

Máquina de ensayos de fatiga bajo la norma ATM E466

Daniel Alberto Salvagno

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Tierra del Fuego

Ingeniería Electromecánica

Ingeniero Hugo G. Bonifacini

05/05/2024

A mi esposa e hijos

Agradecimiento especial:

A quienes me apoyaron incondicionalmente, y lo siguen haciendo cada día...

Danisa Ileana Salado

Lautaro Azariel Salvagno

Valentino Augusto Salvagno

Catalina Oriana Salvagno

Agradecimiento:

A todos los Profesores de Ingeniería Electromecánica, FRTDF UTN.

Resumen

El fenómeno de fatiga está dado por la rotura lenta del material debido a esfuerzos dinámicos y cíclicos a los que está sometido. Estas rupturas son un daño estructural progresivo y localizado, que se dan por fisuras dentro del material, las cuales van avanzando conforme aumenta el número de ciclos. En los diferentes ensayos de fatiga, se somete a una probeta a distintos tipos de esfuerzos, que pueden ser: flexión, flexión rotativa, torsión y tracción-compresión.

El trabajo realizado consistió en diseñar una máquina de ensayo de fatiga por flexión rotativa en voladizo.

Para el análisis de datos que se registraran, se utilizaran las curvas de Wöhler o comúnmente llamadas “curvas S – N”. Estas curvas representan la relación entre la amplitud del esfuerzo y el número de ciclos para su rotura.

El presente documento tiene como finalidad mostrar los resultados del Proyecto Final denominado diseño de una máquina de ensayos de fatiga usando el método de viga rotativa con carga en voladizo.

Para formar el diseño inicial de la máquina, se determinaron parámetros iniciales tomando como referencia los lineamientos establecidos por la norma ASTM E466. Se efectuaron los cálculos de los elementos identificados, de acuerdo con el método tradicional y/o mediante el uso de los programas Autodesk Inventor 2023.

Palabras clave

Máquina; Ensayo; Fatiga.

Índice de contenidos

Resumen	4
Palabras clave:.....	4
Introducción.....	9
Objetivos.....	9
1. Marco teórico.....	9
1.1 Fatiga	10
1.2 Diagrama de Wöhler.....	10
1.3 Límite de resistencia a la fatiga.....	11
1.4 Resistencia a la fatiga.....	11
1.5 Variación del esfuerzo	12
1.6 Factores que modifican la resistencia a la fatiga	13
1.6.1 Factor de superficie k_a	13
1.6.2 Factor de tamaño k_b	13
1.6.3 Factor de carga k_c	14
1.6.4 Factor de temperatura K_d	14
1.6.5 Factor de temperatura K_d	14
1.6.6 Factor de confiabilidad k_e	15
1.6.7 Factor de efectos varios	15
1.7 Muestras para ensayos de fatiga.....	15
1.7.1 Probeta de radios tangenciales	15
1.7.2 Probeta con radio continuo entre los extremos.....	16
1.7.3 Dureza	16
1.8 Máquinas por flexión rotativa	16
1.8.1 Máquina de flexión en ménsula.....	16
1.8.2 Máquina Sondericker	17
1.8.3 Máquina Schenck	17
1.9 Alcance y Limitaciones.....	18
1.10 Selección del diseño	18
2 Parámetros de diseño.....	18
2.1 Consideraciones iniciales	18
2.2 Dimensiones de la probeta	19
2.3 Diseño de la máquina.....	20
2.3.1 Sistema de rotación.....	20
2.3.3 Sistema de carga	20
2.3.4 Sistema de control y datos	20

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

3 Cálculos de diseño	20
3.1 Requerimientos.....	20
3.2 Cálculo del árbol de transmisión.....	21
3.2.1 Cálculo por análisis estático	21
3.2.2 Cálculo del diámetro por análisis de fatiga.....	22
3.3 Selección del motor	22
3.4 Cálculo de rodamientos	23
3.5 Cálculo de las chavetas	24
3.6 Selección de pinza de sujeción.....	25
3.7 Cálculo del acoplamiento.....	26
3.8 Cálculo del soporte móvil.....	27
3.9 Cálculo del Soporte fijo-superior	27
3.10 Cálculo del tornillo	27
3.10.1 Ecuaciones y resultados de esfuerzos.....	28
3.10.1.1 Consideraciones:.....	28
3.11 Diseño del volante	29
3.11.1 Consideraciones	29
3.12 Selección del rodamiento axial o crapodina de apoyo.	29
4 Construcción de la máquina	29
4.1 Construcción del eje.....	29
4.2 Construcción de las barras guía	30
4.3 Construcción de la caja de rodamiento axial.	30
4.4 Construcción del soporte móvil	30
4.5 Construcción del volante	30
4.6 Construcción del tablero eléctrico	30
4.7 Ensamble de la máquina prototipo.....	31
5 Costo de construcción de la máquina,	32
Memoria de cálculo	34

Índice de imágenes

<i>Img. 1: Superficie de falla por Fatiga</i>	10
<i>Img. 2: Diagrama de Wöhler</i>	10
<i>Img.3: Límites y resistencias a la fatiga</i>	11
<i>Img. 4: Límite de resistencia a la fatiga</i>	11
<i>Img.5: Resistencia a la fatiga</i>	12
<i>Img.6: Variación de esfuerzo</i>	12
<i>Img.7: Límite de resistencia a la fatiga corregido</i>	13
<i>Img.8: Factor de superficie k_a</i>	13
<i>Img. 9: Sección transversal de probetas</i>	13
<i>Img. 10: Factor k_c para distintos esfuerzos</i>	14
<i>Img. 11: Factor de temperatura K_d</i>	14
<i>Img. 12: Factor de temperatura K_d</i>	14
<i>Img. 13: Factor de confiabilidad K_e</i>	15
<i>Ing. 14: Probeta de radios tangenciales</i>	16
<i>Img. 15: Probeta de radios continuos</i>	16
<i>Img.16: Máquina de flexión en ménsula</i>	17
<i>Img.17: Máquina Sondericker</i>	17
<i>Img.18: Máquina Schenck</i>	18
<i>Img.19: Carga en voladizo</i>	19
<i>Img.20: Dimensiones y forma de probeta</i>	19
<i>Img.21: Esfuerzo máximo</i>	20
<i>Img. 22: Momento de inercia para un círculo</i>	20
<i>Img. 23: Momento flector</i>	21
<i>Img. 24: Esfuerzo cortante máximo</i>	21
<i>Img. 30: Factor de concentración de esfuerzo por fatiga a la flexión</i>	22
<i>Img. 34: Torque máximo</i>	23
<i>Img. 34.1: Potencia de motor [W]</i>	23
<i>Img.35: Vida nominal del rodamiento</i>	24
<i>Img.36: Carga equivalente del rodamiento</i>	24
<i>Img.37: Medidas de chavetas/ chaveteros</i>	25
<i>Img.38: Mandril de sujeción</i>	25
<i>Img.39: Acoplamiento mecánico</i>	26
<i>Img.40: Elastómero estrella</i>	26
<i>Img.44:</i>	27
<i>Img.45: momento de inercia sección rectangular</i>	27
<i>Img.43: Relación ecuaciones Img.44 y Img.45</i>	27
<i>Img.47: Cargas en tornillos</i>	28
<i>Img.48: Momento torsor, tornillo de potencia</i>	28
<i>Img.49: Ecuación de Momento torsor</i>	29
<i>Img.49.1: Mecanizado de eje de transmisión</i>	30
<i>Img.49.2: Tablero de comando</i>	31
<i>Img.49.3: máquina prototipo</i>	31
<i>Img. 25: Diagrama de corte de probeta SAE 4140</i>	35
<i>Img. 26: Diagrama de Momento flector de probeta SAE 4140</i>	35
<i>Img. 27: Diagrama de esfuerzo de corte de árbol de transmisión</i>	36
<i>Img. 28: Diagrama de momento flector de árbol de transmisión</i>	36
<i>Img. 29: Factores de seguridad</i>	37
<i>Img. 31: Diagrama para determinar el factor de concentración de esfuerzos</i>	37
<i>Img. 32: Gráfico para estimar el factor de sensibilidad a la muesca (q)</i>	38
<i>Img.33: Determinación de diámetro por software Autodesk Inventor 2023</i>	39
<i>Img.41: DCL Soporte móvil</i>	41

<i>Img.42: Esfuerzo de corte</i>	41
<i>Img.43: Momento flector</i>	41
<i>Img.46: Sección transversal soporte móvil</i>	42
<i>Diagrama de esfuerzo/ciclos</i>	0
<i>Máquina de ensayo de fatiga</i>	1
<i>Dimensiones de la probeta</i>	2

Índice de anexos

Anexo 1: Ficha técnica.

Anexo 2: Manual de instrucciones.

Anexo 3: Mantenimiento.

Anexo 4: Guía para ensayo.

Anexo 5: Acoplamientos

Anexo 6: Elastómeros.

Anexo 7: SKF 5100, rodamiento axial.

Anexo 8: SKF YAR-205.

Anexo 9: Volante.

Anexo 10: Celda de carga.

Anexo 11: Motor WEG 0.75kW.

Anexo12: Driver delta 1.5 kW.

Introducción

Existen diversas propiedades a analizar en los materiales de ingeniería, además como características deseables que deben cumplir en dependencia de la labor que estos vayan a cumplir, por ejemplo, la resistencia a la fluencia, dureza superficial o la resistencia a la fatiga.

La fatiga de los materiales es un tema de especial importancia en el campo de la mecánica de la fractura, su estudio es esencial para entender el comportamiento de los materiales sometidos a condiciones de trabajo a cargas cíclicas. Es necesario establecer el comportamiento de la curva esfuerzo – número de ciclos S-N, para realizar comparaciones entre los datos teóricos y la información obtenida por experimentación directa [1, 2, 5, 6, n].

Actualmente el estudio sobre el fenómeno de fatiga en los materiales, en componentes como elementos de máquinas se realiza de una manera teórica, por tal motivo es necesario desarrollar un equipo que pueda ser utilizado por la comunidad educativa para elaborar prácticas de laboratorio, con el fin de demostrar de una manera experimental este fenómeno.

Desde la perspectiva investigativa, el desarrollo de un equipo que permita establecer el comportamiento de los materiales sometidos a fatiga por flexión rotativa y la construcción de la curva S-N, es un insumo importante para predecir el comportamiento en servicio de los diversos componentes de máquina.

El presente documento presenta un modelo de diseño de un equipo experimental para análisis de fatiga en flexión rotativa, en probetas bajo la norma (American Society for Testing and Materials) ASTM E-466, esto constituye una herramienta de apoyo para investigadores que deseen realizar experimentación en el campo de la predicción de vida en materiales y mecánica de la fractura.

Objetivos

Diseñar una máquina para ensayos de fatiga usando el método de viga rotativa en voladizo bajo la norma ASTM E466, que permita realizar ensayo de materiales, sobre el acero AISI 4140 en el laboratorio de Electromecánica de la Facultad Regional Tierra del Fuego UTN.

1. Marco teórico

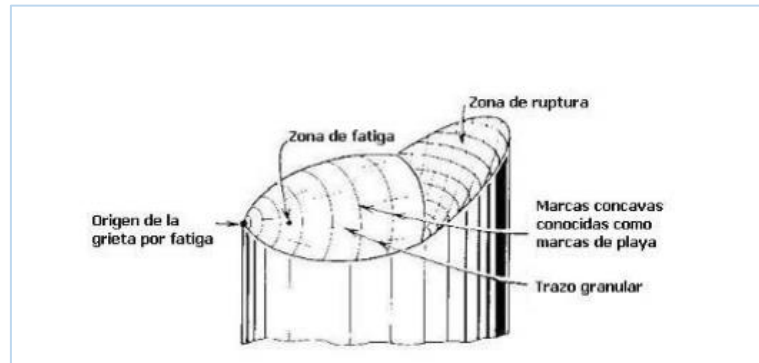
Para realizar el proyecto de diseño de la máquina de ensayos de fatiga con probeta en voladizo se hizo uso de algunas normas.

Los parámetros para la construcción fueron establecidos bajo la norma ASTM E-466 (Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials), la cual indica la forma, las condiciones de operación de la máquina y las características de las muestras a ensayar dependiendo la geometría del material (circular, plana), indica las medidas específicas y la relación entre ellas, y la rugosidad máxima de su superficie para minimizar los concentradores de esfuerzos. También señala que para dar por terminada la prueba, se debe seguir hasta que se alcance el criterio de falla de la muestra o hasta que se haya aplicado un número determinado de ciclos. La falla se puede definir como una separación completa, como una grieta visible a un aumento especificado, como una grieta de ciertas dimensiones, o por algún otro criterio.

Al informar los resultados se debe establecer el criterio de falla de cada muestra.

1.1 Fatiga

La aplicación de cargas cíclicas variables en el tiempo produce la fractura del material, a este fenómeno se le denomina fatiga, estas cargas son inferiores a los valores de resistencia última del material y muchas veces también a su límite de fluencia, la falla por fatiga se da por la formación y propagación de grietas en las zonas donde el esfuerzo es mayor. La normativa ASTM, usa una definición más completa de este fenómeno “proceso de cambio estructural permanente, progresivo y localizado que ocurre en un punto del material sujeto a tensiones y deformaciones de amplitudes variables y que produce grietas que conducen a una fractura total tras un número de ciclos”.

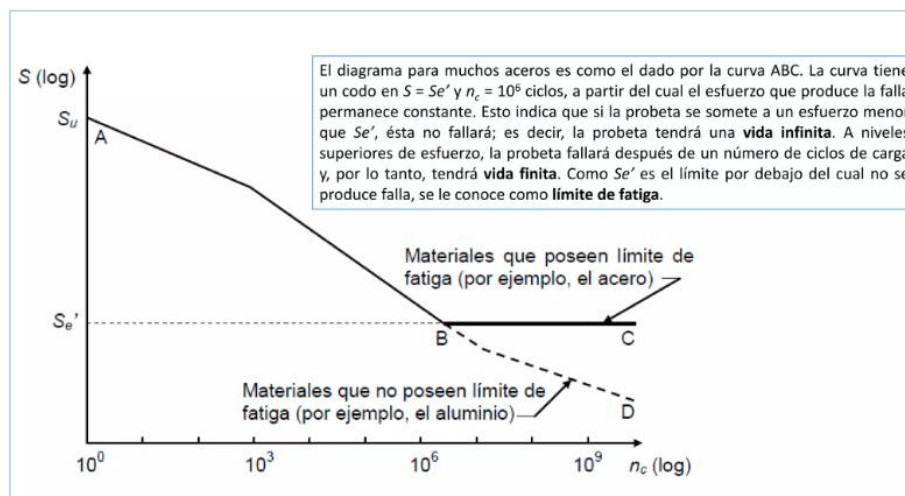


Img. 1: Superficie de falla por Fatiga

Fuente: <https://images.app.goo.gl/qFyofXy4HjaouH5i6>

1.2 Diagrama de Wöhler

La curva de Wöhler es el diagrama más antiguo que permite visualizar la resistencia de la pieza o los materiales en el campo de fatiga. Esta curva define una relación entre la tensión aplicada σ (sigma a veces se indica como S) y el número de ciclos hasta la falla N (de hecho, el número de ciclos para los que se observa un P% de rupturas). En la práctica, la curva de Wöhler generalmente se da para una probabilidad de falla $P = 0.5$

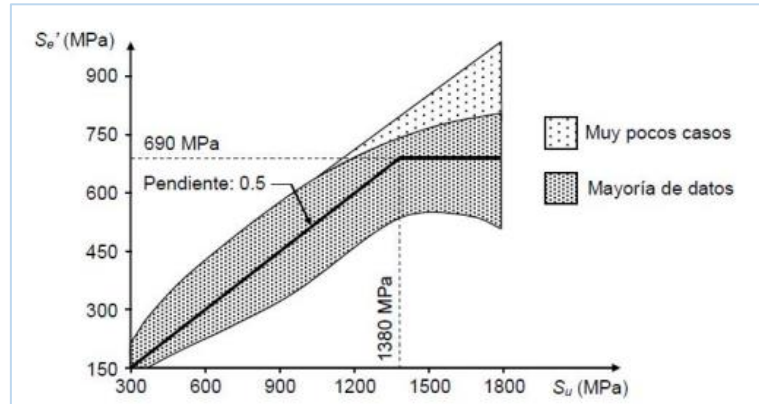


Img. 2: Diagrama de Wöhler

Fuente: [Fatiga \(1\) | PPT \(slideshare.net\)](#)

1.3 Límite de resistencia a la fatiga

El límite de resistencia a la fatiga es la relación determinada de forma experimental con el esfuerzo último a tensión.



Img.3: Límites y resistencias a la fatiga

Fuente: [Fatiga \(1\) | PPT \(slideshare.net\)](#)

La zona de sombreado oscuro corresponde a la tendencia que sigue la mayoría de los aceros, de acuerdo con los datos experimentales; se observa que, para valores de esfuerzo último menores de aproximadamente 1380 MPa, entre mayor es el S_u del acero, mayor es su límite de fatiga.

La tendencia de los datos se aproxima a las dos líneas rectas. Una línea tiene una pendiente de 0.5, esto indica que el límite de fatiga es la mitad del esfuerzo último. La otra línea es horizontal y parte desde el punto (1380, 690) MPa; se asume, entonces, que para los aceros con $S_u > 1380$ MPa, el límite de fatiga es aproximadamente 690 MPa.

Podemos concluir que para la mayoría de los aceros (de bajo carbono, aleados, inoxidables):

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1400 \text{ MPa} \end{cases}$$

Img. 4: Límite de resistencia a la fatiga

1.4 Resistencia a la fatiga

La resistencia a la fatiga en cualquier localización entre S_f y S_e , se puede expresar como sigue:

$$S_f = aN^b$$

S_f = Resistencia a la fatiga para cualquier valor de ciclos N
 N = número de ciclos de duración.

$$a = \frac{(f S_{ult})^2}{S_e}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{f S_{ult}}{S_e}$$

Img.5: Resistencia a la fatiga

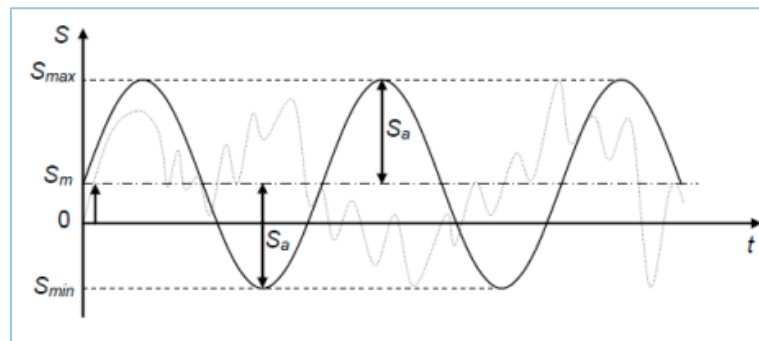
Donde:

S_{ut} : Esfuerzo último de un material, [MPa].

f : Es la fracción de resistencia a la fatiga [adimensional]. Si se produce un esfuerzo completamente invertido haciendo **$S_f = \sigma_{inv}$** el número de ciclos de falla se puede estimar despejando de la primera ecuación.

1.5 Variación del esfuerzo

El modelo de falla se basa en el diagrama de Wohler, el cual se obtiene con pruebas sobre probetas sometidas a flexión giratoria. Este tipo de carga produce una variación sinusoidal de los esfuerzos, por lo tanto, en esta teoría se modela cualquier tipo de variación de esfuerzos de una manera sinusoidal.



Img.6: Variación de esfuerzo

Fuente: [Fatiga \(1\) | PPT \(slideshare.net\)](#)

Donde:

S_{max} : esfuerzo máximo.

S_{min} : esfuerzo mínimo.

S_m : esfuerzo medio.

S_a : esfuerzo alternativo.

R : relación de esfuerzos.

1.6 Factores que modifican la resistencia a la fatiga

La ecuación de la imagen 4, permite estimar el límite de resistencia a la fatiga para una muestra de laboratorio, sin embargo, para determinarlo en un elemento de máquina, este valor debe ser corregido mediante los factores de corrección de Marín, y así obtener un nuevo S_e .

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

Img.7: Límite de resistencia a la fatiga corregido

1.6.1 Factor de superficie k_a

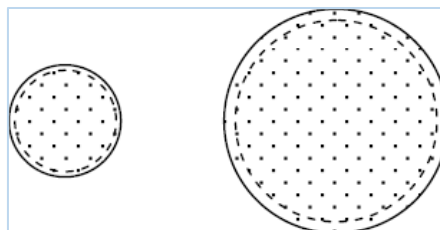
El factor de superficie, k_a , es el coeficiente que tiene en cuenta el efecto del acabado superficial sobre la resistencia del material a las cargas variables y está en el intervalo [0,1]. Para el caso de elementos pulidos a espejo $k_a = 1$, ya que este tipo de superficie es el que tienen las probetas para determinar el límite de fatiga; por lo tanto, no habría necesidad de hacer corrección por estado superficial. Un valor menor que uno implica que el estado superficial reduce en cierto grado la resistencia.

$k_a = a S_{ult}^b$		
Acabado de superficie	Factor a Kpsi (MPa)	Exponente b
Esmerilado (rectificado)	1.34(1.58)	- 0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70(4.51)	- 0.265
Laminado en caliente	14.4(57.7)	- 0.718
Forjado	39.9(272)	- 0.995

Img.8: Factor de superficie k_a

1.6.2 Factor de tamaño k_b

La pérdida de resistencia al aumentar los tamaños de las piezas se debe a que hay una mayor probabilidad de que exista un defecto en el volumen que soporta los mayores esfuerzos. Observe la figura en la cual se muestran las secciones transversales de dos probetas; la segunda con el doble de diámetro que la primera. Si las probetas están sometidas a flexión giratoria, los puntos que soportan mayores esfuerzos son los que están entre la circunferencia a trazos y el contorno de la sección; si los puntos mostrados fueran defectos en la sección, la de mayor diámetro tendrá muchos más defectos en la zona crítica, con lo que tendría mayor probabilidad de que se iniciara una grieta por alguno de ellos.



Img. 9: Sección transversal de probetas

1.6.3 Factor de carga k_c

El comportamiento a la fatiga de un elemento depende también del tipo de carga al cual se somete. Las resistencias a la rotura y a la fluencia de un material son diferentes para esfuerzos cortantes y normales; sucede lo mismo con la resistencia a la fatiga. Además, también hay diferencia entre carga axial y flexión, a pesar de que ambos tipos de carga generan esfuerzos normales.

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{bending} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsion} \end{cases}$$

Cuando existan **cargas combinadas de flexión y torsión** usar $k_c = 1$

Img. 10: Factor k_c para distintos esfuerzos.

1.6.4 Factor de temperatura K_d

Este factor depende de la temperatura de operación de los elementos mecánicos, ya que cuando esta temperatura es menor que la del ambiente, la fractura por fragilidad es una posibilidad latente; y cuando la temperatura es mayor debemos investigar la fluencia del material debido a que esta disminuye con la temperatura.

Si se conoce el límite de resistencia a la fatiga de una viga rotatoria a la temperatura ambiente del lugar de trabajo, entonces úsese la siguiente expresión:

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}}$$

Img. 11: Factor de temperatura K_d

Donde:

ST: Resistencia a la rotura por tensión a la temperatura de operación.

SRT: Resistencia a la rotura por tensión a la temperatura del ambiente de trabajo.

1.6.5 Factor de temperatura K_d

Temperature, °C	S_T/S_{RT}	Temperature, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018

Img. 12: Factor de temperatura K_d

1.6.6 Factor de confiabilidad k_e

El factor de confiabilidad, k_e corrige la resistencia a la fatiga de tal manera que se tenga una mayor probabilidad (y confiabilidad) de que la resistencia real de una pieza sea mayor o igual que el valor corregido. Para la determinación de este factor se supone que la desviación estándar de la resistencia a la fatiga es de 8 %. Utilizando ecuaciones estadísticas correspondientes a la campana de Gauss (distribución normal) se obtiene la siguiente tabla:

Reliability, %	Transformation Variate z_a	Reliability Factor k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Img. 13: Factor de confiabilidad k_e

Fuente: Diseño e Ingeniería mecánica de Shingley: <https://images.app.goo.gl/2Csy63Csw3nn8zw18>

1.6.7 Factor de efectos varios

Depende de las condiciones a las que se exponen los elementos, tales como corrosión, recubrimientos electrolíticos, metalizado por aspersion, corrosión, etc.

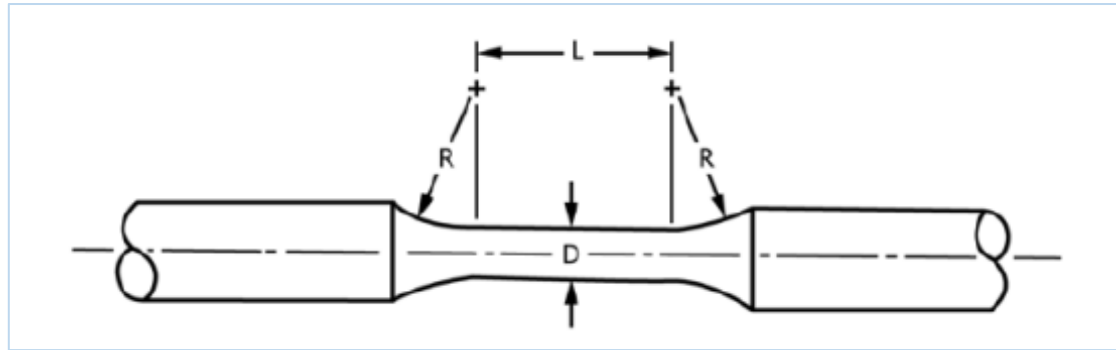
Para un ambiente no agresivo, se considera un factor de 1.

1.7 Muestras para ensayos de fatiga

Para la ejecución del ensayo de fatiga, se requiere el uso de muestras estandarizadas según la norma ASTM E466, la cual es la indicada para la realización de ensayos de fatiga con fuerza axial controlada.

1.7.1 Probeta de radios tangenciales

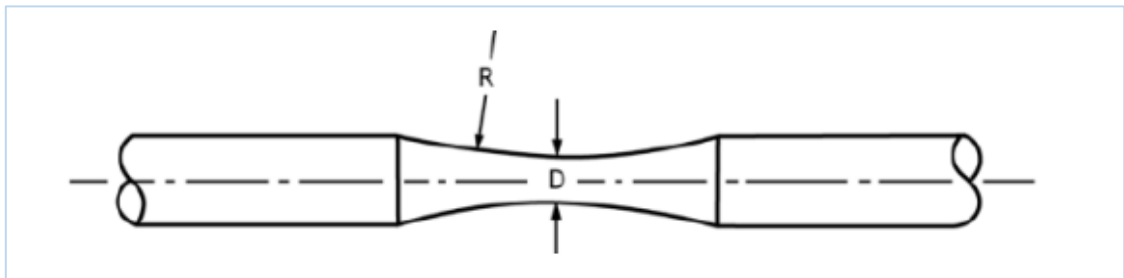
La norma indica que para la probeta mostrada en la figura 14 se pueden emplear diámetros de sección de prueba (D) entre 5,08 mm y 25,4 mm; mientras que para los diámetros de los extremos de sujeción se recomiendan áreas de sección transversal desde 1,5 a 4 veces el área del diámetro D, la longitud (L) de la zona de prueba debe ser de 2 a 3 veces el diámetro de sección de ella, y por último el radio (R) que está entre la sección de prueba y los extremos debe ser mínimo 8 veces el diámetro menor de la probeta.



Ing. 14: Probeta de radios tangenciales.

