

Evaluación técnica de un diseño preliminar de un tribómetro tipo pin-disco bajo norma ASTM G99 con velocidad variable.

Autor

Andrea Cadavid Sierra

Departamento de Mecánica
Facultad de Ingeniería
Institución Universitaria Pascual Bravo
Medellín
2022

Evaluación técnica de un diseño preliminar de un tribómetro tipo pin-disco bajo norma ASTM G99 con velocidad variable.

Autor

Andrea Cadavid Sierra

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Asesor Metodológico

Juan Sebastián Rudas Flórez

Ingeniero de Control

Asesor Técnico

Elkin Mauricio González

Ingeniero Mecánico

Departamento de Mecánica

Facultad de Ingeniería

Institución Universitaria Pascual Bravo

Medellín

2022

Tabla de contenido

TABLA DE ILUSTRACIONES	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3. JUSTIFICACIÓN.....	8
4. MARCO TEÓRICO.....	10
4.1. <i>Fundamentación teórica de la tribología</i>	10
4.2. <i>Aplicación de la tribología en la máquina “pin-disco”</i>	13
5. OBJETIVOS.....	15
5.1. <i>Objetivo general</i>	15
5.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
5.3. <i>Resultados esperados</i>	15
6. METODOLOGÍA	16
7. CONCLUSIONES	18
8. BIBLIOGRAFÍA.....	19
9. ANEXO 1: Planos del tribometro tipo “pin-disco”.....	22
10. ANEXO 2: Manual de usuario y guia de mantenimiento del tribometro tipo “pin-disco”.....	44

Tabla de ilustraciones

<i>Ilustración 1.</i> Descripción representada del ensayo de desgaste pin-disco (international astm, 2017).....	6
<i>Ilustración 2.</i> Tribómetro y mesa de posicionamiento.....	17

1. Introducción

La tribología es la ciencia que estudia la lubricación, la fricción y el desgaste de cuerpos en movimiento relativo. La lubricación, la fricción y el desgaste tienen una función fundamental en la vida de los elementos de máquinas. La tribología toma en cuenta aspectos como. El diseño, los materiales de las superficies en contacto, el sistema de aplicación del lubricante, el medio circundante y las condiciones de operación. Impacta prácticamente en todas las piezas en movimiento como rodamientos, chumaceras, sellos, anillos de pistones, embragues, frenos, engranes y levas. Lo anterior ayuda a resolver problemas en maquinaria, equipos y procesos industriales tales como motores eléctricos y de combustión (componentes y funcionamiento), turbinas, compresores, extrusión, rolado, fundición, forja, procesos de corte (herramientas y fluidos), elementos de almacenamiento magnético y hasta prótesis articulares (cuerpo humano). En forma más amplia, la tribología es la ciencia de los sistemas en movimiento que se encuentran en contacto mutuo. la tribología se encarga de analizar y estudiar fenómenos relacionados con: fricción, desgaste, lubricación, viscosidad, entre otros.

Para analizar el comportamiento tribológico de los materiales es necesario realizar pruebas controladas en laboratorio, donde se puede evidenciar el efecto que tiene sobre la respuesta en fricción y desgaste la variación de propiedades de los materiales o parámetros de operatividad de los sistemas. Durante el estudio de viabilidad mecánica de un conjunto de componentes móviles sometidos a fricción se debe hacer un análisis tribológico para caracterizar las interacciones de desgaste entre los componentes involucrados, este análisis se hace por medio de equipos de laboratorio, y entre los equipos ampliamente utilizados se encuentra el tribómetro pin-disco. Si bien el tribómetro pin disco es ampliamente utilizado, este no cuenta generalmente con configuraciones que no permiten estudios de cambio de esfuerzos sobre la marcha, es decir experimentos dinámicos. Lo cual impide realizar estudios con condiciones más aproximadas a la de los procesos reales debido a que en la mayoría de aplicaciones existentes existen variaciones en las velocidades de trabajo.

El dispositivo consiste en un arreglo que permite que un pin, esférico o plano, de diámetro conocido sea presionado con una fuerza conocida F contra un disco que gira, el pin

estaría ubicado a una distancia r del centro de giro del disco y este a su vez gira a una velocidad definida también (International ASTM, 2017). En la ilustración 1 se presenta el esquema del tribómetro pin disco.

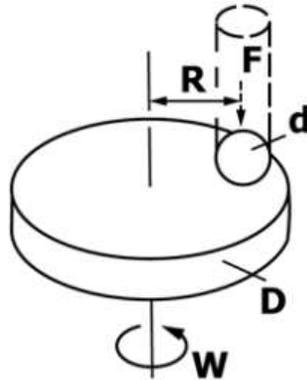


Ilustración 1. Descripción representada del ensayo de desgaste pin-disco (International ASTM, 2017)

El sistema entonces genera un movimiento circular del pin alrededor del giro del disco, obteniendo una trayectoria circular de contacto. Mientras se realiza la prueba se mide mediante un sensor la fuerza tangencial producida por el contacto deslizante entre los sólidos. Una vez realizada la prueba, post mortem se calculan los volúmenes perdidos en ambas piezas (pin y disco) para determinar el grado de desgaste. La tasa de desgaste se hace normalmente por medición de la pérdida de masa o por medición de la huella en el disco y en el pin. Existen sistemas de monitoreo on-line de la tasa de desgaste, pero su precisión para sistemas de bajas carga no es altamente confiable.

Actualmente la Institución Universitaria Pascual Bravo no cuenta con un equipo para evaluar el desempeño tribológico de diferentes pares mecánicos sometidos a contacto deslizante en seco o lubricado, es por lo tanto que se hace necesario ajustar el sistema previo debido a que se desea realizar modificaciones en un trabajo de grado previo del año 2020, titulado: “Diseño de un tribómetro pin-disco con velocidad y carga variable según ASTM G99” para un equipo que permita la evaluación tribológica de diferentes sistemas de manera controlada; En este se avanzó en la generación de un diseño preliminar del equipo en mención. El presente trabajo consiste en el rediseño, mejora, entrega de planos y catálogo del tribómetro previamente diseñado el cuál hará parte del laboratorio de tribología y materiales.

2. Planteamiento del problema

Ante la inminente necesidad de que la Institución Universitaria Pascual Bravo no cuenta con un equipo para evaluar el desempeño tribológico de diferentes pares mecánicos sometidos a contacto deslizante en seco, lubricado y variando las velocidades, se propone mejorar el sistema de enseñanza mediante el empleo de métodos prácticos para la comprensión de los fenómenos de desgaste y la fricción. Con este fin se diseñará y entregarán planos para una máquina tribológica de desgaste con sometimiento a contacto deslizante y velocidad variable según las normas ASTM G99 y se validará la confiabilidad de la máquina bajo esta norma.

Desde que el Pascual fue fundado, y debido a su visión técnica y tecnológica, se han desarrollado trabajos de investigación vinculados a la caracterización, tribología y estudio de materiales. Paralelo a la investigación, la docencia de pregrado y posgrado de la universidad incluye asignaturas y cursos referentes tales como diseño, tribología, ciencia de los materiales, entre otros, las cuales envuelven en sus contenidos temas vinculados a la práctica de “pin sobre disco”. Hasta el momento, las investigaciones realizadas y la docencia no han contado con todos los equipos necesarios para la realización de ensayos en este ámbito, por lo que ha sido necesario recurrir a variantes de realización de los mismos en instalaciones fuera de la universidad o la utilización de alternativas. De lo planteado se hace evidente la necesidad de un espacio en la universidad que cuente con equipos para la realización de ensayos tribológicos en base a normas internacionales. Dada las condiciones económico-financieras del país, no hay mejor alternativa que la fabricación de estos equipos con el esfuerzo conjunto de profesores y estudiantes, siendo el presente trabajo un ejemplo de estos esfuerzos, específicamente relacionado con el desempeño tribológico de diferentes pares mecánicos sometidos a contacto deslizante en seco o lubricado de “pin sobre disco” descrito en la norma ASTM G99.

3. Justificación

La máquina constituirá una herramienta para evaluar las características en materiales y en ámbitos tanto de aprendizaje como experimentales desarrollados en los laboratorios de la universidad, lo que posibilita mejorar el equipamiento de los laboratorios, así como mejorar la calidad de la docencia impartida.

El objetivo de este proyecto es el rediseño, mejora, entrega de planos y catálogo de un tribómetro, máquina de laboratorio dedicada a realizar ensayos tribológicos, es decir; realizar pruebas de desgaste en diferentes tipos de materiales, en seco, lubricado y con velocidad variable, analizar el comportamiento de los mismos e interpretar los resultados obtenidos. Se precisan estos ensayos para determinar cuál es el material adecuado, en cada caso, ya sea metal o polímero, para soportar mejor la fricción durante los ciclos de trabajo y así garantizar el buen funcionamiento en servicio.

El diseño de una máquina de ensayo de desgaste del tipo “pin sobre disco” y su futura fabricación posibilitarán la realización de ensayos de desgaste bajo las norma ASTM G99, lo cual contribuirá a la calidad de los estudios de investigación en la línea de caracterización, tribología y estudio de materiales que se desarrollan en los laboratorios correspondientes a la facultad de ingeniería, tecnologías, técnicas y posgrados en la Institución Universitaria Pascual Bravo, incluyendo los grupos de investigación tales como el GIEN, ICONO y semilleros; además de contribuir a la calidad de la docencia, mediante el uso de métodos prácticos que facilitan la comprensión de los fenómenos de desgaste y fricción. Para esto se pretende rediseñar y validar una máquina de ensayo del tipo “pin-disco”, que cumpla con los requerimientos establecidos en la norma ASTM G99, partiendo del anterior diseño existente de un estudiante del Pascual Bravo y la información en la literatura, así como los requisitos especificados en la norma antes citada, la cual permita realizar estudios satisfactorios de la resistencia de los materiales frente al mecanismo de desgaste con velocidad variable de diferentes pares mecánicos sometidos a contacto deslizante en seco o lubricado.

Con esta máquina se hará más llamativo descubrir las técnicas de ensayo y las pruebas hechas en esta, ya que le dará más visión al estudiante, al profesor y al investigador sobre la disciplina empleada, haciéndole crear más interés en el campo. Este proyecto nos da una visión más clara del tribómetro y su uso, cuya finalidad es ensayar los materiales a desgaste, además de ser una herramienta muy útil en la institución teniendo la oportunidad de que esta sea accesible en el campus solo con asistir a un laboratorio.

4. Marco teórico

4.1. Fundamentación teórica de la tribología

La tribología es la ciencia que estudia la lubricación, la fricción y el desgaste de partes móviles o estacionarias. La lubricación, la fricción y el desgaste tienen una función fundamental en la vida de los elementos de máquinas. La tribología toma en cuenta aspectos como. El diseño, los materiales de las superficies en contacto, el sistema de aplicación del lubricante, el medio circundante y las condiciones de operación. Impacta prácticamente en todas las piezas en movimiento como rodamientos, chumaceras, sellos, anillos de pistones, embragues, frenos, engranes y levas. Lo anterior ayuda a resolver problemas en maquinaria, equipos y procesos industriales tales como motores eléctricos y de combustión (componentes y funcionamiento), turbinas, compresores, extrusión, rolado, fundición, forja, procesos de corte (herramientas y fluidos), elementos de almacenamiento magnético y hasta prótesis articulares (cuerpo humano).

En forma más amplia, es la ciencia y la técnica de los sistemas en movimiento que se encuentran en contacto mutuo. Estudia y define todos los problemas relacionados con el transporte de carga, dando una visión conjunta del problema de rozamiento, el desgaste y la lubricación que tradicionalmente se venían estudiando por separado y por tanto abarca la fricción, el desgaste, la lubricación, el diseño, así como muchos aspectos relacionados con la física, la química, la mecánica, la metalurgia, la fisiología, etc., por lo que se convierte en una auténtica disciplina de ingeniería. Las tareas del especialista en tribología son las de reducir la fricción y desgaste para conservar y reducir energía, lograr movimientos más rápidos y precisos, incrementar la productividad y reducir el mantenimiento.

Para entender correctamente la tribología se deben tener claros varios conceptos que se nombrarán a continuación, además de conocimiento de varias materias, tales como física, química, matemáticas, mecánica de fluidos, ciencia de materiales y, teoría y diseño de máquinas. Hoy en día la tribología está presente en multitud de máquinas y componentes de

la mecánica. A continuación, serán descritos los conceptos más importantes en la tribología que son:

- **Fricción:** Se denomina así a la fuerza que se opone al movimiento que tiene una superficie con otra. Este fenómeno ocurre cuando hay dos superficies en contacto y pueden existir dos tipos de fricción.
 - Fricción estática: Es el rozamiento que existe cuando dos cuerpos están en reposo.
 - Fricción Cinética: Es el rozamiento que existe con dos cuerpos en movimiento.

- **Desgaste:** Se puede definir como el efecto que causa la fricción y que provoca una pérdida de material de las superficies en contacto, concretamente la pérdida tiene lugar en el material de menor dureza. En función de los materiales que están en contacto ya sean metálicos o no, existen varios tipos de desgaste, concretamente los siguientes:
 - Desgaste por adherencia: Se produce cuando existe deslizamiento entre dos superficies bajo presión.
 - Desgaste por abrasión: Se produce al desprenderse partículas duras que desgastan la superficie de contacto.
 - Desgaste por ludimiento: Se produce debido al movimiento oscilatorio entre dos superficies.
 - Desgaste por fatiga: Se produce debido a la fatiga superficial entre los materiales, sobre todo al ser un movimiento bidireccional. Suele ser el desgaste más común de todos.
 - Desgaste por erosión: Se produce cuando se desprende material debido a un líquido que contiene partículas abrasivas.
 - Desgaste corrosivo: Se produce al haber reacciones químicas o electrolíticas con el medio ambiente que aceleran la velocidad de desgaste.

- **Lubricación:** Este tipo de método tiene como finalidad evitar el contacto entre las superficies y así evitar que estas sufran daños o al menos, que este sea el menor posible. También, evitar el calentamiento de los materiales y disminuir la fricción entre ambas superficies. Se pueden distinguir varios tipos de lubricación:
 - Lubricación hidrodinámica: Este tipo proporciona una separación entre las superficies aportándoles estabilidad. Se realiza mediante movimiento relativo.
 - Lubricación límite: Esta lubricación crea una película muy fina, que produce un contacto mínimo.
 - Lubricación hidrostática: Se obtiene cuando se introduce el lubricante a presión en una zona de carga para crear una película protectora, no es necesario el movimiento relativo.

Además de los tipos de lubricación, se pueden distinguir diferentes lubricantes según las características que requiera la aplicación o dependiendo de los resultados que se desee obtener. Se pueden clasificar según las propiedades en:

- Lubricante líquidos.
 - Lubricantes gaseosos.
 - Lubricantes sólidos.
 - Lubricantes semisólidos o grasas.
-
- **Viscosidad:** se puede definir como la resistencia que tienen las moléculas que conforman un líquido para separarse unas de otras, es decir, es la oposición de un fluido a deformarse. La viscosidad es una característica importante de los aceites lubricantes, además, ha de tenerse en cuenta que al aumentar la temperatura disminuye la viscosidad.

4.2. Aplicación de la tribología en la máquina “pin-disco”

Durante el estudio de viabilidad mecánica de un conjunto de componentes móviles sometidos a fricción se debe hacer un análisis tribológico para caracterizar las interacciones de desgaste entre los componentes involucrados, este análisis se hace por medio de equipos de laboratorio, y entre los equipos ampliamente utilizados se encuentra el tribómetro pin-disco.

Si bien el tribómetro pin disco es ampliamente utilizado, este cuenta generalmente con configuraciones que no permiten estudios de cambio de esfuerzos sobre la marcha, es decir experimentos dinámicos. Lo cual impide realizar estudios con condiciones más aproximadas a la de los procesos reales debido a que en la mayoría de aplicaciones existentes existen variaciones en las velocidades de trabajo. En el estudio de los sistemas deslizantes se deben caracterizar las interacciones entre los materiales y fluidos involucrados, la norma ASTM G99 rige los procedimientos de laboratorio para determinación del desgaste de materiales deslizantes usando un tribómetro llamado pin-disco.

El dispositivo consiste en un arreglo que permite que un pin, esférico o plano, de diámetro conocido d sea presionada con una fuerza conocida F contra un disco que gira, el pin estaría ubicado a una distancia r del centro de giro del disco y este a su vez gira a una velocidad w definida también. (International ASTM, 2017)

El sistema entonces genera un movimiento circular del pin alrededor del centro de giro del disco, obteniendo una trayectoria circular de contacto. Mientras se realiza la prueba se mide mediante un sensor la fuerza tangencial producida por el contacto deslizantes entre los sólidos. Una vez realizada la prueba, post mortem se calculan los volúmenes perdidos en ambas piezas (pin y disco) para determinar el grado de desgaste. La tasa de desgaste se hace normalmente por medición de la pérdida de masa o por medición de la huella en el disco y en el pin. Existen sistemas de monitoreo on-line de la tasa de desgaste, pero su precisión para sistemas de bajas carga no es altamente confiable.

El tribómetro en general consiste en un motor, contador de revoluciones, brazo de sujeción de pin, base sujetadora del disco, cámara de gases y equipos de medición y monitoreo de fricción, desgaste, temperatura, humedad y saturación. En este arreglo naturalmente el brazo de sujeción de pin es uno de los focos de investigación del presente trabajo, debido a que según la norma ASTM G99 la prueba generalmente corresponde a una condición de carga y velocidad estáticas (International ASTM, 2017)

Los parámetros de la prueba propuesta por ASTM son:

- **Carga:** medida en newtons en el contacto de desgaste
- **Velocidad:** medida en metros por segundo, es la velocidad de giro relativa entre el pin y el disco
- **Distancia:** es la longitud total recorrida por el pin durante la prueba, medida en metros
- **Temperatura:** la temperatura de una o ambas partes medidas lo más cerca posible al contacto
- **Atmósfera:** el fluido que contiene el contacto, aire, argón, lubricante, etc.

Durante la prueba según el procedimiento dictado por ASTM no se requiere monitoreo, sin embargo, es común entregar los resultados del ensayo a la temperatura de la prueba, debido a que se utiliza para conocer la efectividad de lubricantes a diferentes temperaturas. (McKeen, 2016).

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Evaluación técnica de un diseño preliminar de un tribómetro tipo pin-disco bajo norma ASTM G99 con velocidad variable para el laboratorio de Nuevos Materiales de la Institución universitaria Pascual Bravo.

5.2. Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos técnicos específicos que debe tener el diseño de un tribómetro tipo pin-disco según la norma ASTM G99.
- Evaluar la implementación de velocidad variable en el diseño preliminar del tribómetro garantizando estabilidad y replicabilidad experimental.
- Proponer y modelar en CAD las mejoras necesarias al diseño preliminar del tribómetro tipo pin-disco.
- Parametrizar y estandarizar planos de fabricación de diseño final de un tribómetro tipo pin-disco según la norma ASTM G99.

5.3. Resultados esperados

- Revisión y modificación diseños preliminares de un trabajo de grado de Ingeniería Mecánica en el 2020
- Planos del equipo
- Manual de usuario
- Guía de mantenimiento

6. Metodología

Se parte de los diseños preliminares de un trabajo de grado de Ingeniería Mecánica en el 2020 y algunas mejoras propuestas como la velocidad variable, se procede a refinar el diseño partiendo del tribómetro tipo pin-disco de la Universidad Nacional y posterior a esto se realizará el rediseño completo de la máquina y la estructura del espacio que será destinado para su posicionamiento. Con ayuda del asesor de trabajo de grado Elkin González se hará la selección de métodos de diseño y mejora de las piezas, y luego se concluirá el proyecto realizando los planos finales del tribómetro pin-disco, generando, además, paralelamente, un manual de instrucciones y una guía de mantenimiento para este haciendo posible que la institución cuente con un equipo de pruebas de desgaste por deslizamiento en seco, lubricado y con velocidad variable bajo la norma internacional ASTM G99.

Teniendo los objetivos y entregables claros para el proyecto se procederá a su realización y se tendrán en cuenta diferentes instancias de la institución para su desarrollo. Por ejemplo, para el total rediseño de la máquina se hará uso del módulo CAD de diseño presente en SolidWorks con ayuda de la licencia educativa disponible en la institución al igual que para la elaboración de los planos a entregar de la máquina, para el manual se usarán los complementos de este software, tales como el SolidWorks Composer; además del apoyo del asesor para el correcto uso del software y el buen resultado de la máquina y entregables para el tribómetro, para esto se asignarán tareas y tiempos de entrega de las mismas contando con asesorías para llevar control de la realización del trabajo de grado.

El objetivo es que la máquina sea de fácil manipulación para que tanto los estudiantes como los docentes le puedan dar uso, además se debe de tener en cuenta que las piezas sean comerciales y al mismo tiempo maquinables para que en un futuro los laboratoristas de la institución puedan hacer uso de las herramientas existentes y fabricar las piezas necesarias para el tribómetro. Se pretende desarrollar una guía de mantenimiento simple que permita la perfecta manipulación de todos sus componentes y la duración de la máquina en el tiempo. Por otra parte, para realizar los ensayos correctamente, obtener los resultados deseados y que la máquina sea viable para el uso en la institución, el tribómetro debe tener una especificación

técnica requerida para este tipo de ensayos tribológicos, la cual se impartirá siguiendo la norma ASTM G99. El tribómetro tipo “pin-disco” con velocidad variable contará con la configuración que se muestra en la ilustración 2, además de las siguientes características:

- **Carga aplicada:** Una fuerza de carga en Newton. Esta carga es necesaria para realizar los ensayos a distintos materiales, bien sean materiales poliméricos o metales.
- **Velocidad de rotación:** Debe de contar con la posibilidad de variar la velocidad, puesto que esto es necesario para obtener los resultados a distintos niveles y así alcanzará en el disk la velocidad periférica deseada.
- **Desplazamiento del pin:** debe tener la posibilidad de mover el pin para realizar la aplicación de carga en distintos puntos del disk.
- **PIN:** Un utensilio del material que se va a analizar y el cual ejercerá la carga sobre el disk para desgastar la probeta que se encuentre en este y así realizar el ensayo correctamente.
- **Disco:** En este se colocarán las probetas a ensayar, con el material de este se va a contrastar el “pin”. Es el encargado de sujetar las muestras de los distintos materiales para su posterior ensayo, además de mantener la probeta girando a diferentes revoluciones para que la superficie se desgaste de manera uniforme a lo largo del recorrido de la probeta.

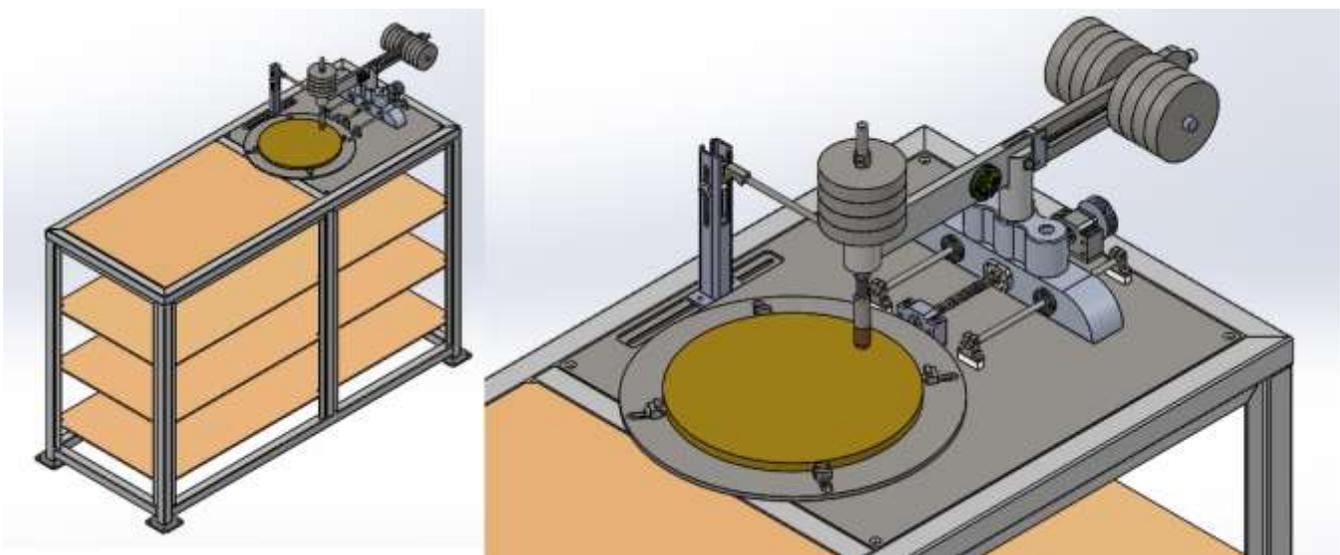


Ilustración 2. Tribómetro y mesa de posicionamiento

7. Conclusiones

- Luego de haber analizado el diseño preliminar propuesto en el trabajo de grado de ingeniería mecánica del año 2020, su funcionamiento y beneficio para la universidad, se decidió llevar a cabo el presente trabajo de grado dando cabida a una evaluación técnica, posterior propuesta de rediseño y planteamiento de una alternativa para aprovechar el diseño ya hecho y brindarle a los estudiantes e investigadores una máquina que permita evaluar el desempeño tribológico de diferentes pares mecánicos sometidos a contacto deslizante en seco o lubricado, adicionándole mejoras necesarias para su buen funcionamiento, operación y al mismo tiempo dándole facilidad de fabricación a la misma por la simplificación de sus piezas al hacerlas más viables de maquinar, ensamblar y desensamblar por el usuario guiándonos por la norma ASTM G99.
- Durante el análisis estratégico y práctico del tribómetro tipo “pin-disco” se determinaron los elementos que por diseño preliminar no garantizaban una adecuada operación ni una viable maquinabilidad de las piezas, lo que conllevó a la necesidad de rediseñar por completo la mayoría de estas realizando un análisis de las funciones que iba a desempeñar la máquina y de la forma en la que sus piezas serían maquinadas, ensambladas y desensambladas; además del entendimiento de la variabilidad en cada una de las pruebas que se iban a realizar, el control del proceso y las piezas que se someterían a contacto con el fin de dar una selección idónea de los componentes y elementos adicionales de la máquina que proporcionarían una mejor interacción operativa.
- Según los requerimientos de operación y funcionalidad del tribómetro tipo “pin-disco”, se evaluaron algunos componentes con el fin de cumplir el objetivo general deseado de este trabajo de grado, con respecto a la evaluación técnica del diseño y la mejora en la interacción con la máquina, a fines de tener dominio y diversidad de las variables de control como carga, velocidad, ajuste de pin sobre disco, y brindando una fácil manipulación de las mismas dando así, como producto final, un diseño estructurado en CAD, unos planos detallados del equipo y un manual de usuario para su fabricación, uso y mantenimiento.

