)	Basic load ratings	
		Bore	Outer diameter	Width	Width outer ring	Inner ring sphere diameter		Dynamic	Static
		d (mm)	D (mm)	B (mm)	C (mm)	d_k (mm)		C (kN)	C_0 (kN)
<u>GX 35 E</u>	Thrust spherical plain bearing	35.0	90.0	28.0	20.7	98	4.9	134.0	216.0

Las condiciones de carga son las siguientes:

Se aclara que el ángulo de oscilación está dado por el error máximo admisible por normativa del ensayo Creep, que es de 1° . Con respecto a la temperatura de 40°C , es la máxima admisible de diseño que consideramos para la celda de carga, aunque el fabricante especifica que puede trabajar con compensación térmica hasta los 50°C .

El cálculo realizado por la página web requiere de una frecuencia de oscilación, que en nuestro caso es 0, sino incurre en error. Se fue aumentando por iteración hasta obtener una vida de 10^6 ciclos.

2.2. Loads, frequency / speed or oscillation and Temperature

Input frequency / speed or oscillation		Frequency							
Friction Coefficient, μ		0.125							
Designation	Load cases	Forces		Frequency	Angle	Load direction	Temperature	Case weight	
		Radial (kN)	Axial (kN)	min^{-1}	Half the angle of oscillation ($^{\circ}$)				$^{\circ}\text{C}$
<u>GX 35 F</u>	LC1	0.873	99.996	0.1	0.5	Constant	40	1	

Se obtiene una vida útil de 177000 horas, con la aclaración de que si se re lubrica la rótula se puede aumentar la vida útil hasta el doble. Lo anterior se puede volver práctico estableciendo una rutina y grasa/aceites apropiados.

3.1. Bearing rating life

Designation	Basic rating life	
	G_h (h)	G (Oscillations)
<u>GX 35 F</u>	177000	1063000

Consideration

The basic rating life can be doubled if the bearings are relubricated occasionally.


3.1.3.3 Selección de cáncamos:


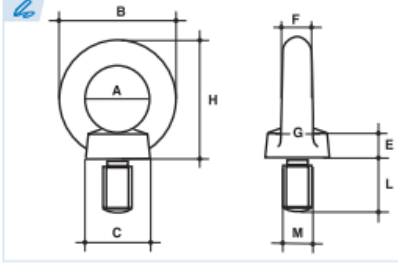
Se colocaran cáncamos de elevación para el conjunto superior, que pesa aproximadamente 385 kg, acorde a la norma DIN 580.

Se eligió el cáncamo con la Carga Máxima Útil a 90° (la peor condición) de 600 kg, que es el que posee rosca M20x2.5, dando un coeficiente de seguridad mayor 6, según tabla adjunta.

Por cuestiones prácticas, serán 2 cáncamos repartidos de manera simétrica y equidistante. En esta configuración, el arreglo soporta 1720 kg, permitiendo elevar el equipo completo si se lo requiere (no se recomienda hacerlo), respetando el coeficiente de seguridad de 6.

Ver tabla a continuación, donde se adjunta propiedades de los cáncamos:

DIN 580 

Cáncamo de elevación macho
Lifting eye bolt
Anneau de levage mâle
Olhal com rosca exterior

Acero: C15E (0,025%-0,050% Al)
Steel: C15E (0,025%-0,050% Al)
Acier: C15E (0,025%-0,050% Al)
Aço: C15E (0,025%-0,050% Al)

Acabado cincado blanco
Galvanised finish
État de surface: zingué blanc
Acabamento zincado branco

Coefficiente de seguridad = 6
Safety factor = 6
Coefficient de sécurité = 6
Coeficiente de segurança = 6

CMU Carga máxima de utilización
Working load limit
Charge maximale d'utilisation
Carga máxima de trabalho

Par de apriete máximo
Maximum tightening torque
Couple de serrage maximum
Binário de aperto máximo

Ref.	M	A	B	C	E	F	G	H	L	CMU 90° (Kg)	CMU 45° (Kg)	CMU 30° (Kg)	Num _{max}	Kg.
580-6	M6*	20	36	20	6	8	10	36	13	90	60	45	3,5	0,06
580-8	M8	20	36	20	6	8	10	36	13	140	100	70	8	0,06
5850-10	M10	25	45	25	8	10	12	45	17	230	170	115	16	0,11
580-12	M12	30	54	30	10	12	14	53	20,5	340	240	170	28	0,17
580-14	M14*	30	54	30	10	12	14	53	20,5	500	350	250	45	0,17
580-16	M16	35	63	35	12	14	16	62	27	700	500	350	70	0,31
580-18	M18*	35	63	35	12	14	16	62	27	930	650	465	95	0,48
580-20	M20	40	72	40	14	16	19	71	30	1.200	860	600	135	0,48

3.1.3.4 Verificación de columnas por pandeo

Se adjunta tabla de la verificación por pandeo de las columnas por Euler:

Sección de la columna	1963,49	mm ²
Distancia fibra exterior	25	mm
Longitud efectiva	1525	mm
K	0,5	
Modulo de elasticidad	205000	MPa
Momento de inercia	306795,90	mm ⁴
Carga de pandeo	1067,63	KN

Siendo la carga de pandeo de 1067,63 KN para cada columna, se puede verificar contra la carga de servicio de 100 KN.

3.1.3.5 Celda de carga de compresión y tracción:

- Marca y modelo: Laumas CLK10000.
- Fabricación según normas OIML R60.
- Capacidad de 100 KN bidireccional.
- Error combinado de $\pm 0,1\%$, las normas estipulan hasta $\pm 1\%$.

- Rango de compensación térmica desde -10 °C hasta 50 °C.
- Rango de temperaturas operativas amplio, desde -30 °C hasta 70 °C.
- Bajo efecto de la temperatura a lo largo de la escala, de unos 0.002% por grado centígrado.
- Grado de protección IP67.

CAPACIDAD	kg	PESO NETO (kg)
10000		10.5
20000		11

Ilustración 1: Capacidad de carga.

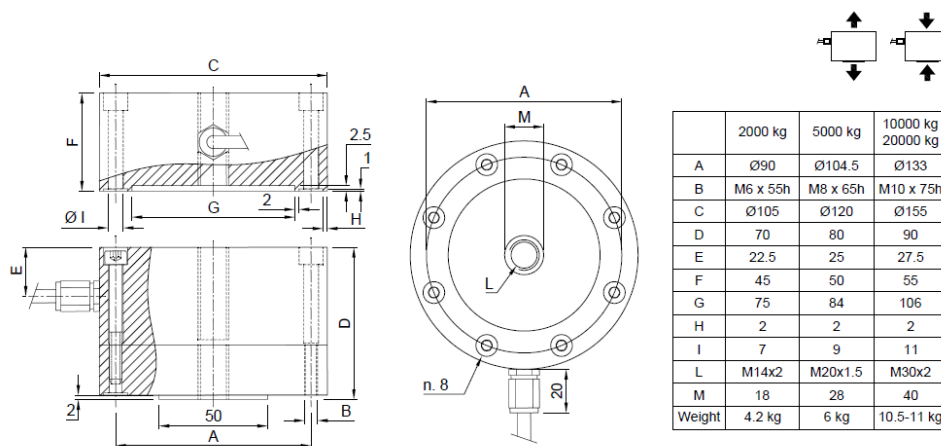


Ilustración 2: Dimensiones.

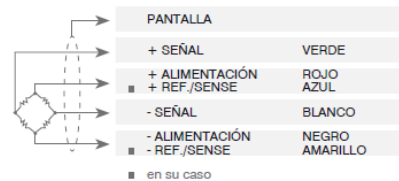
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Material	Acero especial	
Carga nominal (E max)	2000 - 5000 kg	10000 - 20000 kg
Error combinado	≤ ±0.05%	≤ ±0.1%
Grado de protección	IP67	
Sensibilidad	2 mV/V ±0.3%	Resistencia de entrada 352 Ω ±3
Efecto de la temperatura en cero	0.002% °C	Resistencia de salida 400 Ω ±20
Efecto de la temperatura en el fondo de escala	0.002% °C	Balace en cero ±1%
Compensación térmica	-10 °C / +50 °C	Resistencia de aislamiento >5000 MΩ
Rango de temperatura de trabajo	-30 °C / +70 °C	Carga estática máxima (% en el fondo de escala) 150%
Fluencia en carga nominal después de 30 minutos	0.03%	Carga de rotura (% en el fondo de escala) 200%
Tensión de alimentación máxima tolerada	15 V	Deflexión con carga nominal 0.3 mm

Ilustración 3: Características.