1.7.2 Probeta con radio continuo entre los extremos.

Para la probeta mostrada en la figura 15, se establece que el radio de curvatura (R) no debe ser menor que ocho veces el diámetro de sección de prueba y la longitud de la sección reducida debe ser mayor a tres veces el diámetro de sección D; las otras relaciones de dimensiones son las establecidas en la figura 14.



Img. 15: Probeta de radios continuos

1.7.3 Dureza

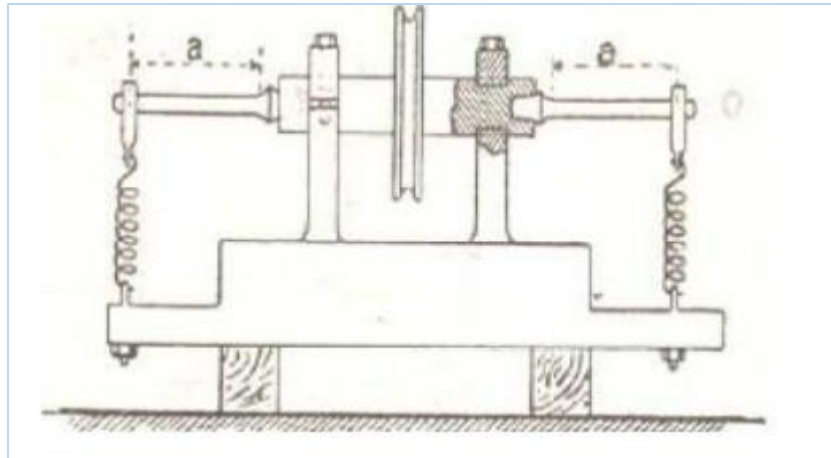
Acero grado al Cromo-Molibdeno con buena resistencia a la tensión, torsión y a la flexión. Para piezas y partes de maquinaria de uso general. Normalmente no requiere un tratamiento térmico adicional. Conserva la dureza y resistencia a altas temperaturas gracias al Cromo y Manganeso. Son menos susceptibles al fragilizado, debido al revenido por el Cromo y Molibdeno. Poseen buenas características de endurecido profundo, ductilidad y capacidad para soldarse. Presenta alta resistencia en pequeñas y media medida para la construcción de máquinas.

1.8 Máquinas por flexión rotativa

1.8.1 Máquina de flexión en ménsula

Wöhler desarrolló la primera máquina de ensayo por flexión rotativa en ménsula como en la figura 10. En esta máquina doble, el esfuerzo está dado por la tensión de un resorte y la velocidad de rotación es de 80 rpm, el momento de flexión varía linealmente con la distancia considerada desde el eje hasta el punto donde se aplica la carga.

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

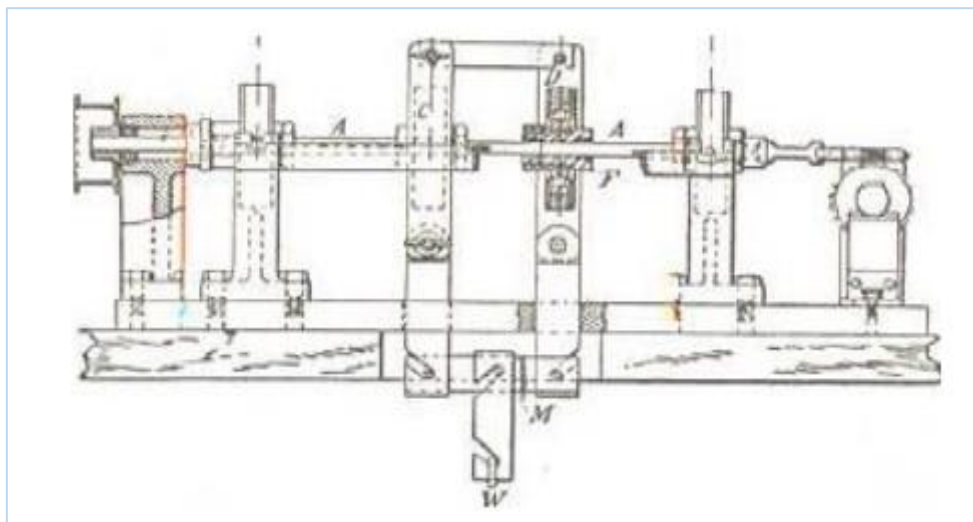


Img.16: Máquina de flexión en ménsula

Fuente: <https://images.app.goo.gl/bG1XQBwvg1FoMrKM9>

1.8.2 Máquina Sondericker

Es una modificación de la máquina de Wöhler, se puede observar en la figura 17 que en este caso la fuerza se aplica en el centro de la probeta mientras se sujeta por los extremos. Tiene como ventaja el producir un momento de flexión constante a lo largo de la probeta.

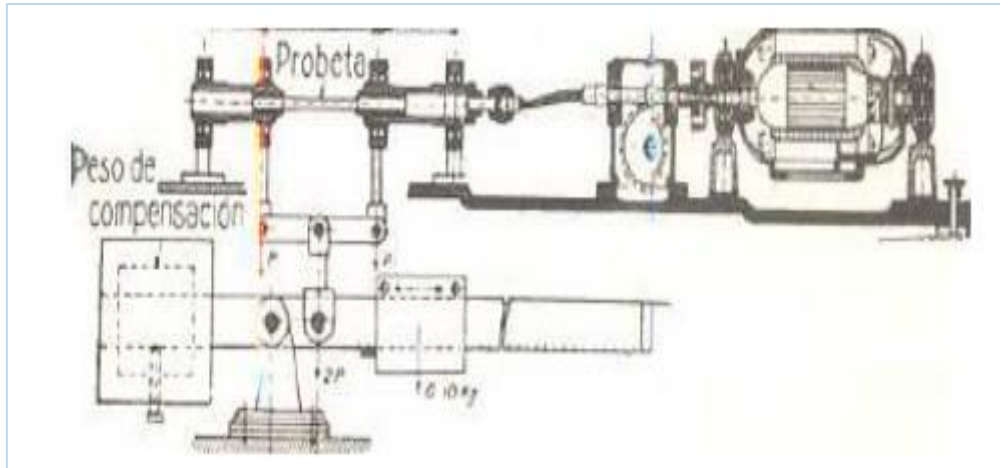


Img.17: Máquina Sondericker

Fuente: <https://images.app.goo.gl/7L7kuRaGMx9N65tFA>

1.8.3 Máquina Schenck

De acuerdo con la figura 18 se muestra que en esta máquina la carga se aplica mediante un sistema brazo-balanza, por medio de un peso que puede ser movido al momento de realizar el ensayo. La probeta es girada mediante un motor eléctrico que se encuentra montado sobre una estructura.



Img.18: Máquina Schenck

Fuente: <https://images.app.goo.gl/EqLHYChXmEc9iAGS9>

1.9 Alcance y Limitaciones

El proyecto tiene como finalidad, el diseño de una máquina que permite realizar ensayos de fatiga a la flexión rotativa, para garantizar el buen procedimiento de construcción se usó la norma ASTM E466 como guía para establecer los parámetros de operación, además se implementó como base de estudio los proyectos dedicados al diseño de estas máquinas.

El diseño se constituyó con el fin de realizar pruebas a partir de probetas estándares en materiales con esfuerzo último similar o inferior al acero AISI 4140 en estado de entrega, sin embargo, se puede emplear para verificar el comportamiento en probetas con alteraciones como rugosidad, ranuras, agujeros, chaveteros, etc. La máquina de ensayos de fatiga es capaz de llevar la probeta a la ruptura para el caso de vida finita, está diseñada para realizar ensayos sobre probetas que tengan un diámetro de prueba máxima de 9 mm, ya que tiene la capacidad de aplicar una carga máxima de 630 N.

1.10 Selección del diseño

La concepción del diseño de la máquina se ha orientado hacia la facilidad de operación para los usuarios, permitiendo su uso en posición erguida y garantizando su portabilidad, ya sea para colocarla sobre una mesa de laboratorio estándar, con una altura aproximada de 0,9 m, o para montarla en una mesa propia equipada con ruedas para facilitar su traslado.

Aunque el público objetivo de este dispositivo son profesionales y estudiantes avanzados de ingeniería, se ha priorizado la simplicidad de uso en su diseño. Por consiguiente, se ha seleccionado un diseño de máquina de ensayo con una configuración de viga en voladizo.

2 Parámetros de diseño

2.1 Consideraciones iniciales

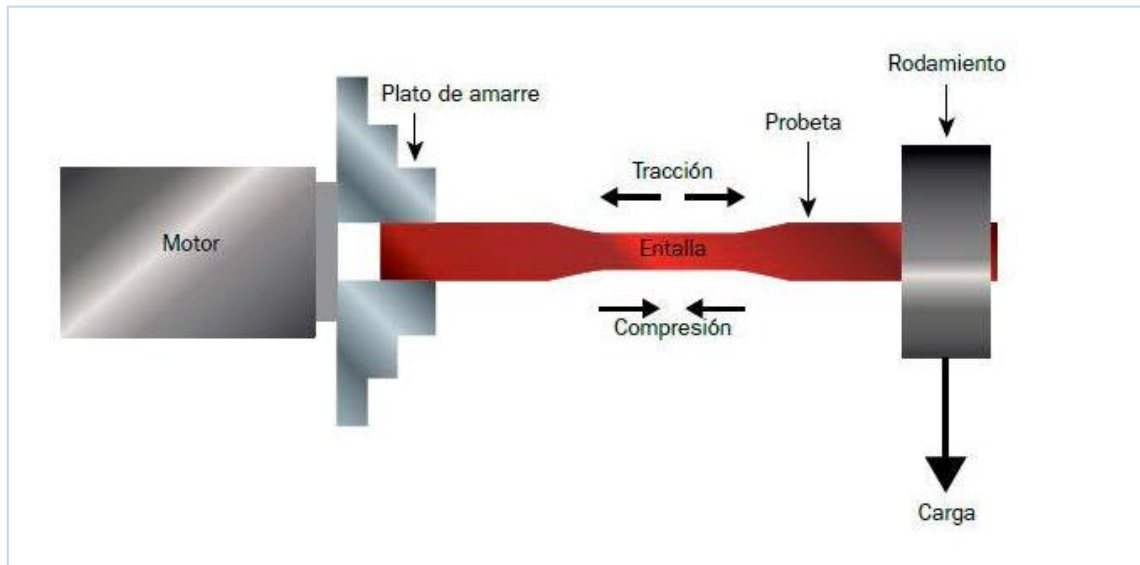
Como base para los parámetros de operación se siguieron los lineamientos de la norma ASTM E466 que, por indicaciones de esta, la frecuencia de ciclos es de 60 RPM hasta 6000 RPM que pueden ser accionados por

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

un motor eléctrico y se debe garantizar que el esfuerzo aplicado durante el ensayo no debe variar más del 2 % del valor requerido.

Una de las formas en que se realizan ensayos de fatiga es empleando el método de viga en voladizo, es decir, se sujeta la probeta a un sistema de rotación en un extremo y se imprime una carga radial en el otro como en la figura 19. Se pretende utilizar un sistema de tornillo de potencia que al ser accionado aplica la carga F.

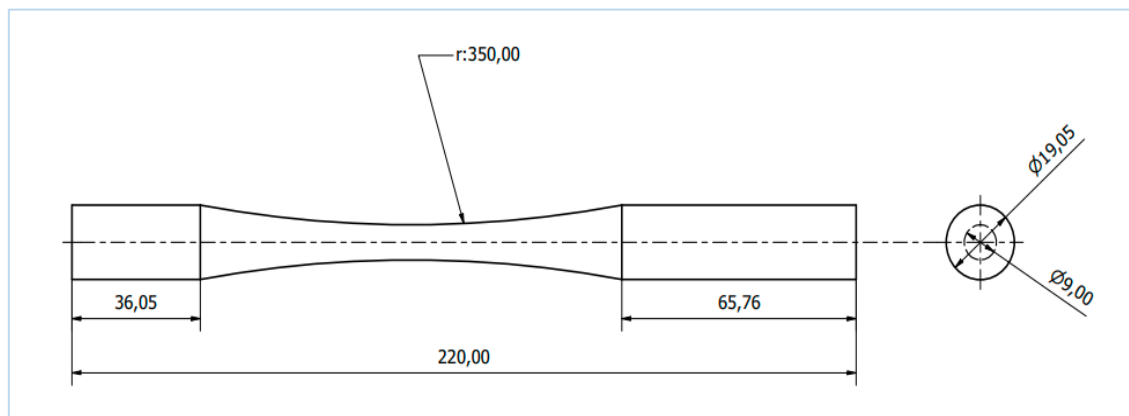
Los factores principales del sistema de carga en una viga en voladizo son: carga, material y longitud entre el punto de prueba y el de aplicación de carga.



Img.19: Carga en voladizo

2.2 Dimensiones de la probeta

El tipo de muestra que se tomó en cuenta, son los especímenes con radio continuo entre hombros, como se indica en la figura 20. Probetas con una longitud de extremo a extremo de 220 mm, diámetro de sujeción de 19,05 mm y un diámetro de prueba de 9 mm. Con tolerancias permisibles de dimensión $\pm 0,03$ mm y rugosidad máxima de $0,2 \mu\text{m}$ (Ra).



Img.20: Dimensiones y forma de probeta

2.3 Diseño de la máquina

Para el diseño del equipo se tuvo en cuenta máquinas de ensayo de fatiga para muestras en voladizo realizadas en otros proyectos y algunas encontradas en el mercado, con el fin de formar una idea de los componentes necesarios.

Sus componentes se clasificaron en tres grupos de acuerdo con la figura 21:

2.3.1 Sistema de rotación

El primero corresponde al sistema que hace rotar la probeta y está conformado principalmente por un motor, un eje, dos rodamientos y una mordaza o boquilla para sujetar la probeta en un extremo.

2.3.3 Sistema de carga

El segundo consiste en el sistema que ejerce la carga en el otro extremo, el cual consta de una viga fija que sujeta un tornillo de potencia que al actuar ejerce una carga sobre una viga deslizante y se transmite a un rodamiento, guiado a su vez por dos columnas verticales

2.3.4 Sistema de control y datos

El último sistema es el encargado de medir y controlar las variables de carga y ciclos requeridos para la práctica.

3 Cálculos de diseño

3.1 Requerimientos

Con el fin de que la máquina sea capaz de llevar la probeta al esfuerzo último mediante carga radial y considerando probetas de acero AISI 4140 que según catalogo tiene un esfuerzo último de hasta 1113 MPa.

Para la probeta de ensayo construida con acero AISI 4140, se tiene que la distancia hasta la fibra más cercana es $c = 4,5 \text{ mm}$ y un momento de inercia $I = 322,06 \text{ mm}^4$, reemplazando estos valores en la ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot c}{I}$$

Img.21: Esfuerzo máximo

Donde:

M: Momento flector, [N-mm]

c: Distancia desde el eje neutro hasta la fibra más externa, [mm].

I: Momento de inercia, [mm⁴].

$$I = \frac{\pi}{4} r^4$$

Img. 22: Momento de inercia para un circulo

El momento flector para una viga en voladizo con una carga en su extremo, está en función de la longitud y la carga de la forma.

$$M = F * l$$

Img. 23: Momento flector

Donde:

F: fuerza radial sobre la viga, [N].

l: longitud desde la aplicación de la fuerza hasta el punto medio de la muestra, [mm].

El esfuerzo cortante máximo se define para un círculo sometido a flexión pura se define como.

$$\tau = \frac{4*V}{3*A}$$

Img. 24: Esfuerzo cortante máximo

Donde:

V: es el valor del cortante en el punto medio (radio menor de la probeta), [N].

A: es el área de la sección transversal de la probeta, [mm²].

3.2 Cálculo del árbol de transmisión

Para el diseño del eje principal, se tuvo en cuenta cambios de secciones, roscas y chaveteros para poder realizar el montaje de rodamientos y acople; teniendo en cuenta que el eje esta soportado por dos rodamientos y un extremo sometido a carga radial transmitida por la probeta.

Se determinó la distancia entre rodamientos mediante el análisis de un diagrama de cargas contra distancia, con datos obtenidos de simulaciones en Autodesk Inventor.

Para el diseño del eje se consideró como material, el acero AISI 4140 templado y revenido ya que es un acero empleado en este tipo de partes, presentan buen comportamiento a la resistencia a la fatiga, permite un maquinado moderado y se encuentra muy fácil en el mercado. Además, sus propiedades mecánicas permiten hacer un eje de diámetro más pequeño que el de un eje en acero AISI 1045, lo cual afecta positivamente la vida de este elemento.

3.2.1 Cálculo por análisis estático

De la misma manera que en el apartado anterior, se realizaron los estudios mediante el software Autodesk Inventor 2023, determinando así, el valor del esfuerzo de corte y el momento flector correspondiente y posteriormente se determinó un diámetro inicial a partir de cálculos estáticos considerando la ecuación de esfuerzo para probetas en voladizo de sección circular, definidos en las ecuaciones de las [imágenes 21 y 22](#), se despejó un diámetro inicial, conociendo los valores de momento flector y esfuerzo de fluencia del acero AISI 4140 (621 MPa).

3.2.2 Cálculo del diámetro por análisis de fatiga

Para determinar el límite de resistencia a la fatiga S'_e , se calculó mediante la ecuación de la imagen 4, donde tomamos como esfuerzo máximo a la tensión del acero SAE 4140 igual a 980MPa, por lo tanto:

$$S'_e = 0.5 * 980Mpa$$

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f K'_e$$

K_f : Es el factor de concentración de esfuerzo por fatiga a flexión, [Adimensional].

Se requiere K_f definido como ((Budynas y Nisbett):

$$K_f = 1 + q (K_t - 1)$$

Img. 30: Factor de concentración de esfuerzo por fatiga a la flexión

Donde:

q : es el factor de sensibilidad de la muesca, [Adimensional].

K_t : Factor de concentración de esfuerzo por carga axial, [Adimensional].

Utilizando un factor de seguridad de 1,5 que es el mínimo permisible para el diseño de ejes. Sustituyendo estos valores en la ecuación de Goodman para cálculo de diámetros.

$$a = \left\{ \left(\frac{16 * (1.5)}{\pi} \right) \left\{ \frac{1}{281.69 MPa} [2 * (1.54 * 122305.66 Nmm)] \right\} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

3.3 Selección del motor

Las velocidades de rotación de los motores comerciales se encuentran dentro del rango aceptados por la norma ASTM E466, sin embargo, con el fin de disminuir los tiempos de ensayo de una muestra, se empleará un motor trifásico de un par de polos, 2900 RPM, para determinar la potencia se calculó el torque máximo

requerido en el sistema, teniendo en cuenta que se emplearán rodamientos de una hilera de bolas de acanalado profundo, se usará un coeficiente de fricción de 0,0015.

$$T = 0,5\mu R d$$

Img. 34: Torque máximo

Donde

T: par torsor producido por los rodamientos [N-mm].

μ : coeficiente de rozamiento [Adimensional].

R: carga aplicada sobre el rodamiento, [N].

d: diámetro interno del rodamiento [mm].

La potencia requerida que debe entregar el motor será:

$$H = \frac{T * \omega}{9,55}$$

Img. 34.1: Potencia de motor [W]

Donde:

T: Par de torsión [N-m].

ω : Velocidad angular, [rpm].

H: potencia, [W].

3.4 Cálculo de rodamientos

Para calcular la vida útil de un rodamiento bajo una carga radial específica y a una velocidad dada, podemos utilizar la fórmula de vida nominal del rodamiento, que se expresa comúnmente como la ecuación de L10. Esta ecuación estima la vida útil del rodamiento, es decir, el número de revoluciones que se espera que el rodamiento pueda girar antes de que el 90% de una gran población de rodamientos similares hayan experimentado fatiga y fallo.

La ecuación de vida nominal del rodamiento (L10) es:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \times 10^6$$

Img.35: Vida nominal del rodamiento

Donde:

L_{10} : vida nominal del rodamiento en revoluciones.

C: Capacidad de carga básica del rodamiento.

P: Carga equivalente en el rodamiento

La carga equivalente P bajo una carga radial puede calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$P = Fr + Y \cdot Fa$$

Img.36: Carga equivalente del rodamiento

Donde:

Fr: carga radial aplicada.

Fa: Carga axial aplicada (en este caso, 0 ya que estamos considerando una carga radial).

Y: Factor de carga radial (dado por el fabricante del rodamiento).

El valor de **Y** y **C** específicos para el rodamiento YAR 205 los proporciona el fabricante.

Una vez que tengamos **P**, podemos usarlo para calcular **L_{10}**

3.5 Cálculo de las chavetas

El cálculo de las chavetas se realizó teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Para un eje de $D = 20\text{mm}$, a la mayor potencia solicitado es del motor: $1.032\text{kW} \cong 1.5\text{HP}$

$$\varnothing = 20 \text{ mm}$$

$$n = 3000 \text{ rpm}$$

$$\text{Chaveta SAE 1020 } S_s = 570 \text{ kg/cm}^2$$

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

Ø eje d mm desde- hasta	Medida chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas chavetero del eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886, 6887		t ₁ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	Ø m/m desde- hasta	Tol.H-7 m/m
		d + t ₂ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	d + t ₂ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m				
6-8	2x2	d+0,9	+0,1	-	-	1,1	+0,1	6-10	+0,015 0
8-10	3x3	d+1,3		-	-	1,7			
10-12	4x4	d+1,6		d+1,4	-0,1	2,4			
12-17	5x5	d+2,1		d+1,9		2,9			
17-22	6x6	d+2,6		d+2,1		3,5			
22-30	8x7	d+3,0	d+2,4	4,1	+0,2	18-30	+0,021 0		
30-38	10x8	d+3,4	d+2,8	4,7					
38-44	12x8	d+3,2	d+2,8	4,9					
44-50	14x9	d+3,6	d+2,9	5,5					
50-58	16x10	d+3,9	d+3,2	6,2					
58-65	18x11	d+4,3	d+3,5	6,8	+0,3	50-80	+0,030 0		
65-75	20x12	d+4,7	d+3,9	7,4					
75-85	22x14	d+5,6	d+4,8	8,5					
85-95	25x14	d+5,4	d+4,6	8,7					
95-110	28x16	d+6,2	d+5,4	9,9					
110-130	32x18	d+7,1	d+6,1	11,1	+0,3	180-250	+0,046 0		
130-150	36x20	d+7,9	d+6,9	12,3					
150-170	40x22	d+8,7	d+7,7	13,5					
170-200	45x25	d+9,9	d+8,9	15,3					
200-230	51x28	d+11,2	d+10,1	17					
230-260	56x32	d+12,9	d+11,8	19,3	400-500	+0,057 0			
260-290	63x32	d+12,6	+0,3	d+11,5			-0,3	19,6	

Img.37: Medidas de chavetas/ chaveteros

Fuente: [Dimensiones Chaveteros y Chavetas | PDF | Máquinas | Ingeniería mecánica \(scribd.com\)](#)

3.6 Selección de pinza de sujeción

Optamos por un mandril de sujeción con cono JT3, hasta 20mm de diámetro, ya que las probetas a ensayar no superan esa media.



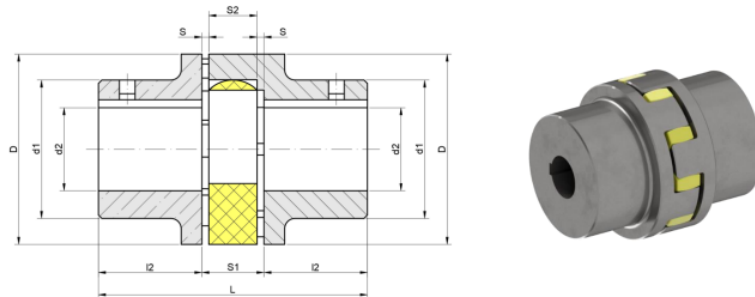
Img.38: Mandril de sujeción

Fuente: <https://images.app.goo.gl/aYqWH5BceWJCBbxU6>

3.7 Cálculo del acoplamiento

Teniendo en cuenta los datos obtenidos anteriormente, donde la potencia transmitida será de 1.032kW, un torque de 4 Nm aprox. Y una velocidad máxima de 3000 RPM, optamos por un acoplamiento estrella con un elastómero (color amarillo), fabricado en poliuretano de dureza 92° shore A, el cual permite una desviación máxima de 10° y torque máximo de 20 Nm (Anexos 5 y 6).

ACOPLAMIENTO DE ESTRELLA KALFLEX TIPO AA



Datos técnicos y dimensiones

Tamaño	Par Nominal [Nm]	Par Máximo [Nm]	c/inversión [Nm]	RPM Max. [1/min]	Eje Max. d2 [mm]	D [mm]	d1 [mm]	L [mm]	l2 [mm]	S [mm]	S1 [mm]	S2 [mm]	Peso [Kg]	Inercia [Kg·m²]
19	10	20	2.6	14000	19	40	30	66	25	2	16	12	0.33	0.0001
24	35	70	9	10600	24	55	40	78	30	2	18	14	0.6	0.0003

Img.39: Acoplamiento mecánico



Estrella amarilla.
Fabricada en poliuretano.
Dureza: 92° Shore A.

Estrella roja.
Fabricada en poliuretano.
Dureza: 98° Shore A.

Estrella verde.
Fabricada en poliuretano.
Dureza: 64° Shore D.

Tamaño	Velocidad Máxima [Min ⁻¹]	Ángulo de torsión [°]						Par [Nm]						C/ inversión		
		Nominal ϕ_n			Máximo ϕ_{max}			Nominal			Máximo					
		92 Sh. A	98 Sh. A	64 Sh. D	92 Sh. A	98 Sh. A	64 Sh. D	92 Sh. A	98 Sh. A	64 Sh. D	92 Sh. A	98 Sh. A	64 Sh. D	92 Sh. A	98 Sh. A	64 Sh. D
14	19000	6.4°	6.4°	4.5°	10°	10°	7°	7.5	12.5	16	15	25	32	2	3.3	4.2
19	14000							10	17	21	20	34	42	2.6	4.4	5.5
24	10600							10	17	21	20	34	42	2.6	4.4	5.5

Img.40: Elastómero estrella

Fuente: [Catálogo KALFLEX.pdf \(varytrans.com\)](#)

3.8 Cálculo del soporte móvil

El soporte móvil estará sometido a un esfuerzo máximo de 724.147N, en su punto medio, donde apoya la celda de carga, en la cual actúa el tornillo de potencia.

Se realizó el estudio de fuerzas a través del software Autodesk Inventor 2023 (ver memoria de cálculo).

Para el estudio de esta se consideró un análisis de viga sometida a flexión, considerando un factor de diseño y un esfuerzo permisible máximo similar al esfuerzo de fluencia.

$$\frac{\underline{s}_y}{n} = \frac{MC}{I}$$

Img.44:

El momento de inercia para una sección rectangular está dado por:

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

Img.45: momento de inercia sección rectangular

Donde:

b: longitud de la base de la sección [mm]

h: altura de la sección [mm].

C: dimensión desde el eje neutro hasta el extremo más lejano, [mm].

n: factor de seguridad = 5

S_y: Límite de fluencia para el Acero AISI 1045: 304MPa

De esta manera, relacionando las dos ecuaciones anteriores, podemos determinar la altura **h** (como mínimo), que debe tener el soporte móvil.

$$\frac{\underline{s}_y}{n} = \frac{6M}{bh^2}$$

Img.43: Relación ecuaciones Img.44 y Img.45

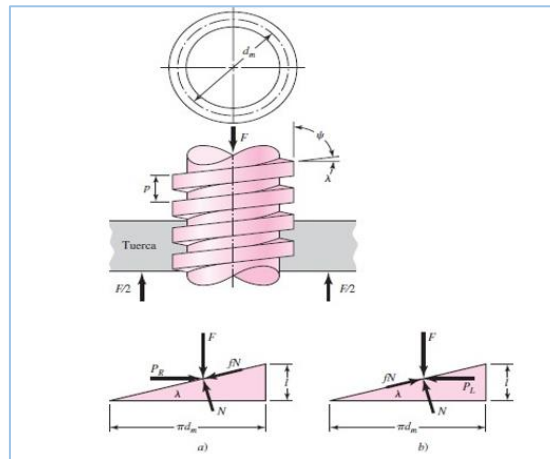
3.9 Cálculo del Soporte fijo-superior

Para el cálculo del soporte fijo-superior, se tomó en cuenta los valores obtenidos en el apartado anterior y se diseñó con las mismas dimensiones, puesto que está sometido a los mismos esfuerzos.

