

DISEÑO DE UN MECANISMO PARA RECTIFICAR ESFERAS DE VÁLVULAS
DE PASO EN UN TORNO CONVENCIONAL

JOSE RAFAEL PLAZAS RIVERO
RICHARD STEVE GONZALEZ RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2022

DISEÑO DE UN MECANISMO PARA RECTIFICAR ESFERAS DE VÁLVULAS DE
PASO EN UN TORNO CONVENCIONAL

JOSE RAFAEL PLAZAS RIVERO

RICHAR STEVE GONZALEZ RODRIGUEZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIEROS MECÁNICOS

DIRECTOR:

RICARDO ALFONSO JAIMES ROLÓN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

BUCARAMANGA

2022

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto primeramente a mis padres que siempre han estado conmigo tanto en los buenos como en los malos momentos, siempre me apoyaron cuando quise desistir, siempre estuvieron allí, apoyándome en cada paso que di, en cada decisión que tomé, son un ejemplo en mi vida, por su berraquera, por su entrega, por su carisma, porque siempre lo dieron todo por mí y por mi hermana, para que saliéramos adelante y ahora que estoy a puertas de graduarme de profesional y ya ejerciendo quiero decirles gracias por todo lo que me dieron y por sus enseñanzas, son motivo de alegría y orgullo para mí los quiero, también dedico este logro a una de las personas que me apoyo en este proceso mi tía Mónica Rivero que siempre creyó en mí y en mis capacidades que es como una segunda madre para mí, mis abuelos que también fueron pieza fundamental desde que era pequeño hasta ahora y una mención especial para Rosa Beleño, Ana Joaquina Vásquez y Abraham Beleño y Ana Isabel Cardona que desde el cielo me cuidaron y espero que se sientan orgullosos de este logro que estoy consiguiendo.

José Rafael Plazas Rivero

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por siempre estar conmigo, a mis padres, mis abuelos y mis tíos, y en general a todas las personas que hicieron parte de este proceso a Yenny Ostos mi amiga y consejera, a los Primíparos Jaime, Alex, Moya, Edgar, Nico, Marulo, Acevedo, Chacón que hicieron más llevadera mi estadía en la UIS y con los cuales pasé momentos inolvidables, a las personas que conocí en la escuela de mecánica en especial a Fabian Hernández que es como mi hermano, y me ayudo a crecer de manera personal, a todas esas amistades que hice en el 2021 que fueron increíbles aunque algunas personas ya no estén en mi vida yo aun las recuerdo con mucho cariño, agradecer de igual manera al profesor Cesar Riberos que me enseñó cosas importantes en la carrera, a Andrea Machado que me ayudo a salir de un bache muy grande en mi vida y en general a todas las personas con las cuales me cruce a lo largo de la carrera por que me dejaron aprendizajes importantes que me han servido en el ejercicio de mi vida personal y laboral.

José Rafael Plazas Rivero

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mi padre Ricardo Augusto González Cuesta y a mi madre Martha Rodríguez Cadena quienes han estado conmigo todo este tiempo educándome y apoyándome, gracias a ellos he aprendido los valores que se encuentran en una familia. Ellos han sido todo un ejemplo para mí ya que me enseñaron a respetar a Dios por sobre todas las cosas. A pesar de la adversidad a pesar de las dificultades siempre hallé en ellos la gracia de ser un ejemplo como persona recibiendo un gran apoyo moral tanto para mí como para mis hermanos. Quiero dedicar este proyecto a todas y cada una de las personas que han estado a lo largo de mi carrera, a pesar de ser pocas fueron un gran instrumento en mi formación profesional.

Richard Steve González Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios quien ha tenido ha sido misericordioso conmigo ya que he podido ver y sentir su gracia en mí, a mi familia y mis amigos, siempre será un privilegio tenerlos en mi vida. Quiero agradecer a mi padre ya que sin él no fuera posible la inmensa ayuda que hemos obtenido en el transcurso de nuestra tesis, sus conocimientos fueron de gran ayuda, a nuestro director por su ayuda a lo largo del proyecto, por su paciencia y por ser un gran profesional y persona. Quiero agradecer a la Universidad Industrial de Santander, a la escuela de ingeniería mecánica y a cada uno de los profesores ya que cada uno de apporto a nuestra formación.

Richard Steve González Rodríguez

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	22
3. OBJETIVOS	24
3.1. OBJETIVO GENERAL	24
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4. MARCO TEÓRICO	25
4.1. CARACTERIZACIÓN DE MÁQUINA-HERRAMIENTA TORNO	25
4.1.1. Tipos de máquinas convencionales para remoción de material.	26
4.1.1.1 Torno convencional	26
4.1.1.2. Torno revolver	27
4.1.1.3. Torno vertical	27
4.1.1.4. Torno cnc	28
4.1.1.5. Centros de mecanizado	28
4.1.2 Tipos de herramientas de corte	29
4.1.2.1 Estandarización de la herramienta de corte	30
4.1.2.2. Clasificación de las herramientas de corte en tornos convencionales	31
4.1.3. Movimientos en un torno convencional	33
4.1.4. Componentes principales en un torno convencional	34
4.1.4.1 Cabezal fijo.	35
4.1.4.2 Control de velocidades	35

4.1.4.3. Carro principal	36
4.1.4.4 Torreta	36
4.1.4.5 Carro transversal.	36
4.1.4.6 Bancada	36
4.1.4.7 Contrapunto	37
4.1.4.8. Husillo o cabezal giratorio	37
4.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE BOLA	37
4.2.1. Principio de funcionamiento de una válvula de bola	40
4.2.2. Tipos de válvulas de bola	41
4.2.2.1. Basado en el método de apoyo de la pelota	41
4.2.2.2. Por tipo de instalación de bola	41
4.2.3. Normativas	44
5. ANTECEDENTES	45
5.1. FABRICACIÓN DE ESFERAS EN TORNOS CONVENCIONALES	45
5.2.1. Investigaciones contexto internacional	47
5.5.2. Contexto nacional	49
5.5.3. Contexto local	51
6. ALTERNATIVAS DE DISEÑO	51
6.1 MATRIZ DE CALIDAD (QFD)	51
6.2 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS	54
6.2.1 Alternativa 1	54
6.2.2 Alternativa 2	55
6.2.3 Alternativa 3	57
6.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA	58
7. DISEÑO CONCEPTUAL	61
7.1 DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO	62

7.2 SUBSISTEMAS DEL DISPOSITIVO RECTIFICADOR	64
7.2.1 Subsistema de bastidor o estructura	64
7.2.2. Subsistema de accionamiento	66
7.2.3 Subsistema de corte	68
7.3 PARÁMETROS DE DISEÑO	69
8. DISEÑO DE DETALLE	70
8.1 GEOMETRÍA DEL DISPOSITIVO	70
8.2 CARACTERÍSTICAS DE LO MATERIALES DE LOS ELEMENTOS	70
8.2.1. Subsistema de bastidor del mecanismo	71
8.2.2. Subsistema de accionamiento	71
8.2.3. Subsistema de porta herramienta	72
8.2.4. Engranaje	72
8.2.5 Piñón	73
8.3 CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN DISPOSITIVO	73
8.3.1 Fuerzas en herramienta de corte	77
8.3.2 Fuerza para accionar el dispositivo	79
8.3.3 Selección del motorreductor	83
8.3.4 Cálculo de transmisión por cadena	88
8.3.5 Cálculo del rodamiento	91
9. DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR	94
9.1 GENERACIÓN DE PLANOS	94
9.1.1 Subsistema 1 - sistema motriz	95
9.1.2 Subsistema 2 - guarda	98
9.1.3 Subsistema 3 - transmisión por cadena	99
9.1.4 Subsistema 4 - acople bancada	100
9.1.5 Subsistema 5 - portaherramienta	102
9.1.6. Subsistema 6 - accionamiento rotativo dispositivo	103
9.1.7. Subsistema 7 - accionamiento manual dispositivo	104

10.	ANALISIS DE VIABILIDAD ECONOMICA	106
10.1	CONCEPTOS DE INVERSIÓN PARA LA HERRAMIENTA	106
10.2	HERRAMIENTAS PARA ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA	108
10.2.1.	VALOR ACTUAL NETO (VAN)	108
10.2.2.	Tasa interna de rentabilidad (tir)	109
10.2.3	Periodo de recuperación o payback	110
11.	COSTOS DE ADQUISICION MAQUINA	112
12.	ANALISIS DE COSTO DE LAS ESFERAS	115
13.	PLAN GENERAL DE MANTENIMIENTO	120
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
	BIBLIOGRAFIA	122
	ANEXOS	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Componentes de la herramienta	29
Figura 2 Clasificación de las herramientas.....	31
Figura 3. Movimiento de trabajo del torno	34
Figura 4. Principales componentes de un torno convencional	35
Figura 5. Válvula de bola.....	38
Figura 6. Sección esquemática de una válvula de bola	38
Figura 7. Sección esquemática de una válvula de bola	39
Figura 8. Válvula de bola flotante	43
Figura 9. Válvula de bola montada en muñón	44
Figura 10. Fabricación de esferas en tornos convencionales.	46
Figura 11. Proceso de fabricación de esferas	47
Figura 12. Alternativa 1	55
Figura 13. Alternativa 2	56
Figura 14. Alternativa 3	58
Figura 15. Montaje de mecanismo en bancada del torno paralelo.	59
Figura 16. Dispositivo rectificador de esferas.....	59
Figura 17. Dispositivo rectificador	60
Figura 18. Dispositivo rectificador	62
Figura 19. Sistema de desplazamiento	63
Figura 20. Vista isométrica bastidor	65
Figura 21. Vista en sección del bastidor.....	65
Figura 22. Vista isométrica subsistema de accionamiento	67
Figura 23. Vista en sección subsistema de accionamiento	67
Figura 24. Subsistema de corte.....	68
Figura 25. Proceso de maquinado	74
Figura 26. Velocidad de corte, avance y profundidad de corte de una operación de torneado.	75
Figura 27. Figura corte ortogonal	76

Figura 28. Esfuerzos en la herramienta	77
Figura 29. Ventana de selección	84
Figura 30. Ventana de selección 2	85
Figura 31. Ventana de selección 3	86
Figura 32. Ventana de selección 4	86
Figura 33. Ventana de selección 5	87
Figura 34. Clasificación de servicio	88
Figura 35. Selección de rodamiento	92
Figura 36. Plano isométrico del dispositivo	95
Figura 37. Plano subsistema 1	96
Figura 38. Plano de soporte vertical	97
Figura 39. Explosionado de subsistema 1	98
Figura 40. Plano de guarda de dispositivo	99
Figura 41. Plano sistema de transmisión	100
Figura 42. Plano dispositivo de acople	101
Figura 43. Plano de porta herramienta	102
Figura 44. Plano dispositivo de accionamiento	103
Figura 45. Plano accionamiento manual del dispositivo	104
Figura 46. Plano lamina de ajuste	105
Figura 47. Cotización equipos	113
Figura 48. Esfera 12 in	116
Figura 49. Esfera proveedor Medellín	117
Figura 50. Tabla aceros esferas	118
Figura 51. Imagen esfera ISTEAM	119

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las herramientas	32
Tabla 2. Sección esquemática de una válvula de bola.....	40
Tabla 3. Matriz de calidad QFD	53
Tabla 4. Criterios de importancia en el diseño	53
Tabla 5. Valores de caballos de fuerza	83
Tabla 6. Factor de servicio	89
Tabla 7. Capacidad de hileras múltiples.....	90
Tabla 8. Selección de transmisión.....	91
Tabla 9. Datos de cálculo	93
Tabla 10. Viabilidad económica del proyecto	107
Tabla 11. Variables económicas	108
Tabla 12. Variables económicas 2	110
Tabla 13. Cálculo de TIR y VAN.....	111
Tabla 14. Costo equipos mecanismo	112
Tabla 15. Plan general de mantenimiento	120

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.Plano vistas principales.....	124
Anexo 2.Plano sistema de transmisión	125
Anexo 3.Plano motor	126
Anexo 4..Plano soporte motor	127
Anexo 5.Plano ajuste superior motor	128
Anexo 6.Plano guarda.....	129
Anexo 7.Plano detalle guarda	130
Anexo 8.Plano ensamble posterior guarda	131
Anexo 9.Plano transmisión de cadena	132
Anexo 10.Plano eje	133
Anexo 11.Plano base de transmisión	134
Anexo 12.Plano buje separador de transmisión	135
Anexo 13.Plano sprocket conducido	136
Anexo 14.Plano sprocket motriz.....	137
Anexo 15.Plano disp acople bancada	138
Anexo 16.Plano placa acople bancada	139
Anexo 17.Plano ajuste placa bancada	140
Anexo 18.Plano portaherramienta.....	141
Anexo 19.Plano disp de accionamiento portaherramienta	142
Anexo 20.Detalle disp de accionamiento	143
Anexo 21.Plano placa de ajuste disp de accionamiento	144
Anexo 22.Plano accionamiento manual del disp	145
Anexo 23.Plano rueda de ajuste manual.....	146
Anexo 24.Plano rueda fija de ajuste	147
Anexo 25.Plano placa de alojamiento tuerca	148
Anexo 26.Plano tapa de placa.....	149
Anexo 27.Plano buje	150
Anexo 28.Plano láminas de ajuste	151
Anexo 29.Plano tornillo de movimiento	152

Anexo 30.Cotización fabricación disp rectificador	154
Anexo 31.Cotización rectificación esfera 12"	155
Anexo 32.Catalogo selección de rodamiento	157
Anexo 33.Catalogo SKF selección de rodamiento	159
Anexo 34.Catalogo selección de portaherramienta.....	161
Anexo 35.Catalogo selección de herramienta.....	162
Anexo 36.Analisis de esfuerzos	163

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN MECANISMO PARA RECTIFICAR ESFERAS DE VÁLVULAS DE PASO EN UN TORNO CONVENCIONAL*

AUTORES: JOSE RAFAEL PLAZAS RIVERO**
RICHARD STEVE GONZALEZ RODRIGUEZ**

PALABRAS CLAVE: VÁLVULA DE PASO, OBTURADOR, DISPOSITIVO RECTIFICADOR, ESFERA, TORNO CONVENCIONAL, SOLIDWORKS

DESCRIPCIÓN:

En la industria las válvulas son empleadas como un instrumento mecánico, donde su función principal es regular el paso de un fluido, este elemento mecánico se utiliza en instalaciones industriales, tuberías de transporte, máquinas específicas, entre otras. Las válvulas se pueden clasificar de diferentes formas, según el número de vías, el tipo de carrete, el obturador, según su función, si son o no pilotadas, entre otros tipos de clasificación. El presente proyecto de grado se centrará en las válvulas de paso, las cuales cuentan con un obturador esférico, el cual realiza una regulación en el caudal que pasa por la válvula. En este proyecto se realiza el diseño detallado de un dispositivo rectificador de esferas, el cual permite corregir la esfericidad del elemento debido a que estas válvulas están sometidas al paso de fluidos con diferentes condiciones de trabajo, como por ejemplo altas presiones, altas y bajas temperaturas, entre otras. Este diseño detallado se realiza con el fin de apoyar la industria del distrito de Barrancabermeja ya que el distrito no cuenta con la tecnología adecuada para realizar dicho proceso de rectificado. Este dispositivo se adapta en tornos convencionales, debido a que en el distrito portuario esta máquina-herramienta es la más común para estos trabajos de rectificado. El proyecto de grado se apoya en herramientas computacionales de diseño, específicamente en el software SolidWorks para ejecutar el proceso ingenieril de diseño, identificando la geometría del dispositivo, selección de materiales, realización de planos de fabricación, entre otros.

*Proyecto de grado

**Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica.

Director: Ricardo Alonso Jaimes Rolón

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF A MECHANISM TO RECTIFY VALVE BALLS BY STEP ON A CONVENTIONAL LATHE*

AUTHORS: JOSÉ RAFAEL PLAZAS RIVERO**

RICHARD STEVE GONZALEZ RODRIGUEZ**

KEY WORDS: STOP VALVE, PLUG, RECTIFYING DEVICE, SPHERE, CONVENTIONAL LATHE, SOLIDWORKS

DESCRIPTION:

In industry, valves are used as a mechanical instrument, where their main function is to regulate the passage of a fluid, this mechanical element is used in industrial facilities, transport pipes, specific machines, among others. Valves can be classified in different ways, depending on the number of ways, the type of spool, the obturator, depending on their function, whether or not they are piloted, among other types of classification. This degree project will focus on bypass valves, which have a spherical shutter, which regulates the flow that passes through the valve. In this degree project, the detailed design for a sphere rectifying device is carried out, which allows correcting the sphericity of the element due to the fact that these valves are subjected to the passage of fluids with different working conditions, such as high, high and low pressures. temperatures, among others. Additionally, this detailed design is carried out in order to support the industry of the Barrancabermeja district, since the district does not have the appropriate technology to carry out said rectification process. This device adapts to conventional lathes, because in the port district this machine tool is the most common for these grinding jobs. The degree project is based on computational design tools, specifically SolidWorks software to execute the engineering design process, identifying the geometry of the device, selecting materials, making manufacturing drawings, among others.

*Proyecto de grado

**Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería mecánica.

Director: Ricardo Alonso Jaimes Rolón

INTRODUCCIÓN

Debido a el desarrollo a pasos agigantados de las tecnologías en la industria, se deben ejecutar nuevos procesos y técnicas para suplir las necesidades que surgen en dicha globalización, y el conocimiento se debe acoplar a dichas exigencias. En este orden de ideas, industrialmente, se usa un dispositivo mecánico el cual permite regular el paso de un fluido, este dispositivo son las válvulas. Las válvulas se pueden clasificar de diversas maneras, como por ejemplo según el número de vías, según el tipo de carrete, según su función, por el tipo de obturador que cuentan, entre otras clasificaciones.

El obturador es el elemento mecánico que tiene como función regular el paso de los fluidos. Este proyecto de grado se enfatiza en la válvula de paso, la cual cuenta con un obturador esférico, conocido comercialmente como válvula de bola. Estas válvulas ofrecen excelentes prestaciones industriales, como por ejemplo una buena capacidad de cierre u obstaculización del fluido, además de válvulas son recomendadas para diversos trabajos industriales, tales como fluidos con altas temperaturas de trabajo, servicios generales, entre otras.

Las aplicaciones de la válvula de bola son variadas en diferentes industrias, como, por ejemplo, industrias con manejo hídrico, industrias alimentarias, para regular el paso de fluidos. En la industria química es muy común el uso de este dispositivo mecánico para controlar todo tipo de sustancias, como por ejemplo ácidos, fluidos viscosos, entre otros. Esta válvula de paso hace uso de diversos accesorios alrededor de la esfera, como por ejemplo anillos y juntas para conformar el adecuado asiento de la bola. Debido al paso de los diversos fluidos por este accesorio se presentan deformaciones en el asiento de la válvula ocasionando deformaciones en la esfera y afectando notablemente las propiedades de sellado de la válvula, por este motivo se presentan las diversas fugas. En este proyecto de grado se realiza el diseño detallado de un dispositivo para rectificar

dichas deformaciones en las válvulas y apoyando principalmente la economía del distrito de Barrancabermeja.

La primera etapa este proyecto consiste en las referencias teóricas y bibliográficas de los diversos procesos en los cuales se remueve material mediante revolución, específicamente en los tornos convencionales y sus principales partes y movimientos, especialmente en los componentes tales como cabezal móvil, carro principal, carro transversal, centro punto. Además de la caracterización de las válvulas de bola, como su principio de funcionamiento y los tipos de válvulas de bola. Con esta información se realiza el proceso de diseño de concepto generando las diversas alternativas de diseño para solucionar los requerimientos del problema, principalmente la rectificación de las esferas en los tornos convencionales que se encuentran en Barrancabermeja.

Una vez realizado el diseño de concepto del dispositivo rectificador de esferas, se procede con el diseño de detalle del dispositivo, en este se identifica la geometría adecuada para rectificar esferas con diámetros desde 3 pulgadas hasta 16 pulgadas. Esta geometría se define con los diámetros de las esferas y la caracterización del torno, ya que este define la altura de la copa en la cual se realiza el montaje de la esfera. Adicional a esto se debe identificar los materiales de los diversos subsistemas del dispositivo.

En este orden de ideas se apoya el diseño del dispositivo por medio de herramientas CAD para comprobar su funcionalidad, validar e identificar interferencias debido a la gran variedad de diámetros de las esferas, el correcto accionamiento de la herramienta que realizará la remoción de material en la esfera. Finalmente, este proyecto de grado se concluye con un análisis de viabilidad económica, indicando diversas metodologías importantes en la evaluación de proyectos, tales como el VAN, TIR y el periodo de recuperación o payback. Se evidencia un plan general de mantenimiento para el

dispositivo rectificador, haciendo énfasis en los diversos elementos mecánicos de desgaste de este.

Como resultado se tiene un dispositivo rectificador de esferas, diseñado según las necesidades del mercado del distrito de Barrancabermeja, este facilita el proceso de rectificación y fabricación de las esferas y a su vez tiene como objetivo reducir tiempos de mantenimiento en las diversas industrias de la región que soliciten la adecuación de las esferas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Barrancabermeja cuenta con grandes industrias petroquímicas, entre estas se destaca la refinería de petróleo, la cual tiene una de las más grandes de Colombia, la economía de la ciudad en su mayoría gira en torno a este tipo de industrias. En este sector industrial, los tiempos de parada de planta que deben generar las empresas para realizar procesos de mantenimiento preventivo y/o correctivo deben ser los más cortos posibles, mantenimientos que se deben realizar desde máquinas de gran tamaño hasta elementos mecánicos como los que conforman la red de distribución de fluidos, ya sea agua potable, agua para sistemas de enfriamiento, hidrocarburos, etc.

Entre estos elementos mecánicos se tienen válvulas de corte tipo bola o de esfera, válvulas utilizadas para regular y controlar el flujo de fluidos que se encuentran canalizados dentro de una red de distribución de un sistema. Debido a que estas válvulas están en constante funcionamiento de apertura y cierre es recomendable realizarles un proceso de mantenimiento constante.

Actualmente en Barrancabermeja, el mantenimiento de las esferas que conforman la válvula de bola puede tomar de 15 a 25 días hábiles, ya que estas deben ser enviadas a otras ciudades en donde se les hace un rectificado mediante un centro de mecanizado especial. En este orden de ideas, se evidencia la necesidad de implementar un diseño para un dispositivo que permita fabricar y rectificar esferas de las válvulas, con el fin que se pueda acoplar a máquinas que se encuentren en la ciudad (tornos convencionales) y con esto poder disminuir tiempos de espera y agilizar mantenimientos, dando como resultado una disminución de los tiempos de parada de los procesos industriales y a su vez una reducción de costos en los procesos de mantenimiento, además de fortalecer la industria metalmecánica del sector.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En las diferentes industrias tales como petroquímica, refinería, gas y petróleo, agua potable y aguas residuales, entre otros; son usadas las válvulas de bola para obstruir o permitir el paso de fluido en una determinada posición. Estos accesorios para el manejo de fluidos cuentan con una esfera perforada, la cual está sometida a un desgaste debido a los fluidos que manejan, las presiones, temperaturas y otros factores que afectan su vida útil. Comúnmente este accesorio recibe un mantenimiento de tipo preventivo, donde la actividad de mantenimiento se centra en rectificarla para garantizar su geometría.

El municipio de Barrancabermeja al poseer la refinería de petróleo más grande y una de las más importantes de toda Colombia cuenta con un comercio basado en dicho sector industrial, donde se evidencia el uso de las válvulas de bola. Además, en el municipio no se encuentran las máquinas adecuadas para realizar el rectificado de las esferas ya que solo cuenta en su mayoría con máquinas convencionales. De aquí nace la necesidad de diseñar un dispositivo que permita ser adaptado a dichas máquinas convencionales.

Con el diseño de este dispositivo se planea reducir los tiempos del proceso de rectificado, debido a que las esferas deben ser enviadas a otras ciudades para ser mecanizadas y esto aumenta los tiempos de parada en plantas que cuentan con estos elementos mecánicos. En este orden de ideas, el diseño propone optimizar el tiempo el cual dura el proceso de rectificado de las esferas, con el fin de contribuir al comercio del municipio de Barrancabermeja, ya que en gran parte su economía se basa en la industria petroquímica y refinería.

Por ser un dispositivo que permite la fabricación de las esferas debe garantizar las normas de calidad correspondientes en su manufactura, de esta forma aumentando la disponibilidad de la válvula de bola y así aumentar el tiempo de uso del accesorio en las instalaciones hídricas. Adicionalmente este dispositivo garantiza una innovación en los diversos sectores industriales que usan los tornos convencionales ya que estas formas esféricas son usadas en varias aplicaciones.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un mecanismo que se ensamble en la bancada de un torno convencional que permita rectificar esferas de válvulas de paso de diámetros diferentes, con el fin de disminuir el costo que tiene este comparado con otros procesos de rectificado.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características del dispositivo que permita fabricar y rectificar esferas de válvulas de paso entre 3" y 16" (pulgadas).
- Determinar el ángulo abrasivo óptimo que se abarca entre la herramienta de corte del mecanismo y la esfera.
- Realizar un estudio de materiales para cada uno de los elementos del dispositivo, mejorando la vida útil del mecanismo y que este proceso sea eficiente.
- Realizar un estudio cuantitativo y cualitativo en el que se vea reflejado la comparativa reducción de costos entre los procesos de rectificado de esferas que existen.
- Diseñar un prototipo virtual para el mecanismo en formato de simulación (SolidWorks).

4. MARCO TEÓRICO

El proceso de mecanizado de un material mediante un torno consta en la remoción de material, este proceso se remonta a tiempos prehistóricos en donde se realizaban piezas tallando madera y esculpiendo piezas para hacer diversos elementos ya sea para la caza o figuras.

Como afirma Groover La incursión de las máquinas herramienta sofisticadas se relaciona muy de la mano con la revolución industrial. Cuando Watt diseñó la primera máquina de vapor en Reino Unido en el año de 1763¹. Sin embargo, la aparición del torno como máquina herramienta se implementa alrededor de 1800, esta en sus inicios fue utilizada para cortar tornillos y tallar materiales como madera, a medida que avanzaba el tiempo se fueron adicionando más elementos hasta tener sobre estas herramientas deslizantes, con lo cual se obtuvo la elaboración de roscas metálicas con mayor precisión que con un proceso anteriormente usado.

4.1. CARACTERIZACIÓN DE MÁQUINA-HERRAMIENTA TORNO

El proceso de mecanizado de un material mediante el uso de un torno se realiza con herramientas de una sola punta, la cual se encarga de remover material de la parte exterior de la pieza a la cual se le está realizando el proceso mecánico.

El torno es ideal para realizar elementos de revolución, permitiendo obtener una mayor precisión en los acabados permitiendo la fabricación en serie de un elemento. El proceso se realiza al sujetar la pieza sobre la cual se va a trabajar en una herramienta que realizara arranque de viruta y corte llamada torno, en donde ella empieza a rotar sobre su propio eje, se realiza el avance de la herramienta encargada de remover el material avanzado paralela y linealmente y en la dirección del eje sobre el cual rota.²

¹ Groover. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, Materiales, procesos y sistemas. Tercera edición. p 04

² Groover. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, Materiales, procesos y sistemas. Tercera edición. p 509

4.1.1. Tipos de máquinas convencionales para remoción de material.

Bajo el mismo principio de rotación que se menciona en el capítulo anterior, se tienen diferentes tipos de tornos, cada uno de estos nuevos tornos cumplen con una característica específica dependiendo el resultado que se desee en la pieza a maquinar.

4.1.1.1 Torno convencional

Utilizado para fabricar piezas por revolución (cilíndrica, helicoidal y cónicas), usualmente utilizado en materiales como metal, plástico y madera, en donde se realiza un proceso de remoción de material, estos tornos convencionales son máquinas pesadas y complejas, pero aun así se puede modelar y fabricar pieza de gran complejidad.

El funcionamiento de este torno está basado en tres movimientos sencillos y elementales, los cuales son el avance, rotación y la penetración, movimientos que se realizan en simultaneidad regulando cada uno de estos movimientos.

Podemos llegar a conseguir los siguientes acabados con este torno:

- Corte.
- Roscado.
- Desbaste.
- Acabado.

4.1.1.2. Torno revolver

Se denomina torno revolver debido a que en el carro lleva una torreta con varios puntos donde se colocan las herramientas, estas herramientas son utilizadas dependiendo del trabajo que se vaya a realizar, poniendo cada una en posición de trabajo imitando el giro del tambor de un revólver.

Es especial puesto que hace uso de un carro equipado con una torre giratoria la cual permite que se inserten diferentes herramientas, disminuyendo los tiempos de maquinado de una pieza al tener varias herramientas disponibles ya instaladas en el torno.

4.1.1.3. Torno vertical

Estos tornos pueden mecanizar piezas con diámetros de gran tamaño, ofrecen alta eficiencia en arranque de viruta, no obstante, el uso de esta máquina puede tener una desventaja debido a que el tiempo de cambio de la herramienta es alto, la fijación y la descarga de la pieza también llevan un alto tiempo.

Estos tornos poseen su eje principal dispuesto de manera vertical y su plato rotativo sobre un plano que se encuentra de manera perpendicular al del eje, lo que agiliza el montaje de las piezas con un gran volumen y peso.

4.1.1.4. Torno cnc

Los tornos CNC (control numérico computarizado), son equipos utilizados para la fabricación de piezas en masa, son máquinas herramientas diseñadas para trabajar de manera automática, por lo que no se necesita la intervención del operario durante la realización del trabajo.

Estos tornos llevan implementado un software el cual se encarga de controlar los procesos de trabajo de manera automática, este utiliza secuencias de datos alfanuméricos siguiendo los ejes Z, X, Y.

4.1.1.5. Centros de mecanizado

Son máquinas herramientas altamente automatizadas que realizan un variado número de operaciones de maquinación en una instalación bajo control numérico computarizado (CNC) con una intervención humana mínima³.

Estas son algunas de las características que se logran con esta máquina herramienta:

- Cambio automático de la herramienta de corte.
- Paletas transportadoras
- Posicionamiento automático de las piezas de trabajo

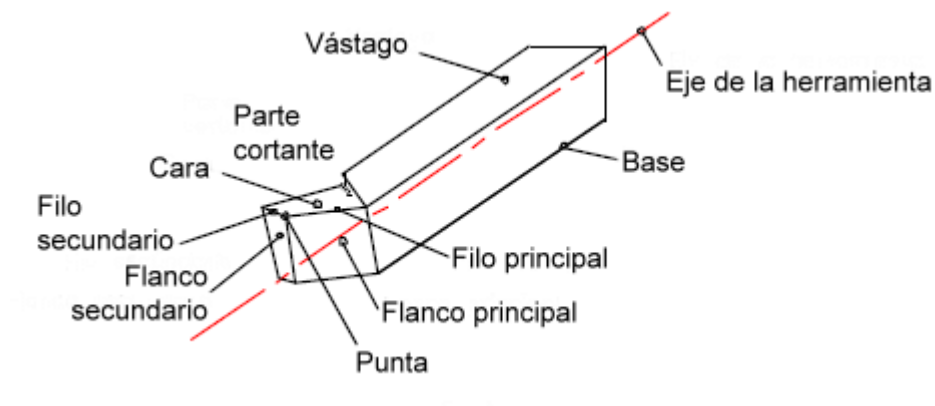
³ Groover. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, Materiales, procesos y sistemas. Tercera edición. p 619

4.1.2 Tipos de herramientas de corte

La herramienta de corte más utilizada en un torno es el buril está compuesta por un cabezal en donde se esta la parte cortante y un cuerpo (mango o vástago). ⁴

En la siguiente figura se representan los componentes de estos tipos de herramientas.

Figura 1. Componentes de la herramienta



Nota: Representación gráfica de los componentes que poseen las herramientas de corte, extraído de máquinas y herramientas (<https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/herramientas-de-corte-para-torno-tipos-y-usos>)

Esta debe cumplir un requisito y es que su punta o herramienta de corte debe tener distintas propiedades entre las cuales se destacan alta resistencia al desgaste, y poder trabajar a elevadas temperaturas.

⁴ De máquinas y herramientas. (2014, marzo 17) tomado de <https://www.demaquinasyherramientas.com/>

Estas herramientas son construidas con diferentes materiales, dependiendo del material con el que se fabriquen se pueden llegar a trabajar de diferentes maneras, entre los materiales más usuales se encuentran:

- Cerámica
- Cermet (combinación de material cerámico y metal)
- Acero rápido
- Nitruro de boro cúbico (CBN)
- Acero al carbono
- Carburo cementado o metal duro
- Diamante poli cristalino (PCD)⁵

4.1.2.1 Estandarización de la herramienta de corte

Estas herramientas deben cumplir con las normas internacionales ya sea la ISO y la DIN, las herramientas se pueden clasificar de las siguientes maneras:

- Según la dirección en la cual avance la herramienta, el corte se puede realizar tanto por el lado derecho como por el lado izquierdo.⁶
- Según la forma que tenga el vástago: podemos encontrar vástago acodado, vástago recto.
- Según la aplicación de la herramienta, sabiendo que en el torno se trabaja piezas a revolución podemos tener herramientas para realizar cilindrado, torneado cónico, roscado, mandrilado, taladrado, escariado, etc.

⁵ (Sandvik Coromant Latin America, 2017) tomado de <https://www.sandvik.coromant.com/>

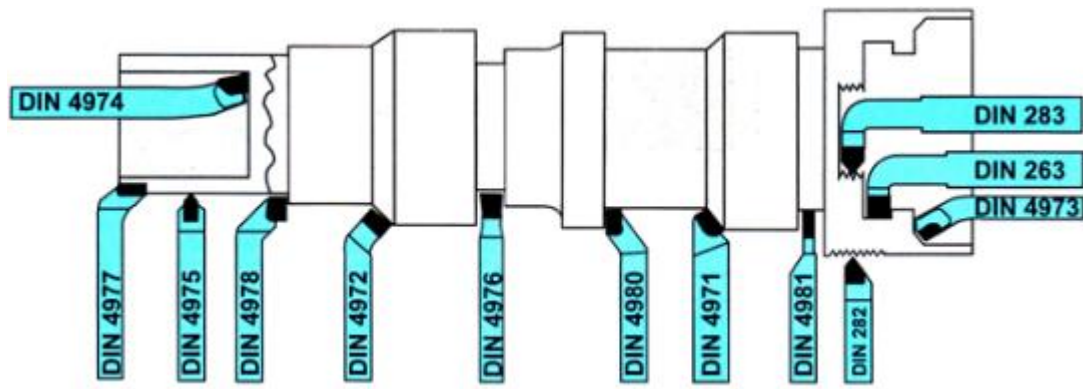
⁶ Yunus A. Cengel John M. Cimbala, mecánica de fluidos Mcgraw Hill, 2012 P. 512

- Según el método mediante el cual se fabriquen la herramienta, se pueden realizar herramientas enteras que son compuestas por una sola pieza de un mismo material y también se pueden realizar de manera compuesta, en donde se realizan de diferentes materiales y por lo cual se puede clasificar de manera diferente (fabricadas con diferentes materiales, placa intercambiable y placa soldada)

4.1.2.2. Clasificación de las herramientas de corte en tornos convencionales

Como se mencionaba en capítulos anteriores podemos tener herramientas con clasificación ISO y/o DIN, la variación de la configuración y forma de la herramienta dependiendo de la clasificación se puede ver más al detalle en la siguiente figura.

Figura 2 Clasificación de las herramientas



Nota: Representación gráfica de los tipos de herramientas que se deben usar para cada tipo de maquinado, extraído de máquinas y herramientas (<https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/herramientas-de-corte-para-torno-tipos-y-usos>)

En las siguientes tablas se observa la aplicación y uso de la herramienta de acuerdo con su clasificación

Tabla 1. Clasificación de las herramientas

Clasificación ISO	Clasificación DIN	Aplicación	Forma del cabezal (R=derecha; L=izquierda)
1	4971	Herramienta de desbaste recta	
2	4972	Herramienta de desbaste acodada	
3	4978	Herramienta de cilindrar y <u>refrentar</u>	
4	4976	Herramienta de pala para acanalar	
5	4977	Herramienta de <u>refrentar</u> acodada	
6	4980	Herramienta de cilindrar acodada	
7	4981	Herramienta de tronzar	

8	4973	Herramienta para agujeros pasantes	
9	4974	Herramienta para agujeros ciegos	
351	4975	Herramienta de punta para cilindrar y afinar	
282	-	Herramienta de roscado exterior	
283	-	Herramienta de roscado interior	
263	-	Herramienta de <u>ranurado</u> interior	

Nota: Tabla de clasificación de las herramientas de corte según ISO o DIN, extraído de maquinas y herramientas (<https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/herramientas-de-corte-para-torno-tipos-y-usos>)

4.1.3. MOVIMIENTOS EN UN TORNO CONVENCIONAL

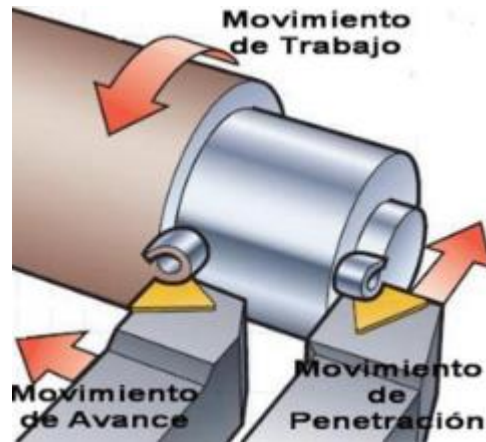
Un torno está basado en 3 simples y elementales movimientos: el avance, rotación y la penetración, esto se da de manera alterna y se pueden regular en velocidad, ángulo y presión, con la combinación de estos movimientos se pueden realizar los trabajos deseados sobre un material.⁷

Con la rotación se hace girar la pieza que se va a tornear, al momento de que esta pieza empiece a rotar la herramienta de corte que se vaya a utilizar puede llegar a todos los lados de material a mecanizar. En el avance se lleva la cuchilla en línea paralela a la extensión de la pieza, ayudándose del carro principal que contiene el torno. La

⁷ Heller, Maquinaria convencional para el mecanizado ,S.F tomado de <https://www.hellermquinaria.com>

penetración se realiza acercando la cuchilla hacia la parte superficial, surcando, penetrando y cortando parte de este para obtener las formas deseadas.

