

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE CORTADORA TIPO PUENTE A 90
Y 45° SOBRE LAMINA PARA VARIOS TIPOS DE PIEDRA COMERCIAL EN LA
REGIÓN

JUAN SEBASTIAN ALVAREZ ALMANYA
OMAR ALEXANDER RODRIGUEZ RUBIO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2020

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE CORTADORA TIPO PUENTE A 90
Y 45° SOBRE LAMINA PARA VARIOS TIPOS DE PIEDRA COMERCIAL EN LA
REGIÓN

JUAN SEBASTIAN ALVAREZ ALMANYA
OMAR ALEXANDER RODRIGUEZ RUBIO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

Director:
ISNARDO GONZALEZ JAIMES
Phd. Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2020

DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su fe inquebrantable soportaron a mi lado todos los contratiempos presentes en esta etapa y sembraron la base de formación intelectual, académica y personal.

En segunda instancia a mi familia y amigos que con su granito de arena aportaron la sabiduría y fortaleza emocional que tanto necesitaba para afrontar este reto.

Y por último a la vida, por presentarme esta seguidilla de retos y oportunidades las cuales sigo día a día afrontando con mayor madurez y responsabilidad.

Omar Rodríguez

A mis padres y mi familia quienes con su esfuerzo y dedicación aportaron todo lo necesario para terminar con éxito esta etapa de la vida.

Juan Alvarez

AGRADECIMIENTOS

No puedo imaginar una persona más influyente en mi vida que mi padre que con su carisma aliviano todas las cargas con las que me encontré a lo largo de este camino, orientándome en todos los aspectos de la vida necesarios para sopesar de la mejor manera todos los obstáculos, direccionando y aportando incondicionalmente los recursos y experiencia necesario en el campo de la metalmecánica.

A Isnardo González, ingeniero mecánico, amigo y mentor que con su aporte y consejo se garantizó el feliz término de este proyecto.

Omar Rodríguez

A Dios, mis padres y mi familia por todo el acompañamiento a lo largo de este proceso quienes fueron fundamentales para la culminación de esta etapa.

A Omar Rodríguez, compañero de proyecto y su padre quien fue el guía para desarrollar el diseño y construcción de este proyecto, además de poner a disposición la empresa y los recursos para culminar este proceso.

A Isnardo González, nuestro director del proyecto, quien con su consejo nos encamino y dirigió para lograr concluir con éxito esta meta.

Juan Alvarez

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. EL PROBLEMA DE CORTE DE PIEDRA EN SANTANDER.....	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	21
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	22
1.3.1 Objetivo general	22
1.3.2 Objetivos específicos	22
2. MARCO TEÓRICO	23
2.1 GENERALIDADES DE LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN	23
2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN	23
2.2.1 Mármol.	23
2.2.1.1 Composición y formación	24
2.2.1.2 Propiedades	24
2.2.1.3 Texturas.	24
2.2.1.4 Espesor.	25
2.2.1.5 Formatos.	25
2.2.1.6 Cuidado y mantenimiento.	25
2.2.2 Granito.	26
2.2.2.1 Composición y formación.	26
2.2.2.2 Propiedades	27
2.2.2.3 Espesor.	27
2.2.2.4 Formatos.	27
2.2.2.5 Texturas.	27
2.2.2.6 Cuidado y mantenimiento.	27

2.2.3 Cuarzo o Silestone.....	28
2.2.3.1 Composición y formación.....	28
2.2.3.2 Propiedades.....	28
2.2.3.3 Espesores.....	29
2.2.3.4 Formatos.....	29
2.2.3.5 Texturas.....	29
2.2.4 Dekton.....	30
2.2.4.1 Composición y formación.....	30
2.2.4.2 Propiedades.....	31
2.2.4.3 Espesor.....	31
2.2.4.4 Formatos.....	31
2.3 CORTE ABRASIVO.....	32
2.3.1 Tecnologías de las herramientas de corte.....	32
2.3.2 Materiales para herramientas.....	32
2.3.3 Diamantes sintéticos.....	33
3. DISEÑO CONCEPTUAL.....	35
3.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD.....	35
3.1.1 Demandas básicas del consumidor.....	35
3.1.2 Requerimientos del especialista.....	36
3.1.3 Matriz calidad.....	36
3.1.4 Resultados ponderados del QFD.....	37
3.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	38
3.2.1 Alternativa 1.....	39
3.2.2 Alternativa 2.....	40
3.2.3 Alternativa 3.....	41
3.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	41
4. FUNCIONAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	43
4.1 SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO.....	44

4.1.1 Carro principal.....	46
4.1.2 Carro lateral.	47
4.2 SUBSISTEMA DE ELEVACIÓN DEL DISCO	47
4.3 SUBSISTEMA DE INCLINACION DISCO-MOTOR.....	48
4.4 SUBSISTEMA DISCO-MOTOR	49
4.5 ESTRUCTURA.....	50
5. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE SUBSISTEMAS QUE COMPONEN LA MAQUINA	52
5.1 DISEÑO Y CÁLCULO SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO	52
5.1.1 Carro principal y lateral.	52
5.1.2 Selección de Catarina y cadena	53
5.1.3 Cálculo para el piñón-cremallera.....	59
5.1.4 Calculo del eje inferior.....	69
5.1.5 Cálculo de los ejes superiores.....	77
5.2 DISEÑO Y CALCULO DEL SUBSISTEMA DE ELEVACION DEL DISCO	82
5.2.1 Justificación del subsistema.	82
5.2.2 Descripción.	83
5.2.3 Criterios de selección del cilindro neumático para la aplicación.	84
5.2.4 Descripción de los componentes del sistema.	84
5.2.4.1 Cilindro neumático.....	84
5.2.4.2 Compresor.	85
5.2.4.3 Unión cilindro con soporte en L.	85
5.2.5 Cálculos para la selección de los componentes del mecanismo	86
5.2.5.1 Geometría del sistema	86
5.2.5.2 Fuerza efectiva.....	87
5.2.5.3 Fuerza nominal	89
5.2.5.4 Cilindro seleccionado y esquema neumático.....	89
5.2.5.5 Válvula de estrangulación de retención (A).	89

5.2.5.6 Válvula direccional (B).....	89
5.2.5.7 Compresor (C).	90
5.3 DISEÑO Y CÁLCULO DEL SUBSISTEMA DE INCLINACION DEL DISCO ...	91
5.3.1 Justificación del subsistema.....	91
5.3.2 Descripción del subsistema.....	91
5.3.3 Criterios de selección del cilindro neumático para la aplicación.	92
5.3.4 Descripción de los componentes del mecanismo	92
5.3.4.1 Cilindro neumático.....	92
5.3.4.2 Compresor.	93
5.3.4.3 Placa inclinable.	94
5.3.5 Cálculos para la selección de los componentes del mecanismo	94
5.3.5.1 Geometría del sistema	94
5.3.5.2 Fuerza efectiva.....	96
5.3.5.3 Fuerza nominal	99
5.3.5.4 Cilindro seleccionado y esquema neumático.....	99
5.3.5.5 Válvula de estrangulación y antirretorno (A).....	99
5.3.5.6 Válvula direccional (B).....	99
5.3.5.7 Compresor (C)	99
5.4 DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE CORTE	101
5.4.1 Calculo de fuerzas de corte.....	101
5.4.2 Cálculo y selección del motor de corte.	104
5.5 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA	105
5.5.1 Vigas.....	105
5.5.2 Columnas.....	111
6. INGENIERÍA DE LA MANUFACTURA.....	118
6.1 MATERIALES, COMPONENTES Y PRESUPUESTO.....	120
6.2 PLANIFICACIÓN DEL PROCESO	123
6.3 PRUEBAS DEL SISTEMA	135

7. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	138
7.1 INGRESOS	139
7.2 EGRESOS	141
7.3 VPN, TIR Y PAY-BACK.....	141
8. CONCLUSIONES	144
BIBLIOGRAFÍA	146
ANEXOS.....	147

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resistencia a la ruptura de diferentes materiales.	33
Tabla 2. QFD para el sistema de corte.	37
Tabla 3. Valor de los criterios en el proyecto.	38
Tabla 4. Selección de la alternativa.	42
Tabla 5. Criterios para análisis.	52
Tabla 6. Análisis para la selección del conjunto catarina.	55
Tabla 7. Análisis piñón conductor.	60
Tabla 8. Cargas sobre engranajes.	63
Tabla 9. Análisis para diseño de engranajes rectos.	64
Tabla 10. Análisis de fuerzas sobre los engranajes.	70
Tabla 11. Análisis de fuerzas sobre el eje.	71
Tabla 12. Análisis de eje inferior.	72
Tabla 13. Análisis de fuerzas sobre el eje.	77
Tabla 14. Cálculo de ejes superiores.	80
Tabla 15. Selección del cilindro neumático.	86
Tabla 16. Peso de componentes.	87
Tabla 17. Diagrama de cuerpo libre.	88
Tabla 18. Proceso para determinar la geometría.	95
Tabla 19. Diagrama de cuerpo libre del sistema.	96
Tabla 20. Cálculos para la fuerza de corte.	101
Tabla 21. Cálculo de la Potencia en el motor de corte.	105
Tabla 22. Análisis de la viga.	106
Tabla 23. Análisis de columnas.	112
Tabla 24. Análisis estructural.	114
Tabla 25. Resultados de la viga puente.	115

Tabla 26. Resultados estructural de la mesa.....	116
Tabla 27. Comparación entre máquina y prototipo	119
Tabla 28. Componentes del prototipo.	121
Tabla 29. Costos del prototipo	122
Tabla 30. Paso a paso para la construcción del prototipo	124
Tabla 31. Procesos para la fabricación del prototipo.	125
Tabla 32. Descripción de cada proceso.	125
Tabla 33. Inversión inicial.....	140
Tabla 34. Resultado Análisis económico.....	143

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Extracción en cantera de mármol.....	19
Figura 2. Acabados de mármol en comedor.....	20
Figura 3. Sistema de corte de mármol automatizado.	21
Figura 4. Aplicaciones del mármol.	25
Figura 5. Granito y composición.....	26
Figura 6. Aplicaciones del granito.	28
Figura 7. Aplicaciones del Silestone.....	29
Figura 8. Decoración de interiores con Dekton.....	30
Figura 9. Aplicaciones Dekton.....	31
Figura 10. Alternativa 1.	39
Figura 11. Alternativa 2.	40
Figura 12. Alternativa 3.	41
Figura 13. Movimiento del sistema en X, Y, Z.	43
Figura 14. Carro principal/Carro lateral	44
Figura 15. Mecanismo de ajuste del carro a la viga puente.....	45
Figura 16. Carro principal.....	46
Figura 17. Carro lateral	47
Figura 18. Subsistema de elevación.	48
Figura 19. Corte a 90° con respecto a la lamina.....	49
Figura 20. Corte a 45° con respecto a la lamina.....	49
Figura 21. Disco-Motor.....	50
Figura 22. Panel de control del prototipo.....	51
Figura 23. Transmisión por cadena de rodillos.....	54
Figura 24. Acople cadena Catarina	55
Figura 25. Piñón cremallera	59
Figura 26. Análisis de deformaciones	68

Figura 27. Análisis de esfuerzos	69
Figura 28. Eje inferior	69
Figura 29. Análisis esfuerzo eje inferior.....	76
Figura 30. Análisis deformación eje inferior.....	77
Figura 31. Subsistema de elevación de perfil	83
Figura 32. Subsistema de elevación.	84
Figura 33. Unión del cilindro con soporte	86
Figura 34. Acabado de 45°.....	91
Figura 35. Subsistema de inclinación.....	92
Figura 36. Cilindro neumático	93
Figura 37. Cabezal del vástago.....	94
Figura 38. Geometría del motor	95
Figura 39. Discos de corte, aglomerante y granos abrasivos.	103
Figura 40. Características del disco de corte.....	104
Figura 41. Prototipo cortadora mármol.....	118
Figura 42. Puente y vigas laterales.	126
Figura 43. Cadena soldada a vigas.....	127
Figura 44. Doblado de la carcasa del carro.....	128
Figura 45. Eje Sae 1045.	129
Figura 46. Chumaceras ¾ FL204.....	129
Figura 47. Polímero de alta densidad (UHMW).....	130
Figura 48. Sprockets usados en el sistema de desplazamiento 60B10.	131
Figura 49. Ensamble de Viga puente con carro de portaherramientas.	132
Figura 50. Subsistema de elevación del disco.....	133
Figura 51. Portaherramientas.....	134
Figura 52. Ensamble prototipo.	135
Figura 53. Solución al problema.....	136

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. GUIA DE MANTENIMIENTO Y MANUAL DE USO.....	147
Anexo B. CÁLCULOS PARA EL PROTOTIPO.....	164
Anexo C. CARTA CERTIFICADO DE CONSTRUCCIÓN PROTOTIPO.....	173
Anexo D. SISTEMA NEUMÁTICO ELEVACIÓN	174
Anexo E. TABLAS Y FIGURAS PARA EL DISEÑO DEL PIÑON-CREMALLERA	184
Anexo F. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.....	194
Anexo G. TABLAS Y FIGURAS PARA EL DISEÑO DE EJES	196
Anexo H. TABLAS PARA SELECCIÓN DE TRANSMISION CATARINA-CADENA	198
Anexo I. TABLAS PARA EL DISEÑO DE LAS CUÑAS.....	200
Anexo J. TABLAS PARA SELECCIÓN DE ELEMENTOS SUJETADORES.....	201
Anexo K. FICHA TECNICA DE DISPOSITIVOS	203
Anexo L. PLANOS DE LA MÁQUINA.....	205
Anexo M. PLANOS DEL PROTOTIPO.....	235

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE CORTADORA TIPO PUENTE A 90 Y 45° SOBRE LAMINA PARA VARIOS TIPOS DE PIEDRA COMERCIAL EN LA REGIÓN.

AUTOR: JUAN SEBASTIAN ALVAREZ ALMANYA**
OMAR ALEXANDER RODRIFUEZ RUBIO**

PALABRAS CLAVE: Piedras, Maquina de corte, disco de corte, automatización.

DESCRIPCION:

En este proyecto se diseña y construye una máquina de corte para diferentes piedras de construcción cómo lo son el mármol, el granito, el cuarzo, entre otros. Su diseño es tipo puente con un disco de corte diamantado y un sistema de control que permite al operario utilizarla oprimiendo un botón de inicio, garantizando la seguridad laboral, la calidad en los cortes sobre la piedra y el automatizado del proceso de corte.

Se fabrica una máquina que al cortar las diferentes piedras de construcción tiene la capacidad de realizar cortes en ángulos de 90° y 45° según se desee, con respecto a la horizontal donde se apoya la lámina. De esta forma, se contribuye a los microempresarios de la región con un producto de excelente calidad y bajo costo.

Como punto de partida se diseñó la máquina implementando cálculos ingenieriles convencionales, luego se realizaron estudios y análisis CAE para sustentar el diseño y, por último, se construyó el prototipo que representa este proyecto.

En todo el proceso de diseño y construcción se aprendió mucho acerca de todos los procesos que se necesitan para entregar el producto final, intercambiar ideas con los ingenieros y tratar al personal técnico; fue una experiencia enriquecedora con la cual crecimos como profesionales y personas.