3.10 Cálculo del tornillo

Los tornillos de potencia están sometidos a cargas de acuerdo con el efecto que se produzca al girarlos, en la figura a continuación se muestran las fuerzas presentes.

Un tornillo puede ser considerado, de manera simple, que está formado por un cuerpo cilíndrico (que sería el vástago o la caña del tornillo), sobre el que se enrolla un plano inclinado formando los filetes de la rosca del tornillo.



Img.47: Cargas en tornillos

Fuente: Diseño e Ingeniería mecánica de Shingley: <https://images.app.goo.gl/2Csy63Csw3nn8zw18>

3.10.1 Ecuaciones y resultados de esfuerzos

3.10.1.1 Consideraciones:

- Se optó por el uso de un tornillo de potencia de rosca cuadrada de medida estándar de 22mm paso 4mm, el cual trabajará directamente sobre el soporte fijo, aplicando una fuerza de 725 N sobre la celda de carga.
- El material de construcción de este es AISI SAE 1045, con un índice de deformación de 0.001, por este motivo se consideró despreciable a fin de facilitar los cálculos.
- La expresión a continuación proporciona el par o momento torsional necesario para bajar una carga de valor (F), usando un tornillo de potencia de rosca cuadrada, en la cual no se tuvo en cuenta el segundo término de la misma ya que se decidió despreciar el rozamiento del collarín (apoyo del tornillo con la celda de carga), por ir apoyado en un rodamiento de carga axial o crapodina.

$$M = \frac{F \times d_m}{2} \times \frac{(p \times \pi \times \mu \times d_m)}{(\pi \times d_m - \mu \times p)} + \frac{\mu_c \times d_c}{2} \times F$$

Img.48: Momento torsor, tornillo de potencia

Fuente: Tornillos de potencia: [Tornillos de potencia \(ingemecanica.com\)](http://ingemecanica.com)

Donde:

F: Carga a descender (725 N).

d_p : Diámetro medio del tornillo (21mm).

μ : Coeficiente de rozamiento de la rosca (acero/acero 0.09).

α : Ángulo de la hélice del paso (3.5°).

p: Paso del tornillo (4mm).

3.11 Diseño del volante

3.11.1 Consideraciones

- Se consideró una fuerza aplicada sobre el volante por una persona de 50 N.

Tomando como base la ecuación de Momento torsor, determinamos el radio que debe tener el volante para poder aplicar la fuerza requerida.

$$M = F * d$$

Img.49: Ecuación de Momento torsor

Donde:

M: Momento torsor (2755 Nmm)

F: Fuerza aplicada (50N).

d: Distancia al del radio del volante (mm)

3.12 Selección del rodamiento axial o crapodina de apoyo.

Para este caso se tomó como referencia el catálogo de rodamientos SKF, en el cual se eligió un rodamiento axial de acuerdo con la carga máxima que soportará el ensayo de 725N, dando como resultado una crapodina SKF 51100 (anexo 7).

4 Construcción de la máquina

4.1 Construcción del eje

La construcción del eje parte de la adquisición de una barra de acero AISI 4140 con un diámetro 40mm y una longitud de 300 mm; fue sometida al proceso de torneado en donde se realizaron operaciones de cilindrado, frenteado, biselado y punta cónica para el ajuste del mandril que soporta la probeta. Además de las operaciones de tornería, se realizó la chaveta para encastrar una de las mitades del manchón.



Img.49.1: Mecanizado de eje de transmisión

4.2 Construcción de las barras guía

Se emplea una barra de acero AISI 1045 con diámetro comercial de 25 mm y con una longitud de 1000 mm, la cual es necesaria para la construcción de las dos barras requeridas en la máquina. Se emplea el proceso de torneado con el fin de reducir el diámetro a la medida requerida, según los planos, que permita atravesar la placa y por el otro lado sujetarla mediante una tuerca de ese diámetro, de igual forma se sujeta la viga fija en el otro extremo de la barra guía.

4.3 Construcción de la caja de rodamiento axial.

Para fabricar este elemento se partió de una barra de acero AISI 1010 de diámetro 40mm, se realizaron operaciones de tornería para llevarla a las medidas según plano, entre ellas el mecanizado del asiento del rodamiento axial, y el ranurado para anillo Segger.

4.4 Construcción del soporte móvil

Para el soporte móvil se utilizó un perfil de acero AISI 1020 de espesor 20mm, ancho 50mm y 250mm de largo, En la fabricación de este se realizaron operaciones de fresado para aplanar las caras y garantizar el paralelismo entre ellas, además se agujeraron los alojamientos de las barras para que el soporte pueda desplazarse entre ellas.

Todas estas operaciones se realizaron según plano.

4.5 Construcción del volante

Para el volante se adquirió uno de medida estándar comercial (anexo 9) que cumpla con el diámetro mínimo calculado en los apartados anteriores, además se mecanizó el centro de este y se realizó el ajuste del diámetro del tornillo al igual que el chavetero de 6x6mm.

4.6 Construcción del tablero eléctrico

Para el tablero eléctrico se seleccionó una caja metálica para tableros industriales según IEC 61439-1 e IEC 61439-2. Estas normas sustituyen a la antigua norma IEC 60439-1.

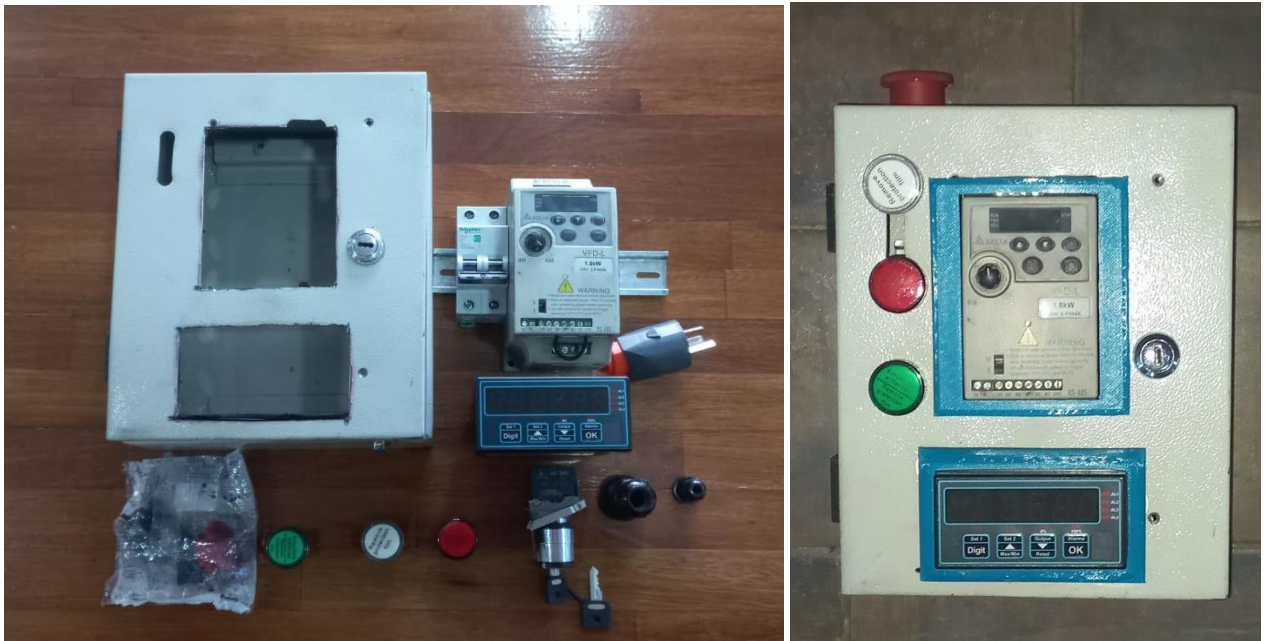
El mismo en su interior contiene:

- Un interruptor termomagnético bipolar de ...A.
- Un variador de frecuencia Delta de 1.5kW.
- Una barra de puesta a tierra.

En el frente se instaló:

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

- El HIM del variador para poder visualizar y modificar los valores en caso de que sea necesario y también poder variar la velocidad de la máquina.
- El display del transductor de la celda de carga.
- Un ojo de buey color ámbar para indicar que hay presencia de tensión.
- Un ojo de buey color verde para indicar que la máquina está funcionando.
- Un ojo de buey color rojo para indicar que la máquina está detenida.
- Un pulsador con traba para que la máquina comience a funcionar.
- Una para de emergencia.



Img.49.2: Tablero de comando

4.7 Ensamble de la máquina prototipo

A continuación, se muestran imágenes del proceso de ensamble de la máquina:



Img.49.3: máquina prototipo

5 Costo de construcción de la máquina.,

Parte	Cantidad	Costo material	Costo mecanizado	Total U\$S
Motor	1,00	340,515		340,515
Acople	1,00	53,0	28,00	81,00
Chavetas	3,00	6,00	2,00	8,00
Rodamientos YAR 205	2,00	160,00		320,00
Rodamiento YAR 204	1,00	130,00		130,00
Rodamiento axial 51100	1,00	37,70		37,70
Caja SY 504M Portarodamientos	2,00	23,75		47,50
Caja SY 505M Portarodamientos	1,00	32,00		32,00
Eje de transmisión	1,00	55,00	120,00	175,00
Mandril	1,00	78,00		78,00
Base	1,00	54,40	10,00	64,40
Columnas	2,00	45,90	90,00	135,90
Soporte móvil	1,00	20,00	65,00	85,00
Soporte Fijo	1,00	20,00	65,00	85,00
Tornillo de potencia	1,00	55,00	150,00	205,00
Volante	1,00	32,00	30,00	62,00
Protección	1,00	58,70	12,00	70,70
Tacos de goma	4,00	7,50		7,50
Caja eléctrica	1,00	67,90		67,90
Variador de velocidad	1,00	51,70		517,00
Termomagnética	1,00	5,70		5,70
Traductor de celda de carga	1,00	43,90		439,00
Celda de carga	1,00	25,90		259,90
Ojos de buey de color	3,00	16,20		16,20

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

Pulsador	1,00	7,60		7,60
Botón de parada de emergencia	1,00	23,00		23,00
*Varios, 10% del total	1,00	32,80		328,00
Total				U\$S 3.629,515

*Varios: se estimó un 10% para gastos variados, como ser los bulones, cabe, terminales, pintura, etc.

Memoria de cálculo

Para probetas de acero AISI 4140 que según catálogo tiene un esfuerzo último de hasta 1113 MPa.

Para la probeta de ensayo construida con acero AISI 4140, se tiene que la distancia hasta la fibra más cercana es $c = 4,5 \text{ mm}$ y un momento de inercia $I = 322,06 \text{ mm}^4$, reemplazando estos valores en la ecuación de esfuerzo máximo, [img.21](#)

Donde:

M: Momento flector, [N-mm]

c: Distancia desde el eje neutro hasta la fibra más externa, [mm].

I: Momento de inercia, [mm⁴].

y despejando M, se tiene:

$$M = \frac{322.06 \text{ mm}^4 * 1113 \text{ MPa}}{4.5 \text{ mm}}$$

$$M = 79.656,17 \text{ Nm}$$

El momento flector para una viga en voladizo con una carga en su extremo, está en función de la longitud y la carga de la forma, [img. 23](#)

Donde:

F: fuerza radial sobre la viga, [N].

l: longitud desde la aplicación de la fuerza hasta el punto medio de la muestra, [mm].

De acuerdo con la ecuación anterior, para una longitud de 110 mm y el momento flector calculado de **79656,17 Nmm**, se requiere una carga de **724,147 N**

El esfuerzo cortante máximo se define para un círculo sometido a flexión pura se define según la ecuación de la [img.24](#).

Donde:

V: es el valor del cortante en el punto medio (radio menor de la probeta), [N].

A: es el área de la sección transversal de la probeta, [mm²].

De acuerdo con la ecuación anterior, podemos decir que el valor del esfuerzo cortante máximo de nuestra probeta será de: **$\tau = 15,177 \text{ MPa}$** .

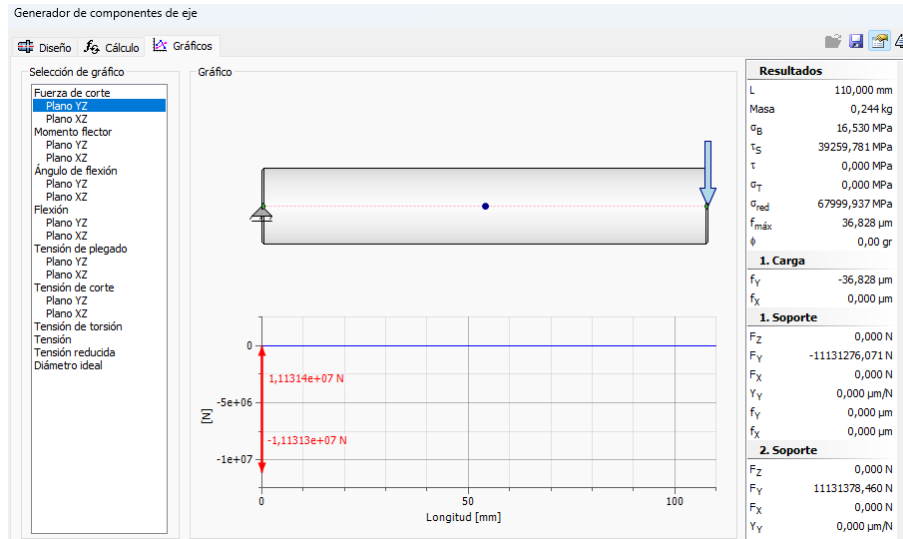
Por lo tanto, los valores a considerar en el diseño de la máquina son:

Momento flector: **79.656,17 Nmm**

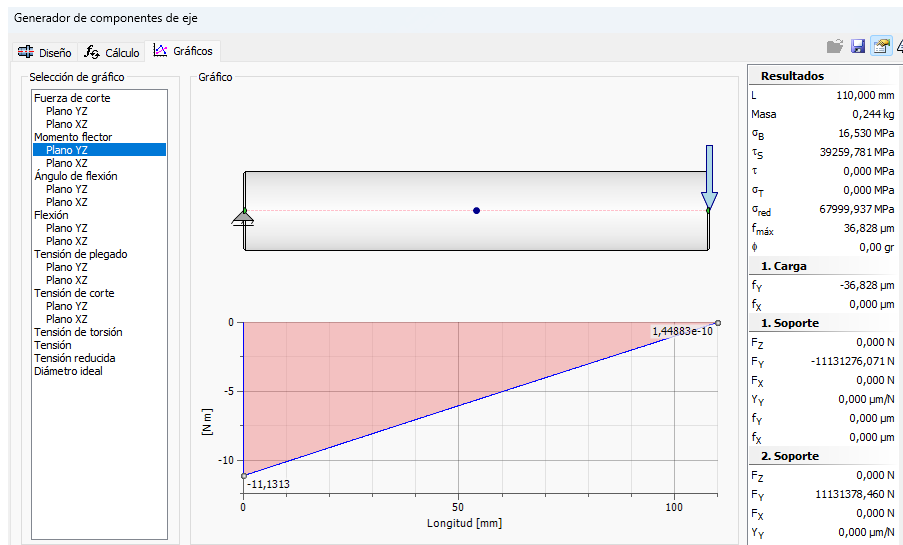
Carga máxima: **724,147 N**

Esfuerzo cortante máximo: **5.177 MPa**

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466



Img. 25: Diagrama de corte de probeta SAE 4140



Img. 26: Diagrama de Momento flector de probeta SAE 4140

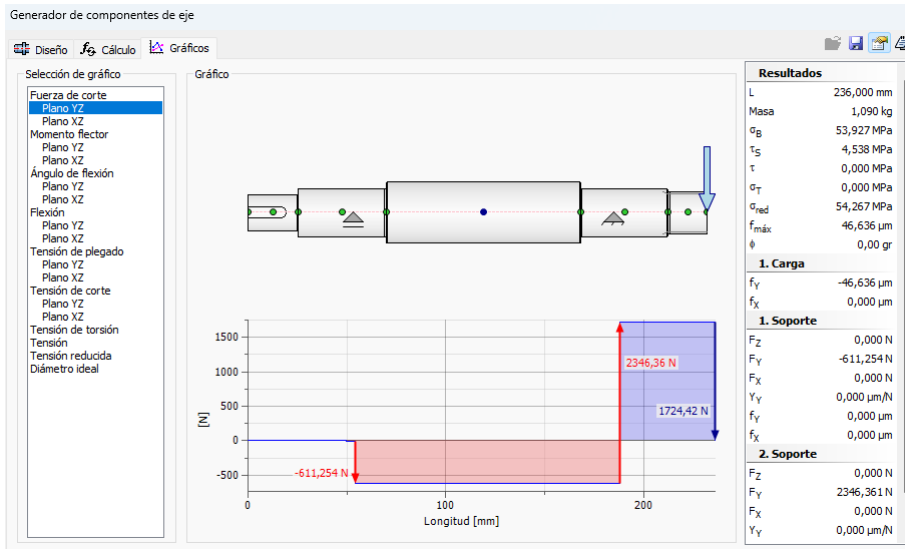
Cálculo del diámetro del eje por análisis estático:

De acuerdo con las [imágenes 21 y 22](#), se despejó un diámetro inicial, conociendo los valores de momento flector y esfuerzo de fluencia del acero AISI 4140 (621 MPa).

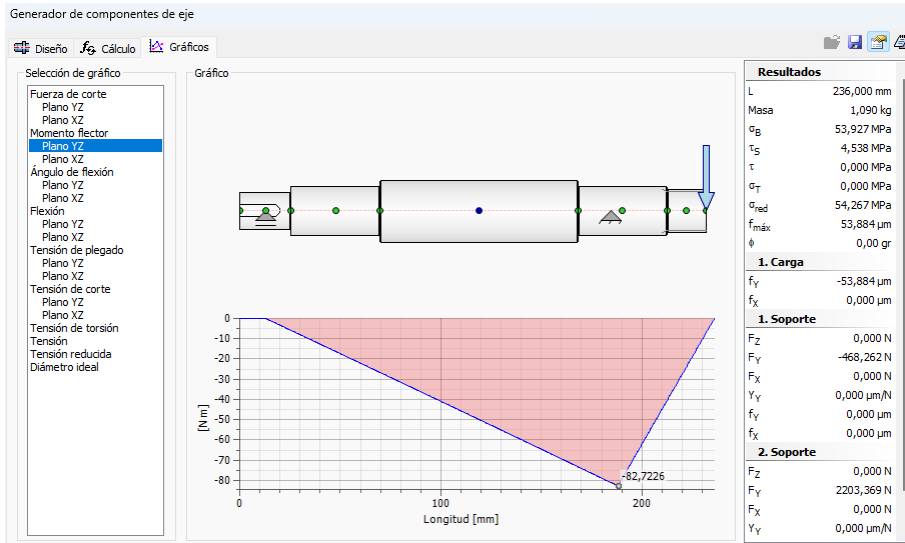
$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * (82722.6 \text{ Nmm})}{\pi * (621 \text{ Mpa})}}$$

$$d = 11,7 \text{ mm} \cong 12 \text{ mm}$$

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466



Img. 27: Diagrama de esfuerzo de corte de árbol de transmisión



Img. 28: Diagrama de momento flector de árbol de transmisión

Cálculo del eje por análisis de fatiga:

$$S'_e = 490 \text{ MPa}$$

Aplicamos los factores de seguridad:

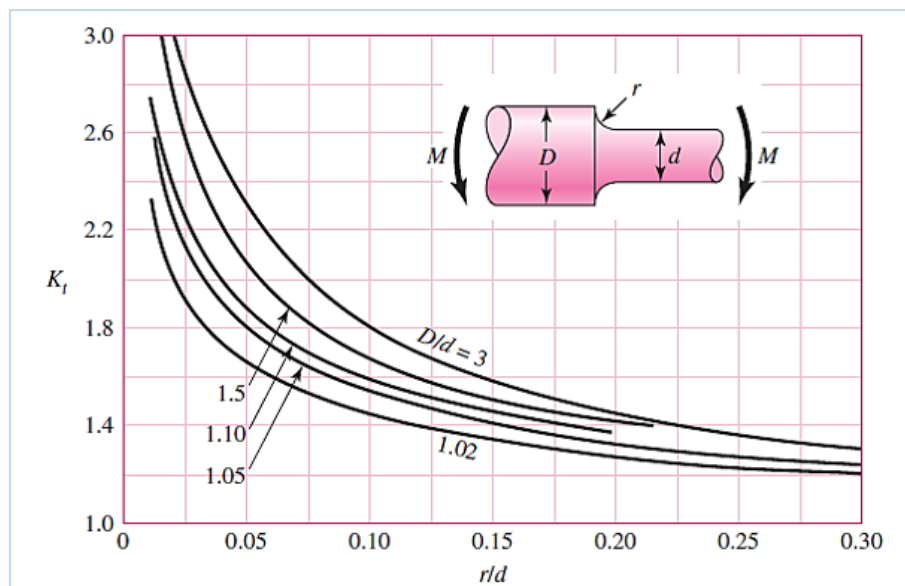
Factor de corrección de superficie (K_a)	Maquinado en torno	$K_a = 0,73$
Factor de corrección de tamaño (K_b)	Diámetro 10,36 mm	$K_b = 1,05$
Factor de corrección de carga (K_c)	Cargas radiales	$K_c = 1,0$
Factor de temperatura (K_d)	Temperatura ambiente	$K_d = 1,0$
Factor de confiabilidad (K_e)	0,99 de confiabilidad	$K_e = 0,75$
Factor de efectos varios	Condiciones ambientales	$K_e = 0,75$

Img. 29: Factores de seguridad

$$S_e = (0.73)(1.05)(1)(1)(0.75)(1)(490MPa)$$

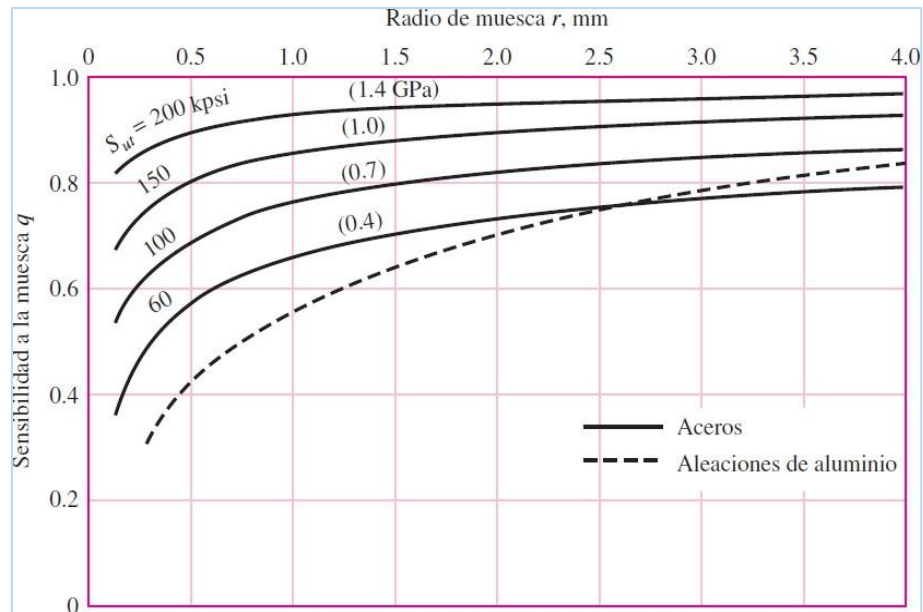
$$S_e = 281.69MPa$$

Utilizando la gráfica de la imagen 31, se determinó un K_t equivalente a 1,6 y empleando la gráfica de la imagen 32, se obtuvo un valor de q de aproximadamente 0,9:



Img. 31: Diagrama para determinar el factor de concentración de esfuerzos.

Fuente: Diseño e Ingeniería mecánica de Shingley: <https://images.app.goo.gl/2Csy63Csw3nn8zw18>



Img. 32: Gráfico para estimar el factor de sensibilidad a la muesca (q)

Fuente: Diseño e Ingeniería mecánica de Shingley: <https://images.app.goo.gl/2Csy63Csw3nn8zw18>

Por todo lo expuesto anteriormente determinamos:

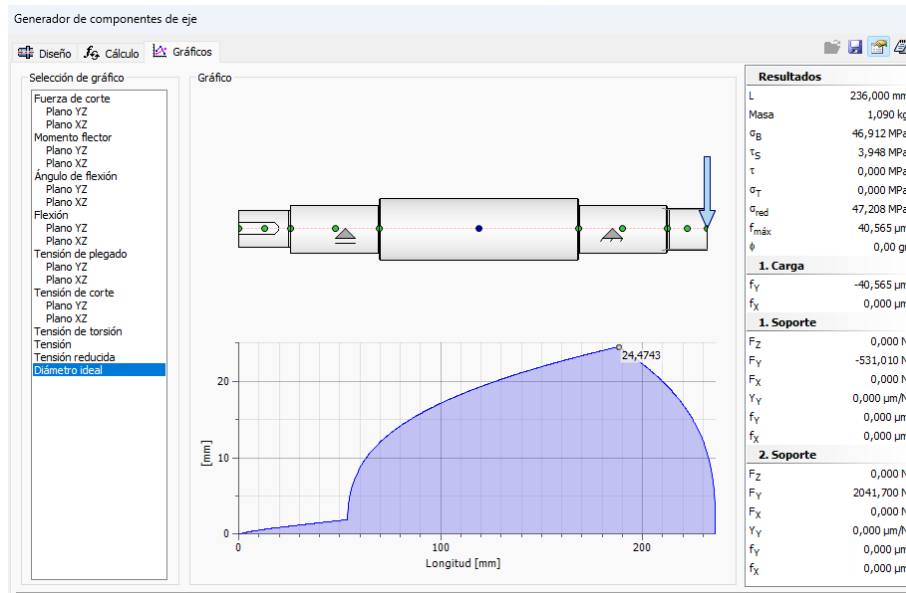
$$K_f = 1 + (0.9)(1.6 - 1)$$

$$K_f = 1.54$$

Utilizando un factor de seguridad de 1,5 que es el mínimo permisible para el diseño de ejes. Sustituyendo estos valores en la ecuación de Goodman para cálculo de diámetros.

$$a = \left\{ \left(\frac{16 * (1.5)}{\pi} \right) \left\{ \frac{1}{281.69 \text{ MPa}} [2 * (1.54 * 122305.66 \text{ Nmm})] \right\} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 21,66 \text{ mm} \approx 22 \text{ mm}$$



Img.33: Determinación de diámetro por software Autodesk Inventor 2023

Para concluir, si bien, se llegó a un diámetro de cálculo de 22mm en los apoyos de los rodamientos, optamos por un diámetro de 25mm, el cual se acerca más al determinado por software, también es una medida más Standard y además aseguramos aún más la resistencia y vida útil de la pieza.

$$d = 25mm$$

Selección del motor:

Cálculo del torque máximo, según ecuación de la [Img.:34](#)

$$T = 2 * [0.5(0.0015)(724.147N)(25mm)] + [0.5(0.0015)(724.147N)(19mm)]$$

$$T = 3.7936Nm$$

Cálculo de la potencia según la ecuación de la [Img.34.1](#)

$$H = \frac{3,7936Nm * 2900rpm}{9.55}$$

$$H = 1032W = 1,032kW$$

Cálculo de los rodamientos:

Cálculo de vida útil de los rodamientos según ecuaciones de las [Img.: 35 y 36](#)

$$P = 724 + 0.0 = 724N$$

$$L_{10} = \left(\frac{12.7kN}{724N} \right)^3 * 10^6$$

$$L_{10} = \left(\frac{12700N}{724N} \right)^3 * 10^6$$

$$L_{10} = (17.533)^3 * 10^6$$

$$L_{10} = 537.000 \text{ revoluciones}$$

Podemos entonces decir, que se adoptó por un rodamiento YAR 205 2RS (anexo 8), el cual se adapta perfectamente a las dimensiones tanto del eje de transmisión, como a la probeta y supera ampliamente las condiciones de trabajo del diseño de la máquina.