8. Bibliografía

- ASTM Standards: E178 Practice for Dealing with Outlying Observations; G40 Terminology Relating to Wear and Erosion; G117 Guide for Calculating and Reporting Measures of Precision Using Data from Interlaboratory Wear or Erosion Tests (Withdrawn 2016)
- B. Lia, T. Li, X. Liu, P. Cong. Tribological behaviors of several polymer-polymer sliding combinations under dry friction and oil-lubricated conditions. *Wear* 262(2007) 1353-1359
- D. Calle, A. Luis. Design and construction of a machine to determine friction wear on different materials in the maritime sector by applying torque. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura "YAKU"*: Vol. 1 (Núm. 2) (jul – dic 2018).
- DIN Standard: DIN 50324 Testing of Friction and Wear
- D. Munteanu, C. Ionescu, C. Olteanu, A. Munteanu, F. Davin, L. Cunha, C. Moura, F. Vaz, Influence of composition and structural properties in the tribological behaviour of magnetron sputtered Ti–Si–C nanostructured thin films, prepared at low temperature, *Wear*. 268 (2010) 552–557.
- D. Philippon, V. Godinho, P. Nagy, M. Deplancke-Ogletree, A. Fernandez, Endurance of TiAlSiN coatings: Effect of Si and bias on wear and adhesion, *Wear*. 270 (2011) 541–549.
- F. Diaz. *Lecturas de ingeniería 2: tribología: fricción, desgaste y lubricación*. Facultad De Estudios Superiores Cuautitlán. Laboratorio De Tecnología De Materiales. (2007)
- F. Klocke, T. Krieg, E. Lugscheider, K. Bobzin, Testing and Design of Tool Coatings with Properties Adapted to the Use of Biodegradable Cutting Fluids, *CIRP Ann.* 50 (2001) 57–60.
- H. Ameen, K. Hassan y E. Mubarack. Effects of loads, sliding speeds and times on the wear rate from different materials. *AJSIR* 2011
- Hegadekotte, V., Huber, N., & Kraft, O. (2006). Modeling and simulation of wear in a pin on disc tribometer. *Tribology Letters*, 24(1), 51–60.
- International ASTM. (2017). Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus This international standard was developed in accordance with

internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of Int.

- J. Nohavana, Characterization of coefficient of friction and thickness of hard coatings on cutting tools.
- J. Rudas, L. Gómez, A. Toro. Wear modelling of a pin-on-disk tribometer: Flash temperature and dissipation mechanisms. ITECKNE Vol. 10 Número 2, ISSN 1692 - 1798. 199 - 208 (2013)
- J. Salguero, J. M. Vazquez-Martinez, I. Del Sol and M. Batista. Application of Pin-On-Disc Techniques for the Study of Tribological Interferences in the Dry Machining of A92024-T3 (Al-Cu) Alloys. Mechanical Engineering & Industrial Design Department Faculty of Engineering, University of Cadiz. MDPI (2018)
- Martín, J. M. (2020). Edición Principios y aplicaciones de la mecánica de contacto en tribología, fricción y adherencia. Laboratorio de Adhesión y Adhesivos. Universidad de Alicante.
- McKeen, L. W. (2016). Introduction to the Tribology of Plastics and Elastomers. In Fatigue and Tribological Properties of Plastics and Elastomers (pp. 27–44).
- Meneses, S. (2020) Diseño de un tribómetro pin-disco con velocidad y carga variable según ASTM G99. Trabajo de grado para Ingeniero Mecánico. Institución Universitaria Pascual Bravo.
- M. Hoić, M. Hrgetić, J. Deur. Design of a pin-on-disc-type CNC tribometer including an automotive dry clutch application. University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Ivana Lucica 5, HR-10 0 02, Zagreb, Croatia. Mechatronics 40 (2016) 220–232.
- Myshkin NK, Petrokovets MI, Kovalev AV. Tribology of polymers: Adhesion, friction, wear, and mass transfer. Tribol Int. 2005; 38:910–921.
- Neale, M. (1894). The Tribology Handbook. In Notes and Queries (OBE, BSc, Vol. s8-VI).
- Stachowiak GW, Batchelor AW. Engineering tribology. Amsterdam: Elsevier; 1993.
- Tribología. El estudio de la interacción entre superficies en movimiento. Revista tecnológica. N° 3. (2003).
- Tribología y lubricación. P. Ramón y A. Agullón.

- Thorp, J. M. (1981). A novel tri-pin-on-disc tribometer designed to retain lubricants. *Tribology International*, 14(2), 121–125.
- W, Castillo. H; O, Toapanta. Principios de tribología aplicados en la ingeniería mecánica. 3ciencias, Editorial Área de Innovación y Desarrollo,S.L. (2019)
- Y. Yamamoto, T. Takashima. Friction and wear of wáter lubricated PEEK and PPS sliding contacts. *Wear* 253 (2002) 820-826

9. Anexo 1

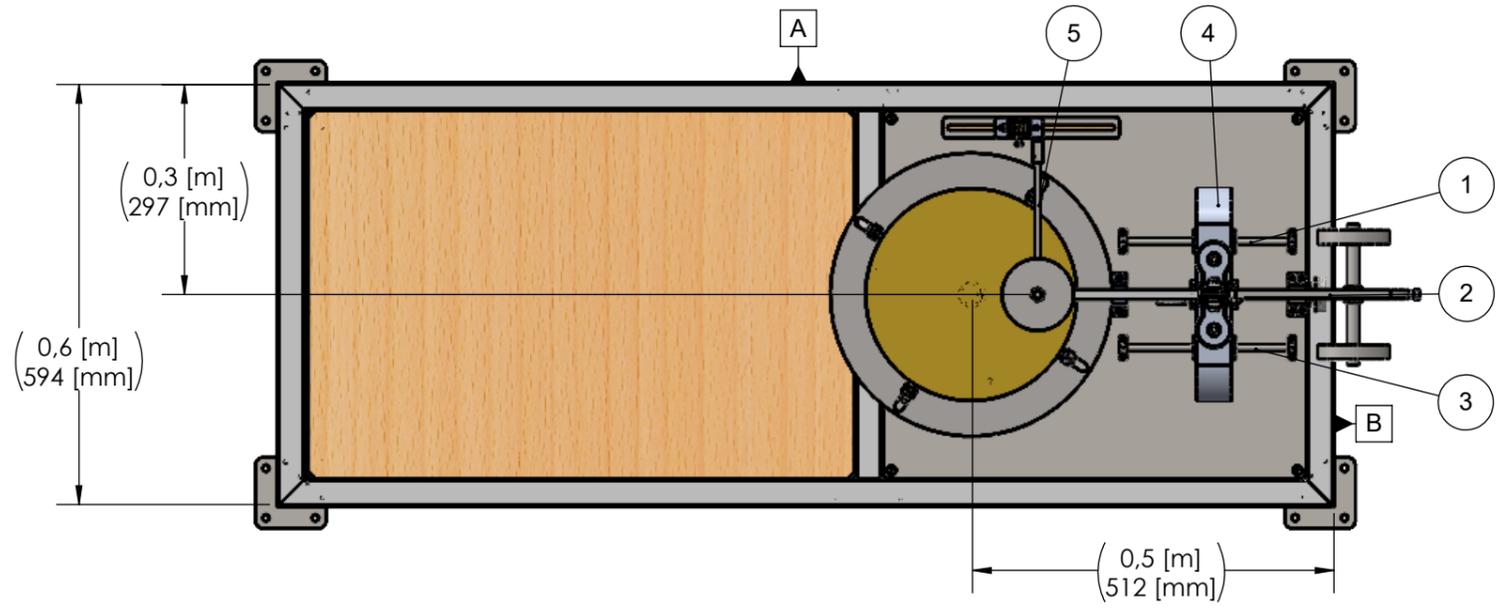
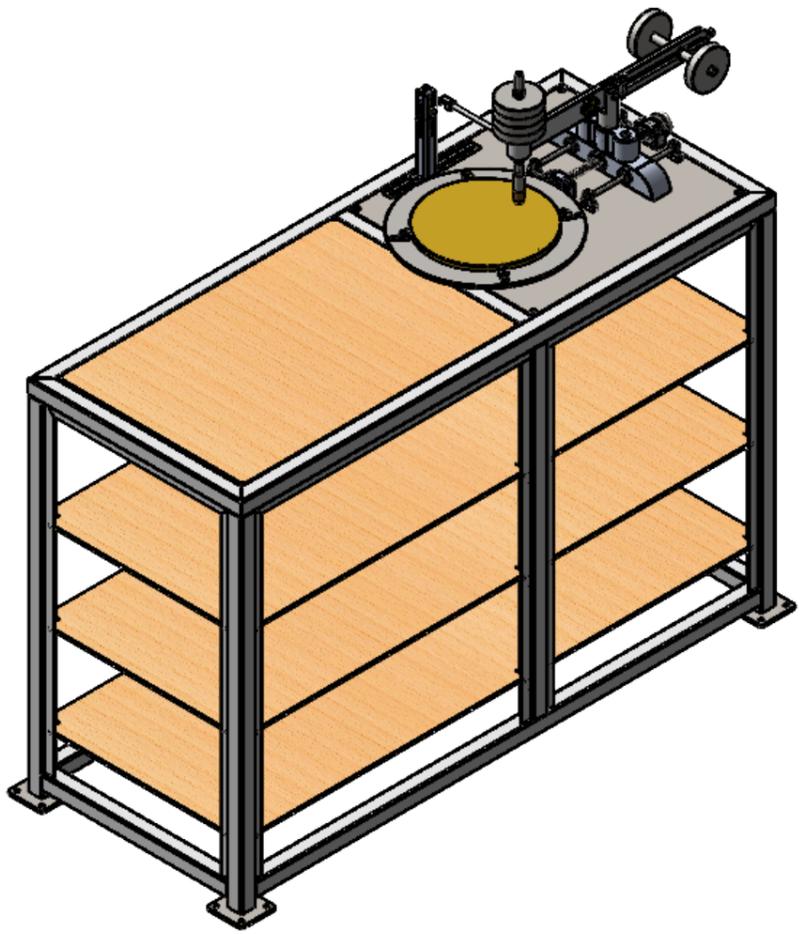
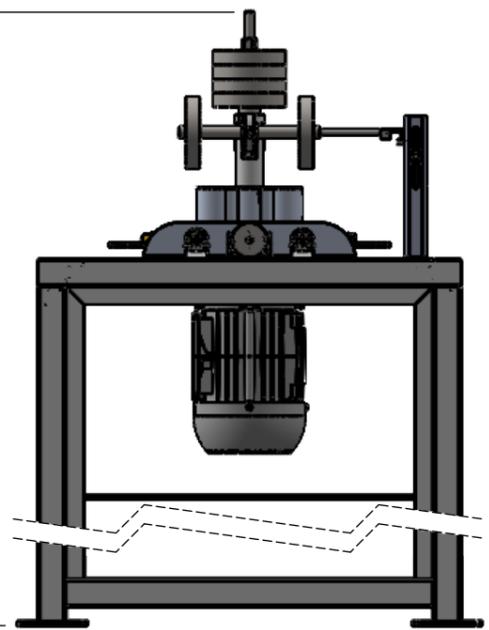
Planos del tribómetro tipo “pin-disco”.

8 7 6 5 4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

1,4 [m]
1355 [mm]

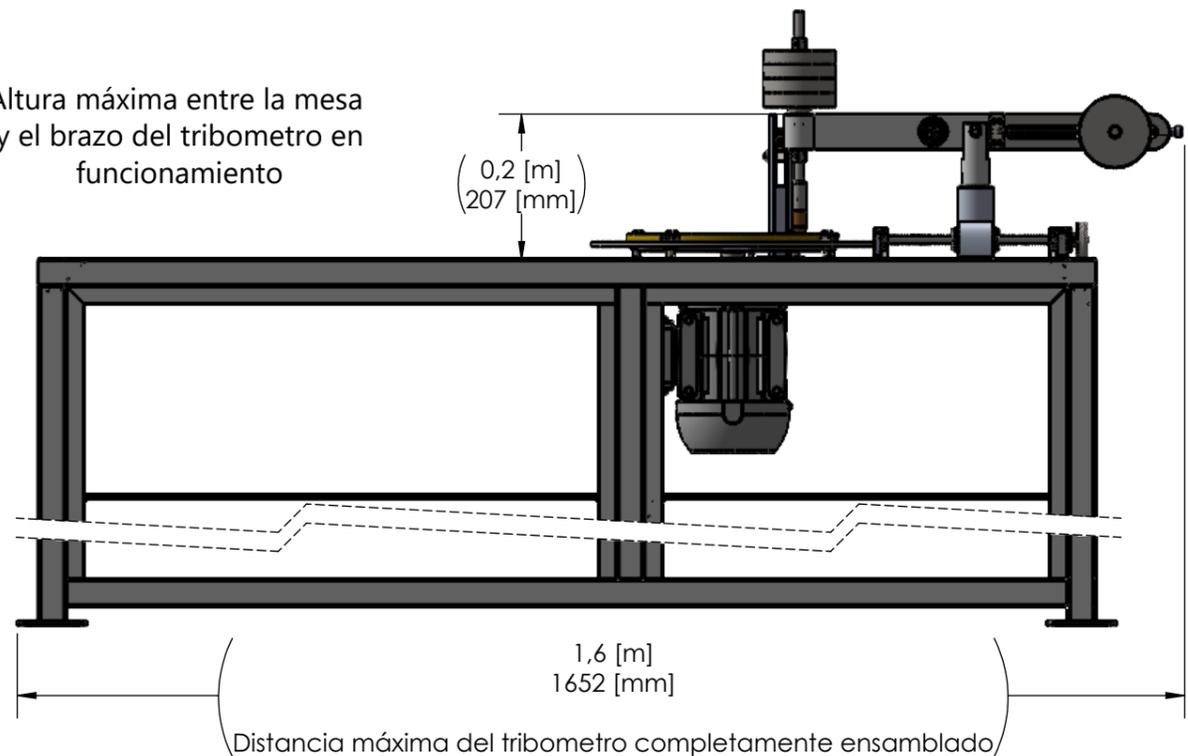
Medida desde el suelo hasta la parte superior del tribometro



Elementos 1, 2 y 3 deben ser ensamblados de forma paralela con respecto a la superficie A

Elementos 4 y 5 debenser ensamblados de forma paralela con respecto a la superficie B

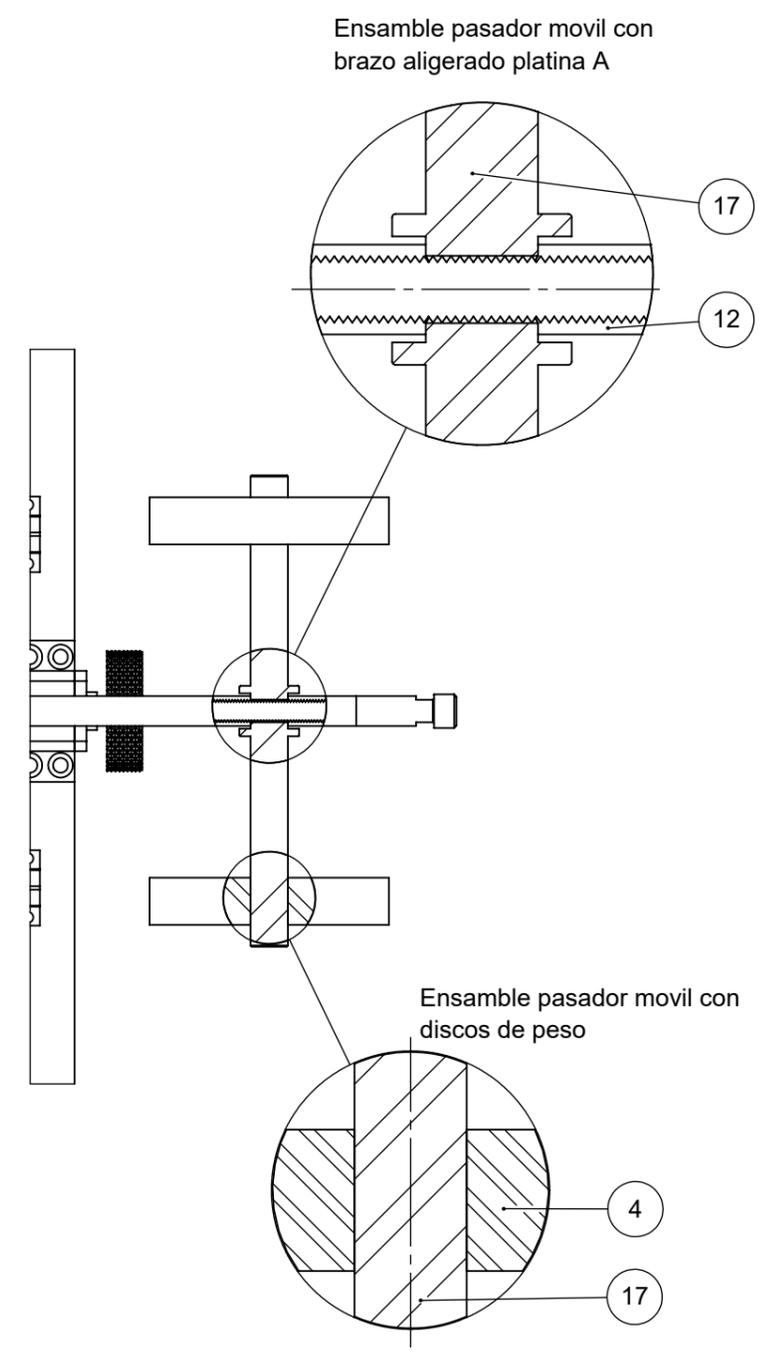
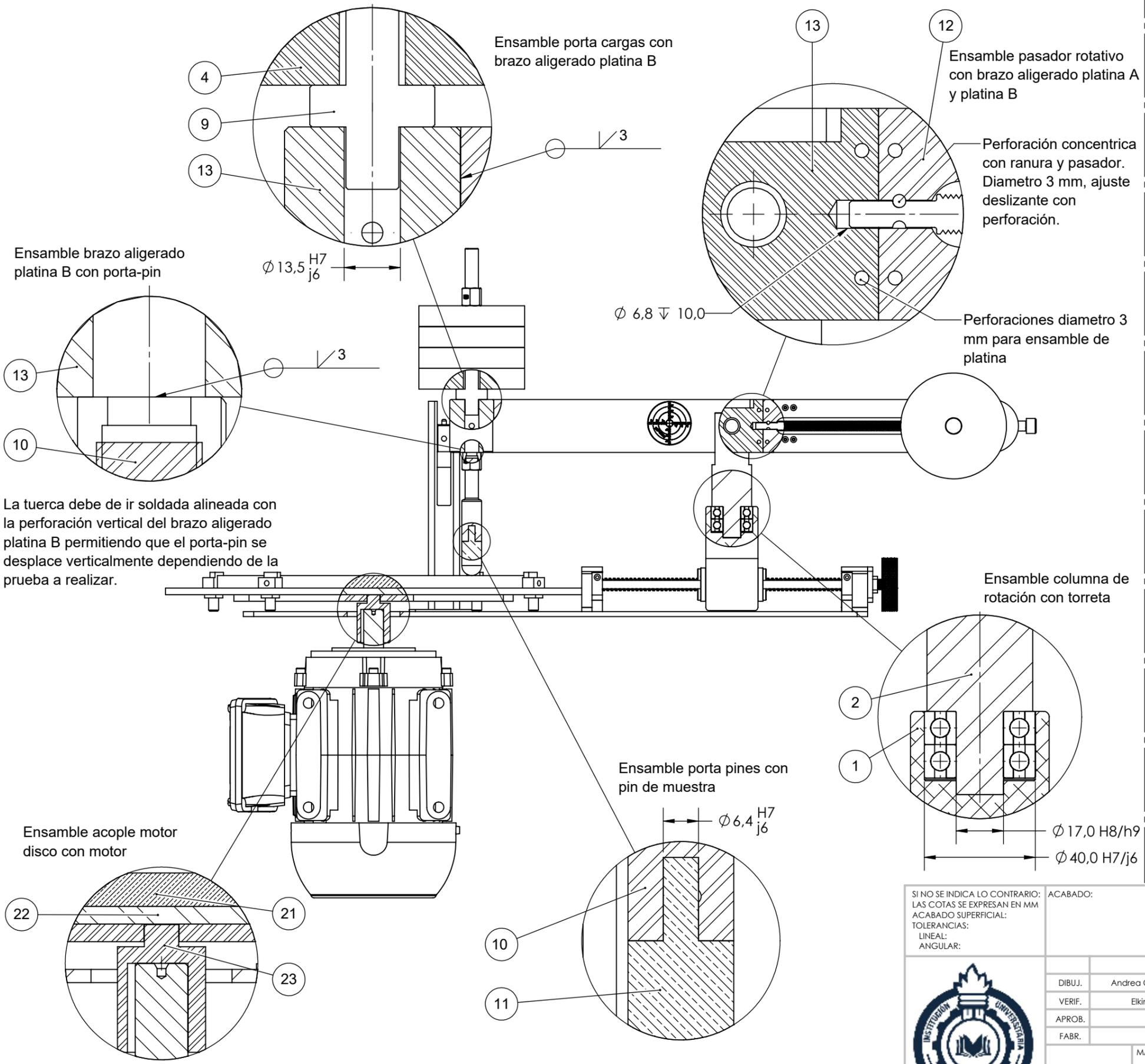
Altura máxima entre la mesa y el brazo del tribometro en funcionamiento



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
	DIBUJ. Andrea Cadavid Sierra VERIF. Elkin Gonzalez APROB. FABR.		NOMBRE FECHA 23/03/2022 03/05/2022		TÍTULO: Ensamble tribometro completo				
INSTITUCION UNIVERSITARIA PESQUERA BRANCO 1930		MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A3		A	
PESO:		ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 2					

VISTA LATERAL SECCIONADO ENSAMBLE COMPLETO

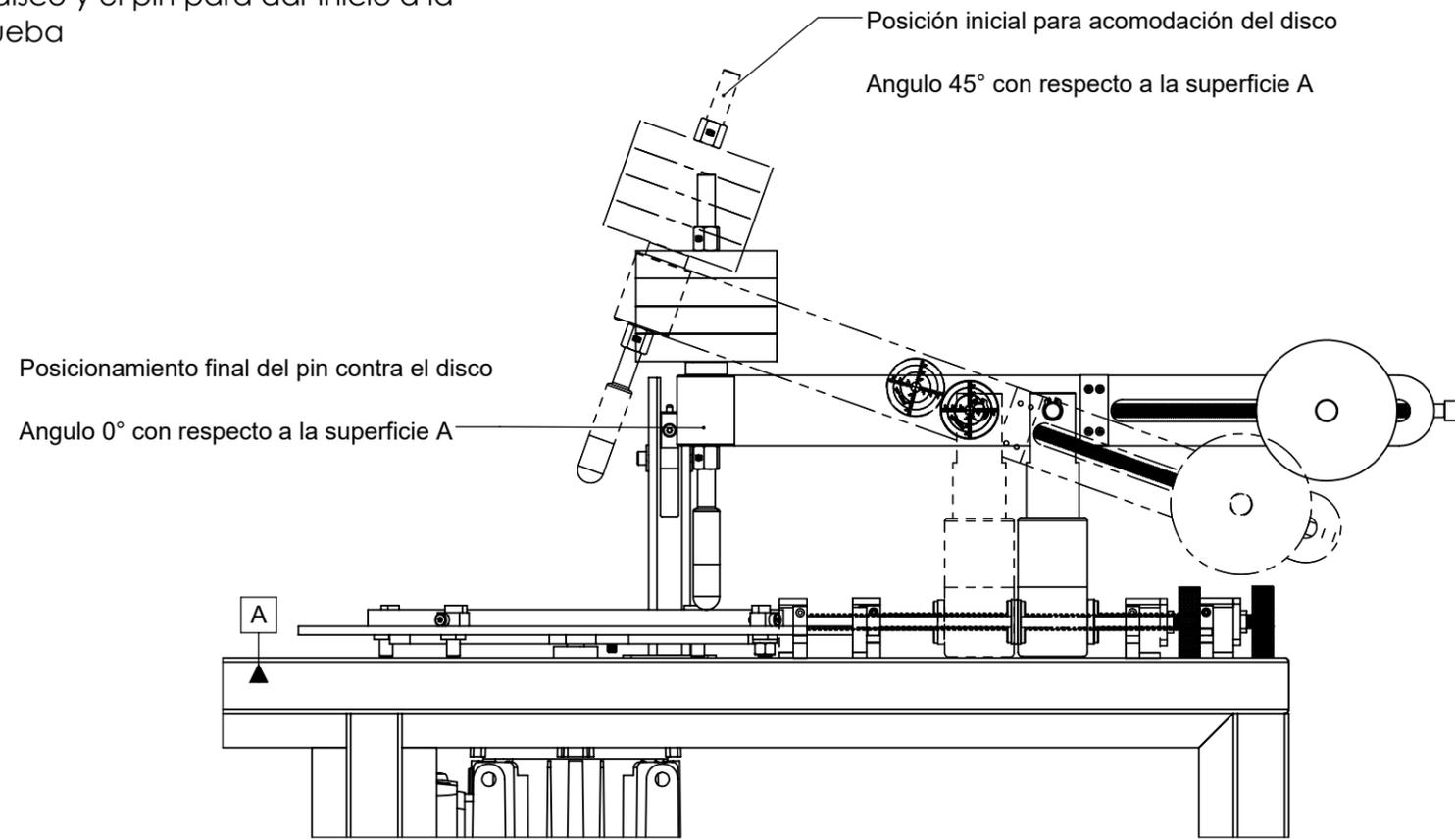
VISTA SUPERIOR SECCIONADO ENSAMBLE COMPLETO