Figura 3. Movimiento de trabajo del torno



Nota: Representación grafica de funcionamiento de un torno extraído EMA COMPETICIÓN, 2016. El torno, disponible en <https://emacompeticion.com/blog/eltorno/>

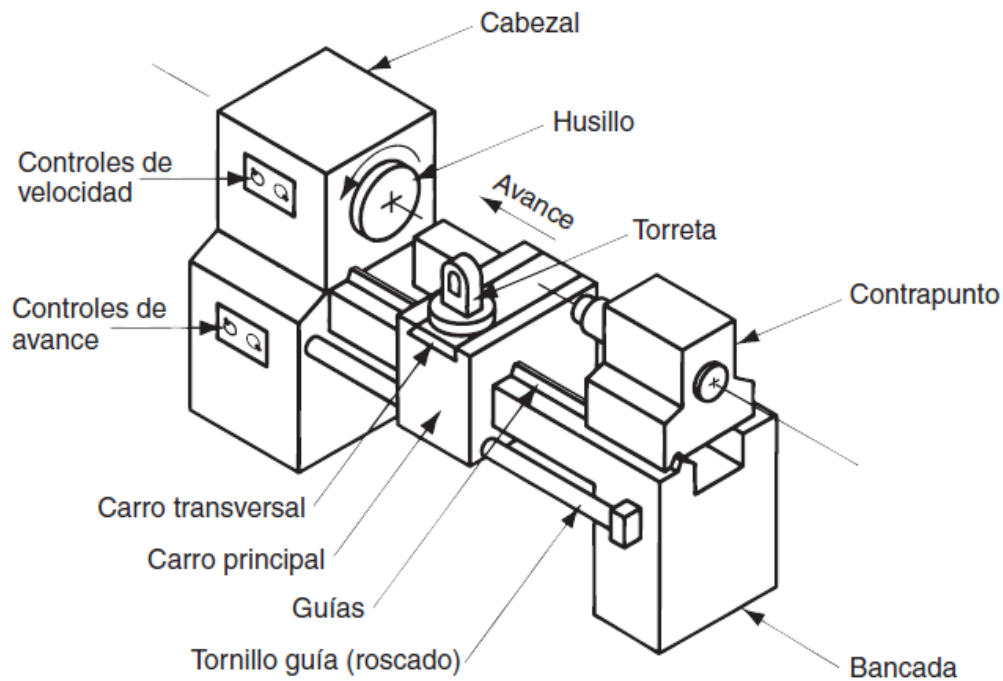
4.1.4. Componentes principales en un torno convencional

El torno más común (básico) es una máquina herramienta con la cual se pueden realizar distintas funciones, se opera de manera manual y es utilizado comúnmente en producción baja y media.⁸

La siguiente figura representa un torno convencional mecánico, donde se muestran sus componentes principales.

⁸ Groover. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, Materiales, procesos y sistemas. Tercera edición. p 512

Figura 4. Principales componentes de un torno convencional



Nota: Representación gráfica de un torno convencional EMA COMPETICIÓN, 2016. El torno, disponible en <https://emacompeticion.com/blog/eltorno/>

4.1.4.1 Cabezal fijo.

Este se encuentra en la parte izquierda del torno, en él se ubican las piezas a las cuales se les realizará el proceso de mecanizado, sobre este se transmiten los movimientos del motor hacia el eje, contiene el husillo que se encarga de sostener el material a trabajar rotando este mediante el uso de rodamientos.

4.1.4.2 Control de velocidades

Un torno se presta para trabajarlo a distintas velocidades y revoluciones. Está compuesto por diversos elementos, los cuales son: engranajes, poleas y correas, que en conjunto hacen posible la variación de la velocidad de revolución. Estos cambios de velocidad se

realizan con el accionamiento de una serie de palancas que se ubican en la parte exterior, donde la persona que lo esté operando operario puede disminuir o aumentar la velocidad según sus necesidades.

4.1.4.3. Carro principal

El carro principal es un elemento que contiene la torreta y el carro transversal. Es un elemento diseñado para deslizarse sobre las guías, con el objetivo de desplazar la herramienta en dirección paralela a la que se encuentra el eje de rotación. Las guías que soportan este elemento son unos rieles a lo largo del torno las cuales están fabricadas con una precisión muy alta con el fin de lograr un alto nivel de paralelismo respecto al eje del husillo.

4.1.4.4 Torreta

La torreta o carro portaherramientas de un torno, es aquel elemento que posee movimiento libre sobre sus guías, sobre estos van las herramientas que se necesitan para la realización del maquinado de piezas. (Mendoza, 2019)

4.1.4.5 Carro transversal.

Es un elemento el cual se diseña para deslizar sobre unas guías maquinadas con alta precisión, con el fin de desplazar la herramienta de forma perpendicular al eje de rotación. En este carro transversal se encuentra fija la torreta por medio de una sujeción removible con tornillos.

4.1.4.6 Bancada

Es la superficie de apoyo, en donde se soportan las demás unidades del torno, por lo cual, su rigidez y alineación son claves para la realización de su trabajo, esta bancada puede ser entera o escotada, según las guías que este tenga, estas tienen por objeto

principal trabajar con piezas de grandes diámetros, en la parte superior de esta bancada se encuentran las denominadas guías prismáticas, generalmente tienen forma de V invertida, sobre esta se desplaza el cabezal móvil o contrapunto y el carro principal.

4.1.4.7 Contrapunto

sirve de apoyo para las piezas que serán maquinadas, soportando el otro extremo de la pieza durante este trabajo, también sirve para sostener las diferentes herramientas de corte, como machuelo, brocas y demás equipos utilizados, este contrapunto se encuentra en la parte derecha del torno y este se desliza sobre las guías al igual que se puede fijar sobre ellas.

4.1.4.8. Husillo o cabezal giratorio

Este se encarga de sujetar los materiales o elementos mecánicos que se van a mecanizar, también es conocido como copa, este consta de unas mordazas, en donde podemos encontrar tornos con 3 a 6 mordazas y diversos diámetros, lo cual depende del tamaño del material a mecanizar o trabajos a realizar.

4.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE BOLA

Una válvula de esfera (válvula de bola) es un mecanismo que se utiliza en la regulación del flujo canalizado de un fluido y su característica principal es que el mecanismo regulador situado en la parte interna es una esfera con una perforación.

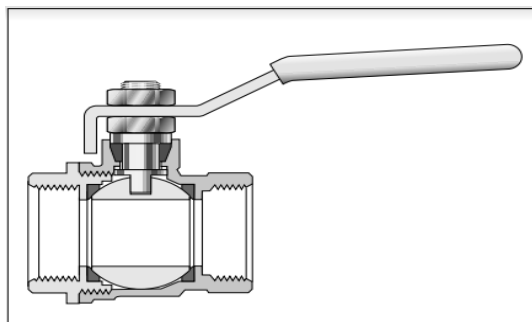
Figura 5. Válvula de bola



Nota: Representación gráfica de una válvula de bola extraído de Pekos Valves. Catálogo digital disponible en <https://www.anythingflows.com/en/products/valves/>

Permite el paso del fluido al girar el eje que se encuentra unido al mecanismo regulador, de tal manera que permite que pase el fluido cuando está en línea el agujero con la salida y la entrada de la válvula. Cuando la válvula está cerrada, la perforación esta de manera perpendicular a la entrada y a la salida.

Figura 6. Sección esquemática de una válvula de bola



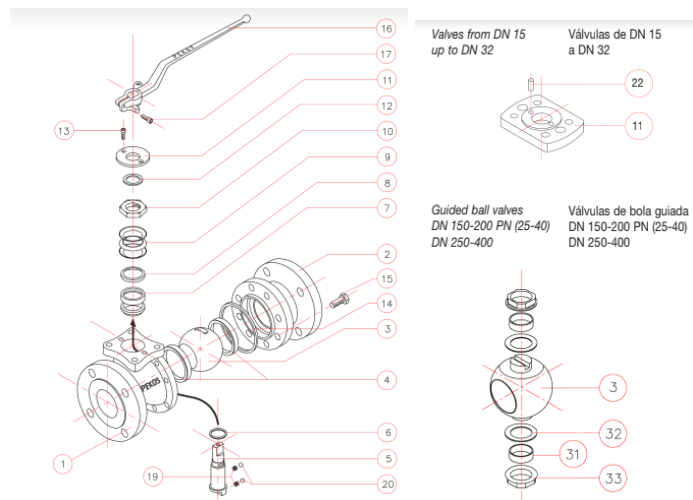
Nota: Representación esquemática de una válvula de bola extraído de Parker. Fluid Connectors. Catálogo 3529-ES

Las válvulas de este tipo usualmente no ofrecen una regulación exacta al ser de 1/4 de vuelta. Su mayor virtud es la esfera perforada, que permite una circulación directa cuando se encuentra en posición abierta teniendo una pérdida de carga bastante reducida en comparativa con las de asiento, y corta el paso cuando se gira 90° y cierra el conducto.⁹

Son fáciles y rápidas de operar, su mantenimiento es sencillo y su caída de presión proporcional al tamaño que tenga el agujero (perforación). La limitación de este tipo de válvulas se encuentra a presiones y temperaturas que permite el material del asiento. Se pueden emplear para distintos tipos de fluidos, entre estos encontramos fluidos corrosivos, pastas aguadas vapor, agua, aceite, gas, aire, y materiales pulverizados secos entre otros.

En la siguiente imagen observamos el despiece de una válvula de bola según el fabricante pekos, fabricante de accesorios en la rama de fluidos en España, donde indica el listado de partes de la válvula.

Figura 7. Sección esquemática de una válvula de bola



Nota: Vista explosionada de una válvula de bola extraído de Pekos Valves.

⁹ Cicsa, 2020, extraído de <https://cicsa-maxon.com.mx>.

Tabla 2. Sección esquemática de una válvula de bola

Item	Description	Descripción	Cant.
1	Body	Cuerpo	1
2	Body adapter	Cuerpo lateral	1
3	Ball	Bola	1
4	Seat	Asiento	2
5	Stem	Eje	1
6	Stem washer	Junta eje	1
7	Packing ring	Estopada	1
8	Gland packing	Anillo prensa	1
9	Spring washer	Arandela muelle	3
10	Stem nut	Tuerca eje	1
11	Cover	Tapa	1
12	Cover ring	Anillo tapa	1
13	Cover bolt	Tomillo tapa	2
14	Body seal	Junta cuerpo	1
15	Body bolt	Tomillo cuerpo	-
16	Handle	Maneta	1
17	Handle bolt	Tomillo maneta	1
19	Spring	Muelle	2
20	Ball	Bola	2
22	Stop pin	Pasador tope	2
31	Bearing	Cojinete	2
32	Bearing disk	Cojinete axial	2
33	Support bearing	Soporte cojinete	2

Nota: Tabla de nombres de partes de una válvula de bola extraído de Pekos Valves.

4.2.1. Principio de funcionamiento de una válvula de bola

Este tipo de válvula tiene un macho esférico que es el encargo de controlar la circulación del líquido. Está válvula es una válvula de macho modificada, su uso tenía una limitante que era el asentamiento de metal con metal, el que no permitía el debido cierre de globo tipo de pie.¹⁰

Estas poseen una amplia variedad de aplicaciones y su funcionamiento consta de la apertura y cierres de la bola que lleva internamente está válvula, esta bola gira alrededor del eje perpendicular al canal, y la esfera gira en sincroniza con el vástago para lograr restringir o dar paso en el canal.

Esta esfera tiene su rango de rotación de trabajo de 90°, cuando a bola de la válvula gira 90°, todas las aperturas de la bola que paralelas al eje de la dirección de flujo del fluido,

¹⁰ Gonzales Delfin Jorge,Valvulas,S.F, extraido de <http://www.geocities.ws/>

con eso se tiene la apertura de la válvula, en donde no se ofrece una resistencia a la circulación del fluido, para cerrarla, se gira nuevamente 90° quedando así las aperturas de las bolas perpendicular a la dirección de flujo del fluido.

4.2.2. Tipos de válvulas de bola

De acuerdo con el uso y las características específicas de funcionamiento se pueden dividir en diversos tipos de válvulas de bola:

4.2.2.1. Basado en el método de apoyo de la pelota:

De acuerdo con el tipo de configuración de la bola se tienen:

- Válvula de bola flotante, en donde su principal característica es la esfera perforada la cual no posee un eje (muñón de soporte). Esta queda soportada gracias a los asientos de la válvula que se encuentran en ambos extremos, la esfera se encuentra intercalada por dos asientos de válvula es de “estado flotante”.
- Válvula de esfera montada en muñón, en esta la esfera se encuentra conectada a él vástago superior y el muñón inferior, con esto la bola se mueve con libertad de manera perpendicular al cuerpo de la válvula, pero no de manera longitudinal con el eje del canal.¹¹

4.2.2.2. Por tipo de instalación de bola

¹¹ Anything Flows LLC, 2022 extraído de <https://www.anythingflows.com/>

De acuerdo con la entrada de estas se pueden tener las diferentes configuraciones, entrada diagonal, entrada lateral, entrada superior, etc.

- La válvula denominada de entrada superior: Es la que está compuesta por un cuerpo único esto quiere decir de una sola pieza, la parte superior está cubierta por un bonete y la bola, el asiento de la válvula y el anillo de sello están instalados en la sección superior del cuerpo.
- La válvula de entrada lateral: En esta la esfera se instala en un extremo, ésta se fija junto con el asiento y se comprimen mediante un manguito roscado.
- La válvula de cuerpo dividido con entrada lateral está compuesta por dos piezas. La sección transversal vertical del cuerpo de la válvula a lo largo del eje del canal se divide en piezas simétricas derecha e izquierda.

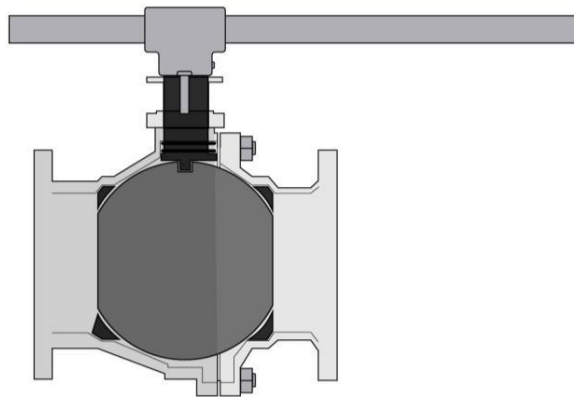
En este orden de ideas identificamos las válvulas de bola más convencionales en el sector de Barrancabermeja:

A. Válvula de bola flotante

Su principal característica consiste en que la bola(esfera) no posee un eje o muñón de soporte), está sobre los asientos de la válvula, en ambos extremos tanto en entrada como en salida. El vástago y la bola están conectados de manera móvil, la esfera está alternada por 2 asientos de válvula y se encuentra en “estado flotante”. La esfera puede girar libremente entre ambos asientos de la válvula con el vástago mediante una palanca u otro dispositivo. ¹²

¹² NTGD VALVE CO. LTD, 2021 extraído de <https://www.ntgdvalve.com/>

Figura 8. Válvula de bola flotante



Nota: Vista de corte de una válvula de bola flotante extraído de SATEL. Válvula de bola. Disponible en: <https://blog.satelimportadores.com/valvulas/valvula-bola-la-regulacion-de-fluidos/>

B. Válvula de bola montada en muñón

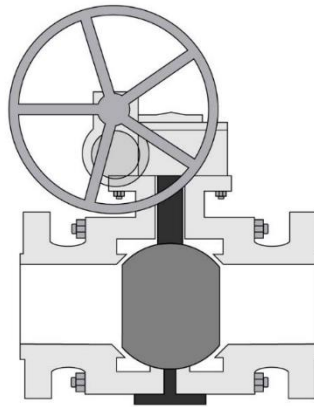
El vástago superior y el muñón inferior son conectadas con la esfera, gracias a esto se convierte en una válvula de acople integra en la cual la esfera está forjada (soldada) con el muñón inferior y el muñón superior para unirse en la placa del rodamiento / muñón. La esfera es de movimiento libre, este se encuentra de manera perpendicular al cuerpo, pero no de manera longitudinal al eje.¹³

Debido a esto cuando la válvula está en funcionamiento, toda la fuerza que genera la presión del fluido sobre la esfera se transmite al muñón. Esta no se empujará hacia el asiento de la válvula. Gracias a esto, el asiento de la válvula no se encontrará sujeto a una presión que exceda su límite.¹⁴

¹³ NTGD VALVE CO. LTD, 2021 extraído de <https://www.ntgdvalve.com/>

¹⁴ NTGD VALVE CO. LTD, 2021 extraído de <https://www.ntgdvalve.com/>

Figura 9. Válvula de bola montada en muñón



Nota: Representación gráfica de válvula de bola montada en muñón extraído de SATEL. Válvula de bola.
Disponibile en: <https://blog.satelimportadores.com/valvulas/valvula-bola-la-regulacion-de-fluidos/>

4.2.3. Normativas

Las normas que se rigen para las válvulas de bola estándar y a su aplicación de diseño son:

- ASME B16.10 (Dimensiones de válvula cara a cara y de extremo a extremo)
- API 607 (Prueba de fuego para válvulas de cuarto de vuelta y válvula equipadas con asientos no metálicos)
- ASME B16.34 (Válvulas - bridas, roscadas y extremos de soldadura)
- API 6D (Especificación para tubería y válvula de tuberías)
- ASME B16.5 (Bridas de tubería y accesorios con bridas NPS ½ a NPS 24 métricas / pulgadas estándar)
- ASME B16.25 (Extremos de soldadura a tope)
- ISO 7121 (Válvula de bola de acero para aplicación industriales de uso general)
- AWWA C 507 (Válvula de bola, 6 pulg. A través de 60 pulg (150 mm hasta 1.500 mm))
- API 608 (Válvula de bola de metal: bridas, roscada y extremos de soldadura)

- ISO 14313 (Industrias de petróleo y gas naturales-sistemas de transporte por tuberías-válvulas de tuberías)
- BS EN ISO 17292 (Válvula de bola de metal para industrias de petróleo, petroquímicas y afines)

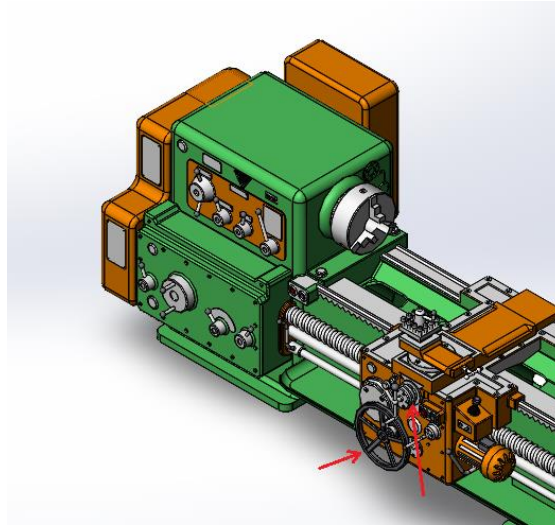
5. ANTECEDENTES

La válvula de esfera es un dispositivo mecánico se fabrica con distintos tipos de extremos, como por ejemplo extremos bridados, soldados a tope, extremos roscados, soldados a caja y pueden contener entre una y piezas según su aplicación. Los materiales más comunes para la fabricación de este accesorio son el latón, acero al carbón, el bronce, el acero INOX o termoplástico para el manejo de fluidos corrosivos. A Continuación, se definen los procesos de fabricación de esferas con remoción de material para las diferentes aplicaciones industriales.

5.1. FABRICACIÓN DE ESFERAS EN TORNOS CONVENCIONALES

Actualmente la fabricación de las esferas en los tornos convencionales es un proceso netamente manual, donde se define por las habilidades del operario de la máquina, donde se debe manipular el carro principal y el carro transversal de manera simultánea, con el objetivo de manipular estos dos ejes los cuales son perpendiculares al husillo del torno. En la siguiente imagen se evidencia los componentes que se usan para este procedimiento.

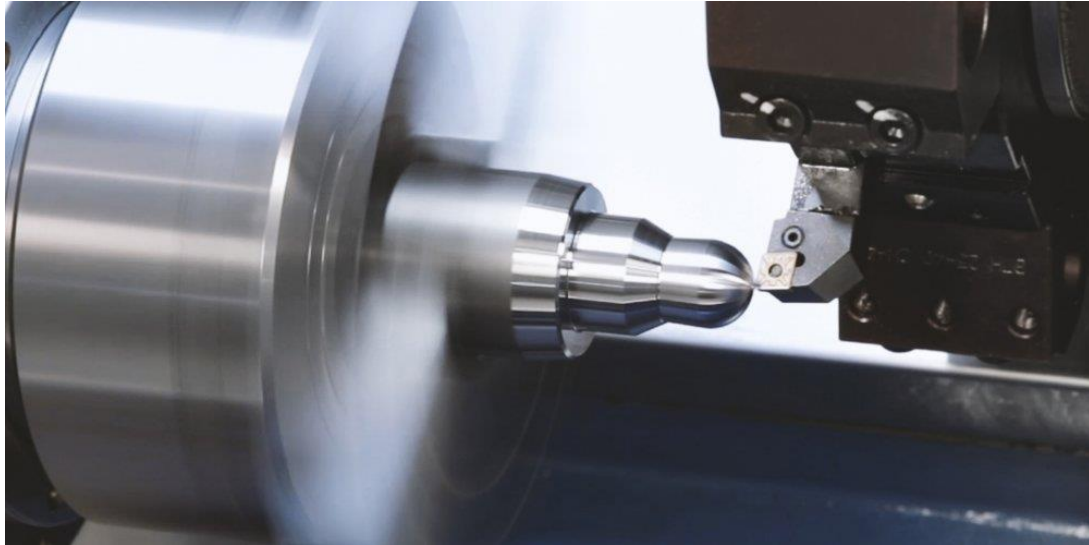
Figura 10. Fabricación de esferas en tornos convencionales.



Nota: Representación gráfica de un torno. Válvula de bola. Disponible en: <https://www.knuth.com/es-us/maquinas-herramienta/torneado/tornos-cnc-de-bancada-inclinada>

Al ser un proceso de fabricación manual y muy dependiente de las habilidades del personal, esta geometría se ha llevado a cabo mediante equipos de control numérico computarizado, este método se utiliza ya que realiza los trabajos de manera automática facilitando así la fabricación en serie de estas, también son utilizados los centros de mecanizado para la creación en masa de estas esferas.

Figura 11. Proceso de fabricación de esferas



Nota: Fotografía de un torno fabricando una esfera, extraído de Fabricación de esferas en torno CNC de bancada inclinada disponible en <https://www.knuth.com/es-us/maquinas-herramienta/torneado/tornos-cnc-de-bancada-inclinada>

5.2.1. Investigaciones contexto internacional

En el contexto internacional se encontró una investigación realizada por el autor Raygada (2019) titulada “Diseño de una máquina rectificadora de válvulas para la reparación de culatas de motor” en la ciudad de Piura -Perú, por la universidad César Vallejo en el cual la metodología que aplico era la de un diseño aplicado en la parte laboral donde se investigaron diferentes teorías como la de esfuerzos, sistemas de transmisión, diseño de elementos de máquinas, tercera ley de Newton entre otras, en el cual se realizó un estudio de catálogo de válvulas tomando en cuenta 3 tipos de materiales diferentes de las válvulas, de acuerdo con lo ofrecido por las muestras, para determinar cuáles con las propiedades mecánicas de los materiales, permitiendo mediante este el desarrollo del diseño de la máquina, con instrumentos elementales como la ficha de costos de la

máquina, ficha de especificaciones de la máquina, la ficha matriz dimensional de los motores, así como el software de diseño SOLIDWORKS.¹⁵

Los autores Loza y Loza (2017) desarrollaron una investigación al cual titularon “Diseño e implementación de normativas de seguridad industrial para la manipulación de máquinas y herramientas en la rectificación de motores “en la ciudad de Quito para la universidad Internacional del Ecuador en el cual este proyecto tuvo como objetivo principal la implementación de un Manual que contenga las Normativas de Seguridad Industrial necesarias para Manipular Máquinas y Herramientas rectificando motores de bajos estándares.¹⁶

Este estudio describe el funcionamiento de la rectificadora Mar-Lo, y a su vez expone en detalle los riesgos y normas existentes de operación que sea garante de la seguridad y la salud de los empleados. Con base en esto, el proyecto implementa las normativas de seguridad y salud en el trabajo resolviendo problemáticas como la disminución de riesgos de trabajo y llevar al mínimo el número de accidentes en el trabajo y las enfermedades laborales con el mejoramiento de las condiciones de trabajo, al desarrollarse este procedimiento de seguridad, la línea administrativa y la productiva. Este proyecto de investigación contribuye al proyecto ya que se puede tener conocimiento de las normativas de seguridad y salud con especificaciones óptimas de trabajo.

Los investigadores Agurto y Quinde (2012) desarrollaron una investigación titulada “Diseño y construcción de una torreta múltiple (porta herramientas) automatizada con un motor dc y el control del nivel que se necesita en la lubricación en el torno CNC ATOMAC para la empresa ANDEC” en la ciudad de Guayaquil para la Universidad Politécnica Salesiana en el cual el objetivo de este proyecto era el diseño y la construcción de una torreta múltiple (Porta herramientas) con automatización gracias a un motor DC y con control de nivel de lubricación en el torno CNC ATOMAC para la empresa ANDEC en la

¹⁵ (Raygada Chamba, 2020)

¹⁶ (Loza Ramos & Loza Ramos, 2017)

división maestranza, esto disminuye el tiempo de rectificado y tallado de cilindros en diseños que tienen un alto grado de complejidad existentes en el proceso de laminación de un producto determinado. La implementación de este sistema trabajará de forma independiente lo cual no va a intervenir en ninguna conexión o circunstancia que pueda afectar con el buen funcionamiento del torno CNC ATOMAT. Este proyecto contribuye en gran parte con material teórico y aplicaciones conceptuales acerca de herramientas CNC, su montaje, su uso, algunas de sus normativas etc.

5.5.2. Contexto nacional

En el contexto nacional se encontró un estudio desarrollado por los autores Giedelmann & Gutierrez (2008) llamado “Diseño y simulación de una maquina automática rectificadora de rines” en la ciudad de Bogotá para la universidad de san buenaventura en el cual se buscaba encontrar las deficiencias en los procesos realizados en la industria automotriz; de esta forma se descubre la forma manual en la que se puede realizar rectificación de rines de las llantas de los automotores, ya que se propuso diseñar una máquina automática en la cual se evidencien conceptos novedosos los cuales proporcionen una solución a la necesidad encontrada. Este proyecto propone la aplicación de técnicas avanzadas como redes neuronales y visión artificial, con las cuales se busca mejorar el desempeño final de la máquina. De esta tesis se puede obtener una visión más amplia acerca de las aplicaciones que se pueden realizar en el proyecto actualmente en curso, ya que incluye varios tipos de solución como lo son los prediseños.

Los investigadores Niz & Urquijo (2017) desarrollaron una investigación llamada “Diseño de una máquina para rectificar las pestañas de rines en Acero para automóviles” en Bogotá para fundación universidad de américa en el cual el proyecto se inició con el fin de diagnosticar la situación que se presenta actualmente en el proceso y posterior a esto plantear alternativas y luego evaluarlas para proceder con el diseño para dicha máquina.

El funcionamiento de la alternativa mencionada anteriormente se evaluó por medio de un programa que analiza elementos finitos, esto con el fin de comprobar que los cálculos realizados fueran los correctos. Se realizó un paso a paso que indica cómo se realiza la operación y como poner en marcha el equipo, planos del mismo, el ensamble, montaje y ubicación que la maquina tenga un uso adecuado, la importancia que tiene este proyecto se refleja en la reducción en tiempo de operación este sea reflejado en un aumento de la calidad a la hora de la reparación de los rines.

Finalmente, los autores Cadena & Castillo (2021) desarrollaron un estudio titulado “Diseño de máquina de limpieza mecánica para la inspección de áreas exteriores críticas de tuberías de perforación, con diámetros entre 3” y 7” (inch), para la empresa South American Inspection Services Colombia S.A.S”. En la ciudad de Bogotá para la fundación universidad de américa donde el objetivo de este proyecto fue solucionar las diferentes problemáticas, aportándole a la empresa mayor seguridad para sus empleados, mejorando sus herramientas tiempos en la prestación de dicho servicio. Este proyecto tuvo como primer lugar la práctica empresarial donde el requerimiento era diseñar una máquina que permitiera limpiar mecánicamente en el menor tiempo posible y con una reducción de operarios requeridos para realizar la tarea lo cual genera como resultado una mayor productividad para la empresa y una considerable cifra de disminución en cuanto a riesgos en la salud de los técnicos y operarios encargados de dicha labor. Este proyecto posee fundamentos teóricos los cuales se pueden aplicar al proyecto en curso ya que su campo de aplicación es semejante al que se está trabajando y proporciona una idea más clara del cómo realizar la investigación y el diseño con su respectivo boceto para posterior a esto escoger la solución más acertada.

5.5.3. Contexto local

Debido a que en esta zona del país en este ámbito en específico hay muy poca investigación, no se agregaron estudios ya que no se encontraron proyectos que representarán una fuente confiable y que brindarán un valor agregado para reforzar el proyecto. Por esta razón se investigó más en los ámbitos nacional e internacional.

6. ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Para este diseño se realiza la selección de los sistemas y subsistemas que componen la herramienta. Para facilitar el proceso del diseño de la herramienta se realiza una selección de las diferentes alternativas que se tienen en cada uno de los subproyectos. En este orden de ideas se tienen en cuenta los requerimientos para el correcto desarrollo del mecanismo, los cuales se detallan a continuación:

- Área de trabajo 700*425 (mm)
- Mantenible
- Limpieza
- Confiabilidad
- Funcional
- Maniobrabilidad o facilidad de operación
- Resistente a la corrosión
- Económica
- Seguro

6.1 MATRIZ DE CALIDAD (QFD)

Con los requerimientos establecidos y ordenados de mayor a menor importancia, además de los parámetros ingenieriles para satisfacer y cumplir dichos requerimientos, se realiza una ponderación calificando las relaciones que cada uno de estos ítems contenga, con

el objetivo de encontrar los más importantes y realizar el diseño del dispositivo basado en dichos ítems. Las puntuaciones con que se calificará la relación de los requerimientos con las soluciones ingenieriles serán las siguientes:

- Alta (9)
- Media (3)
- Baja (1)
- Ninguna (0)

De esto se obtiene la siguiente matriz, con la sumatoria de calificaciones para cada requerimiento del dispositivo y de esta manera, identificar y seleccionar los criterios más importantes para el diseño.

Posteriormente de desarrollar la matriz, y seleccionar los 3 criterios ingenieriles más importantes que cubren los principales requisitos del diseño, realizando una ponderación de dicha información como se presenta en la tabla X, y de esta manera satisfacer el adecuado diseño del dispositivo para fabricar y rectificar las esferas de las válvulas de bola.

Tabla 3. Matriz de calidad QFD

REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO	Prioridad	Selección de materiales		Durabilidad de dispositivo		Ergonomía de uso		Resistencia de materiales		Manual de mantenimiento		Diseño ajustable para variedad en diámetros	
Área de trabajo 700*425 (mm)	9	3	27	9	81	3	27	3	27	1	9	1	9
Funcional	8	1	8	3	24	1	8	1	8	3	24	9	72
Económica	7	3	21	1	7	1	7	9	63	0	0	3	21
Confiabilidad	6	9	54	3	18	3	18	3	18	9	54	9	54
Maniobrabilidad o facilidad de operación	5	0	0	1	5	9	45	9	45	3	15	9	45
Resistente a la corrosión	4	9	36	1	4	1	4	9	36	0	0	3	12
Mantenible	3	9	27	1	3	1	3	9	27	9	27	3	9
Seguro	2	9	18	3	6	9	18	9	18	1	2	3	6
Limpieza	1	0	0	9	9	3	3	0	0	1	1	9	9
TOTAL	Sumatoria	191		157		133		242		132		237	
	PRIORIDAD DE CRITERIO	3		4		5		1		6		2	
Relación 9 Fuerte3 Medio1 Bajo0 Ninguna													

Nota: Tabla realizada para determinar factores más importantes en el diseño autoría propia

Tabla 4. Criterios de importancia en el diseño

ORDEN	REQUERIMIENTO	VALOR SEGÚN PRIORIDAD	PORCENTAJE
1	Resistencia de materiales	242	36
2	Diseño ajustable para variedad en diámetros	237	35
3	Selección de materiales	191	29
TOTAL		670	100

Nota: Tabla realizada para determinar mostrar los factores más importantes en el diseño autoría propia

6.2 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

Con la información obtenida de la matriz de calidad, se realiza el desarrollo de las alternativas que satisfagan los requerimientos del diseño, se proponen 3 alternativas de diseño, realizando una búsqueda en la literatura y en los grandes proveedores para lograr el mejor diseño.

6.2.1 Alternativa 1

Mecanismo No. 1 adaptado en torno convencional.

Se trata de un mecanismo que permite rectificar esferas de válvulas de paso desde 3 hasta 16 in, este mecanismo está soportado por una base que va sujeta a la bancada del torno, el cual permite que los elementos tengan un sistema de transmisión de movimiento por engranajes el cual le permite abarcar el Ángulo abrasivo entre la herramienta de corte y la esfera. El carro ajustable tiene la función de un portaherramientas que realiza la modificación del diámetro de corte de la esfera.

Por otra parte, el carro giratorio es el que permite el movimiento oscilatorio por medio de un sistema de engranajes que hace contacto entre la cremallera circular y el piñón, quien hace este movimiento posible es el reductor de velocidad que va acoplado entre el eje y el rodamiento.

Ventajas:

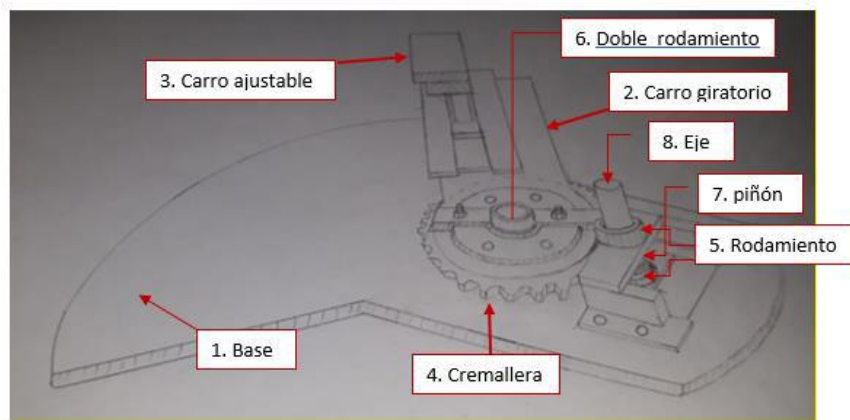
- fácil fabricación
- disponibilidad de la máquina
- calidad de producto final
- maniobrabilidad

- Económico

Desventajas:

- Consumo de energía
- Complejidad de montaje
- Poco adaptable

Figura 12. Alternativa 1



Nota: Boceto de primera alternativa pensada para la solución del problema. Autoría propia

6.2.2 Alternativa 2

Máquina CNC (control numérico computarizado).

En esta máquina CNC se ingresan los parámetros de diseño en una computadora, que envía las órdenes a la máquina para realiza los cortes y operaciones de mecanizado, además de la selección de diversas herramientas dependiendo del tipo de corte que se realice ya sea por desbaste de material o para acabado superficial de la pieza. Esta alternativa se plantea ya que actualmente se realiza este proceso en el municipio de

Medellín, lo cual conlleva un tiempo de espera para la fabricación o rectificación de la esfera con las respectivas dimensiones establecidas.¹⁷

Ventajas:

- Acabado superficial excelente
- Precisión
- Confiabilidad
- Seguridad de proceso

Desventajas:

- Costos de flete
- Tiempo de envío y vuelta
- Disponibilidad de la máquina

Figura 13. Alternativa 2



Nota: Fotografía de una máquina CNC extraído de <https://www.traviscnc.com/spa/p/product/product/servicios/torno-cnc-tr-3.htm>

¹⁷ 3DEXPERIENCE Make, 2022, extraído de <https://www.3ds.com/>

6.2.3 Alternativa 3

Mecanismo No. 2 adaptado en torno convencional.

Es un mecanismo que permite rectificar y fabricar esferas de válvulas de paso y elementos esféricos en general, en el rango de diámetros que se requieren, es decir, desde 3 pulgadas hasta 16 pulgadas, este mecanismo se ancla al carro transversal del torno, con el objetivo de tener el movimiento en el eje perpendicular al husillo del torno. El mecanismo permite abarcar el ángulo óptimo entre la pieza y la herramienta, evitando las interferencias con los demás dispositivos que se encuentren en el torno, como por ejemplo el contrapunto y la copa. Este dispositivo se ubicaría en la torreta del torno, realizando previamente el desmonte de dicho artículo del torno.

En este orden de ideas, el dispositivo permite el rango de movimiento de 180 grados y haciendo que sea de forma manual con el menor esfuerzo ya que este movimiento se realiza por medio de un eje que está soportado entre placas y se acoplan por un rodamiento.

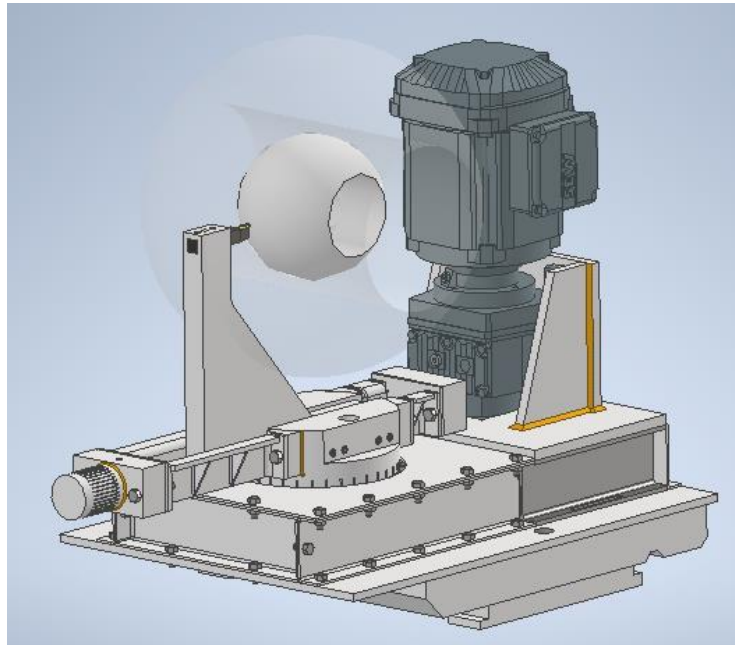
Ventajas:

- Económico
- Fácil de usar
- Diseño funcional
- Seguridad

Desventajas:

- Manejo muy manual de la herramienta
- Pericia del operario para adecuada ubicación de ejes

Figura 14. Alternativa 3

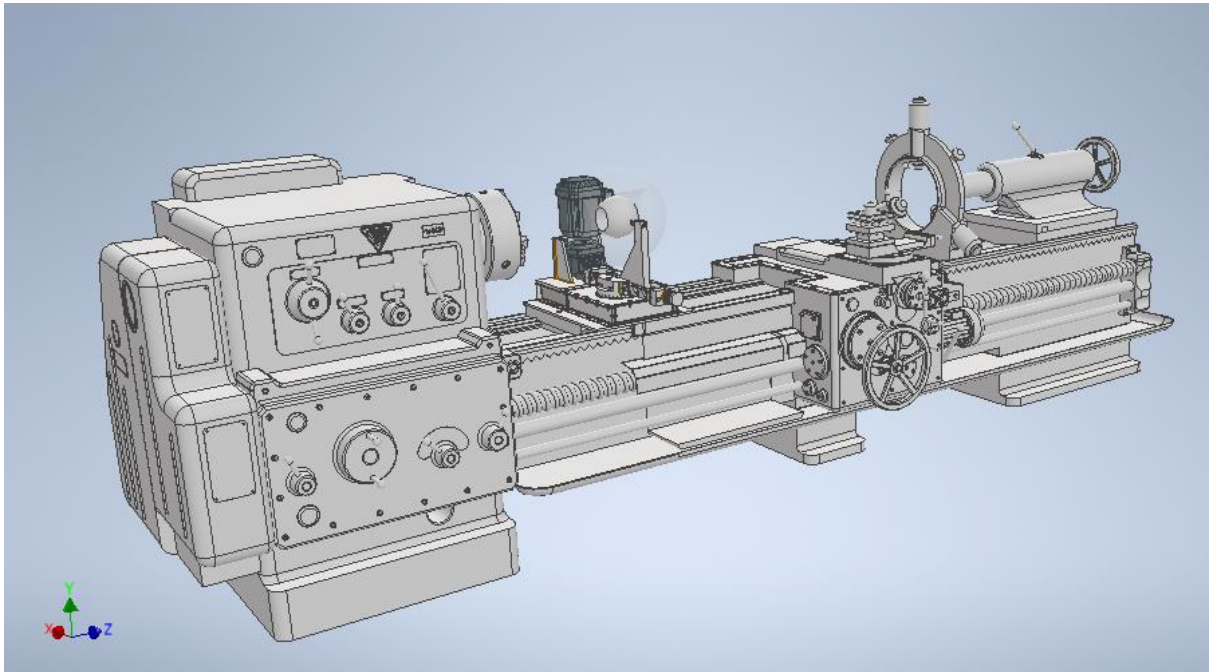


Nota: vista isométrica del diseño final. Autoría propia

6.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA

Con la evaluación de las alternativas, y el cumplimiento de requerimientos se selecciona la alternativa número 3, ya que resulta ser la alternativa más viable para ejecutar el rectificado de las esferas, a continuación, se presentan unas imágenes del sistema mecánico escogido.