* Trabajo de grado

**Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Director: Isnardo González Jaimes, Ingeniero mecánico.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF PROTOTYPE OF BRIDGE TYPE CUTTER AT 90 AND 45 ° ON SHEET FOR VARIOUS TYPES OF COMMERCIAL STONE IN THE REGION.

AUTHOR: JUAN SEBASTIAN ALVAREZ ALMANYA**
OMAR ALEXANDER RODRIFUEZ RUBIO**

KEYWORDS: Stones, cutting machine, cutting disk, automation.

DESCRIPTION:

In this project, it is designed and built a cutting machine for different construction stones such as marble, granite, quartz, among others. Its design is a bridge type with a diamond cutting disc and a control system that allows the operator to use it by pressing a start button, guaranteeing the job security, the quality cuts on the stone and the automated cutting process.

The machine is built in a way that, at the time of cutting the different construction stones, has de ability to make cuts at 90 and 45 angles as desired, having as a reference the horizontal where the sheet is supported. Thus, micro entrepreneurs and small businesses in the region are contributed with a product of excellent quality and low cost.

As a starting point, the cutting machine was designed by implementing conventional engineering calculations, then CAE (Computer aided engineering) studies and analyzes were carried out to support the design and, finally, the prototype that represents this project was built. Throughout the design and build process, a lot was learned about all the processes that are needed to deliver the final product, exchange ideas with engineers, and deal with technical staff; It was an enriching experience with which we grew as professionals and people.

* Bachelor thesis

**Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Director: Isnardo González Jaimes, Ingeniero mecánico.

INTRODUCCIÓN

Antiguas civilizaciones, como la egipcia, mesopotámica, sumeria entre otras dejaron atrás un legado de incalculable valor el cual hoy en día es objeto de estudio y admiración por parte del ser humano. Este legado son increíbles construcciones y monumentos antiguos que asombran y motivan al hombre a evolucionar en el manejo y dominio de diferentes técnicas de construcción sobre los diferentes tipos de piedra.

Las piedras naturales para construcción son de suma importancia en relación a las actividades económicas y de desarrollo social del hombre, basta con detenerse a observar las imponentes obras de ingeniería que combinan estructuras metálicas y megalitos en estudio presentes en las grandes metrópolis.

Actualmente son muchas las industrias y procesos aplicados a los diferentes tipos de piedras naturales y la aplicación de tecnologías dirigidas al desarrollo de nuevos modelos de piedras compactas y modernas de construcción, creando así una amplia gama de maquinaria novedosa y sofisticada con un altísimo grado de automatización lo cual quiere decir que son equipos de costos elevados que dificultan su asequibilidad a los pequeños microempresarios.

Una de las etapas de transformación de la piedra que involucra este tipo de maquinaria robusta y pesada es el corte de láminas de piedra pre-procesadas tipo estándar mediante complejos sistemas automatizados con discos de corte diamantados eficientes para este tipo de piedra, y así dirigirlo a su aplicación comercial, como por ejemplo: el uso del mármol en pisos con dimensiones de la loza de 30x30cm, mesones para cocinas integrales de 1x1,5m y recubrimiento de paredes teniendo en cuenta que los cortes sobre la piedra deben ser a 90 y 45°

La finalidad de este proyecto es aportar desarrollo tecnológico para una pequeña región donde hay escasa maquinaria sofisticada debido a su alto costo, pero aun así esta región es una plaza importante que involucra algunos procesos de transformación de la piedra natural y compacta cuya problemática es el trabajo de manera rudimentaria, ofreciendo así un equipo económicamente viable, que para los microempresarios dedicados al proceso de corte de las láminas de piedra, cumpla con requerimientos a nivel de versatilidad, precisión, seguridad y lo mejor que supla las necesidades de los clientes quienes son el activo más importante y de cuidado de cada empresa.

1. EL PROBLEMA DE CORTE DE PIEDRA EN SANTANDER

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las piedras naturales usadas en la construcción hoy en día tienen un alto costo adquisitivo debido a que es un recurso limitado y de gran importancia para dar el nivel necesario a las diferentes construcciones de gran envergadura que existen en nuestra sociedad: centros comerciales, oficinas, hoteles de lujo, restaurantes y en general todo tipo de construcciones arquitectónicas de gran calibre.

Figura 1. Extracción en cantera de mármol.



Fuente: Prodiamco. <https://prodiamco.com/proceso-de-extraccion-del-marmol/>

El proceso de obtención del mármol y granito necesita mucha tecnología y maquinaria robusta para adquirir los grandes bloques de esta piedra y así, ser enviado a los diferentes procesos que esta necesita para llegar al producto final. Las diferentes etapas de los procesos para obtener la piedra en su etapa de comercialización son: extracción, laminado, pulido, segmentación, biselado, secado, encerado, empaque y embarque.

Colombia es un gran importador de diferentes tipos de piedras naturales y sintéticas debido a que en la actualidad son una opción elegante, resistente y de fácil limpieza, ideal

para construcciones, decoraciones y creaciones u obras de arte. Es un material atractivo, útil en exteriores e interiores, el revestimiento de pisos y paredes, encimeras de cocinas integrales, piezas para el baño, fuentes y esculturas.

Las grandes empresas distribuidoras de piedra en Colombia se encargan de darle las dimensiones requeridas para todas las necesidades de los clientes como, por ejemplo: el uso del mármol en pisos con dimensiones de la loza de 30x30cm, mesones para cocinas integrales de 1x1,5m y recubrimiento de paredes teniendo en cuenta que los cortes sobre la piedra deben ser a 90 y 45°, usando maquinaria de alto costo. Este tipo de maquinaria es inasequible para los pequeños proveedores de esta piedra; por tanto, lo que se busca es desarrollar un sistema que cumpla con los requerimientos necesarios para hacer el corte sobre la piedra cumpliendo con los estándares de calidad que se manejan en la industria, garantizando un bajo costo para las empresas que requieran este servicio y brindando seguridad para los trabajadores que actualmente usan técnicas manuales y rudimentarias teniendo altos riesgos en la operación.

Figura 2. Acabados de mármol en comedor.



Fuente: Mármol y Granito. <https://marmoles-granitos.com/muebles/>

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Cumpliendo con la misión de la Universidad Industrial de Santander de contribuir al desarrollo tecnológico de las pequeñas empresas distribuidoras de mármol y de la mano de una empresa local que tiene la iniciativa de incorporar una nueva etapa de procesamiento de mármol en su línea de producción, se hace necesario el diseño y construcción de un prototipo de un sistema de corte para una de las etapas intermedias del proceso del mármol que sea capaz de reemplazar el procedimiento que hace una máquina sofisticada pero a bajo costo y con los mismos estándares de calidad, solucionando el trabajo manual y rudimentario de varios sectores en la industria y optimizando el tiempo de trabajo.

Figura 3. Sistema de corte de mármol automatizado.



Fuente: COCH. <http://www.coch.com.ar/coch/presentacion/5>

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo general

- ✓ Aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería mecánica, para desarrollar un prototipo de un sistema de corte para láminas de diferentes tipos de piedra de construcción para el grupo empresarial SIMM S.A.S y así contribuir con la misión de la Universidad Industrial de Santander de dar solución a diferentes necesidades de la sociedad.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Diseñar una máquina que permita el corte de láminas de diferentes tipos de piedra de construcción con las siguientes especificaciones:
 - Capacidad de corte de 2 láminas por hora para diferentes tipos de piedra importados en Colombia.
 - Dimensiones máximas de la piedra: largo de 3m, ancho de 2,5m y espesor de 3cm.
 - Cortes sobre la piedra a 90 y 45 grados con respecto a la posición horizontal de la lámina a cortar.
- ✓ Construir un prototipo de la máquina de corte para diferentes tipos de piedra siguiendo los lineamientos obtenidos a través del desarrollo del primer objetivo de este trabajo para comprobar el proceso de diseño y detectar posibles fallas en el sistema y así hacer las modificaciones pertinentes.
- ✓ Desarrollar un manual para el uso del sistema y otro para el mantenimiento que este requiere.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DE LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN

Las piedras están ligadas con la historia, son materiales usados hace miles de años para crear construcciones y civilizaciones de diferentes épocas a lo largo de toda la historia. Su desarrollo es notorio y va ligado a la evolución arquitectónica de las diferentes épocas. La industria de la piedra hoy en día es muy sofisticada y dispone de alta tecnología para la explotación de la misma, tales como: mármol, granito y cuarzo, entre otras. El desarrollo tecnológico en herramientas de corte ha incorporado el diamante como elemento principal para diferentes operaciones en las misma debido a su elevada dureza por lo cual se ha impulsado y facilitado la Industria de la piedra.

La necesidad del cliente y el impacto ambiental de la industria ha permitido que el hombre juegue un papel muy importante en el desarrollo de nuevos materiales creados a partir de estas piedras naturales con características y propiedades diseñadas específicamente para las diferentes aplicaciones en el mundo moderno, es ahí donde el hombre interviene en la creación de nuevos productos con el fin de reducir la agresiva explotación de este recurso; dando así a la creación de nuevas piedras de construcción sintéticas: silestone y dekton.

2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN

En la actualidad se usan diferentes tipos de piedras de construcción para todo tipo de obra arquitectónica las cuales se describirán en este capítulo.

2.2.1 Mármol. Mármoles y calizas marmóreas. Esta definición es aplicable al conjunto de rocas constituidas fundamentalmente por minerales carbonatados de dureza 3-4 (calcita, dolomita, etc.). Esta denominación incluye los mármoles propiamente dichos, que son rocas metamórficas compuestas esencialmente de calcita o de dolomita. Es una roca compacta formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones alcanzan un alto grado de cristalización. Las calizas denominadas marmóreas son rocas carbonatadas, frecuentemente recristalizadas, compactas, de

grano fino, normalmente con vetas de calcita e impurezas que proporcionan colores variados y, a veces, con inclusión de fósiles.

2.2.1.1 Composición y formación. El mármol es una roca metamórfica compacta formada a partir de rocas calizas que sometidas a elevadas temperaturas (entre 150 y 200°C) y presiones (alrededor de 1500 bar) por largos periodos de tiempo alcanzando un alto grado de cristalización. El componente básico del mármol es el carbonato de calcio, cuyo contenido supera el 90%; los demás componentes, considerados impurezas, son los que dan gran variedad de colores en los mármoles y definen sus características físicas. Tras un proceso de pulido por abrasión el mármol alcanza alto nivel de brillo natural, es decir, sin ceras ni componentes químicos. El mármol se utiliza principalmente en la construcción, decoración y escultura. A veces es traslucido de diferentes colores, como blanco, marrón, rojo, verde, negro, gris, azul, amarillo, y que puede aparecer de coloración uniforme, jaspeada (a salpicaduras), veteada (tramada de líneas) y diversas configuraciones o mezclas entre ellas.

Con frecuencia otros minerales aparecen juntos a la calcita formando el mármol, como el grafito, clorita, talco, mica, cuarzo, pirita y algunas piedras preciosas como el corindón, granate, zirconita y muchos más.

2.2.1.2 Propiedades

- Densidad entre 2380 y 2870 kg/m³
- Escala Mohs = 3-4 (Dureza 3: se puede rayar con una moneda de cobre y Dureza 4: se puede rayar con un cuchillo de acero)
- Absorción de agua en peso entre 0,2 y 0,7%
- Resistencia a la compresión entre 600 y 1000 kg/cm²
- Resistencia a la tracción entre 100 y 360 kg/cm²

2.2.1.3 Texturas. Se encuentran dos acabados diferentes en el mercado:

- Pulido: Es el acabado tradicional. En la que se intensifican los colores y sus reflejos.
- Leather: Tratamiento en la superficie sin brillo y con suave relieve.

2.2.1.4 Espesor. Se encuentran dos tipos en el mercado:

Laminas: Actualmente se está usando 2cm de espesor.

Baldosas: entre 2 y 1cm de espesor dependiendo del tamaño de la placa.

2.2.1.5 Formatos. Al ser un material natural extraído de la montaña no tiene una medida en especial, pero se encuentra aproximadamente en:

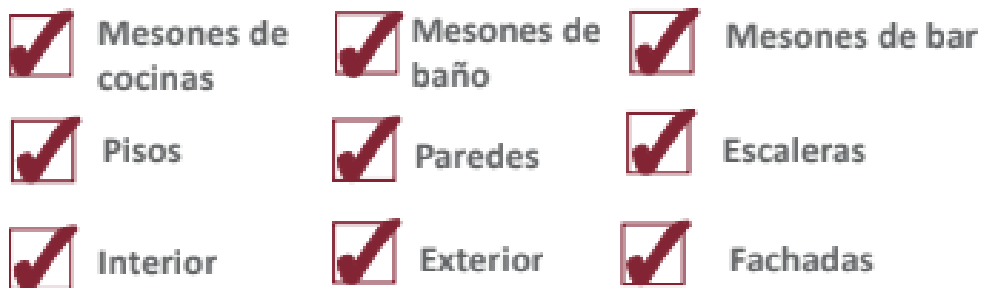
- Altura: 120 a 250cm
- Largo: 200 a 300cm

2.2.1.6 Cuidado y mantenimiento. Para la limpieza tan solo agua es suficiente, pero cuando se quiere limpiar y desinfectar se puede emplear detergentes neutros con Ph entre 7 y 10.

- No utilizar detergentes agresivos.
- No utilizar elementos metálicos en la limpieza para evitar ralladuras.

Figura 4. Aplicaciones del mármol.

APLICACIONES



Fuente: Catemar. Agente comercial Bucaramanga.

2.2.2 Granito.

2.2.2.1 Composición y formación. Se entiende por granito ornamental el conjunto de rocas ígneas compuestas por diversos minerales (fundamentalmente por cristales de cuarzo, feldespatos y micas, en distintas proporciones que contribuyen a su clasificación, y que le confieren una textura granular (ver figura 5), que se explotan en forma de bloques de naturaleza coherente y que se utilizan en la construcción. Se aprovechan sus cualidades estéticas, una vez elaboradas, con procedimientos tales como aserrado, pulido, tallado, esculpido, etc. Suelen ser rocas muy homogéneas, de gran dureza y resistencia a las alteraciones. El granito se cristaliza a partir de magma enfriado muy lentamente. Es más duro que el mármol y las calizas, lo que dificulta mucho la extracción y posterior transformación. Esta denominación incluye, además del granito propiamente dicho en sus distintas variedades, pegmatitas, granodioritas, monzonitas, tonalitas, dioritas y gneises.

Figura 5. Granito y composición.



Fuente: Catemar. Agente comercial Bucaramanga.

2.2.2.2 Propiedades

- El promedio de densidad es de 2700 kg/m³.
- Resistencia a la compresión 2000 kg/cm².
- Temperatura de fusión 1215-1260°C.
- Escala Mohs 7
- Contenido de grano denso (no es poroso).
- El granito es la piedra natural más dura que los seres humanos utilizan para la construcción.

2.2.2.3 Espesor. Actualmente se está usando de 2cm.

2.2.2.4 Formatos. Al ser un material natural extraído de la montaña no tiene medida, pero se consigue comercialmente con:

- Altura: 120 a 180cm.
- Largo: 200 a 300cm.