CONEXIONES ELÉCTRICAS

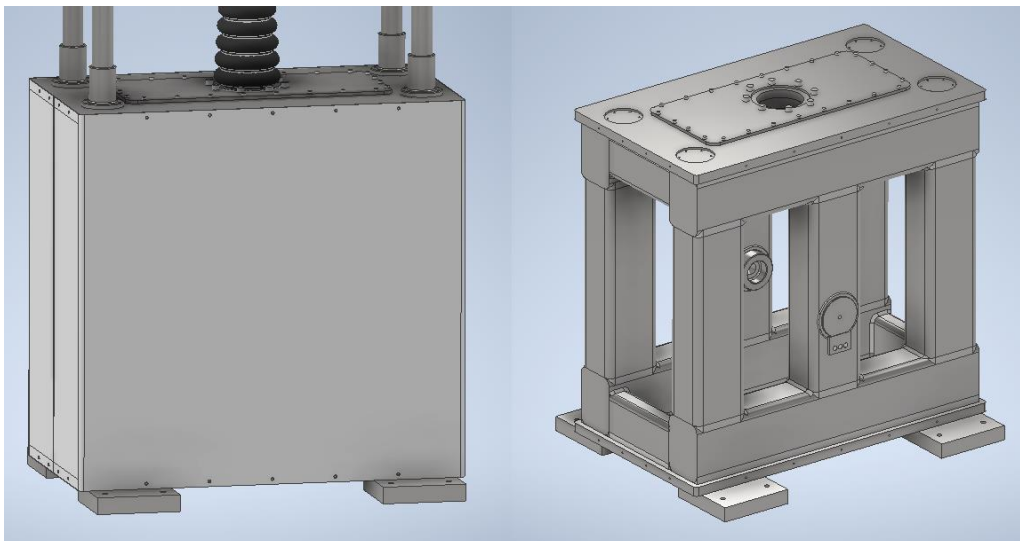
Longitud de cable	12 m
Diámetro del cable	6 mm
Hilos conductores	4/6 x 0.24 mm ²



3.1.4 Diseño de conjunto inferior

3.1.4.1 *Introducción*

En el interior del bastidor está montado el actuador electromecánico, el sistema de aplicación de carga. A continuación, vista con accesorios y sin accesorios de la estructura resistente:



El bastidor y el actuador están vinculados por dos soportes principales, ubicados en la estructura restringiéndolo verticalmente sobre los bujes de sujeción y en la placa superior del bastidor restringiendo su desplazamiento pivotante generado por los bujes de sujeción.

El análisis del conjunto inferior comprende los siguientes subconjuntos:

- Estructura del bastidor y placa superior del bastidor con superficie de apoyo para las bridas del conjunto superior y soporte guía del actuador.
- Acoplamiento entre cabezal de rotula del vástago del actuador y barra de tracción inferior.
- Soportes del actuador sobre la estructura del bastidor.
- Selección de patas/anclaje de la maquina.
- Selección del actuador electromecánico.

3.1.4.2 Estructura del bastidor y placa superior del bastidor con superficie de apoyo de las bridas del conjunto superior y soporte guía del actuador.

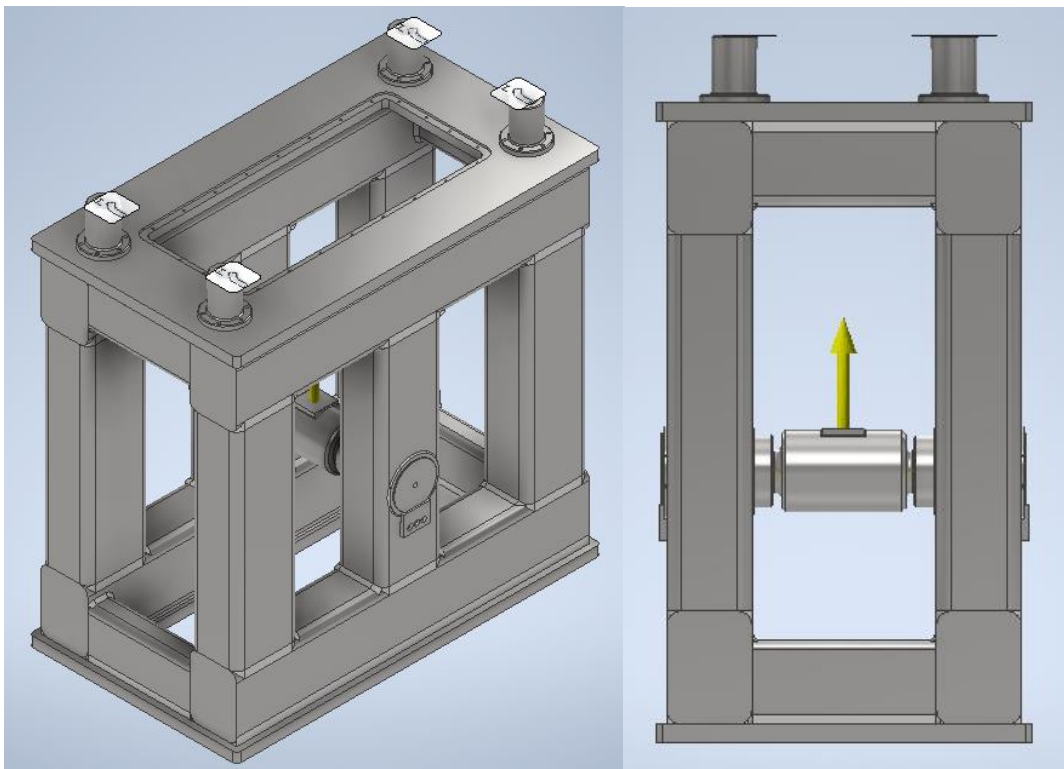
Analizamos la estructura del bastidor teniendo en cuenta la carga del actuador a la que está sometida el conjunto inferior de la máquina.

Para el análisis se realiza una simulación por elementos finitos de los esfuerzos presentes en la estructura.

La carga máxima considerada como fuerza externa es la máxima posible a ensayar, que es 100 KN.

La fuerza externa será aplicada sobre los dos alojamientos donde apoya el actuador, el cual será reemplazado con un eje ficticio donde se aplica la carga.

El conjunto inferior incluye las bridas del conjunto superior, donde se aplicaran las restricciones.



3.1.4.3 Listado de esfuerzos en la estructura y materiales asignados

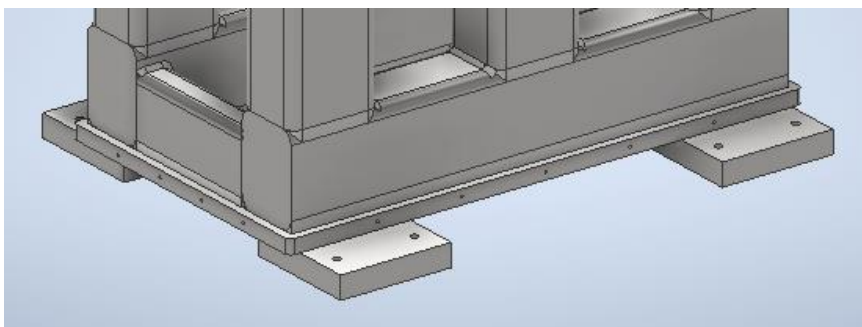
Para definir los coeficientes de seguridad en la estructura se utilizó el mismo criterio que en el conjunto superior, extraído del libro Diseño de máquinas, de Robert Norton.