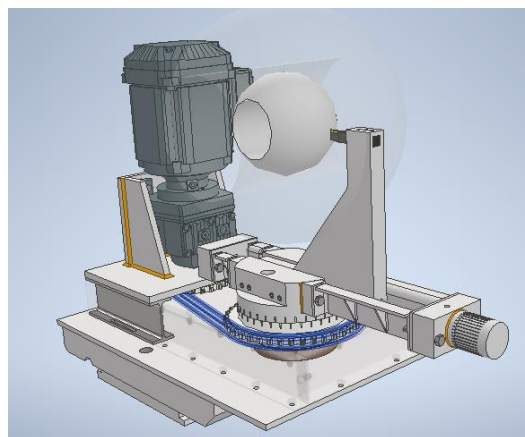
Figura 15. Montaje de mecanismo en bancada del torno paralelo.



Nota: Vista isométrica de mecanismo montado en la bancada de un torno

El dispositivo que se presenta a continuación tiene su origen en la observación de cómo trabaja un torno convencional, el tamaño de las esferas, la visualización de la misma y del cómo sería la manera más cómoda para adaptar un mecanismo a un torno.

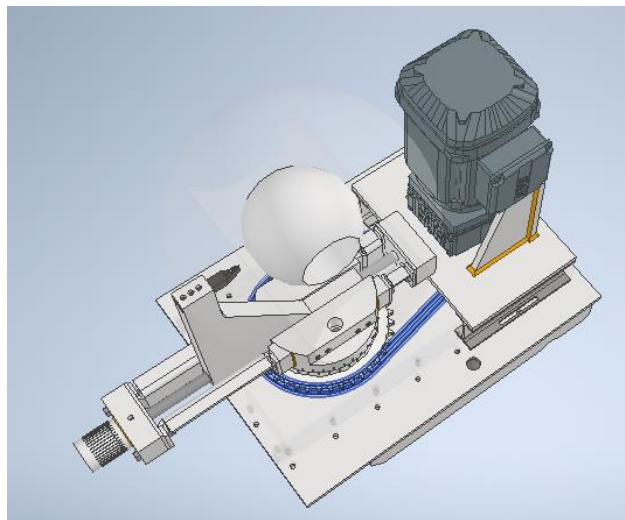
Figura 16. Dispositivo rectificador de esferas



Nota: Vista isométrica dispositivo rectificador de esferas autoría propia

Adicional a la observación se pregunta a torneros de talleres que se ubican en el sector de la 36 del municipio de Barrancabermeja, con la información recolectada y con ayuda de ellos que tienen un conocimiento más amplio tanto de los tornos como de las esferas, se llegó a este primer boceto el cual supliría la necesidad de rectificar estas esferas en la ciudad y no enviar estas a otras ciudades ya que su tiempo de fabricación o reparación no será ningún inconveniente para el cliente que lo solicita, con esto ya no se dependería de factores tantos factores externos para lograr esta labor.

Figura 17. Dispositivo rectificador



Nota: Vista superior dispositivo rectificador de esferas autoría propia

7. DISEÑO CONCEPTUAL

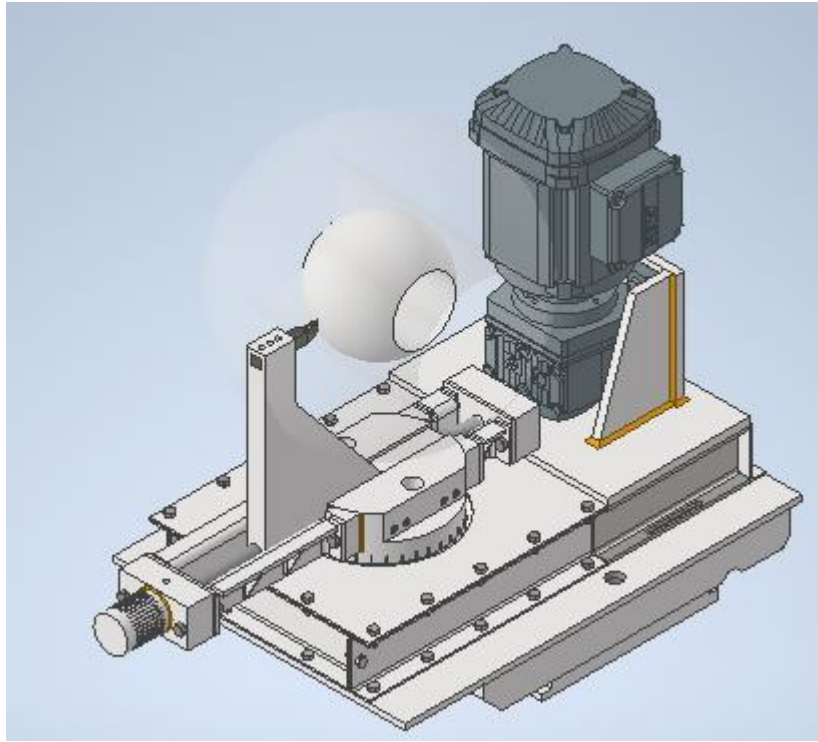
Se realizará el diseño de un mecanismo que pueda rectificar una esfera como las que se encuentran en las válvulas de las llaves de paso, su diseño será teniendo en cuenta los requerimientos y especificaciones planteados en los conocimientos previos aprendidos durante todo el curso carrera, este debe ser un mecanismo que pueda realizar un rectificado óptimo en toda la superficie de la esfera, con sus indicaciones mínimas para la correcta operación de esta.

Los requerimientos que debe cumplir la herramienta para satisfacer las necesidades del cliente o empresas serán los siguientes:

- Herramienta mantenible
- De fácil limpieza
- Confiabilidad al momento de ser usada para un trabajo
- Funcional en todo sentido
- De fácil operación y maniobrabilidad
- Resistente a la corrosión
- Económica
- Segura

7.1 DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO

Figura 18. Dispositivo rectificador



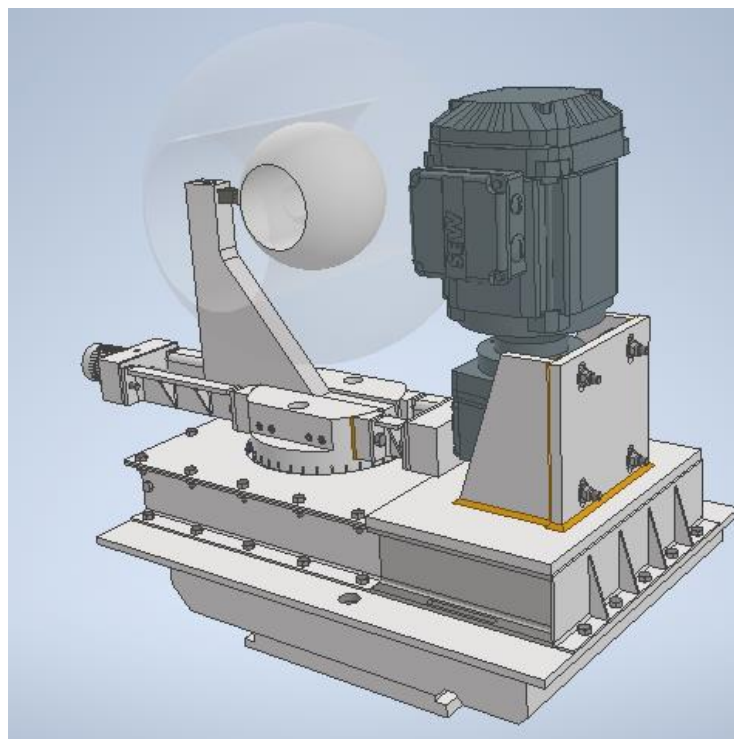
Nota: Vista isométrica dispositivo rectificador de esferas autoría propia

El prototipo de la máquina - herramienta para el rectificado de las esferas que se desarrolla en este proyecto, se presenta en la figura anterior, esta herramienta cuenta con un sistema de rotación el cual abarca un ángulo de trabajo de 180° , ese movimiento es generado por la fuerza que se ejerce en la palanca del dispositivo.

Se tiene una porta herramienta el cual se puede graduar su distancia al centro y su altura, esto para adaptarse a los diferentes tamaños de las esferas, en las placas de color latón,

se tienen unas líneas guía, en donde se indican los grados de desfases que se pueden generar moviendo la ubicación de la palanca, este desplazamiento se realiza para cubrir toda la circunferencia de la pieza que se esté trabajando, con el objetivo de abarcar los 180° y que el ángulo de corte sea el óptimo. En la siguiente imagen se evidencia que el dispositivo cuenta en la placa inferior una ranura para desplazar el subsistema porta herramienta evitando choques con otros elementos que se encuentran en el torno tales como el centro punto, copa, entre otros.

Figura 19. Sistema de desplazamiento



Nota: Vista isométrica dispositivo rectificador de esferas con énfasis en el sistema de desplazamiento de la herramienta. autoría propia

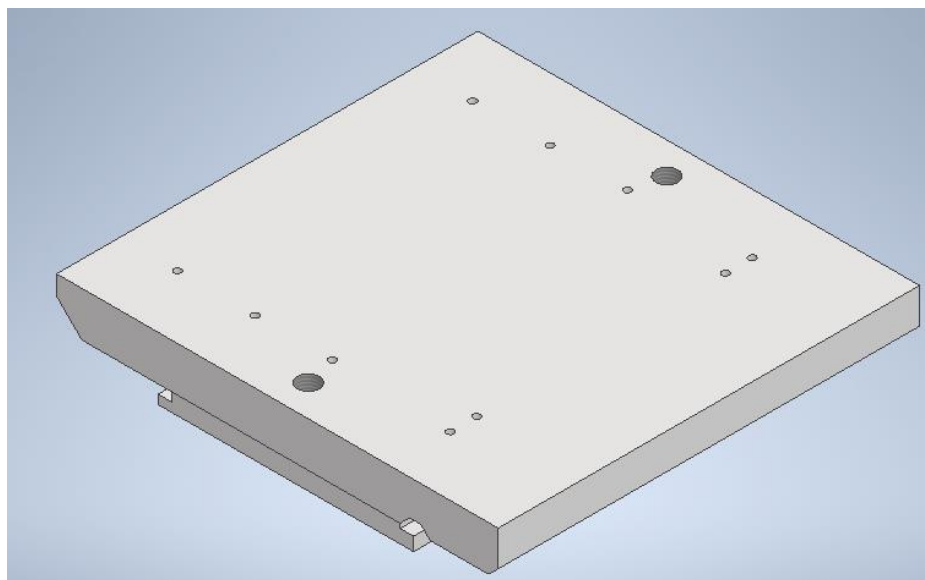
7.2 SUBSISTEMAS DEL DISPOSITIVO RECTIFICADOR

El dispositivo para rectificar esferas está compuesto por tres subsistemas, que ejercen funciones específicas para una correcta operatividad, estos subsistemas son: bastidor o estructura, accionamiento y corte.

7.2.1 Subsistema de bastidor o estructura

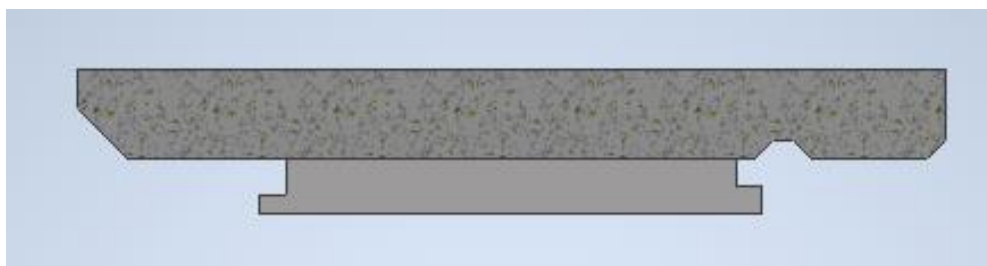
El bastidor es el encargado de soportar cada uno de los elementos o subsistemas que conforman el dispositivo, dando así la estabilidad necesaria para permitir una correcta operación del dispositivo sin generar balanceos que puedan perjudicar la calidad del trabajo final, es tiene forma circular y unos agujeros por donde se introduce los tornillos para fijar este a la bancada transversal del torno, para esto se diseña el bastidor con una barra de un acero 1045 de la cual se mecaniza un diámetro exterior de 300 mm y una longitud de 50,8 mm. A esta base se unirá de manera permanente, es decir, una unión soldada un eje para la ubicación y ensamble de los demás subsistemas del dispositivo, este eje cuenta un ajuste roscado en la parte superior para evitar desplazamientos en los subsistemas. Este eje se diseñará con la correcta selección de materiales para cumplir con los requerimientos de esfuerzo que soporta el dispositivo al momento de realizar un trabajo.

Figura 20. Vista isométrica bastidor



Nota: Vista isométrica de bastidor de dispositivo rectificador de esferas. autoría propia

Figura 21. Vista en sección del bastidor



Nota: Vista de sección de bastidor de dispositivo rectificador de esferas. autoría propia

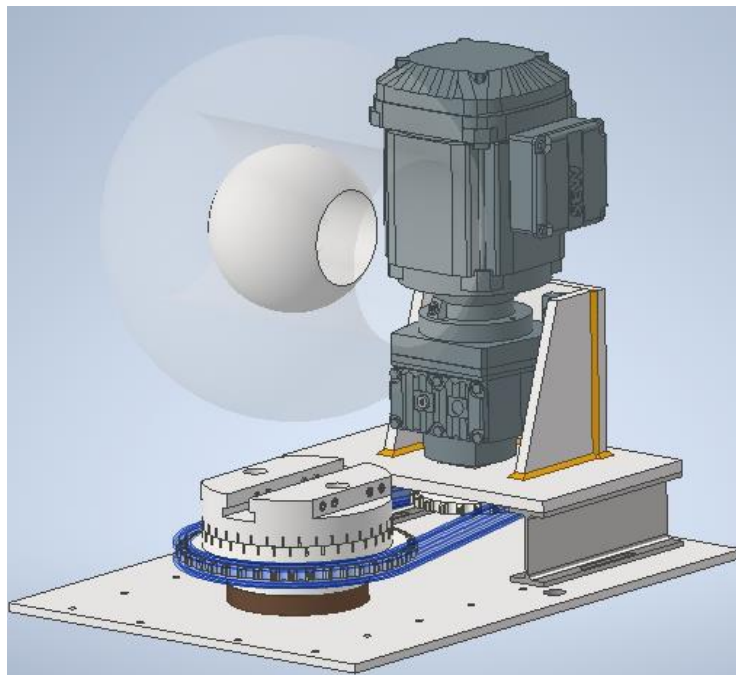
7.2.2. Subsistema de accionamiento

El subsistema de accionamiento está compuesto por dos placas de geometría circular las cuales se extraen de barras de acero 1045, donde la placa inferior cuenta aproximado de 190 mm de diámetro y 12.7 mm o ½" de longitud, esta placa lleva un proceso de cilindrado interior, el cual será la ranura circular para desplazar la placa superior y evitar choques o interferencias al movimiento del dispositivo.

Por otra parte, este subsistema cuenta con una placa superior del mismo diámetro es decir 190 mm, pero con una longitud de 40 mm, esta pieza lleva unas operaciones de ranurado, perforado, roscado, cilindrado, refrentado, entre otros, las cuales van a garantizar el correcto ensamble entre el subsistema bastidor y el subsistema de corte.

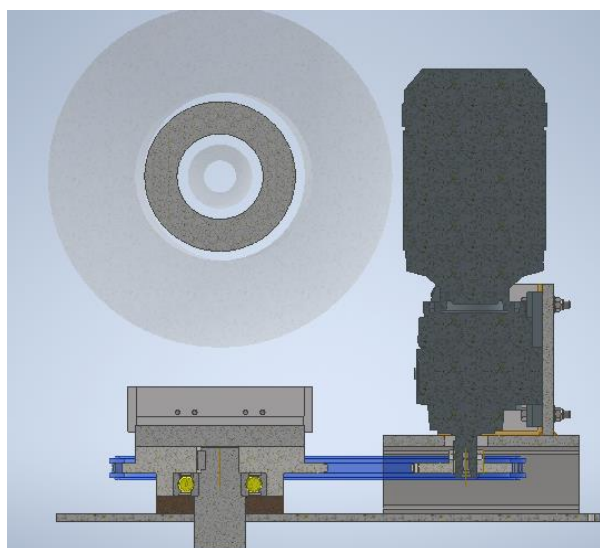
este subsistema se encarga de generar movimiento con el cual el dispositivo realiza el trabajo en un rango de 180°, este movimiento será generado por una fuerza que debe ejercer el operador del torno en la palanca de accionamiento, estos elementos se ubican encima del bastidor, los cuales están ensamblados en un rodamiento y estas placas tienen un ajuste forzado suave para garantizar el movimiento del subsistema durante el trabajo, con el objetivo de que sea más fluido y con menos resistencia.

Figura 22. Vista isométrica subsistema de accionamiento



Nota: Vista isométrica de subsistema de accionamiento de dispositivo rectificador de esferas. autoría propia

Figura 23. Vista en sección subsistema de accionamiento



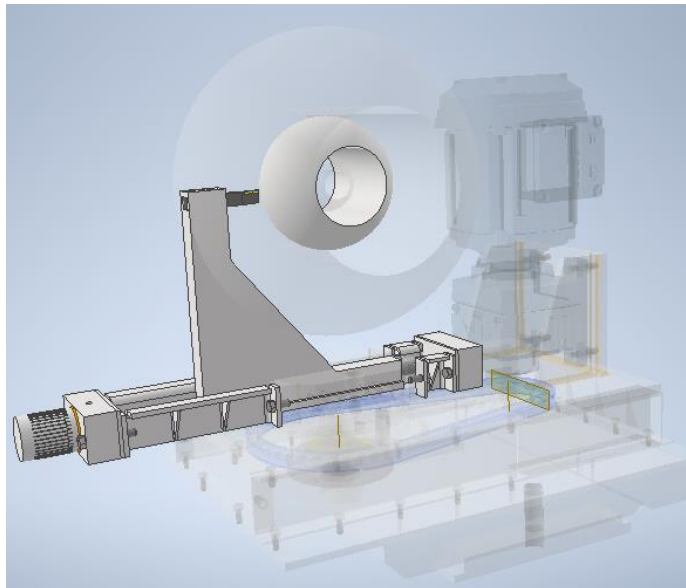
Nota: Vista de sección de subsistema de accionamiento de dispositivo rectificador de esferas. autoría propia

7.2.3 Subsistema de corte

Este subsistema es el encargado de soportar la plaquita de corte, a su vez, este está conformado por dos elementos, esto con el fin de poder ajustarse a los requerimientos del tamaño de la esfera que se vaya a mecanizar, ya que este debe ajustar el radio de trabajo, el trabajo que vaya realizando este subsistema está sujeto al subsistema de accionamiento, el cual al moverse mueve la plaquita de corte, y este a su vez va realizando el rectificado de la esfera.

Este subsistema es adaptado con el objetivo de dar un ajuste en la distancia del radio de manera precisa con un tambor de accionamiento, el cual está compuesto de una tuerca de rosca fina y un tornillo pasante a través de todo el dispositivo para lograr la traslación de la porta herramienta, mientras el tornillo gira, con el fin de garantizar los diversos radios de rectificado que estarán sujetos a los tamaños de las esferas de las válvulas de bola.

Figura 24. Subsistema de corte



Nota: Vista de subsistema de corte de dispositivo rectificador de esferas. autoría propia

7.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

Se tuvieron en cuenta unas condiciones específicas con las que el dispositivo debe cumplir en todo momento, estas condiciones son:

- Debe tener la capacidad de cumplir un ángulo de trabajo de 180°
- Debe tener la capacidad ser ajustable el radio de trabajo del dispositivo.
- Debe tener la capacidad ser ajustable su altura a la cual queda la plaquita de corte.
- El dispositivo debe ser fácil de manejar.
- El dispositivo debe tener un sistema de fijación sencilla para así poder ser ensamblado en diferentes tipos de tornos convencionales.
- El diseño sencillo para su fácil construcción
- No debe ser un dispositivo costoso al momento de su fabricación.
- Fácil limpieza y mantenimiento.
- Sistemas de fijación que permitan el cambio sencillo de la plaquita de corte.

Teniendo en cuenta estas condiciones, se realiza el diseño de la herramienta, como se menciona en capítulos anteriores, este dispositivo está dividido en tres subsistemas, cada subsistema debe cumplir con los requerimientos, y permitir su funcionamiento de forma adecuada.

8. DISEÑO DE DETALLE

El dispositivo para el rectificado de esferas debe garantizar el cumplimiento de los siguientes requerimientos específicos:

- a) El mecanismo debe estar en condiciones de realizar un rectificado correcto (según la petición del cliente).
- b) El mecanismo debe ser capaz de rectificar esferas desde 3" hasta 12" (pulgadas).
- c) El mecanismo debe tener un tamaño óptimo para el operador, quien lo manipula VOLUMEN. (70x42,5 +/-5x70) [cm] ; (X,Y,Z).
- d) Las esferas rectificadas por el mecanismo deben cumplir con el control de calidad estipulado, en este caso las tolerancias dimensionales, geométricas y de rugosidad.

8.1 GEOMETRÍA DEL DISPOSITIVO

El dispositivo cuenta con la siguiente geometría para realizar un diagrama de cuerpo libre, el cual nos permite determinar las fuerzas aplicadas.

8.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE LOS ELEMENTOS

Para los materiales empleados y seleccionados para cada uno de los elementos, se debe tener en cuenta factores importantes como la resistencia al desgaste del material, la condición ambiental en las que se encuentran y las vibraciones en el sistema.

8.2.1. Subsistema de bastidor del mecanismo

Este subsistema estará sometido a vibraciones y debe tener resistencia al desgaste ya que, en ella, se ubicará el reductor de velocidad, por lo tanto, el material seleccionado para este subsistema será un acero AISI 13B45, las propiedades de este acero son las siguientes:

- $S_y = 12303 \text{ kg/cm}^2$ o $1206,51215 \text{ Mpa}$
- $S_u = 13147 \text{ kg/cm}^2$ o $1289,28028 \text{ Mpa}$

Información tomada de la tabla AT8 del libro de Hernán Rojas.

8.2.2. Subsistema de accionamiento

Este subsistema estará unido al bastidor del mecanismo, los elementos que componen este subsistema están unidos por medio de tornillos para que tengan un buen soporte y estabilidad al mecanismo, por lo que el material de éste será AISI C1030 laminado simple, con las siguientes propiedades mecánicas:

- $S_y = 3586 \text{ kg/cm}^2$ o $351,66647 \text{ Mpa}$
- $S_u = 5624 \text{ kg/cm}^2$ o $551,526 \text{ Mpa}$

Información tomada de la tabla AT8 del libro de Hernán Rojas.

8.2.3. Subsistema de porta herramienta

Este subsistema se encontrará sometido a un desgaste constante, por lo que el material seleccionado para este subsistema será AISI 1020 (k), estirado en frío. Este cuenta con las siguientes propiedades mecánicas

- $S_y = 4640 \text{ kg/cm}^2$ o $455,0286 \text{ Mpa}$
- $S_u = 5483 \text{ kg/cm}^2$ o $537,6986 \text{ Mpa}$

Información tomada de la tabla AT7 del libro de Hernán Rojas.

8.2.4. Engranaje

El sistema de engranajes se soportará sobre el subsistema de bastidor y a su vez por medio de una transmisión de cadera se transmite el movimiento al piñón, por lo que estos materiales deben tener muy buenas propiedades mecánicas, entre estas la resistencia del material y la durabilidad, por lo cual, para estos elementos utilizaremos bronce SAE 660 bronce de sílice tipo B, estos materiales tienen resistencia a la corrosión y buenas propiedades en cuanto al desgaste y coeficientes de fricción bajos. Cuentan con las siguientes propiedades mecánicas:

- $S_y = 4851 \text{ kg/cm}^2$ o $475,7206 \text{ Mpa}$

Información tomada de la tabla AT7 del libro de Hernán Rojas.

8.2.5 Piñón

Transmitirá el movimiento con relación de cadenas, ya que este piñón tienen como función de ser la impulsora, el material seleccionado para el piñón será un acero al carbono SAE 1045, el cual cuenta con las siguientes propiedades mecánicas

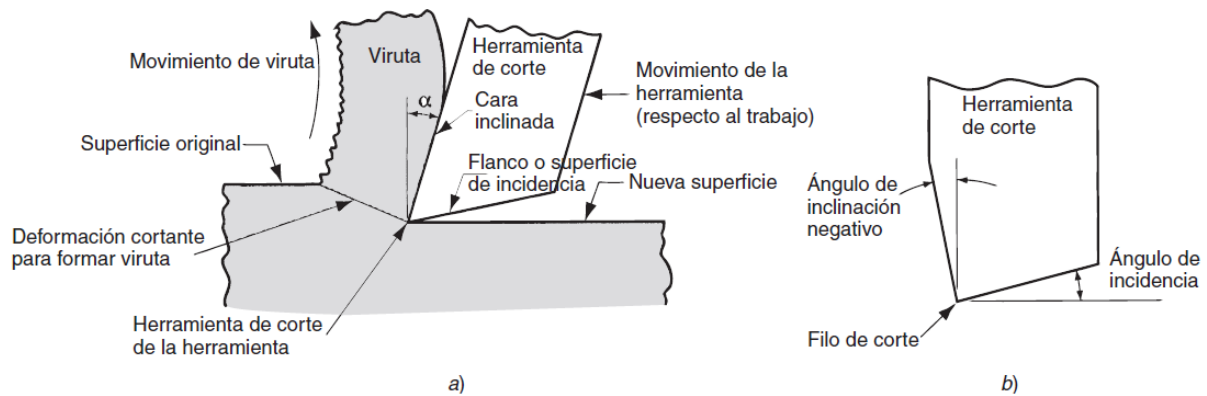
- $S_y = 4148 \text{ kg/cm}^2$ o $406,7798 \text{ Mpa}$
- $S_u = 6749 \text{ kg/cm}^2$ o $661,8508 \text{ Mpa}$

Información tomada de la tabla AT7 del libro de Hernán Rojas.

8.3 CÁLCULOS DE ESFUERZOS EN DISPOSITIVO

El dispositivo cumplirá con un proceso que se basa en la remoción de material, específicamente maquinado, en este proceso de manufactura se usan herramientas de corte para remover el exceso de material de una pieza de trabajo, con el objetivo de que el material remanente sea la forma de la pieza deseada. Este proceso se presenta en la siguiente imagen, donde la imagen (a) nos indica una sección transversal del proceso de maquinado y la imagen (b) nos presenta la herramienta con el ángulo de inclinación negativo, este ángulo en la imagen (a) es diferente, ya que en la imagen (a) se presenta un ángulo de inclinación positivo.

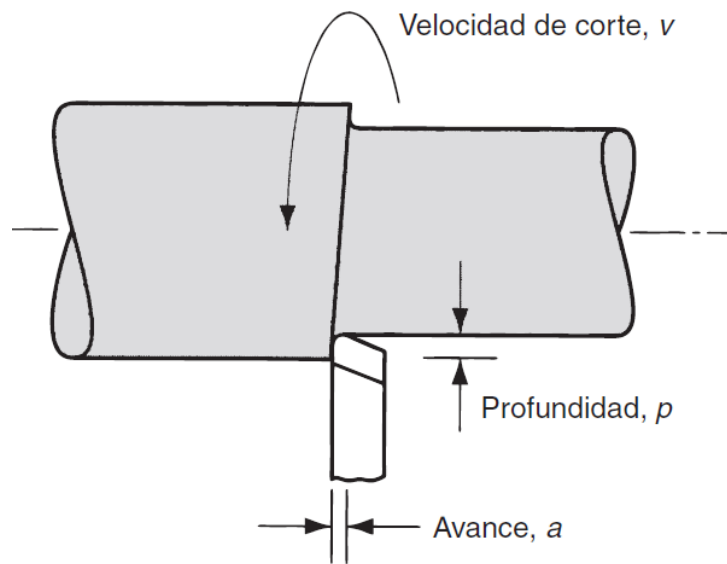
Figura 25. Proceso de maquinado



Nota: Representación gráfica de arranque de viruta. Extraído de Groover. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, Materiales, procesos y sistemas. Tercera edición.

El maquinado usualmente se divide en dos categorías: cortes de desbaste primario (burdo) y cortes de acabado (fino). El primero es usado en la remoción de cantidades voluminosas de material de la pieza en el menor tiempo posible, esto con el fin de empezar a dar forma a lo que se requiere, para que posteriormente se realicen los acabados más finos. El segundo es usado para realizar los acabados más finos y llevarlos a las dimensiones finales requeridas en cuanto a tolerancia y acabados superficiales. El desbaste se realiza con altas velocidades y a su vez se llega a altas profundidades, los avances más comunes van desde 0,4-1,25 mm/rev y las profundidades van desde 2,5-20 mm. El acabado por otra parte se trabaja a bajas velocidades (0,125-0,4 mm/rev) y bajas profundidades (0,75-2 mm).

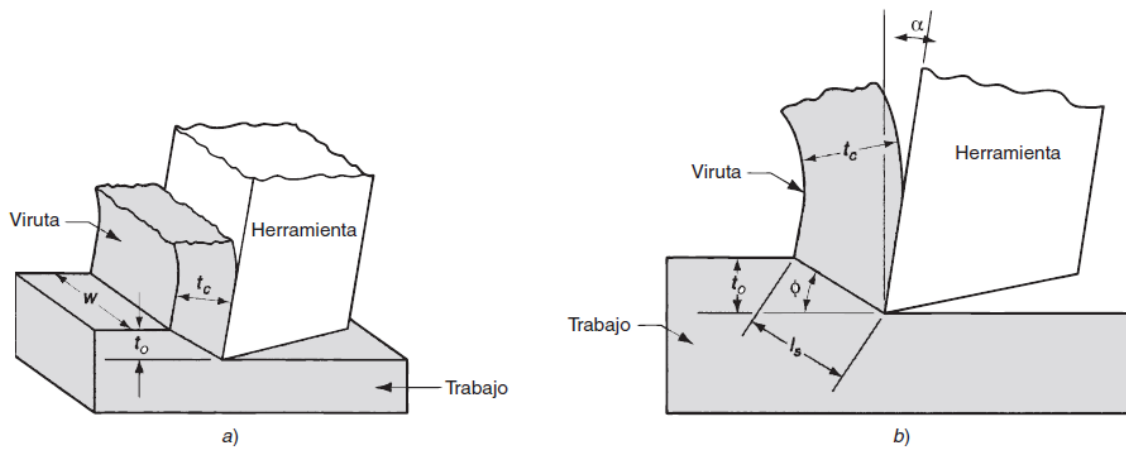
Figura 26. Velocidad de corte, avance y profundidad de corte de una operación de torneado.



Nota: Representación gráfica de avance y profundidad de corte. Extraído de Groover. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, Materiales, procesos y sistemas. Tercera edición.

Las operaciones de maquinado práctico son complejas y el proceso real realiza operaciones que se producen en tres dimensiones, Existe la teoría la cual tiende a predecir la formación de la viruta en el proceso de maquinado de metales, la teoría que usaremos es el modelo de corte ortogonal, se presenta en la siguiente imagen.

Figura 27. Figura corte ortogonal



Nota: Representación gráfica de corte ortogonal. Extraído de Groover. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, Materiales, procesos y sistemas. Tercera edición.

Relación del grueso de la viruta

$$r = \frac{t_o}{t_c}$$

El modelo que contiene corte ortogonal permite que se establezca una relación fundamental entre el ángulo de inclinación, el ángulo del plano de corte y el espesor de la viruta. Sea la longitud del plano de corte.

Se puede hacer la sustitución $t_o = l_s \sin \phi$ y $t_c = l_s \cos (\phi - \alpha)$, entonces:

$$r = \frac{l_s \sin \phi}{l_s \cos(\phi - \alpha)} = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \alpha)}$$

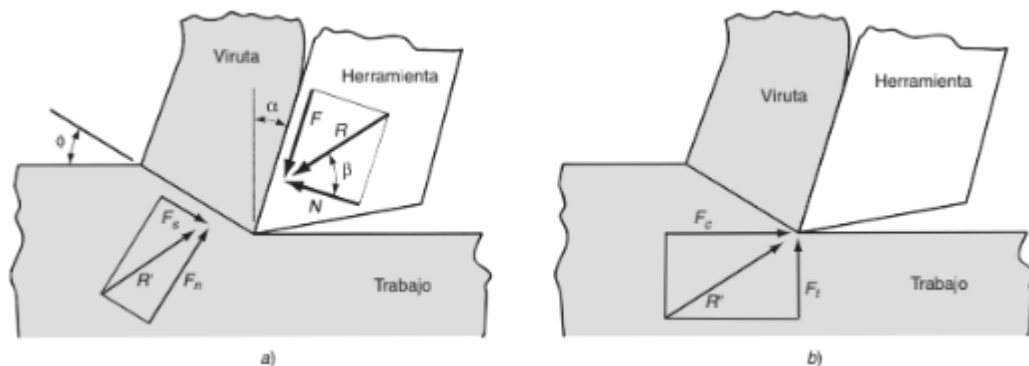
Lo anterior puede agruparse a fin de determinar el valor de ϕ

$$\tan \phi = \frac{r \cos \alpha}{1 - r \sin \alpha}$$

8.3.1 Fuerzas en herramienta de corte

En el modelo ortogonal de corte pueden definirse varias fuerzas con base en estas, se define el coeficiente de fricción, el esfuerzo cortante, entre otras relaciones. (Groover, 2017)

Figura 28. Esfuerzos en la herramienta



Nota: Representación de esfuerzos presentes en el corte. Extraído de Groover. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, Materiales, procesos y sistemas. Tercera edición.

En la figura a) se muestran las fuerzas que actúan sobre la viruta en el corte ortogonal y b) fuerzas que actúan sobre la herramienta y pueden medirse.

La herramienta aplica fuerzas contra la viruta, estas se pueden dividir en 2 fuerzas que son perpendiculares: fuerza normal a la fricción y fuerza de fricción. La primera N , es perpendicular a la fuerza de fricción, la segunda F es la que resiste el flujo de la viruta a lo largo de la cara inclinada de la herramienta. Estas dos se pueden utilizar explicar el coeficiente de fricción μ entre la herramienta y la viruta:

$$\mu = \frac{F}{N}$$

F y N se pueden sumar de forma vectorial para obtener R que es la fuerza resultante, esta se orienta en β , llamado ángulo de fricción el cual tiene esta forma matemática.

$$\mu = \tan \beta$$

se puede definir el esfuerzo cortante con base en la fuerza cortante, este actúa a lo largo del plano de corte de trabajo, por lo que se obtiene la siguiente relación entre la fuerza cortante y la fuerza normal a la cortante

$$\tau = \frac{Fa}{A}$$

Donde A = área del plano de corte. está se calcula de la siguiente manera:

$$A = \frac{t w}{\sin \phi}$$

El esfuerzo que se requiere para la realización de operaciones de maquinado es igual a la resistencia cortante del material de trabajo por tanto ($\tau = S$).

8.3.2 fuerza para accionar el dispositivo

Para saber la fuerza que se requiere para que el dispositivo realice se mueva a través de la pieza que se va a maquinar, se debe conocer la fuerza de empuje o de avance (F_t)

Para conocer esta fuerza, primero debemos conocer el coeficiente de fricción del material que se va a mecanizar, para esto, el material que se mecanizará será el de las bolas de las válvulas, usualmente construidas en acero inoxidable, por lo que el coeficiente de fricción promedio de este es

$$\mu = 0,645$$

De las ecuaciones anteriores se sabe que

$$\mu = \frac{F}{N}$$

Sabiendo que se puede relacionar la fuerza F como

$$F = F_c \operatorname{sen} \alpha + F_t \cos \alpha$$

Donde F_c es la fuerza de corte y α es el ángulo de inclinación, como la plaquita de corte estará de manera perpendicular a la bola, su ángulo de inclinación es de 0° , por lo tanto, la relación queda de la siguiente manera

$$F = F_t \cos 0$$

$$F = F_t$$

De igual manera se relaciona la fuerza N

$$N = F_c \cos \alpha + F_t \operatorname{sen} \alpha$$

$$N = F_c \cos 0$$

$$N = F_c$$

F_c se encuentra multiplicando la fuerza que se ejerce por la velocidad de corte, esta está sujeta a la resistencia del material, como anteriormente se mencionó, el material es acero inoxidable, lo cual deja la siguiente relación

$$F_c = K * a * p$$

Donde K es la fuerza específica de corte, que se relaciona con la resistencia del material, a es el avance, la distancia que se desplaza la cuchilla en cada vuelta y p es la profundidad a la que se introduce la herramienta.

La distancia a la cual se introduce la plaquita de corte es de $p = 0,1 \text{ mm}$, la fuerza específica de corte para el acero inoxidable es de $K = 2325 \text{ N/mm}^2$, cuando se trabajan este tipo de pieza se recomienda un avance de $a = 0,25 \text{ mm/rev}$.