2.2.2.5 Texturas. Se encuentran tres acabados diferentes:

- Pulido: Es el acabado tradicional. En la que se intensifican los colores y sus reflejos
- Leather: tratamiento en la superficie sin brillo y con suave relieve.
- Flameado: Se le aplica a la superficie con fuego y agua dándole un aspecto rustico

2.2.2.6 Cuidado y mantenimiento. Pese a su dureza, el granito puede recibir rayas del cuarzo, elemento presente en arenas y otros que se depositan en el transito cotidiano. Por ello, es necesaria una limpieza gentil, sin presiones y sin productos químicos corrosivos como el amoniaco y los ácidos. El mantenimiento regular de estos pisos ha de hacerse con trapeador, agua tibia y jabón neutro o limpiador natural y no abrasivo. Se pueden aplicar productos más agresivos para dar brillo, pero una vez por semana y luego de ser aplicado se debe pasar un paño seco y suave.

Figura 6. Aplicaciones del granito.



Fuente: Catemar. Agente comercial Bucaramanga.

2.2.3 Cuarzo o Silestone.

2.2.3.1 Composición y formación. Es una superficie de cuarzo realizada a partir de materia prima de máxima calidad que presenta unas excepcionales características físico-mecánicas y una belleza única. Silestone está compuesto en un 90% de Cuarzo Natural triturado y un 10% de resina de poliéster, pigmentos y aditivos. Estos aglomerados le proporcionan una dureza y una resistencia extraordinarias que, unido a la protección anti bacterias, le dotan de unas cualidades de higiene magníficas, bellos y variados colores, extraordinarias texturas y unas altas prestaciones.

2.2.3.2 Propiedades. Se encuentran propiedades excelentes para acabados en este material.

- Resistencia a las manchas: Silestone es una superficie no porosa y altamente resistente a las manchas de café, vino, limón, aceite de oliva, vinagre, maquillaje y otros productos de uso diario
- Resistencia al rayado: El cuarzo es uno de los minerales más duros que existen. Esto hace que estos productos sean muy duraderos con alto nivel de resistencia a las agresiones externas. El Silestone equivale a 7 en la escala de mosh.

- Resistencia al impacto: La elevada resistencia al impacto de Silestone permite tener una tranquilidad en su cocina ante la manipulación de objetos de gran dureza.
- Calidad garantizada: Cosentino ofrece a sus clientes una garantía de 25 años.
- Amplia gama de colores: En Colombia se encuentran 6 tonos diferentes para las diferentes aplicaciones.

2.2.3.3 Espesores. Se encuentran dos espesores en el comercio de: 12mm y 20mm.

2.2.3.4 Formatos. Actualmente se comercializan dos formatos:

- El estándar: Largo 306cm y Ancho 140cm.
- El jumbo: Largo 325cm y ancho 159cm.

2.2.3.5 Texturas. En el mercado se encuentran 3 tipos de texturas:

- Pulido: Es acabado tradicional de Silestone con intensos colores y reflejos.
- Seudo: Ofrece una superficie que transmite una percepción única al tacto por su belleza y elegancia.
- Volcano: Es una textura rustica, pero suave a la vez.

Figura 7. Aplicaciones del Silestone



Fuente: Catemar. Agente comercial Bucaramanga.

2.2.4 Dekton

2.2.4.1 Composición y formación. Es una sofisticada mezcla de más de 20 minerales extraídos de la naturaleza que se utilizan para fabricar vidrio, porcelánicos de última generación y superficies de cuarzo con alta tecnología.

Dekton, la nueva superficie ultra compacta de Cosentino, utiliza en su fabricación la exclusiva tecnología “TSP” (Technology of Sinterized Particles), un proceso tecnológico que supone una versión acelerada de los cambios metamórficos que sufre la piedra natural al exponerse durante milenios a alta presión y alta temperatura.

La tecnología TSP sintetiza, de una forma absolutamente innovadora, procedimientos de las industrias tecnológicas más avanzadas. Una evolución que supone un salto tecnológico e industrial capaz de generar un proceso nuevo, un material revolucionario y un producto líder.

La microscopía electrónica permite apreciar la nula porosidad del material, consecuencia del proceso de sinterización y ultra compactación exclusiva de DEKTON. Esa porosidad cero y la inexistencia de micro defectos causantes de tensiones o puntos débiles, generan la característica diferencial de DEKTON.

Figura 8. Decoración de interiores con Dekton



Fuente: Dekton. <https://www.dekton.es/galeria-proyecto/muebles-de-cocina-aries>

2.2.4.2 Propiedades. Es un producto muy exclusivo, de alto costo, pero con características invaluableles.

- Resistencia al rayado: es una superficie con alta resistencia al rayado. No se raya con los utensilios de uso doméstico.
- Resistencia a las manchas: Debido a su baja porosidad, es una superficie altamente resistente, tanto a manchas ocasionales en el uso doméstico como a los productos de limpieza cotidianos. Resiste manchas de vino, café, tinta y oxido, haciendo fácil la limpieza y el mantenimiento del producto.
- Reducida absorción de agua: debido a su mínima porosidad la absorción de agua y gases es nula, es capaz de repeler cualquier fluido de la superficie.
- Máxima resistencia al fuego y al calor: presenta una muy buena resistencia a las altas temperaturas sin que se vea afectada su estética ni sus propiedades. Los utensilios calientes, electrodomésticos, ollas y sartenes, se pueden colocar directamente sobre la superficie sin peligro ni daño alguno.

2.2.4.3 Espesor. En el mercado se encuentran láminas de diferentes espesores: 8mm, 12mm, 20mm, y 30mm.

2.2.4.4 Formatos. Se encuentra láminas de 1440x3200mm.

Figura 9. Aplicaciones Dekton.



Pisos Interior / Exterior

Mesones Interior / Exterior

Fachadas

Piscinas / Spa / Baños

Fuente: Catemar. Agente comercial en Bucaramanga.

2.3 CORTE ABRASIVO

2.3.1 Tecnologías de las herramientas de corte. Las operaciones de maquinado se realizan usando herramientas de corte. Las altas fuerzas y temperaturas durante el maquinado crean un ambiente agresivo para la herramienta. Las fuerzas de corte demasiado grandes fracturan la herramienta. Si la temperatura de corte se eleva demasiado, el material de la herramienta se ablanda y falla. Y si ninguna de estas condiciones ocasiona falla de la herramienta, de cualquier manera, hay una acción continua de desgaste de la herramienta de corte que conduce finalmente a la falla.

La tecnología de las herramientas de corte tiene dos aspectos principales: el material de la herramienta y la geometría de la herramienta. La primera se refiere al uso de materiales que puedan soportar las fuerzas, las temperaturas y la acción de desgaste en el proceso de maquinado. La segunda se ocupa de optimizar la geometría de la herramienta de corte para una operación específica.

2.3.2 Materiales para herramientas. Se pueden usar los tres modos de falla de la herramienta para identificar algunas de las propiedades que deben poseer los materiales para herramientas:

Tenacidad: Para evitar fallas por fractura, el material de la herramienta debe tener alta tenacidad. La tenacidad es la capacidad de absorber energía sin que falle el material. Se caracteriza generalmente por una combinación de resistencia y ductilidad del material.

Dureza en caliente: La dureza en caliente es la capacidad del material para retener su dureza a altas temperaturas. Esta es necesaria debido al ambiente de altas temperaturas en que opera la herramienta.

Resistencia al desgaste: La dureza es la propiedad más importante que se necesita para resistir el desgaste abrasivo. Todos los materiales para herramientas de corte deben ser duros. Sin embargo, la resistencia al desgaste en el corte de metales no solamente depende de la dureza de la herramienta, sino también de otros mecanismos de desgaste. El acabado superficial de la herramienta (superficie más lisa significa coeficiente de

fricción más bajo), la composición química de la herramienta y de los materiales de trabajo, y el uso de un fluido para corte son otras características que afectan la resistencia al desgaste.

Los materiales de las herramientas de corte logran esta combinación de propiedades en varios grados.

Tabla 1. Resistencia a la ruptura de diferentes materiales.

Valores típicos de dureza a temperatura ambiente y resistencia a la ruptura transversal para varios materiales de herramienta.

MATERIAL	RESISTENCIA A LA RUPTURA TRANSVERSAL		
	DUREZA	Lb/pulg ²	(Mpa)
Acero al carbono	60 HRC	750.000	(5.200)
Acero de alta velocidad	65 HRC	600.000	(4.100)
Aleación de fundición de cobalto	65 HRC	325.000	(2.250)
Carburo cementado (WC)			
Bajo contenido de Co	93 HRA, 1.800 HK	200.000	(1.400)
Alto contenido de Co	90 HRA, 1.700 HK	350.000	(2.400)
Cermet (TiC)	2.400 HK	250.000	(1.700)
Alúmina (Al ₂ O ₃)	2.100 HK	60.000	(400)
Nitruro Cúbico de boro	5.000 HK	100.000	(700)
Diamante policristalino	6.000 HK	150.000	(1.000)
Diamante natural	8.000 HK	215.000	(1.500)

Fuente: GROOVER, Mikell. Fundamentos de la manufactura moderna.

2.3.3 Diamantes sintéticos. El diamante es el material más duro que se conoce. Según algunas medidas de dureza, el diamante es cerca de tres o cuatro veces más duro que el carburo de tungsteno o que el óxido de aluminio. Como la alta dureza es una de las propiedades deseables de las herramientas de corte, es natural que se piense en los diamantes para aplicaciones de rectificado y maquinado. Las herramientas de corte de diamante sintético se hacen con diamante policristalino sinterizado (SPD, *Sintered Polycrystalline Diamond*) y se remontan a los primeros años de la década de 1970. **El diamante policristalino sinterizado** se fabrica mediante la sinterización de polvos finos de cristales de diamante granulado a altas temperaturas y presiones en la forma deseada; se usa poco o ningún aglutinante. Los cristales tienen una orientación aleatoria y esto añade considerable tenacidad a las herramientas de SPD, en relación con los cristales

simples de diamante. Los insertos de herramientas se hacen de manera usual depositando una capa de SPD de aproximadamente 0.5 mm (0.020 pulg) de grueso sobre la superficie de una base de carburo cementado. También se han hecho insertos muy pequeños de SPD al 100%.

Las aplicaciones de las herramientas de corte de diamante incluyen el maquinado a alta velocidad de metales no ferrosos y abrasivos no metálicos como fibras de vidrio, grafito y madera.

3. DISEÑO CONCEPTUAL

En este proyecto presenta una solución económica y práctica pero que garantiza un corte de calidad sobre la piedra, cumpliendo con los estándares y los requerimientos del cliente para realizar las operaciones de corte a 45° y 90° sobre la superficie de la piedra. Es un sistema fácil de operar, mantener y con bajo costo de operación.

Para dar solución a las necesidades de los clientes, se hizo un estudio de las posibles alternativas por medio del despliegue de la función calidad (QFD), como primer paso en la metodología de diseño.

3.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD

3.1.1 Demandas básicas del consumidor. En esta lista se recopila la información obtenida de las especificaciones del cliente para la fabricación del sistema, se concluye que los criterios más relevantes para llevar a cabo el proyecto por parte del cliente son:

- Bajo costo
- Bajo consumo de energía
- Facilidad en el mantenimiento
- Vida prolongada de trabajo
- Facilidad de operación
- Funcionalidad
- Calidad en el proceso
- Seguridad
- Garantía
- Comodidad del operario
- Precisión en el corte
- Soporte técnico

3.1.2 Requerimientos del especialista. En esta lista se recopila la información obtenida del especialista para la fabricación del sistema, se concluye que los criterios más relevantes para llevar a cabo el proyecto por parte del especialista son:

- Capacidad
- Piezas estandarizadas
- Seguridad
- Automatización
- Mantenibilidad
- Eficiencia
- Salubridad
- Sistema de lubricación
- Transmisión de potencia
- Material de construcción
- Precio

3.1.3 Matriz calidad. Para realizar la matriz calidad (QFD) se tomaron en cuenta todos los requerimientos del cliente y las especificaciones del especialista, teniendo en cuenta los dos puntos de vista para desarrollar el proyecto de la mejor manera posible.

Tabla 2. QFD para el sistema de corte.

QFD	Importancia		CAPACIDAD		PIEZAS ESTANDARIZADAS		SEGURIDAD		AUTOMATIZACION		MANTENIBILIDAD		EFICIENCIA		SALUBRIDAD		SISTEMA DE REFRIGERACIÓN		TRANSMISION DE POTENCIA		ECOLOGICO		MATERIAL DE CONSTRUCCION		PRECIO		
Bajo Costo	13	9	117	9	117	9	117	9	117	3	39	9	117	3	39	9	117	9	117	9	117	9	117	9	117	9	117
Bajo consumo energia	12	9	108	9	108	1	12	9	108	3	36	3	36	1	12	9	108	9	108	3	36	3	36	9	108	9	108
Facil operación	11	3	33	3	33	1	11	9	99	3	33	1	11	1	11	3	33	3	33	1	11	3	33	9	99	9	99
Facil mantenimiento	10	1	10	1	10	3	30	1	10	9	90	3	30	1	10	9	90	9	90	1	10	9	90	9	90	9	90
Vida de la maquina	9	3	27	3	27	1	9	1	9	9	81	3	27	3	27	9	81	9	81	0	0	9	81	9	81	9	81
Funcionalidad	8	0	0	1	8	3	24	3	24	3	24	3	24	3	24	3	24	3	24	1	8	3	24	3	24	3	24
Calidad del proceso	7	9	63	1	7	1	7	9	63	1	7	9	63	1	7	3	21	3	21	1	7	9	63	9	63	9	63
Seguridad	6	0	0	3	18	9	54	1	6	1	6	3	18	9	54	3	18	1	6	0	0	9	54	9	54	9	54
Garantia (dimensiones)	5	3	15	1	5	3	15	3	15	0	0	3	15	1	5	3	15	3	15	0	0	3	15	9	45	9	45
Precision de corte	4	3	12	1	4	1	4	9	36	3	12	3	12	0	0	3	12	3	12	0	0	3	12	9	36	9	36
Comodidad	3	0	0	0	0	3	9	9	27	3	9	0	0	9	27	1	3	1	3	0	0	0	0	3	9	9	9
Soporte tecnico	2	0	0	0	0	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	0	0	1	2	3	6	9	6
Estetica	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	0	0	9	9	9	9
TOTAL			386		338		295		519		340		356		219		525		515		190		527		741		741

De la función calidad se puede concluir que los criterios a tener en cuenta del especialista en orden de importancia son: Precio, material de construcción, sistema de Refrigeración, automatización y transmisión de potencia.

3.1.4 Resultados ponderados del QFD. De los resultados que arroja la matriz de calidad se puede tabular la importancia de los requerimientos del especialista en porcentajes, adjuntos en la siguiente tabla.

Tabla 3. Valor de los criterios en el proyecto

CRITERIO	VALOR	%
Precio	741	26%
Material de construcción	527	19%
Sistema de refrigeración	525	19%
Automatización	519	18%
Transmisión de potencia	515	18%
TOTAL	2827	100%

En esta tabla se encuentran organizados los resultados de la función calidad en orden de importancia siendo el primero el más importante con sus respectivos valores y porcentajes.

3.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Se proponen las siguientes alternativas para la industrialización del proceso de corte en la industria de las piedras de construcción, un problema que se vive a diario en la región; de estas alternativas se escogerá la más apropiada según el criterio de los ingenieros encargados para la realización del proyecto y las necesidades del cliente.