Cálculo de las chavetas:

Según tabla de la imagen 37, corresponde una chaveta de 6 x 6mm.

$$L = \frac{2 * 71620 * N}{S_s * b * d * n}$$

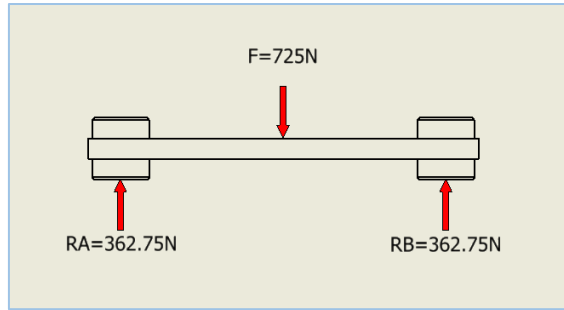
$$L = \frac{2 * 71620 * 1.5 \text{ HP}}{570 \text{ kg/cm}^2 * 0.6 \text{ cm} * 2 \text{ cm} * 3000 \text{ rpm}} = 1,2 \text{ cm} \cong 12 \text{ mm}$$

Si bien comprobamos por los cálculos que una chaveta de 6x6x12mm de longitud, sería suficiente, a los fines prácticos y mayor seguridad, se decidió duplicar el largo de la chaveta, la cual será de sección cuadrada de 6x6mm de 20mm de longitud, realizada en un material SAE 1020

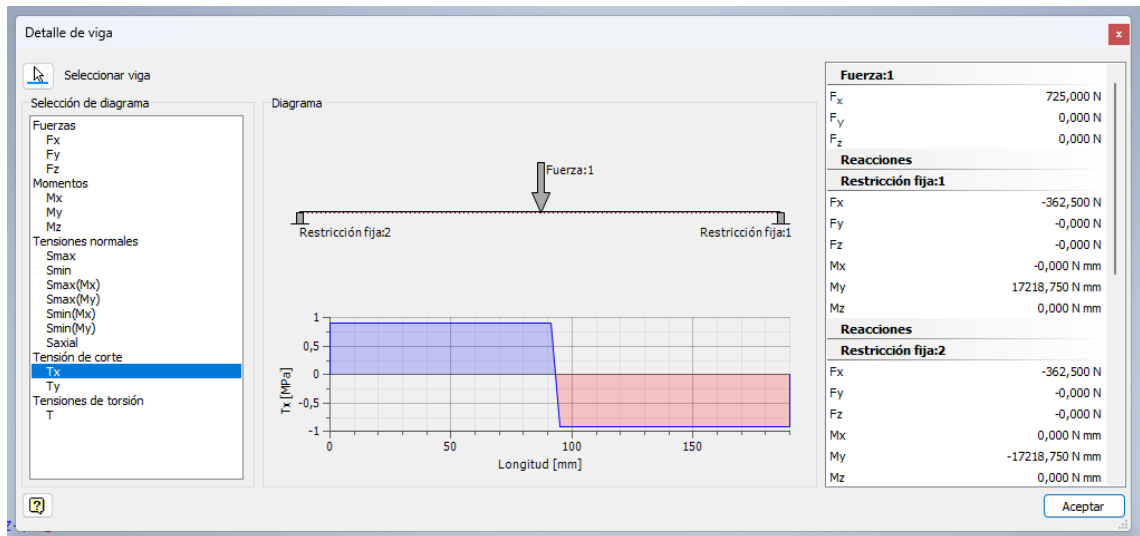
Cálculo del soporte móvil:

Estudio realizado con el software Autodesk Inventor 2023

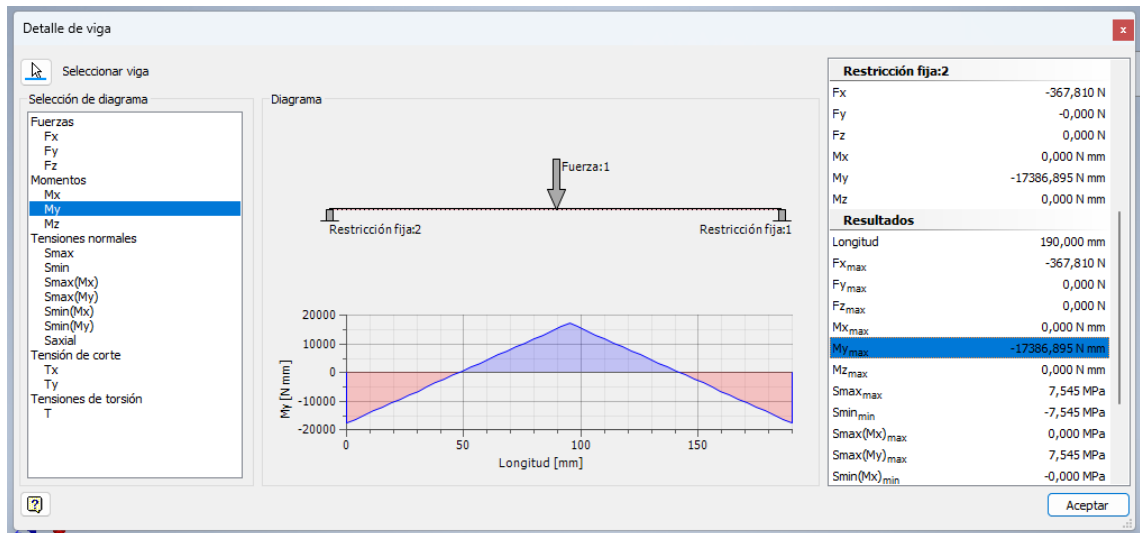
MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466



Img.41: DCL Soporte móvil



Img.42: Esfuerzo de corte

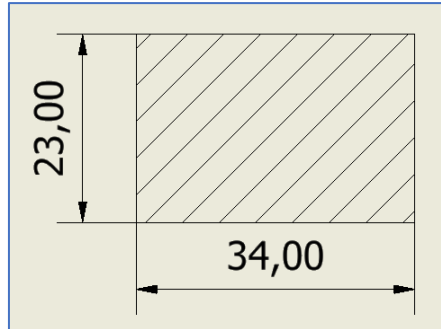


Img.43: Momento flector

Utilizando la ecuación de la [Img.:43](#) se determinó la altura h del perfil que se usó en el soporte móvil.

$$h = 5 \times \sqrt{\frac{6 \times 34773 \text{ Nmm}}{304 \text{ MPa} \times 34 \text{ mm}}} = 22,46 \text{ mm} \approx \mathbf{23 \text{ mm}}$$

De esta manera definimos un perfil transversal del soporte móvil de:



Img.46: Sección transversal soporte móvil

Volante para tornillo de potencia:

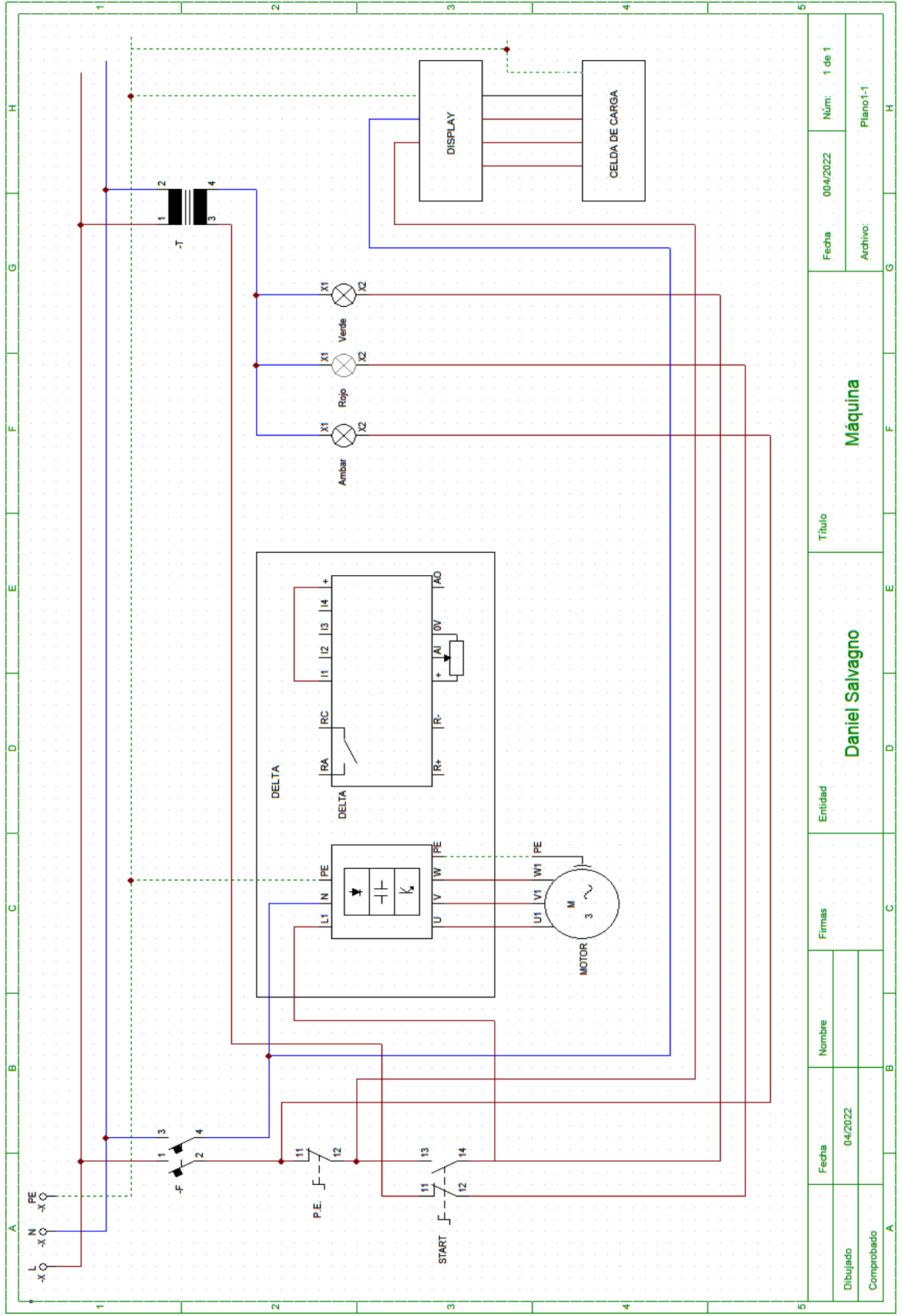
Utilizando la ecuación de la [Img.:48 y 49](#), determinamos el momento torsor de tornillo, con este valor se pudo seleccionar el diámetro del volante para el mismo:

$$M = \frac{725 \text{ N} \times 21 \text{ mm}}{2} \times \frac{(4 \times 3.14 \times 0.09 \times 21 \text{ mm})}{(3.14 \times 21 \text{ mm} - 0.09 \times 4)} = \mathbf{2.755 \text{ Nmm}}$$

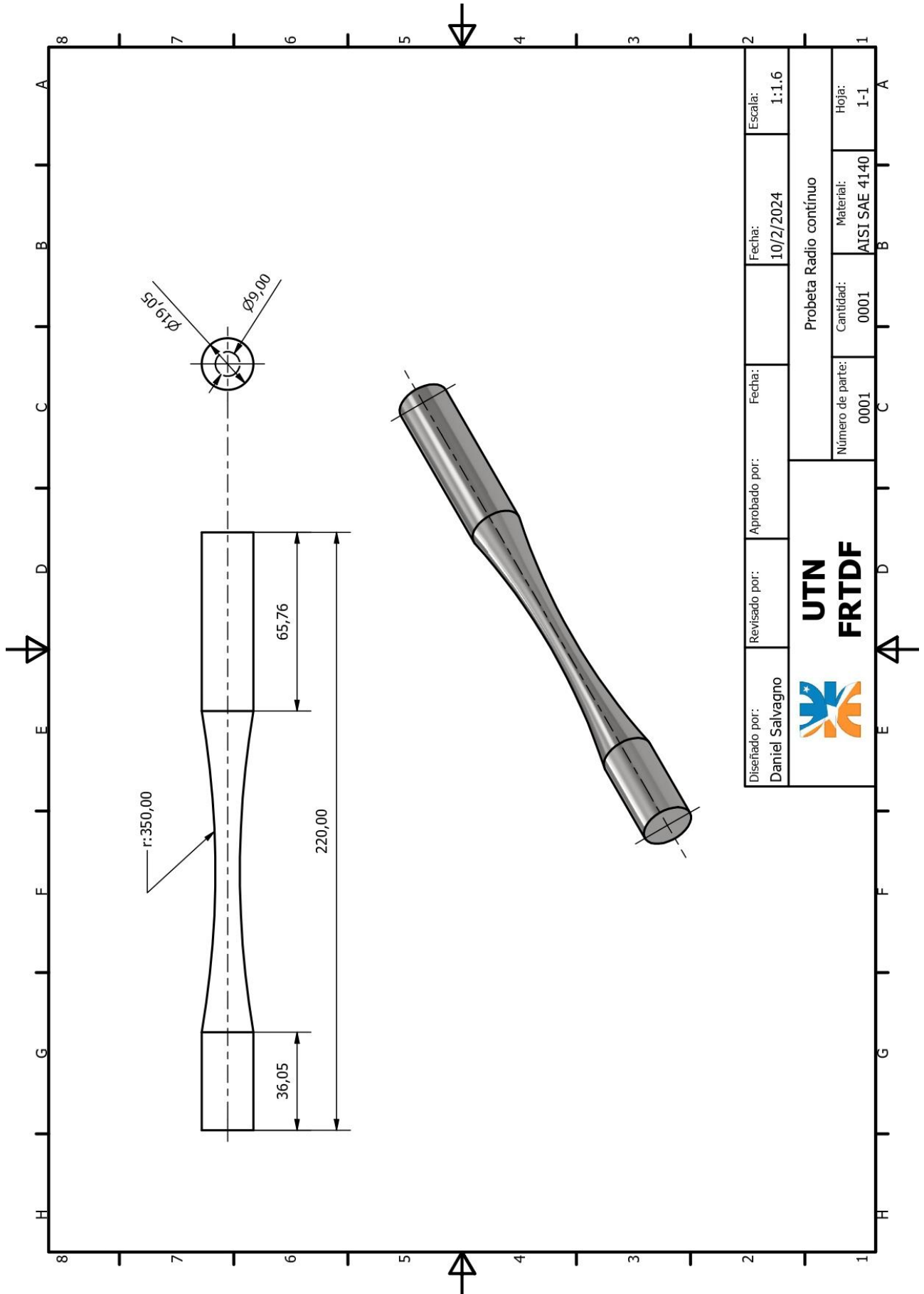
$$d = \frac{M}{F} = \frac{2755 \text{ Nmm}}{50 \text{ N}} = 55.1 \cong \mathbf{55 \text{ mm}}$$


Para concluir, se decidió buscar un volante con radio como mínimo de 55mm.

Planos

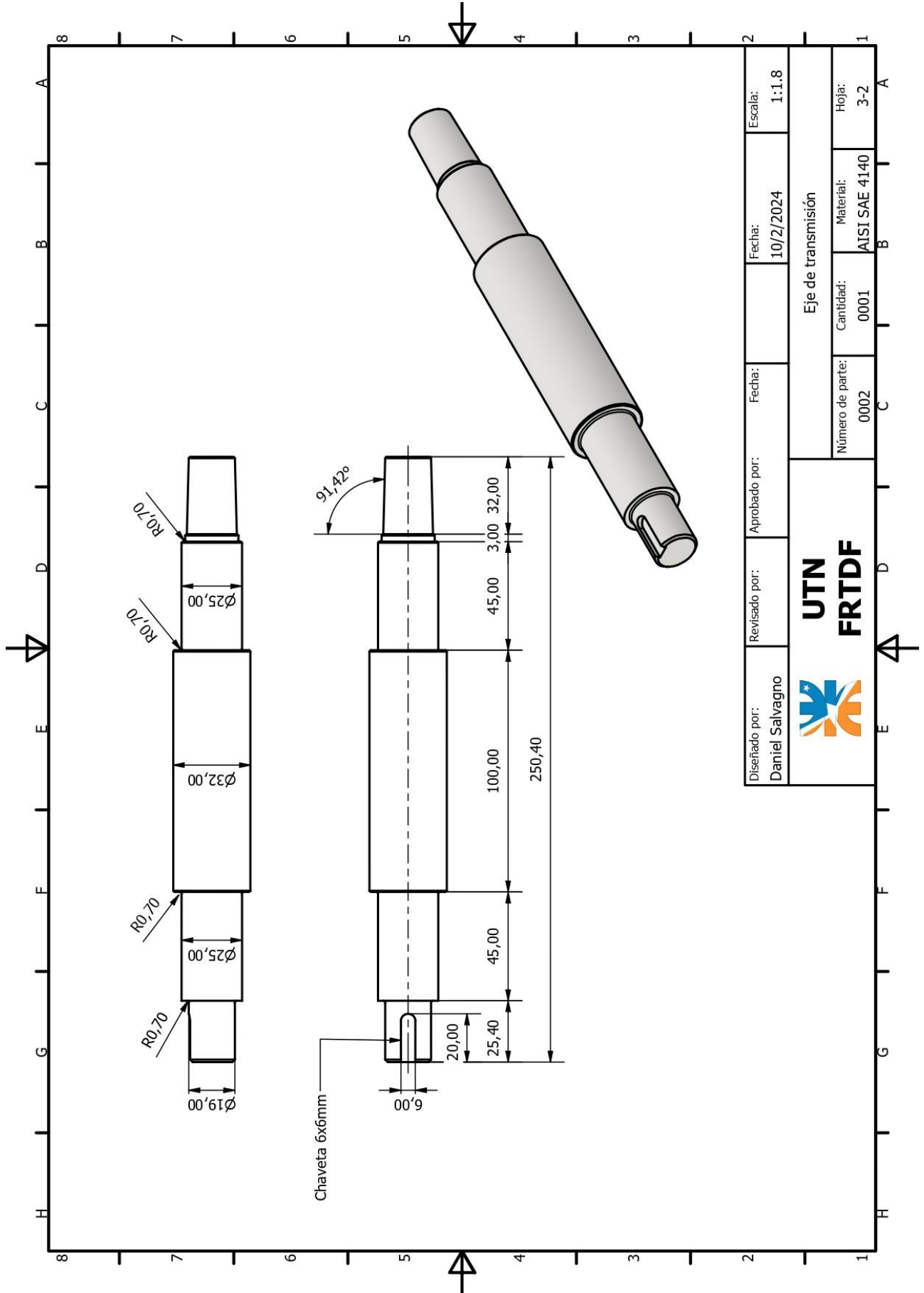



Dibujado	04/2022	Nombre		Firmas		Entidad	Daniel Salvagno	Título	Máquina	Fecha	004/2022	Núm:	1 de 1
Comprobado										Archivo:			Plano1-1



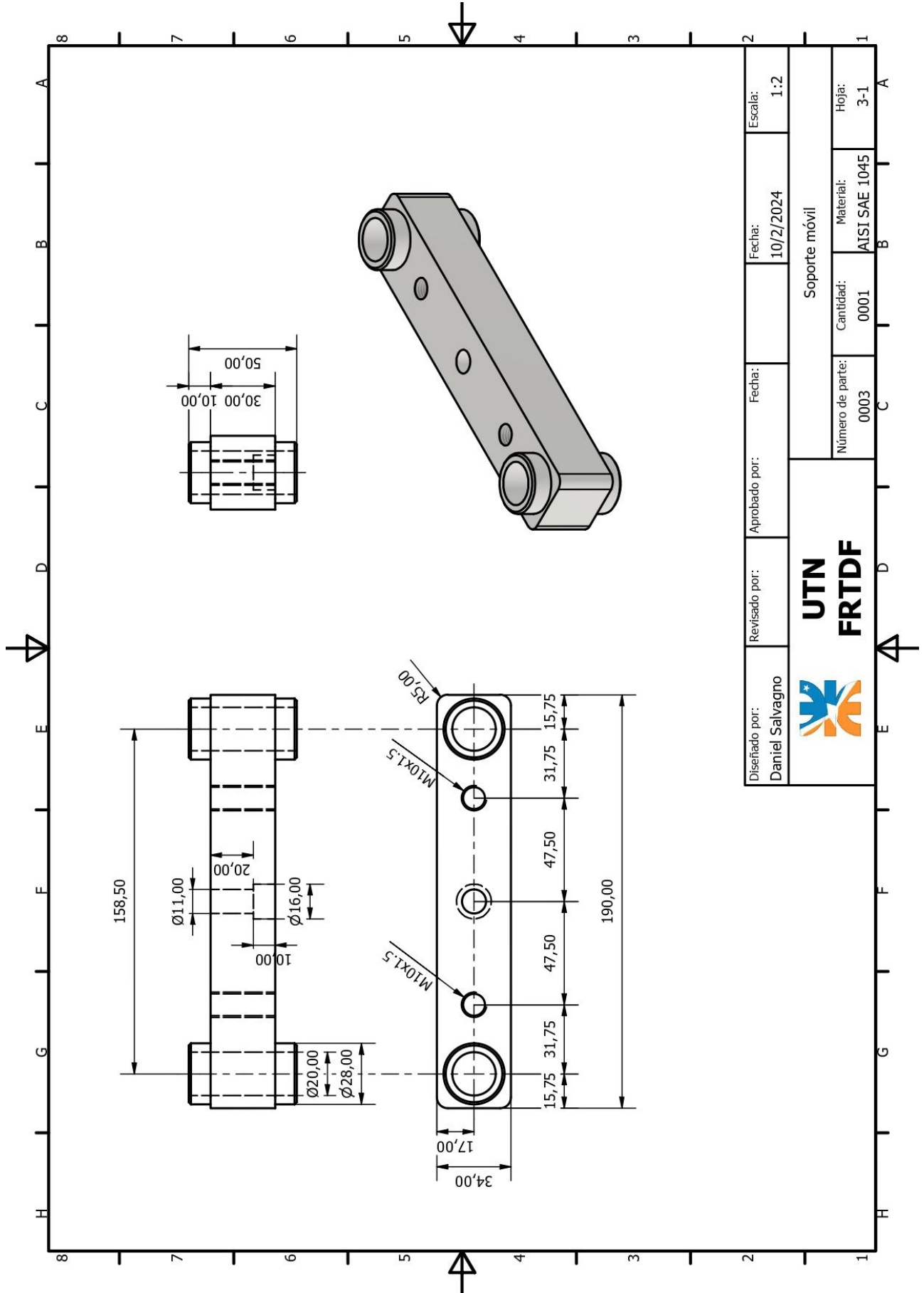
Diseñado por: Daniel Salvagno	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Escala:
			10/2/2024			1:1.6
 UTN FRTDF			Probeta Radio continuo			
			Número de parte:	Cantidad:	Material:	Hoja:
			0001	0001	AISI SAE 4140	1-1

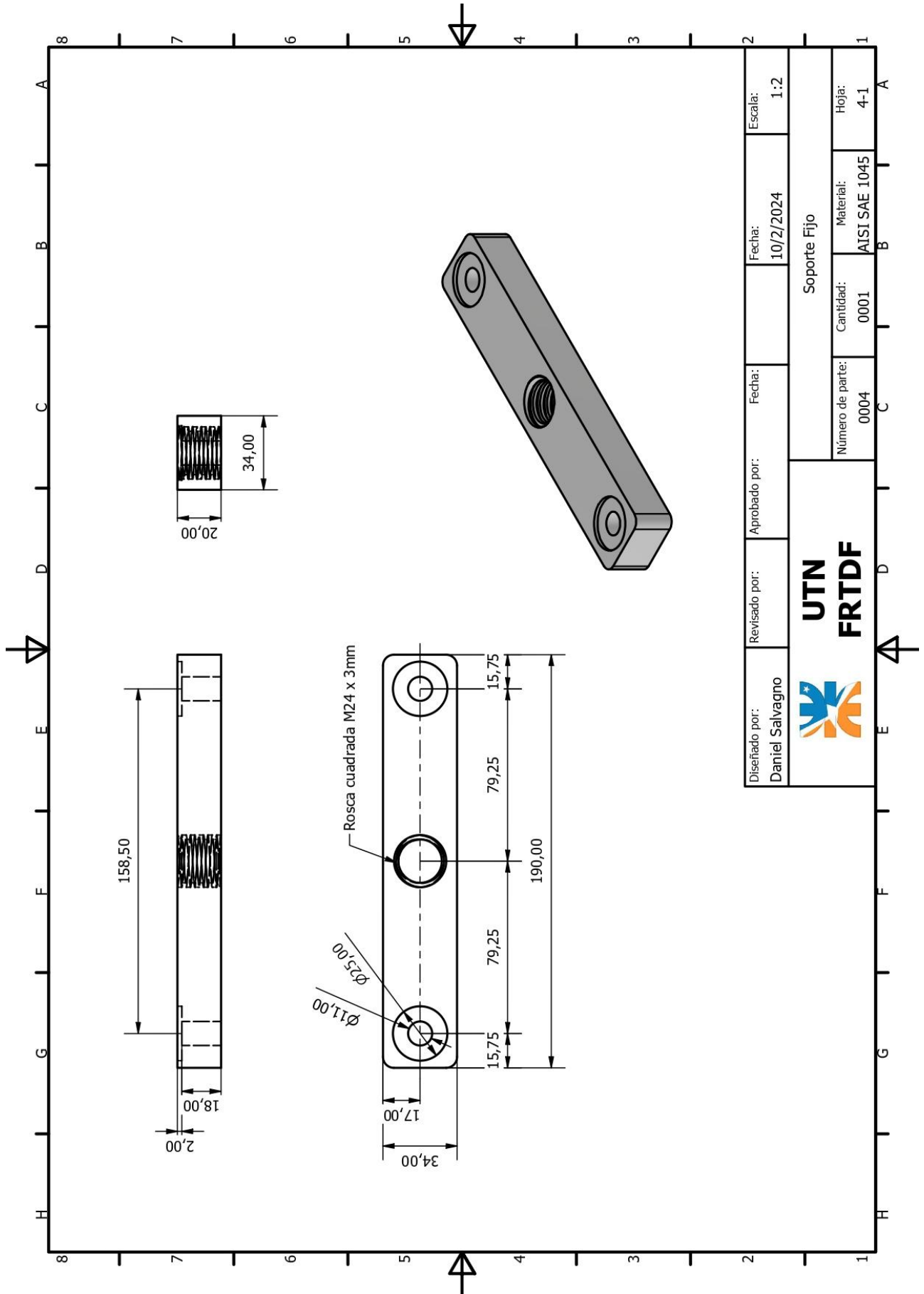
MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