Subconjunto	Componente	Tensiones equivalentes máximas (MPa)	Coefficiente de seguridad requerido
Inferior	Estructura en general	Menor a 40	3
	Bujes/cajera	24	3
	Pernos	53	3

Componente	Tensiones admisibles requeridas (MPa)	Material requerido	Condición	Dureza
Estructura en general	120	AISI 1010/1020	Recocido	-
Bujes/cajera	72	AISI 1045	Recocido	-
Pernos	159	AISI 4340	Temple y revenido	33-37 HRc

3.1.5 Anclajes y bases de la maquina

Consta de cuatro placas sobresalientes de la base. Cada placa posee dos agujeros para anclajes HSL-3-R M12 tipo Hilti a fundaciones para maquinas de ensayo.



Se adjunta cálculo de fundación con sistema de anclaje Hilti en el Anexo de la etapa correspondiente.

3.1.6 Selección de actuador lineal electro-mecánico



Ilustración 4

Los actuadores lineales electromecánicos permiten movimientos de empuje/tracción precisos, controlados y repetibles en aplicaciones de accionamiento lineal.

La selección del cilindro se realizará en base a los siguientes recursos dados por el fabricante SKF.

Catálogos:

- [..\..\..\Dropbox\PROYECTOS\Proyecto final\Maquina de ensayo crep\Actuadores electromecánicos e hidráulicos\Actuadores neumáticos y electromecánicos\High-performance-actuator-catalogue-\(HPA\)-v1.pdf](..\..\..\Dropbox\PROYECTOS\Proyecto final\Maquina de ensayo crep\Actuadores electromecánicos e hidráulicos\Actuadores neumáticos y electromecánicos\High-performance-actuator-catalogue-(HPA)-v1.pdf)
- <..\..\..\Dropbox\PROYECTOS\Proyecto final\Maquina de ensayo crep\Actuadores electromecánicos e hidráulicos\Actuadores neumáticos y electromecánicos\Electric-cylinder-SRSA-SVSA-and-SLSA-catalogue.pdf>

Web: Este proveedor dispone de una página web que, en función de tus necesidades, te recomienda la mejor opción.

<http://www.skf.com/skf/campaign/IDemarketing/actselector/index.html7>

3.1.6.1 Selección rápida por aplicación Web

1. Selección del tipo de producto.

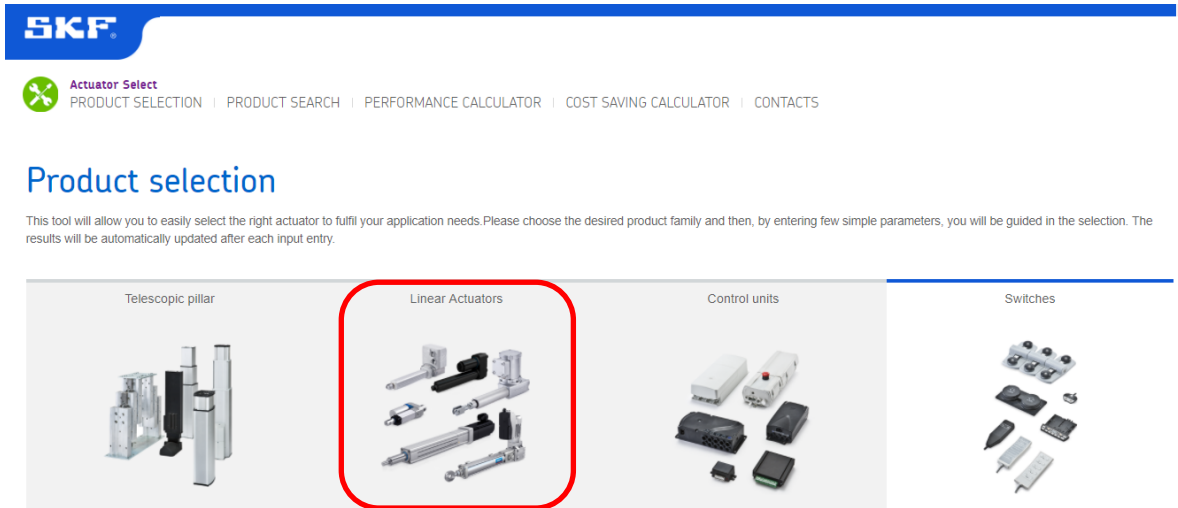


Ilustración 5

2. Cargar datos principales.

- Recomendación para carga máxima en la aplicación.

En nuestro caso la carga máxima de ensayo son 100 KN, que será la carga nominal en esta selección.



Ilustración 6

Se selecciona el modelo SRSA-S-4815, ya que el diseño de todos estos modelos son iguales, pero varía su tamaño, por lo que se elige el menor de estos, de manera de no sobredimensionar el diseño.

A su vez se entiende que este al ser más pequeño, su precio es menor.

Sabiendo que la selección anterior es una guía rápida que provee recomendaciones del fabricante, se utilizara los catálogos mencionados para realizar una selección más óptima.

Fuerza y velocidad requerida:

Carga máxima (KN)	100
Velocidad Lineal Max (mm/s)	1,67
Velocidad lineal Min (mm/s)	0,000167

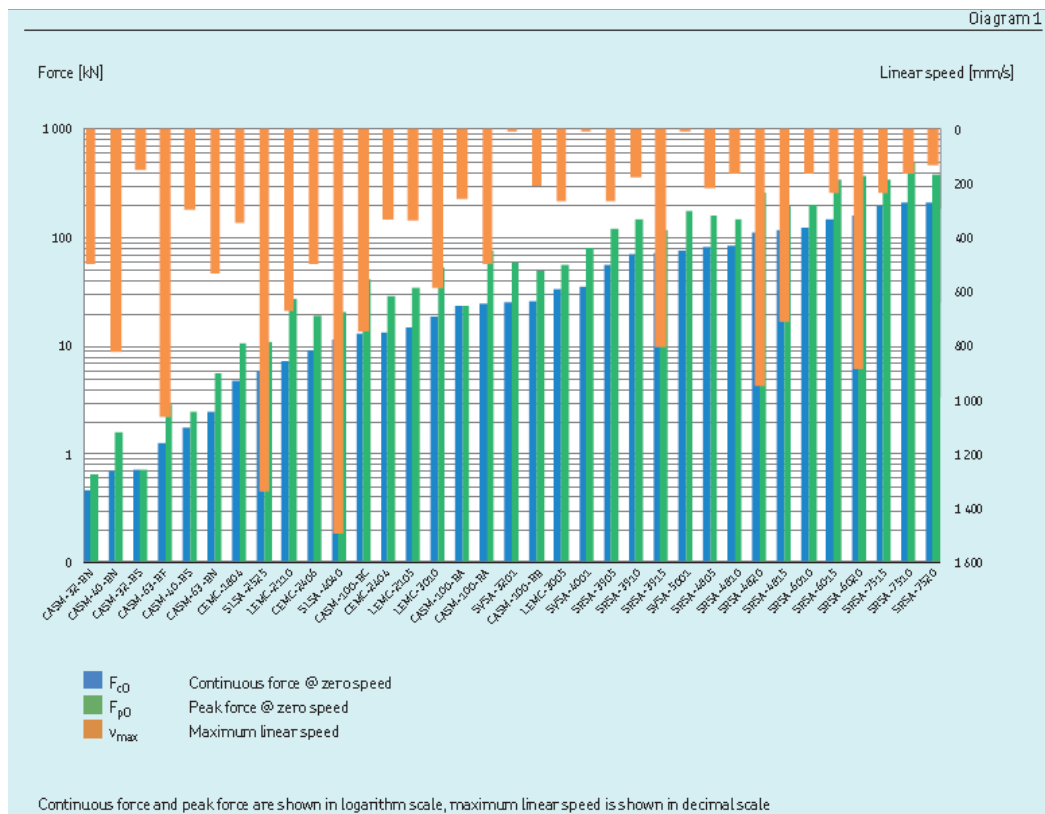
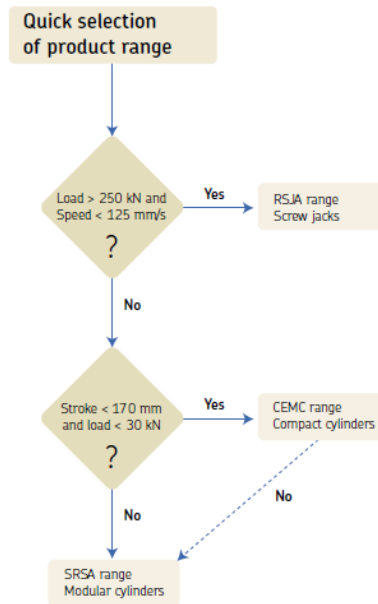