Con los siguientes datos se tiene que

$$F_t = \mu * K * a * p$$

$$F_t = 0,645 * 2325 \text{ N/mm}^2 * 0,25 \text{ mm} * 0,1 \text{ mm}$$

$$F_t = 37,49 \text{ N}$$

Por lo tanto, para accionar el dispositivo se debe generar una fuerza de empuje de

$$F \text{ empuje} \geq 37,49 \text{ N}.$$

En este orden de ideas la fuerza de corte se determina de la siguiente manera:

$$F_c = K * a * p$$

$$F_c = 2325 \text{ N/mm}^2 * 0,25 \text{ mm} * 0,1 \text{ mm}$$

$$F_c = 58,125 \text{ N}$$

El maquinado requiere una potencia para ejercer la actividad. El producto de la fuerza cortante y la velocidad dan la potencia requerida para ejecutar la operación de maquinado.

$$P_c = F_c * v$$

Donde P_c es la potencia de corte, en N-m/s o W; F_c es la fuerza de corte en N, y v es la velocidad de corte en m/s. La velocidad de corte se tiene por diseño que es 100 [m/min], convirtiendo este valor tenemos que $v = 1,667$ [m/s] Si reemplazamos los valores trabajados en la ecuación de la potencia se obtiene que la potencia de corte es:

$$P_c = F_c * v$$

$$P_c = 58,125 \text{ N} * 1,667 \text{ m/s}$$

$$P_c = 116 \text{ [W]}$$

En la siguiente tabla se presenta una lista de los valores de Hp unitarios y energía específica para materiales de trabajo determinados. Estos valores se basan en dos suposiciones, el primero que la herramienta de corte está afilada y el segundo que el espesor de la viruta antes del corte es de 0,25mm.

Tabla 5. Valores de caballos de fuerza

Material	Dureza Brinell	Energía específica U o potencia unitaria P_u		Caballos de fuerza unitaria en HP_u hp/(in ³ /min)
		N-m/mm ³	in-lb/in ³	
Acero al carbono	150-200	1.6	240 000	0.6
	201-250	2.2	320 000	0.8
	251-300	2.8	400 000	1.0
Aceros aleados	200-250	2.2	320 000	0.8
	251-300	2.8	400 000	1.0
	301-350	3.6	520 000	1.3
	351-400	4.4	640 000	1.6
Hierros fundidos	125-175	1.1	160 000	0.4
	175-250	1.6	240 000	0.6
Acero inoxidable	150-250	2.8	400 000	1.0
Aluminio	50-100	0.7	100 000	0.25
Aleaciones de aluminio	100-150	0.8	120 000	0.3
Latón	100-150	2.2	320 000	0.8
Bronce	100-150	2.2	320 000	0.8
Aleaciones de magnesio	50-100	0.4	60 000	0.15

Nota: Tabla que relaciona materiales con durezas y caballos de fuerza necesarios para realizar maquinado
 Extraído de Groover. Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, Materiales, procesos y sistemas.
 Tercera edición.

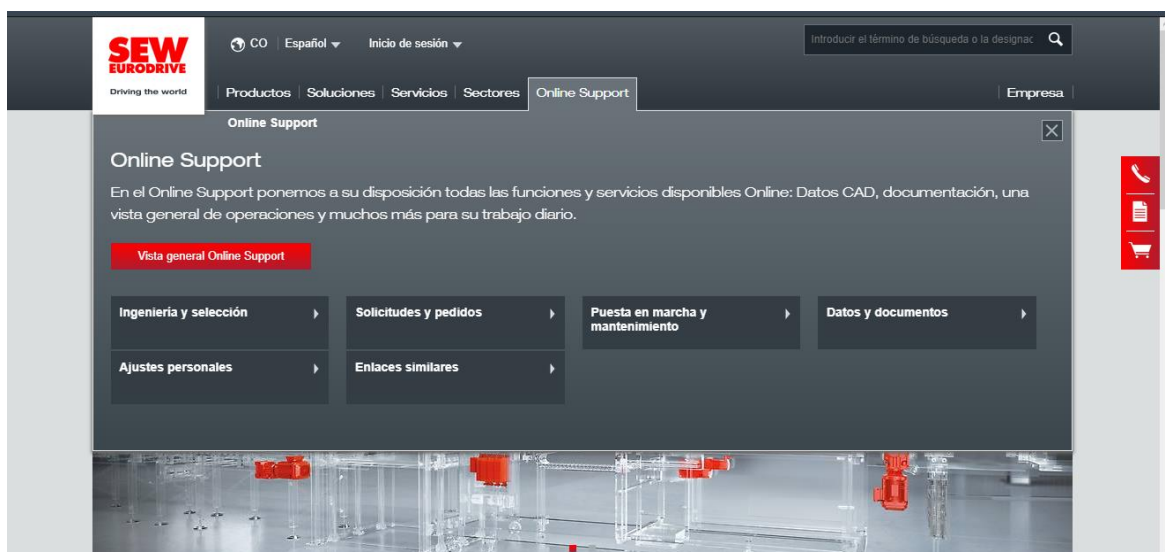
8.3.3 Selección del motorreductor

En este orden de ideas se establece una potencia determinada para el accionamiento del dispositivo y se realice el respectivo corte de la esfera. Se Selecciona el motor con ayuda del proveedor de motorreductores SEW en cual brinda las herramientas para su selección y archivos en formato CAD para el posterior diseño en el software SolidWorks. En el cálculo anterior se obtuvo una potencia de 116[W], comercialmente esta potencia no se

consigue así sé que aproxima a la siguiente, además para garantizar el correcto factor de servicio y la adecuada operación del equipo se selecciona un motorreductor de 1[KW].

Se ingresa en la página <https://www.sew-eurodrive.com.co/inicio.html> y posteriormente en la pestaña Online Support, ingeniería y selección y a continuación configuración de productos, en las siguientes imágenes se presentan las ventanas emergentes de selección.

Figura 29. Ventana de selección



Nota: Paso 1 para selección de motorreductor en página web sew eurodrive

Figura 30. Ventana de selección 2



Nota: Paso 2 para selección de motorreductor en página web sew eurodrive

Se selecciona la opción de motorreductores AC y se ingresan los parámetros de selección tales como potencia, la velocidad con que sale en el motoreductor en rpm, el factor de servicio, entre otros factores que se requieran.

Cada motorreductor tiene asignado un factor de servicio en el catálogo de SEW. El factor de servicio es la relación que existe entre la potencia nominal del reductor y la potencia nominal del motor. No existen normas para determinar los factores de servicio. Por ello, los factores de servicio varían de un fabricante a otro y no se pueden comparar.

Ejemplo:

$$R47DRN90L4 / i = 23,28 / Ma [Nm] = 225 / fB 1,3$$

$$R47 - Mmax [Nm] = 300$$

$$Mamax / Ma = fB$$

$$300 Nm / 225 Nm = 1,33 (\sim 1,3)$$

Figura 31. Ventana de selección 3

Driveconfigurator Opciones del usuario

Iniciar el configurador con denominación del tipo

Está disponible el tipo designado?

Inicie la configuración del producto con el país de utilización y el designación del tipo

Otros países (IEC 60 Hz)

Motorreductores / Motores / Reductor

Motorreductores

- > Motorreductores AC
- > Motorreductores AC (Motores de 1 etapa)
- > Motorreductores AC (Tecnología LSPM)

Motores

- > Motores AC
- > Motores AC (Motores de 1 etapa)
- > Motores AC (Tecnología LSPM)
- > Servomotor sincrónico
- > Servomotor asíncrónico

Reductor

- > Reductores de engranajes cilíndricos, reductores cilíndricos de ejes paralelos, reductores de grupo cónico, reductores de tornillo sin fin y reductores Spiroplan.
- > Reductores servo y reductores planetarios.
- > Servoreductor planetario PxG®

Diseño antiexplosivo

- > Motorreductores AC
- > Motores AC
- > Reductores de engranajes cilíndricos, reductores cilíndricos de ejes paralelos, reductores de grupo cónico, reductores de tornillo sin fin y reductores Spiroplan.
- > Reductores servo y reductores planetarios.

Nota: Paso 3 para selección de motorreductor en página web sew eurodrive

Se presenta el siguiente listado de selección para el motorreductor, se selecciona el motorreductor con la siguiente especificación:

Figura 32. Ventana de selección 4

Selección de productos 1 Búsqueda 2 Variantes 3 Opciones 4 Resumen Siguiendo

Búsqueda

Designación del tipo requerido:

Diseño del reductor:

Tipo motor:

País de uso:

Potencia del motor P [kW] / Par Ma [Nm]:

Velocidad de salida n [1/min] / Índice de reducción i:

Factor de servicio fB:

Clase con eficiencia internacional (IE):

Nº de polos:

Factor de duración:

Velocidades de salida bajas especiales: ☐

☐ Operación de convertidor de frecuencia

Resultados de la búsqueda									
Denominación	Clase eficiente	P [KW]	na [1/min]	Ma [Nm]	i	fB	na2 [1/min]	Factor con duración cíclica	PLCM
R37DRN90S4	IE3	1,1	61	171	28,73	1,15	1762	S1-100%	
R47DRN90L4	IE3	1,5	59	240	29,88	1,25	1767	S1-100%	
R37DRN90S4	IE3	1,1	72	146	24,42	1,35	1762	S1-100%	
R47DRN90S4	IE3	1,1	48	220	36,93	1,35	1762	S1-100%	
R47DRN90L4	IE3	1,5	66	215	26,7	1,4	1767	S1-100%	
R47DRN90S4	IE3	1,1	51	205	34,73	1,45	1762	S1-100%	
R37DRN90S4	IE3	1,1	79	133	22,27	1,5	1762	S1-100%	
R47DRN90L4	IE3	1,5	75	191	23,59	1,55	1767	S1-100%	
R57DRN90L4	IE3	1,5	50	285	35,07	1,6	1767	S1-100%	
R47DRN90L4	IE3	1,5	76	189	23,28	1,6	1767	S1-100%	

Nº de líneas 10

< > 1 2 3 4 5 >

Nota: opciones de motorreductor con los parámetros introducidos

Motorreductor: R37DRN90S4

Clase eficiencia: IE3

Potencia: 1 [KW]

na: 61 [rpm]

Ma: 171 [Nm]

i: 28,73

fB: 1,15

En el resumen de selección se brinda más información referente al motorreductor seleccionado:

Figura 33. Ventana de selección 5

Driveconfigurator

R37DRN90S4

Opciones del usuario

Volver

1 Búsqueda

2 Variantes

3 Opciones

4 Resumen

Siguiente

Opciones

Garantía extendida

☐ Garantía extendida

General

► Pintura imprimación/CapaFinal

► Protección anticorrosiva y para la superficie

Opciones del motor

► Salida

► Tensión del motor

► Tensión de alcance múltiple

► Freno

► Aislamiento térmico

► Grado de protección

► Sensor de temperatura

► Conector

► Encoder

► Ventilación

► Antirretorno

► Otras opciones de motor

Descripción

Por favor, seleccione una de las opciones disponibles en la izquierda.

Si no encuentra una opción en la selección, puede añadir una nota en el apartado de resumen antes de entregar su solicitud

Opciones seleccionadas

Opciones

Eje de salida: 25x50 mm

Aislamiento térmico 155(F)

Grado de protección IP 55

Tensión, frecuencia, bobinado

8.3.4 Cálculo de transmisión por cadena

El diseño de la transmisión de cadena se realiza con el proveedor de productos MARTIN, donde inicialmente se identifica en la siguiente tabla la clasificación del servicio de la transmisión por cadena que se diseñará. Para este caso será una carga uniforme, enfocando el dispositivo en un eje de línea de carga uniforme irreversible.

Figura 34. Clasificación de servicio

Clasificación de Servicio - Tabla I
Carga Uniforme Agitadores para líquidos, Sopladores Centrífugos, Transportadores de Carga Uniforme, Elevadores de Carga Uniforme, Ventiladores Centrífugos, Generadores, Ejes de Línea de Carga Uniforme Irreversible, Bombas Centrífugas
Carga de Impacto Moderado Batidoras, Compresores Centrífugos, Transportadores de Carga Variable, Molinos, Hornos y Secadoras, Lavadoras y Secadoras, Ejes de Línea de Carga Variable, Máquinas de Carga Pulsante, Bombas Recíprocantes Triplex, Cribas Rotatorias de Carga Uniforme, Maquinaria para Trabajo en Madera.
Carga de Impacto Pesado Máquinas para Ladrillos, Compresores Recíprocantes, Máquinas de Carga Reversible o con Cargas de Impacto, Molinos de Martillos o Rodillos, Prensas, Bombas Recíprocantes Sencillas o Dobles.

Nota: clasificación del servicio al cual estará sometido el motorreductor. Extraído de <https://www.sew-eurodrive.com.co/inicio.html>

Posteriormente se identifica el factor de servicio del dispositivo, el cual se determina mediante el tipo de la unidad motriz, en este caso será un motor eléctrico. Por lo tanto, el factor de servicio del dispositivo rectificador de esferas es de 1.0

Tabla 6. Factor de servicio

Factor de Servicio — Tabla II			
CLASIFICACIÓN DE SERVICIO	TIPO DE LA UNIDAD MOTRIZ		
	Motor de Combustión Interna con Transmisión Hidráulica	Motor Eléctrico o Turbina	Motor de Combustión Interna con Transmisión Mecánica
Carga Uniforme	1.0	1.0	1.2
Carga de Impacto Moderado	1.2	1.3	1.4
Carga de Impacto Pesado	1.4	1.5	1.7

Las **Condiciones de Operación Desfavorables** que pudieran estar presentes deben ser compensadas agregando 0.2 al factor de servicio por cada condición desfavorable. Algunas de estas condiciones pueden ser las siguientes:

1. Ejes Múltiples — añada 0.2 por cada eje adicional.
2. Relaciones de velocidad excesivas — Mayores de 7:1.
3. Cargas de arranque pesadas con frecuentes arranques y paros.
4. Condiciones de alta temperatura, condiciones muy abrasivas o circunstancias que disminuyan la efectividad de la lubricación o que no permitan el uso de los procedimientos de lubricación recomendados.

Nota: tabla calculo factor de servicio de motorreductor. Extraído de <https://www.sew-eurodrive.com.co/inicio.html>

A continuación, se realiza el cálculo de la potencia de diseño la cual se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Pot_{dis} = Pot * F_s$$

Donde la Pot está dada en hp y el factor se obtiene de la tabla anterior. Por lo tanto, el resultado de la potencia de diseño será:

$$Pot_{dis} = 1,3 \text{ hp} * 1$$

$$Pot_{dis} = 1,3 [hp]$$

En este orden de ideas se revisan las tablas para seleccionar el sprocket que satisfaga la potencia de diseño, con rpm del motor reductor seleccionado. Por lo tanto, se tiene que

Tabla 7. Capacidad de hileras múltiples

Para la Capacidad de Hileras Múltiples, vea la Tabla de Factores en la Página E-189.

Paso 3/4" No. 60																
No. de Dientes del Sprocket Menor	REVOLUCIONES POR MINUTO – SPROCKET MENOR															
	50	100	200	500	700	900	1200	1400	1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000	4500
11	0.77	1.44	2.69	6.13	8.30	10.4	11.9	9.41	7.70	6.45	5.51	3.94	3.00	2.38	1.95	1.63
12	0.85	1.58	2.95	6.74	9.12	11.4	13.5	10.7	8.77	7.35	6.28	4.49	3.42	2.71	2.22	1.86
13	0.92	1.73	3.22	7.34	9.94	12.5	15.2	12.1	9.89	8.29	7.08	5.06	3.85	3.06	2.50	...
14	1.00	1.87	3.49	7.96	10.8	13.5	17.0	13.5	11.1	9.26	7.91	5.66	4.31	3.42	2.80	...
15	1.08	2.01	3.76	8.57	11.6	14.5	18.8	15.0	12.3	10.3	8.77	6.28	4.77	3.79	3.10	...
16	1.16	2.16	4.03	9.19	12.4	15.6	20.2	16.5	13.5	11.3	9.66	6.81	5.26	4.17	3.42	...
17	1.24	2.31	4.30	9.81	13.3	16.7	21.6	18.1	14.8	12.4	10.6	7.57	5.76	4.57	3.74	...
18	1.31	2.45	4.58	10.4	14.1	17.7	22.9	19.7	16.1	13.5	11.5	8.25	6.28	4.98	4.08	...
19	1.39	2.60	4.85	11.1	15.0	18.8	24.3	21.4	17.5	14.6	12.5	8.95	6.81	5.40	4.42	...
20	1.47	2.75	5.13	11.7	15.8	19.8	25.7	23.1	18.9	15.8	13.5	9.66	7.35	5.83	...	...
21	1.55	2.90	5.40	12.3	16.7	20.9	27.1	24.8	20.3	17.0	14.5	10.4	7.91	6.28	...	...
22	1.63	3.05	5.68	13.0	17.5	22.0	28.5	26.6	21.8	18.2	15.6	11.1	8.48	6.73	...	...
23	1.71	3.19	5.96	13.6	18.4	23.1	29.9	28.4	23.3	19.5	16.7	11.9	9.07	7.19	...	...
24	1.79	3.35	6.24	14.2	19.3	24.1	31.3	30.3	24.8	20.8	17.8	12.7	9.66	7.67	...	...
25	1.87	3.50	6.52	14.9	20.1	25.3	32.7	32.2	26.4	22.1	18.9	13.5	10.3	8.15	...	...
26	1.95	3.65	6.81	15.5	21.0	26.4	34.1	34.2	28.0	23.4	20.0	14.3	10.9	8.65	...	...
28	2.12	3.95	7.37	16.8	22.8	28.5	37.0	38.2	31.3	26.2	22.4	16.0	12.2	...	...	...
30	2.28	4.26	7.94	18.1	24.5	30.8	39.8	42.4	34.7	29.1	24.8	17.8	13.5	...	...	...
32	2.45	4.56	8.52	19.4	26.3	33.0	42.7	46.7	38.2	32.0	27.3	19.6	14.9	...	...	...
35	2.69	5.03	9.38	21.4	29.0	36.3	47.1	53.4	43.7	36.6	31.3	22.4	17.0	...	...	...
40	3.11	5.81	10.8	23.7	33.5	42.0	54.4	62.5	53.4	44.7	38.2	27.3	...	...	...	...
45	3.53	6.60	12.3	28.1	38.0	47.7	61.7	70.9	63.7	53.4	45.6	32.6	...	...	...	...
Lubricación	Tipo A			Tipo B			Tipo C									

Nota: Tabla para selección de cadenas, extraído de libro de Hernán rojas

Seleccionando un sprocket motriz de 20 diente, con una cadena No. 60 de paso 3/4" a una velocidad de 50rpm la potencia de diseño es de 1,47 hp, la velocidad será de 61rpm por lo tanto realizamos una interpolación de datos para obtener el valor de potencia

Tabla 8. Selección de transmisión

50	1.47
61	1.7516
100	2.75

Nota: tabla para selección de transmisión correcta

En este orden de ideas la selección de los componentes de la transmisión cumple con el diseño y se selecciona un sprocket motriz de $z=20$ No. 60 y uno conducción de $z=40$, con una cadena N0. 60 paso $\frac{3}{4}$ ".

8.3.5 Cálculo del rodamiento

Para el cálculo del rodamiento se toma el proveedor SKF y su catálogo de diseño, en el cual brinda la siguiente ecuación usada para calcular la vida nominal del rodamiento:

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60n} \right) * \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

Donde L_{10h} = vida nominal básica (con una confiabilidad del 90%) [horas de funcionamiento]

n velocidad de giro [r. p. m.]

C = capacidad de carga dinámica básica [kN]

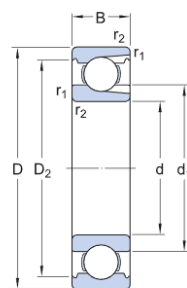
P = carga dinámica equivalente del rodamiento [kN]

p = exponente de la ecuación de la vida = 3 para los rodamientos de bolas = 10/3 para los rodamientos de rodillos

Como datos iniciales se tiene que la velocidad de giro en el eje que soporta el rodamiento es de 30,5 rpm y que la carga radial que se genera en dicho rodamiento es de 1,1 kN generada por tensión de la cadena compartida en los rodamientos, además se tiene que la carga axial es cero debido a la orientación del sprocket, se tiene que el rodamiento trabajara en un entorno de calor y humedad con una temperatura ambiente aproximada de 75°C.

Dado que la carga y la velocidad es baja se selecciona un rodamiento de bolas rígido. Con un rodamiento sellado se logra tener un periodo extenso sin que se tenga necesidad de realizar un mantenimiento. Como no existe carga axial, la carga dinámica equivalente del rodamiento, P , en el rodamiento es igual a la carga radial. Se tiene la siguiente información técnica para el rodamiento seleccionado

Figura 35. Selección de rodamiento



Dimensiones

d	50 mm	Diámetro del agujero
D	110 mm	Diámetro exterior
B	27 mm	Ancho
d ₁	≈ 68.76 mm	Diámetro del resalte
D ₂	≈ 95.2 mm	Diámetro de rebaje
r _{1,2}	min. 2 mm	Dimensión del chaflán

Nota: parámetros de rodamiento seleccionado extraído de catalogo SKF

Tabla 9. Datos de cálculo

Datos del cálculo		
Capacidad de carga dinámica básica	C	64.4 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	52 kN
Carga límite de fatiga	P _u	2.2 kN
Velocidad de referencia		11 000 r/min
Velocidad límite		7 000 r/min
Factor de carga mínima	k _r	0.05

Nota: datos de cálculo de rodamiento seleccionado extraído de catalogo SKF

Reemplazando los valores en la ecuación se tiene que:

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 * 30.5} \right) * \left(\frac{64}{1.1} \right)^3$$

$$L_{10h} = 10 \text{ años}$$

A esas revoluciones se obtiene una vida nominal básica muy alta, se recomienda comprobar que el rodamiento esté suficientemente cargado para que las bolas girando y evitar que estas se deslicen. Esto se realizará posteriormente a la comprobación de la lubricación debido a que la viscosidad del lubricante es un factor influyente en la carga mínima requerida.

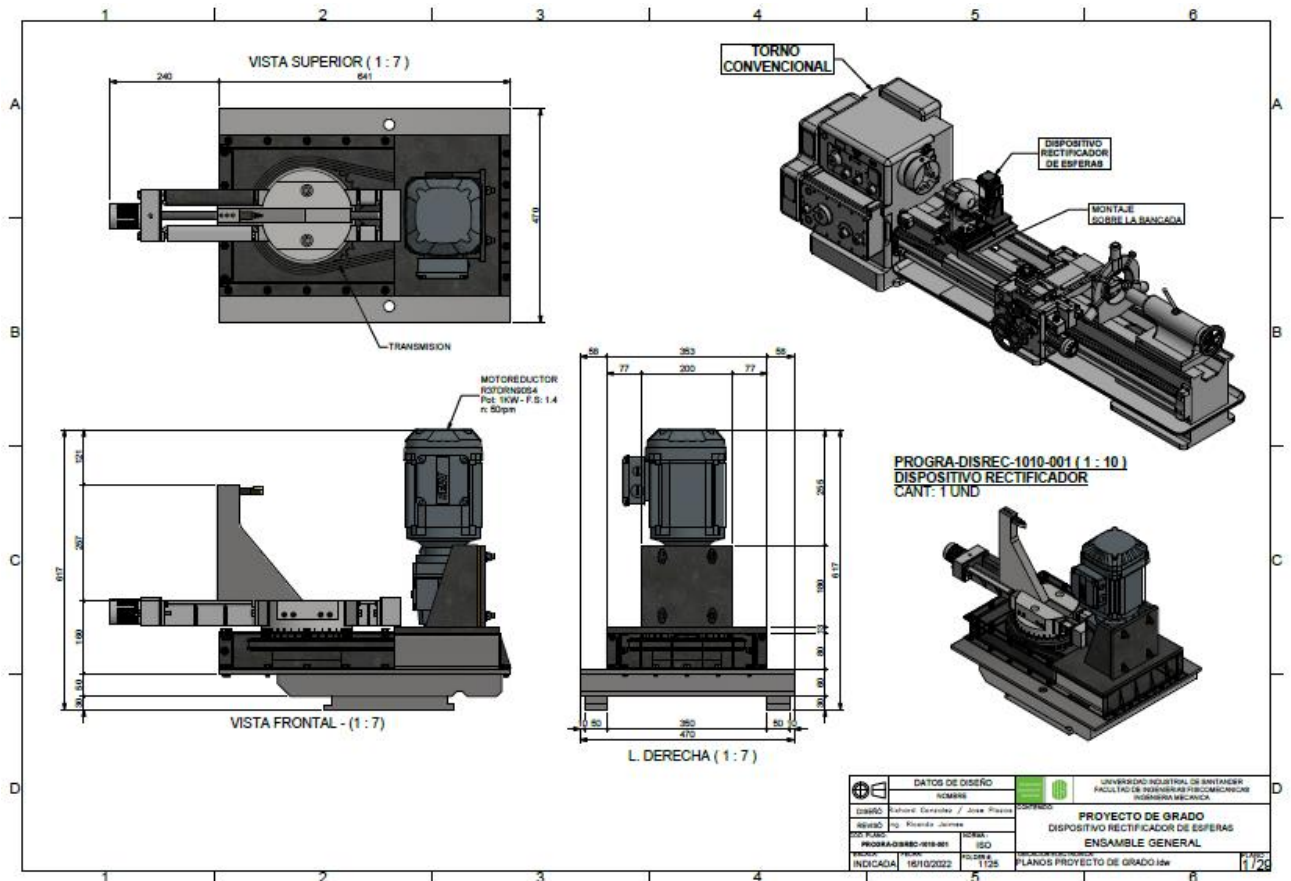
9. DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR

Este proyecto de grado se apoya en el diseño asistido por computador o CAD por sus siglas en inglés (Computer aided desing), esto con el fin realizar una creación, modificación, análisis y optimización del diseño. El resultado entregable puede ser un plano as built, es decir, un archivo en 3D del diseño, o en su defecto el entregable son planos, tales como planos de fabricación, planos de montaje, entre otros. Estos planos se deben realizar para cada uno de los subsistemas que componen el equipo con el objetivo de realizar una entrega de ingeniería detallada. En este orden de ideas en los siguientes capítulos se presentan los planos de ensamble y fabricación del dispositivo rectificador de esferas para las válvulas de bola.

9.1 GENERACIÓN DE PLANOS

Para la presentación de planos se plantea el código de plano PROGRA-DISREC-10XX-YYY, donde el par XX indica el subsistema del dispositivo y el siguiente campo YYY indica la parte del subsistema, esto con el fin de detallar cada uno de los componentes del equipo, además se indican las cantidades y materiales a usar, realizar. Además, se utiliza el método de proyección del tercer ángulo, en donde la vista frontal se ubica en la parte inferior izquierda, la vista superior se ubica ortogonalmente arriba de la vista frontal, y la vista lateral derecha se ubica en el costado derecho de la vista frontal. En este orden de ideas, se presenta el plano general del dispositivo, indicando sus dimensiones globales.

Figura 36. Plano isométrico del dispositivo

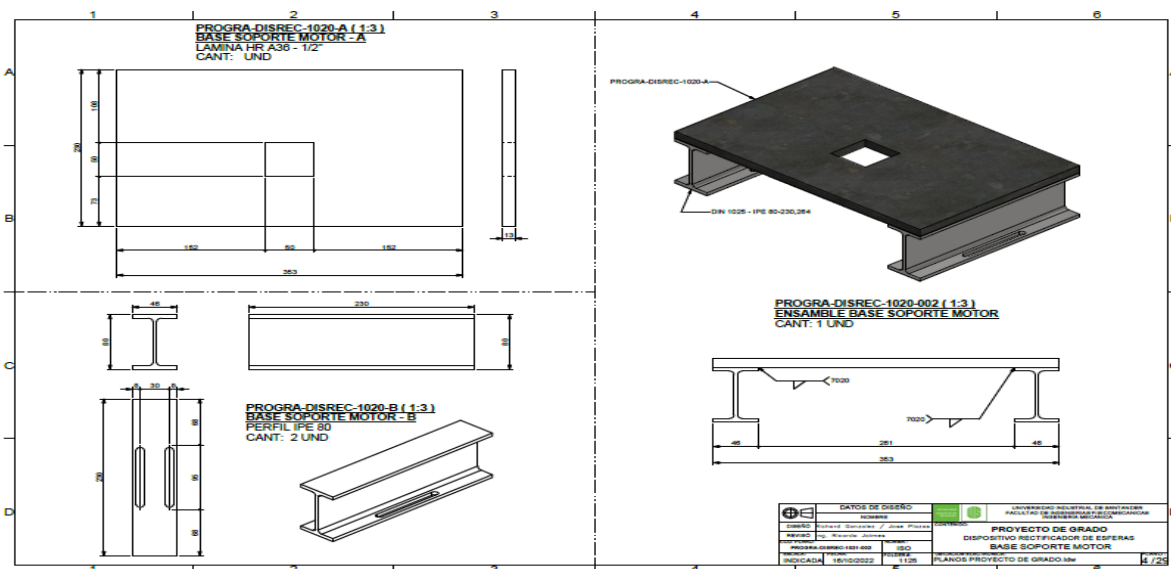
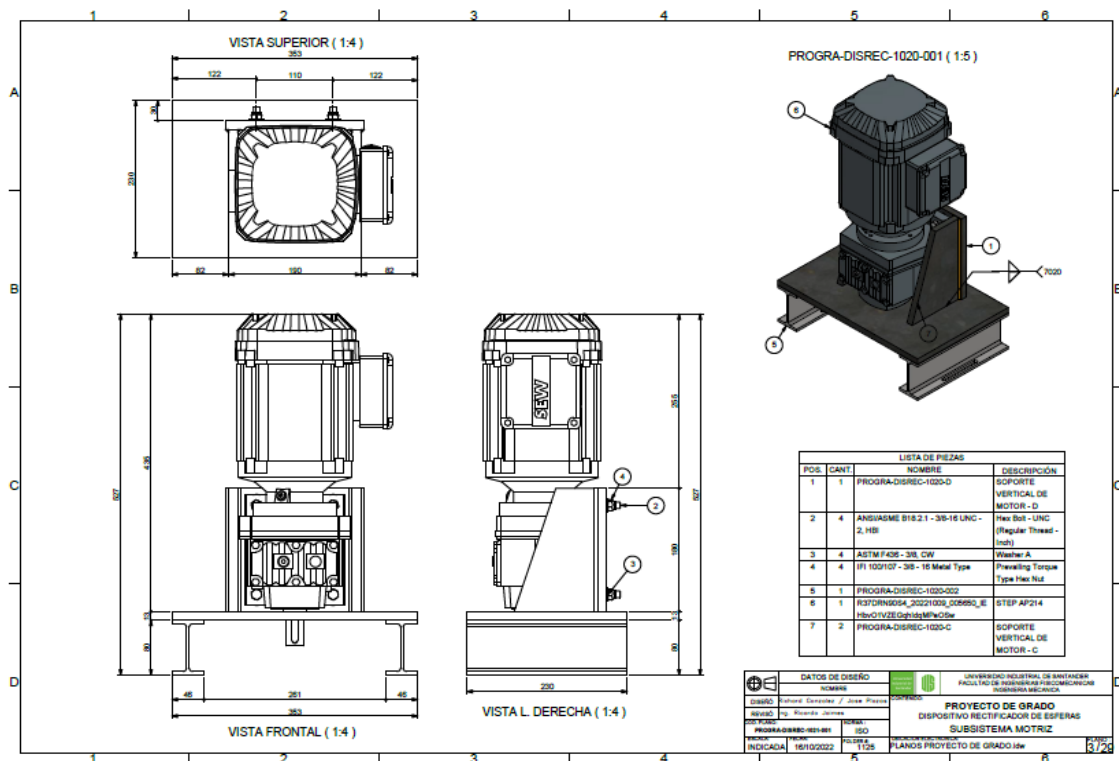


Nota: autoría propia

9.1.1 Subsistema 1 - sistema motriz

En este subsistema se presenta el motorreductor seleccionado para el dispositivo rectificador de esferas, además se indica el montaje de este y las diferentes partes que componen este subsistema, se indica el tipo de soldadura a usar y el tipo de cordón de soldadura a aplicar entre las partes. Además, se evidencian las dimensiones globales del subsistema y el listado de partes que componen el mismo.

Figura 37. Plano subsistema 1

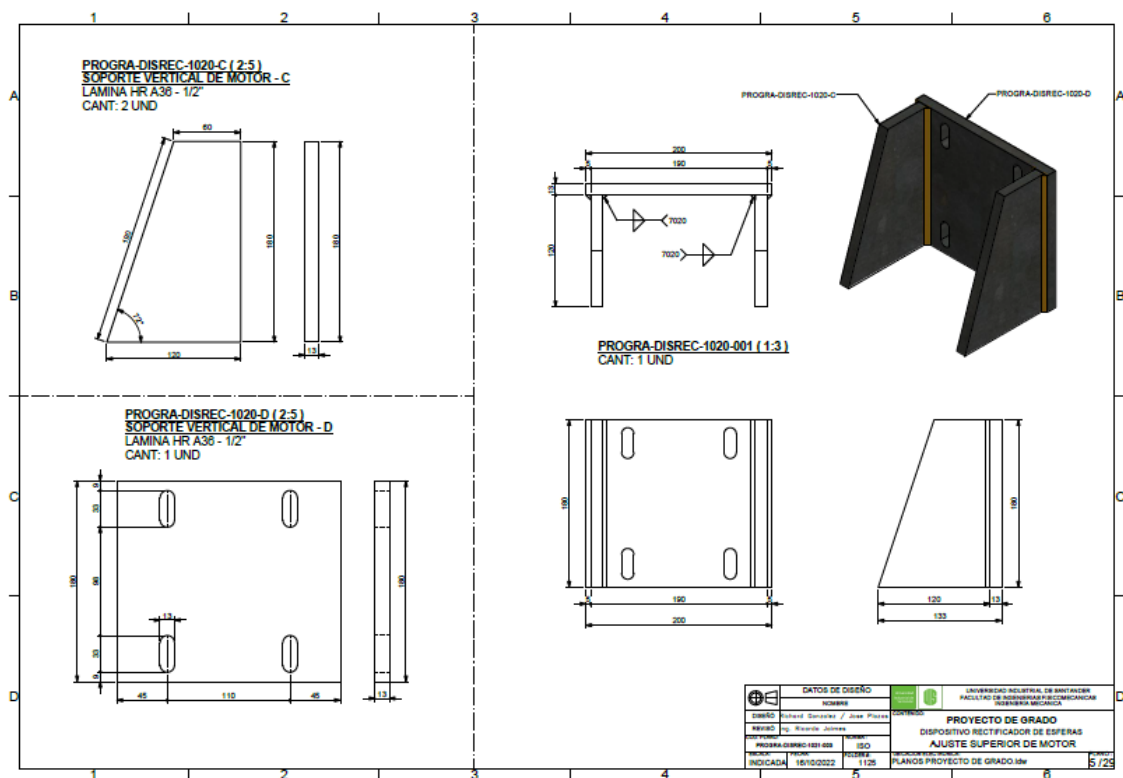


Nota: autoría propia

En este se cuenta con perfiles IPE 80, para darle la rigidez al subsistema y soportar el motorreductor y reducir las vibraciones, además las láminas que se utilizan son de calibre $\frac{1}{2}$ " para darle la respectiva rigidez al subsistema, garantizando el correcto acople del motor.

Adicionalmente el perfil IPE 80 cuenta con unas ranuras para dar la correcta ubicación al subsistema y garantizar el montaje y desmontaje de la transmisión por cadena, para eliminar la tensión en la cadena y realizar las diversas actividades de mantenimiento.

Figura 38. Plano de soporte vertical



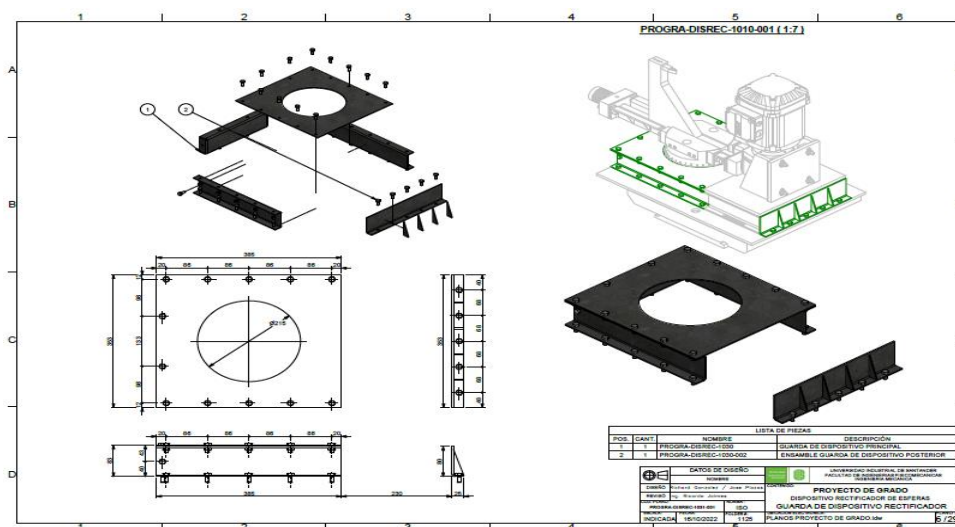
Nota: autoría propia

9.1.2 Subsistema 2 - guarda

El siguiente subsistema del dispositivo rectificador de esferas, se plantea como el guarda protector de la cadena. Todas las partes en movimiento y con riesgo de atrapamiento deben ser bloqueadas para cumplir con la seguridad y salud en el trabajo, además de cumplir con uno de los requisitos del diseño planteados posteriormente en la matriz de calidad.

Este subsistema se plantea con una unión desmontable, con el objetivo de permitir separar las piezas y garantizar el acceso a la cadena y sprockets del equipo, para ingresar en un futuro mantenimiento preventivo o correctivo a dicha transmisión. Este subsistema cuenta con láminas dobladas y láminas con diversos cortes que se realizan en una cortadora láser o plasma, no se requiere demasiada precisión en los cortes ya que solo se usarán para el paso de los tornillos, del subsistema.