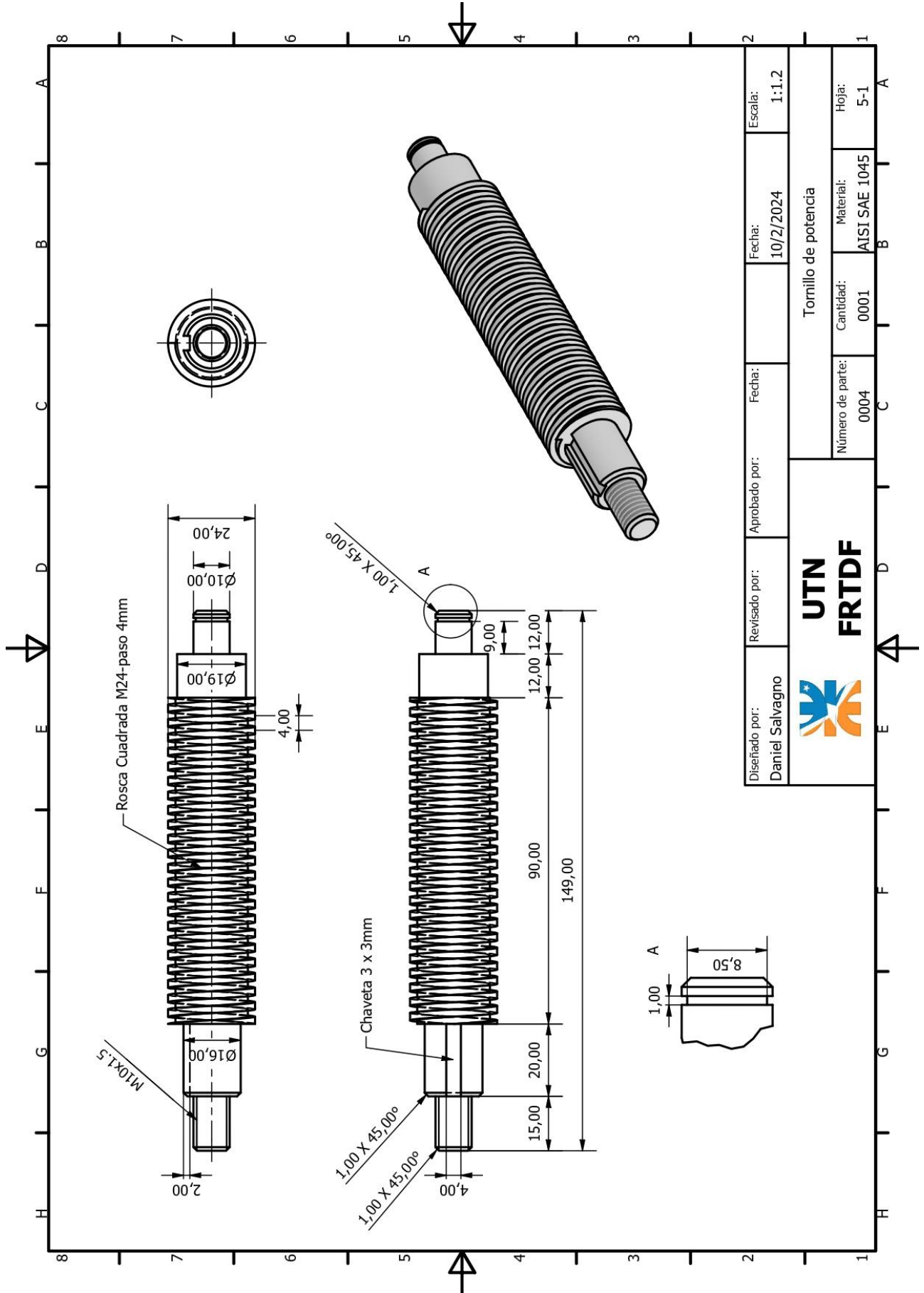


Diseñado por: Daniel Salvagno	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 10/2/2024	Escala: 1:1.8
 UTN FRTDF			Eje de transmisión	
			Número de parte: 0002	Cantidad: 0001

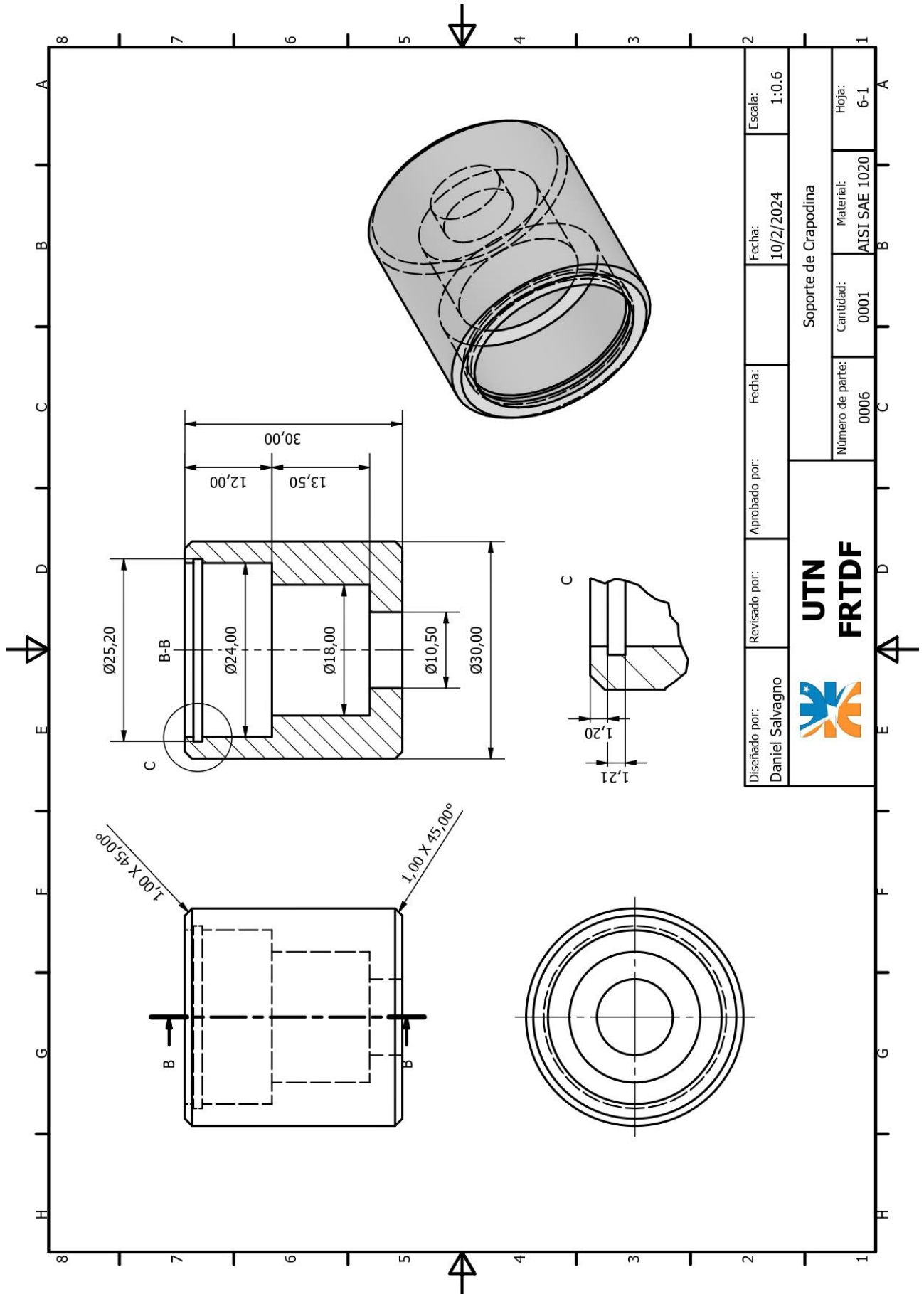
MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466



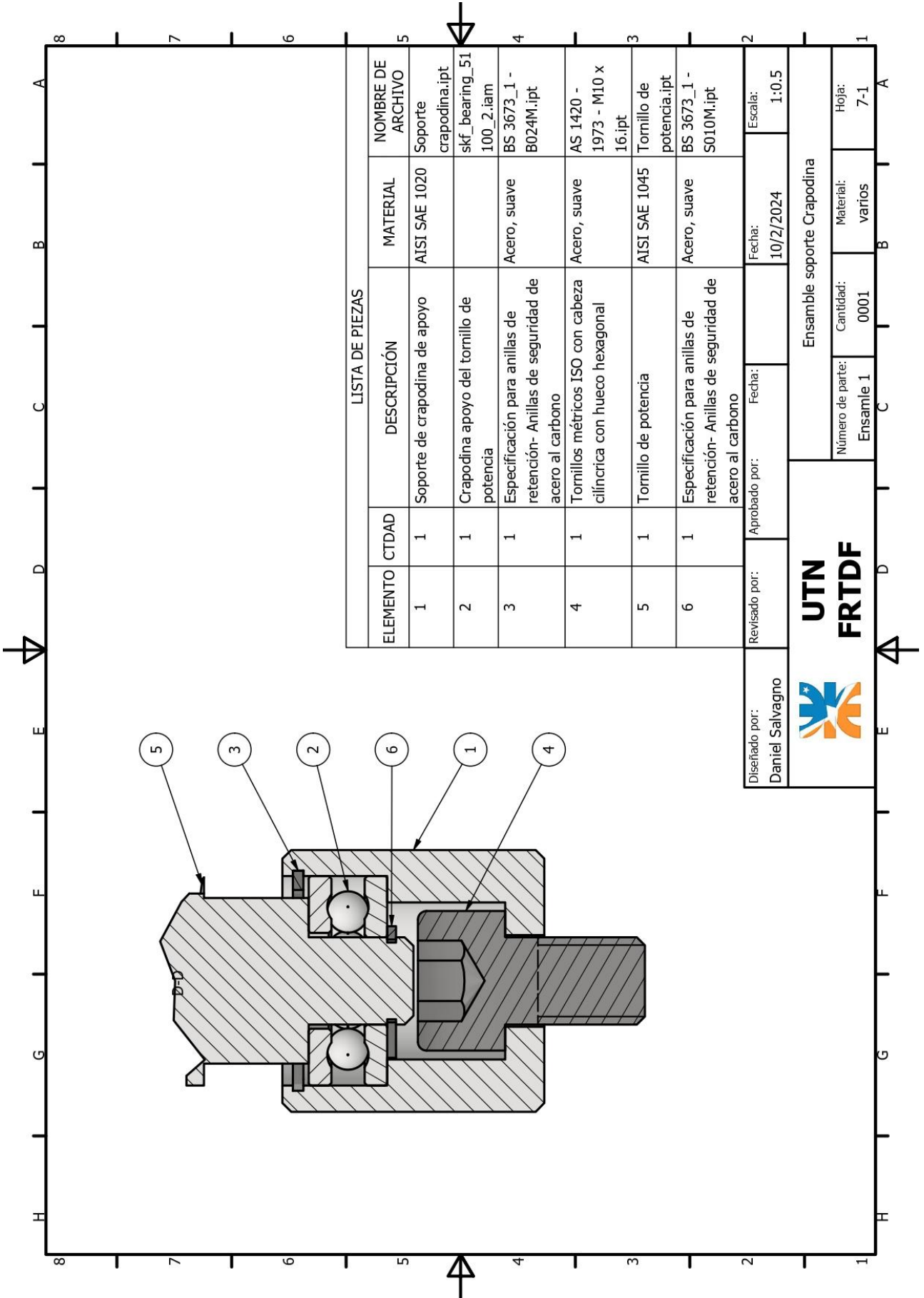




Diseñado por: Daniel Salvagno	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 10/2/2024	Escala: 1:1.2
UTN FRTDF Tornillo de potencia				
Número de parte: 0004			Cantidad: 0001	Material: AISI SAE 1045
				Hoja: 5-1



Diseñado por: Daniel Salvagno	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 10/2/2024	Escala: 1:0.6
UTN FRITDF			Soporte de Crapodina	
Número de parte: 0006		Cantidad: 0001	Material: AISI SAE 1020	Hoja: 6-1



LISTA DE PIEZAS

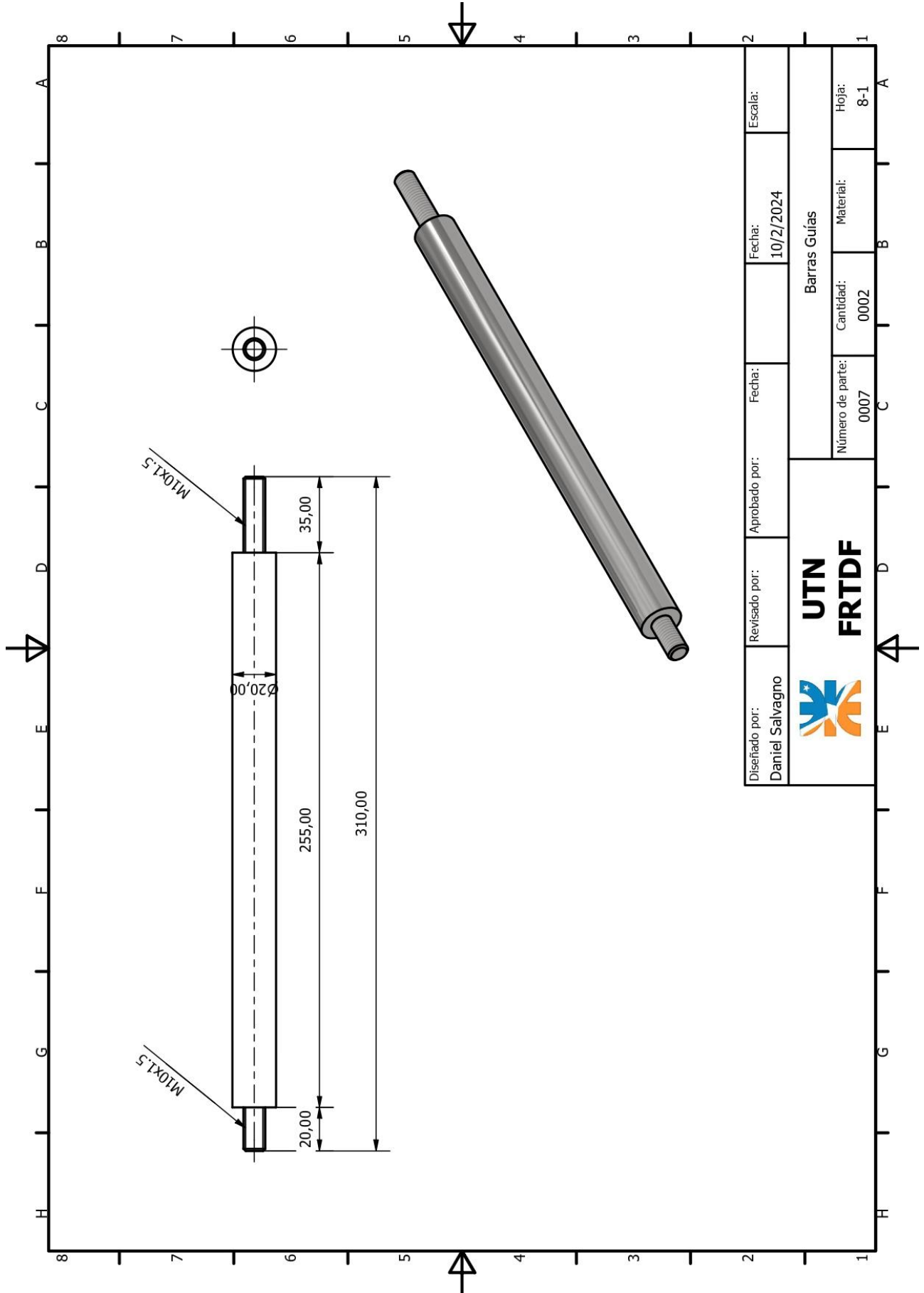
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	NOMBRE DE ARCHIVO
1	1	Soporte de crapodina de apoyo	AISI SAE 1020	Soporte_crapodina.ipt
2	1	Crapodina apoyo del tornillo de potencia		skf_bearing_51_100_2.iam
3	1	Especificación para anillas de retención- Anillas de seguridad de acero al carbono	Acero, suave	BS 3673_1 - B024M.ipt
4	1	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal	Acero, suave	AS 1420 - 1973 - M10 x 16.ipt
5	1	Tornillo de potencia	AISI SAE 1045	Tornillo de potencia.ipt
6	1	Especificación para anillas de retención- Anillas de seguridad de acero al carbono	Acero, suave	BS 3673_1 - S010M.ipt


Diseñado por: Daniel Salvagno
 Revisado por: _____ Fecha: _____
 Aprobado por: _____ Fecha: 10/2/2024
 Escala: 1:0.5

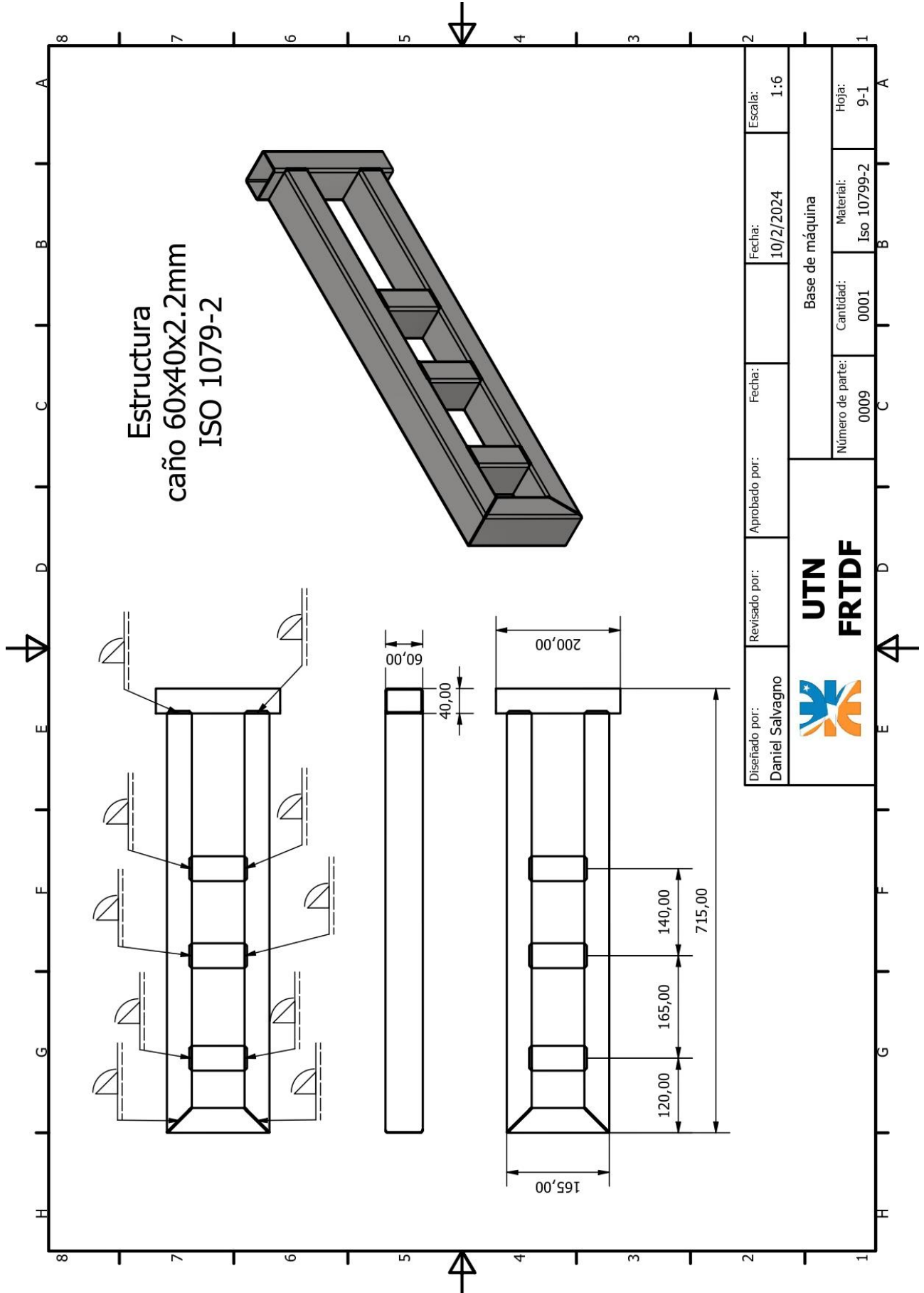

UTN
FRTDF

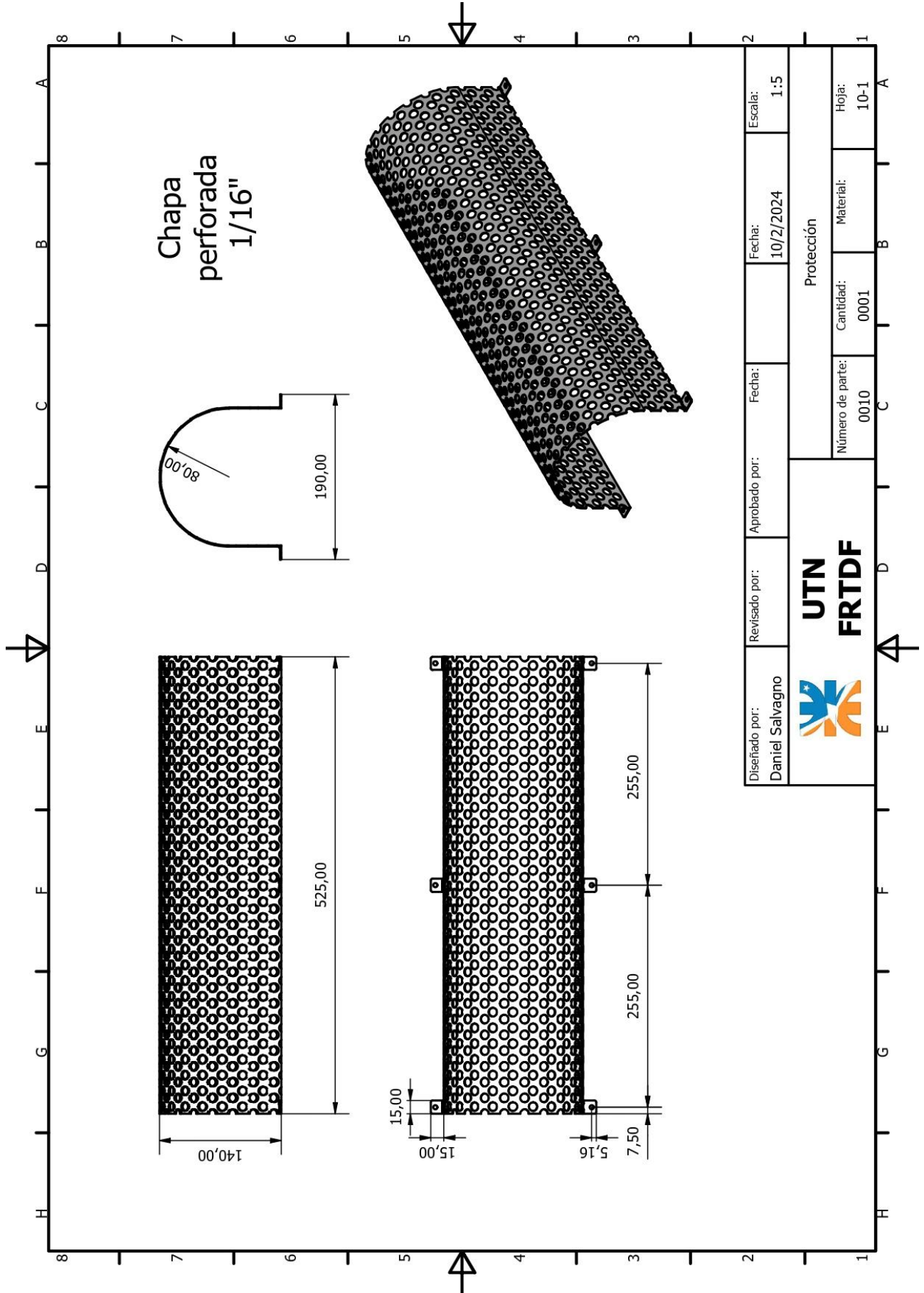
Ensamble soporte Crapodina

Número de parte: Ensamble 1	Cantidad: 0001	Material: varios	Hoja: 7-1
-----------------------------	----------------	------------------	-----------



Diseñado por: Daniel Salvagno	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha: 10/2/2024	Escala:
 UTN FRTDF		Barras Guias		
Hoja: 8-1				





Referencias



- Falla por fatiga: <https://images.app.goo.gl/qFyofXy4HjaouH5i6>
- Diseño mecánico, análisis por fatiga: [Fatiga \(1\) | PPT \(slideshare.net\)](#)
- Máquina de flexión de ménsula: <https://images.app.goo.gl/bG1XQBwvg1FoMrKM9>
- Máquina Sondericker: : <https://images.app.goo.gl/7L7kuRaGMx9N65tFA>
- Máquina Schenck: <https://images.app.goo.gl/EqLHYChXmEc9iAGS9>
- Medidas de chavetas: [Dimensiones Chaveteros y Chavetas | PDF | Máquinas | Ingeniería mecánica \(scribd.com\)](#)
- Mandril ajustable: <https://images.app.goo.gl/aYqWH5BceWJCBbxU6>
- Acoplamientos: [Catálogo KALFLEX.pdf \(varytrans.com\)](#)

Bibliografía

- Diseño en Ingeniería de Shingley, Budynas y Nisbett , 9na. Edición:
<https://images.app.goo.gl/2Csy63Csw3nn8zw18>

Anexo 1

Ficha técnica

	FICHA TÉCNICA		
	MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466		
	AUTOR: Daniel Salvagno.		
UBICACIÓN	Facultad regional Tierra del Fuego UTN	FECHA	Enero 2024
DESCRIPCIÓN			
<p>Mediante el sistema de viga en voladizo desarrolló una máquina para ensayos de flexotorsión de probetas bajo la norma ASTM E466. El cual consiste en sujetar la probeta en la mordaza, y mediante el tornillo aplicar carga; poner a girar y contar las vueltas a las cuales ocurre la falla.</p>			
ESPECIFICACIONES GENERALES			
ANCHO: 200 mm	ALTURA: 500 mm	LARGO: 850 mm	
			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

<ul style="list-style-type: none">✓ Masa: 60 kg.✓ Voltaje de operación: 220V.✓ Velocidad de rotación: 1500 RPM.✓ Carga máxima: 500 N.	<ul style="list-style-type: none">✓ Materiales para ensayar: Resistencia última menores o iguales a 950 MPa.✓ Tipo de probetas: según norma ASTM E466.✓ Longitud de las probetas: 220 mm.
--	---

Anexo 2

Manual de instrucciones.

1	Conectar la máquina a la red eléctrica 220V CA y verificar la presencia de tensión observando el led indicador de color ámbar.
2	Poner en servicio la máquina con el pulsador de retención y verificar que encienda la pantalla del HIM y el display del transductor de la celda de carga el cual debe mostrarse con un valor de cero kilogramos, caso contrario se deberá calibrar el instrumento.
3	Colocar la probeta, pasar la probeta por el rodamiento de carga hasta introducirla y sujetarla con el mandril, luego sujetar en el rodamiento con los prisioneros
4	Verificar nuevamente que continúe en cero kilogramos el valor del display de celda de carga.
5	Comenzar a darle velocidad al motor mediante el potenciómetro del HIM, hasta llegar a la velocidad final, la cual se muestra en el display del instrumento.
6	Girar el volante en sentido horario, hasta llegar a la carga deseada reflejada en el display de la celda de carga e inmediatamente resetear el contador de ciclo para que comience un nuevo conteo.
7	Esperar a que falle la probeta y luego detener el motor mediante el potenciómetro del HIM.
8	Registrar los valores de alcanzados.