Ilustración 7

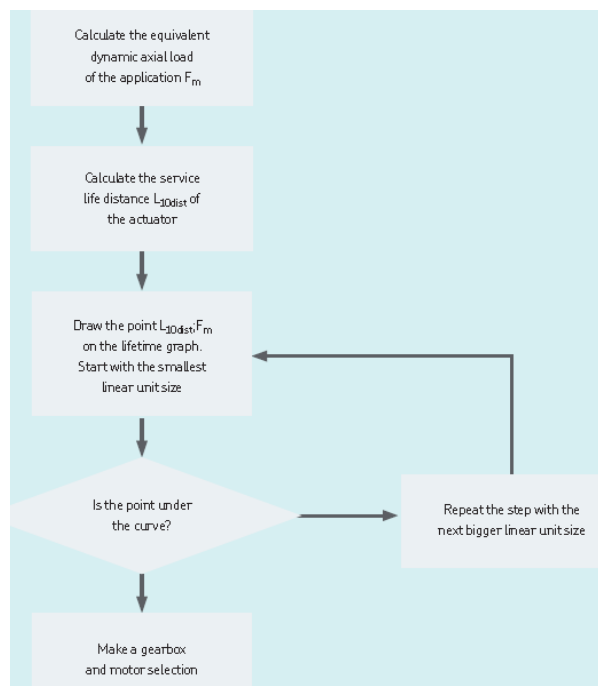
Como se ve en la tabla anterior los modelos que mejor se acoplan a nuestras necesidades de carga constante superior a 100 KN y las menores velocidades son la serie SRSA 48-xx, 60-xx, 75-xx.

Para respaldar la selección, se utiliza el siguiente diagrama de flujo y cuadro, en los cuales se puede observar que para nuestras condiciones, la selección anterior es correcta.



3.1.6.2 Proceso de selección

Se seleccionará la unidad lineal correcta y el motor que satisfacen las necesidades. El proceso de selección será el siguiente:



3.1.6.3 *Distancia de vida del actuador*

La distancia de vida de servicio L_{10dist} se define como la vida en km que el 90% de un grupo suficientemente grande de actuadores aparentemente idénticos se espera que puedan alcanzar o superar.

Valores de nuestro diseño

Fuerza dinámica equivalente

$F_m = 100$ KN, ya que es la carga constante máxima a ensayar.

Calculo de distancia de vida:

Para realizar el cálculo se realizan algunas consideraciones:

- Se considera que se realiza un ensayo por día.
- Se considera que la distancia de recorrida máxima, ya que es el caso más desfavorable.
- Se considera que este ensayo se realizara de manera interrumpida por los años de vida seleccionados.

1 Ensayo por día

Calculo de vida útil	
Tiempo esperado de vida (años)	20
Tiempo esperado de vida (Horas)	175200
Tiempo esperado de vida (días)	7300
Distancia recorrida del actuador por día (mm)	250
Distancia de vida (mm)	1825000
Distancia de vida (km)	1,83

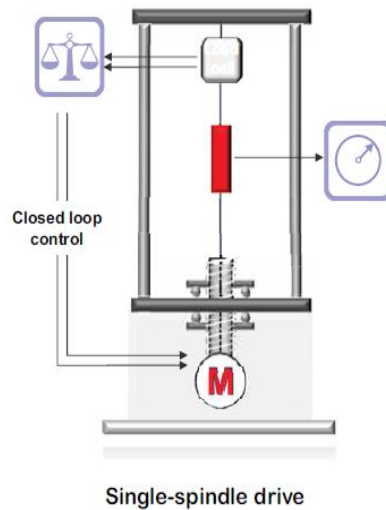
El modelo que cumple con los requisitos es el SRSA, y de estos más específicamente el de menor tamaño es el SRSA-4815. Por lo que será el modelo seleccionado.

3.1.7 Aplicación de carga

Este sistema está formado por una celda de carga que medirá el valor de la fuerza aplicada.

El ensayo se realiza a esfuerzo constante por lo que este elemento deberá controlar el motor del actuador, de manera que ante una disminución de esta fuerza, el vástago se desplace hacia abajo incrementándola o a la inversa, desplazándose hacia arriba para disminuirla.

El movimiento del vástago del actuador debe ser preciso y controlado. Por esto es accionado por un servomotor, que tiene la capacidad de controlar el movimiento de su eje, la velocidad, aceleración, par y posición.

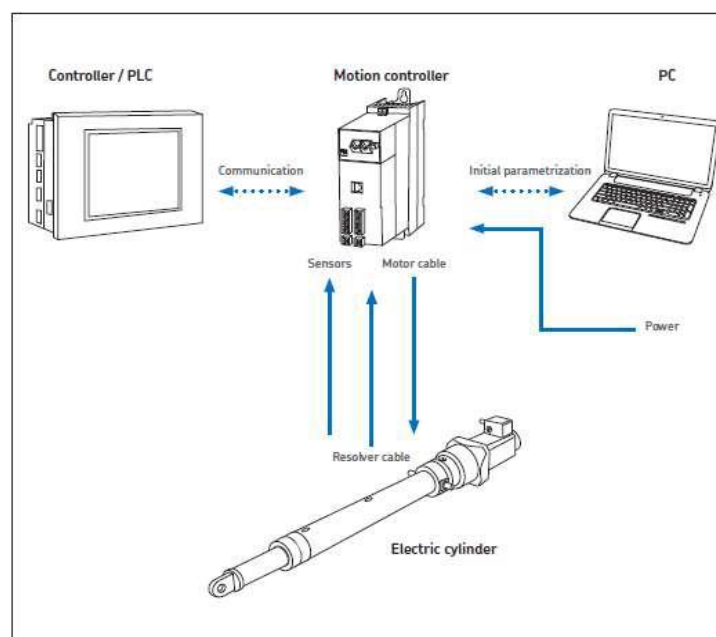


3.1.7.1 Sistema de control de carga

Las señales emitidas por la celda serán enviadas a un PLC (Controlador lógico programable), de manera de controlar si las mismas se encuentran dentro del rango de fuerza establecido y en caso de no ser así, enviar la señal correspondiente al motor del actuador.

Esta orden emitida del PLC requiere de otro equipo, que es el controlador de movimiento o Driver del servomotor, el cual interpreta y ejecuta las órdenes de movimiento enviadas a este.

Además, este driver es el encargado de alimentar eléctricamente el servomotor.



Servomotor seleccionado: **L70-LD5**

Designation	Symbol	Unit	Servo motor and inline adapter L70 LD5
Performance Data			
Continuous force @ zero speed	F_{c0}	kN	116,5
Continuous force @ max. speed	F_c	kN	66,3
Peak force @ zero speed	F_{p0}	kN	192,9
Peak force @ max. speed	F_p	kN	140,5
Dynamic load capacity	C	kN	258
Holding force (motor brake option)	F_{hold}	kN	127
Max. linear speed	v_{max}	mm/s	107
Max. acceleration	a_{max}	mm/s ²	2,4
Duty cycle	D	%	100
Mechanical Data			
Screw type	–	–	Rollerscrew
Screw diameter	d_{screw}	mm	48
Screw lead	p_{screw}	mm	15
Lead accuracy	–	–	65
Stroke ¹⁾	s	mm	100...1200
Internal overstroke each side	s_0	mm	5
Backlash ²⁾	$s_{backlash}$	mm	0
Gear reduction	i	–	7
Inertia @ 0 mm stroke	J	10 ⁻⁴ kgm ²	120,06
Δ Inertia per 100 mm stroke	ΔJ	10 ⁻⁴ kgm ²	0,08
Inertia of optional brake	J_{brake}	10 ⁻⁴ kgm ²	12,40
Weight @ 0 mm stroke	m	kg	144
Δ weight per 100 mm stroke	Δm	kg	5,7
Weight of optional brake	m_{brake}	kg	3,1
Weight of anti-rotation @ 0 mm stroke	$m_{antirot}$	kg	3,6
Δ Weight of anti-rot. per 100 mm stroke	Δ $m_{antirot}$	kg	0,7
Electrical Data			
Motor type	–	–	Servo
Nominal voltage	U	VAC	400
Nominal current	I	A	30,5
Peak current	I_{peak}	A	56
Nominal power	P	kW	9,11
Environment and Standards			
Ambient temperature	$T_{ambient}$	°C	0...+40

¹⁾ By 100 mm steps
²⁾ Backlash elimination up to stroke 600 mm. For longer strokes $s_{backlash} = 0,02$ mm.