3.2.1 Alternativa 1.

Figura 10. Alternativa 1.



Esta alternativa está compuesta principalmente de un puente grúa que lleva el portaherramientas en donde se encuentra el disco de corte acoplado al motor eléctrico. Para el corte de 45 grados en esta alternativa se inclina todo el cabezal del portaherramientas de la máquina donde se encuentra el motor eléctrico y el disco de corte a través de un sistema neumático. Los desplazamientos del portaherramientas se hacen a través de un motor reductor eléctrico conectado a un variador de frecuencia para garantizar el avance de corte necesario. Tiene un sistema de control básico para garantizar la energía y la automatización de los diferentes elementos que lo requiere.

3.2.2 Alternativa 2.

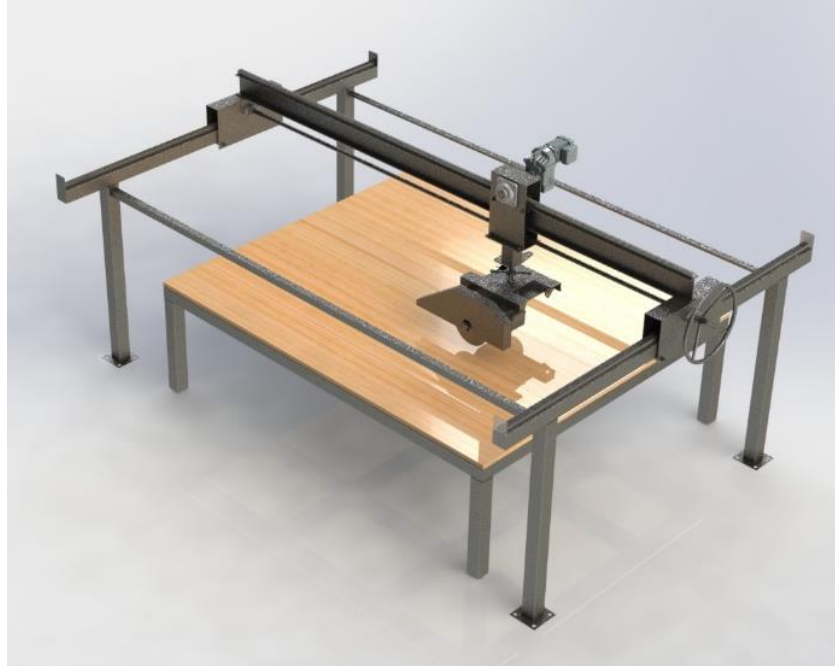
Figura 11. Alternativa 2.



Esta alternativa está compuesta por un puente grúa que lleva el portaherramientas en donde se encuentra el disco de corte acoplado al motor eléctrico. El desplazamiento del portaherramientas se hace a través de un motor reductor conectado a un variador de frecuencia para garantizar la velocidad de avance necesaria y la transmisión es a través de un piñón-cremallera. La viga puente esta fija, el portaherramientas solo tiene movimiento en X y Z. La lamina a cortar se puede desplazar sobre la mesa y se fija con una prensa para garantizar la estática en el corte. Para el corte a 45° se inclina el cabezal del portaherramientas donde está el motor y el disco de corte garantizando la calidad del acabado.

3.2.3 Alternativa 3.

Figura 12. Alternativa 3.



Esta alternativa tiene un motor para la traslación del portaherramientas y otro motor para el corte. Para la inclinación y la elevación del disco de corte se usan elementos mecánicos accionado manualmente para garantizar el corte.

3.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

De nuevo se aplica una ponderación para evaluar el comportamiento de cada una de las alternativas y se tabulan.

Tabla 4. Selección de la alternativa.

CRITERIO	%	ALTERNATIVA A		ALTERNATIVA B		ALTERNATIVA C	
Precio	25%	1	0,25	2	0,5	4	1
Material de construccion	22%	4	0,9	2	0,45	4	0,9
Sistema de Lubricacion	18%	5	0,92	5	0,92	1	0,18
Automatizacion	17%	3	0,52	3	0,52	1	0,17
Transmision de potencia	17%	3	0,5	3	0,5	1	0,17
TOTAL	100%	16	3,09	15	2,89	11	2,42

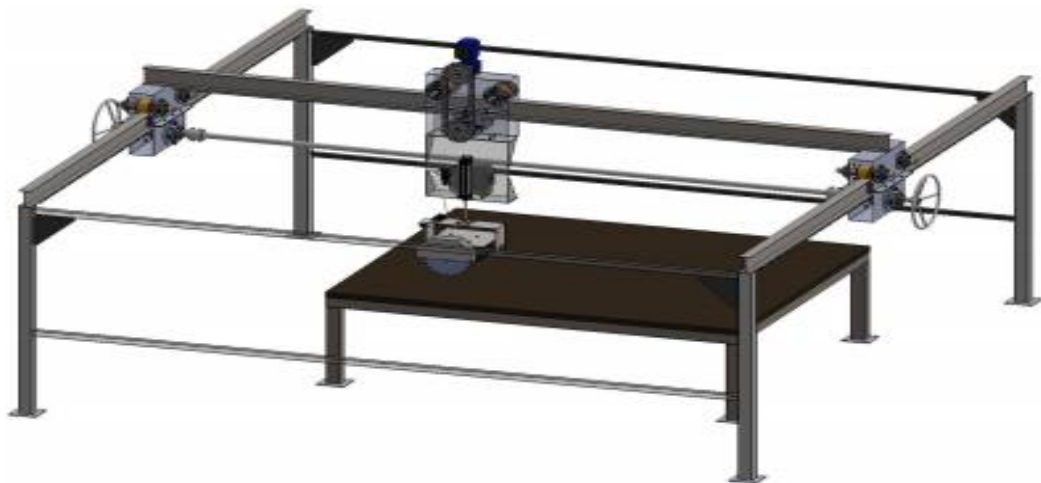
La alternativa que se desarrollara a lo largo de este proyecto es la A. Esta alternativa está sujeta a modificaciones que se aclararan a lo largo del proyecto. En el proyecto se especifica los diferentes subsistemas de la máquina.

4. FUNCIONAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Las principales características de la maquina desarrollada en este proyecto son las siguientes:

- ✓ La velocidad de desplazamiento del portaherramientas es de 3 m/min (variable) en el eje X mediante un mecanismo piñón-cremallera.
- ✓ El disco de corte tiene dos posiciones de corte: una perpendicular a la lámina haciendo cortes a 90° y otra inclinada para hacer un acabado a 45°. La inclinación del disco de corte y el motor se da a través de una placa pivoteada y un cilindro neumático que hace el desplazamiento y lleva el disco a la posición de 45° para el corte.
- ✓ El disco de corte se puede ajustar mediante un cilindro neumático en el eje Z para que el sistema pueda realizar los cortes a 90 y 45°.
- ✓ El brazo de corte se desplazará en tres direcciones (x, y, z) sobre la lámina y el recorrido será en dos sentidos (ida y vuelta) en el eje X. Los movimientos en los ejes X y Y se hacen a través de piñón-cremallera.
- ✓ El sistema se controla a través de un panel donde se manejan todas las operaciones: corte, avance, inclinación, elevación y apagado de emergencia.

Figura 13. Movimiento del sistema en X, Y, Z.



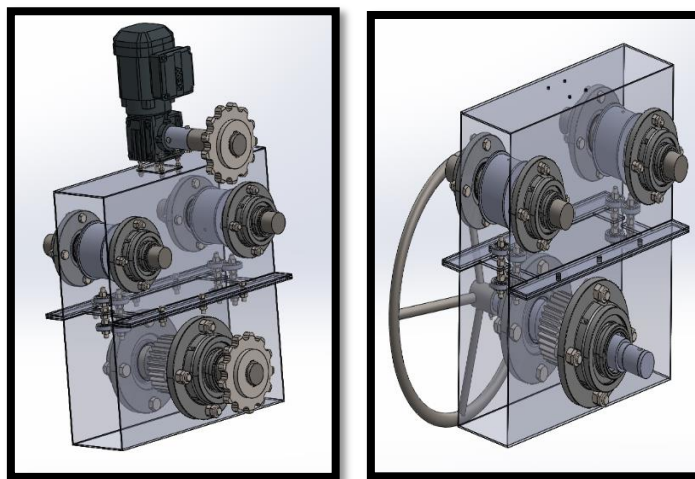
La máquina desarrollada en este proyecto se diseña en cinco subsistemas esenciales, los cuales son: subsistema de desplazamiento, el subsistema de elevación del disco, subsistema de inclinación disco-motor, subsistema disco-motor, y estructura.

4.1 SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO

El desplazamiento del brazo tiene una velocidad lineal de 3 m/min controlada por un variador de frecuencia electrónico, el mecanismo de traslación sobre la viga es a través de un piñón-cremallera acoplado a un moto-reductor de $\frac{1}{2}$ Hp y 11 rpm de eje hueco con referencia FA47DRN71M4 marca SEW. Tiene una carcasa la cual sostiene el mecanismo con dos chumaceras de parche y dos pares de rodamientos cuya finalidad es guiar de manera estable y compacta el subsistema de desplazamiento. El desplazamiento en el eje Y usa el mismo principio que se usó para el desplazamiento del carro sobre el puente, pero este es manual a través de un volante.

El carro principal y los carros laterales (cantidad 2) son los componentes mecánicos encargados del movimiento en los ejes X e Y, mediante el cual se efectúan las funciones de corte del mármol.

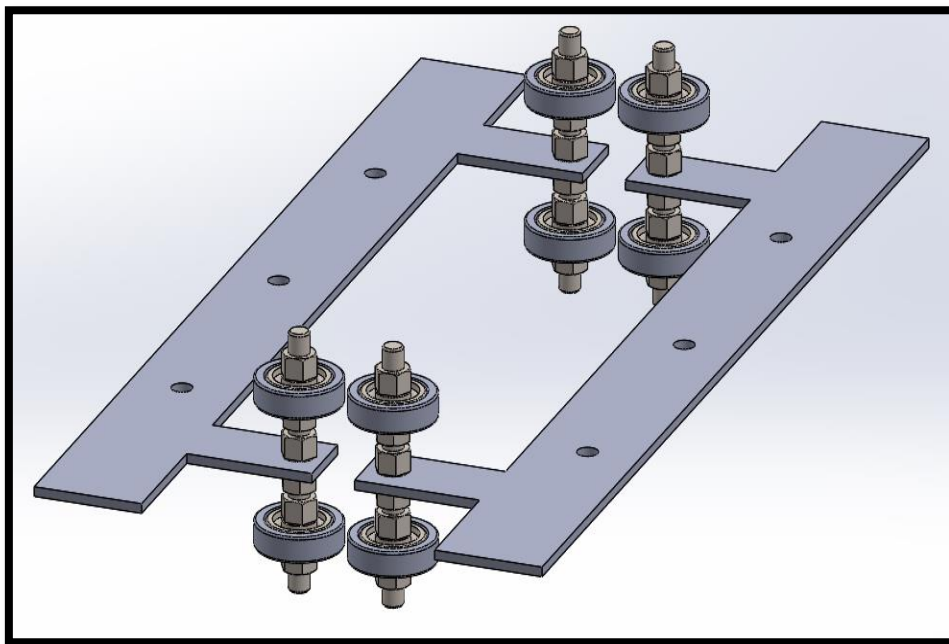
Figura 14. Carro principal/Carro lateral



Básicamente el carro principal y los carros laterales constan de elementos rodantes que bajo el fenómeno de rodadura se desplazan linealmente sobre el eje X en las superficies planas de la viga utilizada como puente.

Estos elementos están sujetos a la viga mediante otros componentes diseñados para ajustar el carro contra la viga y garantizar la “suavidad” del movimiento.

Figura 15. Mecanismo de ajuste del carro a la viga puente.



El carro principal y los carros laterales tienen las siguientes características explícitas:

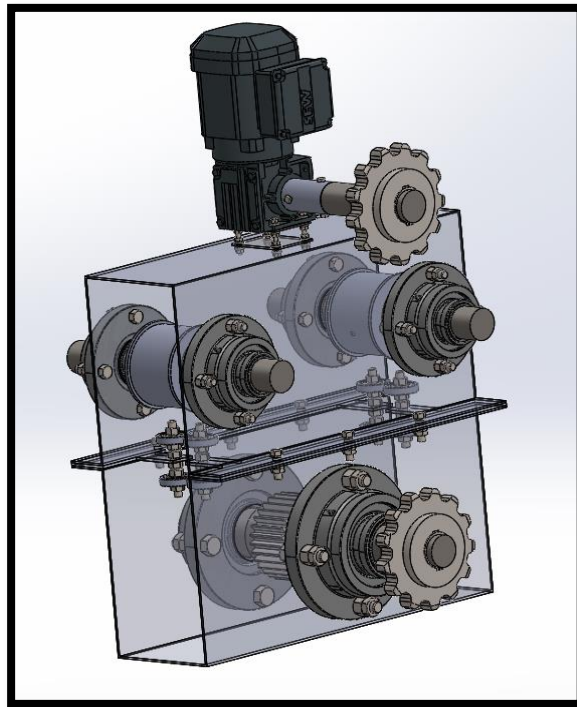
- ✓ Posicionar el brazo portaherramientas de manera manual a través de un volante, en cualquier punto del eje Y.
- ✓ Permitir el desplazamiento lineal continuo mediante un sistema de carro-riel-guía accionado por un motor y acoplado un mecanismo piñón-cremallera, para traducir el movimiento rotacional que brinda el motor en lineal en la dirección X.

Este subsistema incorpora un dispositivo de control básico, que ordena el arranque del motor ida y vuelta del carro principal en la dirección X, y también el ON-OFF del sistema motor-disco de corte.

En el subsistema de desplazamiento del brazo de corte en la posición Y y traslación continua X, se evidencia a su vez dos subsistemas más, que se describirán a continuación.

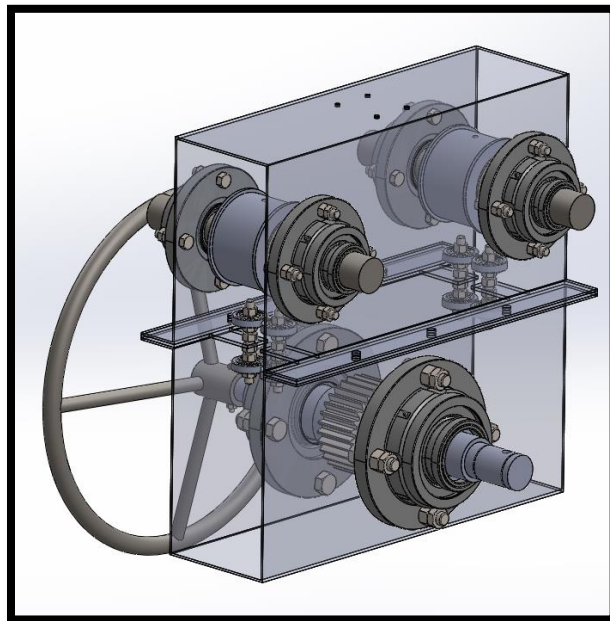
4.1.1 Carro principal. Una viga IPE 160 estructural principal tiene un carro-riel-guía que transporta el brazo portaherramientas, y por ende cumple la función de desplazar el sistema disco-motor en el eje X para realizar el corte. Este subsistema incorpora un dispositivo de control básico, que ordena el arranque del motor ida y vuelta del carro en la dirección X, y también el ON-OFF del sistema motor-disco de corte.