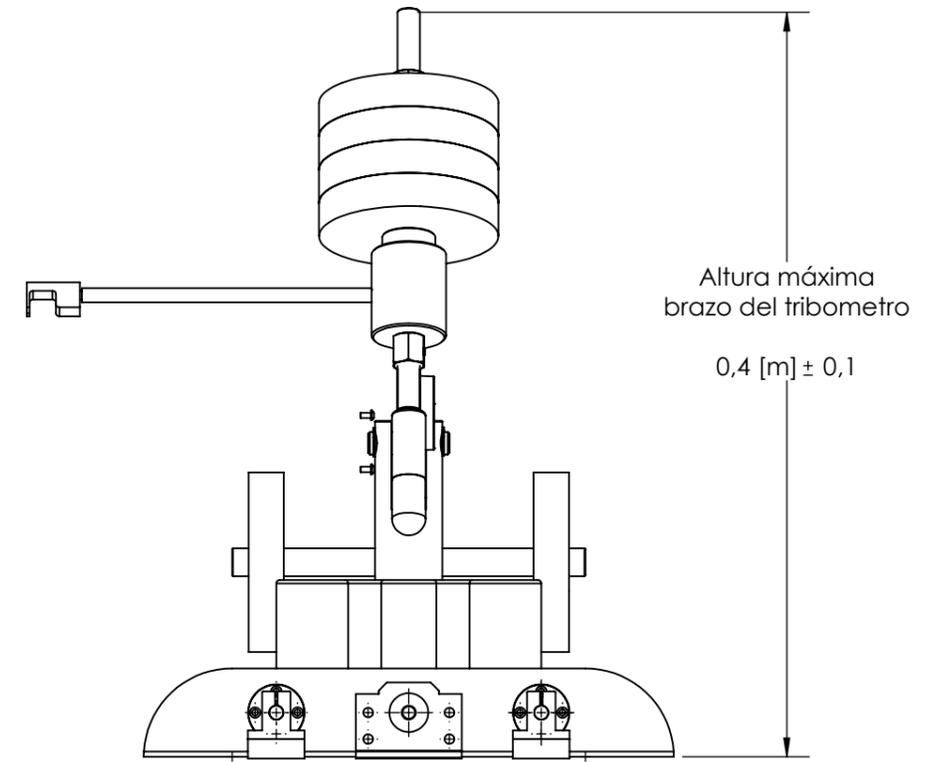
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
			NOMBRE Andrea Cadavid Sierra	FECHA 23/03/2022	TÍTULO: Ing. Mecánica IUPB
			VERIF. Elkin Gonzalez	03/05/2022	Ensamble tribometro completo
			APROB.		N.º DE DIBUJO Planos en formato A3 horizontal
			FABR.		A3
			MATERIAL:		ESCALA:1:1
			PESO:		HOJA 2 DE 2

VISTA LATERAL CON POSICIONES INICIAL Y FINAL

Debe verificarse paralelismo entre el disco y el pin para dar inicio a la prueba

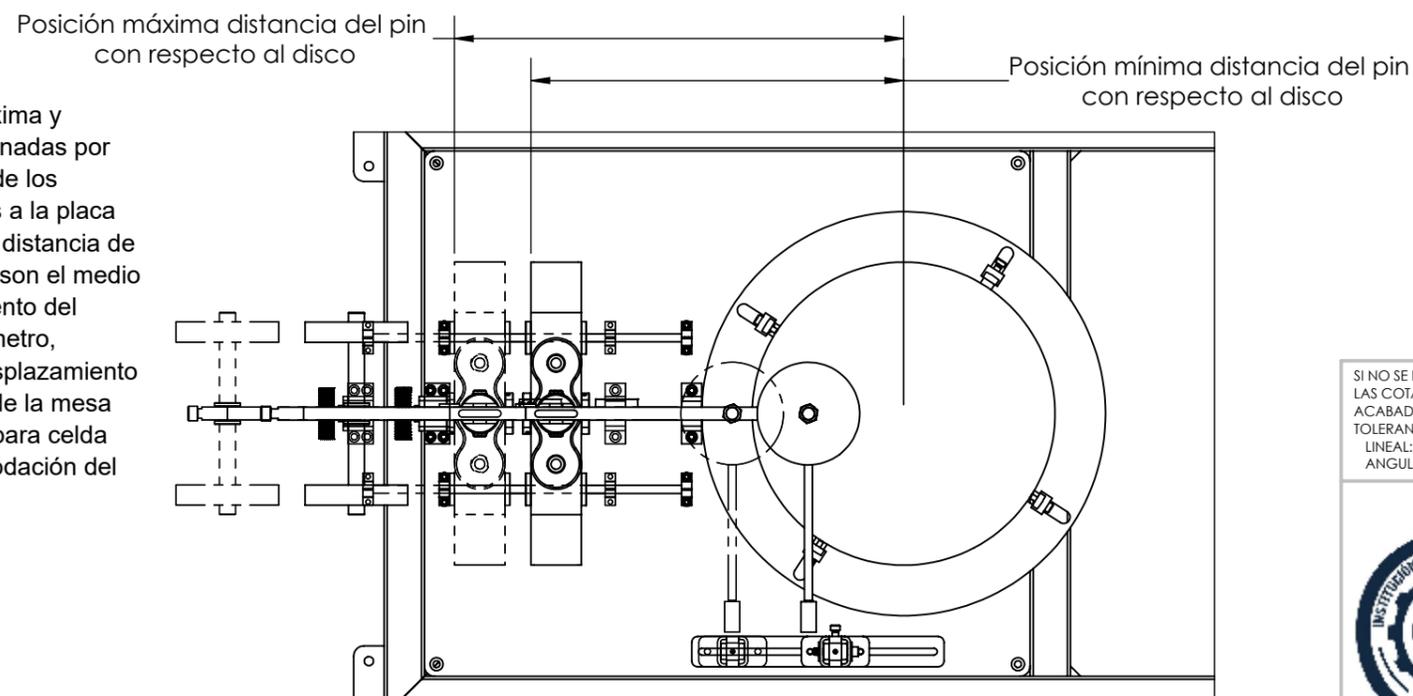


VISTA FRONTAL CON POSICIÓN INICIAL

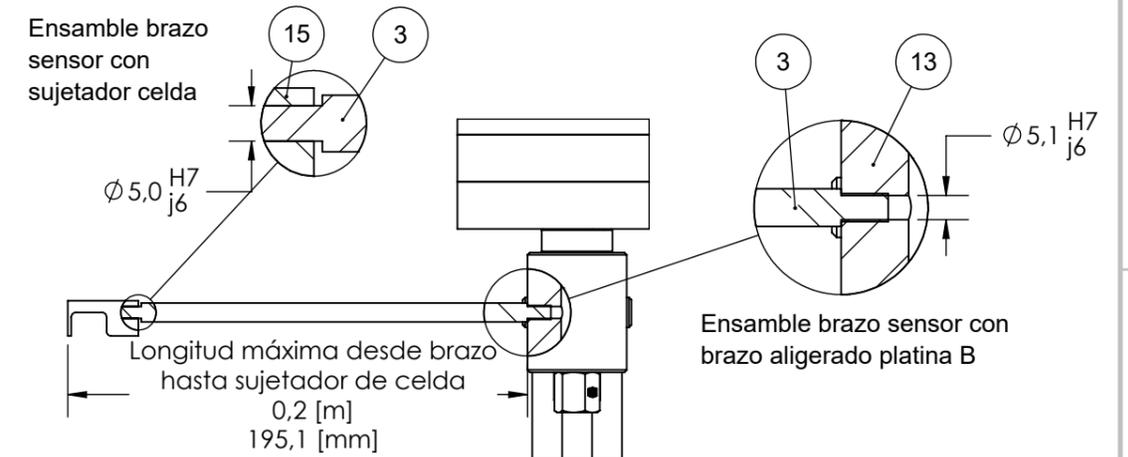


VISTA SUPERIOR CON POSICIÓN MÁXIMA DEL BRAZO

Posiciones máxima y mínima determinadas por las posiciones de los soportes fijados a la placa de la mesa y la distancia de las varillas que son el medio de desplazamiento del brazo del tribómetro, además del desplazamiento sobre la placa de la mesa del poste guía para celda según la acomodación del brazo sensor.

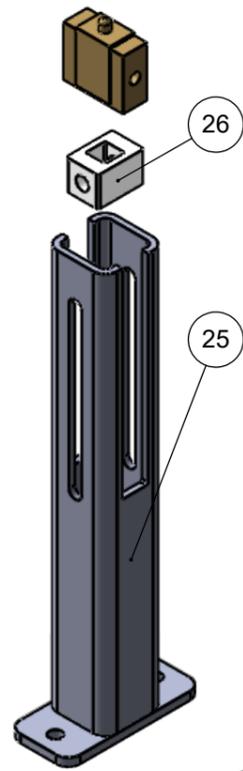


VISTA FRONTAL CON POSICIÓN FINAL



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
	NOMBRE: Andrea Cadavid Sierra FECHA: 23/03/2022 DIBUJ.: VERIF.: Elkin Gonzalez 03/05/2022 APROB.: FABR.:		TÍTULO: Posiciones brazo del tribómetro	
	MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	A3
	PESO:		Planos en formato A3 horizontal	
			ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1

Sistema torre celda

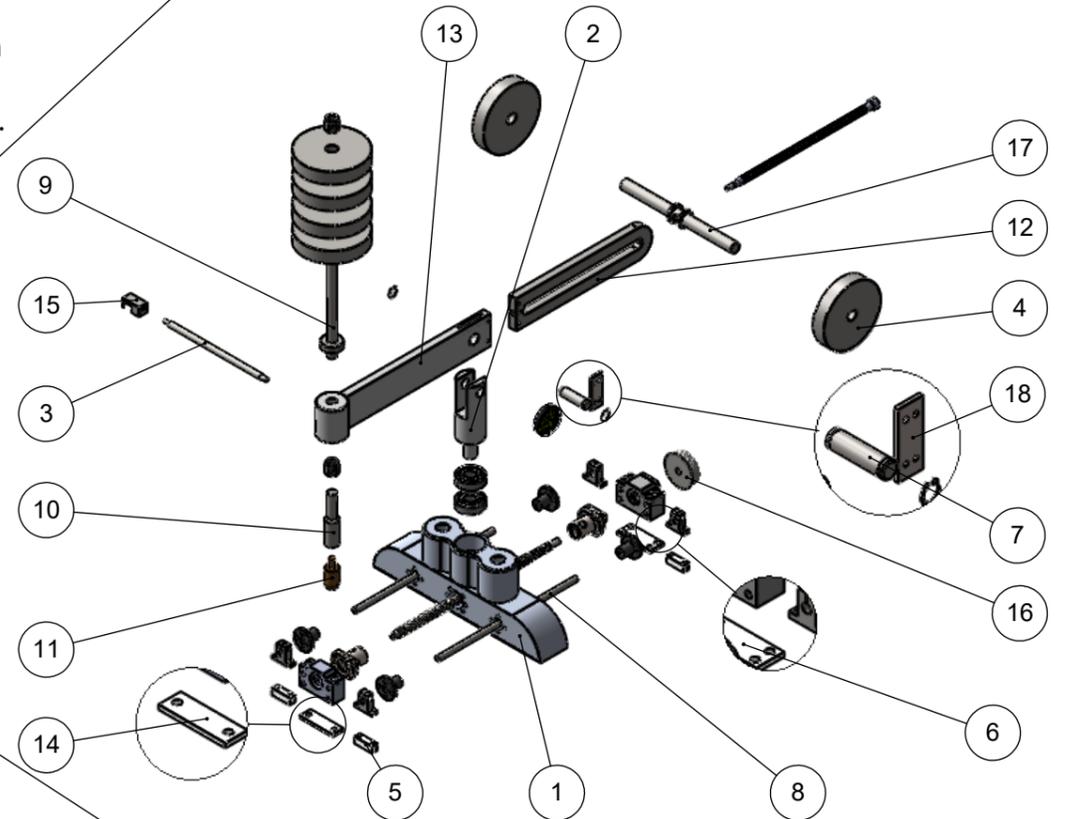


Sistema torre celda ensamblado a mesa (19) mediante corte en la misma con guía de desplazamiento horizontal.

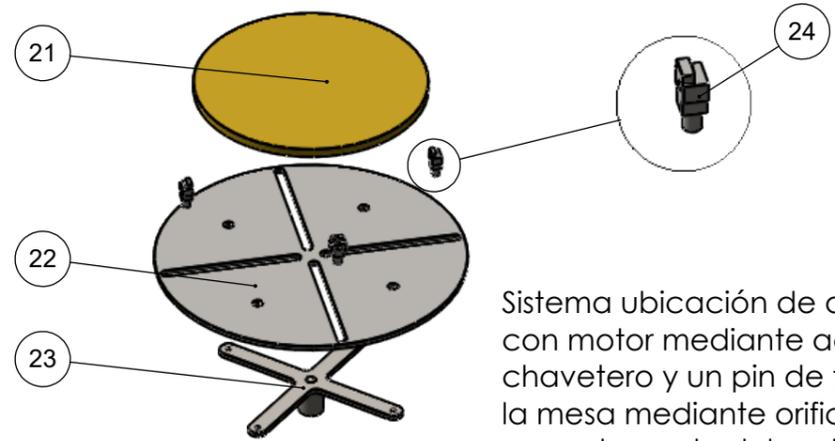
Para ver cortes y orificios de la mesa dirigirse a plano del objeto.

Sistema desplazamiento de pin ensamblada a la mesa (19) mediante orificios ubicados en esta correspondientes a cada una de las partes que van fijadas.

Sistema desplazamiento pin

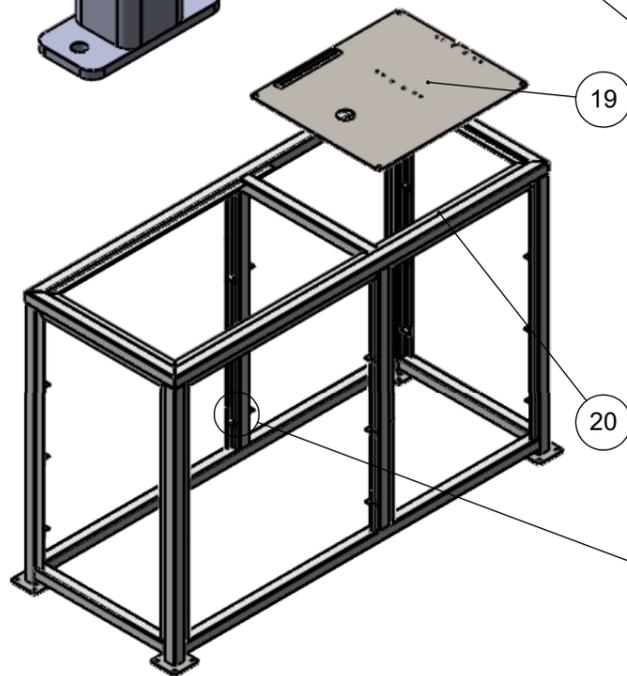


Sistema ubicación del disco



Sistema ubicación de disco ensamblado con motor mediante acople en cruz con chavetero y un pin de fijación y fijado en la mesa mediante orificio en la mesa (19) para el acople del motor.

Bastidor

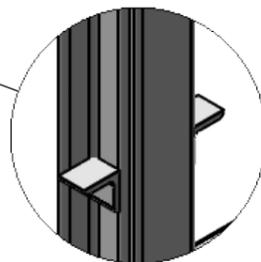


En este plano se pueden apreciar los subsistemas que componen el ensamble del tribómetro completo en explosión con sus partes.

En los planos siguientes se apreciará cada uno de los subsistemas con sus partes.

Se mostrará luego cada una de las partes individuales en modo de plano con su numeración correspondiente de pieza vista de manera general en el ensamble explosión.

Bastidor ensamblado con madera según separaciones internas distribuidas a lo largo del mismo.



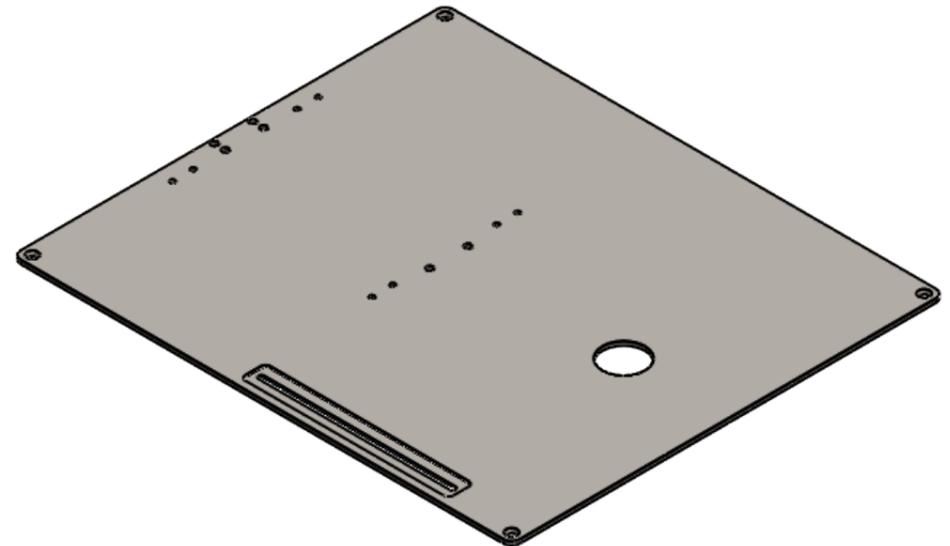
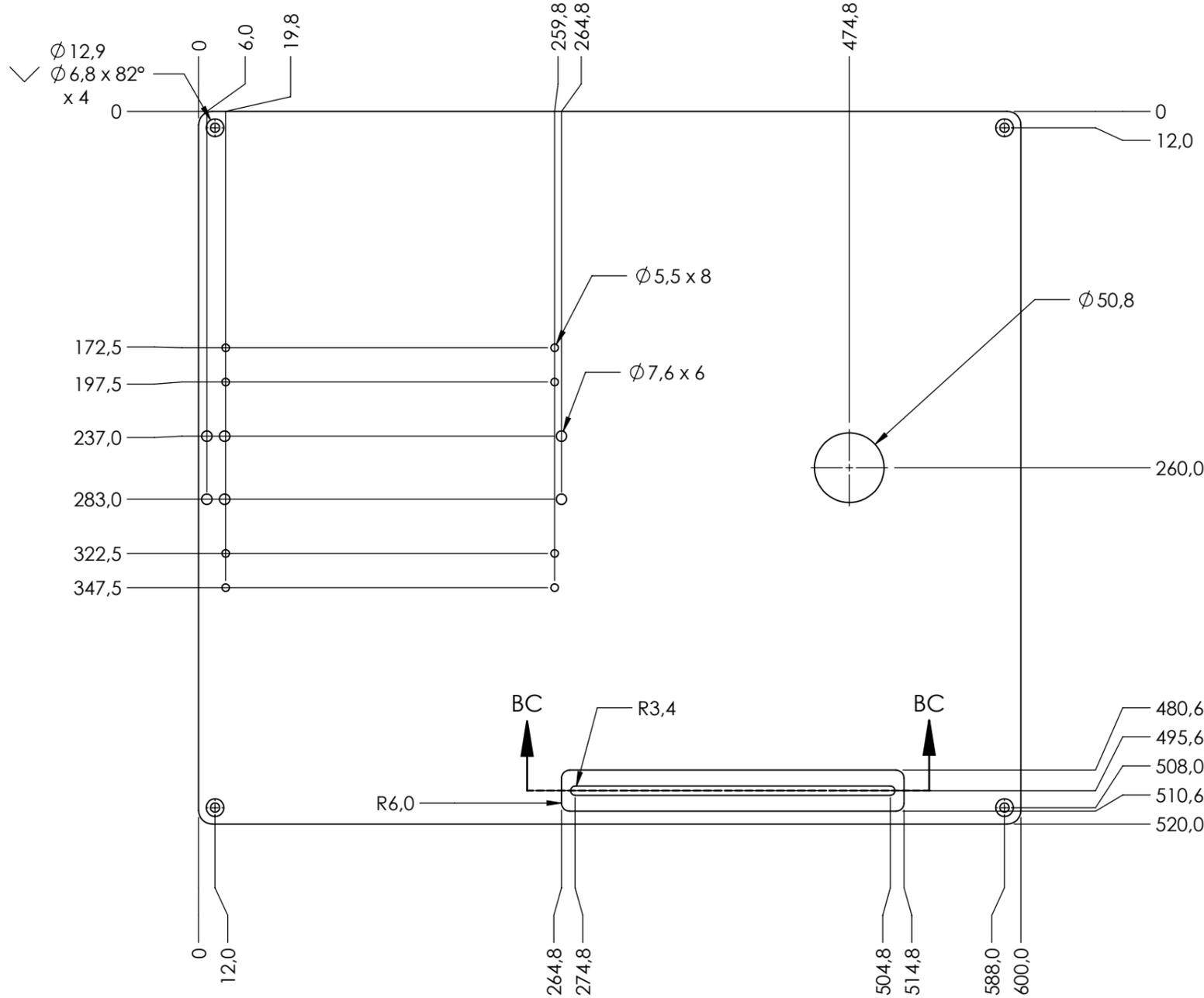
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
	NOMBRE: Andrea Cadavid Sierra FECHA: 23/03/2022		TÍTULO: Ing. Mecánica IUPB	
	DIBUJ.: Andrea Cadavid Sierra VERIF.: Elkin Gonzalez APROB.: FABR.:		ESCALA: 1:1	
	MATERIAL: PESO:		N.º DE DIBUJO: Planos en formato A3 horizontal	
			A3	
			HOJA 1 DE 1	

ITEM	NOMBRE DE LA PIEZA	CANTIDAD	DIMENSIONES GENERALES	MATERIAL
1	Torreta	1	310 x 120 x 120	Aleación 1350
2	Columna de rotacion	1	130 x 48	AISI 304
3	Brazo sensor	1	194 x 18	AISI 304
4	Discos de peso	12	110 x 20	AISI 1020
5	Soportes 1 (para SK8)	4	42 x 20 x 21	ABS
6	Soportes 3 (para BK10)	1	70 x 35 x 14	ABS
7	Pasador brazo	1	56 x 23	AISI 304
8	Varilla 8 mm	2	260 x 18	AISI 304
9	Porta cargas	1	170 x 40	AISI 304
10	Porta pines	1	90 x 30	AISI 304
11	Pin de muestra	1	58 x 30	Material a especificar por prueba
12	Brazo aligerado platina A	1	255 x 23 x 61	AISI 304
13	Brazo aligerado platina B	1	312 x 52 x 61	AISI 304
14	Soportes 2 (para BF10)	1	70 x 30 x 14	ABS
15	Sujetador celda	1	40 x 25 x 25	AISI 1020
16	Pieza Moleteada	1	60 x 15	AISI 1020
17	Pasador movil	1	210 x 35	AISI 304
18	Platina Brazo Giratorio	2	60 x 30 x 13	AISI 316 Chapa de acero inoxidable (SS)
19	Placa de la mesa	1	610 x 530 x 15	ASTM A36 Acero
20	Chasis	1	1500 x 1006 x 594	Tuberia cuadrada
21	Disco muestra	1	50 - 300 (por prueba)	Material a especificar por prueba
22	Porta discos	1	405 x 6,4	AISI 304
23	Acople motor disco (elem A)	1	Estrella: 284 x 6,4	AISI Acero para herramientas tipo A2
23	Acople motor disco (elem B)	1	Muñon: 56 x 42	AISI Acero para herramientas tipo A2
24	Complemento guia	4	23 x 30 x 48	AISI 1020
25	Poste guia para celda (elem A)	1	Tuberia: 200 x 30 x 30	Tuberia cuadrada
25	Poste guia para celda (elem B)	1	Platina: 67 x 20 x 4	Tuberia cuadrada
26	Guia para desplazamiento de celda	1	36 x 26 x 25	ABS

NOTA:

- Unidades en mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
			NOMBRE	FECHA	Ing. Mecánica IUPB Listado de materiales
			DIBUJ.	23/03/2022	
			VERIF.	03/05/2022	
			APROB.		
FABR.				TÍTULO:	
MATERIAL:			N.º DE DIBUJO		A3
PESO:			ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1