Anexo 3

Mantenimiento

Diariamente:

Controlar el estado de la conexión eléctrica a la red (Enchufe).
Que el tablero eléctrico se encuentre cerrado y sea seguro para operar la máquina.
Estado correcto de la protección que recubre los movimientos.
Antes de comenzar el ensayo probar parada de emergencia.

Mensualmente:

Limpieza del tornillo de potencia con un paño limpio y seco
Limpiar las barras guías con un paño limpio y seco para retirar los restos de grasa antigua y engrasar nuevamente.
Control de las fijaciones de las partes (bulonería).
Engrase de todos los rodamientos.

Semestralmente:

Calibrar celda de carga.
Limpieza de disipador y ventilador del variador de frecuencia.
Control de alineación del motor, manchón y eje de transmisión.
Control de vibración para posibles fallos en rodamientos.

Anexo 4

Guía para ensayo



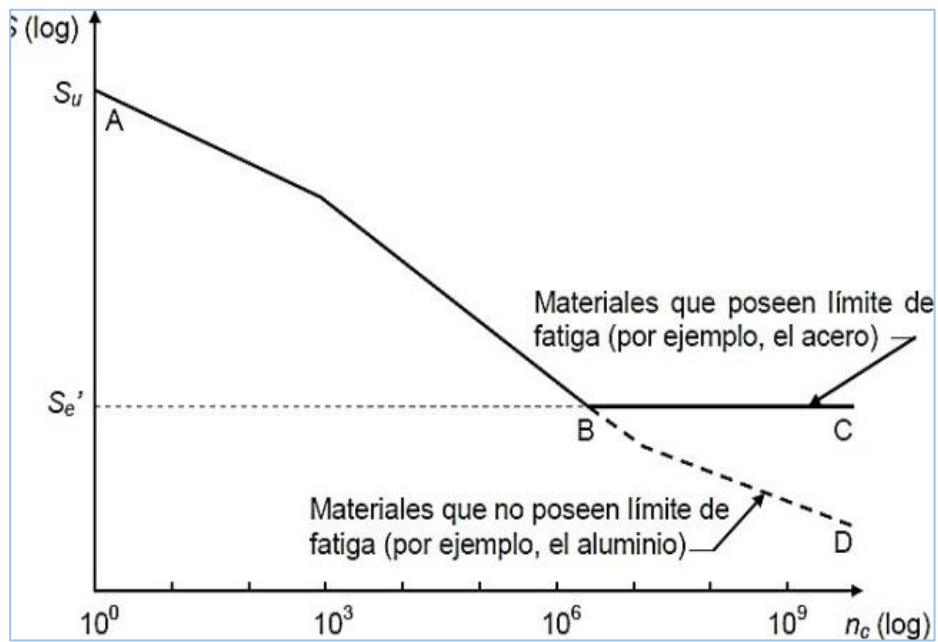
Ingeniería Electromecánica

Ensayo de fatiga a la flexotorsión

Guía para práctica de ensayo de fatiga mediante el método de viga en voladizo

1- Ensayo de fatiga

Existen diversas maneras de realizar un ensayo de fatiga, así como múltiples geometrías de probetas empleadas; uno de los métodos más empleados es el método de viga rotativa, que consiste en hacer girar la probeta mientras está sometida a carga radial, lo que genera un momento flector que cambia de magnitud a lo largo de un ciclo. Un ensayo de fatiga consiste en realizar pruebas a varias muestras, cada una a un nivel específico de esfuerzo, lo que se quiere es determinar los ciclos a los cuales fallan y realizar el diagrama esfuerzo-ciclos (S-N).



MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

2- Descripción de la máquina

La máquina de ensayos de fatiga empleada consta de sensores que miden fuerza y ciclos, estos se conectan a la unidad central que es donde se ejecuta el arranque del motor.



Máquina de ensayo de fatiga

3- Materiales

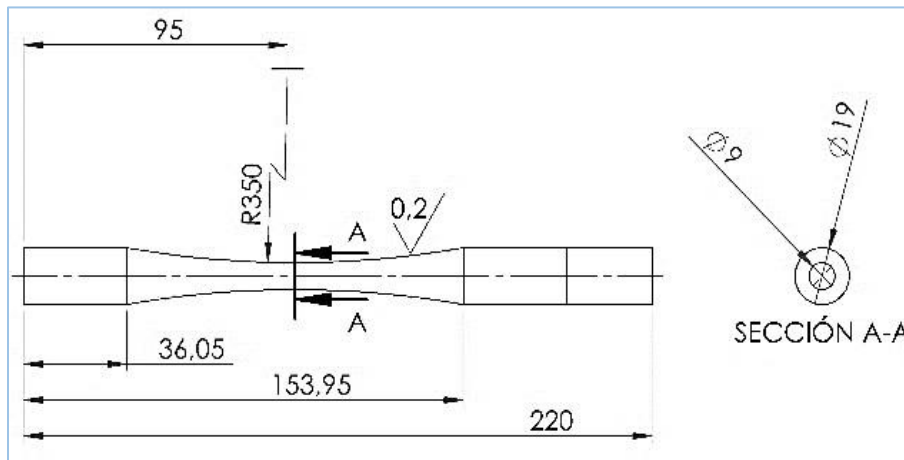
Para efectuar la práctica de laboratorio de ensayos fatiga se requiere.

Elemento	Referencia	Cantidad
Máquina de ensayo de fatiga	Viga rotativa en voladizo	1
Probetas normalizadas	ASTM E466	6

4- Dimensiones de la probeta

Las probetas de acuerdo con la norma ASTM E466 y particularmente empleadas por la máquina tienen las siguientes dimensiones:

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466



Dimensiones de la probeta

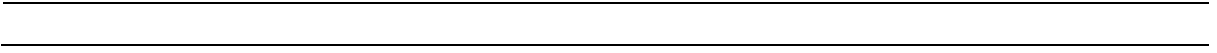
5- Procedimiento

- 1) Dado que se utilizarán seis probetas, se someterá cada una a un nivel de esfuerzo dentro del orden 47%, 50 %, 53 %, 60 %, 70 %, y 80 %. Usar el valor del esfuerzo último del material a utilizar y determinar cada nivel de esfuerzo, luego determinar el valor de carga requerida (F) para una probeta con la ecuación.

$$F = \left(\frac{\pi}{32}\right) \left(\frac{\text{Esfuerzo} \times 4.5\text{mm}^3}{110\text{mm}}\right) [\text{MPa}]$$

- 2) Verificar que las dimensiones de las probetas cumplan con las establecidas por la norma, luego lijar las probetas en dirección axial de manera que al medir la rugosidad superficial esta tenga un valor por debajo de 0,2 μm Ra.
- 3) Enumerar las probetas en ambas caras transversales.
- 4) Realizar el ensayo de la probeta, según instrucciones de operación de la máquina.
- 5) Esperar a que se rompa la probeta y detener el motor, otro caso puede ser que se superen los 1×10^6 ciclos, en ese caso se debe apagar el motor.

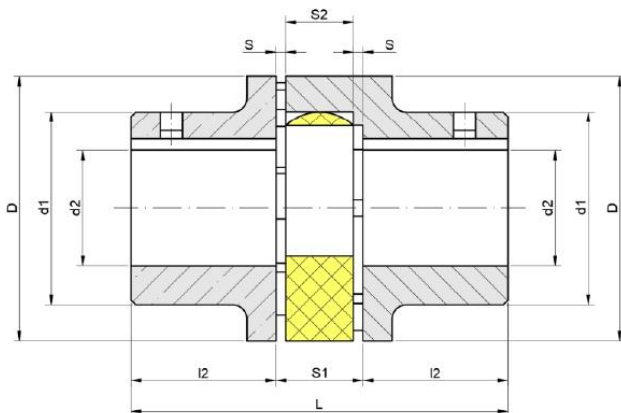
MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466



Anexo 5

1. Cubos en fundición

ACOPLAMIENTO DE ESTRELLA KALFLEX TIPO AA



Datos técnicos y dimensiones

Tamaño	Par Nominal [Nm]	Par Máximo [Nm]	c/inversión [Nm]	RPM Max. [1/min]	Eje Max. d2 [mm]	D [mm]	d1 [mm]	L [mm]	l2 [mm]	S [mm]	S1 [mm]	S2 [mm]	Peso [Kg]	Inercia [Kg*m ²]
19	10	20	2.6	14000	19	40	30	66	25	2	16	12	0.33	0.0001
24	35	70	9	10600	24	55	40	78	30	2	18	14	0.6	0.0003
28	95	190	25	8500	28	65	48	90	35	2.5	20	15	0.97	0.0007
38	190	380	49	7100	38	80	66	114	45	3	24	18	2.08	0.002
42	265	530	69	6000	42	95	75	126	50	3	26	20	3.21	0.004
48	310	620	81	5600	48	105	85	140	56	3.5	28	21	4.41	0.006
55	410	820	107	4750	55	120	98	160	65	4	30	22	6.64	0.012
65	625	1250	163	4250	65	135	115	185	75	4.5	35	26	10.13	0.025
75	1280	2560	333	3550	75	160	135	210	85	5	40	30	16.03	0.054
90	2400	4800	624	2800	90	200	160	245	100	5.5	45	34	27.51	0.139
100	3300	6600	858	2500	110	225	180	270	110	6	50	38	38.5	0.245
110	4800	9600	1248	2240	125	255	200	295	120	6.5	55	42	54	0.435
125	6650	13300	1729	2000	145	290	230	342	140	7	62	48	82	0.85

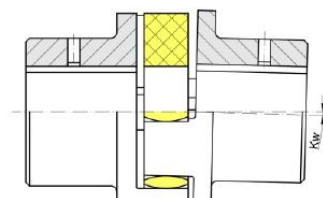
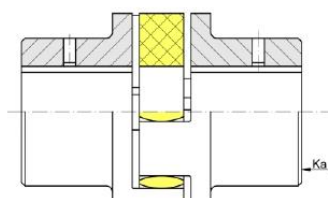
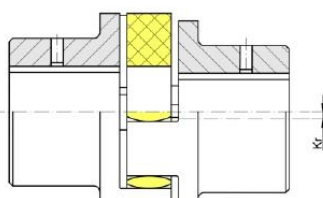
*Valores de par para estrella amarilla 92° Shore A.

*Cubos desde el tamaño 19 hasta el 90 fabricados en fundición perlítica GG.

*Cubos desde el tamaño 100 hasta el 125 fabricados en fundición nodular GGG.

Desalineaciones máximas

Tamaño	19	24	28	38	42	48	55	65	75	90	100	110	125
Desalineación Axial Ka [mm]	1.2	1.4	1.5	1.8	2.0	2.1	2.2	2.6	3	3.4	3.8	4.2	4.6
Desalineación Angular Kw [Grados]	1.2°	0.9°	0.9°	1.0°	1.0°	1.1°	1.1°	1.2°	1.2°	1.2°	1.2°	1.3°	1.3°
Desalineación radial Kr [mm]	0.20	0.22	0.25	0.28	0.32	0.36	0.38	0.42	0.48	0.50	0.52	0.55	0.60
Ángulo de torsión T Kmax	5°												
Rigidez torsional [KNm/rad]	1.28	4.86	10.90	21.05	23.74	36.70	50.72	97.13	113.32	190.09	253.08	311.61	474.86
Amortiguamiento relativo	0.80												
Factor de Resonancia VR	7.90												
Temperatura de Trabajo [°C]	-40°C/+90°C												



Anexo 6

DATOS TÉCNICOS - ESTRELLAS



Estrella amarilla.
Fabricada en poliuretano.
Dureza: 92° Shore A.



Estrella roja.
Fabricada en poliuretano.
Dureza: 98° Shore A.



Estrella verde.
Fabricada en poliuretano.
Dureza: 64° Shore D.

Tamaño	Velocidad Máxima [Min ⁻¹]	Ángulo de torsión [°]						Par [Nm]								
		Nominal ϕ_N			Máximo $\phi_{Máx}$			Nominal			Máximo			C/ inversión		
		92 Sh. A	98 Sh. A	64 Sh. D	92 Sh. A	98 Sh. A	64 Sh. D	92 Sh. A	98 Sh. A	64 Sh. D	92 Sh. A	98 Sh. A	64 Sh. D	92 Sh. A	98 Sh. A	64 Sh. D
14	19000	6.4°	6.4°	4.5°	10°	10°	7°	7.5	12.5	16	15	25	32	2	3.3	4.2
19	14000	3.2°	3.2°	2.5°	5°	5°	3.6°	10	17	21	20	34	42	2.6	4.4	5.5
24	10600							35	60	75	70	120	150	9.1	16	19.5
28	8500							95	160	200	190	320	400	25	42	52
38	7100							190	325	405	380	650	810	49	85	105
42	6000							265	450	560	530	900	1120	69	117	146
48	5600							310	525	655	620	1050	1310	81	137	170
55	4750							410	685	825	820	1370	1650	107	178	215
65	4250							625	940	1175	1250	1880	2350	163	244	306
75	3550							1280	1920	2400	2560	3840	4800	333	499	624
90	2800							2400	3600	4500	4800	7200	9000	624	936	1170
100	2500							3300	4950	6185	6600	9900	12370	858	1287	1608
110	2240							4800	7200	9000	9600	14400	18000	1248	1872	2340
125	2000							6650	10000	12500	13300	20000	25000	1729	2600	3250
140	1800							8550	12800	16000	17100	25600	32000	2223	3328	4160

Temperaturas de trabajo:

Estrella amarilla: -40°C / +90°C

Estrella roja: -30°C / +100°C

Estrella verde: -20°C / +100°C

Anexo 7

SKF®

Image may differ from product. See technical specification for details.

51100

Rodamiento axial de bolas de simple efecto

Los rodamientos axiales de bolas de simple efecto pueden admitir cargas axiales en un sentido. No deben ser sometidos a ninguna carga radial. Sus componentes desmontables facilitan el montaje/desmontaje y las inspecciones de mantenimiento. Muchos de los componentes son intercambiables. Las arandelas del eje tienen un agujero rectificadado que permite un ajuste de interferencia.

- El diseño desmontable facilita el montaje/desmontaje y las inspecciones de mantenimiento
- Componentes intercambiables
- El agujero rectificadado de las arandelas del eje permite un ajuste de interferencia

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

Descripción general

Dimensiones

Díámetro interno	10 mm
Díámetro exterior	24 mm
Espesor	9 mm

Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	8.71 kN
Capacidad de carga estática básica	12.2 kN
Velocidad de referencia	9 500 r/min
Velocidad límite	13 000 r/min

Propiedades

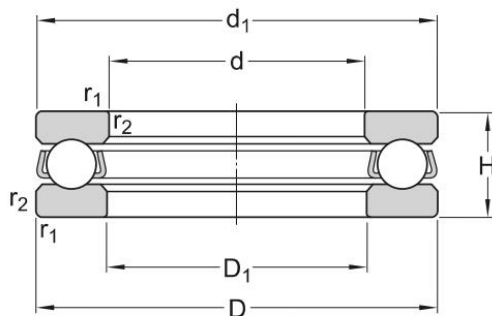
Capacidad de carga axial	De simple efecto
Cantidad de hileras	1
Jaula	Chapa metálica
Tipo de arandela del soporte	Planos
Clase de tolerancia	Normal
Material rodamiento	Acero para rodamientos
Recubrimiento	Sin

Logística

Peso neto del producto	0.02 kg
Código eClass	23-05-10-01
Código UNSPSC	31171507

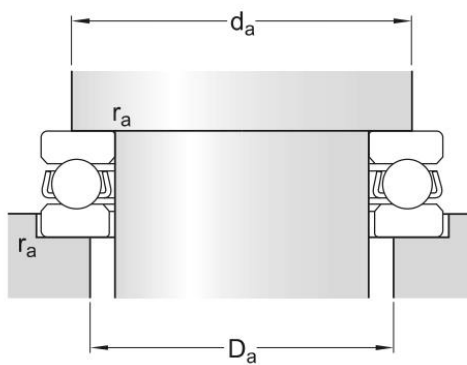
MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

Especificación técnica



Dimensiones

d	10 mm	Diámetro interno
D	24 mm	Diámetro exterior
H	9 mm	Altura
d_1	≈ 24 mm	Diámetro exterior de la arandela del eje
D_1	≈ 11 mm	Diámetro interior de la arandela del soporte
$r_{1,2}$	min. 0.3 mm	Dimensión del chafán de la arandela



Dimensiones de los resaltes

d_a	min. 19 mm	Diámetro del resalte del eje
D_a	max. 15 mm	Diámetro del resalte del soporte
r_a	max. 0.3 mm	Radio de acuerdo

Anexo 8

SKF®

Image may differ from product. See technical specification for details.

YAR 205-2F

Rodamiento de inserción con fijación con prisioneros y aro interior prolongado

Los rodamientos de inserción se basan en rodamientos rígidos de bolas sellados. Esta versión es adecuada para aplicaciones con sentidos de giro constantes y alternados. Tiene un aro interior prolongado en ambos lados, y está fija en el eje con dos tornillos de fijación en el aro interior, lo que la hace fácil de montar.

- Diseñados para una rotación constante y alternada
- Rápidos y fáciles de montar en el eje
- Se adaptan a la desalineación inicial estática
- Larga vida útil
- Reducen los niveles de ruido y vibración

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

Descripción general

Dimensiones

Diámetro interno	25 mm
Diámetro exterior	52 mm
Ancho total	34.1 mm
Ancho del aro interior	34.1 mm
Ancho del aro exterior	15 mm

Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	14 kN
Capacidad de carga estática básica	7.8 kN
Velocidad límite	7 000 r/min
Note	Velocidad límite con tolerancia de eje hó

Propiedades

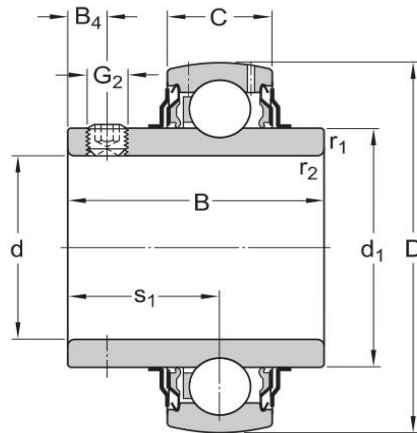
Elemento de retención, aro interior	Tornillos de fijación
Tipo de agujero	Cilindrico
Elementos rodantes	Bolas
Tipo respecto del aro exterior	Esféricos
Extensión del aro interior	En ambos lados
Jaula	No metálico
Aro de asiento de caucho	Sin
Material rodamiento	Acero para rodamientos
Recubrimiento	Sin
Sellado	Sello y aro deflector en ambos lados
Tipo de sellado	Contacto estándar
Lubricante	Grasa
Característica de relubricación	Con

Logística

Peso neto del producto	0.186 kg
Código eClass	23-05-08-02
Código UNSPSC	31171536

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

Especificación técnica



Dimensiones

d	25 mm	Diámetro interno
D	52 mm	Diámetro exterior
B	34.1 mm	Ancho del aro interior
C	15 mm	Ancho del aro exterior
d_1	≈ 33.74 mm	Diámetro del resalte del aro interior
B_4	5 mm	Distancia de la cara al centro de la rosca
$r_{1,2}$	min. 0.6 mm	Dimensión del chaflán del aro interior
s_1	19.8 mm	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro del camino de rodadura.

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	14 kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	7.8 kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.335 kN
Velocidad límite		7 000 r/min
		Velocidad límite con tolerancia de eje h6
Factor de cálculo	f_y	14

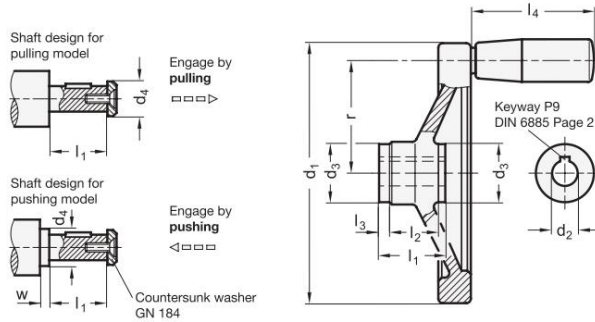
MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

Anexo 9

GN *.4
Friction Bearing

GN *.5
Needle Bearing

Safety Clutch Handwheels



- 3 Type**
- A Without handle
 - D With revolving steel handle
- 4 Coding**
- ZI Engage by pulling
 - DR Engage by pushing

Metric table

Dimensions in: millimeters - inches

d ₁	d ₂ H7 Bore with keyway		d ₃		d ₄ max.	l ₁		l ₂	l ₃		l ₄	r	w min.	Ø Handle	Coupling size
	GN 000.4 GN 000.5	GN 000.4	GN 000.4	GN 000.5		GN 000.4	GN 000.5		GN 000.4	GN 000.5					
125 4.92	K 12	-	28 1.10	29 1.14	17 0.67	28.5 1.12	42 1.65	18 0.71	5 0.20	12 0.47	67.5 2.66	54 2.13	4 0.16	23 0.91	1
140 5.51	K 12	-	28 1.10	29 1.14	17 0.67	28.5 1.12	42 1.65	19 0.75	5 0.20	12 0.47	67.5 2.66	61 2.40	4 0.16	23 0.91	1
140 5.51	K 14	K 16	32 1.26	33 1.30	21 0.83	32.5 1.28	48 1.89	19 0.75	6 0.24	14 0.55	67.5 2.66	61 2.40	4 0.16	23 0.91	2
160 6.30	K 14	K 16	32 1.26	33 1.30	21 0.83	32.5 1.28	48 1.89	20 0.79	6 0.24	14 0.55	82.5 3.25	71 2.80	4 0.16	26 1.02	2
200 7.87	K 18	K 20	38 1.50	39 1.54	26 1.02	36.5 1.44	50 1.97	24 0.94	6 0.24	13 0.51	82.5 3.25	89 3.50	4 0.16	26 1.02	3
250 9.84	K 22	-	45 1.77	46 1.81	30 1.18	47.5 1.87	54 2.13	28 1.10	12 0.47	13 0.51	92.5 3.64	113 4.45	4 0.16	28 1.10	4

Specification

- Handwheels see following page respectively standard sheets
- Coupling elements
 - Safety clutch assemblies GN 000.4 → page 268
 - Safety clutch assemblies GN 000.5 → page 269
- Keyways DIN 6885 Page 2 → page 2041
- ISO Fundamental Tolerances → page 2129
- RoHS compliant

Information

- The use of safety clutch assemblies in handwheels other than specified on this sheet is also possible.
- see also...
- More Information on Safety Clutch Handwheels → page 264
 - Countersunk Washers GN 184 (for Axial Fixing) → page 1150

* Insert the code no. of the desired handwheels (here in "How to order:" GN 321)

How to order	
1	Handwheel diameter d ₁
2	Bore with keyway d ₂
3	Type
4	Coding

GN 321.4-140-K14-D-DR

Anexo 10




Celda de Carga TSA

Tipo: "S" Tensión.

- Estructura herméticamente sellada
- De alta sensibilidad
- Instalación conveniente

Capacidades
50kg, 100kg, 200kg, 300kg, 500kg y 1000kg

Dimensiones (mm)



CAP./(Klb)	50	100	200	300	500	1000
W	15	15	19	19	19	38
M	M8	M8	M12	M15	M12	M16



Especificaciones:

- Números máximos de intervalos de verificación de células de carga (Nlc): 300 d
- Intervalos mínimos de verificación de celdas de carga intervalos (Vmin): 0.01 % de carga nominal
- Salida nominal (Cn): $2.0 \pm 0.1\%mV / V$
- * Error combinado: 0.015 \pm % de la salida nominal
- Efecto de la temperatura en la sensibilidad (Tkc): 0.0012 \pm % de la salida nominal °C
- Efecto de la temperatura en el balance de cero (Tk0): 0.0008 \pm % de la salida nominal °C
- Saldo cero: 1.0 \pm % de la salida nominal
- Resistencia de entrada (Rlc): $385 \pm 5 \Omega$
- Resistencia de salida (Ro): $351 \pm 2 \Omega$
- Resistencia de aislamiento: $\geq 50\ 00\ M\Omega$
- Sobrecarga segura: 150 % de la capacidad nominal
- Última sobrecarga: 300 % de la capacidad nominal
- Rango de temperatura de funcionamiento: -20 ~+70 / -20 ~+160 °C / °F
- Recomendar excitación: 8 ~15 V (DC o AC)
- Excitación máxima: 18 V (DC o AC)
- Material de elastómero: Acero de aleación / acero inoxidable
- Clase de protección: IP67 / IP68
- Longitud de cable: 2.00m

Las especificaciones y características están sujetas a cambios sin previo aviso.



BÁSCULAS Y SISTEMAS DE PESAJE ELECTRÓNICO

www.basculasmartinez.com

Básculas Industriales Martínez S.A. de C.V.

info@basculasmartinez.com/ventas_bimsa1@hotmail.com

San Juan del Río, Qro.

+52 (427) 274 57 69
más 3 líneas.

+52 (427) 224 37 76

Sucursal Pachuca, Hgo.

+52 (771) 688 40 62
+52 (771) 334 84 71

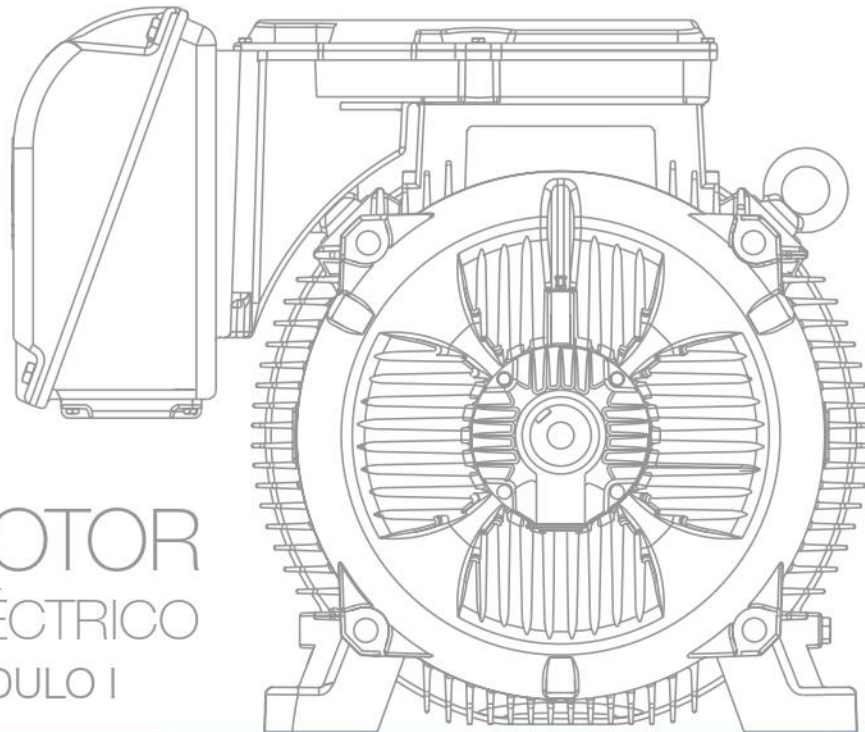
WhatsApp únicamente mensaje

Sucursal Edo. de México

+52 (55) 53 11 73 82
+52 (55) 74 91 12 46

Anexo 11

GUÍA PRÁCTICA DE CAPACITACIÓN TÉCNICO/COMERCIAL



MOTOR
ELÉCTRICO
MÓDULO I



MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466



Índice

Motor Eléctrico	3
Conceptos Básicos	
Potencia.....	4
Velocidad de Rotación	5
Tensión	5
Frecuencia	5
Grado de Protección	6
Carcasa	8
Formas Constructivas	9
Clases de Aislamiento	9
Ventilación.....	10
Bridas	10
Placa de Identificación	12
Línea de Productos	
Motores Industriales	13
Motores Comerciales.....	15



Motor Eléctrico

El motor eléctrico es la máquina más utilizada para transformar energía eléctrica en energía mecánica, pues combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica (bajo costo, facilidad de transporte, limpieza y simplicidad de comando) con su construcción simple y robusta a bajos costos con gran versatilidad de adaptación a los más variados tipos de cargas.