Figura 16. Carro principal



4.1.2 Carro lateral. Se desplaza en la dirección Y con doble sentido (ida y vuelta) a través de un volante manual con el cual se posiciona el portaherramientas en el lugar del corte. El carro lateral usa el mismo principio de desplazamiento que el carro principal.

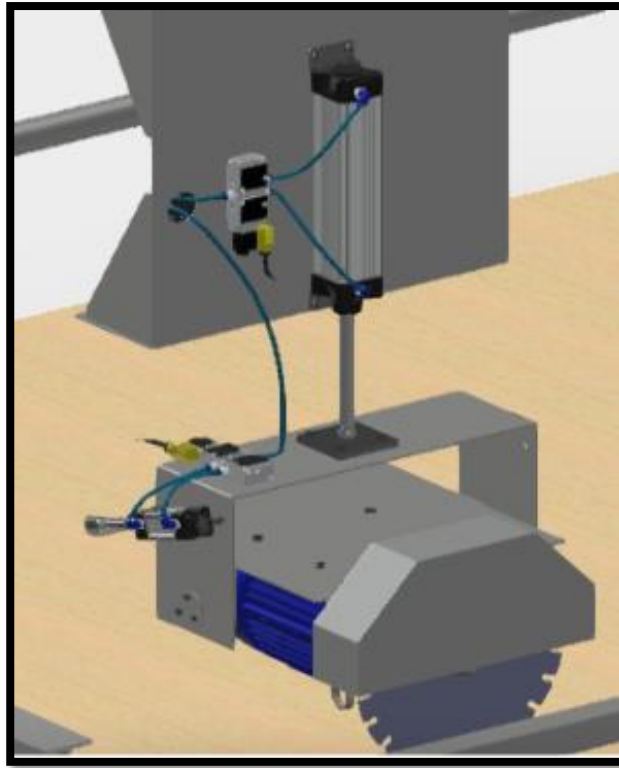
Figura 17. Carro lateral



4.2 SUBSISTEMA DE ELEVACIÓN DEL DISCO

Se implementa un cilindro neumático para la elevación del subsistema de inclinación, motor y disco de corte. Este subsistema de elevación es necesario cuando se desarrollan cortes a 45° porque el conjunto desciende de su posición (altura con respecto a la mesa) y es necesario ajustar la posición adecuada para este tipo de cortes.

Figura 18. Subsistema de elevación.



4.3 SUBSISTEMA DE INCLINACION DISCO-MOTOR

Para el subsistema de inclinación del corte se usa un cilindro neumático para garantizar la inclinación y la precisión de la posición a 45° de la horizontal. Está compuesto por una placa que sostiene el motor, la cual pivotea en un apoyo que permite el giro de este subsistema. Se activa desde el panel de control a través de un botón. En la figura 19 se puede apreciar el mecanismo para ambo cortes.

Figura 19. Corte a 90° con respecto a la lamina

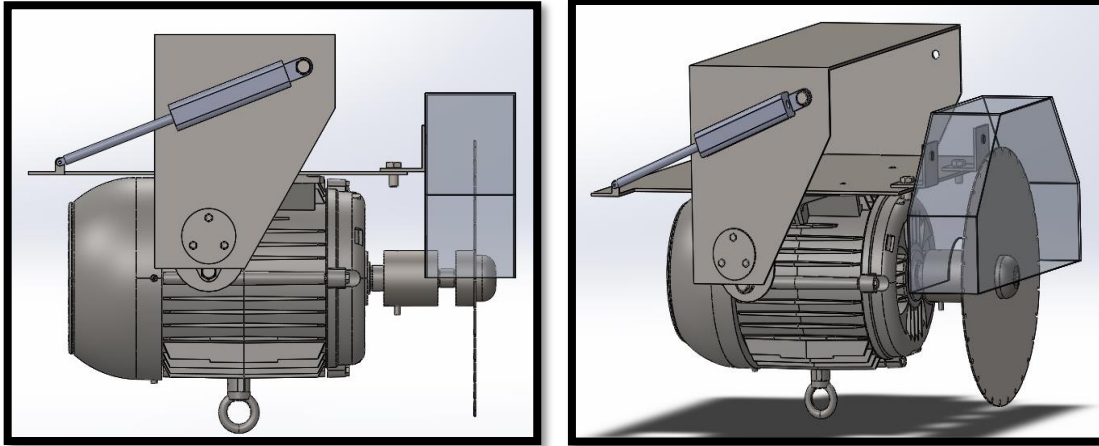
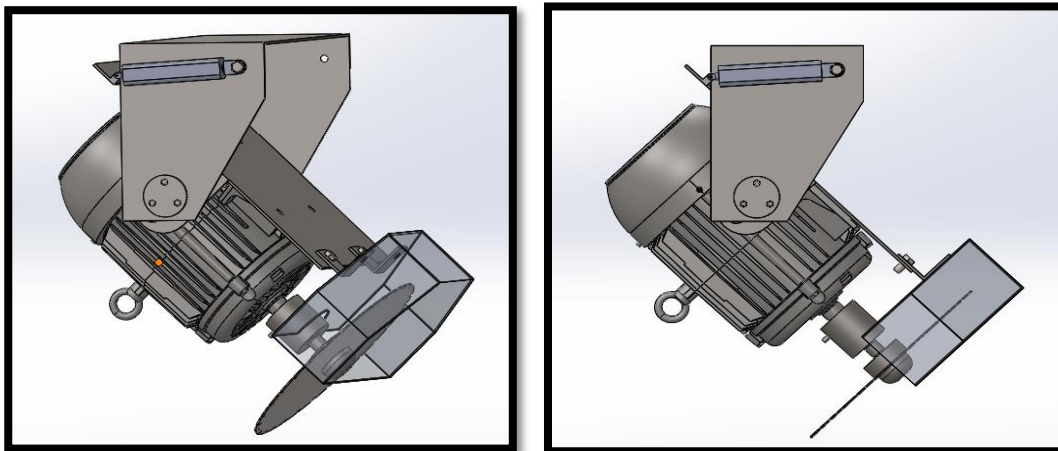


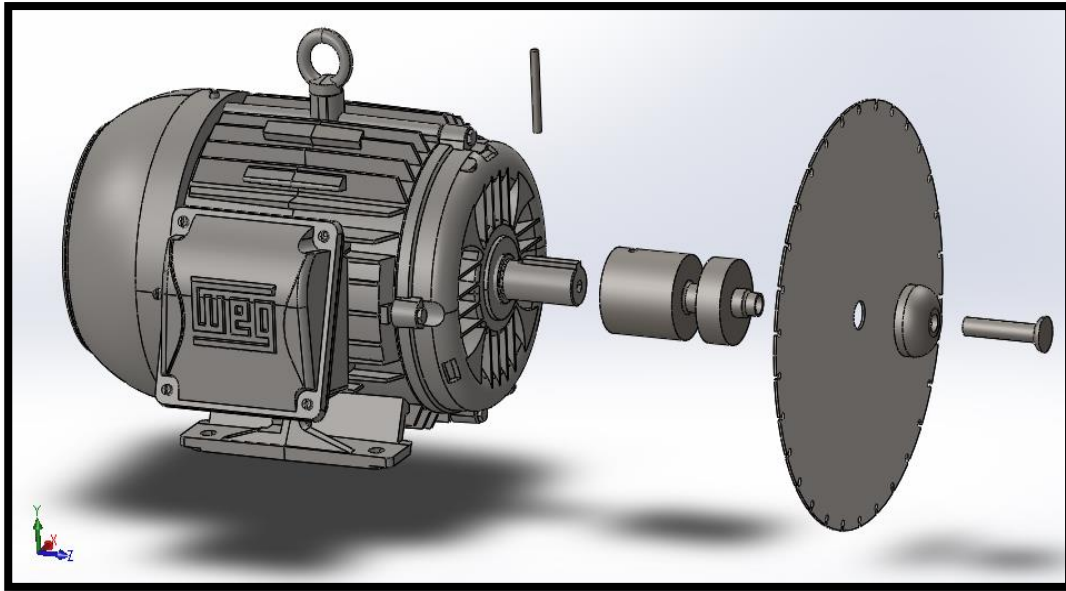
Figura 20. Corte a 45° con respecto a la lamina



4.4 SUBSISTEMA DISCO-MOTOR

Está conformado por un disco de corte de 350mm de diámetro, el mecanismo de sujeción del disco de corte al eje del motor que consta de una arandela para sujetar el disco y un tornillo que entra en la punta del eje con rosca contraria a la rotación del mismo para el ajuste y el motor eléctrico tiene una potencia de 12 Hp y 3600 rpm.

Figura 21. Disco-Motor



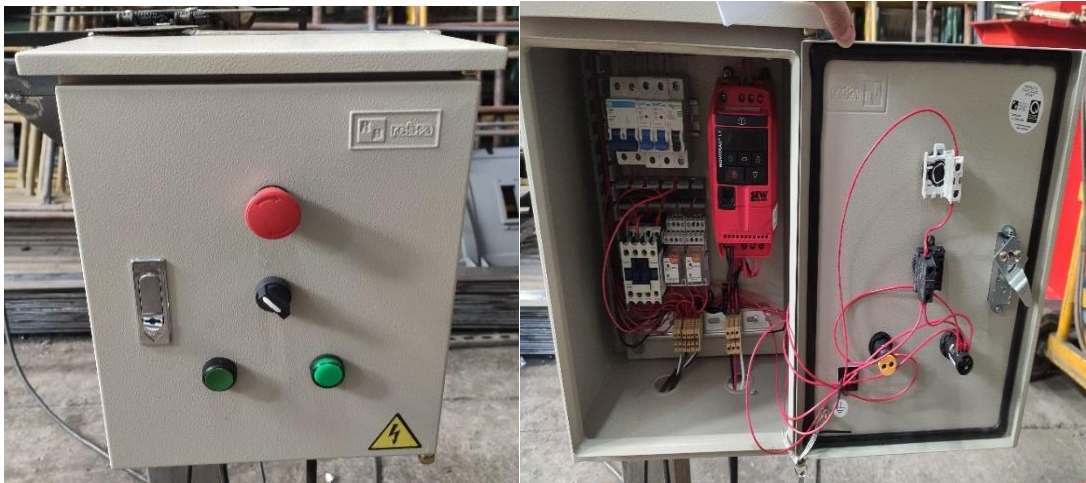
4.5 ESTRUCTURA

La estructura del sistema se divide en dos: Dos vigas laterales de perfil IPE 160 que soportan el puente; el puente es una viga IPE 160 y dos columnas de perfil cuadrado 100x100x4 dan la altura requerida para el bastidor y la mesa de corte que está conformada por perfil cuadrado de 100x100x4 garantizando la seguridad de la lámina a cortar; tiene una superficie de madera que será de sacrificio sobre la cual ira la pieza de mármol a cortar. La mesa y el bastidor serán fijos al piso.

Cabe aclarar que el sistema tiene un panel de control que se cotiza con una empresa aliada y que consta de cinco botones: El primer botón enciende el motor del disco de corte, el segundo botón enciende el motor del portaherramientas, el tercer botón mueve el disco de corte en la dirección Z (elevación), el cuarto botón inclina el disco para el corte a 45° y el quinto botón apaga todo el sistema (apagado de emergencia). El portaherramientas cumplirá un ciclo después de darle inicio al segundo botón, el ciclo consiste en atravesar la viga puente y devolverse, para esto se instalan dos finales de carrera, con uno se invierte el giro del motor y hace que el portaherramientas se devuelva y con el otro se apaga el sistema. Hay un variador

de frecuencia para disminuir las revoluciones del motor y garantizar la velocidad de corte requerida para tener alta calidad en los acabados.

Figura 22. Panel de control del prototipo.



5. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE SUBSISTEMAS QUE COMPONEN LA MAQUINA

5.1 DISEÑO Y CÁLCULO SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO

5.1.1 Carro principal y lateral.

Tabla 5. Criterios para análisis

CRITERIOS DE CARGA PARA ANALISIS ANTEPROYECTO
Para soporte de carga
<p>Para soportar la carga que posee todo el conjunto del brazo porta-herramientas y de igual manera que su desplazamiento sea estable y “suave” se proporcionó un par de sistemas rodantes (rodillos) con cierto distanciamiento entre centros unidos a un eje cuya responsabilidad será la de soportar la carga.</p> <p>Sin conocimiento previo del valor de carga (peso del conjunto brazo portaherramientas) se estimó el valor de la siguiente manera:</p> <p>En la etapa de diseño conceptual y con la ayuda del software SOLIDWORKS, se pudo aproximar el valor de carga inicial, dando como resultado un valor no superior a 250 Kg (550 Lb).</p> <p>Pero el valor que se toma para efectos de cálculo anteproyecto, con el ánimo de brindar alguna seguridad a la hora del diseño es: 500 kg (1100 lb).</p>
Para desplazamiento horizontal
<p>El mecanismo responsable de desplazar horizontalmente el brazo porta-herramientas es el conjunto piñón-cremallera ubicado en la parte inferior de la viga IPE (puente) y unida a ella mediante soldadura con sus respectivos dientes apuntando hacia el suelo seguido del piñón engranado a la cremallera y puesto a su respectiva altura para que coincidan sus líneas primitivas.</p> <p>Con este diseño el piñón quedo libre de función de soportar carga, pero con el compromiso del traslado lineal del brazo.</p>

bajo esta observación, el criterio de diseño dicta: que la fuerza tangencial ejercida por el diente del piñón sobre el diente de la cremallera debe ser mayor a la necesaria para trasladar el brazo

Se calcula el valor de torque necesario para mover la carga el cual fue:

$$T_{\text{mover carga}} = 1100 \text{ [lb]} \cdot 2,5 \text{ [in]} = 2750 \text{ [lb} \cdot \text{in]}$$

Teniendo presente este valor de torque, fue necesario consultar catálogos de motores para determinar un equipo que se acomodara mejor a lo que necesitaba el sistema.

Entonces se encuentra un equipo con los siguientes valores de salida:

$$n = 11 \text{ [RPM]}$$

$$T = 2832 \text{ [Lb} \cdot \text{in]}$$

Estos valores se usaron para el cálculo referente al eje y el piñón que se expondrá más adelante.