Figura 39. Explosionado de subsistema 1



Nota: autoría propia

PROGRA-DISREC-1030-A (1 : 5)
GUARDA DE DISPOSITIVO PRINCIPAL - A
 CANT: 1 UND

PROGRA-DISREC-1030-B (1 : 4)
GUARDA DE DISPOSITIVO PRINCIPAL - B
 LAMINA HR A36 - 3mm
 CANT: 2 UND

PROGRA-DISREC-1030-C (1 : 3)
GUARDA DE DISPOSITIVO PRINCIPAL - C
 LAMINA HR A36 - 3mm
 CANT: 1 UND

POS.	CANT.	NOMBRE	DESCRIPCION
1	2	PROGRA-DISREC-1030-B	GUARDA DE DISPOSITIVO PRINCIPAL - B
2	1	PROGRA-DISREC-1030-C	GUARDA DE DISPOSITIVO PRINCIPAL - C
3	1	PROGRA-DISREC-1030-A	GUARDA DE DISPOSITIVO PRINCIPAL - A
4	14	ANSI B18.2.2 - 5/16 - 18, HH	Hex Nut (Zinc Series) Hex Nut
5	28	ANSI/ASME B18.2.1 - 5/16-18 UNC - 0.75, HH	Hex Bolt - UNC (Zinc Thread - 1 inch)

DATOS DE DISEÑO

CLIENTE: Universidad Simón Bolívar / José Pineda
 DISEÑO: Ing. Ricardo Gómez
 PROYECTO: PROGRA-DISREC-1030-002
 INDICADA: 18/10/2022

PROYECTO DE GRADO
 DISPOSITIVO RECTIFICADOR DE ESFERAS
 GUARDA DE DISPOSITIVO LAMINAS
 PLANOS PROYECTO DE GRADO 04w

7/72

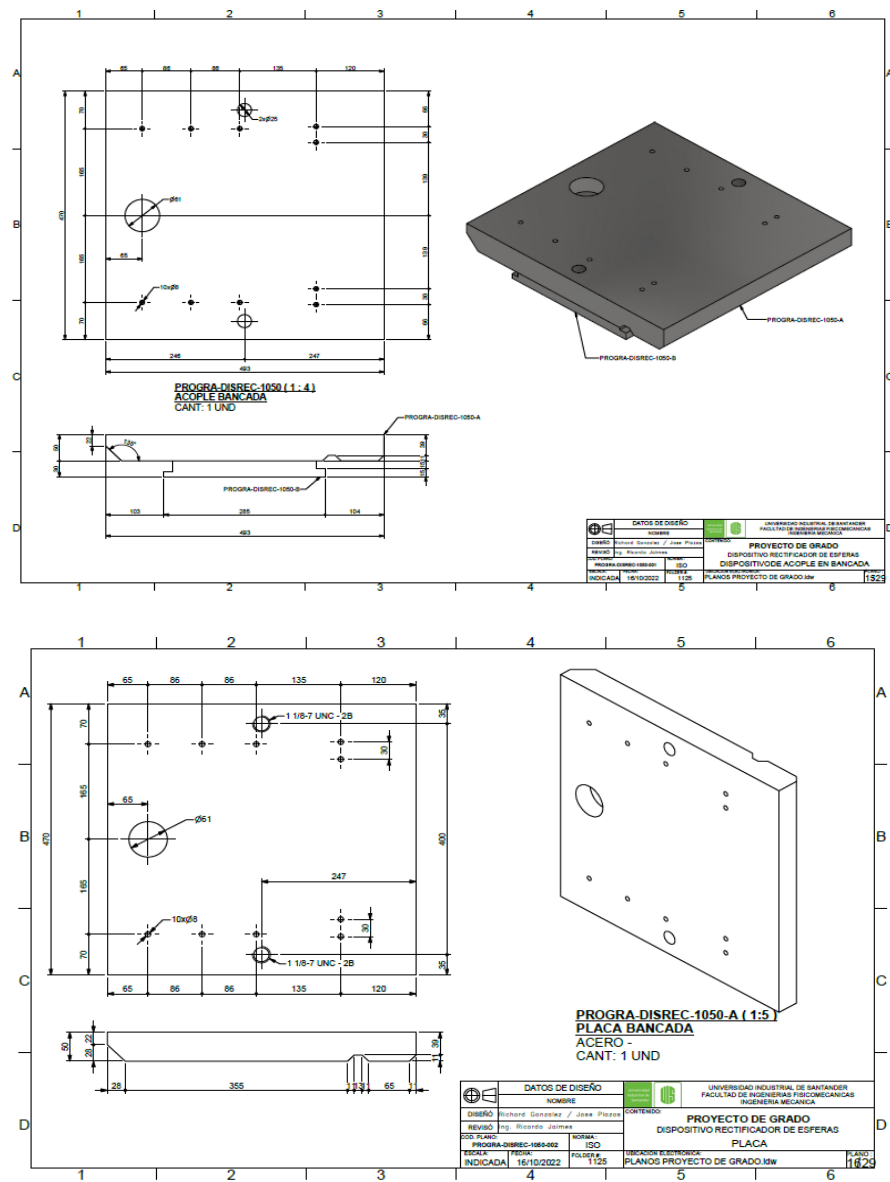
9.1.3 Subsistema 3 - transmisión por cadena

99

9.1.4 Subsistema 4 - acople bancada

100

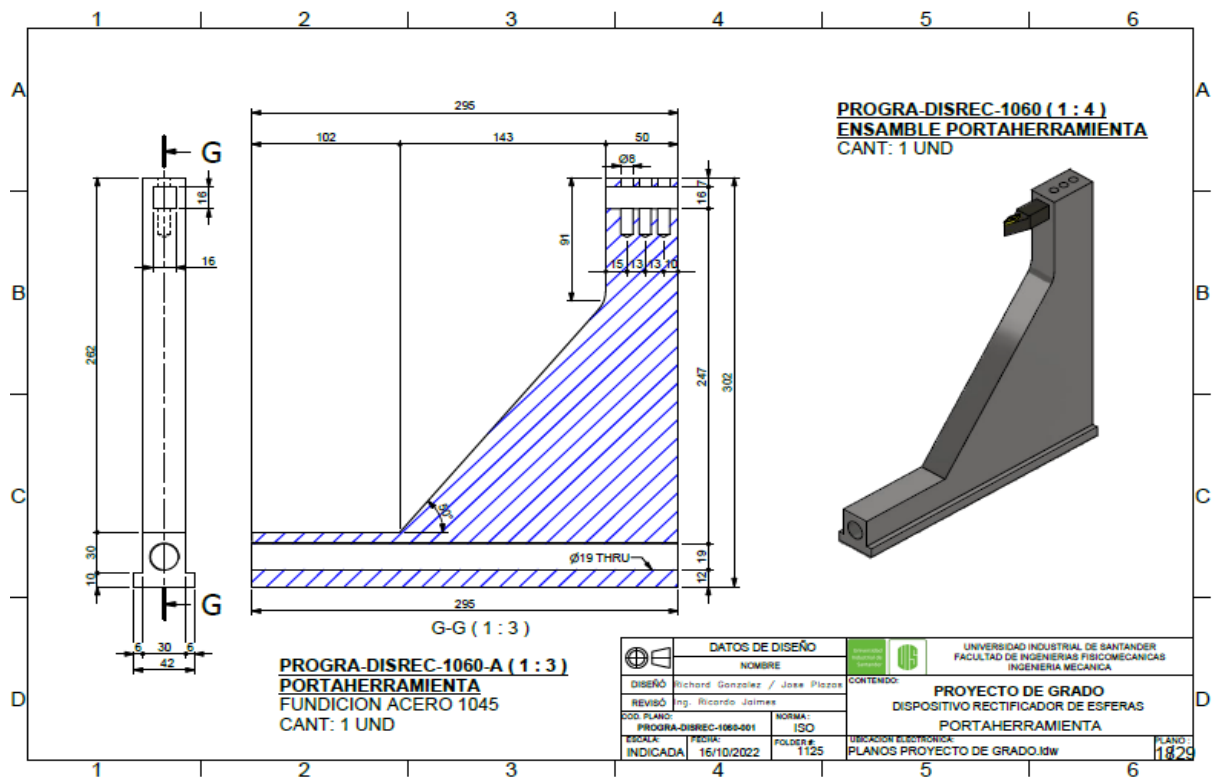
Figura 42. Plano dispositivo de acople



Nota: autoría propia

9.1.5 Subsistema 5 - portaherramienta

Figura 43. Plano de porta herramienta



Nota: autoría propia

Este subsistema se diseña para acoplar porta plaquitas de 16mmx16mm, con una serie de perforaciones en la parte superior e inferior del mismo. Las perforaciones superiores son para ajustar porta plaquitas de menores dimensiones en llegado caso que se lleguen a instalar. Las perforaciones inferiores se realizaron para insertar tornillos de goma para disminuir las vibraciones de este y sirva como un ajuste el mismo.

Se evidencia que este elemento tiene una rosca pasante en toda la longitud del dispositivo, es una rosca fina de diámetro 19mm o $\frac{3}{4}$ ", este subsistema funciona como

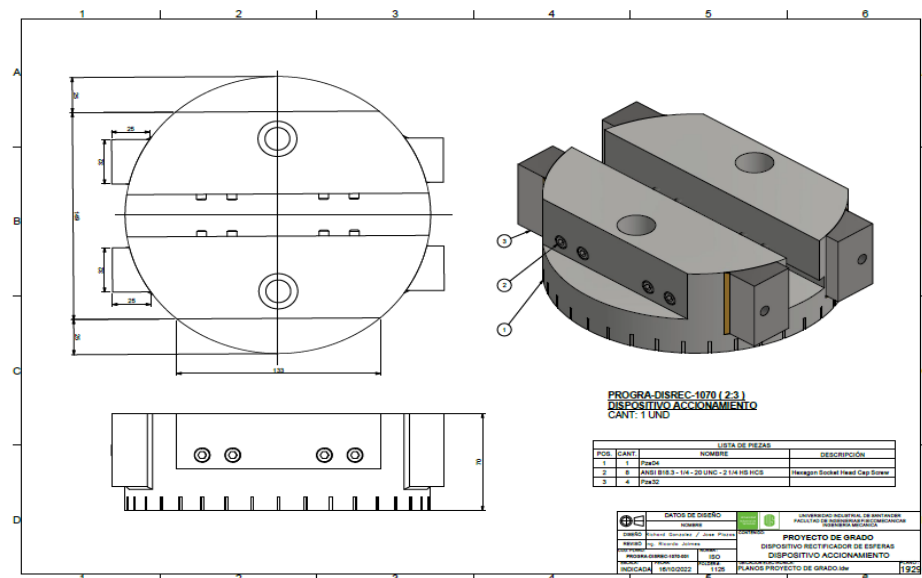
una tuerca que se desplaza a lo largo del tornillo para garantizar el correcto ajuste de la herramienta y la esfera a rectificar.

Para lograr la fabricación del porta herramienta se deben realizar diversas operaciones en un centro de mecanizado, tales como ranurados, perforados, roscados, esta pieza debe fabricarse con la mayor precisión, ya que es uno de los componentes principales del dispositivo rectificador.

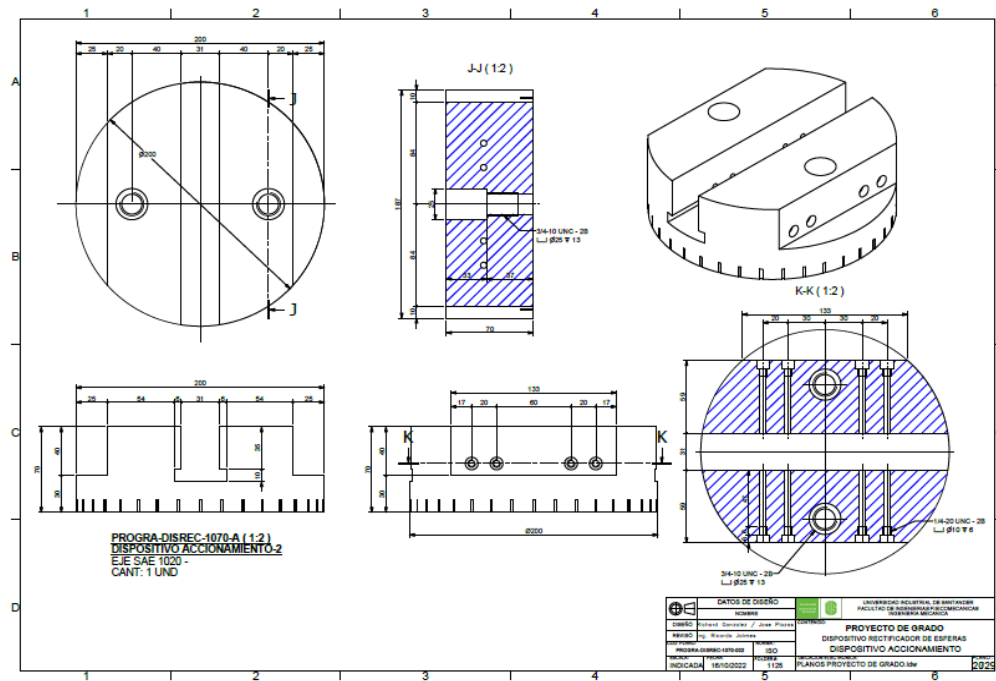
9.1.6. Subsistema 6 - accionamiento rotativo dispositivo

El subsistema de accionamiento se debe ensamblar al sprocket conducido por medio de dos tornillos de 3/4 - 10 UNC - 2B, además en sus extremos tiene 4 piezas soldadas para ensamblar el subsistema PROGRA-DISREC-1080. Adicionalmente este dispositivo cuenta con 8 perforaciones laterales para ajustar la porta herramienta en determinada posición y garantizar que no se desplace por vibraciones.

Figura 44. Plano dispositivo de accionamiento



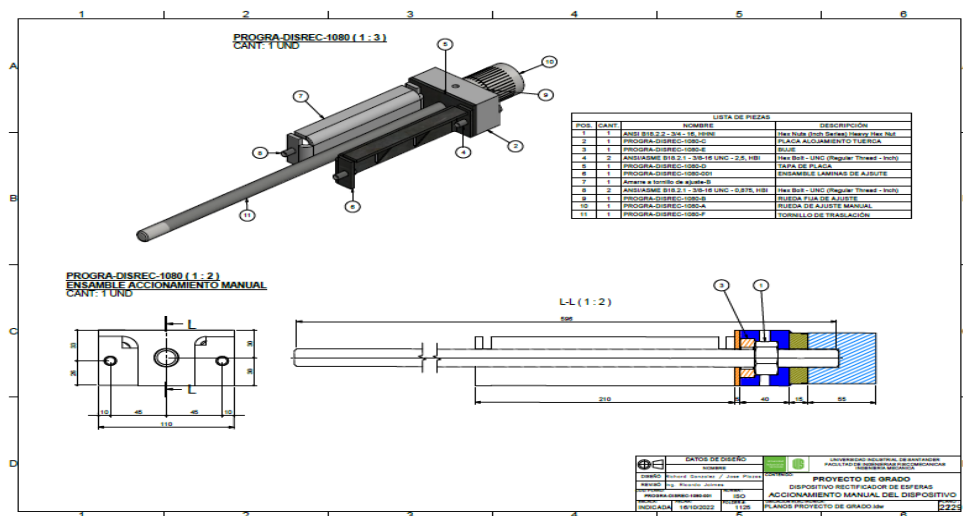
Nota: autoría propia



Nota: autoría propia

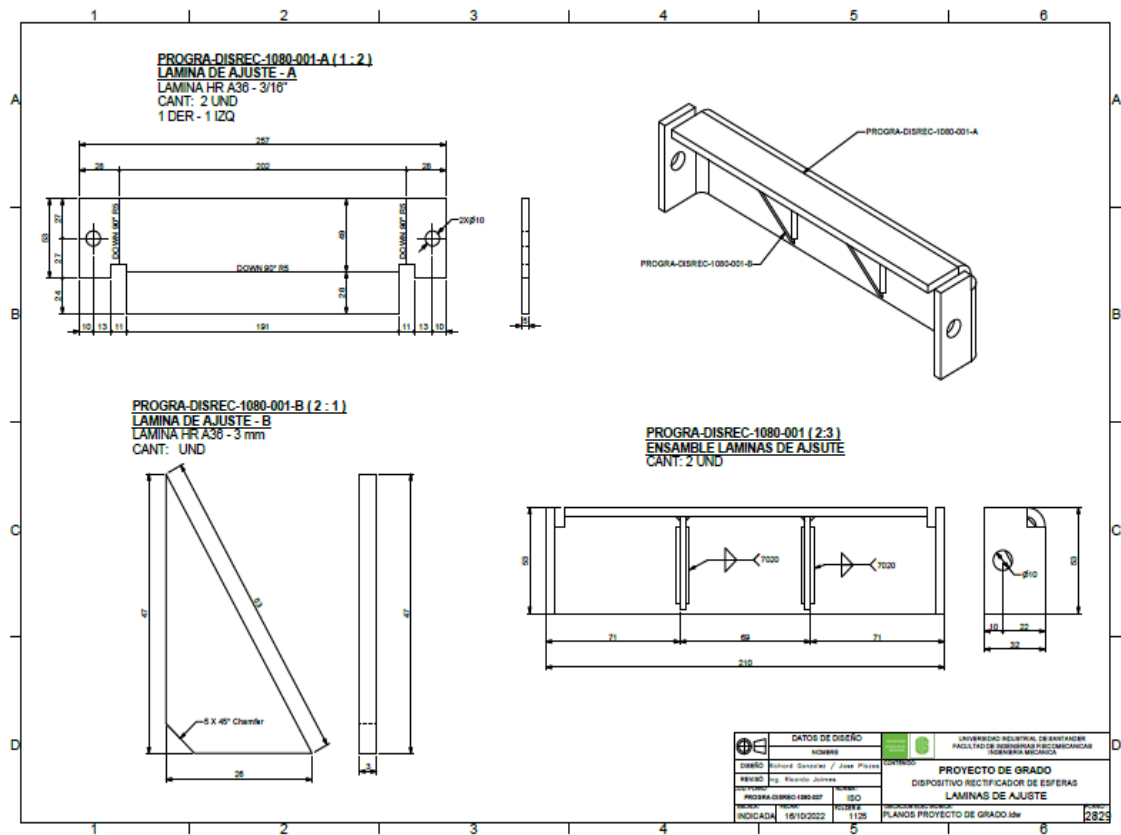
9.1.7. Subsistema 7 - accionamiento manual dispositivo

Figura 45. Plano accionamiento manual del dispositivo



Nota: autoría propia

Figura 46. Plano lamina de ajuste



Nota: autoría propia

10. ANALISIS DE VIABILIDAD ECONOMICA

La viabilidad económica es el documento en el cual se representan líneas de planificación, evaluación y control del futuro proyecto. En este análisis, se realiza una estimación de los ingresos y posibles dividendos que pueda llegar a generar el proyecto, el análisis está basado en hipótesis o previsiones, por tal motivo es orientado más no definitivo. En el caso del diseño de la herramienta se tienen en cuenta los costos de inversión tales como materiales, mano de obra, proceso de diseño, proceso de ingeniería, costos de mantenimiento mensual, costos de certificación, entre otros. Se realiza el análisis con una proyección de un año mínimo de operación.

10.1 CONCEPTOS DE INVERSIÓN PARA LA HERRAMIENTA

Se debe determinar cuánto será la inversión inicial para el desarrollo de la herramienta y que esta pueda realizar el trabajo de manera correcta. Al ser una herramienta con la facilidad de instalación en diferentes tornos, se debe invertir en el subsistema de bastidor para que este se adapte a las especificaciones de los tornos convencionales, por otra parte, se deben tener en cuenta costos de mantenimiento de la herramienta, además se deben visualizar los costos de las certificaciones que esta deba llegar a necesitar.

Tabla 10. Viabilidad económica del proyecto

Descripción	Fuente De Financiación	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor De La Cantidad
1. Recursos Humanos					
1.1 Director de proyecto	UIS	Hora	16	\$ 45.000,00	\$ 720.000,00
1.2 Estudiante	Estudiante	Hora	600	-	-
1.3 Consulta profesional	UIS	Hora	10	-	\$ 450.000,00
				Subtotal	\$ 1.170.000,00
2. Equipos					
2.1 Laptop lenovo Yoga slim AMD Ry	Estudiante	Unidad	1	-	-
2.2 Internet	UIS	Mes	5	-	-
2.3 Disco duro externo	UIS	Unidad	1	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00
				Subtotal	\$ 150.000,00
3. Software					
3.1 Microsoft Office	UIS	Mes	5	-	-
3.2 Software Solidwork Stedent (Anu	UIS	Anual	1	-	-
3.4 ESS	EXTERNO	Mes	5	\$ 70.000,00	\$ 300.000,00
				Subtotal	\$ 300.000,00
4. Materiales					
4.1 Papeleria	UIS	Mes	5	\$ 80.000,00	\$ 400.000,00
				Subtotal	\$ 400.000,00
5. Otros					
5.1 Manuales de diseño	UIS	Unidad	5	-	-
5.2 Transporte	Estudiante	Mes	5	-	-
5.3 Viaticos	Estudiante	Mes	5	-	-
5.4 Electricidad	Estudiante	\$/kw*h	450	-	-
5.5 Poliza	Estudiante	Unidad	1	\$ 17.500,00	\$ 17.500,00
5.6 Artículos científicos	UIS	Unidad	15	-	-
5.7 Libros	UIS	Unidad	4	-	-
				Subtotal	\$ 17.500,00

Costo parcial del proyecto	\$ 2.037.500,00
Imprevisto(10% Costro parcial del proyecto)	\$ 203.750,00
Costo total proyecto	\$ 2.241.250,00

Nota: autoría propia

Para este presupuesto se debe tener en cuenta que parte del costo lo financia el estudiante y la otra parte se tiene gracias a que la Universidad Industrial de Santander ofrece a la comunidad estudiantil.

En este orden de ideas se tienen los posibles ingresos y egresos para la realización del diseño de la herramienta, además de estos las empresas se beneficiarán notablemente con el ahorro de costos y tiempo cuando las bolas requieran un proceso de mecanizado.

10.2 HERRAMIENTAS PARA ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

Las herramientas que se usan para realizar el análisis de viabilidad económica son el VAN (valor actual neto), cálculo de TIR (tasa interna de retorno) y el PayBack.

10.2.1. Valor actual neto (van)

Uno de los factores a tener en cuenta en una inversión es el valor neto el cual se representa con el valor en la actualidad de los flujos de dinero que se esperan, esto quiere decir que es la diferencia entre el valor que se tiene en la actualidad de los egresos que ha generado y los ingresos que va a originar.

$$VAN = -A + \sum \frac{Q_t}{(1 + k)^t}$$

Tabla 11. Variables económicas

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
A	Costo del proyecto o desembolso inicial
C _t	Cobros o flujos de entrada de caja que se esperan recibir al final de cada período
P _t	Pagos o salidas de caja previstas al final de cada período
Q _t	Flujo neto de caja de cada periodo [Q _t = C _t - P _t]
n	Duración temporal del proyecto
K	Tipo de descuento o coste de capital de la empresa

El criterio VAN dice que para que un proyecto de inversión comience este valor (VAN) debe ser cumplir esta función $VAN > 0$ esto quiere decir que para que el proyecto va a generar riqueza para la empresa que lo realice.

10.2.2. Tasa interna de rentabilidad (tir)

En una inversión la TIR mide que tan rentable es el proyecto de inversión anual sobre la inversión a principios de cada año. Este se define como la tasa de descuento que hace que $VAN=0$, es decir, es la tasa de descuento máxima para que el proyecto sea aceptable, cualquier tasa de descuento mayor al TIR hará negativo el valor del VAN

$$VAN = 0 = -A + \sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+r)^t}$$

Donde r es el tipo de rendimiento interno o TIR de la inversión.

Esta se compara con la tasa mínima de retorno que la empresa fije en proyectos de inversión. No obstante, es de suma importancia que la empresa haga una comparativa entre el valor que tiene la TIR del proyecto de inversión frente a los costos de la financiación que esta posea. Siendo K lo mínimo que se espera de rentabilidad.

$$TIR(r) > K \rightarrow \text{Aceptar el proyecto}$$

$$TIR(r) < K \rightarrow \text{Rechazar el proyecto}$$

10.2.3 Periodo de recuperación o payback

El Payback es el tiempo que se necesita en una inversión para que las entradas de caja hasta ese momento generadas se equiparen las salidas que ésta ha originado. Este valor se determina con el acumulado de los sucesivos flujos de caja hasta que sea igual a lo que se desembolsó inicialmente.

$$Payback = a + \frac{A - b}{Payback}$$

Las variables de la anterior ecuación se encuentran en la siguiente tabla

Tabla 12. Variables económicas 2

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
A	Costo del proyecto o desembolso inicial
a	Número inmediatamente anterior a recuperar el desembolso inicial
b	Suma de flujos de caja hasta el final del periodo a
$Q_{payback}$	Valor de flujo de caja del periodo en el que se recupera A

El riesgo que tiene un proyecto de inversión tiene una incertidumbre la cual es asociada a las rentas futuras. Cuanto mayor sea el plazo de tiempo durante el que se espere que el proyecto genere rentas, mayor es la incertidumbre de este. No existen técnicas específicas para realizar un análisis de riesgo, por lo que en general se adaptan técnicas anteriormente descritas para valorar la rentabilidad de un proyecto. En la siguiente tabla se encuentra en los valores y resultados de las anteriores herramientas para el análisis de viabilidad económica

Tabla 13. Cálculo de TIR y VAN

Cálculo de TIR y VAN	
Nombre del proyecto:	Diseño de herramienta
TNA de inversión alternativa	6%
Periodicidad	Mensual
Cantidad de períodos	12
TEA de inversión alternativa	6.168%
Tasa Efectiva Mensual	0.500%
PERÍODO	FLUJO DE FONDOS
0	-\$ 2,241,250.00
1	\$ 320,000.00
2	\$ 320,000.00
3	\$ 280,000.00
4	\$ 280,000.00
5	\$ 180,000.00
6	\$ 180,000.00
7	\$ 180,000.00
8	\$ 1,800,000.00
9	\$ 80,000.00
10	\$ 80,000.00
11	\$ 80,000.00
12	\$ 80,000.00
Diseño de herramienta	
TIR Anual	10.27%
VAN	\$1,501,648.06

Con los resultados obtenido en la tabla se concluye que:

- Se puede invertir en el diseño y la herramienta ya que da un rendimiento de 010%
- Es viable el proyecto ya que su VAN es mayor a 0

Así que, de acuerdo con el análisis económico del proyecto, es viable ejecución de este para la empresa que desee implementarlo.

11.COSTOS DE ADQUISICION MAQUINA

Se realizo una facturación en la totalidad de este dispositivo, cada uno de los componentes pueden variar dependiendo de los costes en el mercado o de fabricado en el sector metalmecánico, por ello se realizó una exhaustiva investigación en un taller de Barrancabermeja el cual presento el presupuesto aproximado del dispositivo para determinar su valor en físico.

Tabla 14.Costo equipos mecanismo

COSTO DE SUB-EQUIPO/ELEMENTO			
NOMBRE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (COP)	PRECIO TOTAL (COP)
MOTORREDUCTOR [1KW] Y BASE	1	\$2.950.000	\$2.950.000
TORNILLOS, ARANDELAS Y TUERCA	120	\$4.500	\$540.000
GUARDA DISPOSITIVO RECTIFICADOR	1	\$1.350.000	\$1.350.000
SUBSISTEMA BASTIDOR DEL MECANISMO	1	\$2.080.000	\$2.080.000
SUBSISTEMA DE ACCIONAMIENTO	1	\$5.340.000	\$5.340.000
SUBSISTEMA DE PORTAHERRAMIENTA	1	\$2.000.000	\$2.000.000
TOTAL	-	-	\$14.260.000

Figura 47. Cotización equipos

FABRICACION

MECANICAS DEL MAGDALENA MEDIO RAGC SAS

NIT: 9008979047



Barrancabermeja, 12 de noviembre del 2022

ASUNTO: COTIZACION DE FABRICACION DEL DISPOSITIVO RECTIFICADOR

Respetados Señores:

Para nosotros como empresa es un agrado los siguientes servicios de:

NOMBRE	COSTO DE SUB-EQUIPO/ELEMENTO			
	ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (COP)	PRECIO TOTAL (COP)
MOTORREDUCTOR [1KW] Y BASE	Vigas en I, soporte motor, soporte vertical, motorreductor	1	\$2.950.000	\$2.950.000
TORNILLOS, ARANDELAS Y TUERCA	Tornillos de cabeza hueca hexagonal, tornillo rosca fina y ordinaria, tuercas, arandelas	120	\$4.500	\$540.000
GUARDA DISPOSITIVO RECTIFICADOR	Laminas y platinas	1	\$1.350.000	\$1.350.000
SUBSISTEMA BASTIDOR DEL MECANISMO	Placa base y platinas de acople	1	\$2.080.000	\$2.080.000

SUBSISTEMA DE ACCIONAMIENTO	Eje, cuñero, Platina soporte, Sprocket gear, buje, cadena, rodamiento	1	\$5.340.000	\$5.340.000
SUBSISTEMA DE PORTAHERRAMIENTA	Placa de ajuste de dispositivo, tornillo de traslación, ensamble láminas de ajuste, buje, tapa de placa, placa de alojamiento de tuerca, rueda fija de ajuste y manual, inserto y porta inserto	1	\$2.000.000	\$2.000.000
TOTAL	-	-	-	\$14.260.000

IMPREVISTO (MATERIALES Y MANO DE OBRA)	IVA
20%	19%
SUBTOTAL	TOTAL
\$17.112.000	\$19.821.400

Nota: La fabricación será de acuerdo con las especificaciones del cliente, los precios pueden variar de acuerdo con el momento de compra del material y la mano de obra

Una vez aceptada la cotización se requiere el cincuenta (50%) por anticipado y el restante contra entrega

Atentamente



RICARDO AUSTO GONZALEZ CUESTAS,

Representante legal

Avenida 36 No. 33-32 Barrio palmira, celular: 3212793771

Barrancabermeja

12. ANALISIS DE COSTO DE LAS ESFERAS

En el sector de Barrancabermeja no se cuenta con equipos para poder realizar las fabricaciones y o rectificaciones de esferas. por ello se realizó una investigación de las posibles empresas que prestan este servicio, al igual que se hará una comparativa de precios.

El proceso de fabricación de una esfera se compone de estas principales operaciones como es el corte del material, perforado, maquinado, proceso de fresado y por último el proceso de cromado dependiendo del material, si es en acero al carbón o hierro y fundición

Para este proceso se necesitan 3 operario: tornero, fresador y un ayudante. Para tener un buen control de calidad del producto final se necesita de un especialista, en este caso sería un instrumentista, encargado de realizar las respectivas pruebas hidrostáticas a las esferas ensambladas en su respectiva válvula.

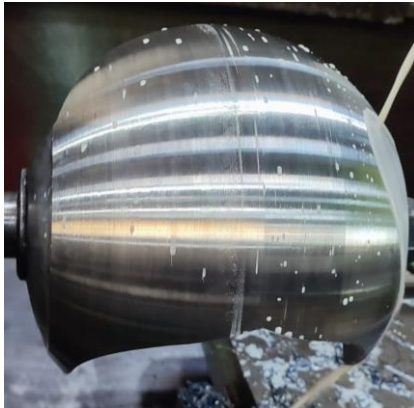
El tiempo de espera para fabricar una esfera es de aproximadamente una semana y solo para rectificar una esfera es de 2 días, esto con la implementación del nuevo dispositivo rectificador de esferas en una empresa que lo requiera en el sector de Barrancabermeja.

El precio de rectificado de una esfera de Tamaño 12" con DN 300; ASME 150

Precio de fabricación: \$3'950.000 (+IVA INCLUIDO, SIN COSTO DE MATERIAL)

Precio de rectificado: \$1'850.000

Figura 48. Esfera 12 in



Fuente: Fabricado y rectificado de esferas

En la ciudad de Medellín se contactó una empresa dedicada a la rectificación y comercialización de esferas de válvulas de bola flotante, El servicio que presta esta empresa es de rectificados de aceros en general y tratamientos térmicos, cerámicos, inoxidables, cobre y acabado en cromo duro.

Rectificado de diámetros exteriores: Capacidad máxima de 1200 mm

Rectificado de diámetros interiores: Mínimo 13mm Hasta 700mm

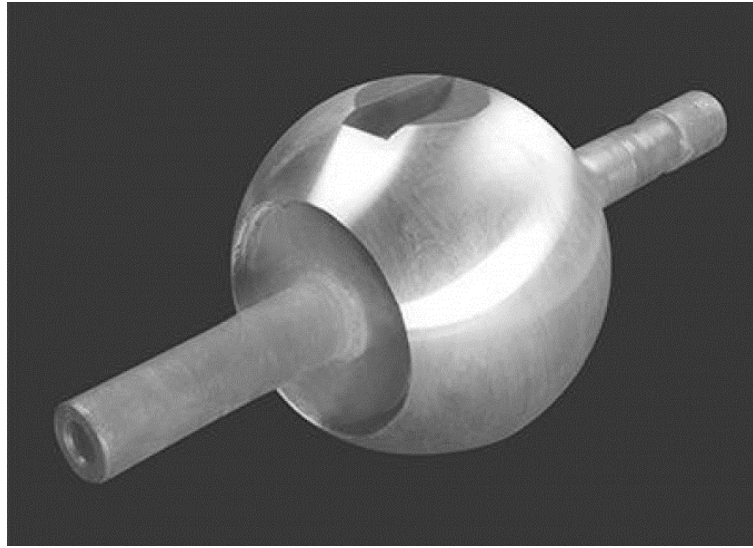
El precio de rectificado de una esfera de Tamaño 12" con DN 300 ; ASME 150

(304.8 mm) de diámetro interno

(381.0 mm) de diámetro externo

Precio De Rectificado: \$2'922.047 (+ IVA VIGENTE + COSTO DE ENVIO, SIN COSTO DE MATERIAL)

Figura 49. Esfera proveedor Medellín



Fuente: Niquelados Colombianos S.A

<http://www.nicol.com.co/#!/servicios/>

En la ciudad de Bogotá se contactó con un proveedor de válvulas de bola flotante, así mismo esta empresa no se dedica a realizar rectificados directamente a las esferas, si no que comercializa en la totalidad estas válvulas, ya que no cuentan con los equipos necesarios para realizar una fabricación o una rectificación de las esferas, el precio estándar de esta válvula con las siguientes especificaciones, son:

Válvula de bola flotante

Tamaño: 12" DN 300; ASME Clase: 150 (265 psi) ; Paso completo.

Precio: \$21'073.442

Esta empresa se dedica a la comercialización de las válvulas, para que el costo se vea reflejado en la necesidad que el cliente requiere de comprar una válvula de esfera nueva mas no en poder ahorrar de manera significativa y extender la vida de la válvula rectificándola, sea esta la condición más preferible para reducir costos en una empresa, el proyecto de presentado es viable ya que garantiza una disminución de

manera significativa los costos que requiera invertir una empresa en el área metalmecánica en el sector de Barrancabermeja.

Figura 50. Tabla aceros esferas

Tipo de paso	ASME Clase	Tamaño												
		1/2"	3/4"	1"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
		DN 15	DN 20	DN 25	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300
Paso completo	150	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Paso reducido		—	●	●	●	●	●	●	●	—	●	●	●	●
Paso completo	300	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	—	—
Paso reducido		—	●	●	●	●	●	●	●	—	●	●	●	—
Paso completo	600	●	●	●	●	●	—	●	●	—	—	—	—	—
Paso reducido		—	●	●	●	●	—	●	●	—	●	—	—	—
Paso completo	900	—	—	●	●	●	—	—	—	—	—	—	—	—
Paso reducido		—	—	—	●	●	—	●	—	—	—	—	—	—

Fuente: Válvulas de bola flotante para proceso industrial

<https://casaval.net/productos/valvula-de-bola-flotante-serie-65-72/>

En la ciudad de Cali se contactó con una empresa que realiza rectificado de esferas. El coste de este trabajo tiene un proceso rectificado de diámetro exterior e interior de la esfera, por tanto, el coste de material en acero inoxidable de tamaño 12" tendrá un valor de \$2'650.000 (SIN COSTO DE MATERIAL, SIN COSTO DE ENVIO)

Figura 51. Imagen esfera ISTEAM



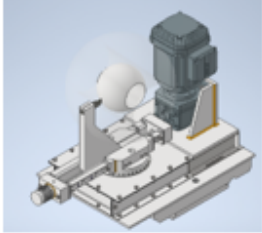
Fuente: (ISTEAM) rectificado de esferas

Con base en lo anterior se determinó que el dispositivo es óptimo para reducir los tiempos de entrega y costos de este tipo de trabajo que se vaya a realizar en el sector de Barrancabermeja, cabe recalcar que este dispositivo no realiza todas las funciones de la fabricación de la esfera de inicio a fin, sino que tiene como finalidad optimizar los tiempos del proceso de fabricación del producto final. Este dispositivo garantiza una correcta función en cuanto al rectificado de esferas lo cual a su vez es un proceso mucho más económico para el cliente o empresa que requiera de este servicio.