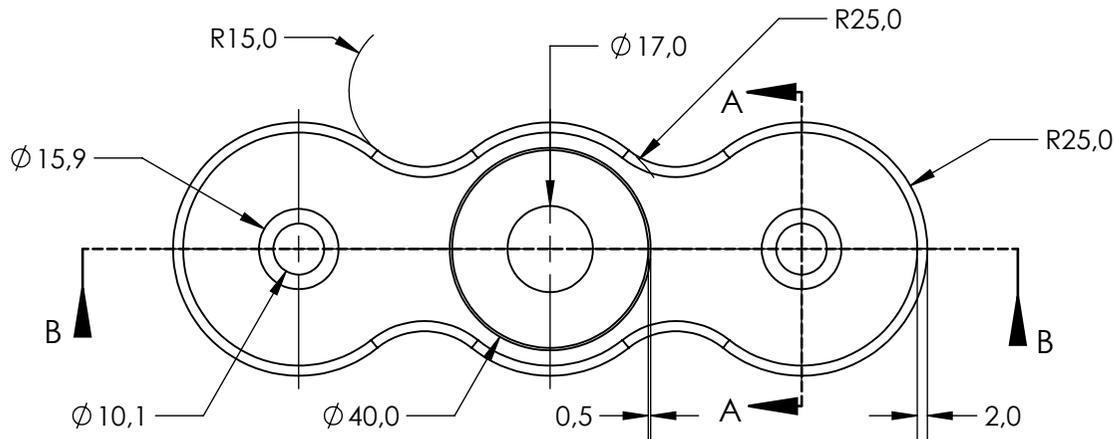


SECCIÓN BC-BC
ESCALA 1 : 1.5

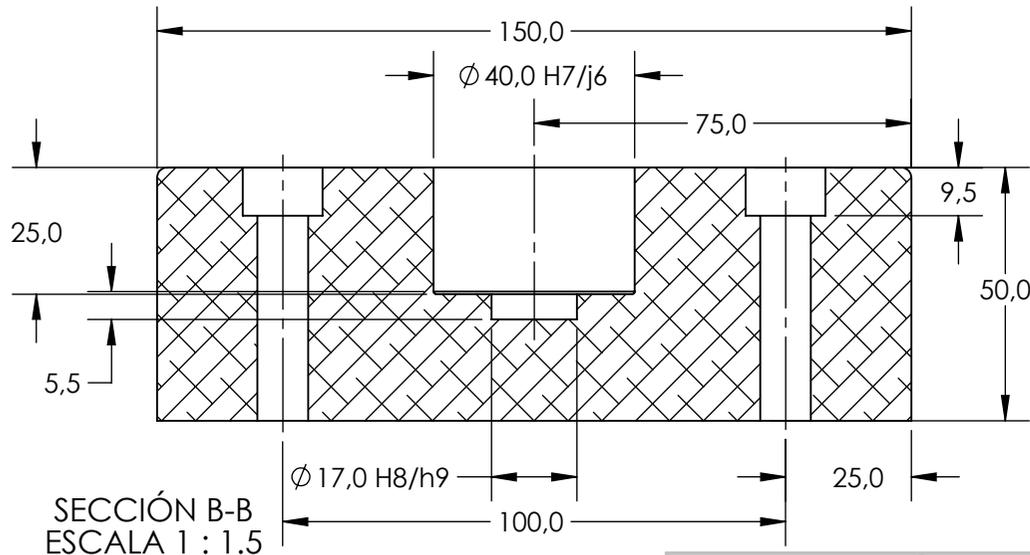
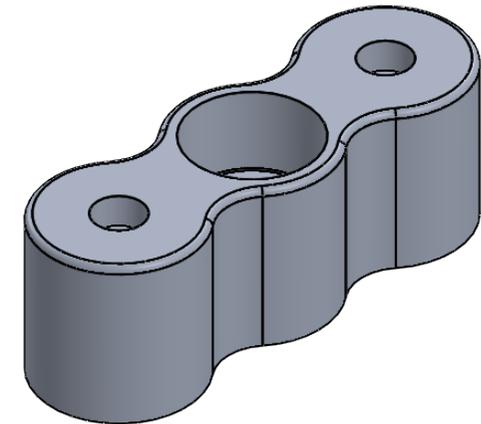
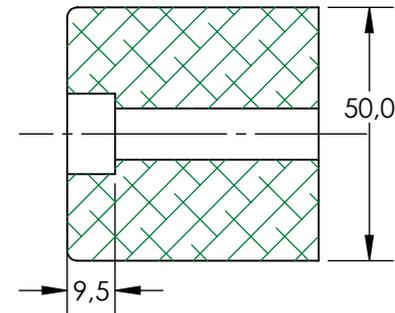
ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
19	Placa de la mesa	600 x 520 x 4,8	1	ASTM A36



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS
DIBUJ.	NOMBRE	FECHA	TÍTULO:
VERIF.	Andrea Cadavid Sierra	23/03/2022	Ing. Mecánica IUPB Placa de la mesa
APROB.	Elkin Gonzalez	03/05/2022	
FABR.			
	MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3
	PESO:	ESCALA:1:1	Planos en formato A3 horizontal
		HOJA 1 DE 1	



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1.5



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 1.5

ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
1	Torreta parte superior	150 x 50 x 50	1	Aleación 1350

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	23/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
Torreta parte superior

MATERIAL:

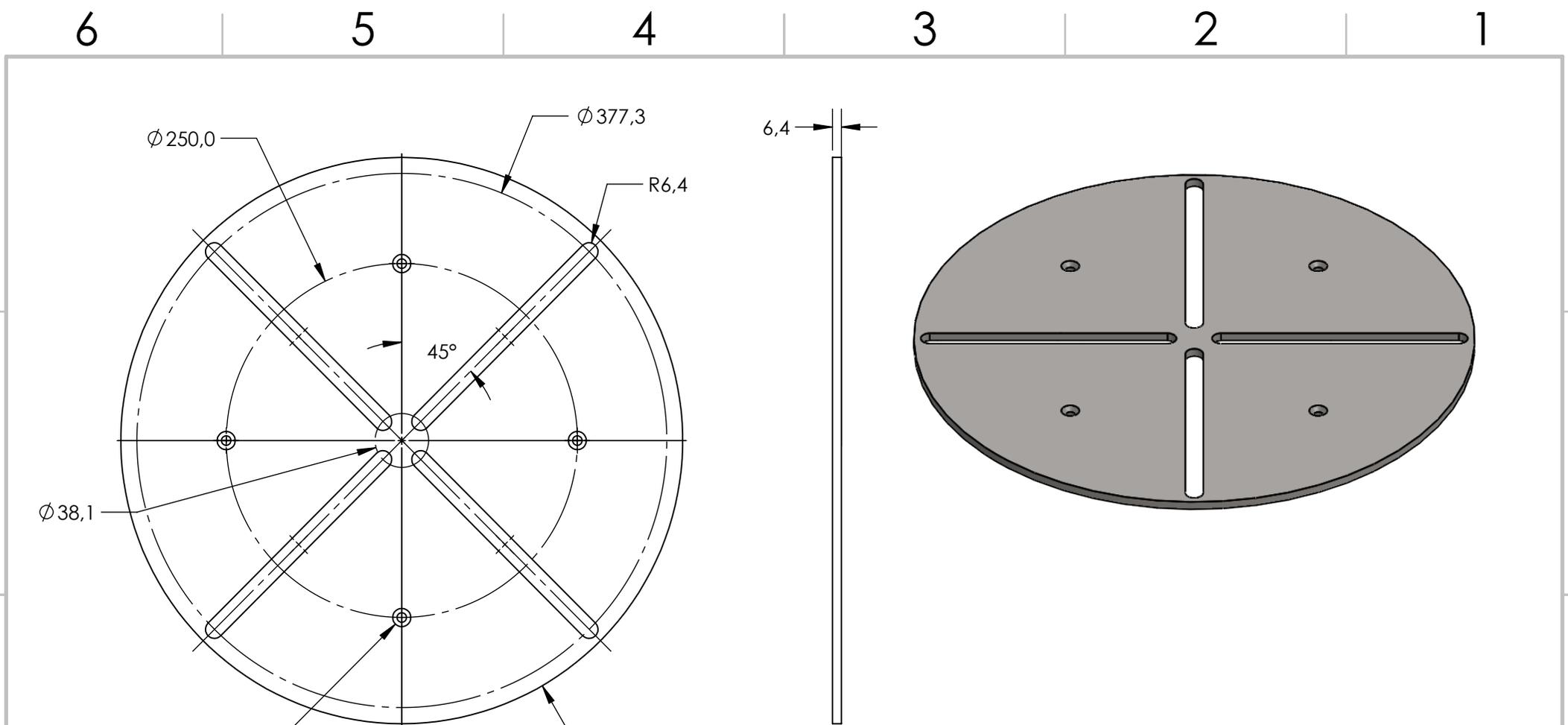
N.º DE DIBUJO
Planos en formato carta horizontal

A4

PESO:

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1

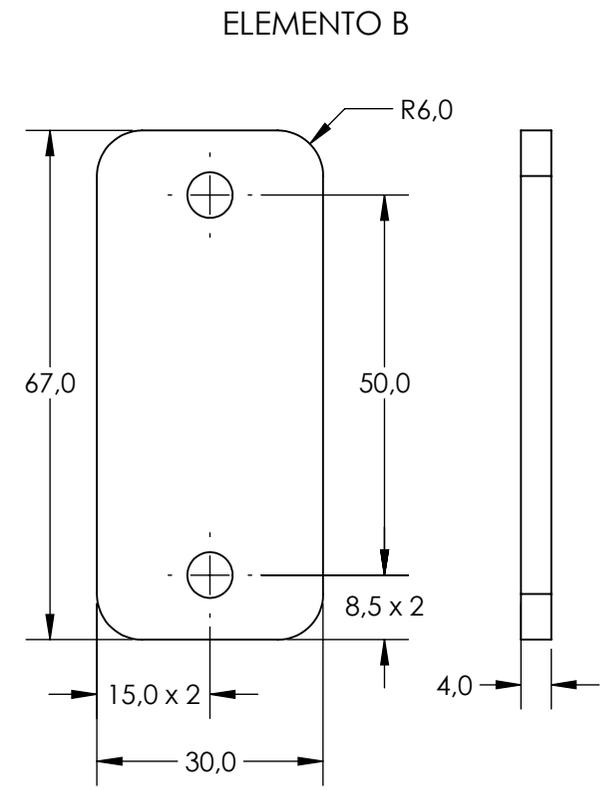
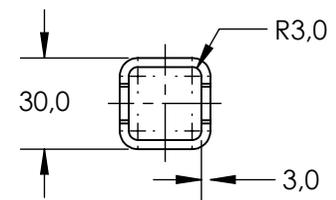
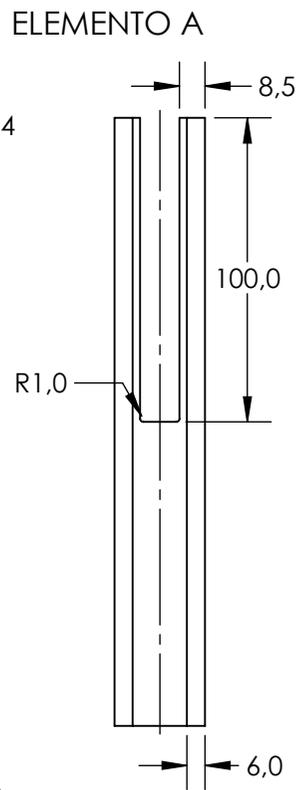
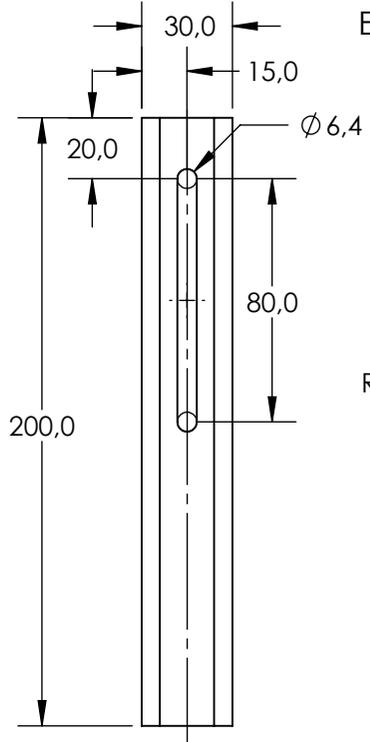
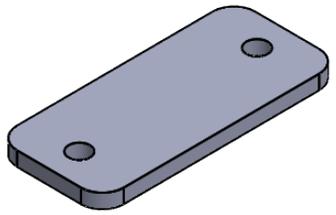
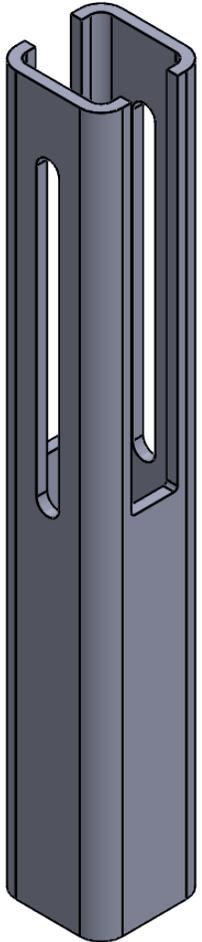


✓ $\varnothing 12,9$
 $\varnothing 6,8 \times 82^\circ$
 x 4

ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
22	Porta discos	400 x 6,4	1	AISI 304

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
			NOMBRE	FECHA	TÍTULO: <h1 style="text-align: center;">Ing. Mecánica IUPB</h1> <h2 style="text-align: center;">Porta discos</h2>			
	DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	23/03/2022					
	VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022					
	APROB.							
	FABR.			MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A4
				PESO:		ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1

6 5 4 3 2 1



ITEM	Elemento	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
25	Completo	Poste guía para celda	204 x 30 x 67	1	Tub cuadrada
25	Elemento A	Tubería cuadrada	200 x 30 X 30	1	Tub cuadrada
25	Elemento B	Platina inferior	67 x 20 x 4	1	Tub cuadrada

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	23/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

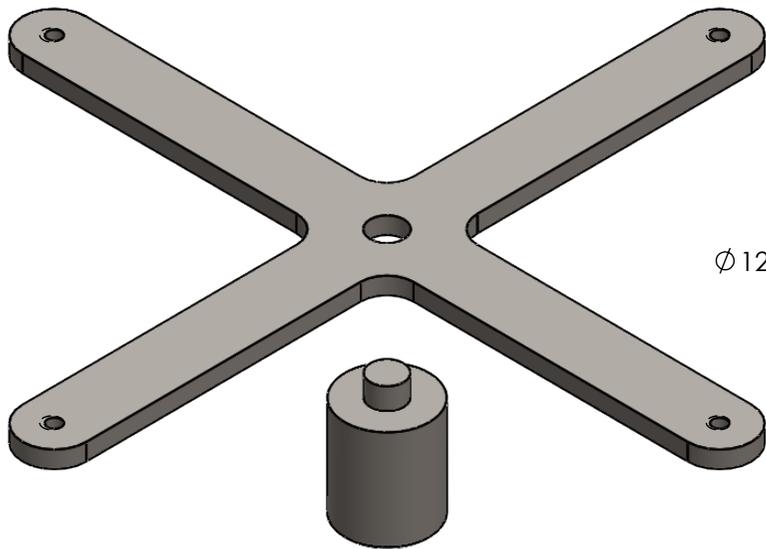
MATERIAL:

PESO:

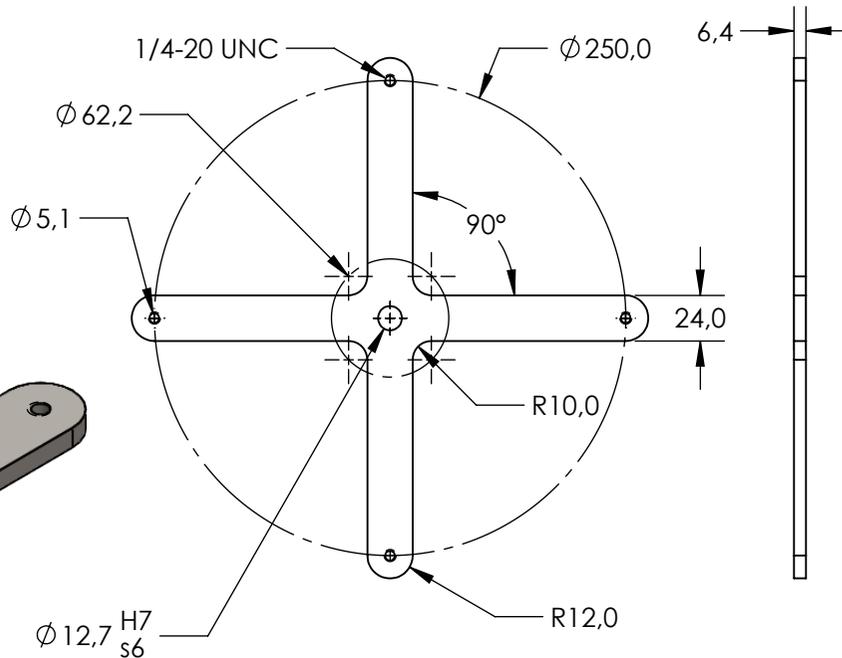
NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
Ing. Mecánica IUPB		
TÍTULO: Poste guía para celda		
N.º DE DIBUJO Planos en formato carta horizontal		A4
ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1

D
C
B
A

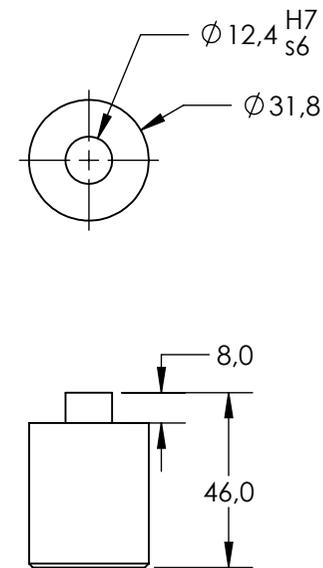
D
C
B
A



ELEMENTO A



ELEMENTO B



ITEM	Elemento	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
23	Completo	Acople motor disco	97,3 x 250 x 250	1	AISI tipo A2
23	Elemento A	Estrella	274 x 274 x 6,4	1	AISI tipo A2
23	Elemento B	Muñon	46 x 31,8	1	AISI tipo A2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	23/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
Acople motor disco

MATERIAL:

N.º DE DIBUJO

Planos en formato carta horizontal

A4

PESO:

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1

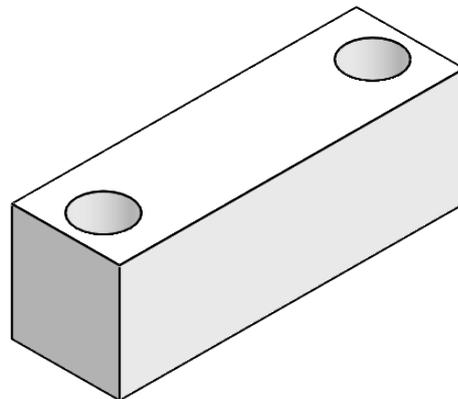
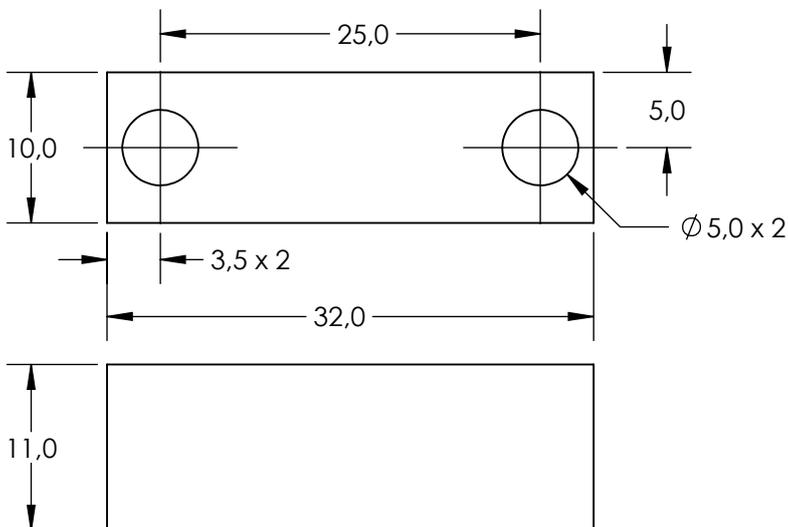
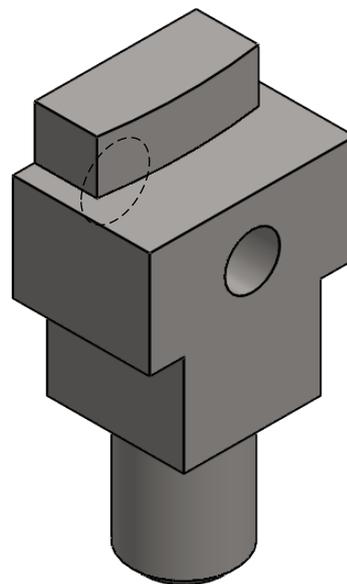
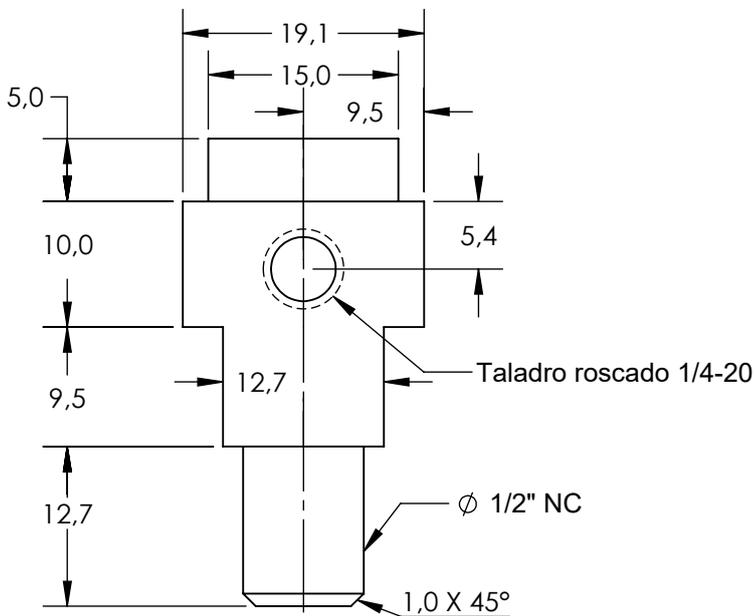
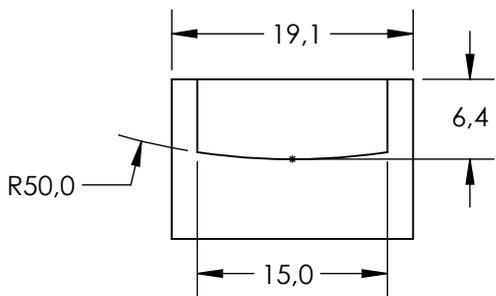
4

3

2

1

ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
24	Complemento guía	12,7 x 19,1 x 37,7	4	AISI 1020



ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
5	Soportes 1 (para SK8)	32 x 10 x 11	4	ABS

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	22/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
**Complemento guía y
Soporte 1 (para SK8)**

MATERIAL:

N.º DE DIBUJO

Planos en formato carta vertical

A4

PESO:

ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

F

E

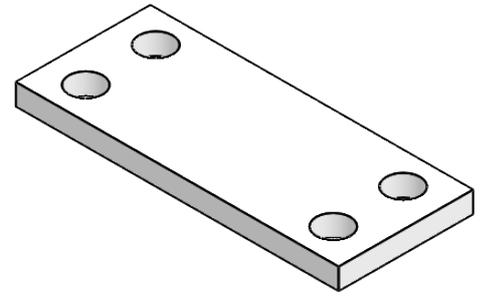
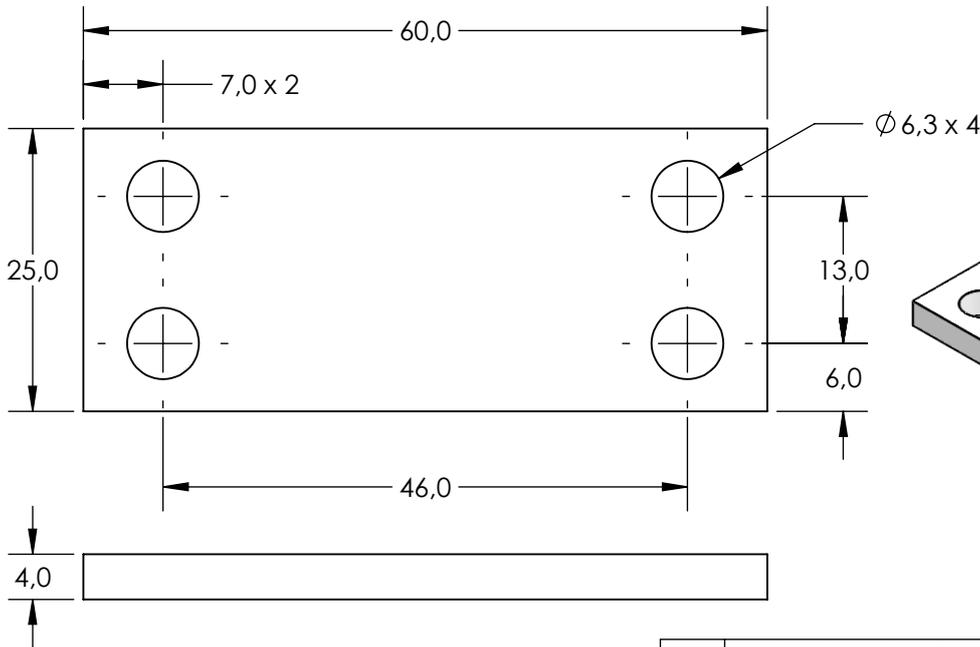
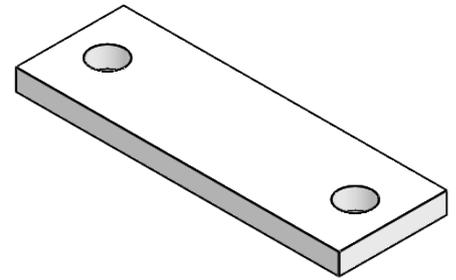
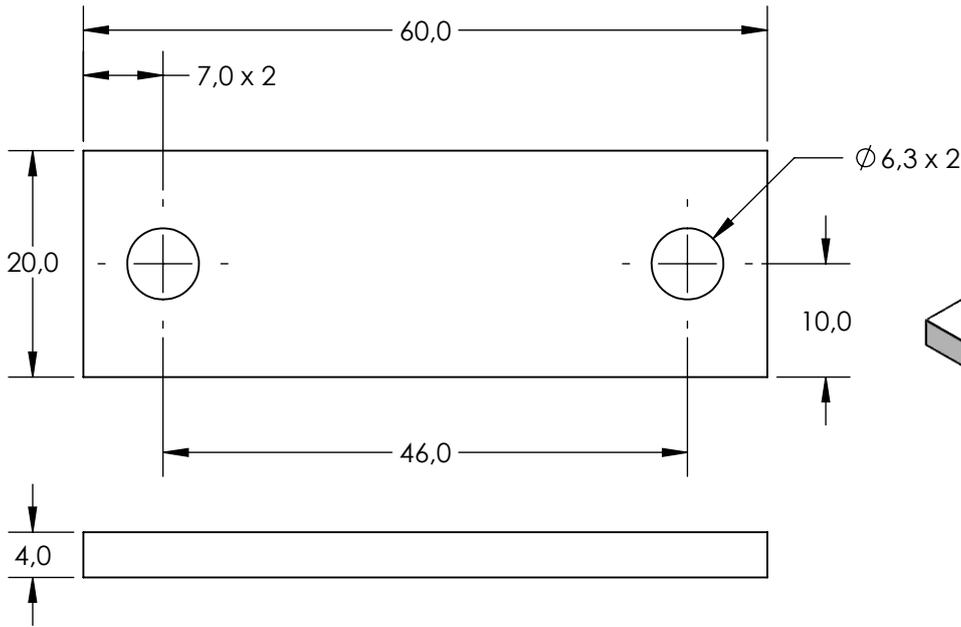
D