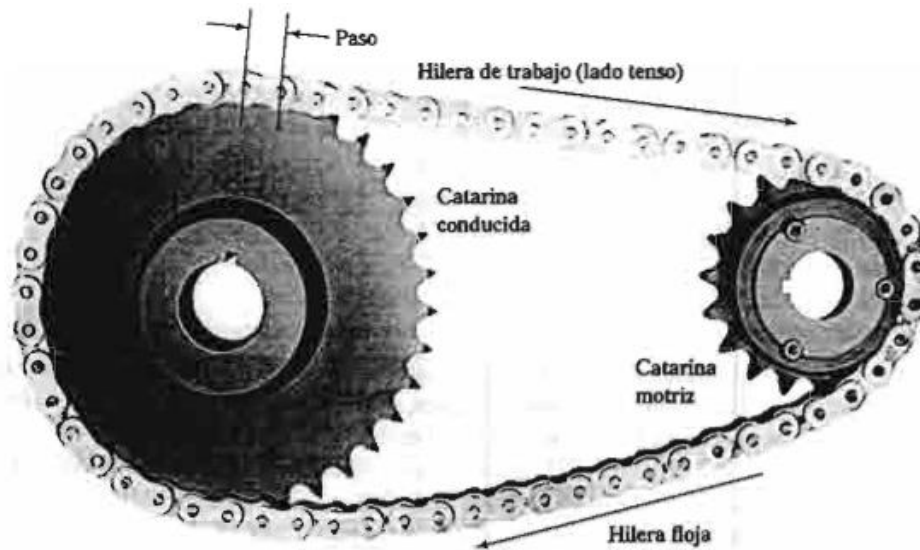
El equipo que se escogido fue un motor reductor con mecanismo de reducción de ejes paralelos, en los anexos se puede encontrar la ficha técnica.

5.1.2 Selección de Catarina y cadena. Para el carro principal fue relevante determinar la posición del motor acorde a los requerimientos del diseño, siendo esta la posición superior y centralizada de la carcasa del carro.

Como mecanismo de transmisión de potencia se opta por la cadena y Catarina como medio de transmisión debido a la disposición espacial.

El tipo de cadena más común es la cadena de rodillos, en la que el rodillo sobre cada perno permite tener una fricción excepcionalmente baja entre la cadena y las catarinas.

Figura 23. Transmisión por cadena de rodillos

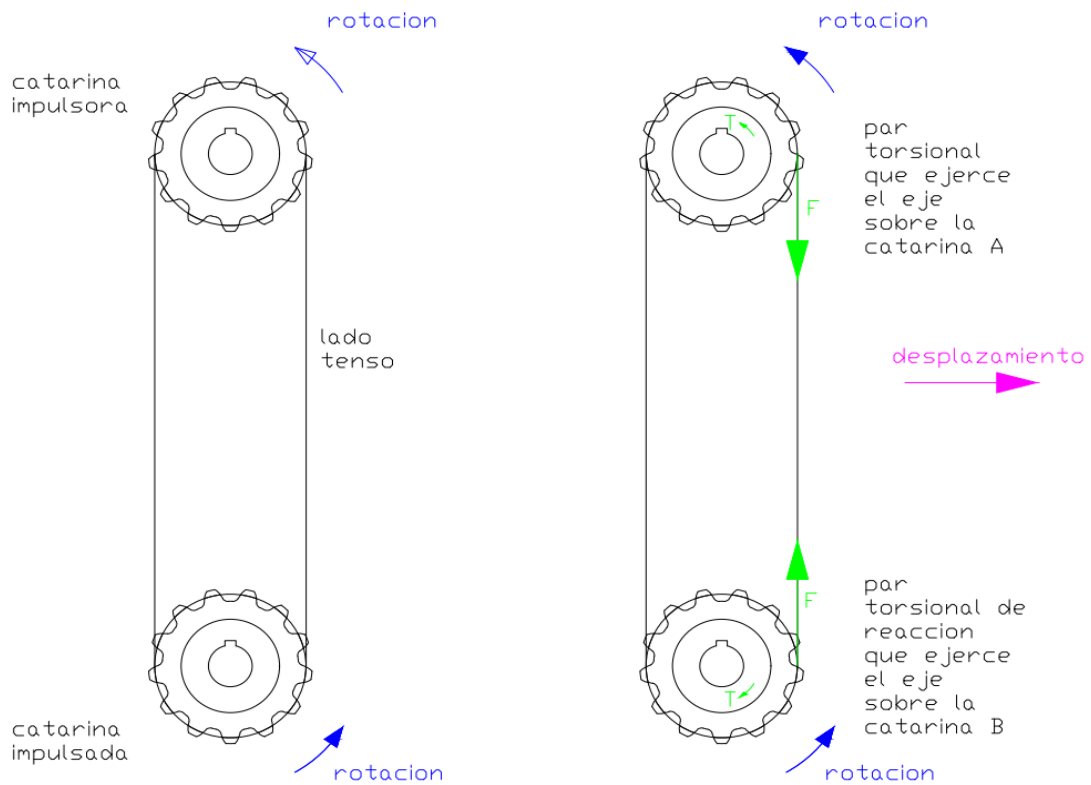


Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

La cadena de rodillos se caracteriza por su paso, que es la distancia entre las partes correspondientes de eslabones adyacentes. Para ilustrarlo se suele indicar el paso como distancia entre centros de pernos adyacentes

La cadena de rodillos tiene designación de tamaño del 40 al 240.

Figura 24. Acople cadena Catarina



Se presenta una hoja de cálculo, auxiliar en el diseño de transmisiones por cadena, que muestra el procedimiento llevado a cabo

Tabla 6. Análisis para la selección del conjunto catarina

DISEÑO DE CADENA-CATARINA	
Datos iniciales	
Aplicación	Transmisión por cadena para accionamiento de movimiento de carro riel-guía.
Fuente/tipo	motor eléctrico.
Maquina movida	Carro riel guía que transporta brazo porta-herramientas.
Entrada de potencia	0,5 HP

Factor de servicio	1,0	Ver Figura 2. Anexo H
Velocidad de entrada	11 RPM	
Velocidad de salida deseada	11 RPM	
Datos calculados		
Potencia de diseño	0,5 HP	
Relación de velocidades	1,0	
Decisiones de diseño-tipo de cadena y números de dientes		
Cantidad de hileras:	1,0	
Factor por hileras:	1,0	
Potencia requerida por hilera:	0,5 [HP]	
Numero de cadena:	80	Ver Figura 3. Anexo H
Paso de la cadena	1 [in]	Ver Figura 3. Anexo H
Numero de dientes-Catarina motriz	13	
Numero de dientes-Catarina conducida	13	
Ingrese: número de dientes elegido	13	La cantidad mínima de dientes en una Catarina debe ser 17, a menos que el impulsor funcione a una velocidad muy pequeña, menor que 100 RPM.
Datos calculados		
Velocidad real de salida:	11 [RPM]	
	$D = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{N}\right)}$	

Diámetro de paso-Catarina automotriz	D = 4,1785
Diámetro de paso-Catarina conducida	$D = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{N}\right)}$ D = 4,1785
Distancia entre centros, longitud de cadena y ángulo de contacto	
Ingrese: distancia nominal entre centros	21 pasos Se recomienda de 30 a 50 pasos, pero en este caso se puso 21 pasos debido a la configuración espacial del sistema y otra situación favorable es que la relación de velocidades es 1; es decir no hay descomposición vectorial de fuerzas.
Longitud nominal de cadena, calculada	$L = 2C + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{8(N_1 - N_2)^2}{4\pi^2}$ $L = 2C + \frac{N_1 + N_2}{2}$ $L = 2(21) + \frac{13 + 13}{2}$ L = 55 [Pasos]
Ingrese: número de pasos específico	L = 56 [pasos] Se recomienda par.
Longitud real de la cadena:	L = 56 [in]
Distancia calculada real entre centros:	$L = 2C + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{8(N_1 - N_2)^2}{4\pi^2}$ $L = 2C + \frac{N_1 + N_2}{2}$ $56 = 2C + \frac{13 + 13}{2}$ C = 21,5 [Pasos]
Distancia real entre centros:	21,5 [in]

Angulo de contacto-Catarina motriz:	$\theta_1 = 180^\circ$
Angulo de contacto-Catarina conducida	$\theta_2 = 180^\circ$

RESUMEN DEL DISEÑO

Paso: Cadena número 80, 1 pulgada de paso

Longitud: 56 pulgadas

Distancia entre centros: 21,5 pulgadas

Catarinas: Hilera simple, número 80, 1 de pulgada de paso

Motriz: 13 dientes, D=4,1758 pulgadas

Conducida: 13 dientes; D=4,1758 pulgadas

Single - Type B

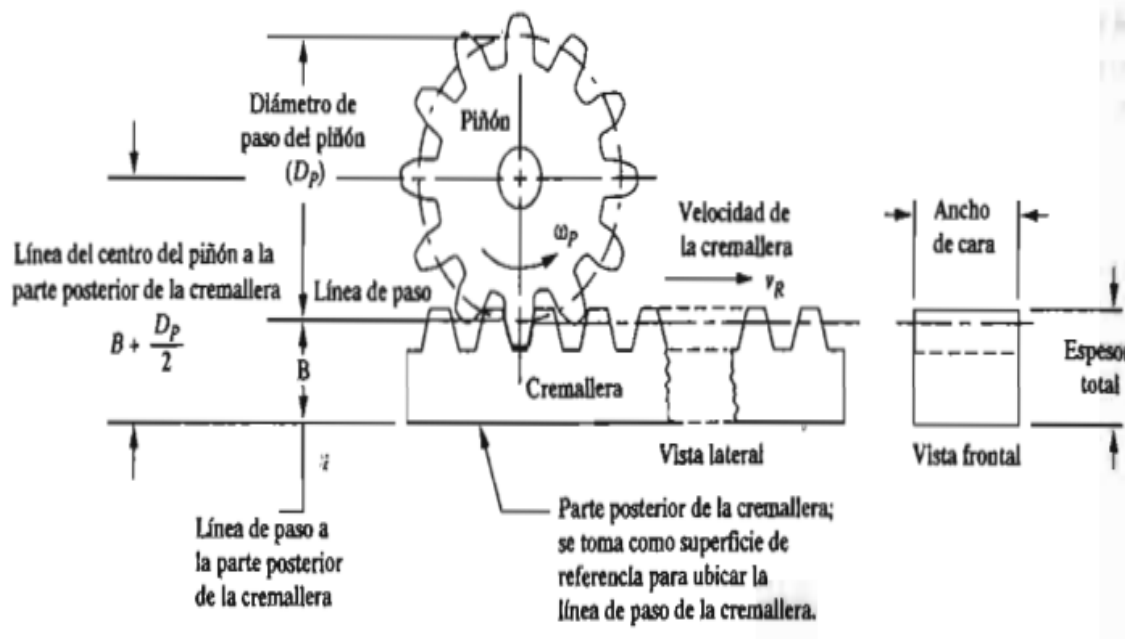
Single - Type A

No. Teeth	Catalog Number	Outside Diameter	Type	Bore (inches)		Hub (inches)		Weight Lbs (Approx.)	Type	Catalog Number	Stock Bore	Weight Lbs. (Approx.)
				Stock	Rec. Max.	Dia.	Length Thru					
10	80B10SS	3.680	B	1	1½	2%★	1¾	2.14	-	-	-	-
11	80B11SS	4.010	B	1	1¾	2%★	1¾	2.72	-	-	-	-
12	80B12SS	4.330	B	1	1¾	3%★	1¾	3.42	A	80A12SS	%	1.50
13	80B13SS	4.660	B	1	2	3	1¾	3.53	A	80A13SS	%	1.80
14	80B14SS	4.980	B	1	2½	3¾	1¾	4.19	A	80A14SS	%	2.20
15	80B15SS	5.300	B	1	2½	3¾	1¾	5.38	A	80A15SS	%	2.50
16	80B16SS	5.630	B	1	2¾	4	1¾	6.07	A	80A16SS	%	2.90
17	80B17SS	5.950	B	1	2¾	4	1¾	6.45	A	80A17SS	%	3.30
18	80B18SS	6.270	B	1	2¾	4¾	1¾	7.34	A	80A18SS	%	3.70
19	80B19SS	6.590	B	1	2¾	4¾	1¾	7.80	A	80A19SS	%	4.10
20	80B20SS	6.910	B	1	2¾	4¾	1¾	8.22	A	80A20SS	%	4.70
21	80B21SS	7.240	B	1	2¾	4¾	1¾	9.40	A	80A21SS	%	5.10
22	80B22SS	7.560	B	1	2¾	4¾	1¾	10.00	A	80A22SS	%	5.61
23	80B23SS	7.880	B	1	2¾	4¾	1¾	10.70	A	80A23SS	%	6.10
24	80B24SS	8.200	B	1	2¾	4¾	1¾	11.36	A	80A24SS	%	6.73
25	80B25SS	8.520	B	1	2¾	4¾	1¾	11.90	A	80A25SS	%	7.26
26	80B26SS	8.840	B	1½	3¾	4¾	2	14.57	A	80A26SS	1½	6.73
30	80B30SS	10.110	B	1¾	3¾	4¾	2	17.50	A	80A30SS	1¾	10.53
35	80B35SS	11.710	B	1¾	3¾	4¾	2	21.48	A	80A35SS	1¾	13.07
40	80B40SS	13.310	B	1¾	3¾	4¾	2	26.00	A	80A40SS	1¾	19.22

Fuente: Catálogo Martin.

5.1.3 Cálculo para el piñón-cremallera. El logro de desplazar el brazo portaherramientas en la dirección x se le adjudica principalmente al conjunto piñón cremallera; el piñón es accionado y este se mueve sobre la cremallera estática. Para calcular los valores de las características de un conjunto piñón cremallera, tenemos un ángulo de presión de 20° , 30 dientes en el piñón conductor, el cual se escoge por encima del número mínimo de dientes para que no se presente interferencia, y un diámetro de paso común de 5 pulgadas calculado a través del valor asumido de números de dientes del piñón y el valor del paso diametral escogido de los valores estándares normalizados (ver Anexo B. Figura 9.).

Figura 25. Piñón cremallera



Fuente: Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Tabla 7. Análisis piñón conductor

GEOMETRÍA PIÑÓN CONDUCTOR		
Fuente: Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas		
Parámetro	Ecuación	Valor
Numero de dientes para el piñón (N_p)	Valor asumido del valor de los dientes del piñón para ajustar el valor del diámetro primitivo.	$N_p = 30$ [Dientes]
Paso diametral (P_d)	El valor del paso diametral se toma del ANEXO B Figura 9, la cual esta enlista unos pasos diametrales normalizados.	$P_d = 6$
Modulo (m)	$m = \frac{25.4}{P_d}$	$m = 4.2333$
Línea de paso a la parte posterior de la cremallera (B)	No aplica	$B = 1$ [in]
Diámetro primitivo (D_p)	$D_p = \frac{N_p}{P_d}$	$D_p = 5$ [in]

Addendum (a)	$a = \frac{1}{P_d}$ Ecuación para un ángulo de presión de 20°. Anexo B Figura 8.	a = 1/6 [in]
Dedendum (b)	$b = \frac{1,25}{P_d}$ Ecuación para un ángulo de presión de 20°. Anexo B Figura 8.	b = $\frac{5}{24}$ [in]
Holgura (c)	$c = \frac{0,25}{P_d}$ Ecuación para un ángulo de presión de 20°.	c = $\frac{1}{24}$ [in]
Diámetro exterior definición básica (D_o)	D_o = D_P + 2a	D_o = 5,3333[in]
Diámetro de raíz (D_R)	D_R = D_P - 2b	D_R = 4,7916 [in]
Altura total (h_t)	h_t = a + b	h_t = $\frac{3}{8}$ [in]
Profundidad de trabajo (h_K)	h_K = 2a	h_K = $\frac{1}{3}$ [in]
Espesor del diente (t)	t = $\frac{\pi}{2P_d}$	t = $\pi/12$
Juego	Si el espesor del diente se hiciera idéntico al valor del espacio entre dientes, como lo es en la teoría, la geometría del diente debería tener una precisión absoluta para que funcionaran los dientes, y no habría espacio para lubricar las superficies de los dientes, para resolver estos problemas, los engranes	

	prácticos se fabrican con el espacio entre dientes, un poco mayor que el espesor del diente, y a la diferencia se le llama juego. Para proveer el juego, el corte que genera los dientes del engrane puede penetrar más en el modelo del engrane que el valor teórico, en alguno o en ambos engranes compañeros. También, se puede crear el juego al ajustar la distancia entre centros a un valor mayor que el teórico.	
Ancho de cara (F)	Se le llama también longitud del diente o ancho del flanco. Es el ancho del diente, medido en dirección paralela al eje del diente.	<p>Criterio de diseño anteproyecto</p> $\frac{8}{P_d} < F < \frac{16}{P_d}$ <p>Se toma $F = 2,5 \text{ [in]}$</p> <p>El cuál sería la relación $\frac{15}{6}$ el cual cumple.</p>
Chaflán	También se le llama filete. Es el arco que une el perfil de involuta del diente con la raíz del diente.	
Cara	Es la superficie del diente de un engranaje, desde el círculo de paso hasta el círculo externo de engrane.	
Flanco	Es la superficie del diente de un engrane, desde la raíz del espacio entre dientes, incluyendo el chaflán.	