13. PLAN GENERAL DE MANTENIMIENTO

Para mantener en condiciones óptimas el dispositivo, se deberán realizar unas actividades específicas programadas de manera diaria, mensual y anual, según la siguiente tabla

Tabla 15. Plan general de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO	
NOMBRE DEL DISPOSITIVO	DISPOSITIVO PARA RECTIFICADO DE BOLAS DE VÁLVULAS
SISTEMAS A REALIZAR MANTENIMIENTO	
Sistema mecánico	
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
MOTOREDUCTOR	
REFERENCIA	R37DRN90S4
POTENCIA	1 [KW]
FRECUENCIA	ACTIVIDAD
Diario	Inspección visual del subsistema de bastidor
	Inspección visual del subsistema del accionamiento
	Inspección visual del subsistema de corte
	Inspección visual del sistema de transmisión de cadenas
	Inspección visual de engranje-piñon
	Limpieza del dispositivo (viruta entre ranuras)
Mensual	Cambio de plaquita de corte (de acuerdo al estado de esta)
	Inspección visual a los elementos de fijación (tornillos, entre otros)
	Limpiar y engrasar el dispositivo
Anual	Revisión del rodamiento (realizar cambio si es necesario)

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

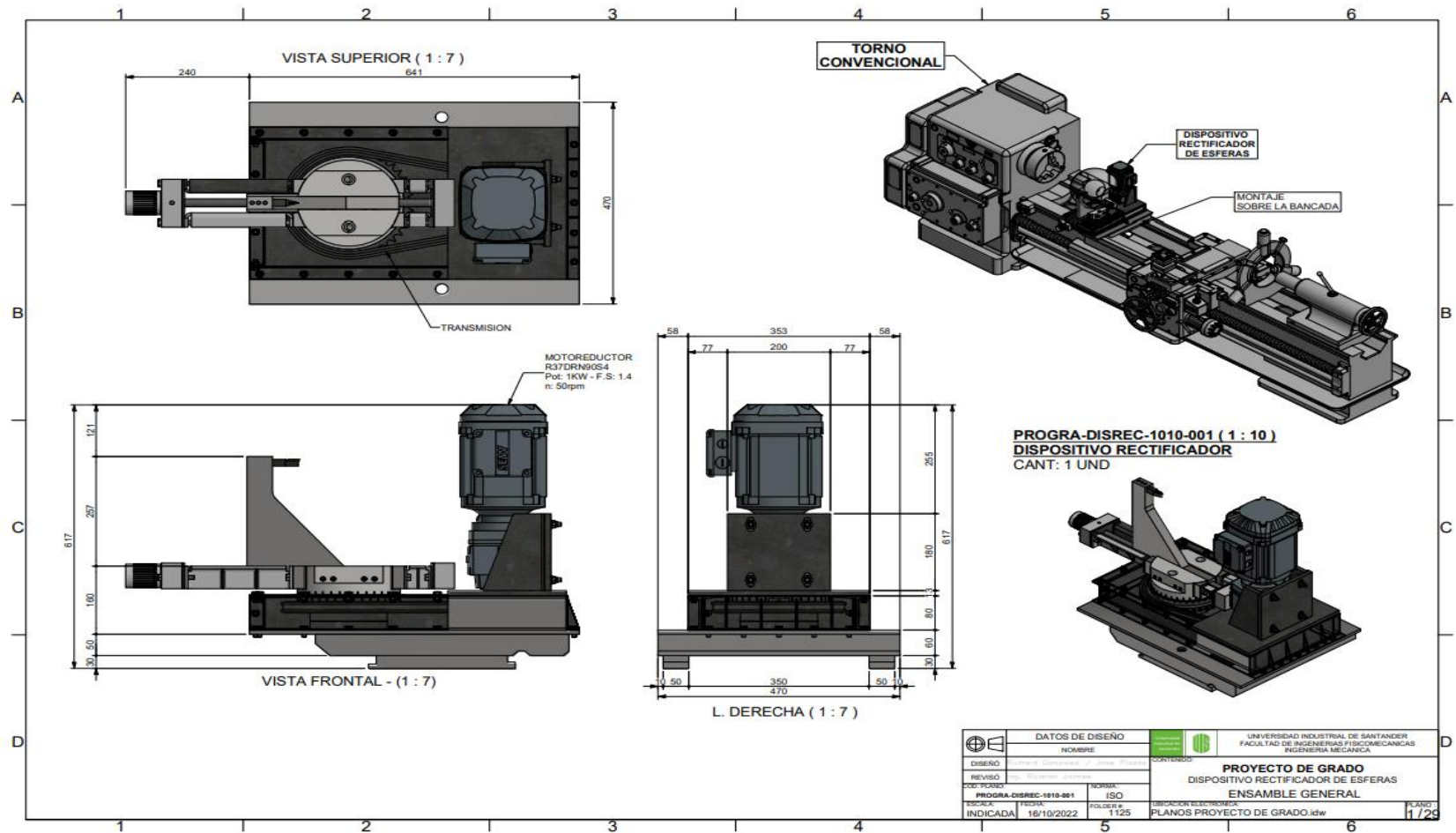
- Se logró el diseño conceptual y detallado del dispositivo rectificador de esferas para las válvulas de bola cumpliendo con los rangos de diámetros desde 3" hasta 16".
- Se corrobora el ángulo de incidencia de la herramienta garantizando la correcta rectificación de las esferas con la metodología de Merchant como el principal criterio de diseño, con la debida información de la rugosidad de la pieza a trabajar en el torno convencional elegido para el dispositivo rectificador.
- Se realizó un diseño detallado como entregable, una serie de planos de fabricación por medio del software de diseño SolidWorks el cual rinda la geometría final del dispositivo evidenciado así el funcionamiento de la maquina.
- Se recomienda realizar el proceso de rectificado a bajas velocidad eco el fin de garantizar el correcto proceso y así disminuir la cantidad de vibraciones que se lleguen a presentar en el dispositivo debido a la remoción de material deformada en las esferas de las válvulas de bola.
- Se realizó el respectivo análisis de materiales identificado los materiales comerciales como por ejemplo ejes, laminas, tornillos, entre otros. A demás, el respectivo análisis económico para verificar el retorno de la inversión del proyecto y apoyar a la economía del distrito portuario de Barrancabermeja.

BIBLIOGRAFIA

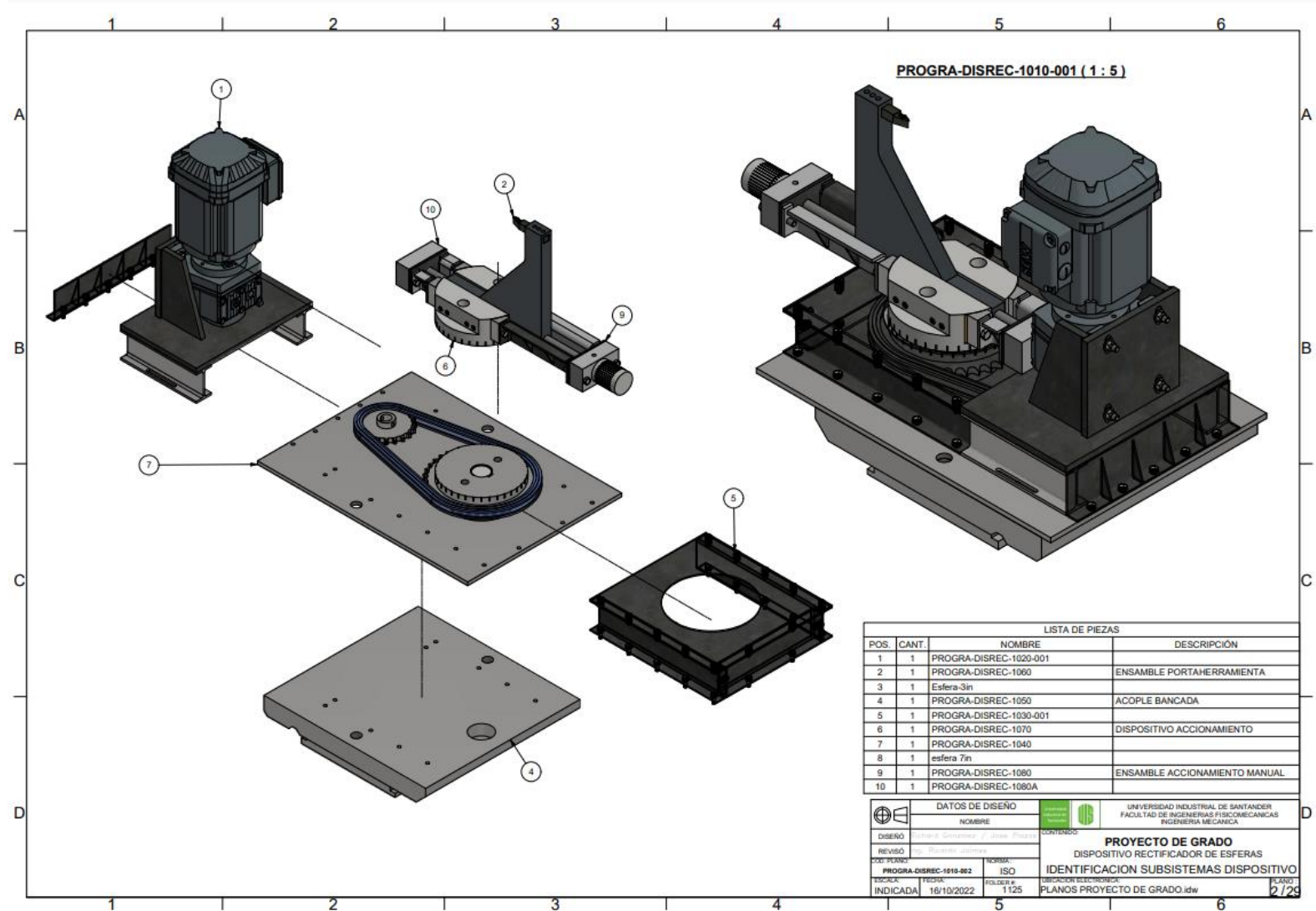
- Agurto, E., & Quinde, A. (2012). Diseño y construcción de una torreta múltiple (porta herramientas) automatizada con un motor dc y el control de nivel de lubricación en el torno CNC ATOMAC para la empresa ANDEC. Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4119/1/UPS-GT000373.pdf>
- Cadena, J., & Castillo, J. (2021). Diseño de máquina de limpieza mecánica para la inspección de áreas exteriores críticas de tuberías de perforación, con diámetros entre 3" y 7" (inch), para la empresa South American Inspection Services Colombia S.A.S. Bogotá. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8284/1/4152990-2021-1-IM.pdf>
- Convenio de Berna. (1987). Artículo 6 Bis del Convenio de Berna para la protección de las obras literarias, artísticas y científicas. Obtenido de <http://derechodeautor.gov.co:8080/documents/10181/13104/BERNA.pdf>
- Giedelmann, R., & Gutiérrez, V. (2008). Diseño y simulación de una maquina automática rectificadora de rines. Bogotá. Obtenido de <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/43309.pdf>
- ICONTEC. (1486). NORMA TÉCNICA COLOMBIANA - NTC 1486. Obtenido de https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_15/recursos/01_general/09062014/n_icontec.pdf
- Loza, R., & Loza, M. (2017). Diseño e implementación de normativas de seguridad industrial para la manipulación de máquinas y herramientas en la rectificación de motores. Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1811/1/T-UIDE-1348.pdf>
- Mendoza, C. (2019). Partes del torno y accesorios. Obtenido de <https://deingenierias.com/torno/partes-del-torno/>
- Mendoza, W. (2020). Rectificadoras. Obtenido de <https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/rectificadoras-tipos-y-usos>
- Montañez, R. (2018). Diseño y simulación de una maquina automática rectificadora de rines. Bogotá. Obtenido de <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/43309.pdf>
- Museo de Elgóibar. (2011). Historia de los tornos. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Torno#Tornos_antiguos

- NC SERVICES. (2019). Conoce el funcionamiento de un torno. Obtenido de <https://www.ncservice.com/es/conoce-el-funcionamiento-de-un-torno-sabes-cual-es-la-pieza-del-torno-en-la-que-gira-el-eje>
- Niz, M., & Urquijo, C. (2017). Diseño de una máquina para rectificar las pestañas de los rines en acero para automóviles. Bogotá. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6254/1/4111376-2017-1-IM.pdf>
- NTC 6166. (2016). NTC 6166 2016-Referencias bibliográficas : contenido, forma y estructura. Obtenido de <https://biblioteca.ucatolica.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=77308>
- NTGD VALVE CO. LTD. (2021). Válvula de bola. Obtenido de <https://www.ntgdvalve.com/es/ball-valve/>
- Paredes, E. (2008). Diseño mecánico para el sector hidrocarburos y agroindustrial. Bucaramanga. Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1346/digital_15508.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quintero, D. (2020). Todo lo que debes saber sobre válvulas industriales. Obtenido de <https://bombasymontajes.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-valvulas-industriales/>
- Raygada, A. (2019). Diseño de una máquina rectificadora de válvulas para la reparación de culatas de motor. Perú. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/55316/Raygada_CAN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SATEL. (2021). válvulas de bola. Obtenido de <https://blog.satelimportadores.com/valvulas/valvula-bola-la-regulacion-de-fluidos/>
- TAMECO. (2019). ¿Para qué se utiliza un torno? Obtenido de <https://tameco.es/para-que-se-utiliza-un-torno/>
- Universidad industrial de santander. (2003). Acuerdo164 2003. Obtenido de http://albatros.uis.edu.co/eisi/images/ArchivosEditor/20180606093535-acuerdo164_2003.pdf
- Niquelados Colombianos S.A. Obtenido de <http://www.nicol.com.co/#!/-servicios/>