C

B

A

ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
14	Soportes 2 (para BF10)	60 x 20 x 4	1	ABS



ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
6	Soportes 3 (para BK10)	60 x 25 x 4	1	ABS

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	22/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
**Soporte 2 (para BF10) y
Soporte 3 (para BK10)**

MATERIAL:	
PESO:	

N.º DE DIBUJO	Planos en formato carta vertical	A4
ESCALA:2:1	HOJA 1 DE 1	

4

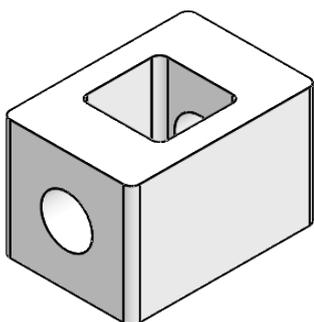
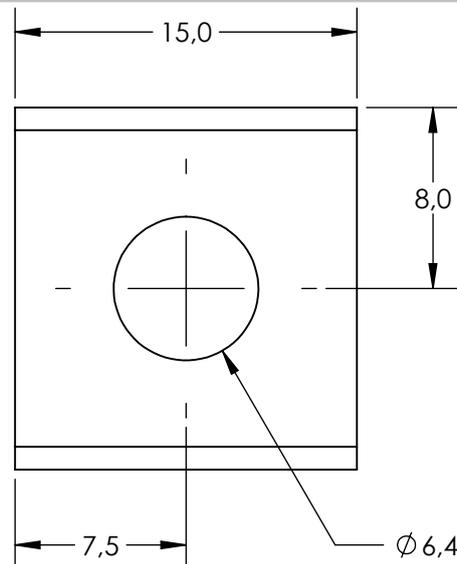
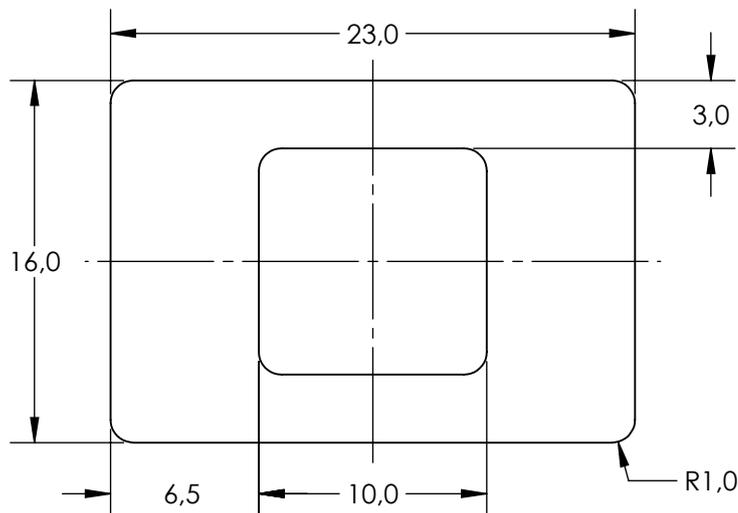
3

2

1

F

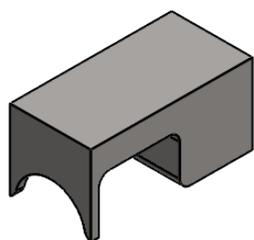
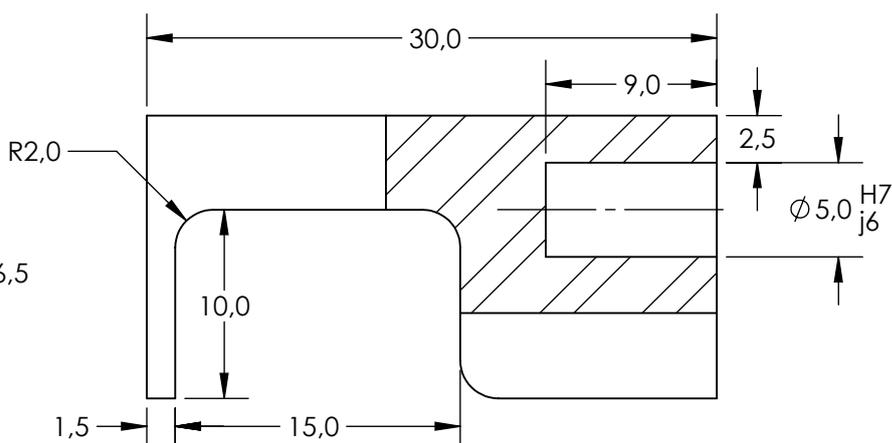
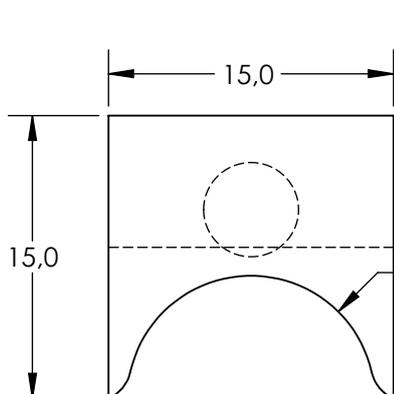
F



ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
26	Guia para desplazamiento de celda	23 x 16 x 15	1	ABS

D

D



ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
15	Sujetador celda	30 x 15 x 15	1	AISI 1020

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	22/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
Guia para desplazamiento
de celda y sujetador celda

N.º DE DIBUJO

Planos en formato carta vertical

A4

PESO:

ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1

A

A

4

3

2

1

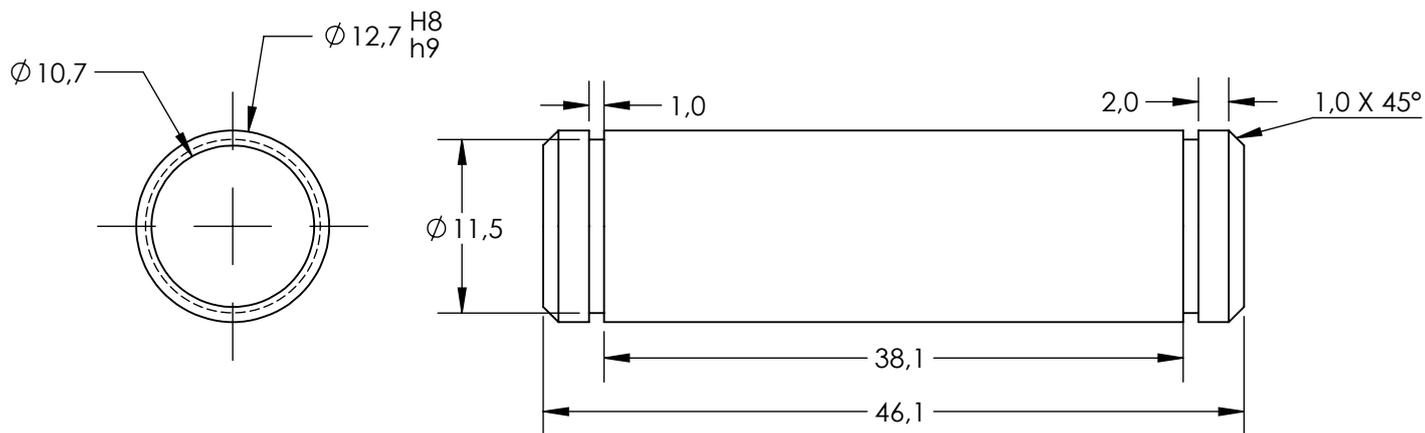
4

3

2

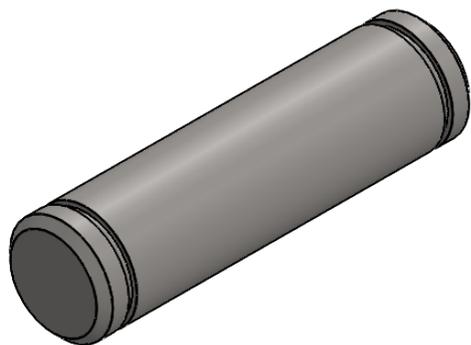
1

F



F

E



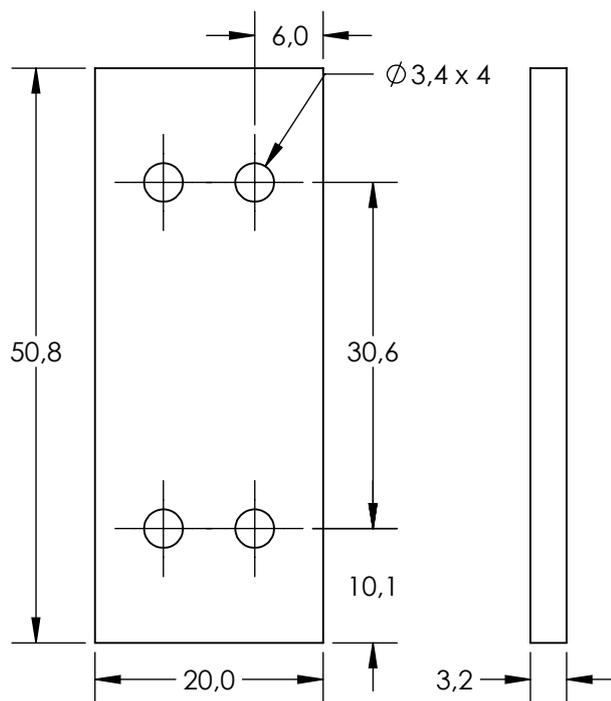
E

D

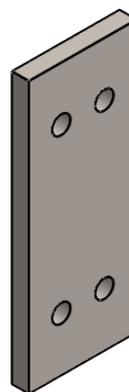
ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
7	Pasador brazo	46,1 x 12,7	1	AISI 304

D

C



C



B

ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
18	Platina Brazo Giratorio	50,8 x 20 x 3,2	2	AISI 316

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	22/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
**Pasador brazo y
platina brazo giratorio**

MATERIAL:

N.º DE DIBUJO

Planos en formato carta vertical

A4

PESO:

ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

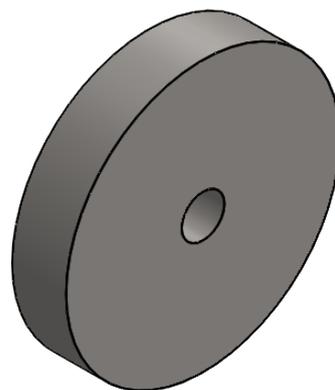
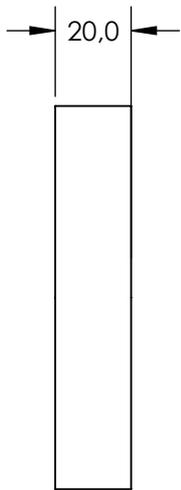
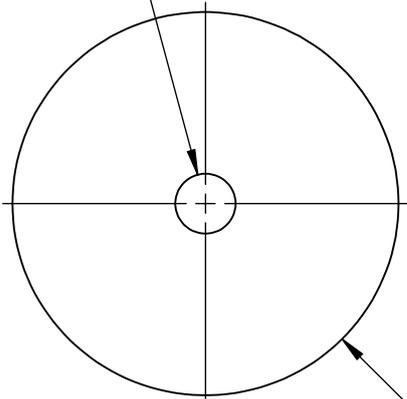
A

A

Ø 15,9 ^{H11}/_{h11}

20,0

Ø 101,6



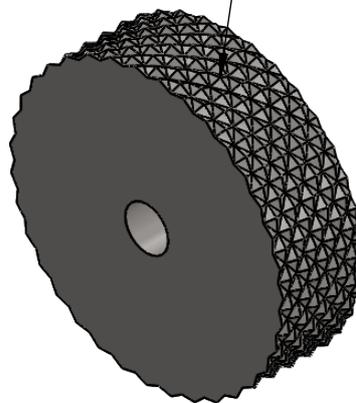
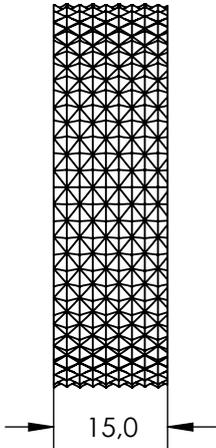
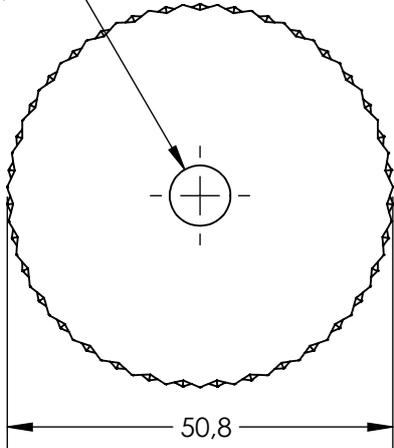
ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
4	Discos de peso	101,6 x 20	12	AISI 1020

Ø 8,0

50,8

15,0

MOLETEADO



ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
16	Pieza Moleteada	50,8 x 15	1	AISI 1020

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	22/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
Discos de peso y pieza moleteada

MATERIAL:	
PESO:	

N.º DE DIBUJO
Planos en formato carta vertical

A4

ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

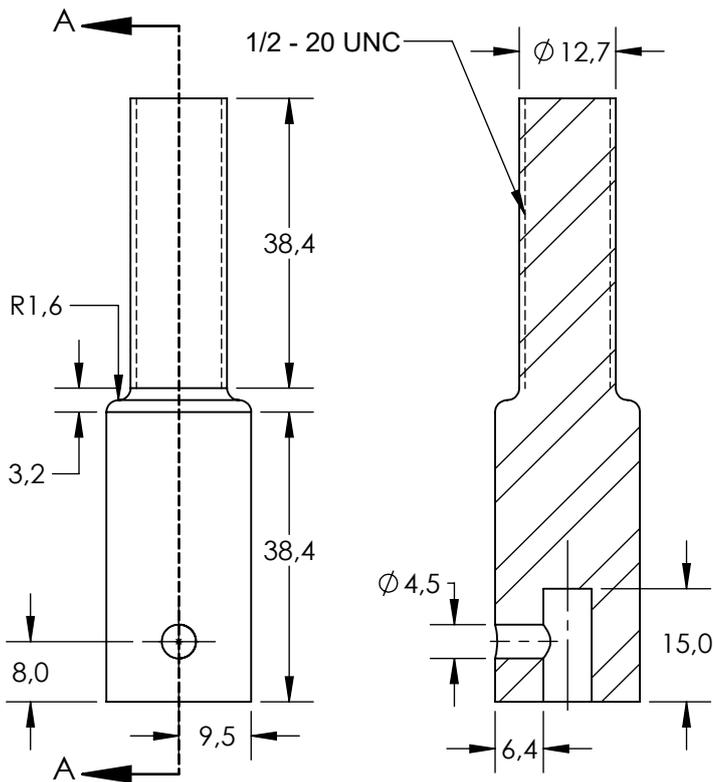
1

4

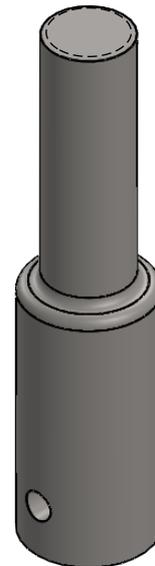
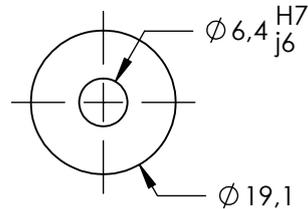
3

2

1

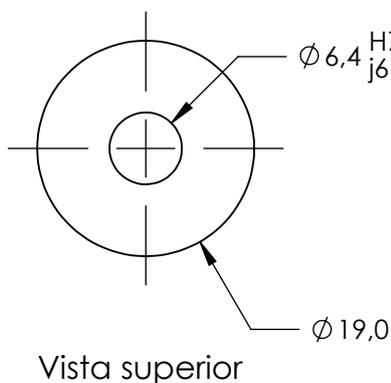
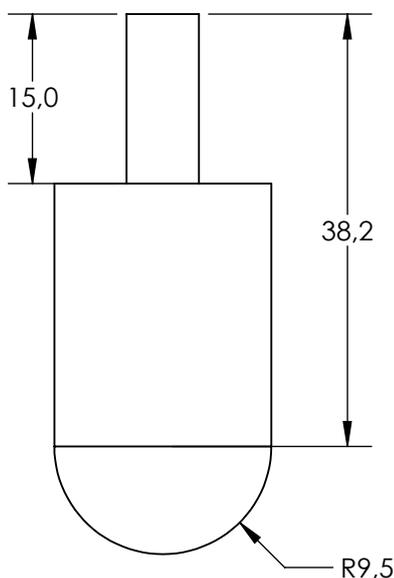
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1

Vista inferior

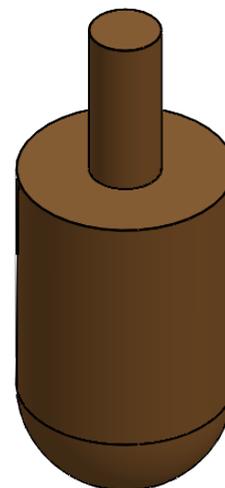


ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
10	Porta pines	80 x 19,1	1	AISI 304

ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
11	Pin de muestra	47,7 x 19	1	A especificar por prueba



Vista superior



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	22/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
Porta pines y pin de
muestra

N.º DE DIBUJO

Planos en formato carta vertical

A4

PESO:

ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

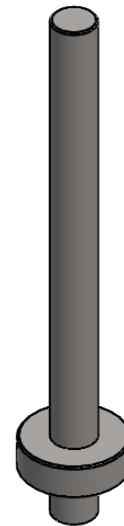
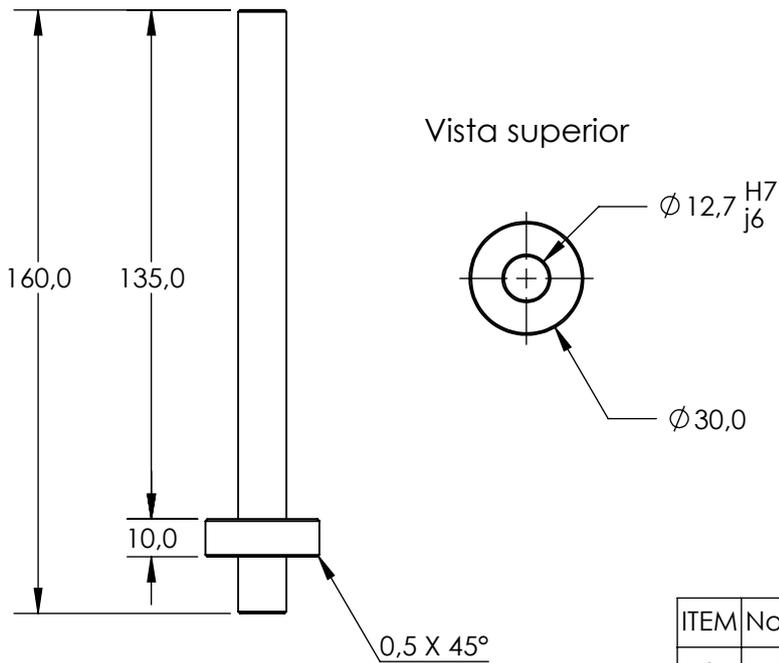
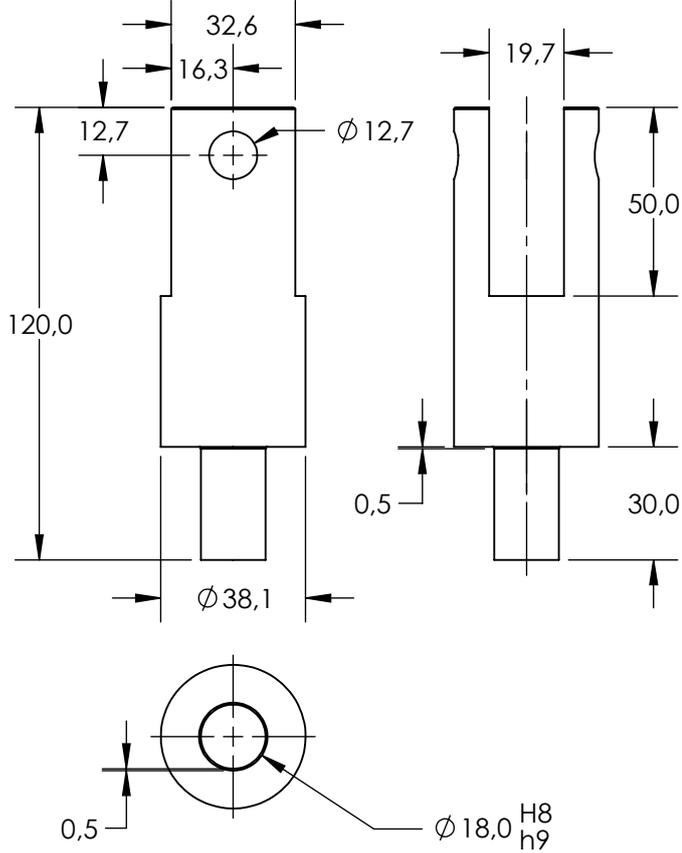
B

B

A

A

ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
2	Columna de rotacion	120 x 38,1	1	AISI 304



ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
9	Porta cargas	160 x 30	1	AISI 304

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	22/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
Columna de rotacion
y porta cargas

MATERIAL:

N.º DE DIBUJO

Planos en formato carta vertical

A4

PESO:

ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

4

3

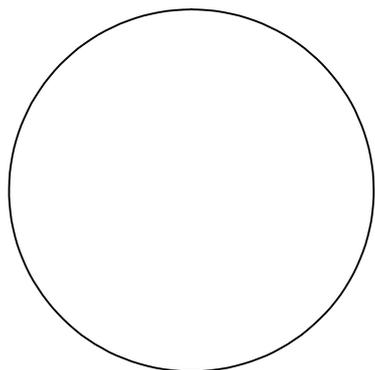
2

1

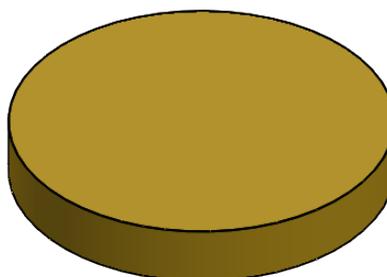
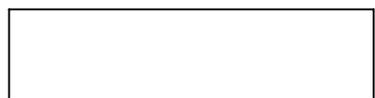
ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
21	Disco muestra	A especificar por prueba	1	A especificar por prueba

F

F



Medidas posibles para el disco de prueba desde 50 mm (5 cm) hasta 300 mm (30 cm)

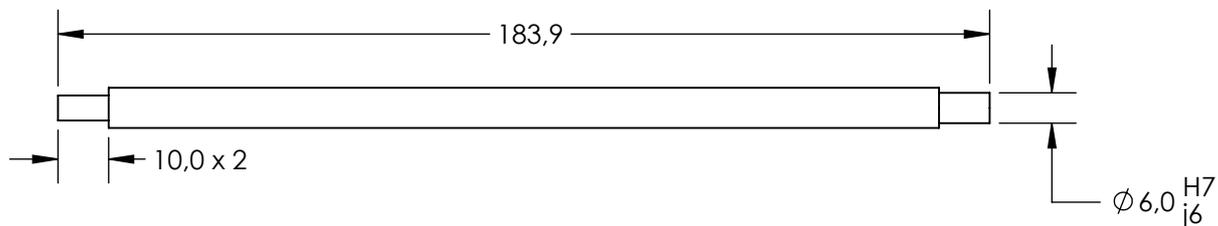


E

E

D

D


 $\varnothing 8,0$
 $\varnothing 5,0 \begin{smallmatrix} H7 \\ j6 \end{smallmatrix}$
 $\varnothing 6,0 \begin{smallmatrix} H7 \\ j6 \end{smallmatrix}$

Vista superior

ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
3	Brazo sensor	183,9 x 8	1	AISI 304

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	22/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
Disco muestra y brazo sensor

N.º DE DIBUJO

Planos en formato carta vertical

A4

A

A

PESO:

ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

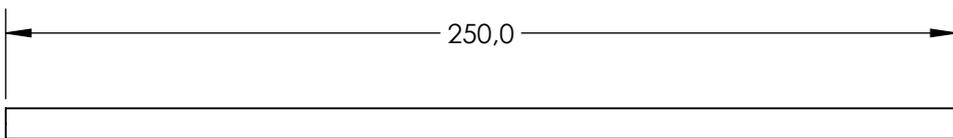
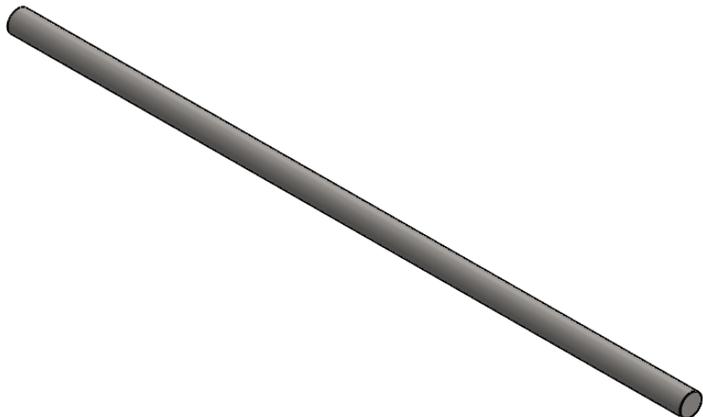
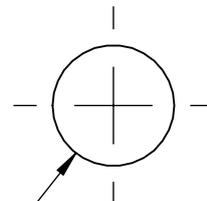
4

3

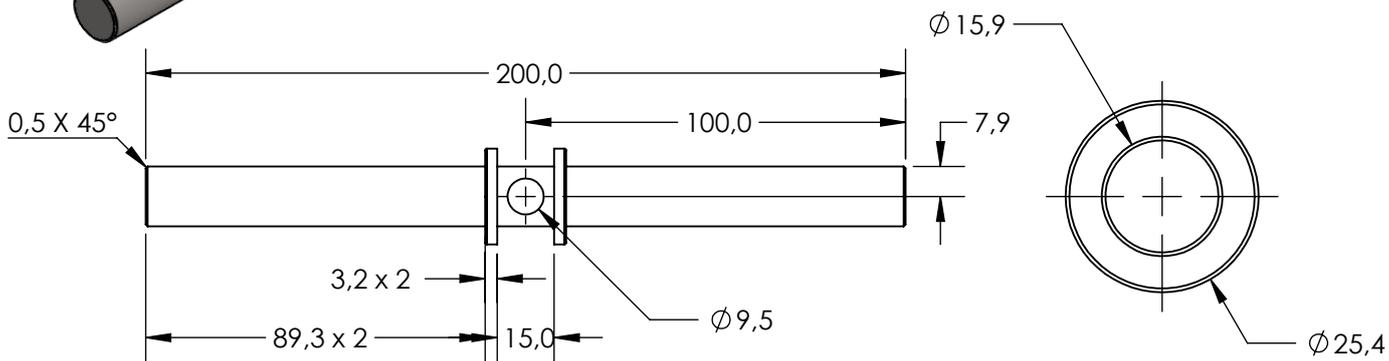
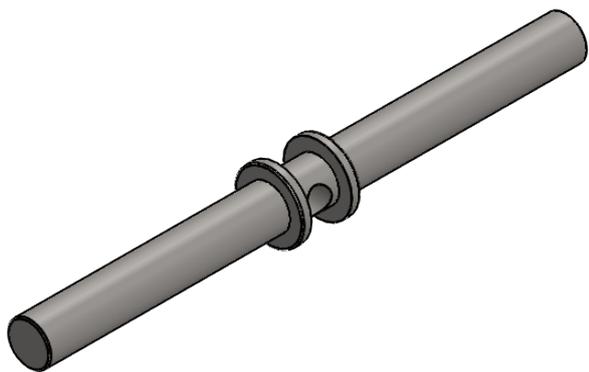
2

1

ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
8	Varilla 8 mm	250 x 8	2	AISI 304


 $\phi 8,0$ $\begin{matrix} H11 \\ h11 \end{matrix}$


ITEM	Nombre de pieza	Medidas	Cantidad	Material
17	Pasador Movil	200 x 25,4	1	AISI 304



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Ing. Mecánica IUPB



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Andrea Cadavid Sierra	22/03/2022
VERIF.	Elkin Gonzalez	03/05/2022
APROB.		
FABR.		