Los términos y símbolos se apegan, en inglés, a las normas de la American Gear Manufacturers association (AGMA)

Basado en el torque, revoluciones por minuto y potencia que son los parámetros que se deben conocer inicialmente para poder estimar el cálculo del piñón y cremallera adecuados según los datos técnicos del motor reductor que se

encuentran disponibles se obtienen los valores de carga sobre el conjunto piñón-cremallera.

Tabla 8. Cargas sobre engranajes

Parámetro	Ecuación	Valor
Diámetro primitivo (D_p)	$D_p = \frac{N_p}{P_d}$	$D_p = 5$ [in]
Revoluciones por minuto (n_p)	No aplica	$n_p = 11$ [RPM]
Velocidad de la línea de paso (v_t)	$v_t = (\pi * D_p * n) / 12$	$v_t = 14,4$ [lb/min]
Fuerza tangencial (W_t)	$W_t = \frac{33000P}{v_t}$	$W_t = 1146$ [lb]
Par torsional (T)	$T = \frac{63000P}{n_p}$	$T = 2864$ [lb]
Fuerza radial (W_r)	$W_r = W_t * \tan\phi$	$W_r = 417,04$ [lb]
Fuerza normal (W_n)	$W_n = \frac{W_t}{\cos(\phi)}$	$W_n = 1219$ [lb]

El método AGMA aplica una serie de factores adicionales de modificación al esfuerzo de flexión calculado con la ecuación de Lewis modificada, para calcular un valor conocido como *número de esfuerzo de flexión*, s_t , estos factores representan el grado con el que el caso real de carga difiere de la base teórica de la ecuación de Lewis. El resultado es una mejor estimación del valor real del esfuerzo de flexión que se produce en los dientes del engrane y del piñón.

Tabla 9. Análisis para diseño de engranajes rectos

DISEÑO PIÑON-CREMALLERA	
Ingreso de datos iniciales	
<p>Potencia de entrada: $P = 0,5$ [HP]</p> <p>Velocidad de entrada: $n_p = 11$ [rev]</p> <p>Paso diametral: $P_d = 6$</p> <p>Numero de dientes del piñón: $N_p = 30$ dientes</p>	
Datos calculados	
<p>Diámetro de paso piñón: $D_p = 5$ [in]</p> <p>Velocidad de la línea de paso: $v_t = 14,4$ ft/min</p> <p>Carga transmitida: $W_t = 1146$ [lb]</p>	
Ingreso de datos secundarios	
<p>lineamiento para ancho de cara [in]: $\frac{8}{P_d} < F < \frac{16}{P_d}$</p> <p>Ingrese: ancho de cara: $F = 2,5$ [in]</p> <p>Relación: Ancho de cara /diámetro del piñón: $\frac{F}{D_p} = 0,5$</p> <p>Intervalo recomendado de la relación: $\frac{F}{D_p} < 2,00$</p> <p>Ingrese: Coeficiente elástico: $C_p = 2300$</p> <p>Ingrese: Numero de calidad: $Q_v = 5$</p>	

<p>Ingrese: factores de geometría para flexión:</p> <p>Datos necesarios:</p> <p>Para: $\phi = 20^\circ$</p> <p>Numero de dientes del piñón $N_p = 30$.</p> <p>Para carga aplicada en la punta del diente (modo de diseño conservativo)</p> <p>Piñón: $J = 0,26$</p> <p>Para carga aplicada en la punta del diente (modo de diseño conservativo)</p> <p>Cremallera: $J = 0.31$</p> <p>Ingrese: factor de geometría para picadura:</p> <p>Conjunto: $I = 0,132$</p>		
<p>Aplicación: carro para desplazamiento tipo puente impulsado por un motor eléctrico.</p>		
<p>Factores en el análisis de diseño</p>		
<p>Factor de alineamiento,</p> <p>$K_m = 1.0 + C_{pf} + C_{ma}$</p>		
Factor de proporción de piñón, C_{pf}	Cuando, $1,0 \leq F < 15$ Ingrese: $C_{pf} = 0.05625$	Anexo E Figura 8
Tipo de transmisión Factor de alineamiento de engranado: (C_{ma})	Unidades comerciales cerradas de engranes Ingrese: $C_{ma} = 0,1658$	Anexo E Figura 9
Factor de alineamiento: (K_m)	1,226	[calculado]
Factor de sobrecarga: (K_o) (Considera la probabilidad de variaciones de carga)	1,00	Anexo E Figura 6
Factor por tamaño: (K_s)	1,00	Anexo E Figura 7

Factor por espesor de borde (K_{BP})	$t_R = 0,6499$ [in]	Anexo E Figura 10
Relacion de respaldo (m_B)	$h_t = \frac{3}{8}$ [in]	
espesor de orilla (t_R)	$m_B = 1.733$	
profundidad total del diente (h_t)	$K_{BP} = 1,00$	
Factor dinámico: (K_V)	Se considera que la carga es resistida por un diente, con cierto grado de impacto, y que la carga real sobre el diente es mayor que la carga transmitida sola 1,00	Anexo E Figura 11 [calculado]
Factor de servicio: (SF)	1,00	No existen condiciones excepcionales
Factor de confiabilidad: (K_R)	1,00	Anexo E Figura 14 maneje 1 para 0,99
Ingrese: Duración de diseño	1515,1 horas	
piñón-número de ciclos de carga: (N_P)	10^7 ciclos	Lineamientos: Y_N, Z_N
Factor por ciclos de esfuerzo de flexión, (Y_{NP})	10^7 ciclos 1,00	Anexo E Figura 12
Factor por ciclos de esfuerzo de flexión, (Y_{NG})	10^7 ciclos 1,00	Anexo E Figura 12

Factor por ciclos de esfuerzo por picadura, (Z_{NP})	10^7 ciclos 1,00	Anexo E Figura 15
Factor por ciclos de esfuerzos de picadura	10^7 ciclos 1,00	

ANÁLISIS DE ESFUERZOS: FLEXIÓN

El proceso lógico de selección del material se puede resumir como sigue: el número de esfuerzo de flexión s_t determinado debe ser menor que el número de esfuerzo de flexión admisible modificado s_{at} ; es decir:

Piñón:

$$HB = 578 \quad (\text{Anexo F. Figura 1})$$

$$s_{atp} = 77,3 HB + 12800$$

$$s_{atp} = 57479,4 \text{ [psi]}$$

$$s_{atp} = \text{esfuerzo de flexion admisible}$$

$$(W_t P_d / F) K_O K_S K_m K_B K_v < s_{at} * Y_{NP} / SF \cdot K_R$$

$$S_{tp} = 12969,1 \text{ [psi]} < s'_{tpa} = 28028,1 \text{ [psi]}$$

Cremallera:

$$HB = 578$$

$$s_{atp} = 77,3 HB + 12800$$

$$s_{atp} = 57479,4 \text{ [psi]}$$

$$(W_t P_d / F) K_O K_S K_m K_B K_v < s_{at} * Y_{NP} / SF \cdot K_R$$

$$s_{tp} = 10877,3 \text{ [psi]} < s_{at} = 28028,1 \text{ [ksi]}$$

ANÁLISIS DE ESFUERZOS: PICADURA

El proceso lógico de selección del material se puede resumir como: el número de esfuerzo de contacto s_c determinado debe ser menor que el número de esfuerzo de contacto admisible modificado

Conjunto piñón-cremallera:

$$HB = 578$$

$s_{ac} = 322HB + 29100$ $s_{ac} = 215216 \text{ [psi]}$ $s_{ac} = \text{esfuerzo de contacto admisible}$ $s'_{ac} = \text{esfuerzo de contacto admisible modificado}$ $s_c < s_{ac} * \left(\frac{Z_N}{SFK_R}\right)$ $s_c = 67115,589 \text{ [psi]} < s_{ac} = 92534 \text{ [psi]}$
<p>Anteriormente se presentaron números de esfuerzo admisible, entonces es necesario que:</p> <p style="text-align: center;">Temperatura menor que 250°F</p> <p style="text-align: center;">10⁷ ciclos de carga de diente</p> <p style="text-align: center;">Confiabilidad de 99%: menos de una falla en 100</p> <p style="text-align: center;">Factor de seguridad de 1.00</p>
RESUMEN
Piñón: se requiere AISI 4140 OQT 400
Cremallera: se requiere AISI 4140 OQT 400

Figura 26. Análisis de deformaciones

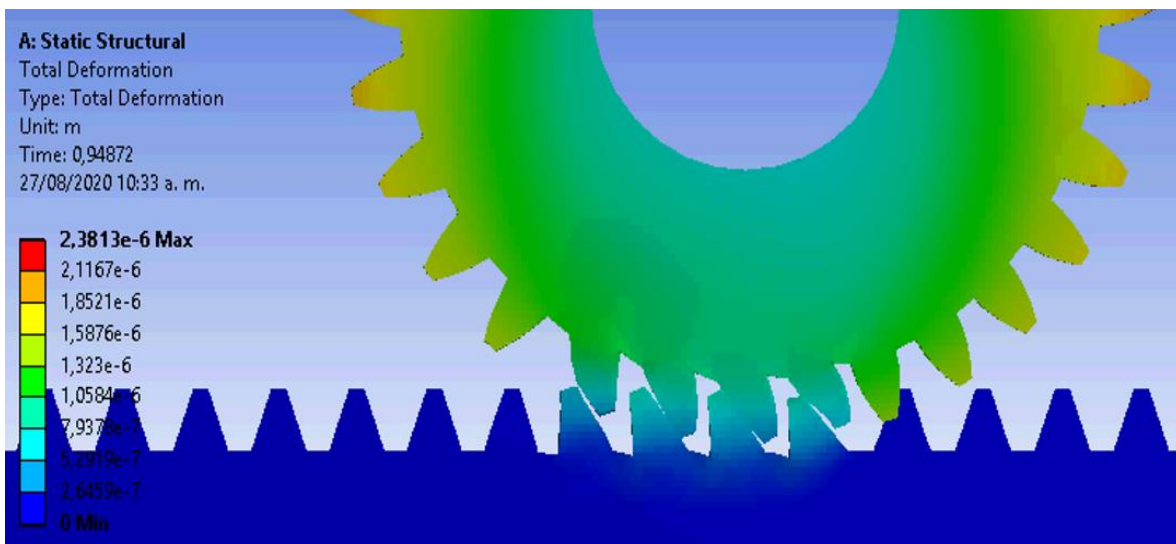
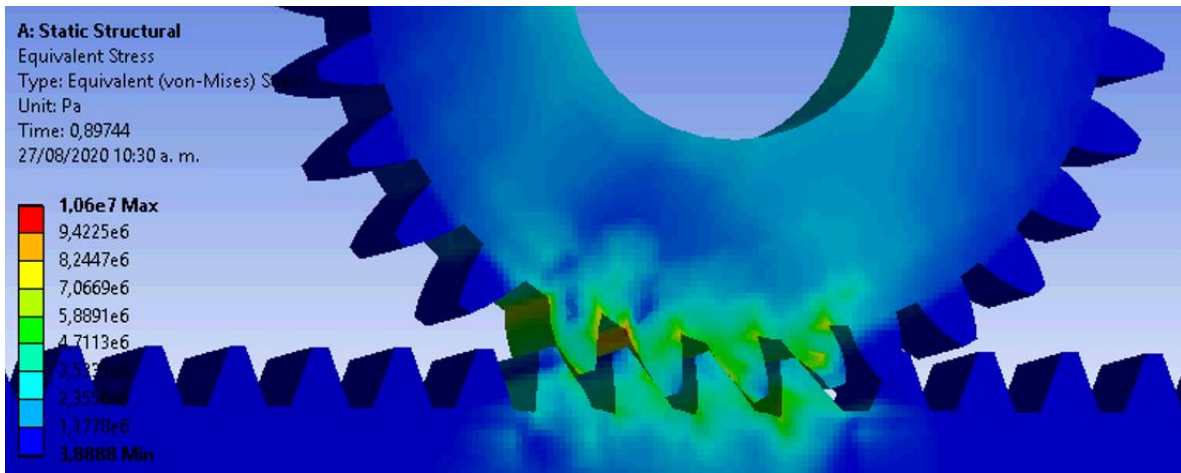


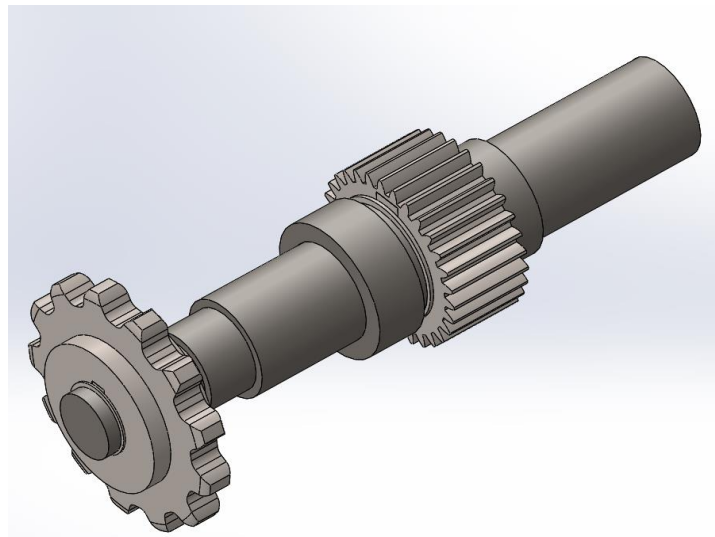
Figura 27. Análisis de esfuerzos



5.1.4 Calculo del eje inferior. El punto de partida para el cálculo del eje inferior deben ser los elementos acoplados al mismo, los cuales se muestran anteriormente en las secciones 5.1.1 a la 5.1.3.