Tipos:

**Motor CC
(Corriente
Continua)**

Los motores de corriente continua son motores con costo más elevado pues necesitan de una fuente de corriente continua, o de un dispositivo que convierta la corriente alterna en corriente continua. Este tipo de motor se utiliza en casos especiales.

**Motor CA
(Corriente
Alternada)**

Los motores de corriente alterna son los más utilizados, porque la distribución de energía eléctrica es hecha en corriente alterna.

Los motores de Corriente alterna, a su vez, pueden ser sincrónicos o asincrónicos.

Sincrónicos



Velocidad constante
(independiente de la variación de la carga)

Asincrónicos



Velocidad variable
(dependiendo de la variación de la carga)

Entre los motores de corriente alterna, vamos a estudiar el MOTOR ASINCRÓNICO DE INDUCCIÓN, trifásico o monofásico, lo más utilizado.



Conceptos básicos

Para hablar sobre los motores eléctricos asincrónicos trifásicos y monofásicos es importante considerar los criterios más utilizados para seleccionar el motor eléctrico más adecuado para la aplicación deseada.

Potência

Es la fuerza que el motor genera para mover la carga en una determinada velocidad. Esta fuerza es medida en HP (horse power), cv (caballo vapor) o en kW (Kilowatt)
Comentario: HP y cv son unidades diferentes de kW.

De	Multiplique por	Para obtener
HP y cv	0,736	kW
KW	1,341	HP e cv

Para convertir los valores de unidades de potencia, usted puede usar las fórmulas de la tabla anterior.

Ejemplo: Dado un motor de 5 CV, transforme para kW:

$$5 \text{ HP} \times 0,736 = 3,68 \text{ kW}$$

Nota:

La potencia especificada en la placa de identificación del motor, indica la potencia mecánica disponible en el eje de salida.

Para obtener la potencia eléctrica consumida por el motor (kW.h), se divide la potencia en kW por su eficiencia (η).

Ejemplo: 5 HP = 3,68 kW (potência mecânica)
 $\eta = 84,5\%$ (Dato de placa para motor de 5 HP)

$$P(\text{kW.h}) = \frac{3,68}{0,845} = 4,35 \text{ kW.h}$$

Velocidad de rotación

Es el número de giros que el eje desarrolla por unidad de tiempo. La velocidad de Rotación se expresa normalmente en RPM (revoluciones por minuto). Para las frecuencias de 50 Hz y 60 Hz, tenemos:

Motor	Rotación sincrónica	
	60 Hz	50 Hz
2 polos	3.600 rpm	3.000 rpm
4 polos	1.800 rpm	1.500 rpm
6 polos	1.200 rpm	1.000 rpm
8 polos	900 rpm	750 rpm

Los motores de 2 y 4 polos son los más vendidos en el mercado.

Deslizamiento: El concepto de deslizamiento es usado para describir la diferencia entre la velocidad sincrónica y la velocidad real en el eje de salida. Factores como la carga o inclusive la variación de la tensión de la red de alimentación, pueden influenciar en la velocidad del motor.

Tensión

Tipos de tensión:

Monofásica:

Es la tensión medida entre fase y neutro. El motor monofásico normalmente está preparado para ser conectado en una red de 110 V o 220 V. Sin embargo, hay sitios donde la tensión monofásica puede ser 115 V, 230 V o 254 V.

En estos casos se debe utilizar un motor específico para estas tensiones.

Trifásica:

Es la tensión medida entre fases.

Son los motores más utilizados, pues los motores monofásicos tienen limitación de potencia, y además de esto suministran rendimientos y pares menores, lo que aumenta su costo operacional.

Las tensiones trifásicas más utilizadas son 220 V, 380 V y 440 V.

Frecuencia

Es el número de veces que un determinado evento se repite en un intervalo de tiempo.

La frecuencia de la red de alimentación utilizada en Latinoamérica es 50 Hz o 60 Hz, dependiendo del país. Eso significa que la tensión de la red repite su ciclo sesenta veces por segundo.

La frecuencia es un factor importante, ya que influye directamente en la velocidad de rotación del motor eléctrico.

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466



www.weg.net

Grado de Protección

Es la protección del motor contra la entrada de cuerpos extraños (polvo, fi bras, etc.), contacto accidental y penetración de agua.

Así, por ejemplo, un equipo que va a ser instalado en un local sujeto a chorros de agua, debe poseer una carcasa capaz de soportar tales chorros de agua, bajo determinados valores de presión y ángulo de incidencia, sin que haya penetración que pueda ser perjudicial al funcionamiento del motor.

El grado de protección es definido por dos letras (IP) seguido de dos dígitos. El primer dígito indica protección contra la entrada de cuerpos extraños y contacto accidental, mientras el segundo dígito indica la protección contra la entrada de agua.

MOTORES ABIERTOS



Deben trabajar en ambientes limpios y protegidos.



MOTOR
IP21
IP23

MOTORES CERRADOS



Pueden trabajar en ambientes no protegidos.



MOTOR
IP55
IP56
IP65
IP66

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

1º Dígito	
Dígito	Indicación
0	Sin protección
1	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 50 mm
2	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 12 mm
3	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 2,5 mm
4	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 1,0 mm
5	Protección contra la acumulación de polvos perjudiciales al motor
6	Totalmente protegido contra el polvo

2º Dígito	
Dígito	Indicación
0	Sin protección
1	Protección contra gotas de agua en la vertical
2	Protección contra gotas de agua hasta la inclinación de 15° en relación a vertical
3	Protección contra agua de lluvia hasta la inclinación de 60° en relación a vertical
4	Protección contra salpicaduras provenientes de todas direcciones
5	Protección contra chorros de agua provenientes de todas las direcciones
6	Protección contra olas de agua
7	Inmersión temporal
8	Inmersión permanente

Comentario:

El W (IP55W) indica protección contra agentes climáticos, tipo: lluvia, salitre, sereno, etc.

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

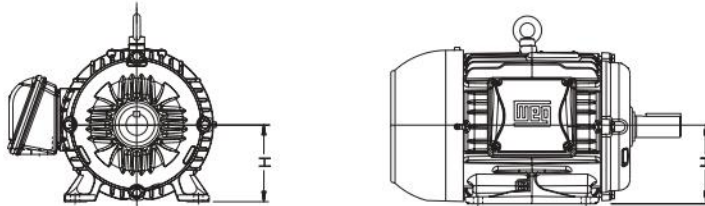


www.weg.net

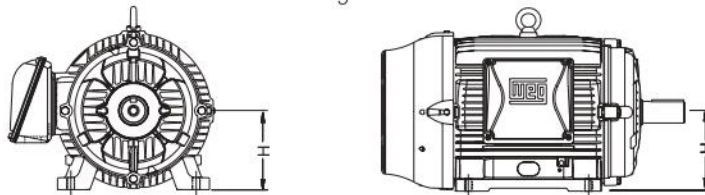
Carcasa

El tipo de carcasa es un dato fundamental en la elección del motor eléctrico, ya que permite identificar gran parte de sus dimensiones mecánicas. El tamaño de la carcasa es definido por la potencia y velocidad del motor y es identificado por la letra H, que va desde la base de soporte del motor hasta el centro del eje, medida en mm. La altura H es exactamente igual al modelo de la carcasa del motor, tratándose de motores IEC.

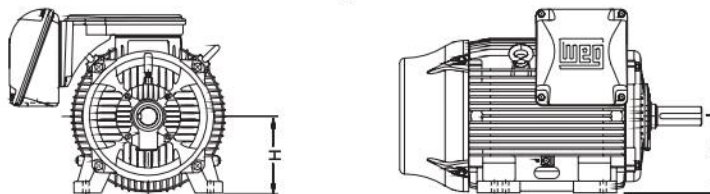
La línea de motores W22 posee cuatro diseños diferentes para cada rango de carcasa, definidas de acuerdo con las figuras que se muestran a continuación.



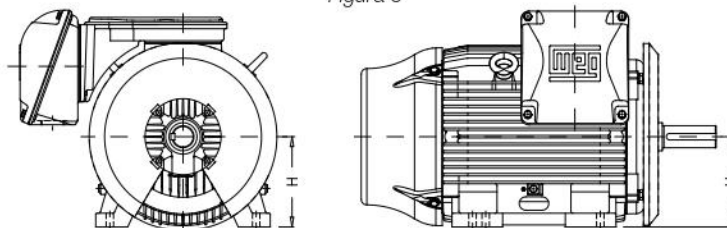
Carcasas 63 hasta 112M
Figura 1



Carcasas 132S hasta 200L
Figura 2






Carcasas 225S/M hasta 355M/L
Figura 3



Carcasas 355AVB
Figura 4

Formas Constructivas

Las formas constructivas definen el tipo de montaje del motor y la forma de acoplarse con la carga. Los motores son normalmente suministrados en la forma constructiva B3L(D), (motor con patas, para montaje horizontal, eje situado a la derecha viendo de frente la caja de conexiones). Las demás formas constructivas pueden observarse en la siguiente tabla.

Forma Constructiva	Configuración																
	Referencia	B3R(E)	B3L(D)	B3T	B5R(E)	B5L(D)	B5T	B35R(E)	B35L(D)	B35T	B14R(E)						
Detalles	Carcasa	Con patas		Sin patas		Sin patas		Con patas		Sin patas							
	Punta del eje	A la izquierda		A la derecha		A la izquierda		A la derecha		A la izquierda							
	Fijación	Base o carriles		Brida FF		Brida FF		Base o brida FF		Brida FC							
Forma Constructiva	Configuración																
	Referencia	B14L(D)	B14T	B34R(E)	B34L(D)	B34T	V5	V5R(E)	V5T	V6	V6R(E)	V6T	V1	V3			
Detalles	Carcasa	Sin patas		Con patas		Con patas		Con patas		Con patas		Sin patas		Sin patas			
	Punta del eje	A la derecha		A la izquierda		A la derecha		Abajo		Arriba		Abajo		Arriba			
	Fijación	Brida FC		Base o brida FC		Base o brida FC		Pared		Pared		Brida FF		Brida FF			
Forma Constructiva	Configuración																
	Referencia	V15	V15R(E)	V15T	V36	V36R(E)	V36T	V18	V19	B6	B6R(E)	B6T	B7	B7R(E)	B7T	B8	B8R(E)
Detalles	Carcasa	Con patas		Con patas		Sin patas		Sin patas		Con patas		Con patas		Con patas			
	Punta del eje	Abajo		Arriba		Abajo		Arriba		Para frente		Para frente		Para frente			
	Fijación	Pared o brida FF		Pared o brida FF		Brida C		Brida C		Pared		Pared		Techo			

Clases de Isolamento

La clase de aislamiento es la especificación de aislamiento térmico, en otras palabras, define la máxima temperatura que soportará el aislamiento del motor continuamente sin afectar a su vida útil. Hay tres clases de aislamiento:

B	135 °C
F	150 °C
H	180 °C

Los motores comerciales WEG son fabricados con clase de aislamiento B, y los motores industriales son fabricados con clase de aislamiento F. Opcionalmente, todos pueden ser fabricados con clase de aislamiento H proporcionando una mayor vida útil. Estos valores suponen la temperatura ambiente a 40 °C. Condiciones de funcionamiento por encima de este valor deben ser tratados como especial.

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466



www.weg.net

Ventilación

El sistema de ventilación es responsable por la refrigeración del motor.
Los motores IP55 (cerrados) son generalmente suministrados con sistema de ventilación TCVE. Los motores con grado de protección IP21 (abiertos) poseen sistema de ventilación interna.

TCVE → Totalmente cerrado con ventilación externa.

ODP (Abierto) → El aire circula libremente en el motor (ventilación interna).

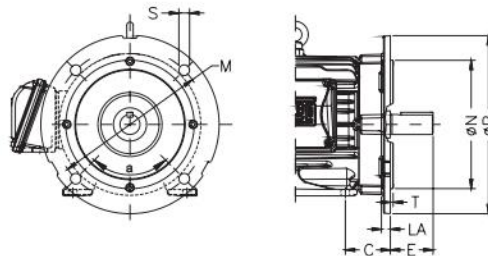
Bridas

Las bridas son utilizadas en situaciones donde el acoplamiento del motor es hecho directamente en la máquina.

Las bridas más utilizadas son los tipos FF, FC y FC-DIN.

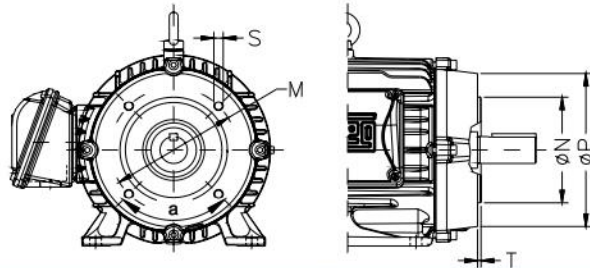
El tipo de brida define la forma constructiva del motor, conforme indicado en el ítem 7 - Formas constructivas.

Tipo "FF"



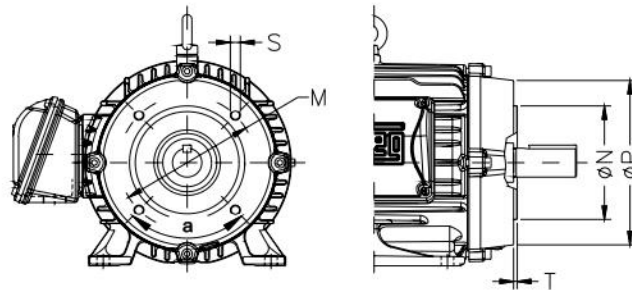
Brida "FF"									
Carcasa	Brida	LA	M	N	P	S	T	α	Numero de agujeros
63	FF-115	5,5	115	95	140	10	3	45°	4
71	FF-130	9	130	110	160		3,5		
80	FF-165		10	165	130	200	12		
90S / 90L									
100L	FF-215	12,5	215	180	250	15	4		
112M									
132S	FF-265	12	265	230	300	19	5		
132M									
132M/L									
160M	FF-300	18	300	250	350	19	5		
160L									
180M									
180L									
200L	FF-350	20	350	300	400	24	6		
200M									
225S/M	FF-400	18	400	350	450	24	6		
250S/M									
280S/M	FF-500	22	500	450	550	24	6		
315S/M									
355M/L	FF-600	18	600	550	660	24	6		
355A/B									
	FF-740	22	740	680	800	24	6	22°30'	8

Tipo "C"



Brida "C"								
Carcasa	Brida	M	N	P	S	T	α	Numero de agujeros
63 / 71 / 80	FC-95	95,2	76,2	143	UNC 1/4"x20	4	45°	4
90S / 90L / 100L	FC-149	149,2	114,3	165	UNC 3/8"x16			
112M / 132S / 132M / 132M/L / 160M / 160L	FC-184	184,2	215,9	225	UNC 1/2"x13	6,3		
180M / 180L / 200L / 200M	FC-228	228,6	266,7	280	UNC 5/8"x11		22°30'	8
225S/M	FC-279	279,4	317,5	395				
250S/M	FC-355	355,6	406,4	455				
280S/M								
315S/M								
355M/L	FC-368	368,3	419,1					
355A/B								

Tipo "C" DIN



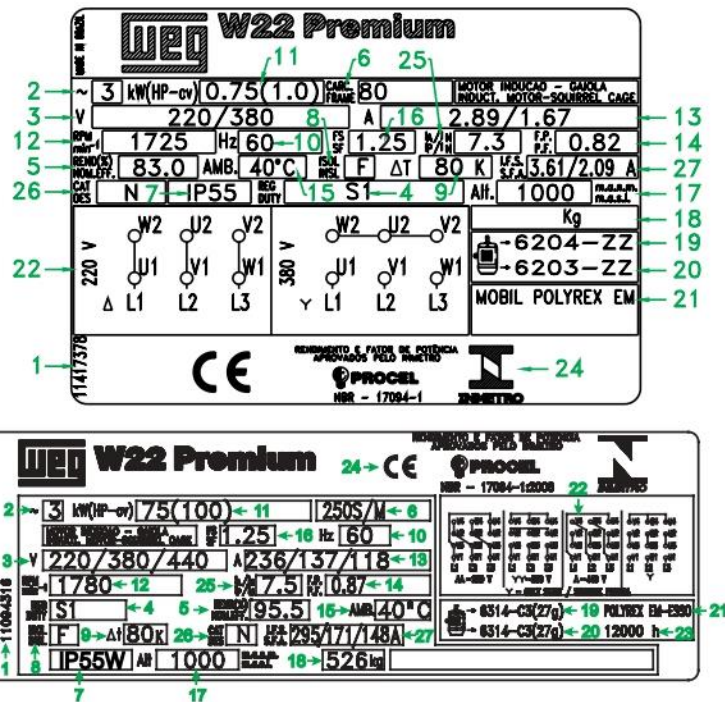
Brida C-DIN								
Carcasa	Brida	M	N	P	S	T	α	Numero de agujeros
63	C-90	75	60	90	M5	2,5	45°	4
71	C-105	85	70	105	M6			
80	C-120	100	80	120				
90S / 90L	C-140	115	95	140	M8	3		
100L / 112M	C-160	130	110	160	M10	3,5		
132S	C-200	165	130	200				
132M/L / 132M								

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466



Placa de identificación

Ejemplo de placa de identificación: Motor trifásico.



- | | |
|--|--|
| 1 - Código del motor | 17 - Altitud |
| 2 - Numero de fases | 18 - Peso del motor |
| 3 - Tensión nominal de operación | 19 - Especificación del rodamiento delantero |
| 4 - Régimen de servicio | 20 - Especificación del rodamiento trasero |
| 5 - Eficiencia | 21 - Tipo de grasa de los rodamientos |
| 6 - Tamaño de carcasa | 22 - Diagrama de conexión para tensión nominal |
| 7 - Grado de protección | 23 - Intervalo de lubricación en horas |
| 8 - Clase de Aislamiento | 24 - Certificaciones |
| 9 - Temperatura de la Clase de Aislamiento | 25 - Corriente de arranque / Corriente nominal del motor |
| 10 - Frecuencia | 26 - Categoría de par |
| 11 - Potencia nominal del motor | 27 - Corriente de factor de servicio |
| 12 - Velocidad nominal del motor en RPM | |
| 13 - Corriente nominal de operación | |
| 14 - Factor de potencia | |
| 15 - Temperatura ambiente máxima | |
| 16 - Factor de servicio | |

Anexo 12

**VARITEL**

Al Servicio de la Automación Industrial

VARIADOR DE FRECUENCIA VFD-L

230V / 0.13 – 2 HP



Al Servicio de la Automación Industrial

Hoja Nº 2

PRÓLOGO

Gracias por elegir la serie de variadores de frecuencia de AC VFD-L de DELTA ELECTRONICS, INC. La misma está manufacturada utilizando la más alta calidad de componentes y materiales e incorpora la última tecnología disponible en microprocesadores.

Este manual lo ayudará en todo lo que respecta a la instalación, configuración de parámetros, solución de problemas y también en el periódico mantenimiento del mismo. Para garantizar el correcto funcionamiento del equipo lea atentamente la guía de seguridad antes de conectar la alimentación.

Importante:

5 **PELIGRO!** Desconecte la fuente de alimentación de la entrada antes de realizar la manutención y por favor no opere de ninguna forma mientras ésta este conectada.

5 **PRECAUCIÓN!** Existen en el circuito impreso componentes MOS altamente sensitivos a la electricidad estática. Para evitar el deterioro de los componentes, evite el contacto del circuito impreso con objetos metálicos o con la mano al descubierto.

5 **PELIGRO!** Aún después de haber apagado la fuente de alimentación existe en el interior del equipo una serie de capacitores que quedan cargados con altas tensiones, en consecuencia evite tocar las borneras o realizar cualquier otro acto, antes de que se apaguen todos los displays o dejar pasar un mínimo de 10 minutos. Note que al estar las borneras expuestas, aparecen zonas activas, evite el contacto.

5 **PRECAUCIÓN!** Ponga a tierra el VFD-L utilizando el terminal de tierra. El método de puesta a tierra debe satisfacer las reglas que establece el país dónde sea instalado el variador de frecuencia.

5 **PELIGRO!** Nunca conecte la fuente de alimentación a los terminales de salida U/T1, V/T2, W/T3, ya que provocaría la destrucción del equipo.

CAPÍTULO 1 COMPOSICIÓN DEL MODELO

Los variadores de frecuencia VFD-L reciben antes de salir de fábrica rigurosos test de control de calidad, pero durante el embarque estos están sometidos a diferentes tratos, por favor verifique lo siguiente al recibirlo.

5 Inspeccione el equipo para asegurarse que no halla sido dañado durante el embarque.

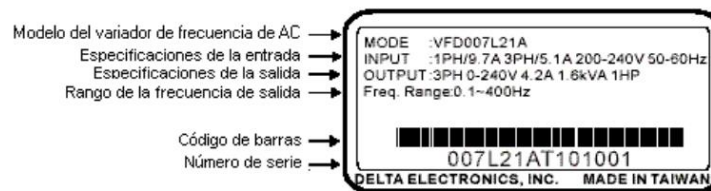
5 Corrobore que el modelo del equipo que indica la etiqueta corresponda con el de su orden de compra.



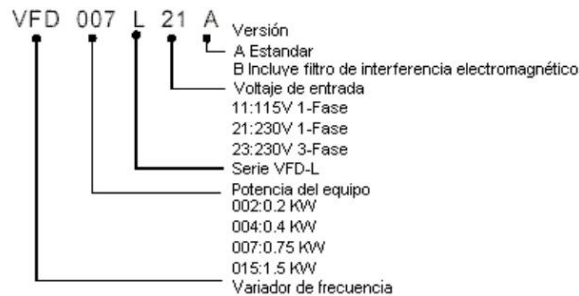
Al Servicio de la Automación Industrial

Hoja Nº 3

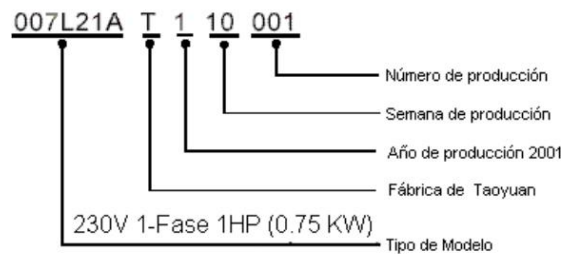
Información sobre la composición de la etiqueta: Ejemplo de un 1HP230V.



Explicación de la composición del modelo:



Explicación del número de serie:

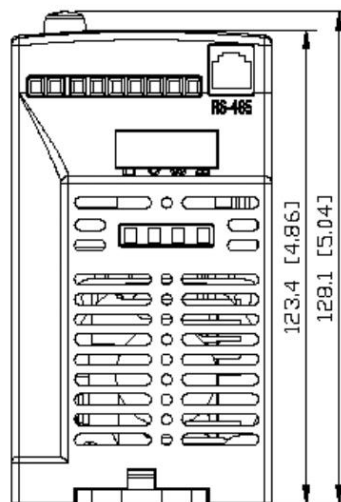
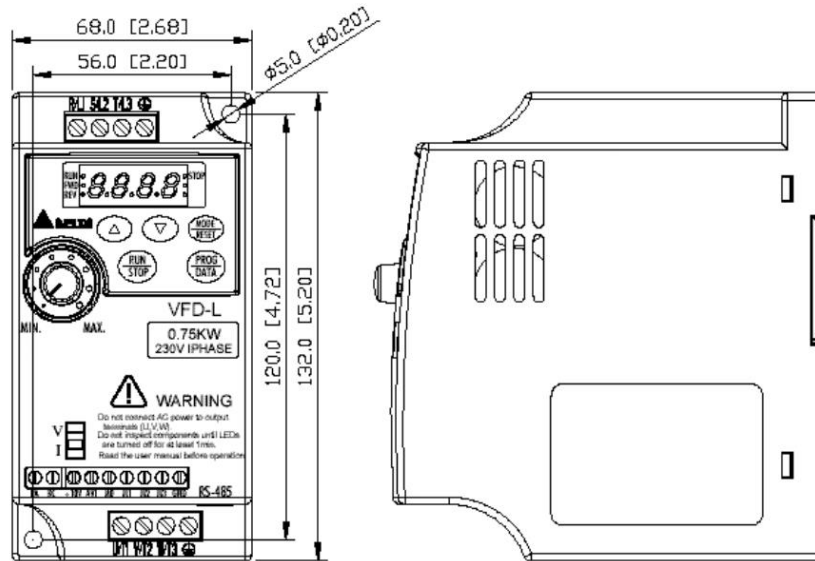


Si la información en la etiqueta no corresponde con su orden de compra o aparecen datos erróneos, comuníquese con su distribuidor.

VARITEL

Al Servicio de la Automación Industrial

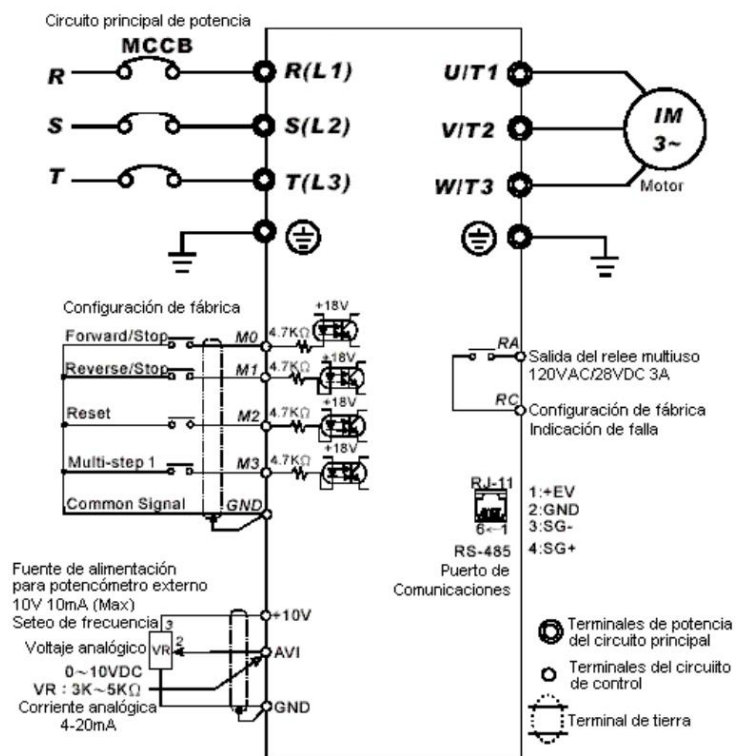
Hoja Nº 4

Dimensiones:

CAPÍTULO 2 CONEXIONADO

Diagrama básico de conexiones

Realice el conexionado del equipo respetando todas las normas de cableado Nacionales y de acuerdo al diagrama que se muestra abajo.



Nota: Preste atención y no cometa el error de conectar un módem o una línea telefónica al puerto de comunicación RS-485, ya que causaría en el equipo un daño permanente. A través de los terminales 1 & 2 se proporciona la alimentación de la unidad opcional de copiado, y que no debe estar habilitada mientras se utilice el puerto de comunicación RS-485.

*Si el modelo del variador de frecuencia de AC es VFD002L11A/B, VFD004L11A/B, VFD002L21B, VFD004L21B o VFD007L21B, los terminales de alimentación son R/L1 y S/L2.