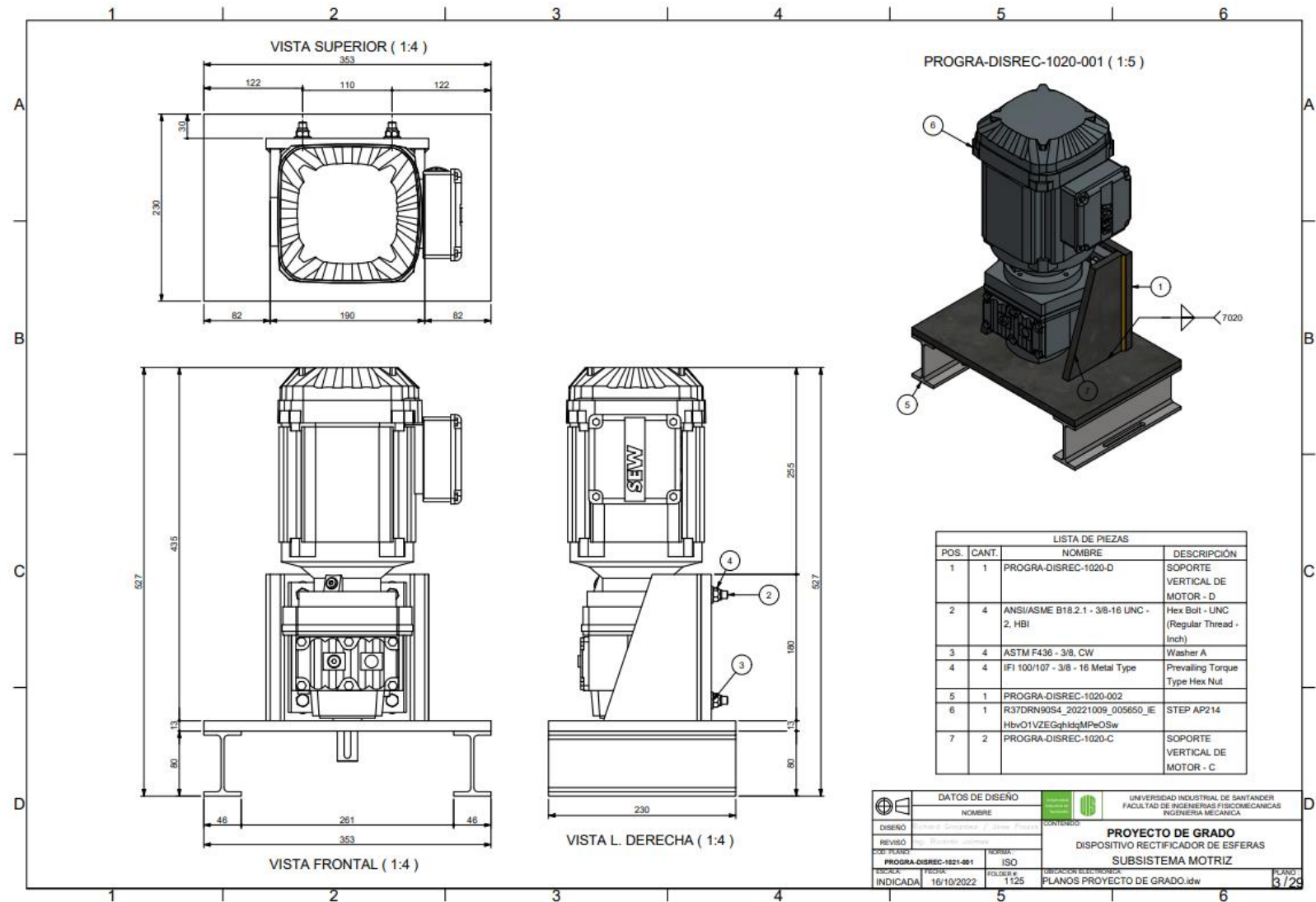
ANEXOS



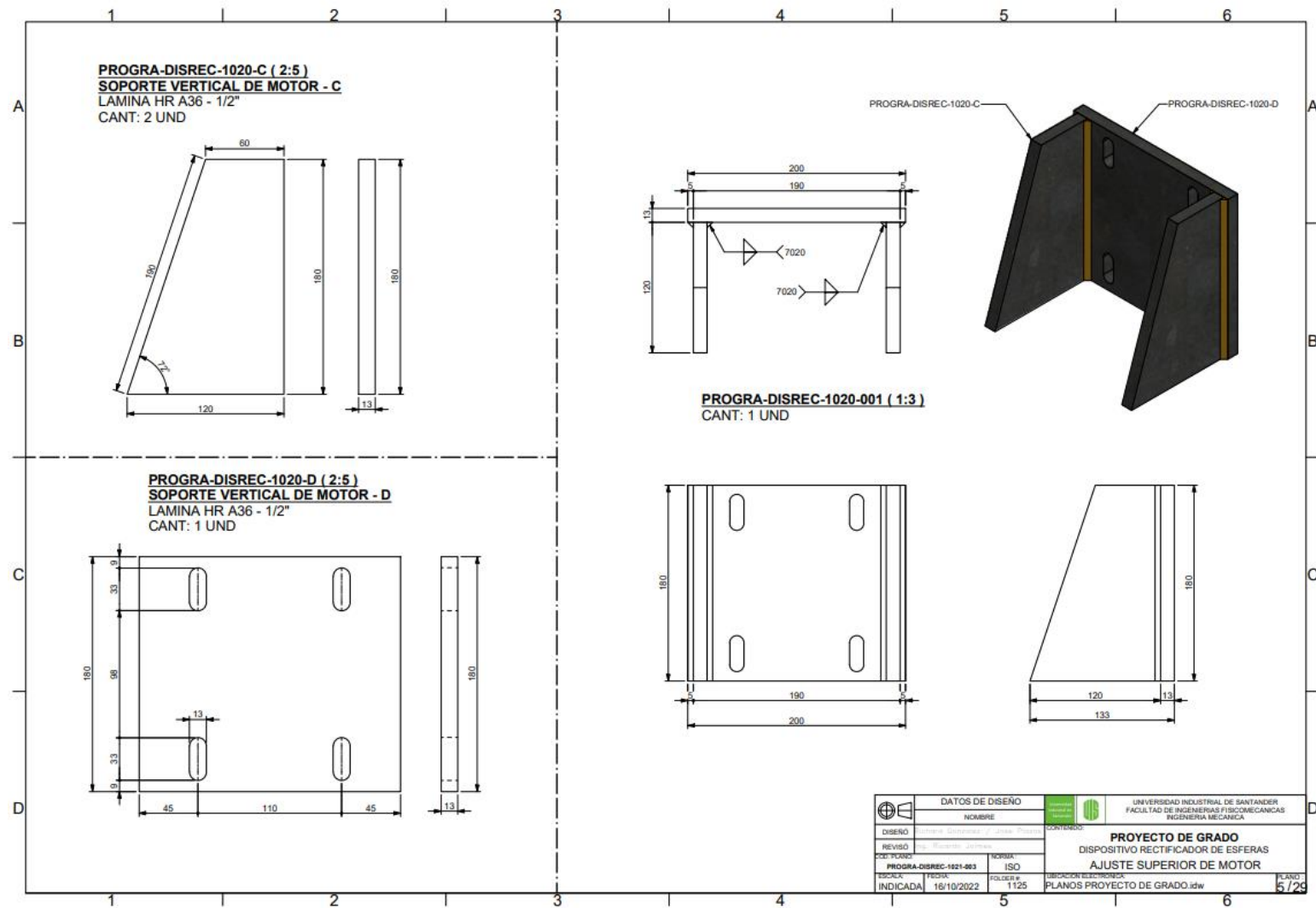
Anexo 1. Plano vistas principales



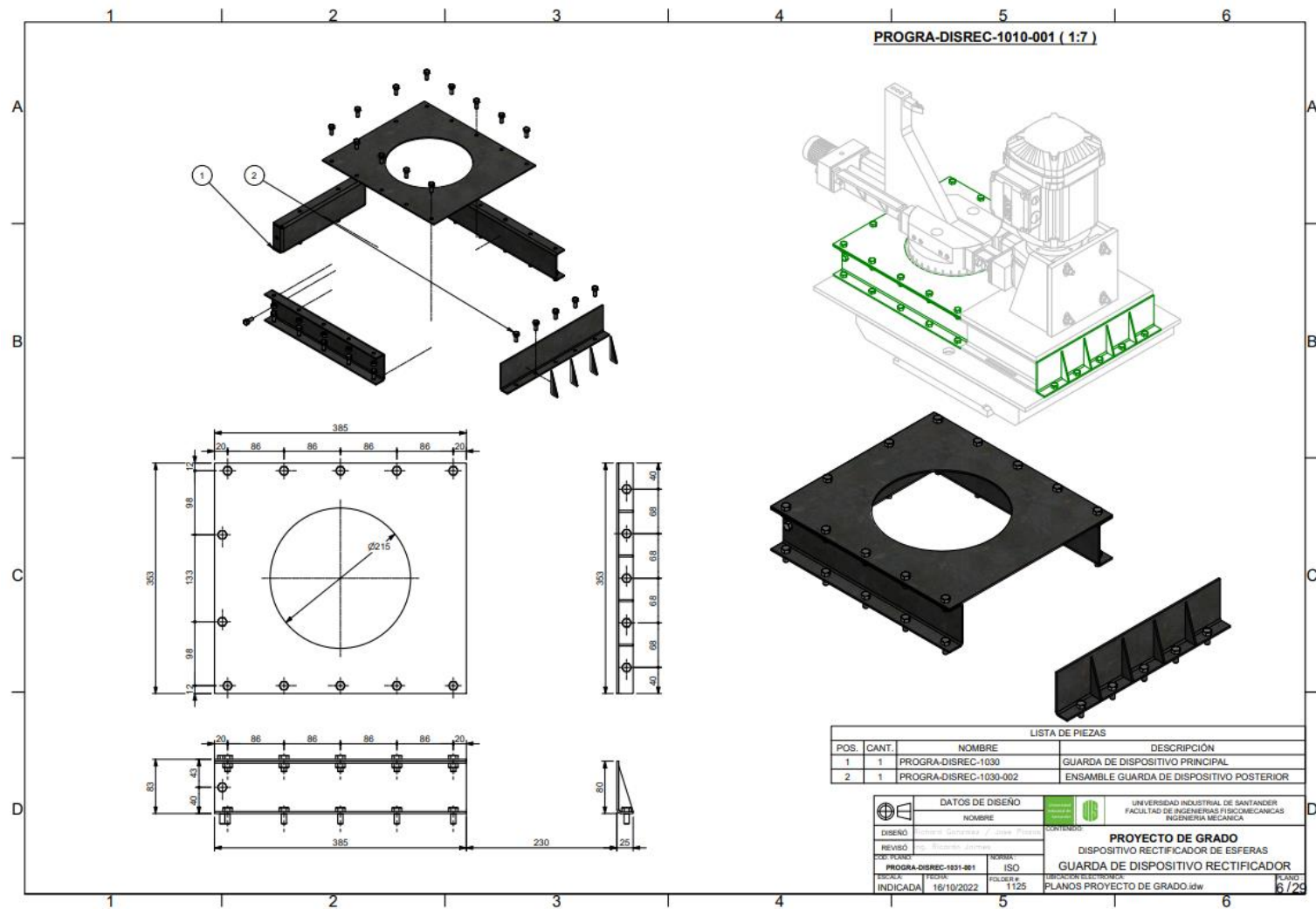
Anexo 2.Plano sistema de transmisión



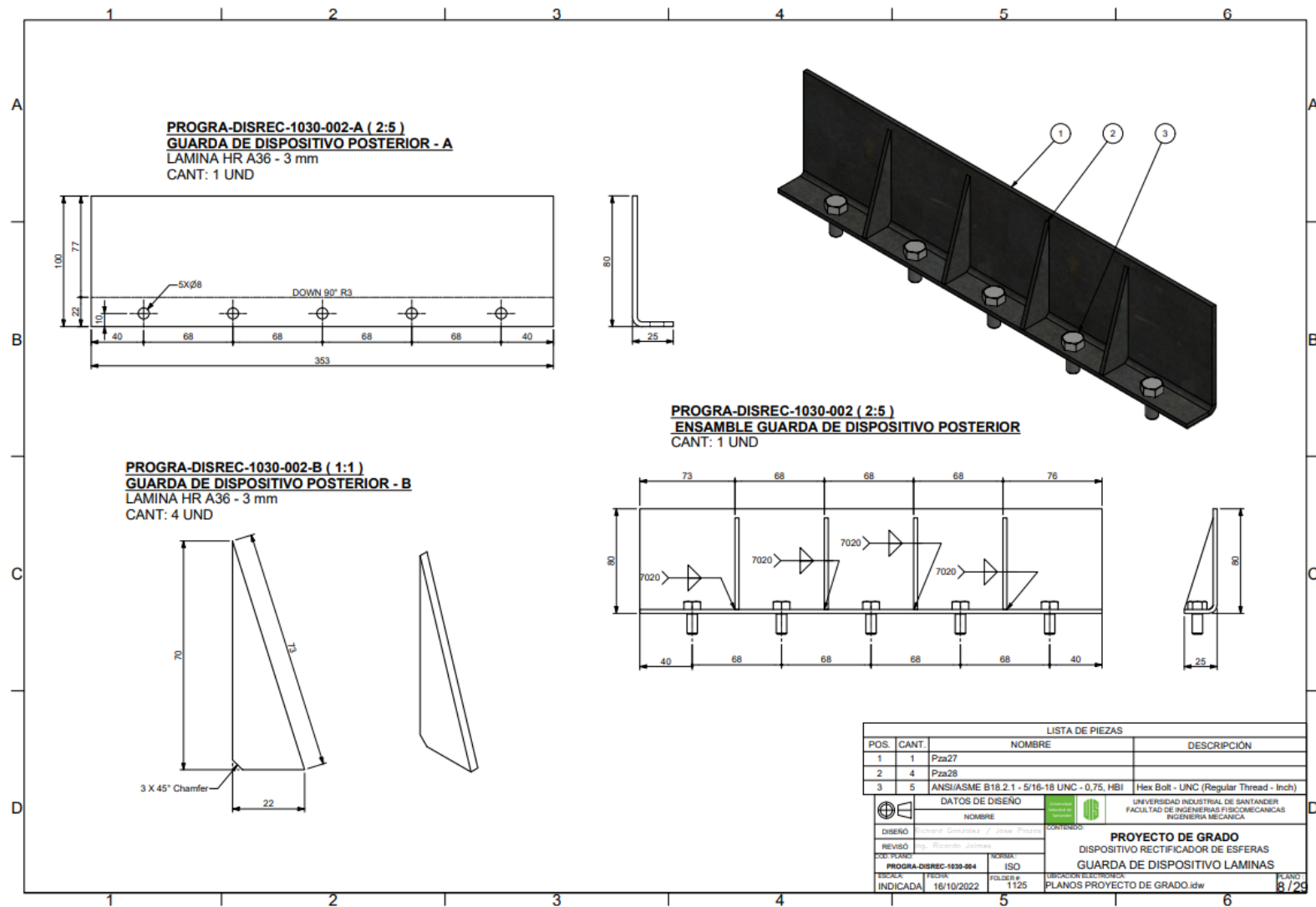
Anexo 3.Plano motor



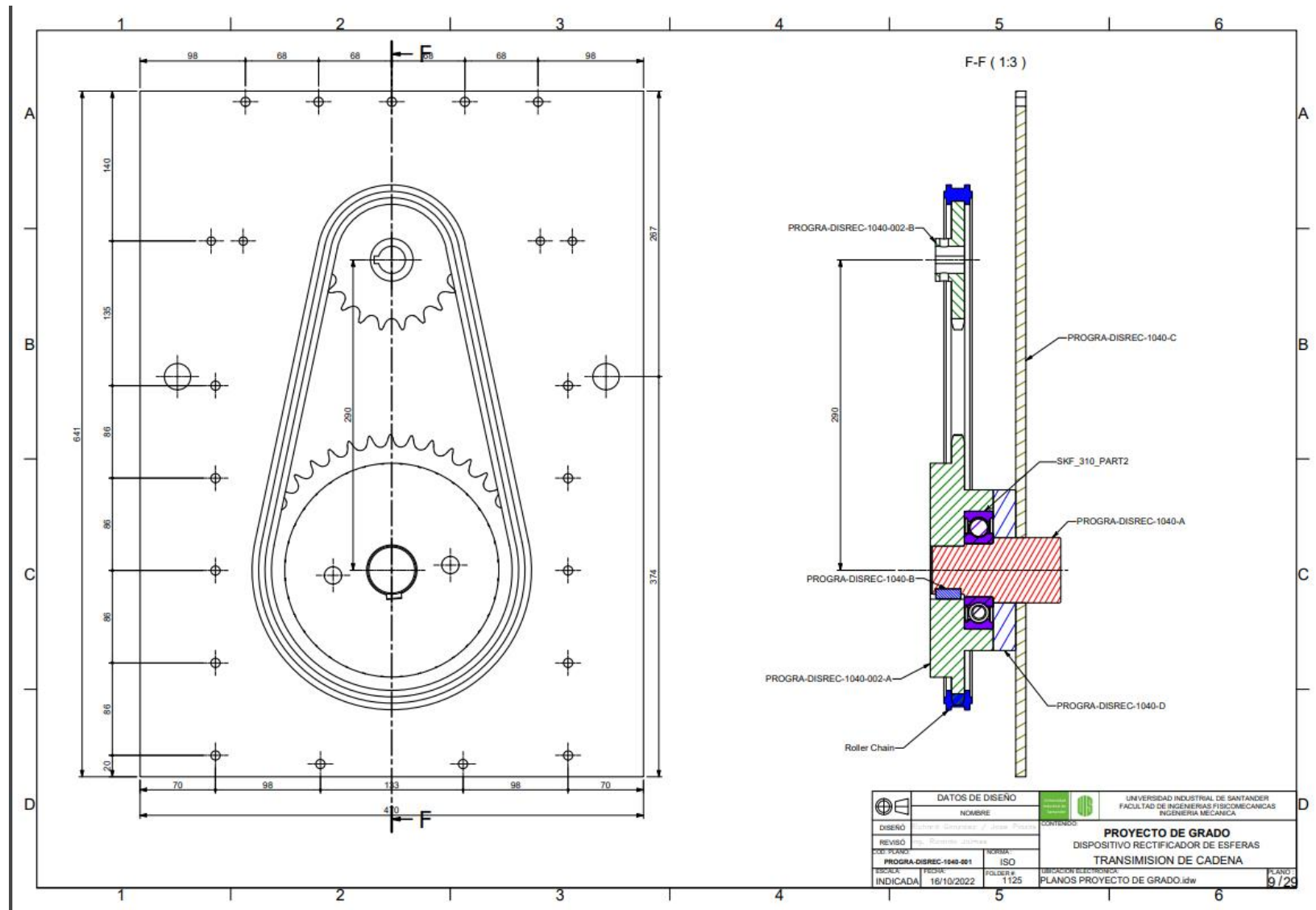
Anexo 5.Plano ajuste superior motor



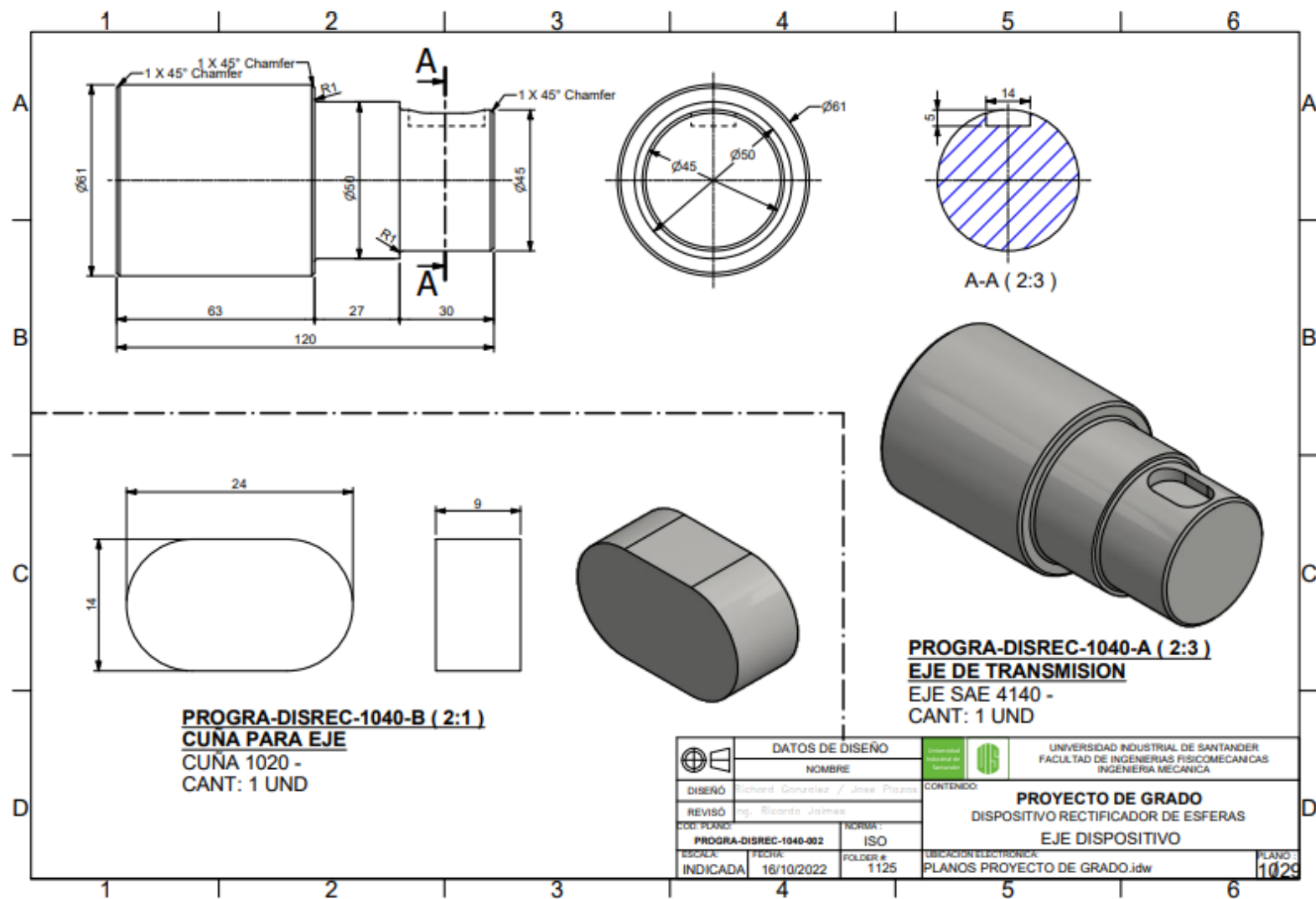
Anexo 6.Plano guarda



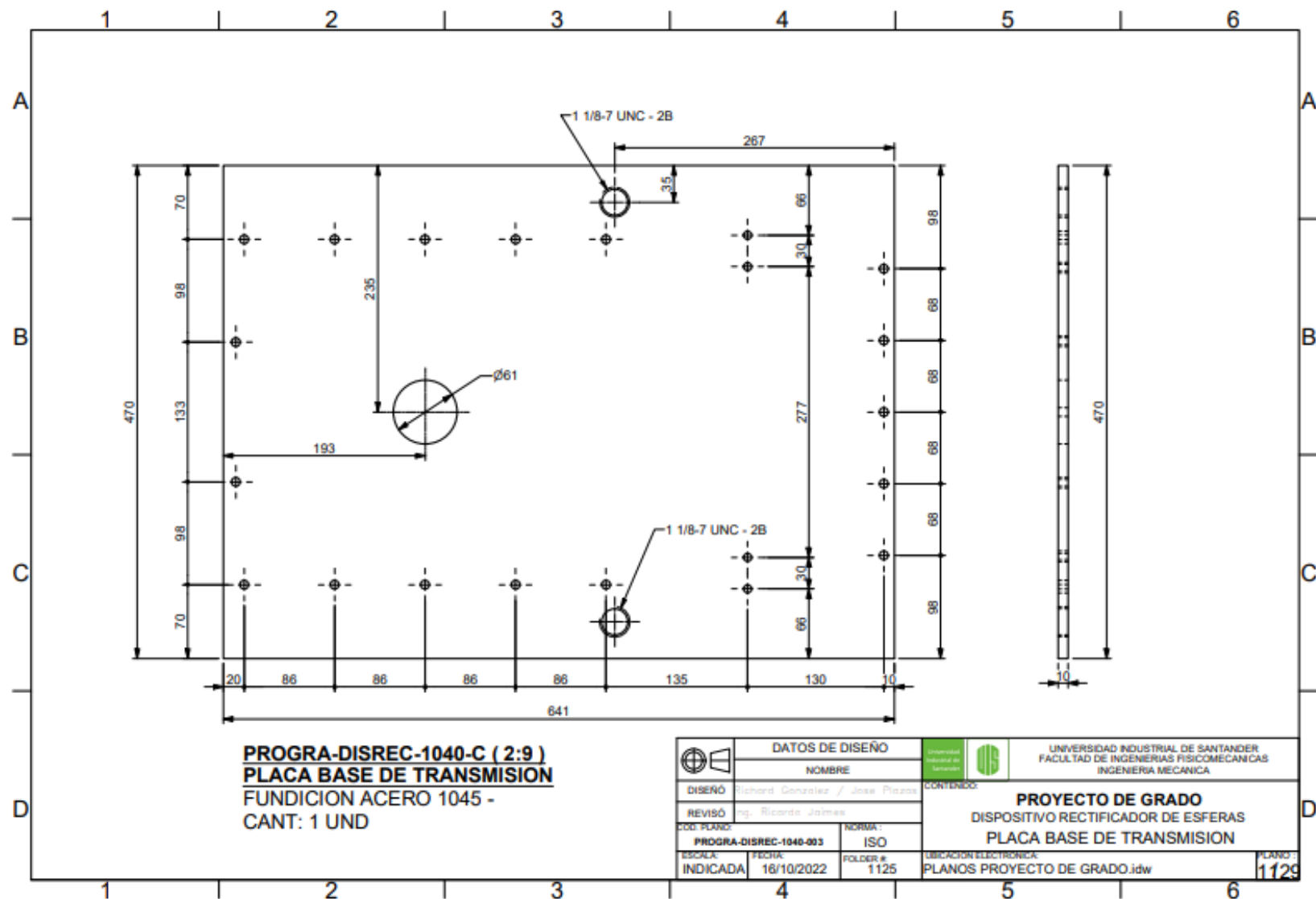
Anexo 8.Plano ensamble posterior guarda



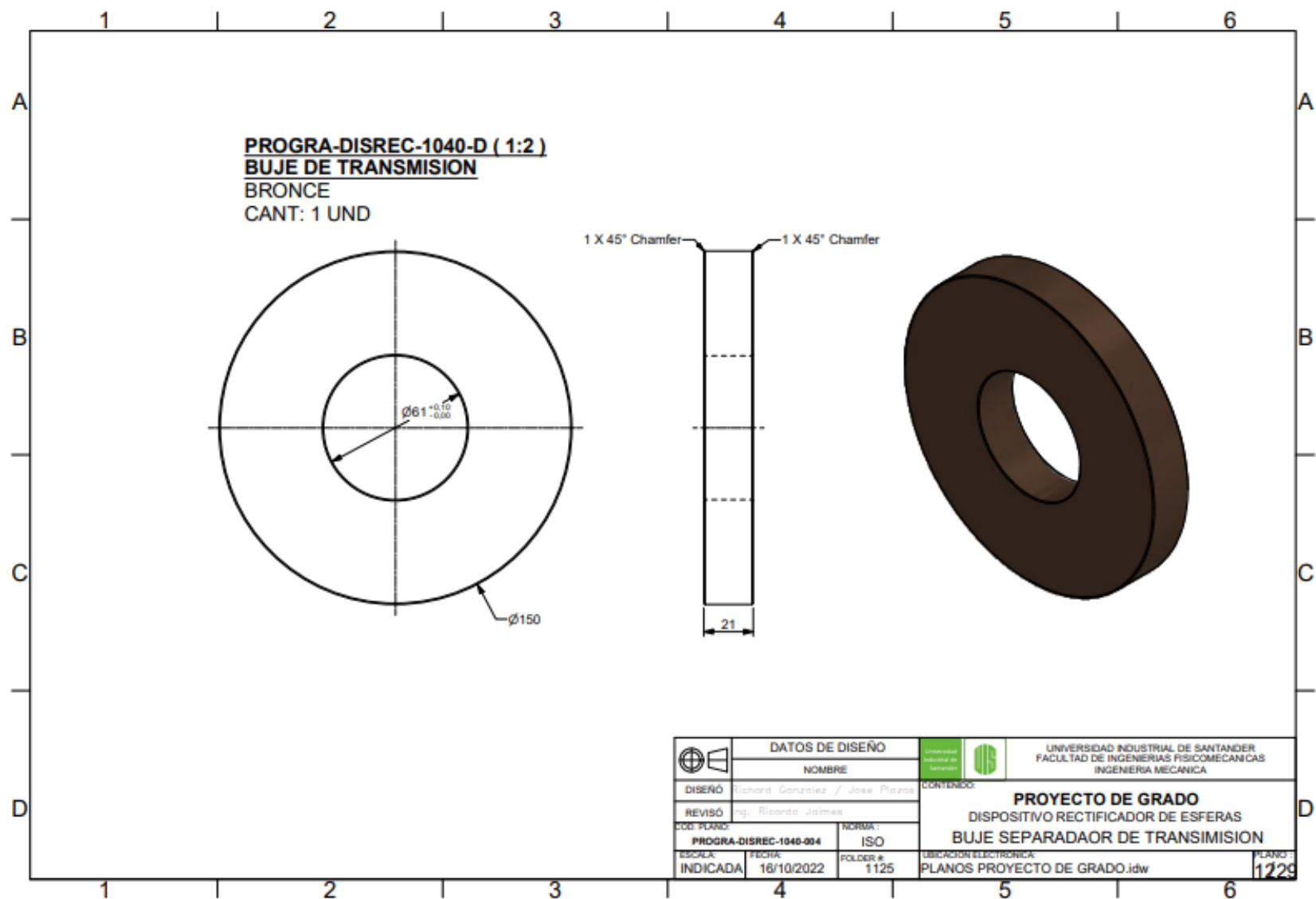
Anexo 9.Plano transmisión de cadena



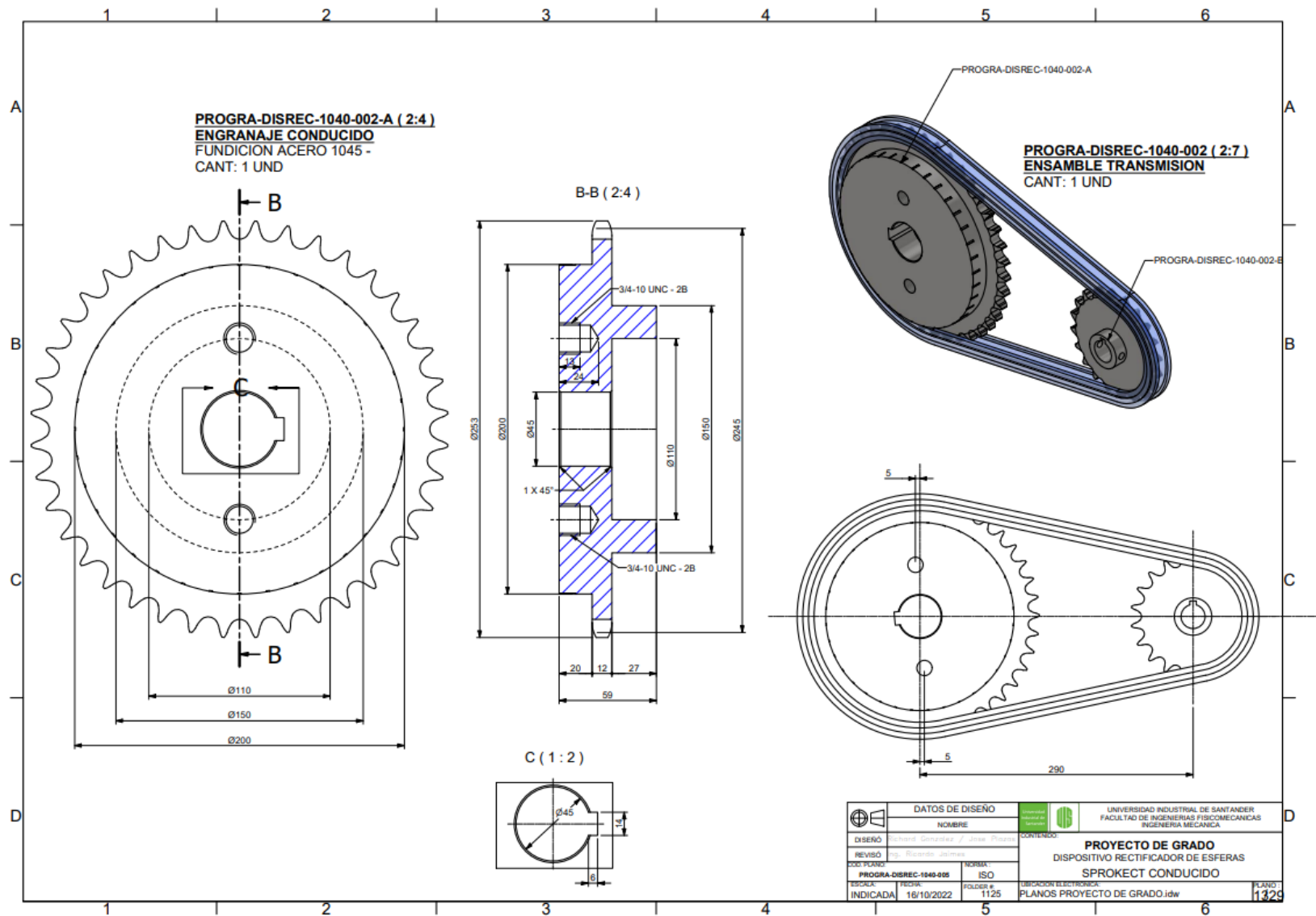
Anexo 10.Plano eje



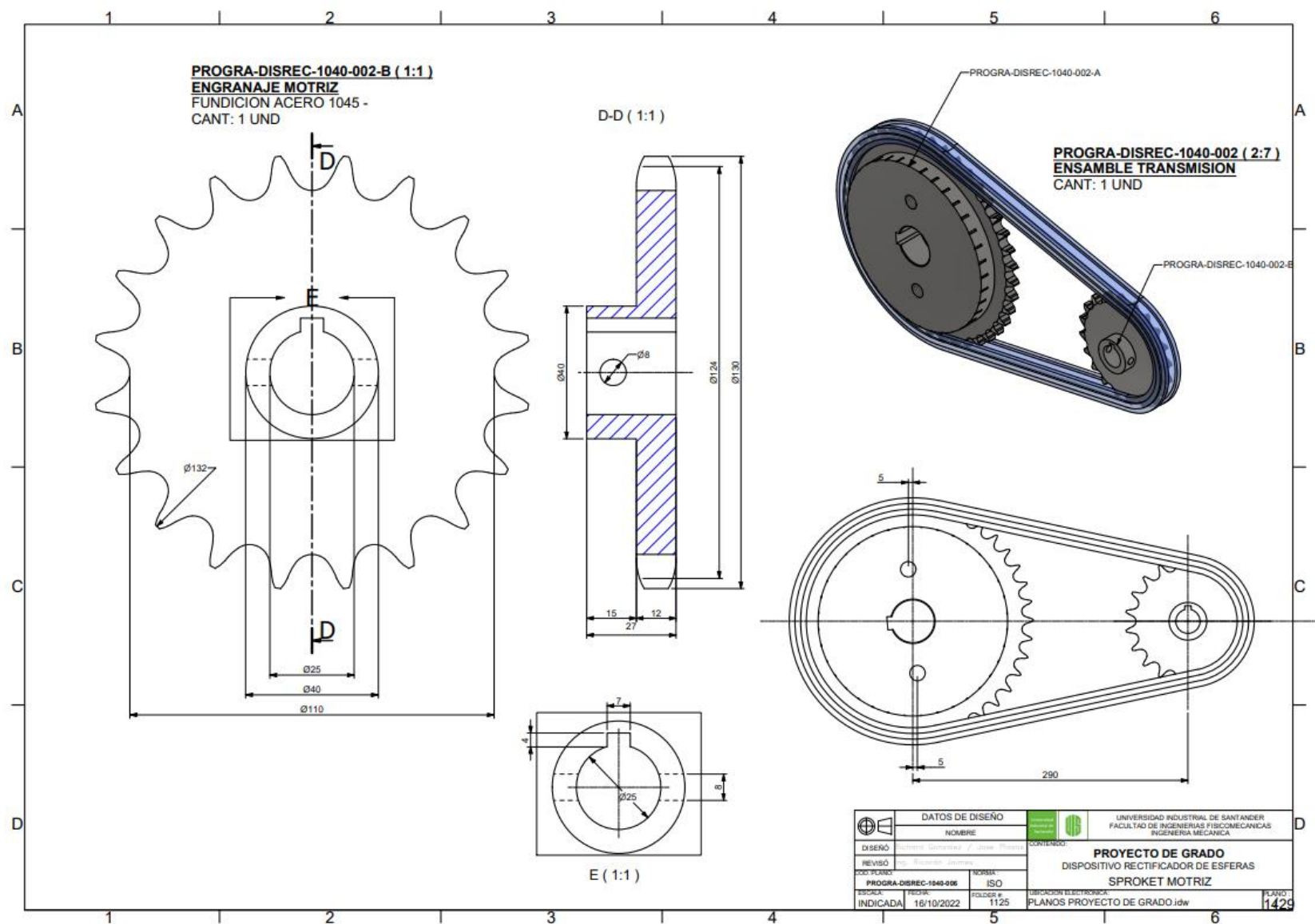
Anexo 11.Plano base de transmisión



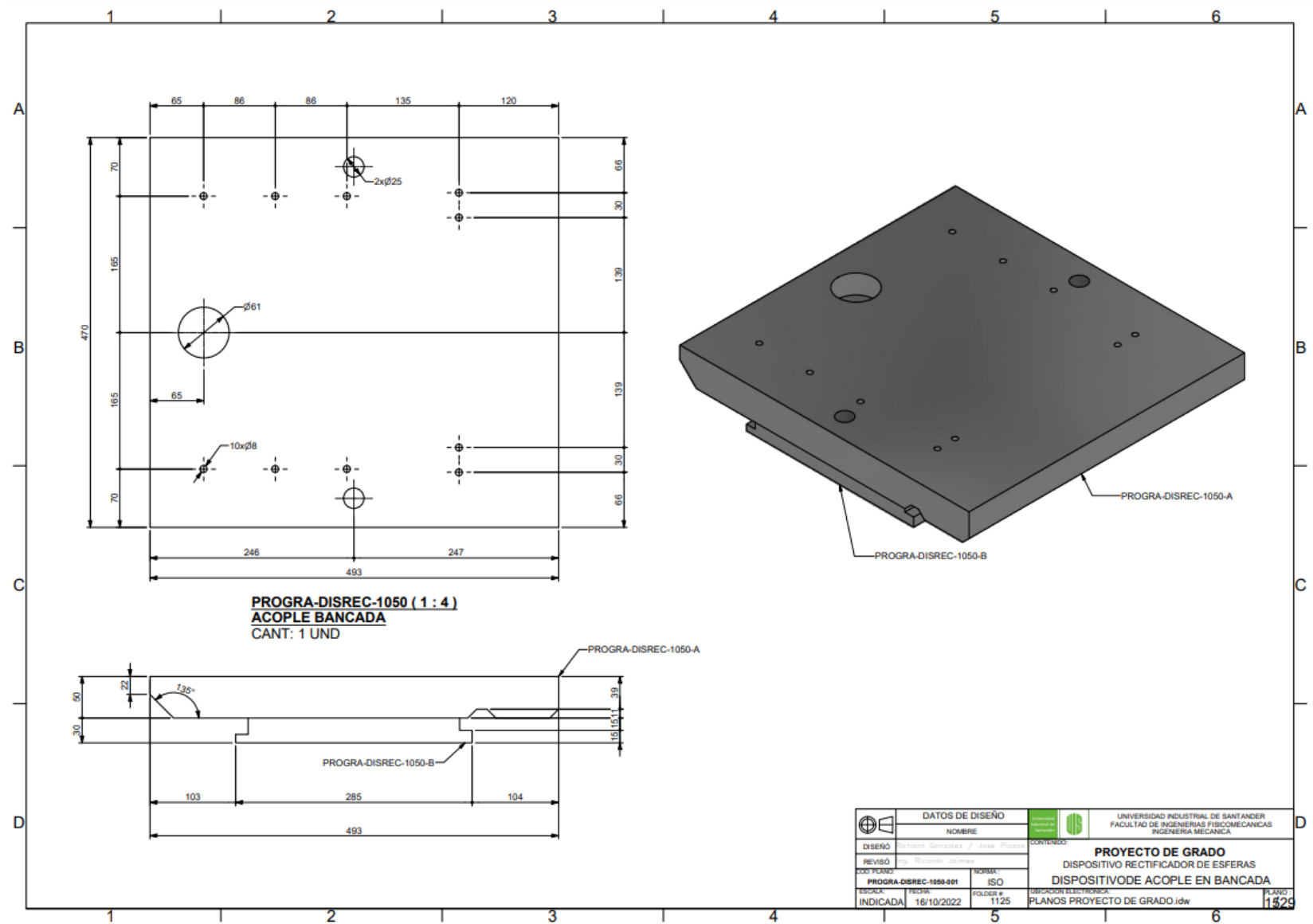
Anexo 12.Plano buje separador de transmisión



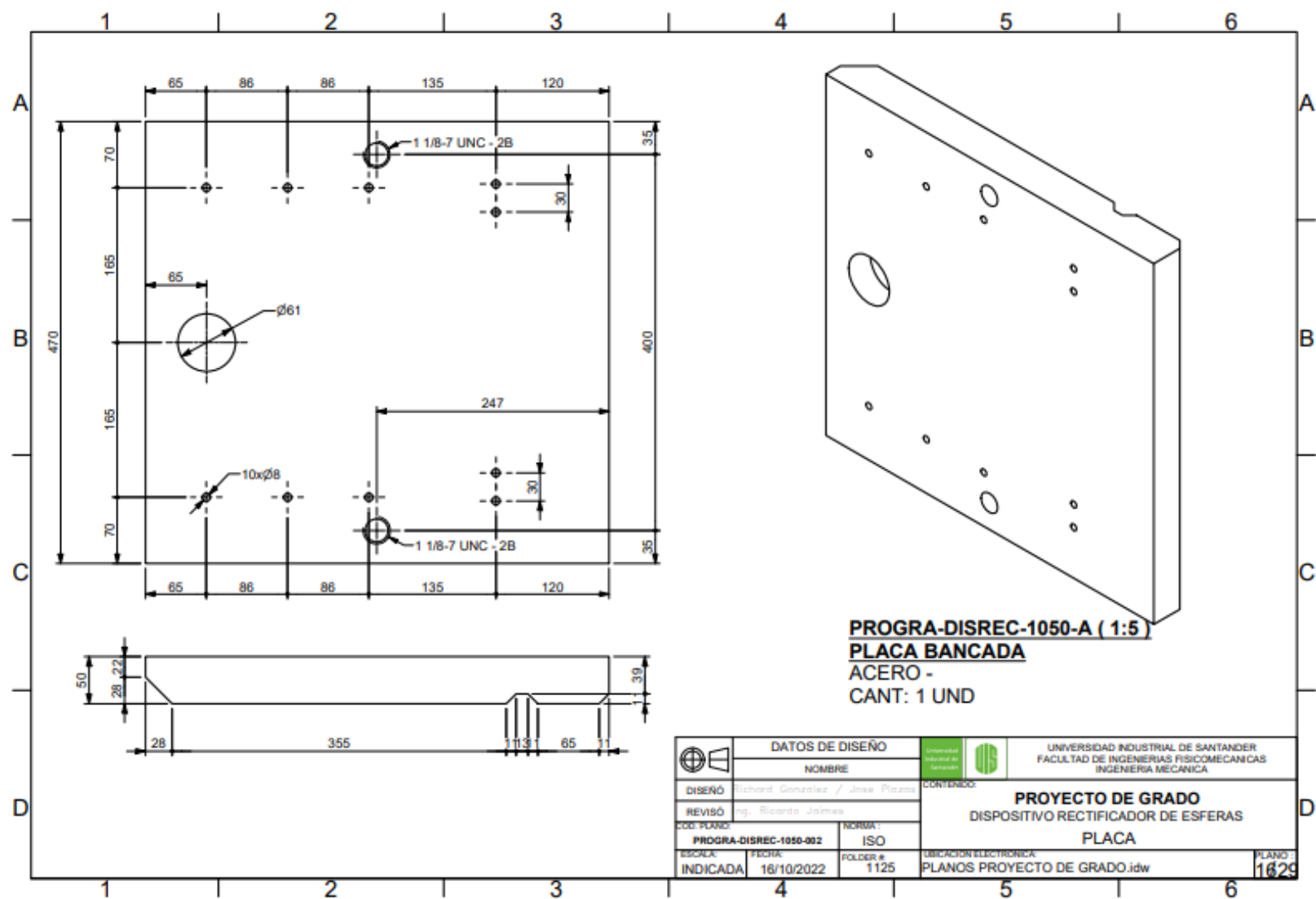
Anexo 13.Plano sprocket conducido



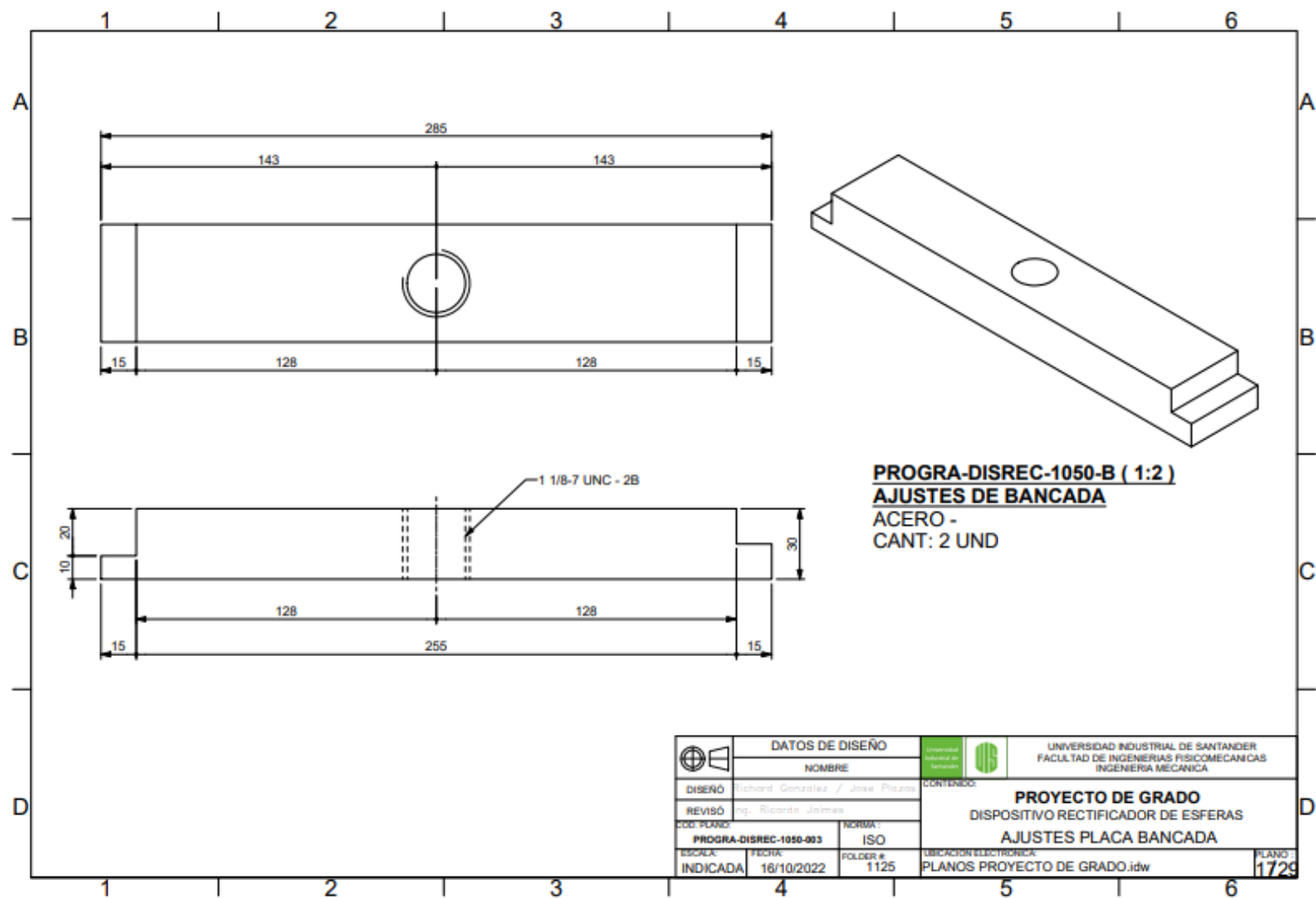
Anexo 14.Plano sprocket motriz



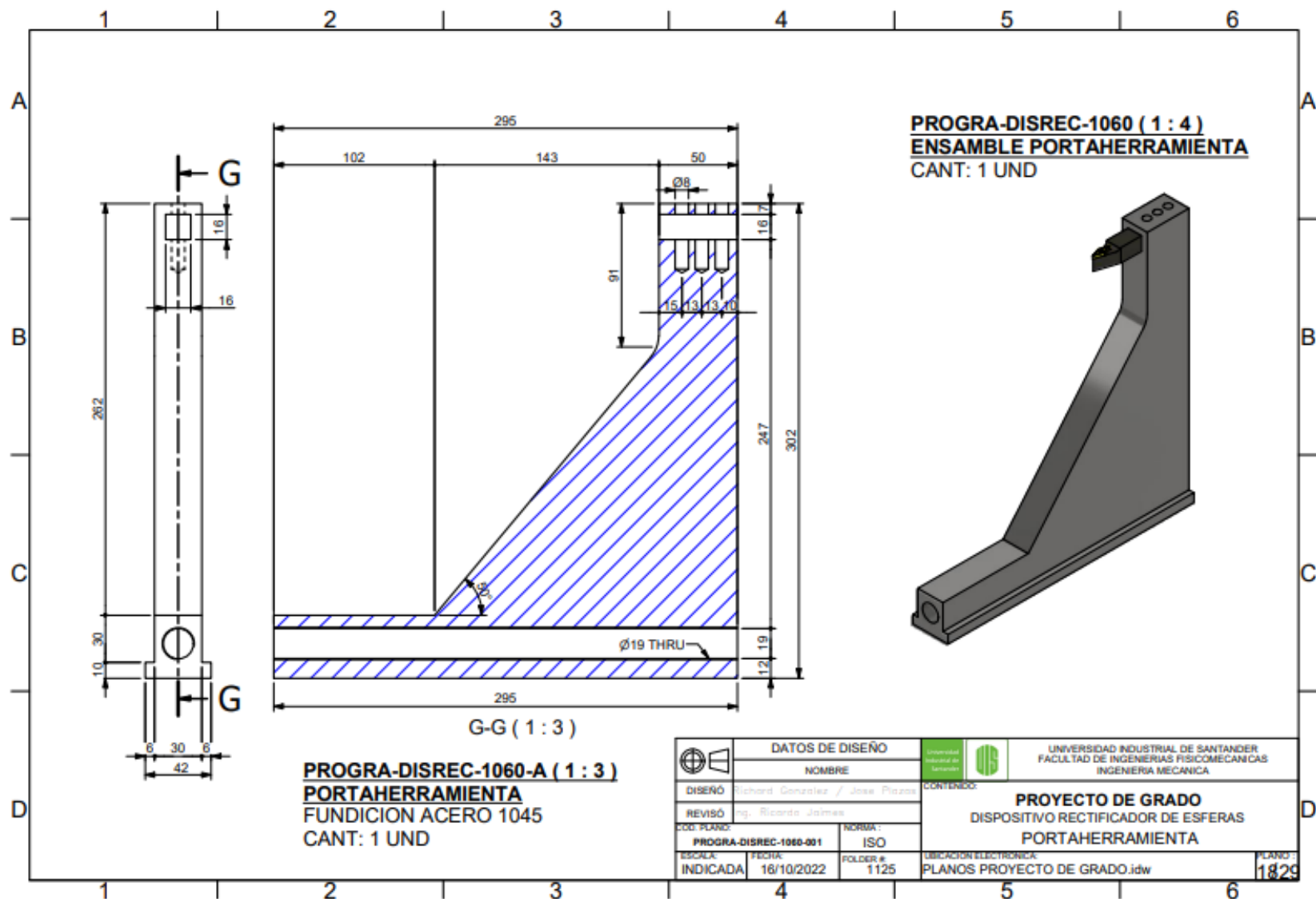
Anexo 15.Plano disp acople bancada



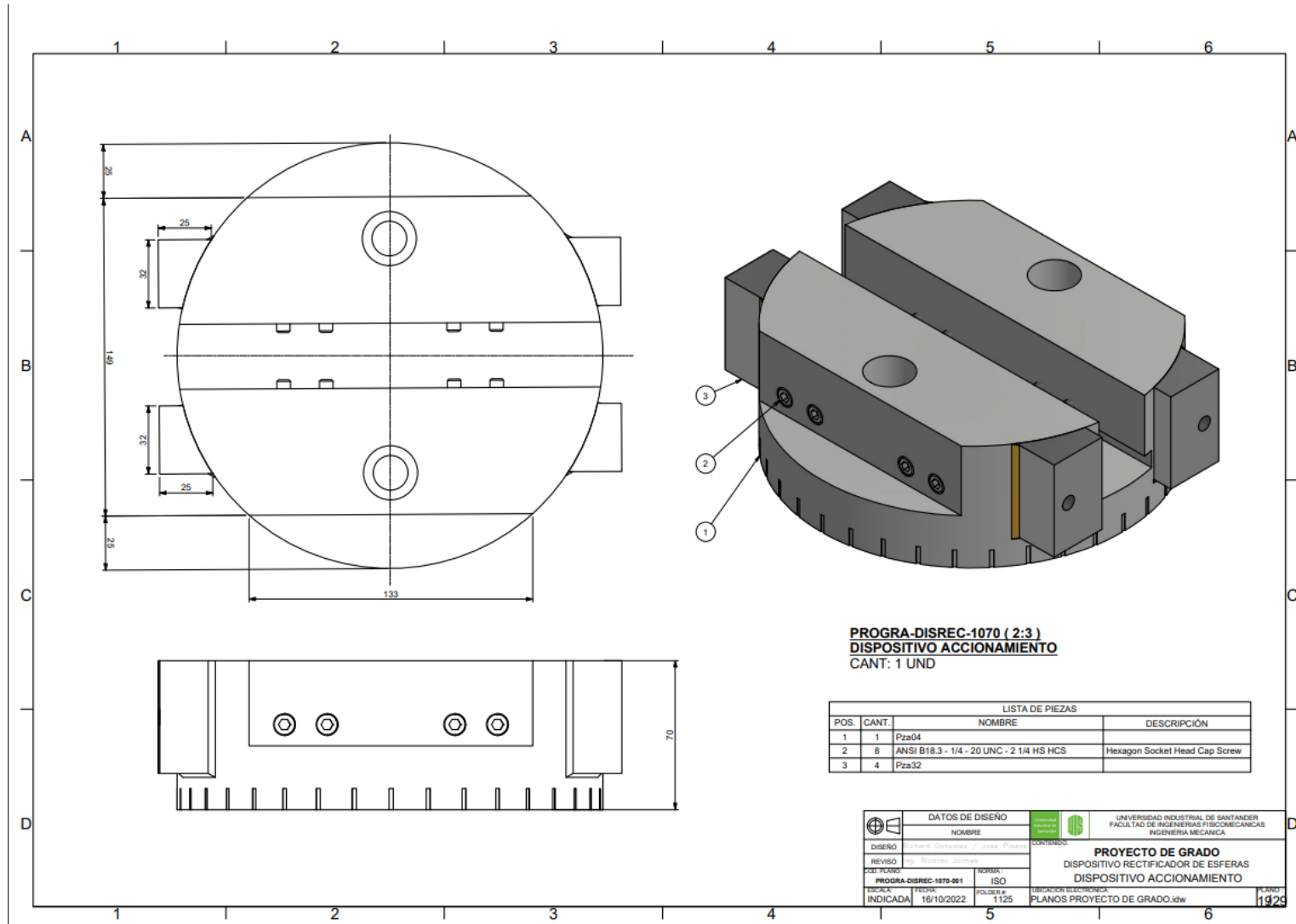
Anexo 16.Plano placa acople bancada



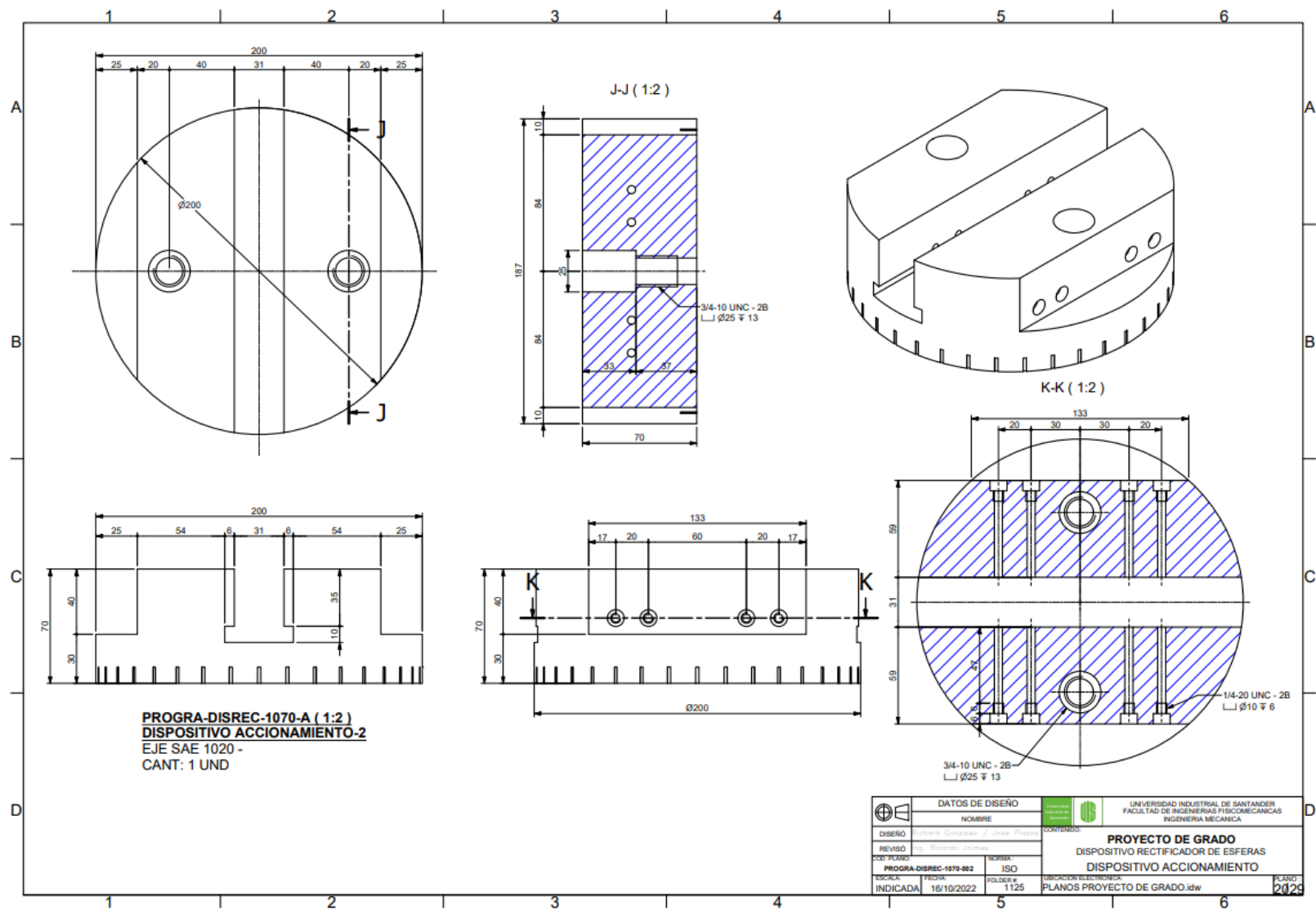
Anexo 17.Plano ajuste placa bancada



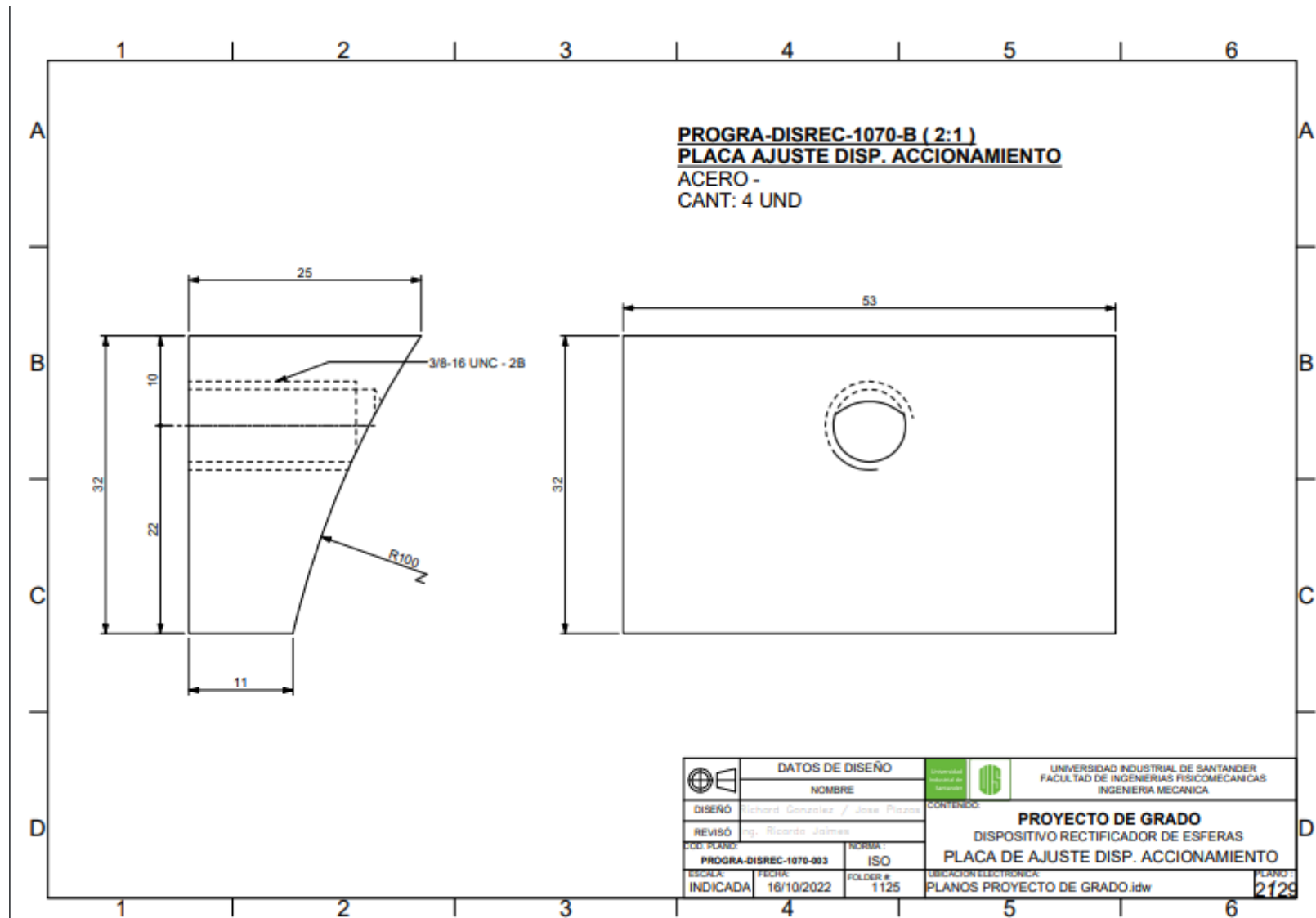
Anexo 18.Plano portaherramienta



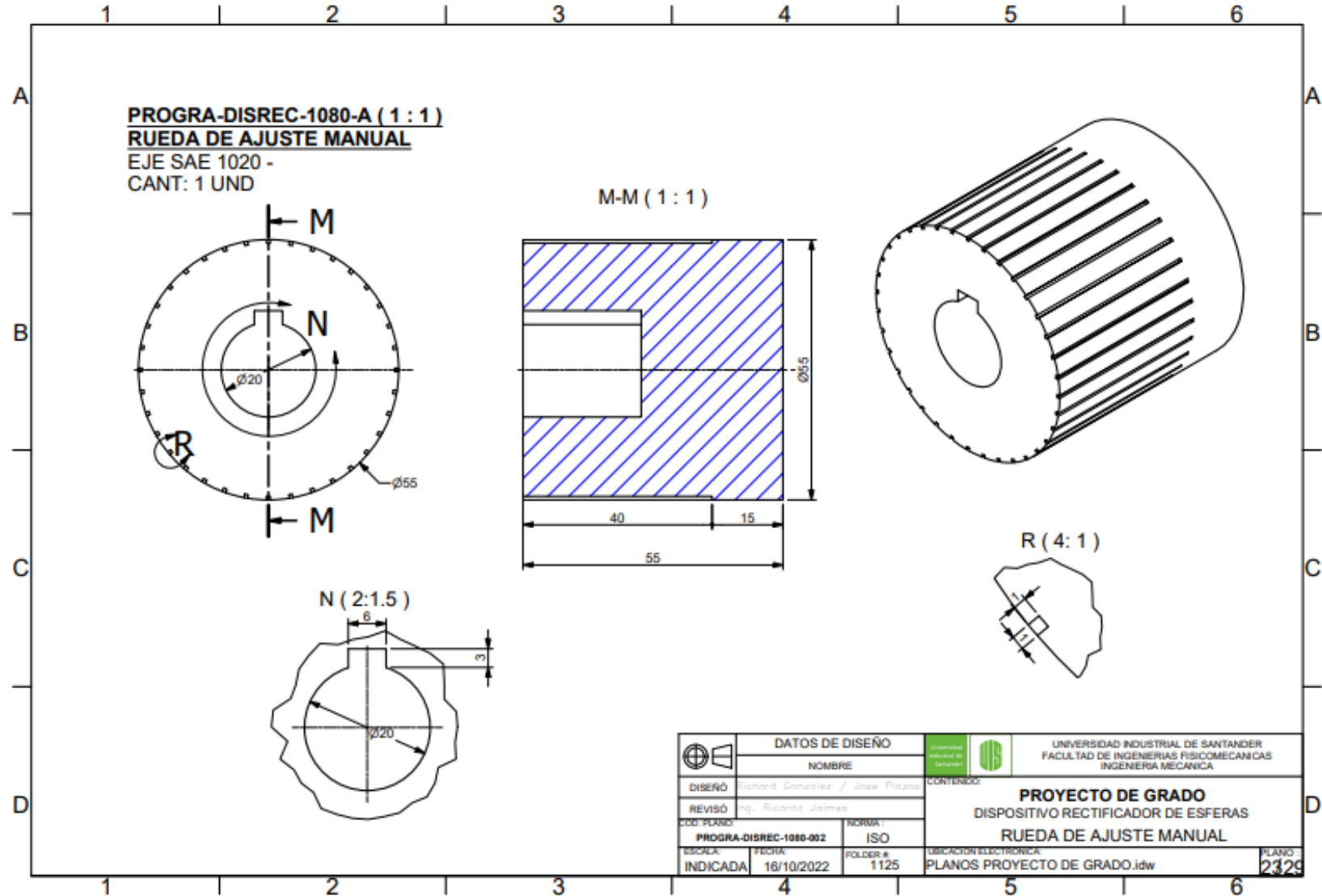
Anexo 19.Plano disp de accionamiento portaherramienta