TÍTULO:
Varilla 8 mm y
pasador movil

MATERIAL:

N.º DE DIBUJO

Planos en formato carta vertical

A4

PESO:

ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

10. Anexo 2

**Manual de usuario y guía de mantenimiento
del tribómetro tipo “pin-disco”.**

MANUAL DEL USUARIO

Lea atentamente el manual y asegúrese de entender completamente su contenido antes de utilizar la máquina por primera vez

Español

Trabajo de grado: Evaluación técnica de un diseño preliminar de un tribómetro tipo pin-disco bajo norma ASTM G99 con velocidad variable.

Institución Universitaria Pascual Bravo

Medellín

2022

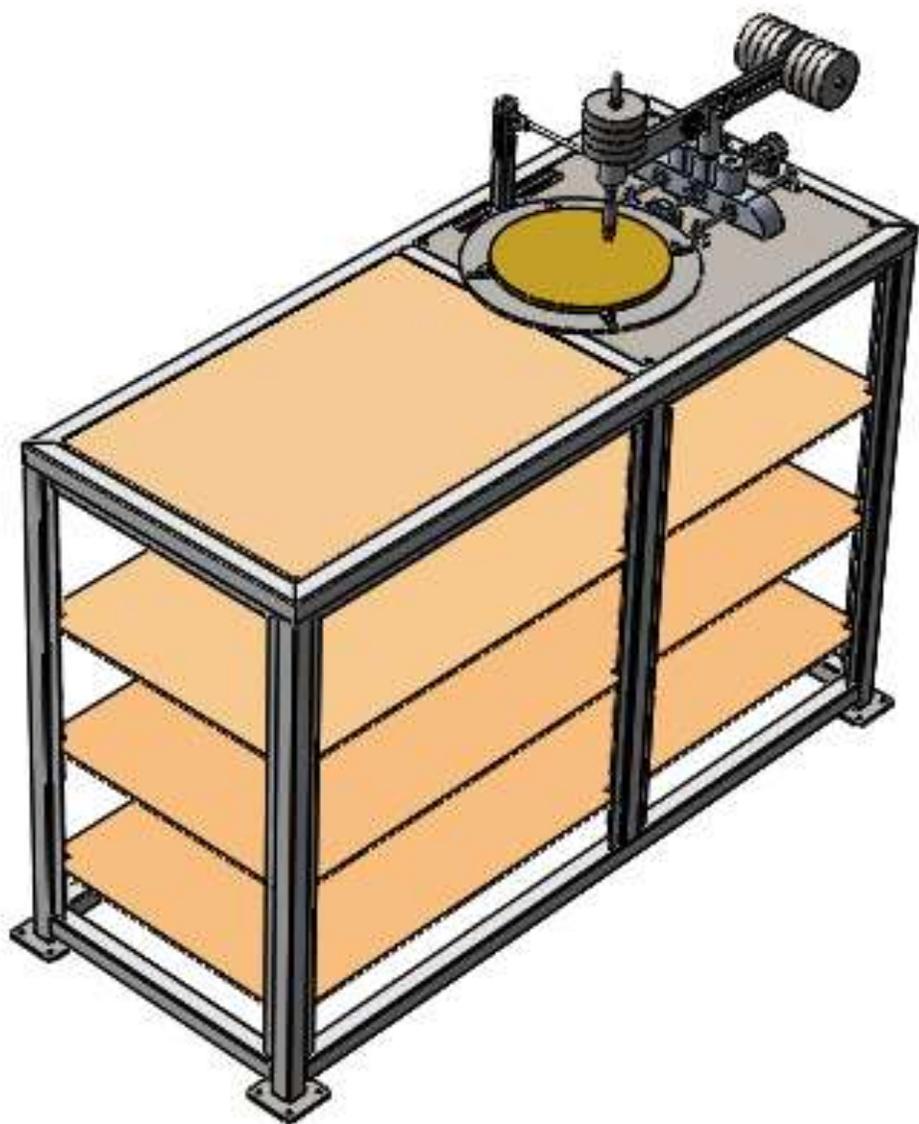


Tabla de contenido

Instrucciones de seguridad	4
Información obligatoria	4
Alcance material de instrucción	4
Uso previsto	4
Mal uso.....	5
Responsabilidades.....	5
Un consejo al operador	6
Mecanismos de protección y seguridad	6
Daños	6
Fallo y Errores.....	7
Aceites, Lubricantes.....	7
Área de Trabajo.....	7
Suministro de corriente eléctrica	8
Condiciones ambientales en el lugar de trabajo.....	8
Mantenimiento	9
Instrucciones Regulares de Seguridad	9
Cuidados y Ajustes	10

Desechos, Desmontaje, Disposición	10
Reparación	10
Reparación, Electricidad	10
Responsabilidad general	11
Manual de instalación	12
Componentes y partes	12
Subsistemas.....	14
1. Bastidor:	14
2. Sistema ubicación del disco:	15
3. Sistema torre de celda:	16
4. Sistema desplazamiento del pin:	18
Manual de operación.....	20
Para comenzar	20
Acomodación para prueba	21
Guía de mantenimiento	25
Cada prueba	25
Cada semana o 15 días	25
Cada mes.....	26

Instrucciones de seguridad

Esta parte del material de instrucción está prevista para el uso adecuado de su equipo. Contiene importante información para ayudarlo a trabajar de una forma segura con la unidad.

Información obligatoria

Todas las personas operando y/o trabajando en el tribómetro tipo “pin-disco”, deben leer y entender todas las partes de las instrucciones de seguridad. Esto aplica, en particular, a personas quienes solamente operan y/o trabajan en esta unidad ocasionalmente (ej. para mantenimiento y reparación).

Alcance material de instrucción

- Información general
- Instrucciones para el operador
- Diagramas del sistema con sus partes

Uso previsto

La máquina está diseñada y construida de manera que sea fácil de manipular. Sin embargo, toda máquina puede ser peligrosa para alguna parte del cuerpo de los usuarios y se puede dañar o causar daño,

particularmente si es operada incorrectamente o es usada para propósitos diferentes a aquellos especificados en el Manual de Instrucción.

Mal uso

Incluye, por ejemplo, uso del equipo para algo diferente a lo que fue diseñado. El debido uso de la máquina comprende estar en conformidad con la información técnica, como también en conformidad con las regulaciones de mantenimiento.

La máquina debe ser operada estando en perfectas condiciones de trabajo, fallas y mal funcionamiento deben ser corregidas inmediatamente.

El Material de Instrucción debe ser siempre mantenido cerca de la máquina y accesible a todos aquellos a quienes les concierne.

El Material de Instrucción debe ser suplementado con instrucciones que incluyan supervisión y notificación de deberes que tomen debidamente en cuenta las características operacionales, tales como la organización y secuencia del trabajo.

Responsabilidades

Claramente definir quién va a ser el responsable de operar, instalar, chequear y reparar la máquina. Definir las responsabilidades del operador

de la máquina. Las personas que reciban entrenamiento de cualquier tipo deben trabajar solamente en/o con la máquina bajo supervisión de un operador experimentado.

Un consejo al operador

El peligro inherente de la máquina es la posibilidad de que los dedos de las manos o la ropa muy ancha sean atrapados por las piezas en movimiento, rotando o en ensamblaje.

Mecanismos de protección y seguridad

- Bata de laboratorio
- Gafas de seguridad
- Guantes para manipular piezas pertenecientes al ensayo
- Elementos de limpieza

Daños

Si algún cambio es observado que sea capaz de afectar el modo de operación de la máquina, tales como mal funcionamiento, fallas o cambios en la máquina o en sus instrumentos, los pasos apropiados deben ser tomados inmediatamente tales como, apagar la máquina y seguir el procedimiento de cerrado y etiquetado de ella. La máquina debe ser

examinada por daños obvios y defectos por lo menos una vez por cada turno. El daño encontrado debe ser remediado inmediatamente por la persona autorizada antes de reanudar la operación de la máquina. La máquina debe ser operada estando en perfectas condiciones de trabajo y usando los mecanismos de protección y seguridad.

Fallo y Errores

La máquina debe ser apagada y a todas sus partes móviles o rotatorias permitirles parar completamente y asegurarlas contra una reiniciada accidental antes de comenzar a remediar cualquier falla o error.

Aceites, Lubricantes

Fíjese en las regulaciones de seguridad para el producto que este usando.

Área de Trabajo

Un área de trabajo limpia sin ninguna obstrucción es esencial para una operación segura de la máquina. El área de trabajo debe estar bien iluminada, ya sea por iluminación general o iluminación local. Cada una de las piezas de la máquina deben estar limpias y bien ensambladas para evitar alteraciones en los ensayos realizados en esta.

Suministro de corriente eléctrica

Antes de emprender cualquier mantenimiento o trabajo de reparación en la máquina desconecte la fuente eléctrica principal de la máquina.

- **Electricidad:** la máquina estará siempre aislada de la fuente eléctrica cada vez que el interruptor principal haya sido desconectado. Sin embargo, esto no aplica para la fuente de alimentación en el gabinete de control, ni para los equipos que reciben energía que no proviene del interruptor principal.
- **Energía cinética:** cabe anotar que el motor o el disco, por ejemplo, pueden continuar corriendo aún después de haber sido apagados.

Condiciones ambientales en el lugar de trabajo

La máquina está diseñada para trabajar en cuartos cerrados: Temperaturas ambiente permitidas. El funcionamiento en los sistemas de control y movimientos de la máquina pueden proporcionar en un aumento de la temperatura, por ejemplo, del motor. Debe protegerse contra influencias climáticas como cargas electrostáticas, granizo, daños por tormentas y salinidad en el aire en regiones costeras. Proteger contra las influencias de los alrededores: no estructuras con vibración, no polvo molido o vapores químicos. Proteger contra accesos no autorizados. Asegurarse de que la máquina y sus accesorios hayan sido colocados en una posición

estable al terminar cada prueba. Asegurarse que exista un fácil acceso para operación y mantenimiento (Manual de Instrucción y planos); también verificar que el piso no esté en desnivel para no alterar los resultados del ensayo.

Mantenimiento

Instrucciones Regulares de Seguridad

La máquina debe ser apagada, llevada a una total quietud y tener la seguridad de que no podría ser reconectada inadvertidamente antes de comenzar cualquier trabajo de mantenimiento. Usar el correcto procedimiento para asegurar la máquina contra iniciadas inadvertidas. Remover cualquier aceite, grasa, basura y desechos, particularmente de los ensambles, tornillos y cualquier pieza en contacto, cuando comienza el mantenimiento y/o trabajo de reparación. No utilice ningún agente corrosivo de limpieza, de preferencia usar alcohol cuando necesite limpiar alguna pieza. Use trapos libres de pelusa. Apriete todos los tornillos de los ensambles que tuvieron que ser aflojados por el mantenimiento y el trabajo de reparación y asegúrese que las piezas hayan quedado en su correcta posición. Cualquier mecanismo que tuvo que ser desmantelado por instalación, mantenimiento o reparación debe ser reajustado y chequeado inmediatamente después de completar el trabajo.

Cuidados y Ajustes

Las partes cambiables y removibles de la máquina como el pin y el disco deben ser ensambladas y puestas correctamente en su lugar antes de empezar con el ensayo correspondiente, estas deben de garantizar las medidas indicadas que se encuentran en los planos.

Desechos, Desmontaje, Disposición

Los productos de desecho deben ser limpiados de la máquina al finalizar cada prueba. Asegúrese de que los combustibles y lubricantes operantes, como también las partes reemplazadas sean dispuestas de una manera segura y ecológicamente aceptable. Cuando se desmonta la máquina y sus ensamblajes, asegúrese de que estos materiales sean dispuestos de una forma segura.

Reparación

Reparación, Electricidad

La fuente de alimentación debe ser apagada, al igual que cualquier cable de alimentación hacia la máquina de tal forma que no pueda ser encendida inadvertidamente antes de reiniciar o antes de empezar a trabajar en las partes móviles. Esas partes de la máquina en las cuales un mantenimiento

o trabajo de reparación se va a llevar a cabo deben estar aisladas de la fuente de alimentación específicamente. Las partes aisladas deben ser primero chequeadas para determinar si están verdaderamente desenergizadas y en paro. Las partes móviles adyacentes deben también ser aisladas. La máquina debe ser apagada inmediatamente si una falla empieza a desarrollarse en la fuente de alimentación eléctrica. El equipo eléctrico y el motor deben ser chequeados en intervalos regulares y si algún defecto es encontrado debe ser reparado inmediatamente.

Responsabilidad general

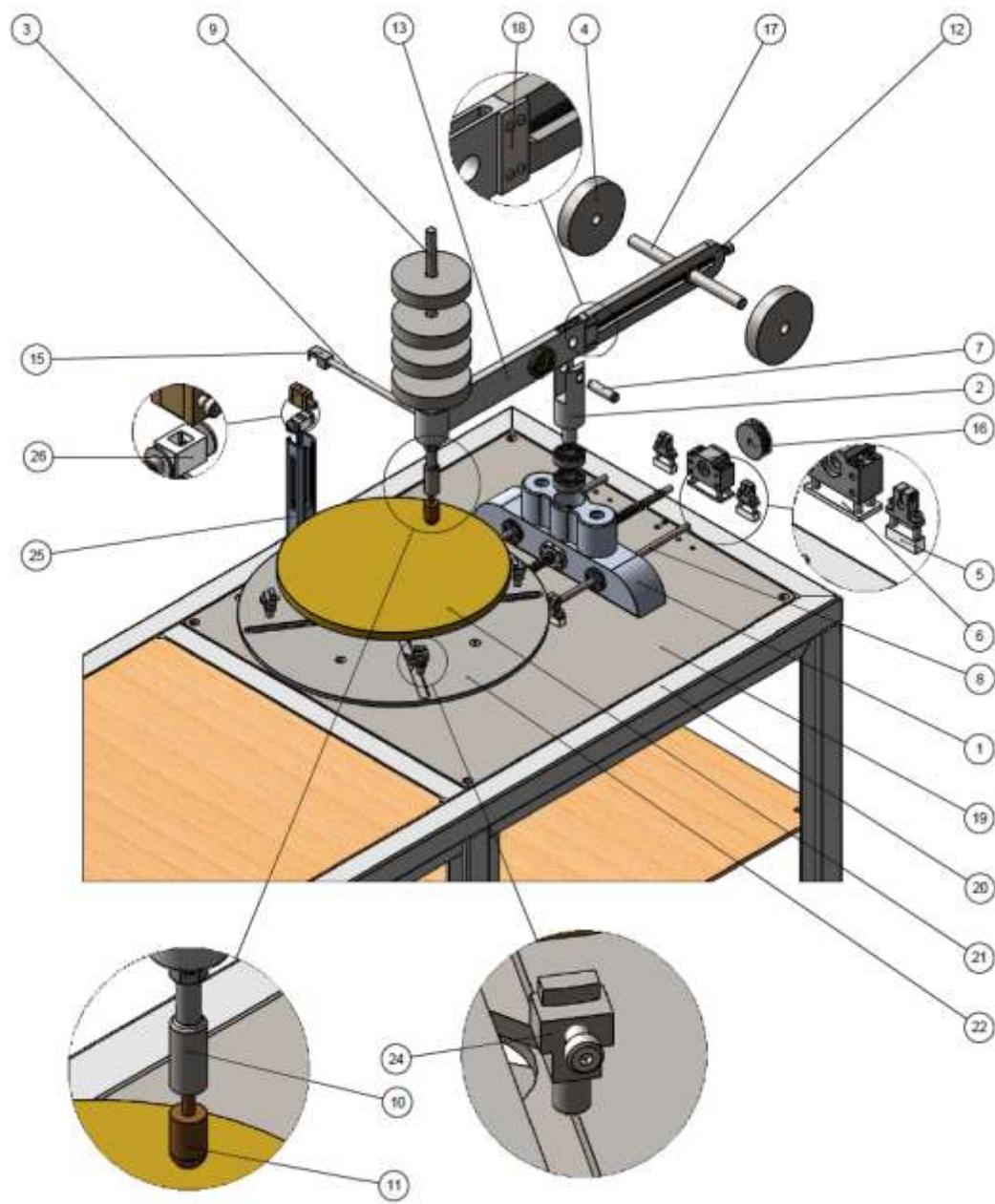
La máquina no debe ser modificada o convertida en alguna forma que pueda afectar su funcionamiento sin la aprobación previa. Todas aquellas personas involucradas en la operación y manejo de estos equipos deben leer y seguir las instrucciones de este manual. Operar la máquina de la forma que está especificada en este manual solamente. El uso incorrecto puede causar daños al equipo. Asegurarse de que el operador esté calificado, físicamente apto y apropiadamente entrenado en la operación de la máquina.

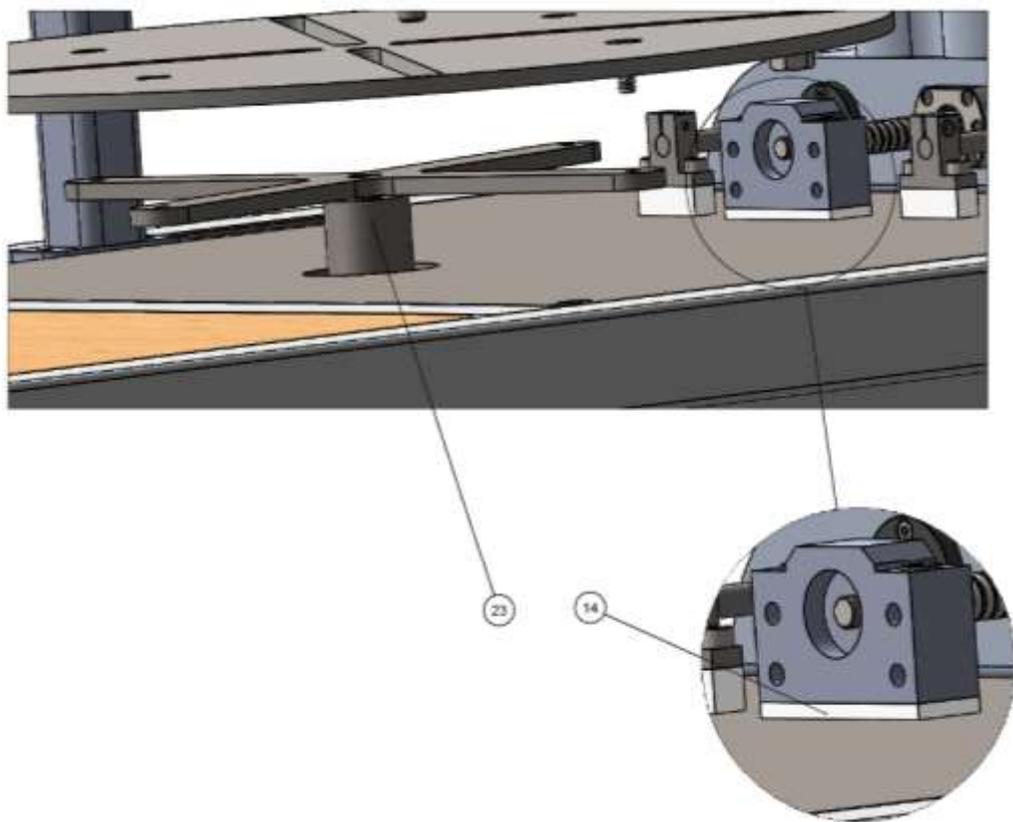
Manual de instalación

Es importante que el operador de la máquina lea este manual y se familiarice con todas las funciones y precauciones de seguridad de la unidad antes de operarla.

Componentes y partes

ITEM	NOMBRE DE LA PIEZA	CANTIDAD
1	Torreta	1
2	Columna de rotacion	1
3	Brazo sensor	1
4	Discos de peso	12
5	Soportes 1 (para SK8)	4
6	Soportes 3 (para BK10)	1
7	Pasador brazo	1
8	Varilla 8 mm	2
9	Porta cargas	1
10	Porta pines	1
11	Pin de muestra	1
12	Brazo aligerado platina A	1
13	Brazo aligerado Platina B	1
14	Soportes 2 (para BF10)	1
15	Sujetador celda	1
16	Pieza Moleteada	1
17	Pasador Movil	1
18	Platina Brazo Giratorio	2
19	Placa de la mesa	1
20	Chasis	1
21	Disco muestra	1
22	Porta discos	1
23	Acople motor disco	1
24	Complemento guia	4
25	Poste guia para celda	1
26	Guia para desplazamiento de celda	1

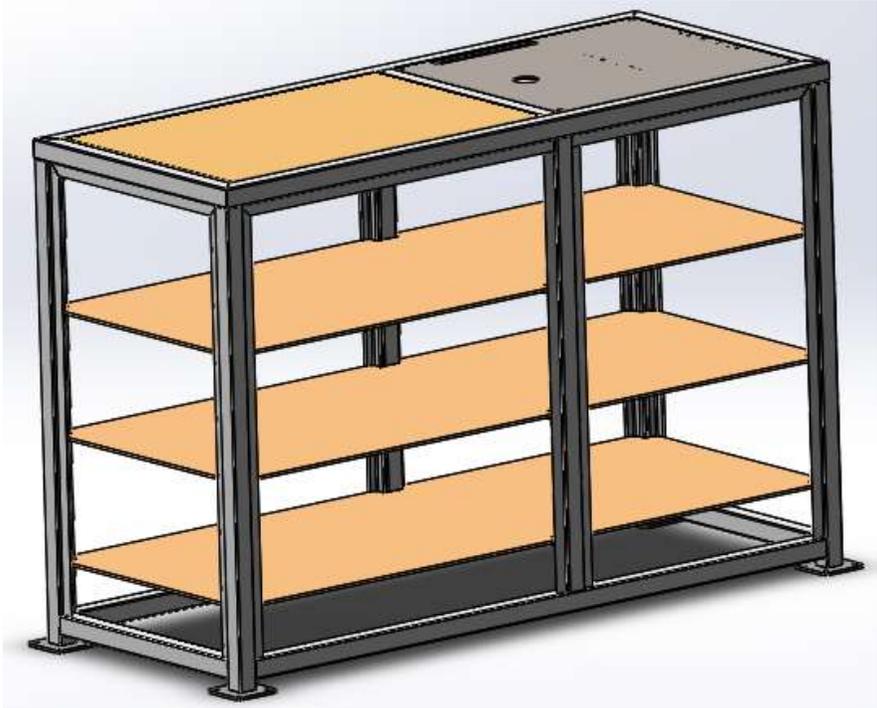




Subsistemas

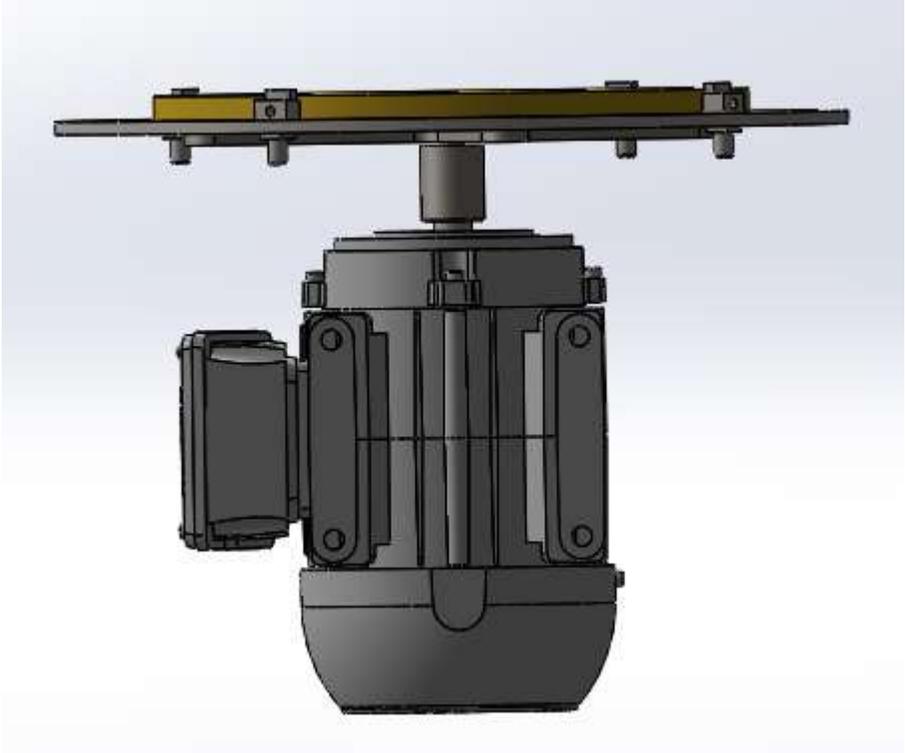
1. Bastidor: comprende el chasis (20), separado en laminas organizadoras de madera y con la altura ideal para poder trabajar cómodamente con la máquina, sobre este está situada la placa de la mesa (19), parte esencial del tribómetro debido a que en esta se posicionan los demás subsistemas

mediante agujeros diseñados para cada una de los componentes que irán fijos.