Controlador de movimiento: **SINAMIC S110**

SINAMICS S110 – El accionamiento de posicionamiento sencillo para aplicaciones monojeje



SINAMICS S110: Power Modules FM240-2, forma Blocksize, con Control Unit CU305 y BOP20

SINAMICS S110 puede utilizarse para muchas aplicaciones. Algunos ejemplos son:

- Manipuladoras
- Dispositivos de alimentación y retirada
- Apiladoras
- Robots de montaje
- Automatización de laboratorios
- Mecanizado de metales
- Industria de la madera, vidrio y cerámica
- Maquinaria de artes gráficas
- Maquinaria de transformación de plásticos

El servoconvertidor SINAMICS S110 está especialmente indicado para la conexión de servomotores síncronos y motores asíncronos. Pueden evaluarse todos los tipos de encóder habituales.

Existen distintas interfaces de bus de campo para la conexión con un controlador superior, pero el control también es posible con ± 10 V y una interfaz de impulsos/sentido.

El denominado "posicionador simple" (EPOS) también es parte integrante de SINAMICS S110. Este componente facilita las tareas de posicionamiento.

Rated data		General tech. specifications	
Input		Power factor A	0.85
Number of phases	3 AC	Offset factor $\cos \phi$	0.95
Line voltage	380 ... 480 V $\pm 10\%$	Efficiency η	0.97
Line frequency	47 ... 63 Hz	Sound pressure level (1m)	72 dB
Rated current (LO)	39.50 A	Power loss	0.37 kW
Rated current (HO)	36.00 A	Filter class (integrated)	—
Output		Ambient conditions	
Number of phases	3 AC	Cooling	Internal air cooling
Rated voltage	400 V	Cooling air requirement	0.018 m ³ /s (0.653 ft ³ /s)
Rated current (LO)	32.00 A	Installation altitude	1000 m (3280.84 ft)
Rated current (HO)	26.00 A	Ambient temperature	
Max. output current	52.00 A	Operation LO	-5 ... 40 °C (23 ... 104 °F)
Rated power IEC 400V (LO)	15.00 kW	Operation HO	-5 ... 50 °C (23 ... 122 °F)
Rated power NEC 480V (LO)	20.00 hp	Transport	-25 ... 55 °C (-13 ... 131 °F)
Rated power IEC 400V (HO)	11.00 kW	Storage	-25 ... 55 °C (-13 ... 131 °F)
Rated power NEC 480V (HO)	15.00 hp	Relative humidity	
Pulse frequency	4 kHz		

Elegido el driver, se necesita seleccionar el PLC que se adapte a este. **Siemens recomienda para el driver, el sistema de automatización SIMATIC S7**, por lo que este será el modelo seleccionado.

SIMATIC S7-1200

Los controladores SIMATIC S7-1200 de Siemens son la elección inteligente para soluciones de automatización compactas con opciones de comunicación ampliadas y funciones tecnológicas integradas. Están disponibles en versiones estándar y a prueba de fallos.

Suscríbete a GO! Boletín informativo



Contactos en las regiones

SIEMENS

Data sheet

6ES7214-1HG40-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, D C/D C/relay, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO relay 2 A; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: DC 20.4-28.8 V DC, Program/data memory 100 KB

General Information	
Product type designation	CPU 1214C D C/D C/Relay
Firmware version	V4.4
Engineering with	
• Programming package	STEP 7 V16 or higher
Supply voltage	
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Load voltage U_L	
• Rated value (DC)	24 V
• permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
• permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	600 mA
Current consumption, max.	1 600 mA; CPU with all expansion modules
Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V
I_T	0.8 A ² s
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM

4 ETAPA N° 4: Planos de conjunto y constructivos

4.1 Listado de planos

A continuación, se muestra una tabla con los diferentes tipos de planos de la máquina:

Codificación	Nombre	Cantidad de hojas
Planos de conjunto		
PC001-001	Ensamble final con accesorios	1
PC001-002	Ensamble final sin accesorios	1
PC002-001	Ensamble conjunto superior	2
PC003-001	Ensamble conjunto medio	1
PC004-001	Ensamble conjunto inferior	1
Planos constructivos		
PC004-002	Bastidor mecanizado	2
PC004-003	Bastidor con refuerzos	1
PC004-004	Bastidor soldado	1
PC004-005	Perno	1
PC004-006	Reten perno	1
PC004-007	Tapa conjunto inferior	1
PC004-008	Centrador	1

En el anexo de este archivo se adjuntan los planos de conjunto.

5 ETAPA N° 5: Estimación de costos

5.1 Tabla de costos

A continuación, se muestra una tabla por categoría de la estimación de costos totales para la fabricación de la máquina:

Materiales y componentes comprados (no incluye costos por operaciones mecanizadas, tratamientos y mano de obra)					
Conjunto	Descripción	Material	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Inferior	Tubo cuadrado largo 530 mm	SAE 1010	6	88,3	530,0
	Buje perno	SAE 1045	2	61,3	122,7
	Tubo cuadrado largo 900 mm	SAE 1010	4	150,0	600,0
	Reten perno	SAE 1010	2	0,8	1,6
	Perno	SAE 4340	2	149,1	298,1
	Tubo cuadrado largo 260 mm	SAE 1010	4	10,8	43,3
	Tornillo M6x40 Allen Fresado	ISO 10.9	6	0,4	2,4
	Placa superior conjunto inferior	SAE 1020	1	561,6	561,6
	Placa inferior conjunto inferior	SAE 1020	1	561,6	561,6
	Placa para anclajes	SAE 1020	4	109,2	436,8
	Tapa conjunto inferior	SAE 1020	1	156,0	156,0
	Centrador	SAE 1020	1	54,6	54,6
	Tornillo M12x40 Allen	ISO 10.9	8	0,9	7,5
	Tornillo M6x40 Allen	ISO 10.9	24	0,3	7,0
	Electrodos	E-7018-1	-	18,5	277,5
Medio	Barra de tracción superior	Inconel 713C	1	1750,0	1750,0
	Tuerca MF30x2	ISO 12.9	1	37,0	37,0
	Barra de tracción inferior	Inconel 713C	1	1050,0	1050,0

PROYECTO FINAL

	Conector	Inconel 713C	2	350,0	700,0
Superior	Placa superior	ASTM A36	1	1200,0	1200,0
	Columna	SAE 1045	4	124,6	498,3
	Tuerca M36	ISO 8.8	4	30,0	120,0
	Brida para columnas	SAE 1045	4	30,5	122,0
	Cabeza de rotula	SAE 4340	1	116,6	116,6
	Tuerca MF30x2	ISO 12.9	1	37,0	37,0
	Rotula SKF gx 35 f	De suministro	1	450,0	450,0
	Tapa para uniones de la columna	SAE 1010	4	7,8	31,2
	Tapa para rotula	SAE 1010	1	7,8	7,8
	Tornillos M12x50 Allen	ISO 12.9	4	1,1	4,3
	Cáncamo DIN 580 M20	De suministro	2	20,0	40,0
	Arandela par 1/2	SAE 1045	1	6,0	6,0
	Arandela par 2/2	SAE 1045	1	1,5	1,5
	Accesorios	Horquilla con perno	SAE 4140	1	377,5
Fuelle		De suministro	1	100,0	100,0
Cobertor		SAE 1010	2	81,9	163,8
Tornillo Allen M6x40 Allen		ISO 10.9	36	0,3	10,4
Electrónica y sistema de control	Actuador + Servomotor	SKF/EWELLIX. SRSA – 4815-R500LD5	1	14000	14000
	Driver del Servomotor (Controlador de movimiento)	SIEMENS. Unidad de potencia: SINAMIC S110 6SL3210-1PE23-3UL0 Unidad de control: CU305 DP	1	2200	2200
	Controlador Programable (PLC)	SIEMENS. SIMATIC S7-1200 6ES7214-1AE30-0XB0	1	1100	1100
	Celda de Carga + Base	Laumas CLK10000	1	3500	3500