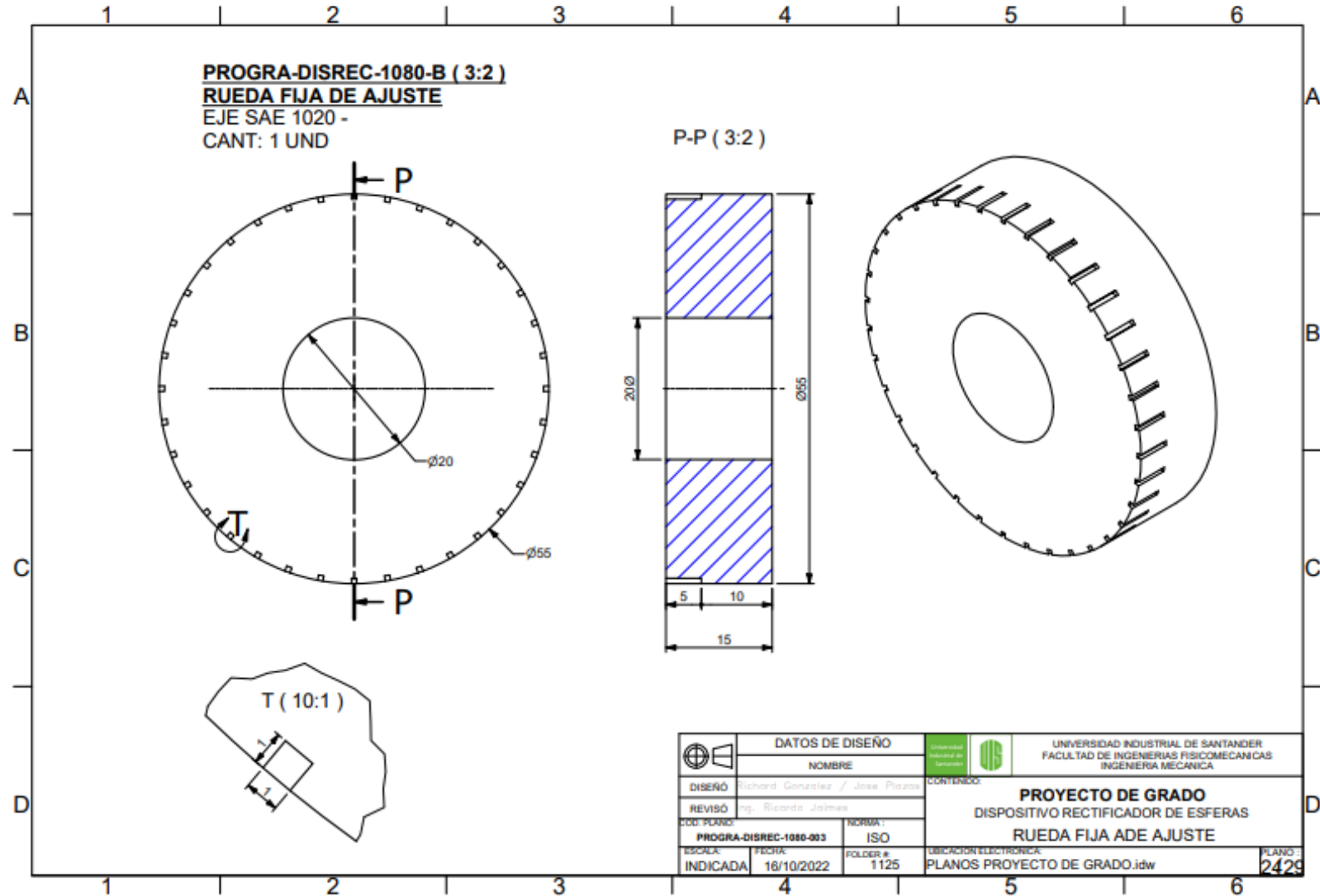
Anexo 20. Detalle disp de accionamiento



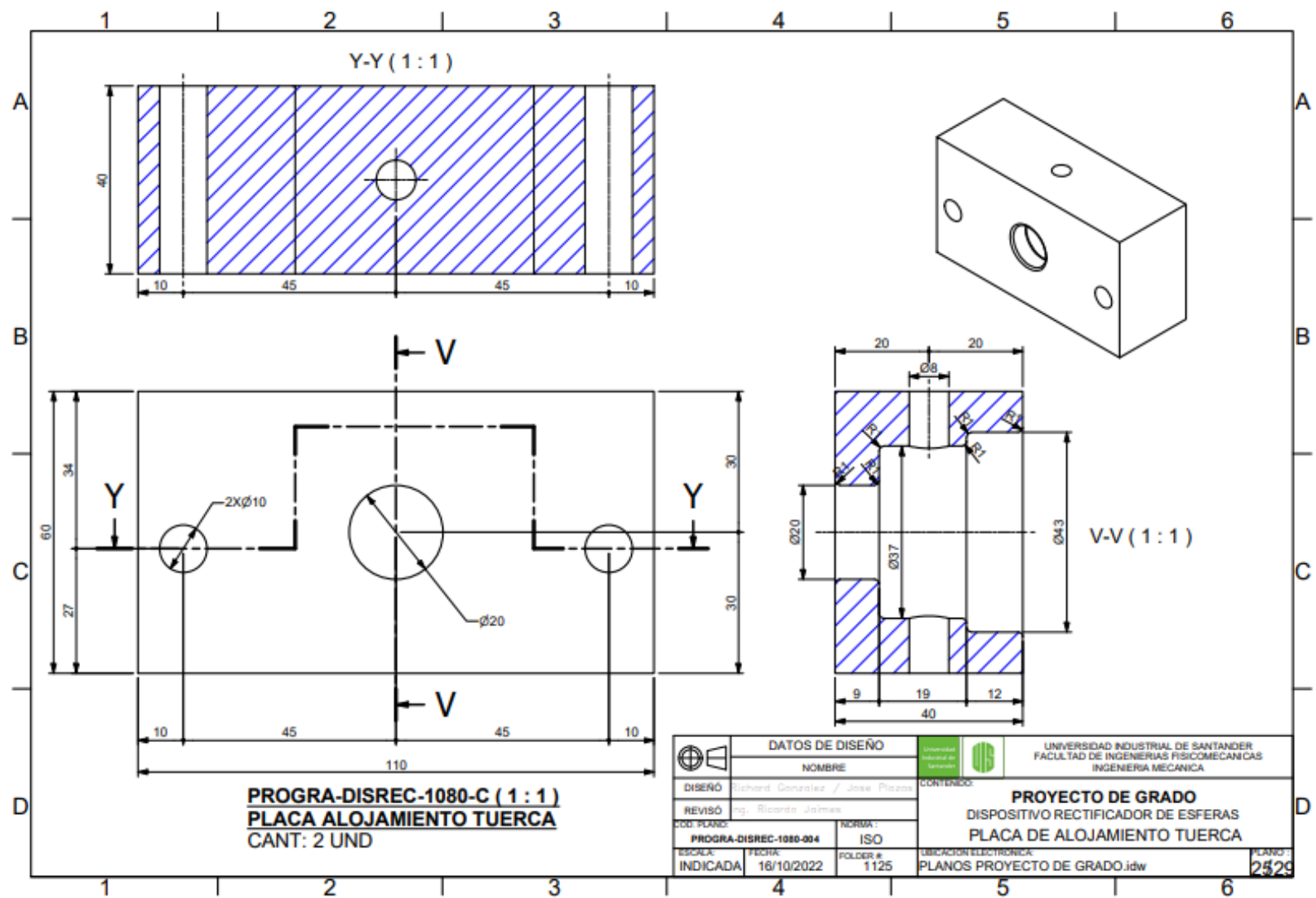
Anexo 21.Plano placa de ajuste disp de accionamiento



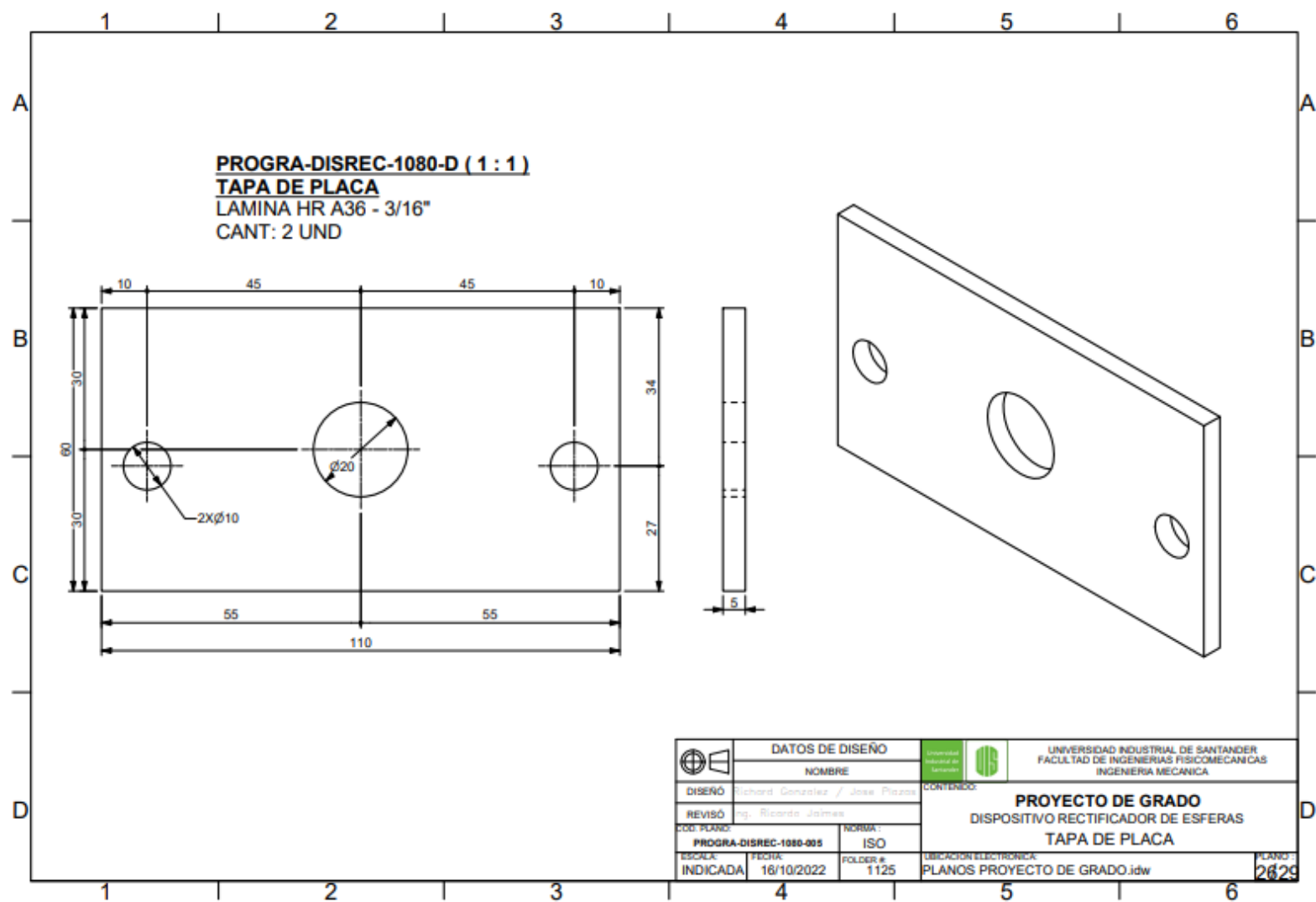
Anexo 23.Plano rueda de ajuste manual



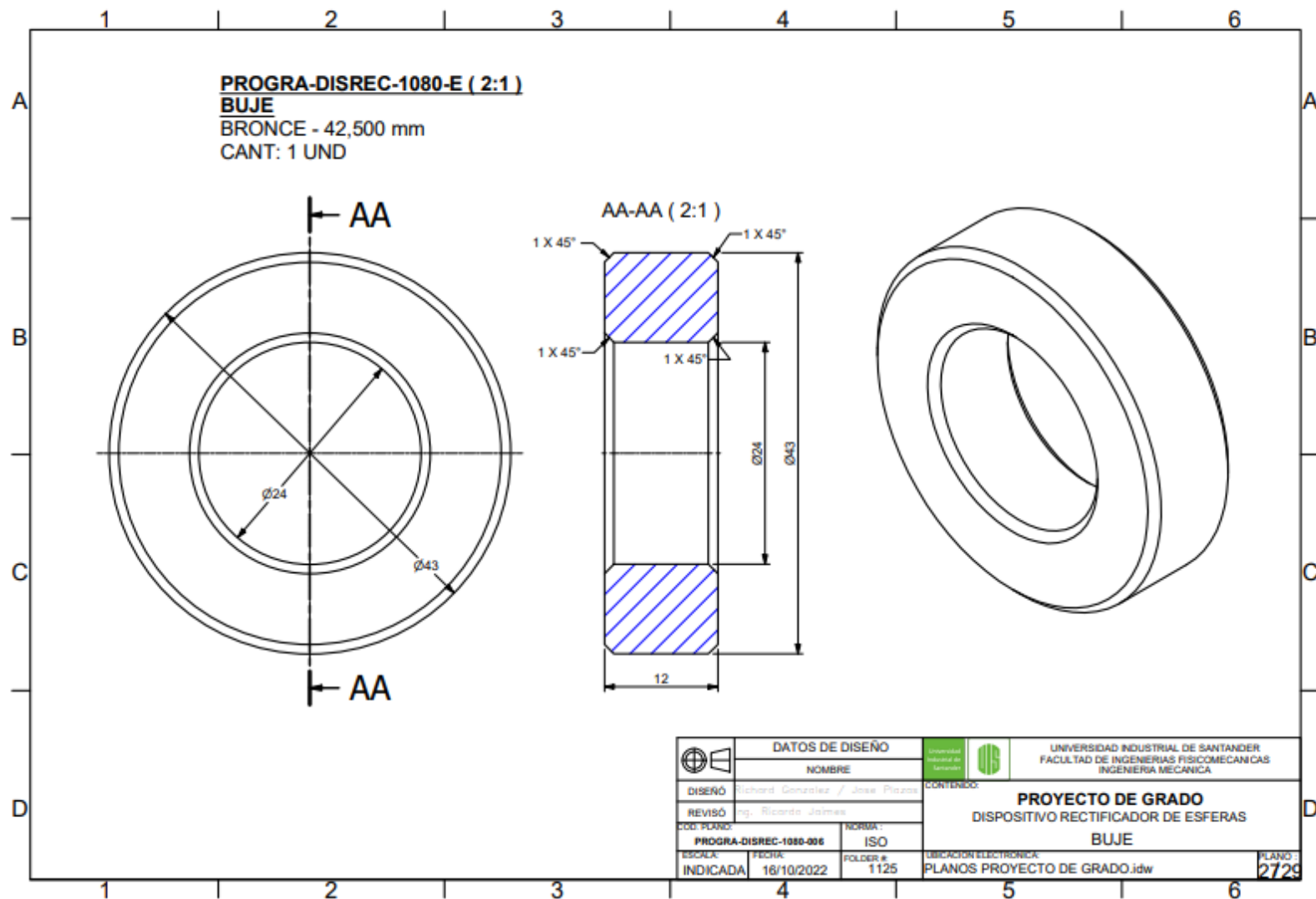
Anexo 24.Plano rueda fija de ajuste



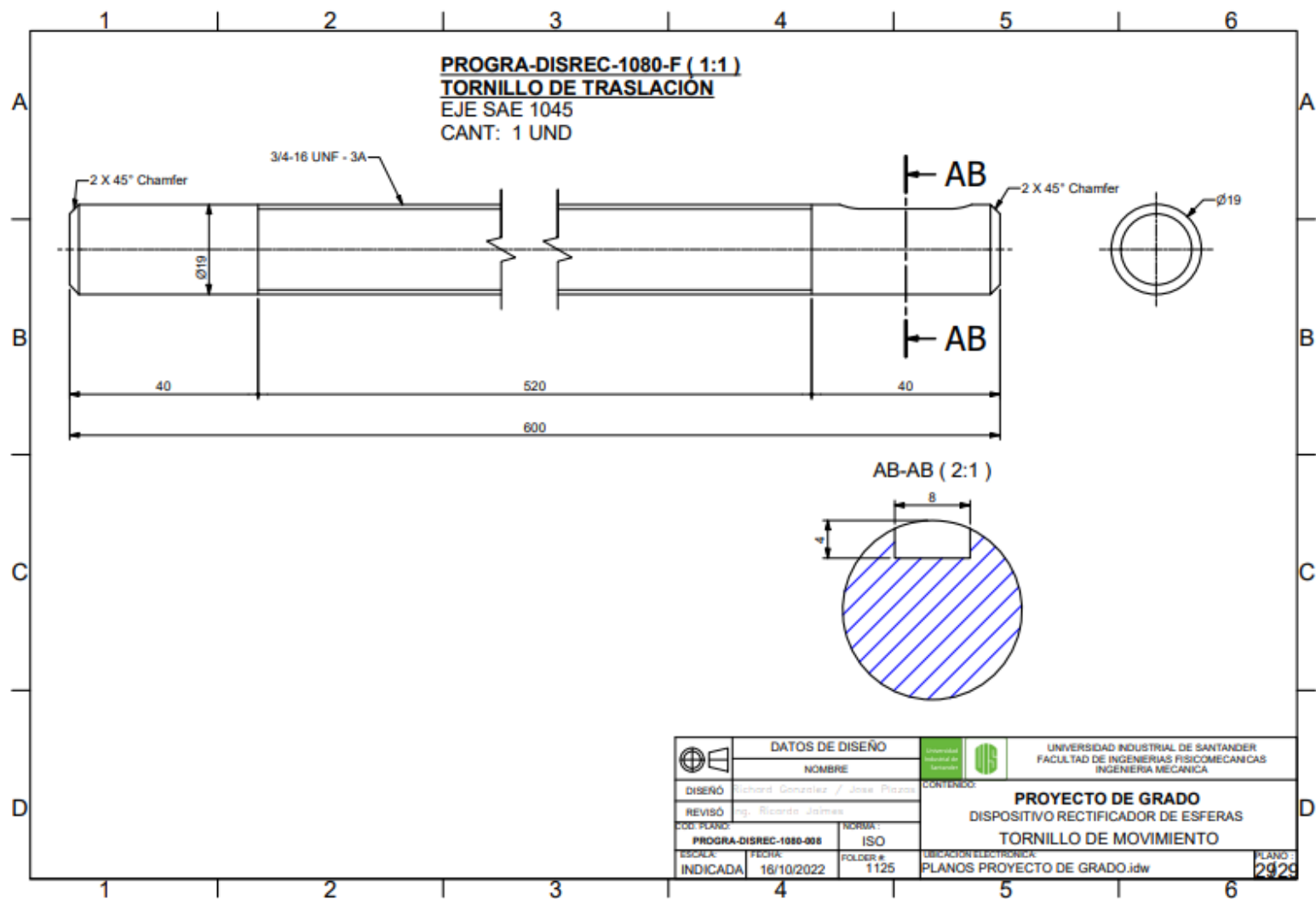
Anexo 25.Plano placa de alojamiento tuerca



Anexo 26.Plano tapa de placa



Anexo 27.Plano buje



Anexo 29.Plano tornillo de movimiento

FABRICACION

MECANICAS DEL MAGDALENA MEDIO RAGC SAS



NIT: 9008979047

Barrancabermeja, 12 de noviembre del 2022

ASUNTO: COTIZACION DE FABRICACION DEL DISPOSITIVO RECTIFICADOR

Respetados Señores:

Para nosotros como empresa es un agrado los siguientes servicios de:

NOMBRE	COSTO DE SUB-EQUIPO/ELEMENTO			
	ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (COP)	PRECIO TOTAL (COP)
MOTORREDUCTOR [1KW] Y BASE	Vigas en I, soporte motor, soporte vertical, motorreductor	1	\$2.950.000	\$2.950.000
TORNILLOS, ARANDELAS Y TUERCA	Tornillos de cabeza hueca hexagonal, tornillo rosca fina y ordinaria, tuercas, arandelas	120	\$4.500	\$540.000
GUARDA DISPOSITIVO RECTIFICADOR	Laminas y platinas	1	\$1.350.000	\$1.350.000
SUBSISTEMA BASTIDOR DEL MECANISMO	Placa base y platinas de acople	1	\$2.080.000	\$2.080.000

SUBSISTEMA DE ACCIONAMIENTO	Eje, cuñero, Platina soporte, Sprocket gear, buje, cadena, rodamiento	1	\$5.340.000	\$5.340.000
SUBSISTEMA DE PORTAHERRAMIENTA	Placa de ajuste de dispositivo, tornillo de traslación, ensamble láminas de ajuste, buje, tapa de placa, placa de alojamiento de tuerca, rueda fija de ajuste y manual, inserto y porta inserto	1	\$2.000.000	\$2.000.000
TOTAL	-	-	-	\$14.260.000

IMPREVISTO (MATERIALES Y MANO DE OBRA)	IVA
20%	19%
SUBTOTAL	TOTAL
\$17.112.000	\$19.821.400

Nota: La fabricación será de acuerdo con las especificaciones del cliente, los precios pueden variar de acuerdo con el momento de compra del material y la mano de obra

Una vez aceptada la cotización se requiere el cincuenta (50%) por anticipado y el restante contra entrega

Atentamente



RICARDO AUSTO GONZALEZ CUESTAS,

Representante legal

Avenida 36 No. 33-32 Barrio palmira, celular: 3212793771

Anexo 30.Cotización fabricación disp rectificador



INDUSTRIAL SERVICE TEAM S.A.S
NIT 901.318.799-0
Cra 26 15-35
Tel: (602) 8284574
Puerto Tejada- Colombia
industriateamsas@gmail.com

Puerto Tejada, 12 de noviembre de 2022

Cotización rectificación de esfera.

A solicitud se realiza la cotización del rectificadora de una esfera de aproximadamente 12 pulgadas de diámetro de material SAE 304 por valor de \$2'650.000 sin tener en cuenta el lugar donde se va a recoger la pieza y donde se va a entregar.

Atentamente

Víctor Bravo Ríos

Representante ISTEAM

Anexo 31.Cotización rectificación esfera 12"



310-2Z



Rodamiento rígido de bolas con ranuras de llenado y sellado integral

Los rodamientos rígidos de una hilera de bolas con ranuras de sellado y placas de protección en uno o ambos lados admiten más bolas que los rodamientos rígidos de bolas estándares. Tienen un diseño sencillo, pero versátil, y son robustos en su funcionamiento, y requieren poco mantenimiento. Pueden admitir cargas radiales y axiales en ambos sentidos. Tienen una mayor capacidad de carga radial que los rodamientos correspondientes sin ranuras de llenado, pero tienen una capacidad de carga axial limitada debido a las ranuras de llenado. El sellado integral puede prolongar significativamente la vida útil del rodamiento porque mantiene el lubricante en los rodamientos y los contaminantes fuera.

- El sellado integral prolonga la vida útil del rodamiento
- Diseño sencillo, versátil y robusto
- Soportan cargas radiales más altas que los rodamientos correspondientes sin ranuras de llenado, con cargas axiales limitadas en ambos sentidos
- Requieren poco mantenimiento

Overview

Dimensiones

Ancho	27 mm
Diámetro exterior	110 mm
Diámetro interno	50 mm

Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	64,4 kN
Capacidad de carga estática básica	52 kN
Velocidad de referencia	11 000 r/min
Velocidad límite	5 600 r/min

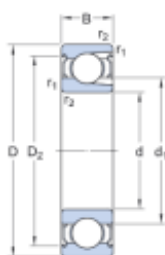
Propiedades

Cantidad de hileras	1
Característica de relubricación	Sin
Disposición ajustada	No
Elemento de fijación, aro exterior del rodamiento	Ninguna
Jaula	Chapa metálica
Lubricante	Grasa
Material, rodamiento	Acero para rodamientos
Ranuras de llenado	Con
Recubrimiento	Sin



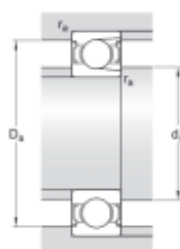
Sellado	Placa de protección en ambos lados
Tipo de agujero	Cilíndrico
Tipo de sellado	Sin contacto

Especificación técnica



Dimensiones

d	50 mm	Diámetro del agujero
D	110 mm	Diámetro exterior
B	27 mm	Ancho
d ₁	≈ 68.76 mm	Diámetro del resalte
D ₂	≈ 95.2 mm	Diámetro de rebaje
r _{1,2}	min. 2 mm	Dimensión del chaflán



Dimensiones de los resaltes

d _a min. 61 mm	Diámetro del resalte del eje
d _a max. 68.6 mm	Diámetro del resalte del eje
D _i max. 99 mm	Diámetro del resalte del soporte
r _a max. 2 mm	Radio del eje o de acuerdo del soporte

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	64.4 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	52 kN
Carga límite de fatiga	P _u	2.2 kN
Velocidad de referencia		11 000 r/min
Velocidad límite		5 600 r/min
Factor de carga mínima	k _r	0.05



Masa

Masa de rodamiento	1.15 kg
--------------------	---------

Clase de tolerancia

Tolerancias dimensionales	Normal
Desviación radial	Normal

TRIVERS TOOL MEXICO

Telefono: 01 800-7172-730
 correo: ventas@travers.com.mx
 www.travers.com.mx

Porta Insertos para Torneado estilo EVEN 3/4" #AIH7978 TERRA CARBIDE

No. de catálogo: 22-150-004



Marca: TERRA CARBIDE

No. de Modelo: AIH7978

**VER EN CATÁLOGO
EN LÍNEA**

Página - clic para ver



Descripción

INFORMACIÓN DE PRODUCTO	
Marca	TERRA CARBIDE
No. de Modelo	AIH7978
Ventajas	•Se ajusta a los insertos TCMT ISO estándar. •Disponible en 5 medidas de zancos e insertos. •Grado EVC5T con recubrimiento TiN
Ángulo	60°
C.I.	3/8"
Corte	Neutral
Designación ISO	STC.12-3 TCMT SET

13/11/22, 14:23

Porta Insertos para Tormeados estilo EVEN 3/4" #AIH7978 TERRA CARBIDE

Estilo	EVEN
Forma	Tringular
Insertos Usados	TCMT3(2.5)1
Tornillo	EVX6
Zanco	3/4"
Incluye	(1) EVAR12-3 (1) EVAL12-3 (1) EVBR12-3 (1) EVBL12-3 (1) EVEN12-3 (5) TCMT3(2.5)1 EVC5T
USNSPC	23242107

<https://www.travers.com.mx/porta-insertos-para-extteriores/porta-insertos-para-tormeados-estilo-even-3-4-22--150--004?print=1>

2/2

TRAVERS TOOL
MÉXICO

Telefono: 01 800-7172-730
correo: ventas@travers.com.mx
www.travers.com.mx

Porta Inserto SDJCR de 3/4" para Exteriores con 10 insertos extra # AKUMA

No. de catálogo: **22-600-731**



AKUMA

Marca: AKUMA

No. de Modelo: SDJCR12-3C

**VER EN CATÁLOGO
EN LÍNEA**

Página - clic para ver

Descripción

INFORMACIÓN DE PRODUCTO	
Marca	AKUMA
No. de Modelo	SDJCR12-3C
Altura Zanco	3/4"
Ancho Zanco	0.750"
Insertos Usados	DCMT3(2.5)_
Largo Cabeza	0.945"
Largo Total	5.000"
Llave Torx	T-15
Tornillo Torx	AKX-G3-512
USNSPC	27112809

Stress Analysis Report

Analyzed File:	Ensamble general.iam
Autodesk Inventor Version:	2020 (Build 240168000, 168)
Creation Date:	13/11/2022, 10:59
Study Author:	RICHARD G

Project Info (iProperties)

Project

Cost 0,00 €

Status

Design Status WorkInProgress

Physical

Mass	73,7526 kg
Area	4057960 mm ²
Volume	35420200 mm ³
Center of Gravity	x=-128,058 mm y=197,861 mm z=0,956547 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

Static Analysis:1

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	13/11/2022, 10:52
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

Mesh settings:

--	--

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

☐ Material(s)

Name	Steel	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	80,7692 GPa
Part Name(s)	Pza21.ipt Herramienta 5-8.ipt	
Name	Steel, Alloy	
General	Mass Density	7,73 g/cm ³
	Yield Strength	250 MPa
	Ultimate Tensile Strength	400 MPa
Stress	Young's Modulus	205 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	78,8462 GPa
Part Name(s)	Pza24.ipt Pza25.ipt Pza26.ipt Pza24.ipt Pza27.ipt Pza28.ipt Pza28.ipt Pza28.ipt Pza28.ipt Pza28.ipt Pza04.ipt Pza32.ipt Pza32.ipt Pza32.ipt Pza32.ipt	
Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa

	Poisson's Ratio	0,275 ul
	Shear Modulus	86,2745 GPa
Part Name(s)	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
	Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75	
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		
Hex Bolt - Inch 5/16-18 UNC - 0,75		

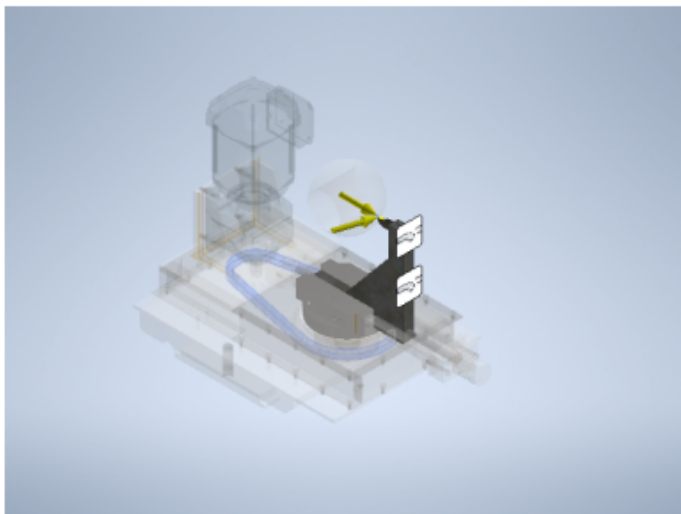
	Hexagon Socket Head Cap Screw - Inch 1/4 - 20 UNC - 2 1/4
	Hexagon Socket Head Cap Screw - Inch 1/4 - 20 UNC - 2 1/4
	Hexagon Socket Head Cap Screw - Inch 1/4 - 20 UNC - 2 1/4

☐ **Operating conditions**

☐ **Force:1**

Load Type	Force
Magnitude	100,000 N
Vector X	-0,000 N
Vector Y	-100,000 N
Vector Z	-0,000 N

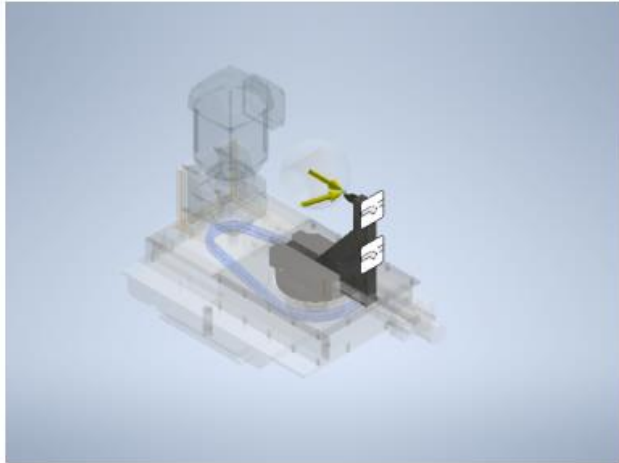
☐ **Selected Face(s)**



☐ **Force:2**

Load Type	Force
Magnitude	50,000 N
Vector X	-15,035 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	47,686 N

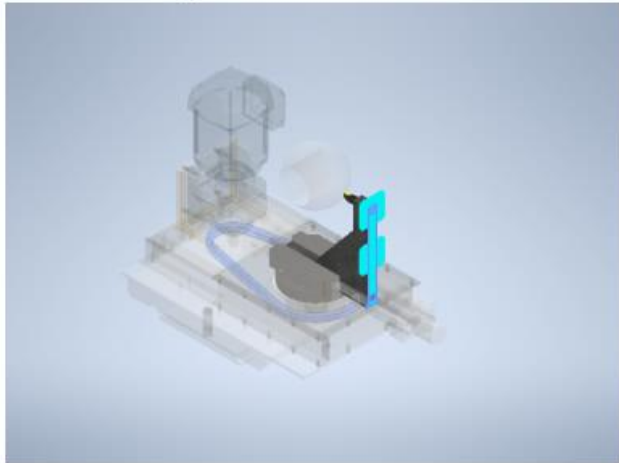
☐ **Selected Face(s)**



☐ **Fixed Constraint:1**

Constraint Type	Fixed Constraint
-----------------	------------------

☐ **Selected Face(s)**



Results

Reaction Force and Moment on Constraints

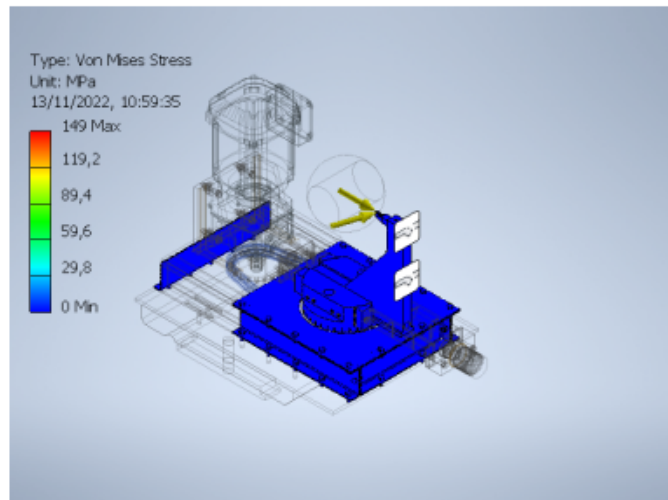
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	114,387 N	103,968 N	16,7268 N m	-6,71067 N m
		0 N		4,52861 N m
		-47,6985 N		-14,6371 N m

Result Summary

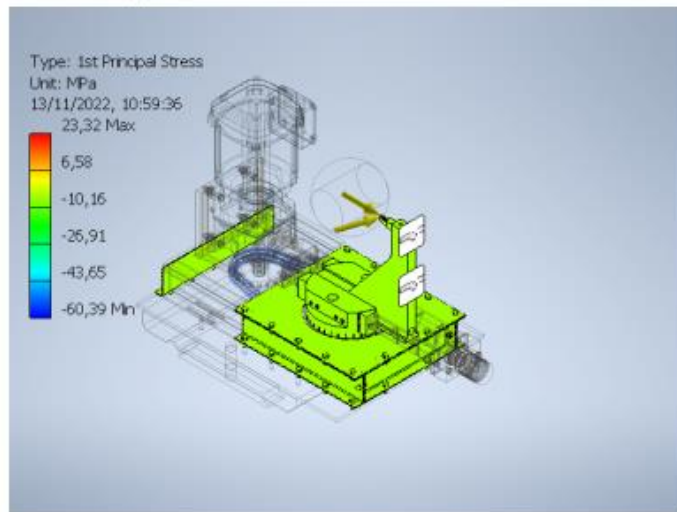
Name	Minimum	Maximum
Volume	3749290 mm ³	
Mass	29,1203 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	149,028 MPa
1st Principal Stress	-60,3883 MPa	23,3183 MPa
3rd Principal Stress	-200,589 MPa	1,31804 MPa
Displacement	0 mm	0,00544152 mm
Safety Factor	1,389 ul	15 ul

Figures

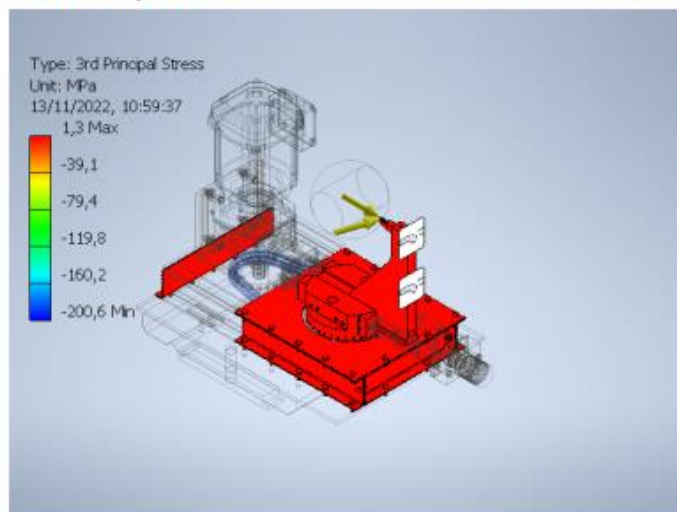
Von Mises Stress



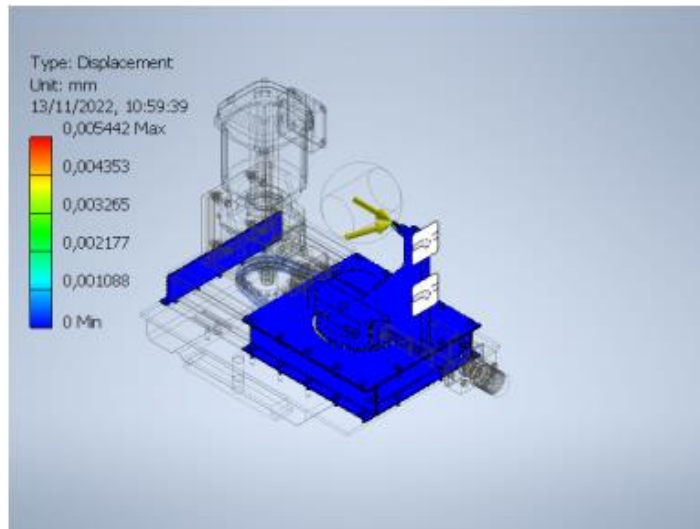
1st Principal Stress



3rd Principal Stress



Displacement



☐ Safety Factor