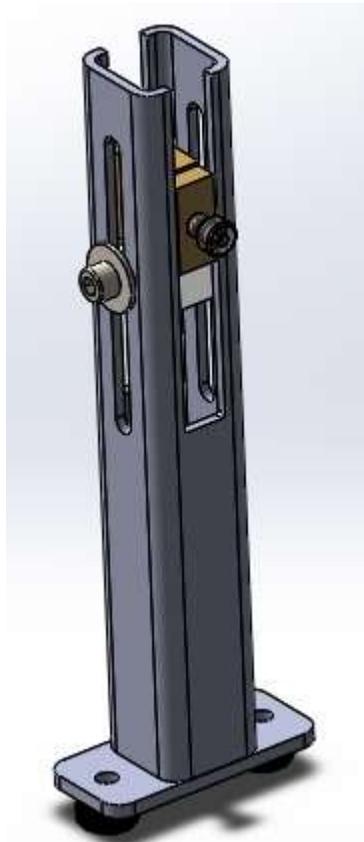
2. Sistema ubicación del disco: comprende el acople con el motor (23) que es el que permitirá que el motor pueda ejercer una velocidad a cada ensayo, el acople va ensamblado al motor por la parte inferior por medio de un muñón y por la parte superior por medio de una placa en forma de estrella la cual ensambla con el porta discos (22) que es el encargado de sostener los discos de muestra (21) que serán posicionados dependiendo de cada ensayo a realizar, para sostener cada disco se dispone de un

complemento guía (24) que ajustará el disco en su posición requerida para que este no se desplace durante el ensayo, solo se podrá mover de manera rotatoria en su eje mediante el apoyo del motor. Todos estos componentes van fijos a la placa de la mesa (19) mediante un agujero específico para el sistema.



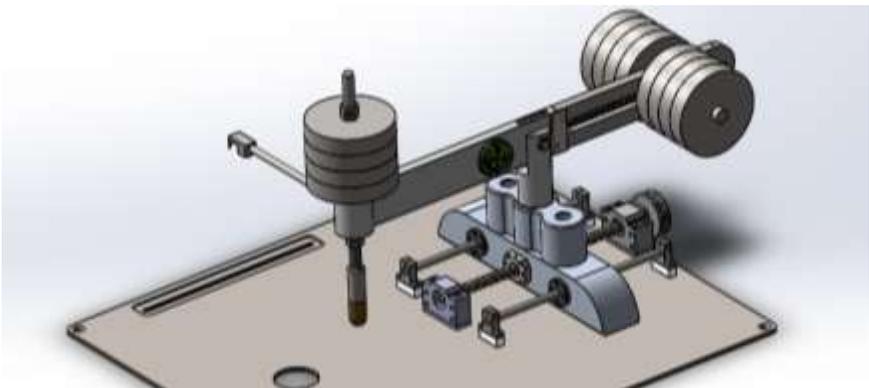
3. Sistema torre de celda: comprende un poste guía para celda (25) diseñado con tubería cuadrada y ensamblado a la placa de la mesa (19) mediante una ranura horizontal posibilitando su desplazamiento y

acomodación para cada uno de los ensayos, dentro de este se encuentra una guía para desplazamiento de celda (26) que es la encargada de posibilitar la acomodación de la celda de manera vertical por el poste guía acomodando la misma para los ensayos requeridos y finalmente en este sistema nos encontramos con la celda que es el sensor que posibilitará, mediante un software, el sondeo y posterior cuantificación de los resultados que arrojará cada ensayo.



4. Sistema desplazamiento del pin: de todos los sistemas este es el que posibilita todos los ensayos debido a que es el que contiene el mayor número de piezas y el más complejo, en este nos encontramos con la torreta (1), principal objeto del tribómetro ya que esta ensambla la columna de rotación (2) posicionada en la torreta mediante 2 rodamientos para permitir rotación en su eje si es que la prueba lo necesita, y el brazo aligerado (12)(13) mediante un pasador (7) que fijará estos dos componentes los cuales nos permitirán luego ensamblar en la parte de la platina B (13) el porta pin (10) y el pin de muestra (11) para poder dar inicio a cada uno de los ensayos, además del porta cargas (9) que, acompañado de varios discos de peso (4), le añadirá una fuerza vertical al pin sobre el disco dependiendo del ensayo que queramos ejecutar, y en la parte posterior que es la platina A (12) del brazo aligerado nos encontraremos con el pasador móvil (17) que, mediante un pasador rotativo fijado al brazo aligerado por un pin, se podrá desplazar a lo largo de la ranura de la platina y luego nos permitirá, mediante algunos discos de peso (4) distribuidos a ambos lados del pasador, equilibrar el brazo de manera paralela al disco según la prueba lo requiera. En este punto es indispensable garantizar el paralelismo entre el pin y el disco ya que es requisito principal del ensayo de desgaste de pin-disco, sin el no se podrá dar una correcta prueba debido a que los resultados podrán estar alterados, para ello tenemos ayuda de un nivel de burbuja. Ensamblado a la platina B (13) del brazo aligerado nos encontramos con el brazo sensor (3) y

ensamblado a este el sujetador de la celda (15) el cual deberá tocar levemente la celda y así se sensarán los resultados de la prueba mediante un software. Para poder que la platina A y B estén unidas correctamente y conformen el brazo aligerado tenemos 2 platinas (18) rectangulares ubicadas en los laterales del brazo que nos permitirán fijar sus dos partes de manera horizontal. Finalmente cabe destacar que es indispensable que el brazo se pueda desplazar a lo largo de la mesa para garantizar la variabilidad de cada una de las pruebas a ejecutar, por esto nos encontramos con 6 soportes distribuidos mediante unos agujeros diseñados para ser posicionados de manera fija en la placa de la mesa (19), los cuales ayudándose de 2 guías lineales (varillas 8 mm) (8) y un pasador roscado nos permitirán que la torreta (1) se desplace de manera horizontal por la mesa limitando su movimiento hasta donde se encuentran los soportes (5)(6)(14), este movimiento será ejecutado por el movimiento rotacional de la pieza moleteada (16) ubicada al final del pasador roscado.



Todos estos subsistemas unidos conformarán el tribómetro tipo “pin-disco”.

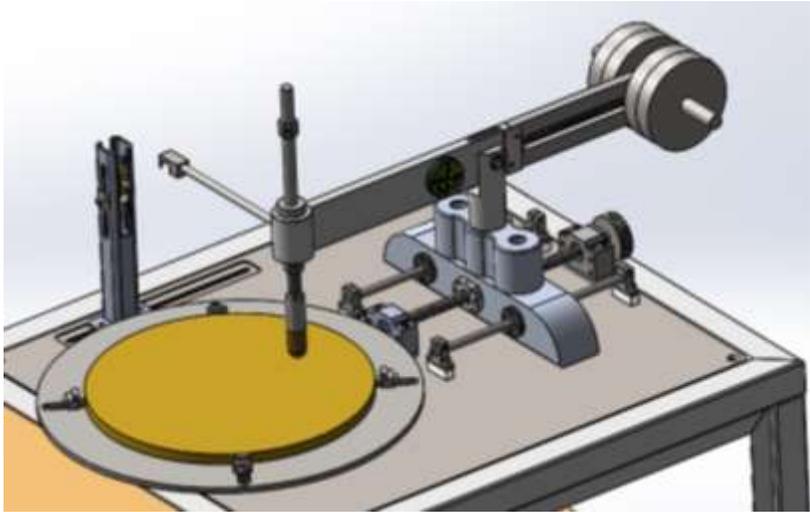
Manual de operación

Es importante que el operador de la máquina lea este manual y se familiarice con todas las funciones y precauciones de seguridad de la unidad antes de su operación.

Para comenzar

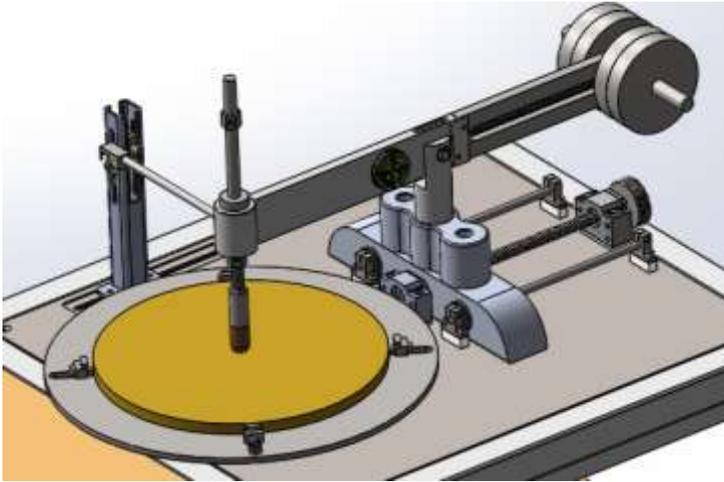
Es muy importante que antes de comenzar cada prueba y ensayo el operador verifique que la máquina este en buen estado general y que todas sus piezas esten bien ensambladas, exepctuando los componentes intercambiables (pin y disco). Luego de esto, el operador debe proceder a limpiar con un trapo, preferiblemente sin peluzas, y ligeramente untado de alcohol cada una de las partes de la máquina para así garantizar la no alteración del ensayo por agentes externos, posterior a esto debe ensamblar en su lugar los componentes intercambiables y luego de esto proceder a limpiar tambien las piezas intercambiables por las partes que van a estar en contacto garantizando que la prueba arroje los resultados necesarios.

Tras este punto la máquina debe de estar en una posición similar a la siguiente:

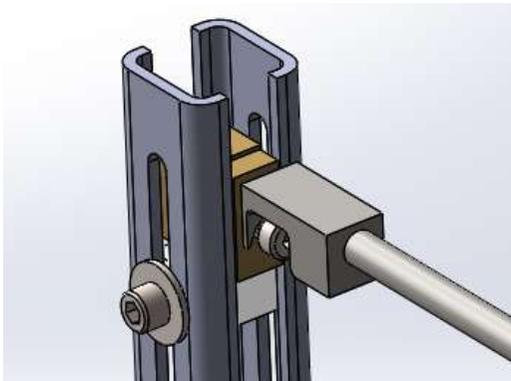


Luego de tener el brazo (12)(13) equilibrado usando el peso (4) y la distancia del pasador móvil (17) que necesitemos, procederemos a ubicar nuestro pin (11) a la distancia que precisemos del disco (21) dependiendo de la prueba requerida, para ello contamos con las guías lineales (8) y el pasador roscado ubicados de manera horizontal sobre la placa de la mesa (19) y permitiendo a la torreta (1) desplazarse sobre ella, con giros en la pieza moleteada (16) podremos desplazar nuestro pin hacia adelante o atrás como deseemos.

Con estos pasos tendremos la máquina en una manera similar a la siguiente:

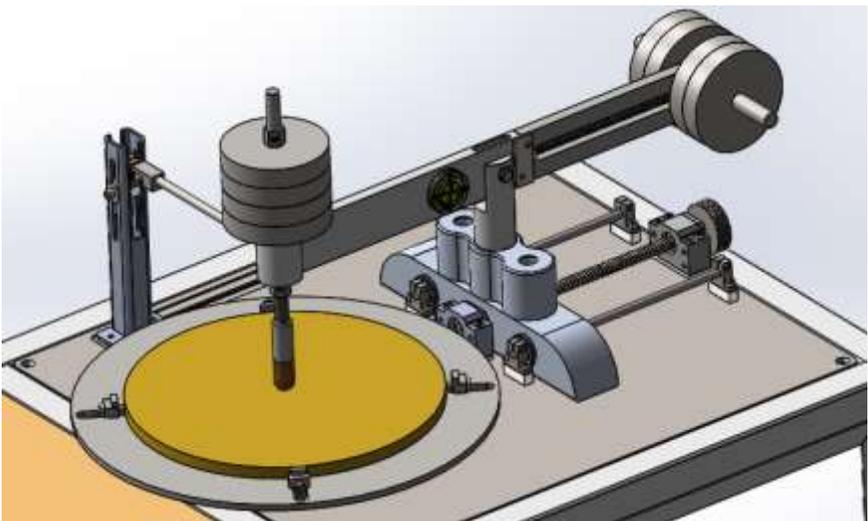


Cada prueba necesitará ser sensada mediante un software para poder cuantificar los resultados de cada ensayo, para ello debemos ubicar el brazo sensor (3) y el sujetador (15) en la celda moviendo la torre de celda (25) por la placa de la mesa (19) usando la ranura hecha en esta, si es necesario podemos además mover verticalmente la altura de la celda mediante la guía (26) para que esta encaje precisamente en el sujetador, de la siguiente manera:



Finalmente cada prueba posee cantidad de variables independientes como la velocidad, punto de roce, materiales, y fuerza, para esta ultima se presenta la posibilidad de agregar un peso vertical al pin, que posteriormente será llamado fuerza o N , necesario para los resultados de cada ensayo, para ello se tienen disponibles algunos discos (4) adicionales de peso los cuales serán posicionados en el porta cargas (9) que ya deberá de estar ensamblado en el brazo platina B (13). Los discos de peso serán fijados en el porta cargas mediante una tuerca para impedir movimientos no deseados. Este paso deberá de ser el último y posterior a este, si todo está posicionado de la manera correcta, procederemos a ejecutar la prueba.

Nuestro tribómetro tipo “pin-disco” está listo para empezar, deberá lucir similar a la siguiente imagen:



Guía de mantenimiento

Para proceder con el mantenimiento de la máquina se debe contar con mecanismos de protección y seguridad como bata de laboratorio, gafas de protección, guantes y elementos de limpieza.

Cada prueba

- Inspección visual de la máquina.
- Chequee que la máquina esté libre de objetos externos a ella y tenga espacio libre para realizar la prueba.
- Verifique que sus partes estén completas.
- Verifique que la máquina esté ensamblada completamente (exceptuando sus componentes intercambiables (pin y disco).
- Limpie la zona con un paño limpio sin pelusas evitando que queden residuos de la prueba.

Cada semana o 15 días

- Chequee y limpie cada una de las piezas de la máquina con un paño limpio y un poco de alcohol en él, puede ser necesario que haya que desmontar el porta pin y porta discos para remover residuos de pruebas de estos.
- Chequee el movimiento del brazo, desplazamiento de la torre de celda, libre movimiento de la torreta de manera vertical, rotación

de la columna y la rotación del porta disco. De no ser posible lo anterior, proceda a reensamblar correctamente la máquina.

- Chequee que no haya líquidos en la máquina, como lubricantes, aceites o químicos. De ser así proceda a limpiar toda la zona afectada para evitar que corrosión o desgaste no necesario en las piezas.
- Verifique que el motor se encuentre en perfecto estado de funcionamiento, de no ser así acudir a un técnico y parar la máquina hasta ser reparada.

Cada mes

- Verifique que los tornillos que ensamblan cada pieza estén fijos, de no ser así proceda a apretar los mismos.
- Verifique que ninguna pieza este corroída o dañada, de ser así proceda a comprobar si hay alguna solución o si esta debe de ser reemplazada, es necesario parar la máquina hasta ser reparada.
- Mueva los componentes de la máquina para garantizar que esta se puede usar correctamente sin alterar los resultados de los ensayos, de no ser así proceda a reensamblar la máquina hasta quedar en buen estado.
- Si todo está OK, se procederá a hacerle limpieza a la máquina con un paño suave y un poco de alcohol en este.

USER MANUAL

Read the manual carefully and make sure you fully understand its contents
before using the machine for the first time

English

Degree work: Technical evaluation of a preliminary design of a pin-disc tribometer under ASTM G99 standard with variable speed.

Institución Universitaria Pascual Bravo

Medellin

2022

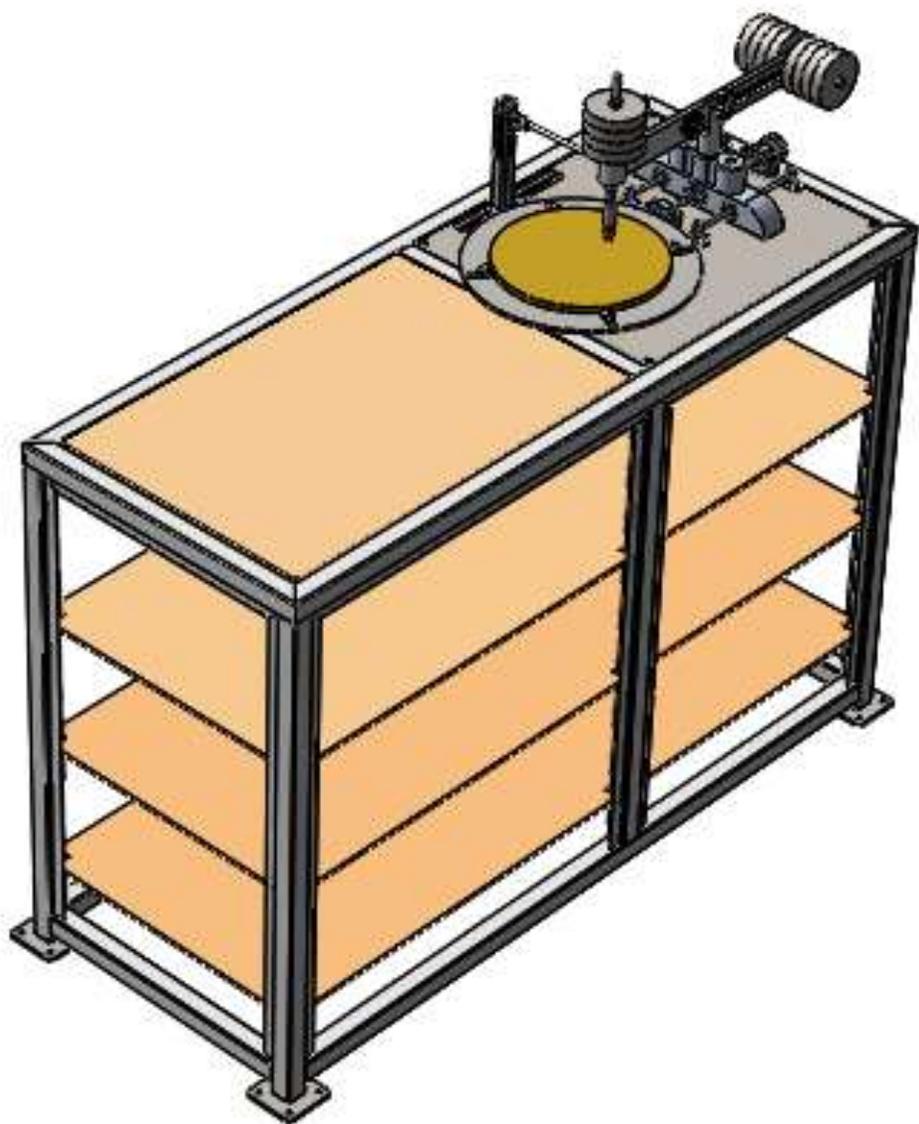


Table of Contents

Safety Instructions	4
Mandatory information	4
Material scope of instruction	4
Intended use	4
Misuse	5
Responsibilities	5
An advice to the operator	6
Safety and security mechanisms	6
Damage	6
Failure and Errors	7
Oils, Lubricants.....	7
Work Area.....	7
Supply of energy and electricity	7
Environmental conditions in the workplace	8
Maintenance	9
Regular Safety Instructions.....	9
Care and Adjustments	9

Waste, Dismantling, Disposal	10
Reparation	10
Repair, Electricity	10
General liability	11
Installation Manual	12
Components and parts.....	12
Subsystems.....	14
1. Frame:	14
2. Disc location system:	15
3. Cell tower system:.....	16
4. Pin displacement system:	18
Operation Manual	20
Getting Started	20
Test Accommodation	21
Maintenance Guide	25
Each test	25
Every week or 15 days.....	25
Every month.....	26

Safety Instructions

This part of the instructional material is intended for the proper use of your equipment. It contains important information to help you work safely with the unit.

Mandatory information

All persons operating and/or working on the "pin-disc" tribometer must read and understand all parts of the safety instructions. This applies, in particular, to persons who only operate and/or work in this unit occasionally (e.g. for maintenance and repair).

Material scope of instruction

- Overview
- Operator Instructions
- Diagrams of the system with its parts

Intended use

The machine is designed and built in a way that is easy to handle. However, any machine can be dangerous to some part of the users' body and can be damaged or caused damage, particularly if it is operated

incorrectly or used for purposes other than those specified in the Instruction Manual.

Misuse

It includes, for example, using the equipment for something different from what was designed. The proper use of the machine includes being in conformity with the technical information, as well as in compliance with maintenance regulations.

The machine must be operated in perfect working condition, and all malfunctions must be corrected immediately.

Instructional Material should always be kept close to the machine and accessible to all those to whom it concerns.

Instructional Material should be supplemented with instructions that include supervision and reporting of duties that take due account of operational characteristics, such as the organization and sequence of work.

Responsibilities

Clearly define who will be responsible for operating, installing, checking and repairing the machine. Define the responsibilities of the machine

operator. People receiving training of any kind should only work on/or with the machine under the supervision of an experienced operator.

An advice to the operator

The inherent danger of the machine is the possibility that fingers or very wide clothing will be trapped by moving, rotating or assembling parts.

Safety and security mechanisms

- Lab coat
- Safety glasses
- Gloves for handling parts belonging to the test
- Cleaning elements

Damage

If any changes are observed that are capable of affecting the mode of operation of the machine, such as malfunctions, failures or changes in the machine or its instruments, appropriate steps should be taken immediately such as, shutting down the machine and following the procedure of closing and labeling it. The machine must be examined for obvious damage and defects at least once per shift. The damage found must be remedied immediately by the authorized person before resuming

the operation of the machine. The machine must be operated in perfect working condition and using the protection and safety mechanisms.

Failure and Errors

The machine must be turned off and all its moving or rotating parts allowed to stop completely and secure them against an accidental restart before starting to remedy any failure or error.

Oils, Lubricants

Look at the safety regulations for the product you are using.

Work Area

A clean work area without any obstruction is essential for safe machine operation. The work area should be well lit, either by general lighting or local lighting. Each of the parts of the machine must be clean and well assembled to avoid alterations in the tests carried out on it.

Supply of energy and electricity

Before undertaking any maintenance or repair work on the machine disconnect the main electrical source of the machine.

-
- **Electricity:** the machine will always be isolated from the electrical source whenever the main switch has been disconnected. However, this does not apply to the power supply in the control cabinet, nor to equipment that receives power that does not come from the main switch.
 - **Cinetic energy:** notice that the engine or disk, for example, can continue running even after being turned off.

Environmental conditions in the workplace

The machine is designed to work in enclosed rooms: Allowed ambient temperatures. The funation in the control systems and movements of the machine cann provide in an increase in the temperature, for example, of the engine. It must be protected against climatic influences such as electrostatic charges, hail, storm damage and air salinity in coastal regions. Protect against the influences of the surroundings: no structures with vibration, no ground dust or chemical vapors. Protect against unauthorized access. Ensure that the machine and its accessories have been placed in a stable position at the end of each test. Ensure that there is easy access for operation and maintenance (Instruction Manual and drawings); also verify that the floor is not uneven so as not to alter the results of the test.

Maintenance

Regular Safety Instructions

The machine must be turned off, taken to total stillness and be assured that it could not be inadvertently reconnected before starting any maintenance work. Use the correct procedure to secure the machine against inadvertent initiates. Remove any oil, grease, garbage and waste, particularly from assemblies, screws and any parts in contact, when maintenance and/or repair work begins. Do not use any corrosive cleaning agent, preferably use alcohol when you need to clean a part. Use lint-free rags. Tighten all the screws of the assemblies that had to be loosened by maintenance and repair work and make sure that the parts have been in their correct position. Any mechanism that had to be dismantled by installation, maintenance or repair must be readjusted and checked immediately after completion of the work.

Care and Adjustments

The changeable and removable parts of the machine such as the pin and the disc must be assembled and put correctly in place before starting with the corresponding test, these must guarantee the indicated measures found in the plans.

Waste, Dismantling, Disposal

Waste products must be cleaned from the machine at the end of each test. Ensure that operating fuels and lubricants, as well as replaced parts, are disposed of in a safe and ecologically acceptable manner. When disassembling the machine and its assemblies, make sure that these materials are arranged in a safe way.

Reparation

Repair, Electricity

The power supply must be turned off, as must any power cord to the machine in such a way that it cannot be inadvertently turned on before restarting or before starting work on the moving parts. Those parts of the machine on which maintenance or repair work is to be carried out must be insulated from the power supply specifically. The isolated parts must first be checked to determine whether they are truly de-energized and unemployed. Adjacent movable parts should also be insulated. The machine should be shut down immediately if a fault begins to develop in the power supply. The electrical equipment and motor should be checked at regular intervals and if any defects are found they should be repaired immediately.