	Horno con 3 termopares K + Deflectores + Soportes	Ibertest IB-TRX3-13	1	4500	4500
	Controlador de temperatura	MTS modelo 409.83 para 3 termopares Eurotherm 2216.	1	3000	3000
	Extensómetro	Instron W-E418-50	1	2000	2000
	Fuente 24 VDC	Fuente ABB CP-T 24/10.0	1	1700	1700
	Gabinete eléctrico	Schneider Electric - CRN 1200x800x400 IP66	1	1150	1150
	PC para PLC y configuración de ensayo con SIZER configuration tool for SINAMICS and MICROMASTER	Hardware y software requerido	1	10000	10000
	Protecciones eléctricas	-	1	500	500
	Interruptor de corte	-	1	100	100
	Pulsador de emergencia	-	1	25	25
	Cableado en general, terminales, borneras, rieles, etc.	-	1	400	400
	Otros materiales eléctricos	-	1	150	150
Mano de obra y otros cargos					
Mano de obra y otros cargos	Mano de obra construcción mecánica				9668,5
	Mano de obra montaje general				1572,6
	Mano de obra electrónica/eléctrica				6648,8



PROYECTO FINAL

Revisión: 0

Página 55 de 57

	Tratamientos térmicos				4132,1
	Fletes, embalajes, etc.				2740,4

Subtotal	79571,3
----------	---------

El subtotal es de 79.571,30 dólares, que es el precio final si la facultad quiere construirla con la finalidad de uso propio (compra consumidor final de materiales, componentes y trabajos). Sí se le quiere imputar un margen de ganancia del 15% sin impuestos, para la venta, el precio es de 91.507,00 dólares + IVA.

Con respecto al precio de máquinas similares, mencionadas en la etapa 1:

-La máquina Ibertest IB-CREEP-100, actuada por servomotor, con capacidad de 100 KN, vale 60.040,00 euros, sin incluir flete internacional y gastos de importación, es equivalente a 65.290,50 dólares. El valor del flete se estima en 6.072,00 dólares.

Resumen

Base Imponible Para Aduana	\$ 71,362.00
Derechos De Importación	\$ 17,840.50
Tasa Estadística	\$ 2,140.86
Base IVA Total	\$ 91,343.36
IVA	\$ 9,591.05
IVA RES. 3431/3/A	\$ 9,134.34
Ganancias	\$ 5,480.60
Ingresos Brutos	\$ 2,283.58
Arancel SIM	\$ 10.00
Total Gravámenes	\$ 46,480.93

Los gravámenes de importación se estiman en 46.480,93 dólares, dando un precio final de 117.843,43 dólares. Sí se quiere comerciar esta máquina debe incluirse el IVA, entre otros.

<p>[UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL] [FACULTAD REGIONAL DELTA]</p>	<h1>PROYECTO FINAL</h1>	<p>Revisión: 0</p> <p>Página 56 de 57</p>
---	-------------------------	---

-Con respecto a equipos de la marca Zwick-Roell, vía comunicación telefónica se obtuvo un precio estimado de 120.000,00 a US 160.000,0 dólares + IVA, para maquinas actuadas por servomotor con capacidad de 100 KN, dependiendo del modelo y accesorios.

Comparando con las maquinas comerciales preexistentes, se pudo obtener un equipo más económico con prestaciones equivalentes.

6 ETAPA N° 6: Presentación final

Solicitar presentación al departamento de Ingeniería Mecánica.

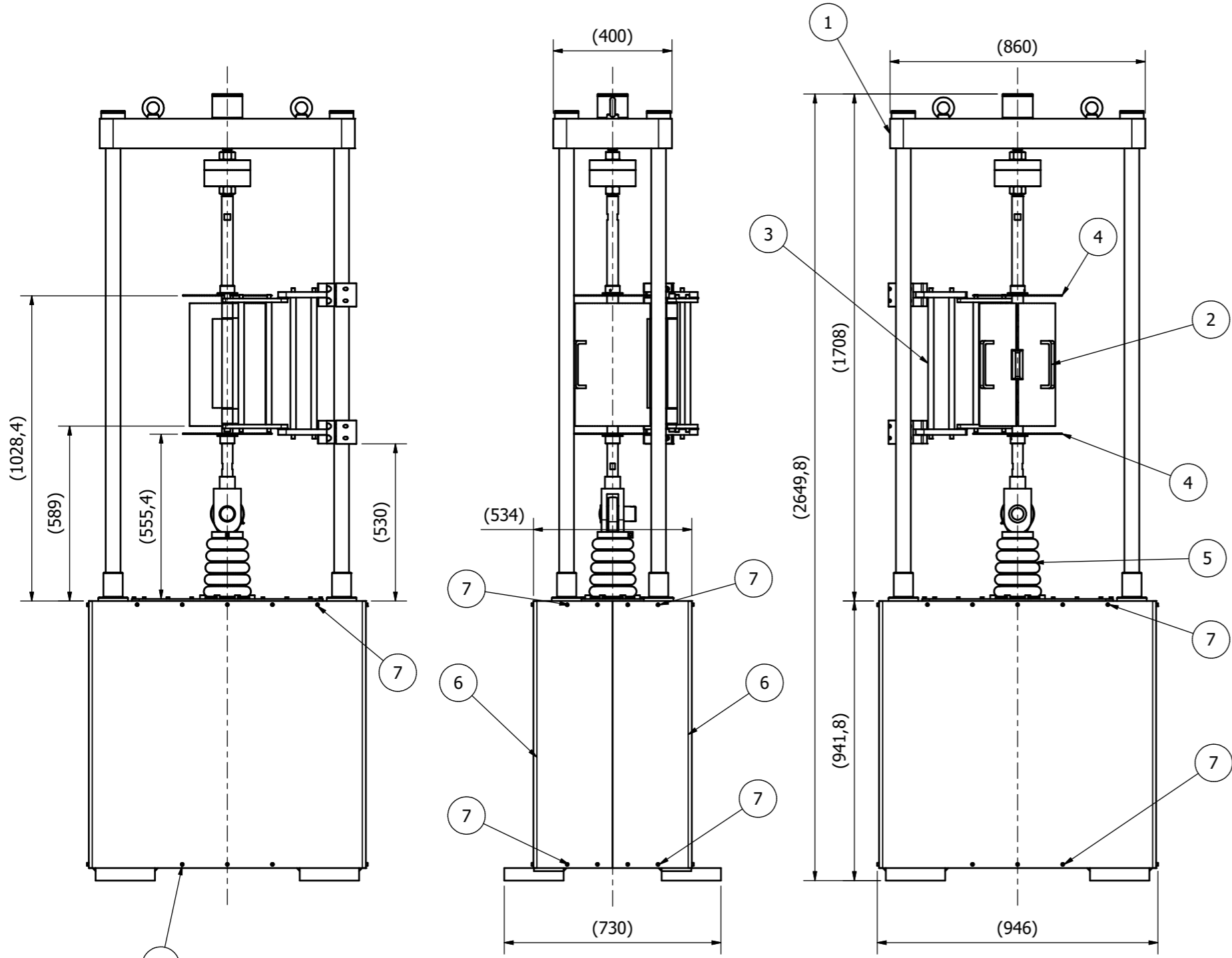
7 Documentos que comprenden el proyecto final