Al Servicio de la Automación Industrial

Hoja Nº 6

*Si el modelo del variador de frecuencia de AC es VFD002L21A, VFD004L21A o VFD 007L21A, los terminales de alimentación son R/L1, S/L2, T/L3.

* Si el modelo del variador de frecuencia de AC es VFD015L23A, puede ser alimentado con fase y neutro, o tres fases de 220V.

Diagrama general:

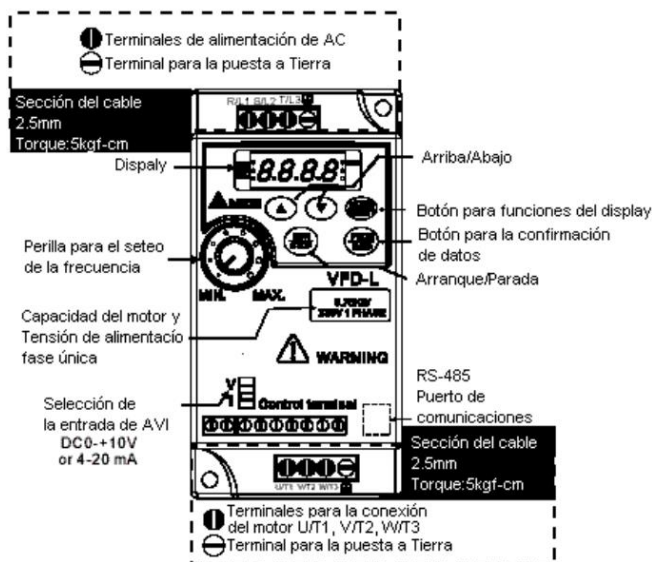
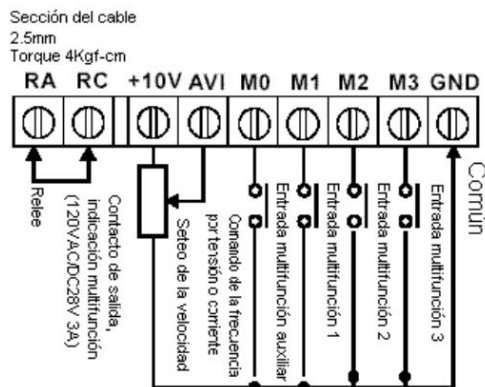


Diagrama del circuito de control:



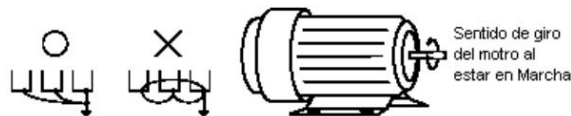


Al Servicio de la Automación Industrial

Hoja Nº 7

Antes de realizar el conexionado lea atentamente las siguientes recomendaciones:

1. **PRECAUCIÓN:** No conecte la alimentación de AC de entrada a ninguno de los terminales U/T1, V/T2, W/T3, ya que el variador de frecuencia se vería seriamente dañado.
2. **ADVERTENCIA:** Asegúrese de ajustar los tornillos con los kilogramos-fuerza necesarios para que estos queden firmemente apretados.
3. Se recomienda que durante la instalación se sigan y respeten todas las normas de construcción y seguridad necesarias.
4. Asegúrese de colocar los dispositivos de protección apropiados entre la fuente de alimentación de AC y el variador de frecuencia. (Como por ejemplo Llaves termomagnéticas o fusibles)
5. Corrobore que el cable de protección o de Tierra este conectado correctamente. Utilizando un cable de 2.5mm^2 y que la resistencia no exceda lo 0.01Ω .
6. En caso de tener varios equipos o unidades, debe conectarlos en forma paralela. Asegúrese de no formar ningún bucle.
7. Cuando se conecten los terminales de salida U/T1, V/T2, W/T3 con los terminales del motor U, V, W respectivamente, el motor girará en sentido contrario a las agujas de reloj.



8. Asegúrese que la fuente de alimentación pueda suplir el voltaje y la corriente necesaria que el variador de frecuencia de AC necesita.
9. No conecte ni desconecte ningún cable, cuando la fuente de alimentación este aplicada equipo.
10. Se recomienda realizar cableado en forma separada la parte de control de la de potencia.
11. De ser necesario instalar un filtro para reducir la interferencia electromagnética o EMI (Electro-Magnetic Interference), colóquelo tan cerca como sea posible al variador de frecuencia de AC. Esta interferencia se disminuye bajando la frecuencia portadora.
12. Cuando el variador de frecuencia instalado necesite un filtro de choque este debe ser instalado lo más próximo de los terminales U/T1, V/T2, W/T3. No utilice filtros tipo L-C o R-C.



Al Servicio de la Automación Industrial

Hoja Nº 9

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fabrica
0-05	Coefficiente K definido por el usuario.	0.1 ~ 160	1.0
0-06	Versión de software.	Parámetro de sólo lectura, no modificable	##
0-07	Clave o password de entrada.	0 ~ 999	0
0-08	Clave o password de configuración.	0 ~ 999	0

Grupo 1: Parámetros básicos

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste fábrica
1-00	Frecuencia de operación máxima.	50.0 ~ 400Hz	60.0
1-01	Máximo límite de frecuencia.	10.0 ~ 400Hz	60.0
1-02	Voltaje máximo de salida.	2.0 ~ 255V	220
1-03	Punto medio de la frecuencia.	1.0 ~ 400Hz	1.0
1-04	Punto medio del voltaje.	2.0 ~ 255V	12.0
1-05	Frecuencia de salida mínima.	1.0 ~ 60.0Hz	1.0
1-06	Voltaje de salida mínimo.	2.0 ~ 255V	12.0
1-07	Límite de la frecuencia superior.	1 ~ 110%	100
1-08	Límite de la frecuencia inferior.	0 ~ 100%	0.0
1-09	Tiempo de aceleración 1 (Tacc1).	0.1 ~ 600Seg.	10.0
1-10	Tiempo de desaceleración 1 (Tdec1).	0.1 ~ 600Seg.	10.0
1-11	Tiempo de aceleración 2.	0.1 ~ 600Seg.	10.0
1-12	Tiempo de desaceleración 2.	0.1 ~ 600Seg.	10.0
1-13	Tiempo de aceleración de punteo.	0.1 ~ 600Seg.	10.0
1-14	Tiempo de desaceleración de punteo.	0.0 ~ 600Seg.	10.0
1-15	Frecuencia de punteo.	1.0Hz ~ 400Hz	6.0
1-16	Modo de aceleración y desaceleración.	0: Aceleración y desaceleración lineal. 1: Aceleración automática y desaceleración lineal.	0



Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste fábrica
1-16	Modo de aceleración y desaceleración.	2: Aceleración lineal y desaceleración automática. 3: Aceleración y desaceleración automática. 4: Aceleración lineal y desaceleración automática, protección de parada durante desaceleración. 5: Aceleración y desaceleración automática, protección de parada durante la desaceleración.	0
1-17	Curva S, configuración de la aceleración.	0 ~ 7	0
1-18	Curva S, configuración de la desaceleración.	0 ~ 7	0

Grupo 2: Operación de parámetros

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fábrica
2-00	Fuente de comando de la frecuencia.	0: Teclado digital frontal. 1: Entrada analógica (AVI) de 0 ~ 10V. 2: Entrada analógica (AVI) de 4 ~ 20mA. 3: Control por potenciómetro frontal. 4: Puerto de comunicación RS-485.	0
2-01	Fuente de comando de operación.	0: Por teclado digital frontal. 1: Por borneras externas, el botón de STOP está habilitado. 2: Por borneras externas, el botón de STOP está deshabilitado. 3: Por el puerto de comunicaciones RS-485, el botón de STOP está habilitado. 4: Por el puerto de comunicaciones RS-485, el botón de STOP está deshabilitado.	0
2-02	Método de parada.	0: Por rampa. 1: Parada libre.	0
2-03	Frecuencia portadora.	3 ~ 10KHz.	10



Al Servicio de la Automación Industrial

Hoja Nº 11

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste fábrica
2-04	Operación de reversa prohibida.	0: Reversa habilitada. 1: Reversa deshabilitada. 2: Marcha deshabilitada.	0
2-05	Entrada analógica ACI (4 ~ 20mA). Entrada de detección dañada.	0: Lleva la frecuencia de salida a 0Hz. 1: Parada Inmediata, muestra EF. 2: Arranca con la última frecuencia.	0
2-06	Line start lockout.	0: Habilitado. 1: Deshabilitado.	1

Grupo 3: Parámetros de las funciones de salida

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste fábrica
3-00	Frecuencia deseada	1.0 ~ 400Hz.	1.0
3-01	Terminal de valor de cuenta.	0 ~ 999	0
3-02	Valor de cuenta preliminar.	0 ~ 999	0
3-03	Relee de salida multifunción.	0: No usado. 1: Variador de frecuencia de AC, operable. 2: Frecuencia máxima de salida alcanzada. 3: Velocidad Cero. 4: Sobre torque. 5: Indicación de bloqueo, la salida del variador se inhabilitará, cuando se cierre o abra el circuito entre GND y M1, M2, M3 de acuerdo a lo configurado. 6: Detección de voltaje bajo. 7: En funcionamiento. 8: Indicación de falla. 9: Frecuencia deseada alcanzada. 10: El programa del PLC está corriendo. 11: Completo el paso del programa del PLC. 12: El programa del PLC finalizó. 13: La operación del programa del PLC está en pausa. 14: Terminal de valor de cuenta alcanzado.	8



Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste fábrica
3-03	Relee de salida multifunción.	15: Valor de cuenta preliminar alcanzado. 16: Indicación de estado listo.	8

Grupo 4: Parámetros de funciones de entrada

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fábrica
4-00	Offset del potenciómetro	0.0 ~ 350Hz	0.0
4-01	Offset de la polaridad del potenciómetro.	0: Offset positivo 1: Offset negativo	0
4-02	Ganancia de la frecuencia del potenciómetro.	1 ~ 200%	100
4-03	Potenciómetro para movimiento de reversa habilitado.	0: No usado. 1: Movimiento de reversa habilitado. 2: Movimiento de marcha únicamente.	0
4-04	Terminal de entrada multifunción 1 (M1). (d 0 ~ d 20)	0: No usado. 1: M0: FWD/STOP, M1 REV/STP. 2: M0: RUN/STOP, M1 FWD/STOP.	1
4-05	Terminal de entrada multifunción 2 (M2).	3: Conexión 3 cables, M0, M1, M2.	6
4-06	Terminal de entrada multifunción 3 (M3). (d 0, d 4 ~ d 20)	4: Falla externa, contacto NA. 5: Falla externa, contacto NC. 6: Reset. 7: Comando 1 de velocidad multipaso. 8: Comando 2 de velocidad multipaso. 9: Operación de punteo. 10: Velocidad de aceleración y desaceleración prohibida. 11: Primera o segunda selección de tiempo aceleración o desaceleración. 12: Bloqueo de la salida (BB), contacto NA. 13: Bloqueo de la salida (BB), contacto NC. 14: Incremento de la frecuencia máxima.	7



Al Servicio de la Automación Industrial

Hoja Nº 13

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fábrica
4-06	Terminal de entrada multifunción 3 (M3). (d 0, d 4 ~ d 20)	15: Decremento de la frecuencia máxima. 16: Correr programa del PLC. 17: PLC en pausa. 18: Contador de señal trigger. 19: Contador de reset. 20: Selección de entrada analógica externa 0 ~ 10V (AVI) o 4 ~ 20 mA (ACI).	7

Grupo 5: Multivelocidades y programación del PLC

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste fábrica
5-00	1 ^{ra} Frecuencia de velocidad de paso.	0.0 ~ 400Hz	0.0
5-01	2 ^{da} Frecuencia de velocidad de paso.	0.0 ~ 400Hz	0.0
5-02	3 ^{ra} Frecuencia de velocidad de paso.	0.0 ~ 400Hz	0.0
5-03	Modo PLC.	0: Operación del PLC desactivada 1: Ejecuta un solo ciclo de programa. 2: Ejecución continua de los ciclos de programa. 3: Ejecución de un ciclo de programa paso a paso, separado por un stop. 4: Ejecución continua del programa paso a paso, separado por un stop.	0
5-04	PLC, movimiento marcha / reversa.	0 ~ 15 (0: Marcha 1: Reversa)	0
5-05	Tiempo de duración paso 0.	0 ~ 65500 Seg.	0
5-06	Tiempo de duración paso 1	0 ~ 65500 Seg.	0
5-07	Tiempo de duración paso 2	0 ~ 65500 Seg.	0
5-08	Tiempo de duración paso 3	0 ~ 65500 Seg.	0





**Grupo 6: Parámetros de protección**

Parámetro	Funciones	Ajuste	Ajuste fábrica
6-00	Nivel de protección por sobre voltaje.	0: Deshabilitado. 350 ~ 410V	390
6-01	Nivel de protección por sobre corriente.	0: Deshabilitado. 20 ~200%	170
6-02	Detección por sobre torque.	0: Deshabilitado. 1: Habilitado mientras que exista una velocidad constante de operación y continua hasta que un determinado límite se alcanza. 2: Habilitado mientras que exista una velocidad constante de operación y se detiene después de la detección. 3: Habilitado durante una constante aceleración y a velocidad constante, antes de que la salida alcance el tiempo configurado por el parámetro 6-04. 4: Habilitado durante la aceleración y se detiene después de la detección de sobretorque.	0
6-03	Nivel de detección por sobre torque.	30 ~ 200%	150
6-04	Tiempo de detección por sobre torque.	0.1 ~ 10.0 Seg.	0.1
6-05	Protección electrónica (modelo térmico del motor)	0: No usado. 1: Actúa con un motor standard. 2: Actúa con un motor especial.	0
6-06	Tiempo para irse a falla de la protección electrónica térmica.	30 ~ 600Seg.	60
6-07	Registro de fallas actual.	0: No ocurre ninguna falla.	0
6-08	Segundo registro de fallas	1: "oc" (Sobre corriente).	
6-09	Tercer registro de fallas.	2: "ov" (Sobre voltaje).	
6-10	Cuarto registro de fallas.	3: "oH" (Sobre temperatura).	
6-11	Quinto registro de fallas.	4: "oL" (Sobre carga).	
6-12	Sexto registro de fallas.	5: "oL1" (Falla electrónica interna por sobrecarga). 6: "EF" (Falla externa).	



Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fábrica
6-12	Sexto registro de fallas.	7: Reservado. 8: Reservado. 9: "ocA" (La corriente excede su valor durante una aceleración). 10: "ocd" (La corriente excede su valor, durante una desaceleración). 11: "ocn" (La corriente excede su valor durante un estado seguro).	0

Grupo 7: Parámetros del motor

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fábrica
 7-00	Valor de la corriente del motor	30 ~ 120%	85
 7-01	Corriente en vacío.	0 ~ 90%	50
 7-02	Compensación de torque	0 ~ 10	1
 7-03	Compensación de deslizamiento.	0.0 ~ 10.0	0.0

Grupo 8: Parámetros especiales

Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste Fábrica
8-00	Nivel de intensidad de inyección de corriente continua, en el frenado.	0 ~ 30%	0
8-01	Duración de la inyección de corriente continua de frenado, en el arranque.	0.0 ~ 60.0 Seg.	0.0
8-02	Duración de la inyección de corriente continua de frenado, en la parada.	0.0 ~ 60.0 Seg.	0.0
8-03	Valor de la frecuencia para la cual se inicia el frenado.	0.0 ~ 400.0 Seg.	0.0

**Grupo 9: Parámetros de comunicación**

	Parámetros	Funciones	Ajuste	Ajuste fábrica				
	9-00	Dirección de comunicación	1 ~ 247	1				
	9-01	Velocidad de transmisión.	0: Baud rate 4800. 1: Baud rate 9600. 2: Baud rate 19200.	1				
	9-02	Tratamiento de la falla de comunicación.	0: Avisa y continua corriendo. 1: Avisa y parada por rampa. 2: Avisa y parada libre. 3: No avisa y sigue corriendo.	0				
	9-03	Tiempo watchdog de la comunicación Modbus.	0: No disponible. 1 ~ 20: 1 ~ 20 Seg.	0				
		Protocolo de comunicación	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Modo ASCII</td> <td>0: 7,N,2 1: 7,E,1 2: 7,O,1 3: 8,N,2 4: 8,E,1 5: 8,O,1</td> </tr> <tr> <td>Modo RTU</td> <td>6: 8,N,2 7: 8,E,1 8: 8,O,1</td> </tr> </tbody> </table>	Modo ASCII	0: 7,N,2 1: 7,E,1 2: 7,O,1 3: 8,N,2 4: 8,E,1 5: 8,O,1	Modo RTU	6: 8,N,2 7: 8,E,1 8: 8,O,1	0
Modo ASCII	0: 7,N,2 1: 7,E,1 2: 7,O,1 3: 8,N,2 4: 8,E,1 5: 8,O,1							
Modo RTU	6: 8,N,2 7: 8,E,1 8: 8,O,1							

CAPÍTULO 4 INFORMACIÓN DE FALLAS Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

El variador de frecuencia de AC VFD-L posee un amplio sistema de diagnóstico de fallas que incluye diferentes alarmas y mensajes. Una vez detectada, se activa la correspondiente protección y se muestra el mensaje de la misma en el display. Las últimas 6 fallas más recientes se pueden observar mediante la utilización de los parámetros 6-07 a 6-12.

Nota: Para hacer salir al equipo de falla debe presionarse el botón de RESET desde el display o bien configurar el equipo y colocar un pulsador en los terminales externos.

Respuestas a los problemas y soluciones más comunes



Falla	Descripción de la falla	Solución
oc	El variador de frecuencia de AC detectó un incremento anormal de la corriente.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique que los caballos de potencia del motor correspondan con la potencia de salida de variador de frecuencia de AC. 2. Verifique el cableado de conexiones entre la salida del equipo y el motor, evitando los posibles cortocircuitos. 3. Incremente el tiempo de aceleración, vea la configuración de los parámetros (1-09 a 1-11) 4. Verifique las posibles condiciones de exceso de carga en el motor. 5. Si al operar el variador de frecuencia de AC continúan las condiciones anormales, después de haber removido la falla, el equipo debe ser enviado a fábrica.
ou	El variador de frecuencia de AC detecta que la tensión del bus de DC, ha excedido el máximo valor admisible.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique que la tensión de entrada caiga dentro del valor del voltaje de AC de entrada al equipo. 2. Verifique posibles voltajes transitorios. 3. En algunos casos al querer frenar un motor se produce lo que se llama una "regeneración", lo que puede traer como consecuencia un sobre voltaje en el bus. Para solucionar este problema incremente el tiempo de desaceleración, es decir haga que la máquina frene más despacio.
oH	El sensor de temperatura del variador de frecuencia de AC, ha detectado un exceso.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asegúrese que la temperatura ambiente se encuentre dentro del rango específico de la misma. 2. Corrobore que las vías de ventilación no estén obstruidas. 3. Remueva cualquier objeto extraño que exista sobre el disipador de temperatura. 4. Provea del suficiente espacio para una adecuada ventilación.
Lu	El variador de frecuencia de AC detectó que la tensión del bus de DC, ha caído por debajo del valor mínimo.	Verifique que el voltaje de entrada caiga dentro del valor de la tensión de AC de entrada del equipo.



Al Servicio de la Automación Industrial

Hoja Nº 19

Falla	Descripción de la falla	Solución
oL1	Falla electrónica interna por sobrecarga.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique posibles sobrecargas en el motor. 2. Verifique la configuración de la protección térmica por sobrecarga. 3. Incremente la capacidad del motor. 4. Reduzca la intensidad de la corriente, así evitará que la corriente de salida del equipo se exceda del valor seteado por el valor de la corriente del motor parámetro 7-00.
EF	El terminal externo EF-GND paso de OFF a ON.	Cuando el terminal externo EF-GND está cerrado, la salida del variador de frecuencia estará apagada. Si la configuración del parámetro 4-05 o 4-06 es NA.
oL2	Se detectó una sobrecarga en el motor. Verifique la configuración de los parámetros 6-03 a 6-05.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduzca la carga del motor. 2. Ajuste correctamente la configuración de la detección de sobre torque.
ocR	Se produjo una sobre corriente durante la aceleración: <ol style="list-style-type: none"> 1. Cortocircuito en la salida del motor. 2. El torque inicial es demasiado alto. 3. El tiempo de aceleración es muy corto. 4. La capacidad de la salida del variador de AC es muy chica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique una buena aislación en las conexiones de salida. 2. Decremente el torque inicial utilizando el parámetro 7-02. 3. Incremente el tiempo de aceleración. 4. Reemplace el variador de frecuencia de AC que está utilizando por otro que maneje mayor caballos de potencia.
ocd	Se produjo una sobre corriente durante la desaceleración: <ol style="list-style-type: none"> 1. Cortocircuito en la salida del motor. 2. El tiempo de desaceleración es muy corto. 3. La capacidad de la salida del variador de frecuencia de AC es muy chica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique una buena aislación en las conexiones de salida. 2. Incremente el tiempo de desaceleración. 3. Reemplace el variador de frecuencia de AC que está utilizando por otro que maneje mayor caballos de potencia.



Falla	Descripción de la falla	Solución
ocn	Se produjo una sobre corriente durante el régimen permanente de operación: 1. Cortocircuito en la salida del motor. 2. Se produce un imprevisto incremento en la carga del motor. 3. La capacidad de la salida del variador de frecuencia de AC es muy chica.	1. Verifique una buena aislación en las conexiones de salida. 2. Verifique 3. Reemplace el variador de frecuencia de AC que está utilizando por otro que maneje mayor caballos de potencia.
cF1	La memoria interna IC no puede ser programada.	1. Apague la fuente de alimentación. 2. Verifique que la tensión de AC de entrada caiga dentro del valor del voltaje de AC de entrada del variador de frecuencia. 3. Encienda la fuente de alimentación.
cF2	La memoria interna IC no puede ser leída.	1. Vuelva a poner los parámetros en los valores de fábrica.
cF3	Situación anormal del circuito interno del variador de frecuencia de AC.	1. Apague la fuente de alimentación. 2. Verifique que la tensión de entrada caiga dentro del valor de voltaje de AC de entrada del variador de frecuencia. Encienda la fuente de alimentación.
HPF	Protección de falla de hardware.	Regréselo a fábrica.
codE	Protección de falla de software.	Regréselo a fábrica
cFR	Falla de auto aceleración/desaceleración.	No utilice la función de auto aceleración/desaceleración.
CEI	Error de comunicación.	1. Verifique la conexión entre el variador de frecuencia de AC y el PLC o la computadora. 2. Verifique que el protocolo de comunicación se encuentre correctamente configurado.
bb	Bloqueo externo, (utilización de terminales de salida) La salida del variador de frecuencia de AC está apagada.	1. Cuando el terminal de entrada (B.B) es activado, la salida de variador de frecuencia de AC es desactivada. 2. Deshabilite esta opción a través del parámetro 4-05 o 4-06.



Al Servicio de la Automación Industrial

Hoja Nº 21

Falla	Descripción de la falla	Solución
oL	El variador de frecuencia de AC detectó una excesiva corriente de salida.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique el motor no esté sobrecargado. 2. Reduzca la compensación de torque configurando el parámetro 7-02, con el valor que viene de fábrica. 3. Incremente la capacidad de la salida del variador de frecuencia. 4. Nota: El variador de frecuencia de AC puede resistir hasta el 150% del valor máximo de la corriente por 60seg.

Especificaciones standard

Voltaje		115V		230V			
Modelo VFD- VVVAVVAV/B		002	004	002	004	007	015
Motor aplicable a la salida (KW)		0.2	0.4	0.2	0.4	0.7	1.5
Rango de Salida	Capacidad de salida	0.6	1.0	0.6	1.0	1.6	2.7
	Corriente de salida (A)	1.6	2.5	1.6	2.5	4.2	7.0
	Máxima tensión de salida (V)	3 fases, con el doble de la tensión de entrada.		3 fases, con el mismo voltaje de salida que la tensión de entrada.			
	Frecuencia (Hz)	1.0 ~ 400Hz					
Potencia	Corriente de entrada (A)	6	9	4.9/1.9	6.5/2.7	9.7/5.1	./9
	Tolerancia del voltaje de entrada	1-Fase 90 ~ 132V 50/60Hz		1 / 3 Fases 180 ~ 264V 50/60Hz			3-Fases 180 ~ 264V 50/60H z
	Tolerancia de frecuencia	±5%					
Características de control	Sistema de control	SVPWM (Modulación de pulso sinusoidal, frecuencia de 3KHz-10KHz)					
	Resolución de la frecuencia de salida	0.1Hz					
	Características de torque	El variador de frecuencia incluye la regulación del torque en el arranque y la compensación de deslizamiento, que pueden ser configurados en 150% a 5Hz.					



Especificaciones standard

Características de control	Capacidad de sobrecarga		150% de la corriente por 1minuto.
	Tiempo de acel/desa		0.1 ~ 600Seg. (Pueden ser configurados individualmente)
	Parámetro V/F		Este parámetro puede ser configurado.
	Nivel de protección de corriente		20 ~ 200%, configuración del valor de la corriente
Características de operación	Config. de la frec.	Teclado	Configurable por los botones ▲ ▼ o por el potenciómetro.
		Señal externa	Utilización de un potenciómetro de 5KΩ/0.5W. La tensión de entrada de DC 0 ~ +10V (impedancia de entrada 47KΩ). La corriente va de 4 ~ 20mA (impedancia de salida 250Ω). Entradas multifunción de 1 a 3.
	Config. de operación	Teclado	Configuración de los botones RUN/STOP. (Por ejemplo se puede utilizar los botones ubicados en el display, o bien comandar esta acción externamente colocando un pulsador en los terminales de salida).
		Señal externa	Los terminales M0, M1, M2, M3 pueden ser combinados y obtener diferentes modos de operación, puerto de comunicación RS-485.
	Señal de entrada multifunción		Aquí se nombran algunas de las funciones de entrada multifunción: Selección de multipaso de 0 a 3; Operación de punteo, Primera o segunda selección de tiempo aceleración o desaceleración; Contador; Operación de PLC; Selección del boqueo de la salida (BB), contactos NA o NC, etc.
	Señal de salida multifunción		Aquí se nombran algunas de las funciones de salida multifunción: Operación normal del variador de frecuencia de AC; Frecuencia máxima de salida alcanzada; Velocidad cero; Indicación de bloqueo; Indicación de falla; Indicación de operación del PLC etc.
Otras funciones			AVR; Curvas S; Nivel de protección por sobre voltaje y sobre corriente; Frenado por bus DC; Memoria de fallas recientes; Frecuencia portadora ajustable; Frecuencia para la cual se inicia el frenado; Pérdida de potencia momentánea, Operación de reversa prohibida; Límites de frecuencia; Parámetro de RESET y BLOQUEO.
Protecciones			Sobrevoltaje; Sobrecorriente; Caída de la tensión; Sobrecarga; Protección electrónica interna por

MÁQUINA DE ENSAYOS DE FATIGA BAJO LA NORMA ASTM E466

VARITEL

Al Servicio de la Automación Industrial

Hoja Nº 23

		sobrecarga.
	Otros	Incluye filtro contra interferencias electromagnéticas(EMI).
	Ventilación	Refrigeración forzada
Medioambiente	Instalación	No instale el equipo a más de 1000mts de altura, manténgalo apartado del polvo o de gases y líquidos corrosivos.
	Temperatura ambiente	-10°C a +40°C (No condensado, ni congelado)
	Temperatura de almacenamiento	-20°C a 60°C
	Humedad ambiente	Menor al 90%
	Vibración	9.80665m/s ² (1G) menor a 20Hz, 5.88m/s ² (0.6Gat) 20 a 50Hz.