General liability

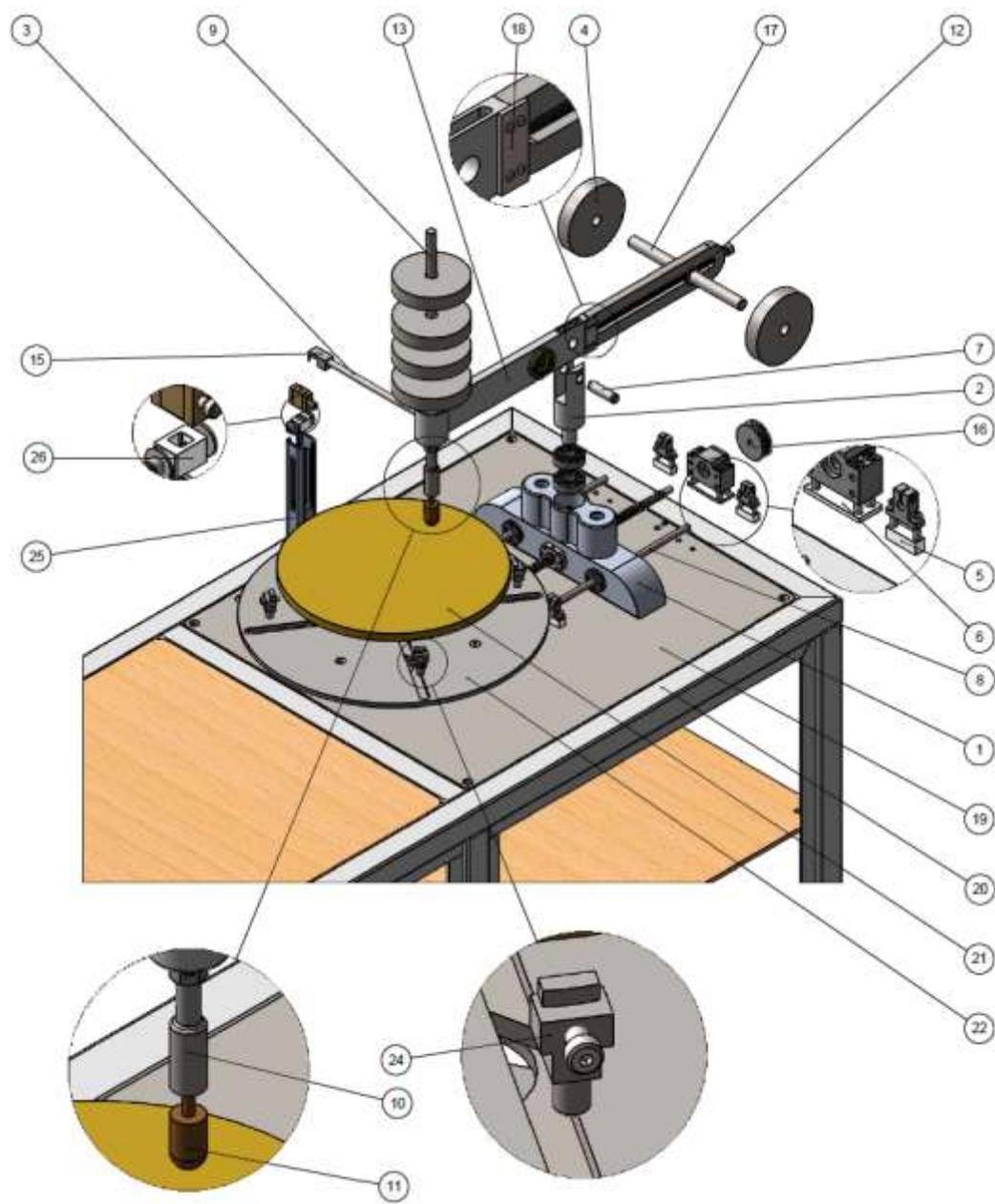
The machine must not be modified or converted into any form that could affect its operation without prior approval. All those involved in the operation and handling of this equipment should read and follow the instructions in this manual. Operate the machine in the manner specified in this manual only. Improper use can cause damage to your computer. To ensure that the operator is qualified, physically fit and properly trained in the operation of the machine.

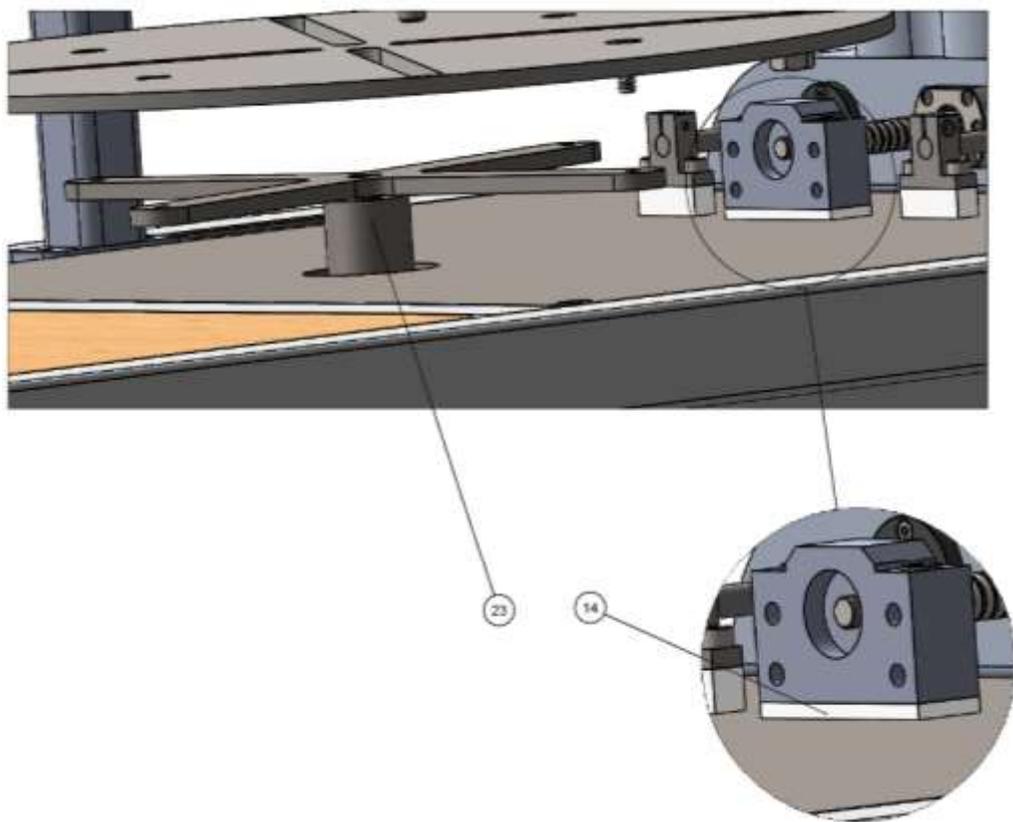
Installation Manual

It is important that the machine operator reads this manual and becomes familiar with all the functions and safety precautions of the unit before operating it.

Components and parts

ITEM	PART NAME	QUANTITY
1	Turret	1
2	Rotation column	1
3	Sensor arm	1
4	Weight discs	12
5	Supports 1 (for SK8)	4
6	Supports 3 (for BK10)	1
7	Arm pin	1
8	8 mm rods	2
9	Load holder	1
10	Pin holder	1
11	Sample pin	1
12	Lightened arm plate A	1
13	Lightened arm plate B	1
14	Supports 2 (for BF10)	1
15	Cell fastener	1
16	Knurled piece	1
17	Mobile pin	1
18	Rotating arm plate	2
19	Table plate	1
20	Chassis	1
21	Sample disc	1
22	Disc holder	1
23	Motor disc coupling	1
24	Guide complement	4
25	Guide post for cell	1
26	Guide for cell displacement	1

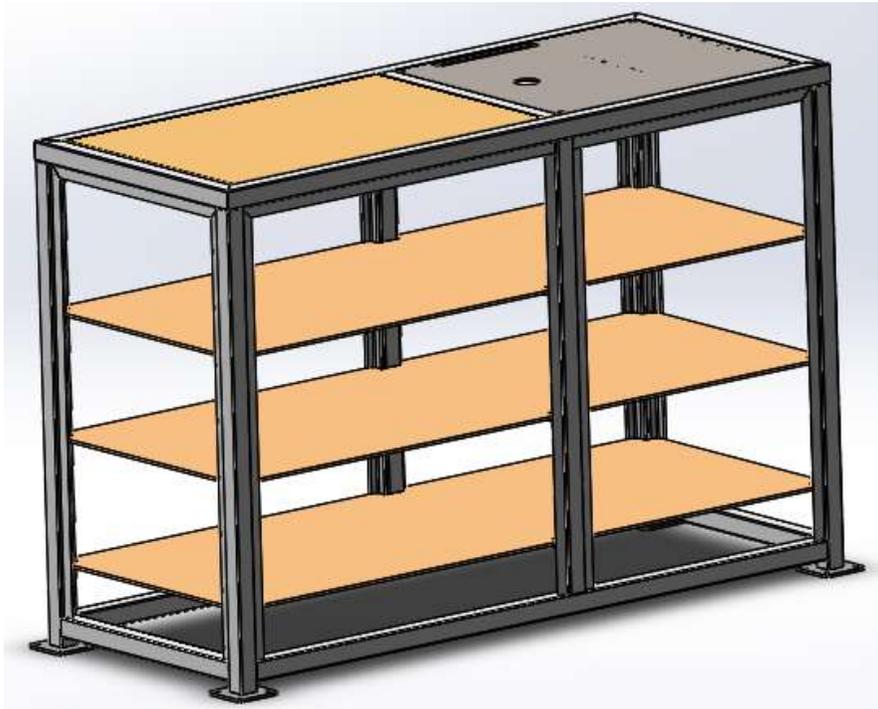




Subsystems

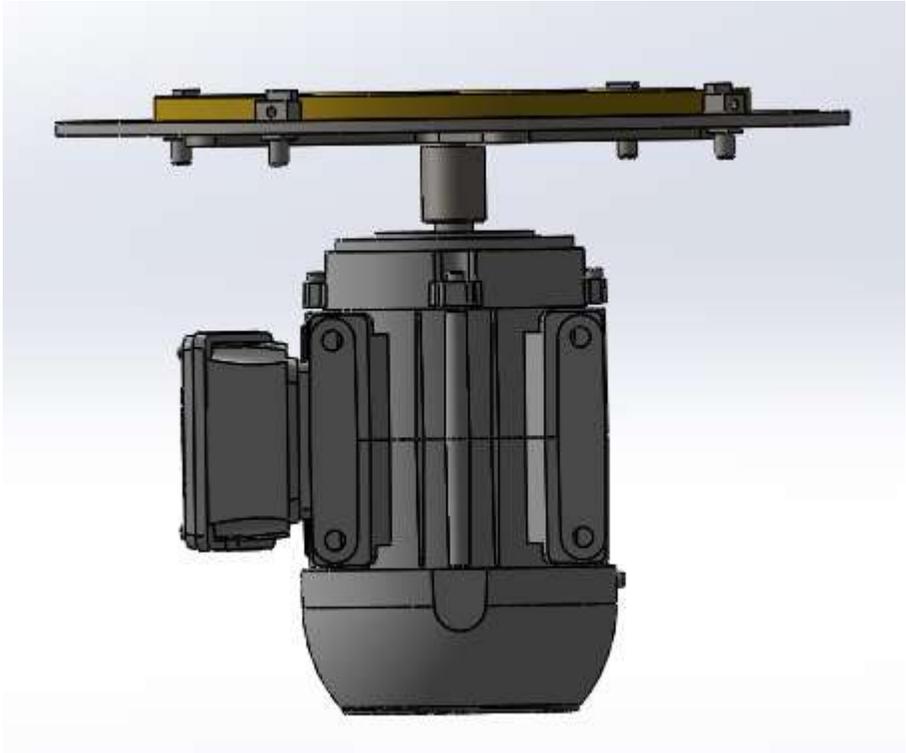
1. Frame: includes the chassis (20), separated into wooden organizing sheets and with the ideal atura to be able to work comfortably with the machine, on this is located the table plate (19), an essential part of the

tribometer because in it the other subsystems are positioned by holes designed for each of the components that will be fixed.



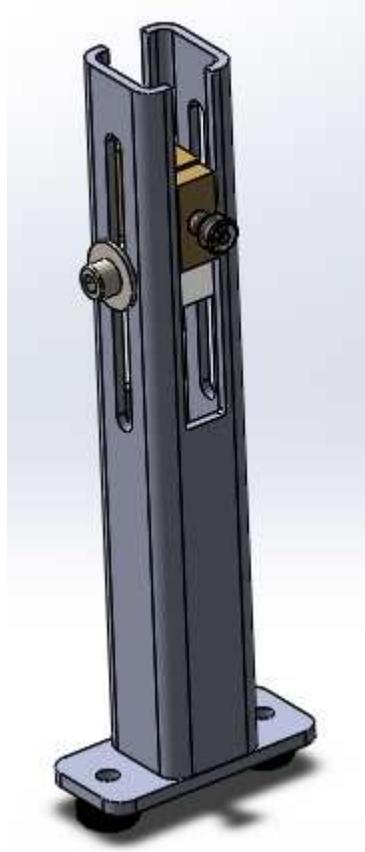
2. Disc location system: includes the coupling with the motor (23) which is the one that will allow the motor to exert a speed at each test, the coupling is assembled to the engine by means of a stump and by means of a star-shaped plate which assembles with the disc holder (22) which is responsible for holding the sample discs (21) that will be positioned depending on each test to be performed, to hold each disc there is a guide complement (24) that will adjust the disc in its required position so that it

does not move during the test, it can only be moved rotaryly on its axis by means of the support of the motor. All these components are fixed to the table plate (19) by means of a specific hole for the system.



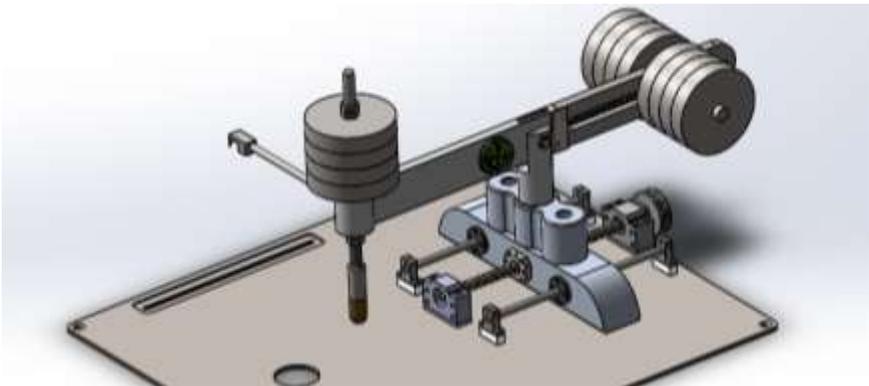
3. Cell tower system: comprises a guide post for cell (25) designed with square pipe and assembled to the table plate (19) by means of a horizontal groove allowing its displacement and accommodation for each of the tests, inside this is a guide for cell displacement (26) that is responsible

for enabling the accommodation of the cell vertically by the guide post accommodating it for the tests required and finally in this system we find the cell that is the sensor that will enable, through software, the sounding and subsequent quantification of the results that each test yields.



4. Pin displacement system: of all the systems this is the one that makes all the tests possible because it is the one that contains the largest number of pieces and the most complex, in this we find the turret (1), the main object of the tribometer since it assembles the rotation column (2) positioned in the turret by means of 2 bearings to allow rotation on its axis if the test needs it, and the lightened arm (12)(13) by means of a pin (7) that will fix these two components which will then allow us to assemble in the part of the plate B (13) the pin holder (10) and the sample pin (11) to be able to start each of the tests, in addition to the load holder (9) that, accompanied by several weight discs (4), will add a vertical force to the pin on the disc depending on the test we want to execute, and in the back that is the plate A (12) of the lightened arm we will find the mobile pin (17) that, by means of a rotary pin fixed to the arm lightened by a pin, can be moved along the slot of the plate and then allow us, by means of some discs of weight (4) distributed on both sides of the pin, balance the arm parallel to the disc as the test requires. At this point it is essential to guarantee the parallelism between the pin and the disc since it is the main requirement of the pin-disc desgate test, without it a correct test can not be given because the results may be altered, for this we have the help of a bubble level. Assembled to the plate B (13) of the lightened arm we find the sensor arm (3) and assembled to this the cell fastener (15) which must touch the cell slightly and thus the results of the test will be felt by means of a software. In order for plate A and B to be joined correctly and make

up the lightened arm we have 2 rectangular plates (18) located on the sides of the arm that will allow us to fix its two parts horizontally. Finally it should be noted that it is essential that the arm can be moved along the table to guarantee the variability of each of the tests to be executed, so we find 6 supports distributed through holes designed to be positioned fixedly on the table plate (19), which using 2 linear guides (rods 8 mm) (8) and a threaded pin will allow us to turret (1) moves horizontally through the table limiting its movement to where the supports are (5)(6)(14), this movement will be executed by the rotational movement of the knurled piece (16) located at the end of the threaded pin.



All these subsystems together will make up the "pin-disk" type tribometer.

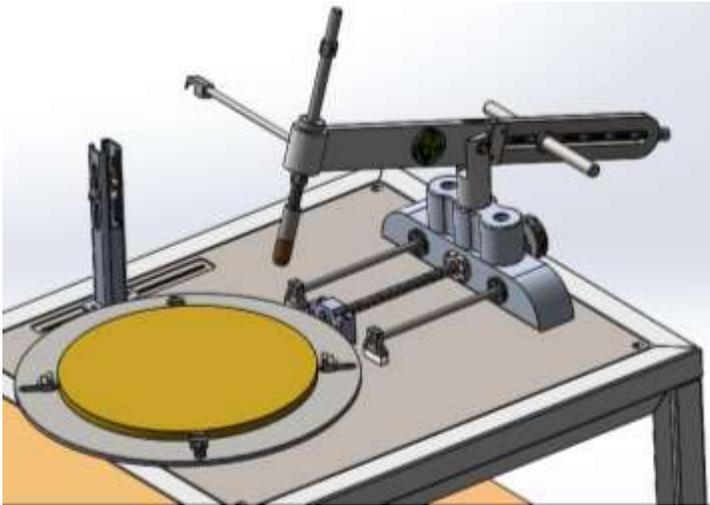
Operation Manual

It is important that the machine operator reads this manual and becomes familiar with all the functions and safety precautions of the unit before its operation.

Getting Started

It is very important that before starting each test and trial the operator verifies that the machine is in good general condition and that all its parts are well assembled, excepting the interchangeable components (pin and disc). After this, the operator must proceed to clean with a cloth, preferably without hair, and slightly smeared with alcohol each of the parts of the machine in order to guarantee the non-alteration of the test by external agents, after this he must assemble in place the interchangeable components and after this proceed to also clean the interchangeable parts by the parts that will be in contact ensuring that the test yields the necessary results.

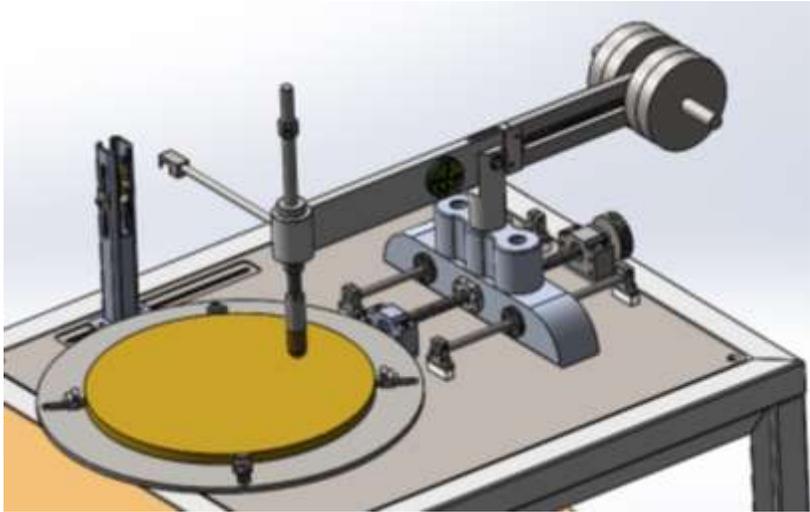
After this point the machine must be in a position similar to the following:



Test Accommodation

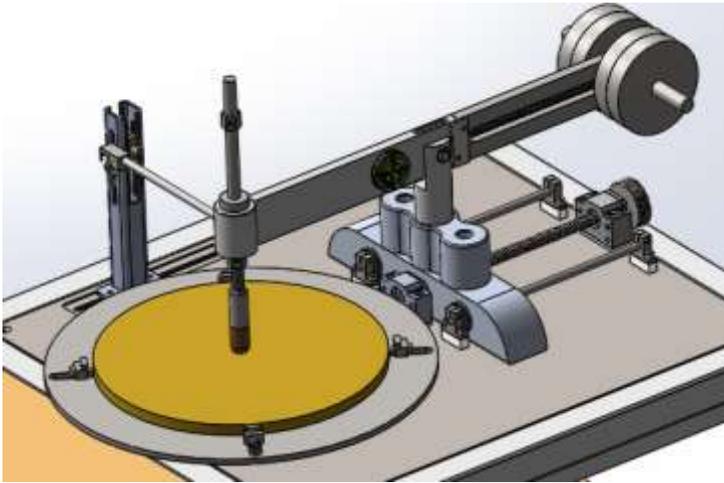
In this step it is necessary to guarantee that the pin (11) is parallel on the disc (21), for this we have the discs that weigh (4) that will be located on both sides of the mobile pin (17) to balance the arm (12)(13) (you can use the weight discs that are necessary), also because the mobile pin is attached to a rotary pin we can move horizontally the mobile pin on this to facilitate the execution, there is also a bubble level that will indicate when the arm is in the desired way and adding to this we have that the pin holder (10) can be threaded vertically on the plate arm B (13) to raise or lower when our pin is desired.

After this point the machine must be in a position similar to the following:

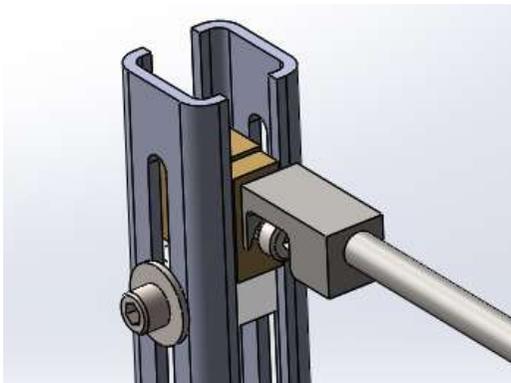


After having the arm (12)(13) balanced using the weight (4) and distance of the mobile pin (17) that we need, we will proceed to locate our pin (11) at the distance we need from the disc (21) depending on the required test, for this we have the linear guides (8) and the threaded pin located horizontally on the table plate (19) and allowing the turret (1) to move on it, with turns in the knurled piece (16) we can move our pin forward or backward as we wish.

With these steps we will have the machine in a similar way to the following:

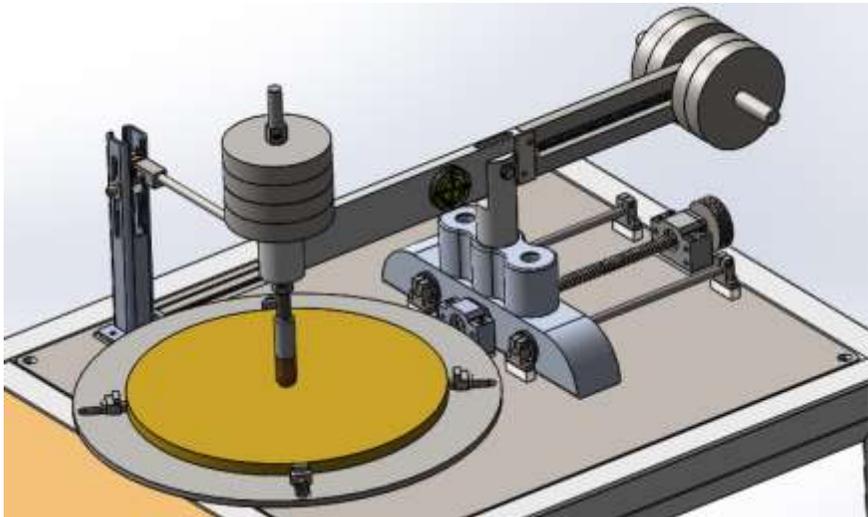


Each test will need to be sensed by software to be able to quantify the results of each test, for this we must locate the sensor arm (3) and the fastener (15) in the cell moving the cell tower (25) by the table plate (19) using the slot made in it, if necessary we can also move vertically the height of the cell by means of the guide (26) so that it fits precisely in the bra, as follows:



Finally each test has a number of independent variables such as speed, rubbing point, materials, and strength, for the latter the possibility of adding a vertical weight to the pin is presented, which will later be called force or N , necessary for the results of each test, for this some discs (4) additional weight are available which will be positioned in the load holder (9) which must already be assembled in the platen arm B (13). The weight discs will be fixed on the load holder by means of a nut to prevent unwanted movements. This step must be the last and after this, if everything is positioned in the right way, we will proceed to run the test.

Our "pin-disc" tribometer is ready to go, it should look similar to the following image:



Maintenance Guide

To proceed with the maintenance of the machine, you must have protection and safety mechanisms such as a laboratory coat, protective glasses, gloves and cleaning elements.

Each test

- Visual inspection of the machine.
- Check that the machine is free of objects external to it and has free space to perform the test.
- Verify that your parts are complete.
- Verify that the machine is fully assembled (except for its interchangeable components (pin and disc)).
- Clean the area with a clean lint-free cloth to prevent residue from the test.

Every week or 15 days

- Check and clean each of the machine parts with a clean cloth and a little alcohol in it, it may be necessary to disassemble the pin holder and disc holder to remove test residues from these.
- Check the movement of the arm, displacement of the cell tower, free movement of the turret vertically, rotation of the column and rotation of the disc holder. If the above is not possible, proceed to properly reassemble the machine.

-
- Check for fluids in the machine, such as lubricants, oils, or chemicals. If so, proceed to clean the entire affected area to prevent corrosion or unnecessary wear on the parts.
 - Verify that the engine is in perfect working order, otherwise go to a technician and stop the machine until it is repaired.

Every month

- Verify that the screws that assemble each piece are fixed, if not proceed to tighten them.
- Verify that no part is corroded or damaged, if so proceed to check if there is any solution or if it must be replaced, it is necessary to stop the machine until it is repaired.
- Move the machine components to ensure that the machine can be used correctly without altering the test results, otherwise reassemble the machine until it is in good condition.
- If everything is OK, the machine will be cleaned with a soft cloth and a little alcohol in it.