Nº.Documento / Pl.	Descripción del documento	Fto	Fecha	Rev.
	LISTADOS DE DOCUMENTOS			
	Listado documentos emitidos PF - Maquina ensayo CREEP	A4	1/5/2024	0
	INFORMES			
	INFORME ETAPA N°1 REV 25-11-2020	A4	25-11-2020	1
	INFORME ETAPA N°2 REV 12-01-2023	A4	12-01-2023	2
	INFORME ETAPA N°3 REV 19-10-2023	A4	19-10-2023	2
	INFORME ETAPA N°4 REV 04-04-2024 con planos	A4	04-04-2024	2
	INFORME ETAPA N° 5 REV 04-04-2024	A4	04-04-2024	1
	INFORME ETAPA N° 6 REV 04-04-2024 Presentación en ingles y castellano	A4	04-04-2024	0
	Resumen Proyecto Maquina Creep para RIA	A4	18-04-2024	0
	PLANOS CONSTRUCTIVOS			
PC001-001	Ensamble final con accesorios	A2	09-03-2024	1
PC001-002	Ensamble final sin accesorios	A2	09-03-2024	1
PC002-001	Ensamble conjunto superior	A2	06-03-2024	1
PC003-001	Ensamble conjunto medio	A4	09-03-2024	1

PC004-001	Ensamble conjunto inferior	A2	06-03-2024	1
PC004-002	Bastidor mecanizado	A2	06-03-2024	0
PC004-003	Bastidor con refuerzos	A2	06-03-2024	0
PC004-004	Bastidor soldado	A2	06-03-2024	0
PC004-005	Perno	A3	23-03-2024	0
PC004-006	Reten perno	A4	23-03-2024	0
PC004-007	Tapa conjunto inferior	A3	23-03-2024	0
PC004-008	Centrador	A3	23-03-2024	0
	ANEXOS			
	1-Anexo 1 MAQUINAS MODELO	A4	14-09-2020	0
	1-Anexo 1 MAQUINAS MODELO	A4	12-01-2023	1
	2-Anexo 2 Clasificación de residuos especiales	A4	25-11-2020	0
	2-Anexo 2 Clasificación de residuos especiales	A4	12-01-2023	1
	3-Anexo 3 Croquis básicos, tablas de perfiles y propiedades de material	A4	13-01-2021	0
	3-Anexo 3 Croquis básicos, tablas de perfiles y propiedades de material	A4	19-10-2023	1

8 Anexo del resumen

(Continúa en la siguiente hoja)

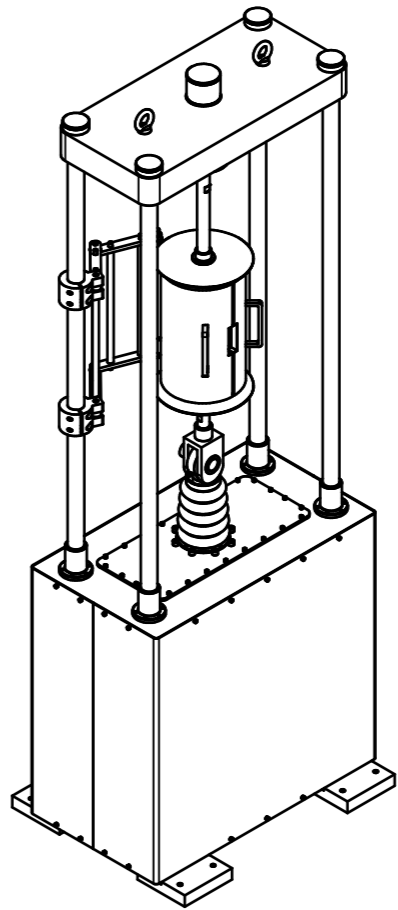


Nota: El elemento 7 refiere a 32 tornillos M6x40 Allen que se utilizan para fijar los dos elementos 6: "Cobertor"

LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	CANTIDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	MASA
1	1	Ensamble final sin accesorios	Ver plano de conjunto PC001-002	1236 Kg
2	1	Horno	Horno Ibertest IB-TRX3-13 con controlador MTS modelo 409.83	36 kg
3	1	Soporte horno	Provisto con el horno Ibertest IB-TRX3-13	8 kg
4	2	Deflector de calor	Ibertest para diámetro de barra de tracción de 38 mm. Provisto con el horno Ibertest IB-TRX3-13	1,4 kg
5	1	Ensamble fuelle	ML goma modelo KS702	0,7 kg
6	2	Cobertor	Ver plano PC001-003	2,6 kg
7	32	Tornillo M6x40 Allen	Se utilizan para fijar los dos cobertores. Calidad 10.9	0,01 kg

Peso total: 1284 Kg

Vista Isométrica (1:16)

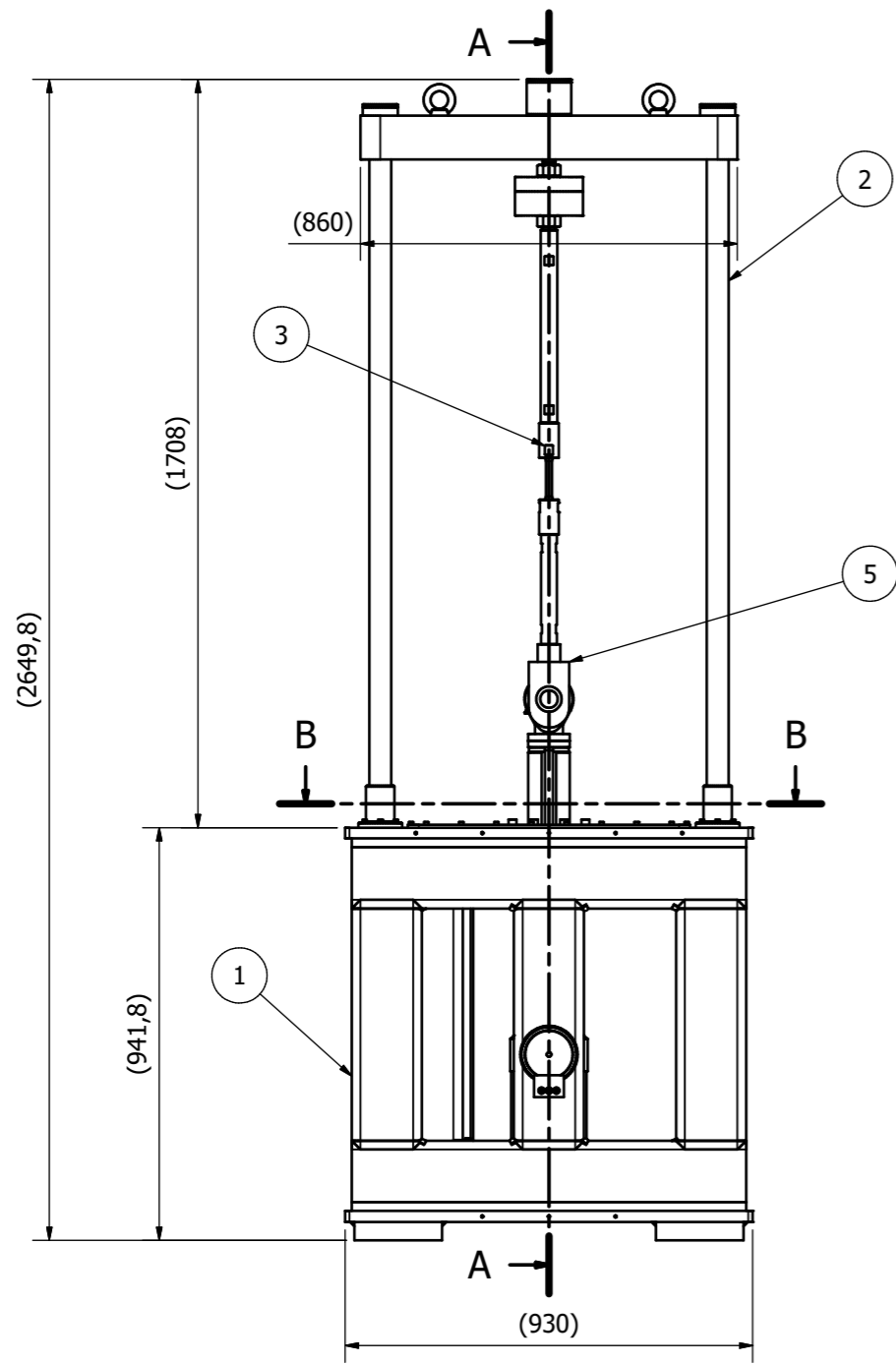


Escala 1:12
Formato A2

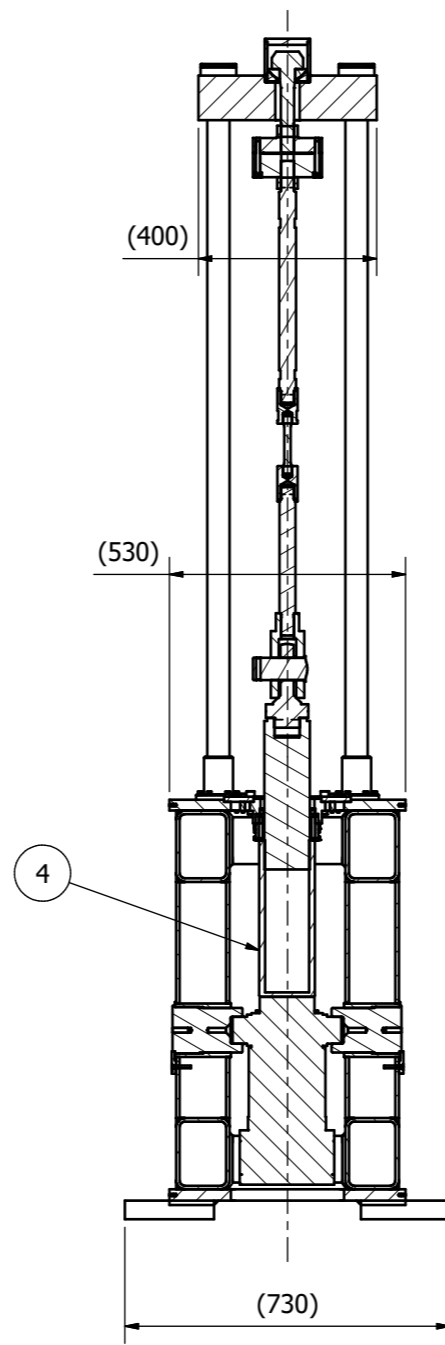
Listado de planos requeridos				
Código	Nombre	Cantidad de hojas		
PC001-002	Ensamble final sin accesorios	1		
PC001-003	Cobertor	1		
PC001-004	Horquilla con pernos	1		
PC002-001	Ensamble conjunto superior	2		
PC002-002	Placa superior	1		
PC002-003	Cabeza de rótula	1		
PC002-004	Columna	1		
PC002-005	Brida para columna	1		
PC002-006	Tapa para uniones de la columna	1		
PC002-007	Tapa para rótula	1		
PC002-008	Arandela 1 y 2	1		
PC003-001	Ensamble conjunto medio	1		
PC003-002	Barra de tracción superior	1		
PC003-003	Barra de tracción inferior	1		
PC003-004	Conector	1		
PC004-001	Ensamble conjunto inferior	1		
PC004-002	Bastidor mecanizado	2		
PC004-003	Bastidor con refuerzos	1		
PC004-004	Bastidor soldado	1		
PC004-005	Perno	1		
PC004-006	Reten perno	1		
PC004-007	Tapa conjunto inferior	1		
PC004-008	Centrador	1		

HISTORIAL DE REVISIONES		
REV	FECHA	VISTO
0	26/2/2024	Basualdo
1	9/3/2024	Basualdo

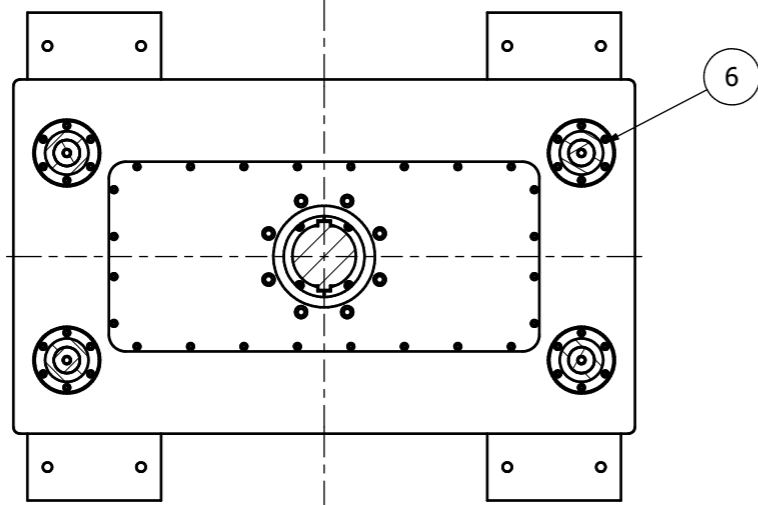
Diseño de Máquina de ensayo Creep	Aprobado por Maidana Fernando	Fecha aprobación 04/04/2024	Fecha creación 20/2/2024
UTN-FRD			
PC001-001			
Ensamble final con accesorios			Edición 0
			Hoja 1 / 1



A-A (1 : 12)



B-B (1 : 8)



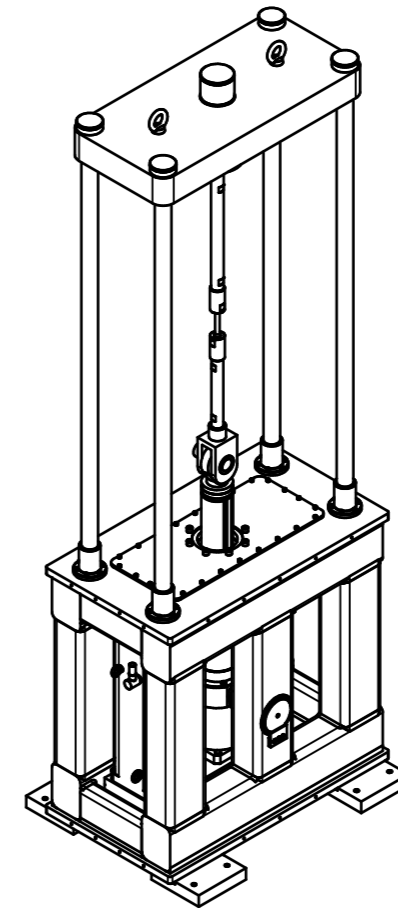
Fijación del "Ensamble conjunto superior" desde sus bridas con el "Ensamble conjunto inferior" mediante 24 tornillos M6x40 Allen "Elemento 6"

LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	CANTIDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	PESO
1	1	Ensamble conjunto inferior	Ver plano de conjunto PC004-001	470 kg
2	1	Ensamble conjunto superior	Ver plano de conjunto PC002-001	386 Kg
3	1	Ensamble conjunto medio	Ver plano de conjunto PC003-001	9 kg
4	1	SRSA4815-0300-SP1-T2-R3-000-D95K5B-05-SC3 2C	SRSA 48-Modular Electromechanical Cylinders	365 kg
5	1	Horquilla con perno	Ver plano PC001-004	6 kg
6	24	Tornillo M6x40 Allen	Calidad 10.9	0,01 kg

Peso total: 1236 Kg

Escala 1:12
Formato A2

Vista Isométrica (1:16)



HISTORIAL DE REVISIONES		
REV	FECHA	VISTO
0	26/2/2024	Basualdo
1	9/3/2024	Basualdo

Listado de planos requeridos

Código	Nombre	Cantidad de hojas
PC001-004	Horquilla con pernos	1
PC002-001	Ensamble conjunto superior	2
PC002-002	Placa superior	1
PC002-003	Cabeza de rótula	1
PC002-004	Columna	1
PC002-005	Brida para columna	1
PC002-006	Tapa para uniones de la columna	1
PC002-007	Tapa para rótula	1
PC002-008	Arandela 1 y 2	1
PC003-001	Ensamble conjunto medio	1
PC003-002	Barra de tracción superior	1
PC003-003	Barra de tracción inferior	1
PC003-004	Conector	1
PC004-001	Ensamble conjunto inferior	1
PC004-002	Bastidor mecanizado	2
PC004-003	Bastidor con refuerzos	1
PC004-004	Bastidor soldado	1
PC004-005	Perno	1
PC004-006	Reten perno	1
PC004-007	Tapa conjunto inferior	1
PC004-008	Centrador	1

Diseño de Máquina de ensayo Creep	Aprobado por Maidana Fernando	Fecha aprobación 04/04/2024	Fecha creación 20/2/2024
UTN-FRD		PC001-002	
Ensamble final sin accesorios			Edición 0 Hoja 1 / 1