Se aplica el procedimiento del diseño de ejes recomendado por la norma ANSI B106.1M-1985, *Design of Transmission Shafting* (Diseño de ejes de transmisión), para determinar el diámetro mínimo que requieren los ejes en cualquier sección, y resistir la combinación de esfuerzo cortante torsional y esfuerzo de flexión.

Figura 28. Eje inferior

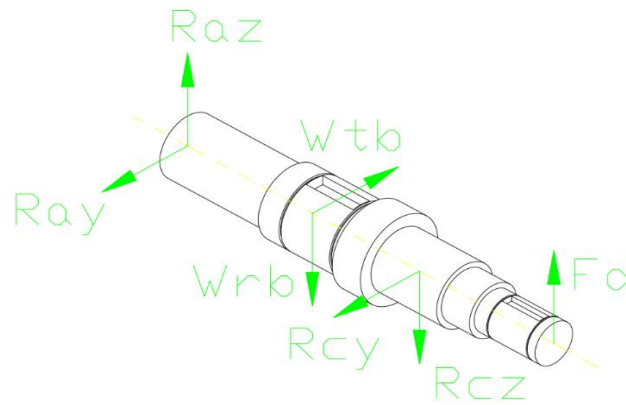


A causa del desarrollo simultaneo de los esfuerzos cortantes torsionales y los esfuerzos flexionantes, el análisis de esfuerzos en un eje implica casi siempre emplear un método de esfuerzos combinados. El método recomendado para diseñar y analizar ejes es el de la teoría de falla por energía de distorsión.

Tabla 10. Análisis de fuerzas sobre los engranajes.

FUERZAS SOBRE LOS ENGRANAJES		
Parámetro	Ecuación	Valor
Par torsional (T)	$T = 63000P/n$	$T = 2864 \text{ [lb} \cdot \text{in]}$
Fuerza tangencial ejercida por la cadena sobre la Catarina en la posición D (W_{TD})	$W_{TD} = \frac{T}{\frac{D_D}{2}}$	$W_{TD} = 2864 \text{ [lb]}$ El valor inicial de diámetro de la Catarina asumido para el cálculo anteproyecto de la carga tangencial es 2 [in].
Fuerza tangencial ejercida sobre el piñón por la cremallera en la posición B (W_{TB})	$W_{TB} = \frac{T}{\frac{D_B}{2}}$	$W_{TB} = 2864 \text{ [lb]}$
Fuerza radial ejercida sobre el piñón por la cremallera (W_{RB})	$W_{RB} = W_{TB} * \tan(\phi)$	$W_{RB} = 1042 \text{ [lb]}$

Tabla 11. Análisis de fuerzas sobre el eje.



FUERZAS SOBRE EL EJE		
Parámetro	Ecuación	valor
Par torsional (T)	(calculado)	T = 2864 [lb · in]
Fuerza tangencial ejercida por la cadena sobre el engrane en la posición D (W _{TD})	(calculado)	W _{TD} = 2864 [lb]
Fuerza tangencial ejercida sobre el piñón por la cremallera en la posición B (W _{TB})	(calculado)	W _{TB} = 2864 [lb]
Fuerza radial ejercida sobre el piñón por la cremallera (W _{RB})	(calculado)	W _{RB} = 1042 [lb]
plano zx		Plano yx
Ecuaciones estáticas		Ecuaciones estáticas
$\sum M_C = 0$ $5W_{TD} + 5W_{RB} = 10R_{AZ}$ $\sum M_A = 0$ $-5W_{RB} + 15W_{TD} - 10R_{CZ} = 0$		$\sum F_Y = 0$ $R_{AY} + R_{CY} = 2864$ $\sum M_B = 0$ $R_{AY} = R_{CY}$

Diagrama esfuerzo cortante/momento flector	Diagrama esfuerzo cortante/momento flector
<p>Diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores para el eje inferior. El eje está dividido en tres tramos de 5 IN cada uno (A-B, B-C, C-D). Las fuerzas cortantes y momentos flectores se muestran en los diagramas adjuntos.</p>	<p>Diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores para el eje superior. El eje está dividido en tres tramos de 5 IN cada uno (A-B, B-C, C-D). Las fuerzas cortantes y momentos flectores se muestran en los diagramas adjuntos.</p>
Resultados fuerzas plano zx	Resultados fuerzas planos yx
$R_{AZ} = 1432 \text{ [lb]}$ $R_{CZ} = 7549 \text{ [lb]}$	$R_{AY} = 1432 \text{ [lb]}$ $R_{CY} = 1432 \text{ [lb]}$

Tabla 12. Análisis de eje inferior

ANÁLISIS EJE INFERIOR	
Aplicación:	Transmisión de piñón-cremallera para carro de transporte.

Este auxiliar de diseño calcula el diámetro mínimo aceptable de ejes, mediante las ecuaciones:

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{T}{s_y} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (\text{solo torsion})$$

$$D = \left[\left(\frac{32N}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{K_t M}{s'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{s_y} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (\text{torsion y flexion})$$

$$D = \sqrt{\frac{2,94 K_t V N}{s'_n}} \quad (\text{cortante})$$

Procedimiento de diseño de ejes recomendado por la norma ANSI B106.1 M-1985, design of transmission shafting.

Datos:

Especificación del material del eje:	Acero AISI 1144 con tratamiento térmico: templado y revenido (Modern Steels and Their properties, Bethlehem Steel Co., Bethlehem, PA)
Resistencia a la tensión:	$S_u = 128000$ [psi] Anexo G Figura 1
Resistencia de fluencia:	$s_y = 91000$ [psi] Anexo G Figura 1
Resistencia básica a la fatiga:	$s_n = 42000$ [psi] Anexo G Figura 1
Factor por tamaño:	$C_s = 1$ Se considera un eje de tamaño normal debido a la poca potencia a transmitir.
Factor de confiabilidad:	$C_R = 0.81$ Para una confiabilidad de 0,99 Anexo G Figura 2

Resistencia modificada a la fatiga:	$s'_n = 34020$ [psi]
Factor de diseño:	SF = 2
Datos de carga del eje: punto D soporte de engrane-cadena	
Factor de concentración de esfuerzos:	$K_t = 1$ El engrane en D produce torsión en el eje, el momento flector en D es cero por ser un extremo libre y el factor de concentración de esfuerzos es 1 debido a que solo se considera cuando existen esfuerzos de flexión.
Par torsional:	T = 2864 [lb · in]
Diámetro mínimo calculado	$D_1 = \left[\frac{32(2,0)}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{(2863,3)}{(91000)} \right)^2} \right]^{1/3}$ D₁ = 0,8219 [in] (engrane – cadena)
Datos de carga del eje: punto C soporte rodamiento	
Par torsional:	T = 2863,3 [lb · in]
Componente del momento flector	$M_{CZ} = 4274,4$ [lb · in] $M_{CY} = 0$
Factor de concentración de esfuerzos	K_t = 1,5 (chaflan bien redondeado) (r ₂)
Diámetro mínimo calculado	$D_2 = \left[\left(\frac{32(2,0)}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{(1,5)(4274,7)}{(44982)} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{2863,3}{(91000)} \right)^2} \right]^{1/3}$ D₂ = 2,627 [in]
Factor de concentración de esfuerzos	K_t = 2,5 (chaflan agudo) (r3)
Diámetro mínimo calculado	$D_2 = \left[\left(\frac{32(2,0)}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{(2,5)(4274,7)}{(44982)} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{2863,3}{(91000)} \right)^2} \right]^{1/3}$

	$D_3 = 3,155 \text{ [in]}$
Datos de carga del eje: punto B soporte piñón cremallera	
Par torsional	$T = 2863,3 \text{ [lb} \cdot \text{in]}$
Componente de momento de flexión	$M_{BZ} = 3181,6 \text{ [lb} \cdot \text{in]}$ $M_{BY} = 2862,2 \text{ [lb} \cdot \text{in]}$ $M_B = 4279,6 \text{ [lb} \cdot \text{in]}$
Factor de concentración de esfuerzos	$K_t = 2,0$
Diámetro mínimo calculado	$D_4 = \left[\left(\frac{32(2,0)}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{(2,0)(4274,7)}{44982} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{2863,3}{91000} \right)^2} \right]^{1/3}$ $D_4 = 2,737 \text{ [in]}$
Factor de concentración de esfuerzos	$K_t = 3,0$
Diámetro mínimo calculado	$D_5 = \left[\left(\frac{32(2,0)}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{(2,5)(4274,7)}{44982} \right)^2} \right]^{1/3}$ $D_5 = 3,133 \text{ [in]}$
Datos de carga del eje: punto A soporte rodamiento	
Fuerza cortante vertical	$V_D = \sqrt{(2864)^2} = 2864 \text{ (lb)}$
Factor de concentración de esfuerzos	$K_t = 2,5$
Diámetro mínimo calculado	$D_6 = \sqrt{2,94 * K_t * V * SF / s n n}$ $D_6 = 0,9674 \text{ [in]}$
RESUMEN	
Diámetros mínimos calculados	
$D_{1min} = 0,8219 \text{ [in]}$ (engrane – cadena)	

$$D_{2\min} = 2,627 \text{ [in]}$$

$$D_{3\min} = 3,155 \text{ [in]} \text{ (rodamiento)}$$

$$D_{4\min} = 2,737 \text{ [in]}$$

$$D_{5\min} = 3,133 \text{ [in]} \text{ (piñon – cremallera)}$$

$$D_{6\min} = 0,9674 \text{ [in]} \text{ (rodamiento)}$$

Diámetros escogidos

$$D_1 = 2 \text{ [in]} \text{ (engrane – cadena)}$$

$$D_2 = 2,5 \text{ [in]}$$

$$D_3 = 3 \text{ [in]} \text{ (rodamiento)}$$

$$D_4 = 4 \frac{1}{8} \text{ [in]}$$

$$D_5 = 3,5 \text{ [in]} \text{ (piñon – cremallera)}$$

$$D_6 = 3 \text{ [in]} \text{ (rodamiento)}$$

Especificación del material del eje:

Acero AISI 1144 con tratamiento térmico: templado y revenido (Modern Steels and Their properties, Bethlehem Steel Co., Bethlehem, PA)

Figura 29. Análisis esfuerzo eje inferior

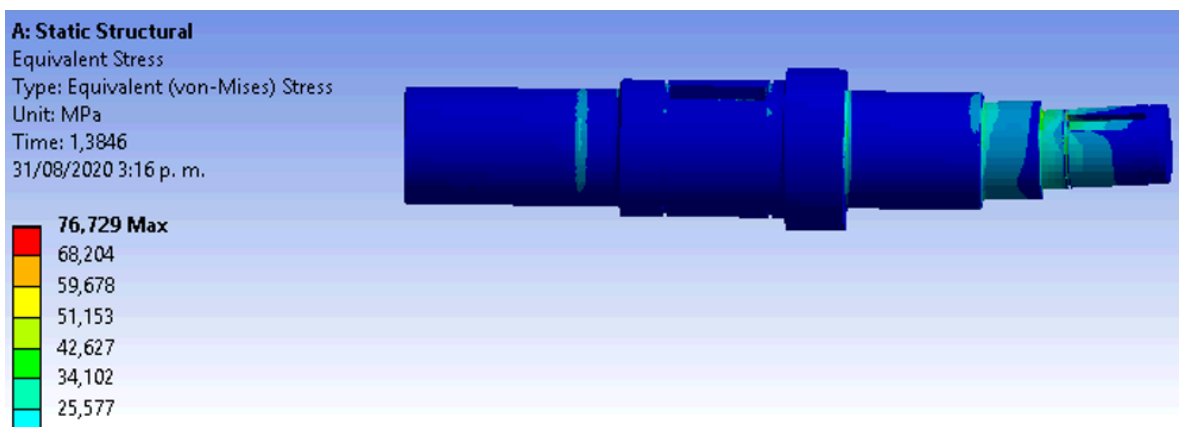
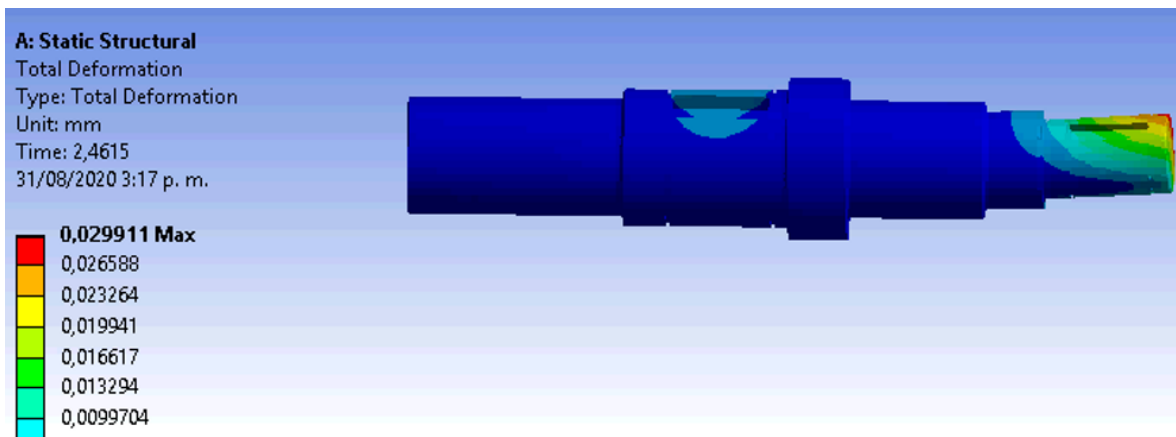


Figura 30. Análisis deformación eje inferior



5.1.5 Cálculo de los ejes superiores. Al igual que en el eje principal se aplica el procedimiento del diseño de ejes recomendado por la norma ANSI B106.1M-1985, *Design of Transmission Shafting* (Diseño de ejes de transmisión), para determinar el diámetro mínimo que requieren los ejes en cualquier sección, y resistir la combinación de esfuerzo cortante torsional y esfuerzo de flexión.

Aquí las condiciones de esfuerzos a las que está sometido el eje cambian debido a la función y diseño que estos cumplen.

Únicamente el eje está sometido a la acción de fuerzas cortantes.

Tabla 13. Análisis de fuerzas sobre el eje.

FUERZAS SOBRE EL EJE		
Parámetro	Ecuación	Valor
Fuerza de empuje sobre el eje para efectuar el movimiento.	La fuerza que ejerce el diente del piñón se considera la misma fuerza que empuja los ejes superiores; es decir, la fuerza tangencial ejercida sobre el piñón por la cremallera	716 [lb] Este valor es distribuido en los 4 extremos de los ejes.

<p>Valor del peso del brazo portaherramientas</p>	<p>Esta fuerza es la fuerza que surge de la acción y reacción del contacto del rodillo y de la viga, y básicamente es el peso que soporta todo el conjunto del brazo portaherramientas.</p>	<p>275 [lb]</p> <p>Este valor es distribuido en los 4 extremos de los ejes.</p>
Plano zx		Plano yx
<p>Ecuaciones estáticas</p> $\sum F_Z = 0$ $R_{AZ} + R_{CZ} = 550 \text{ [lb]}$ $\sum M_B = 0$ $R_{AZ} = R_{CZ}$	<p>Ecuaciones estáticas</p> $\sum F_Y = 0$ $R_{AY} + R_{CY} = 1432 \text{ [lb]}$ $\sum M_B = 0$ $R_{AY} = R_{CY}$	

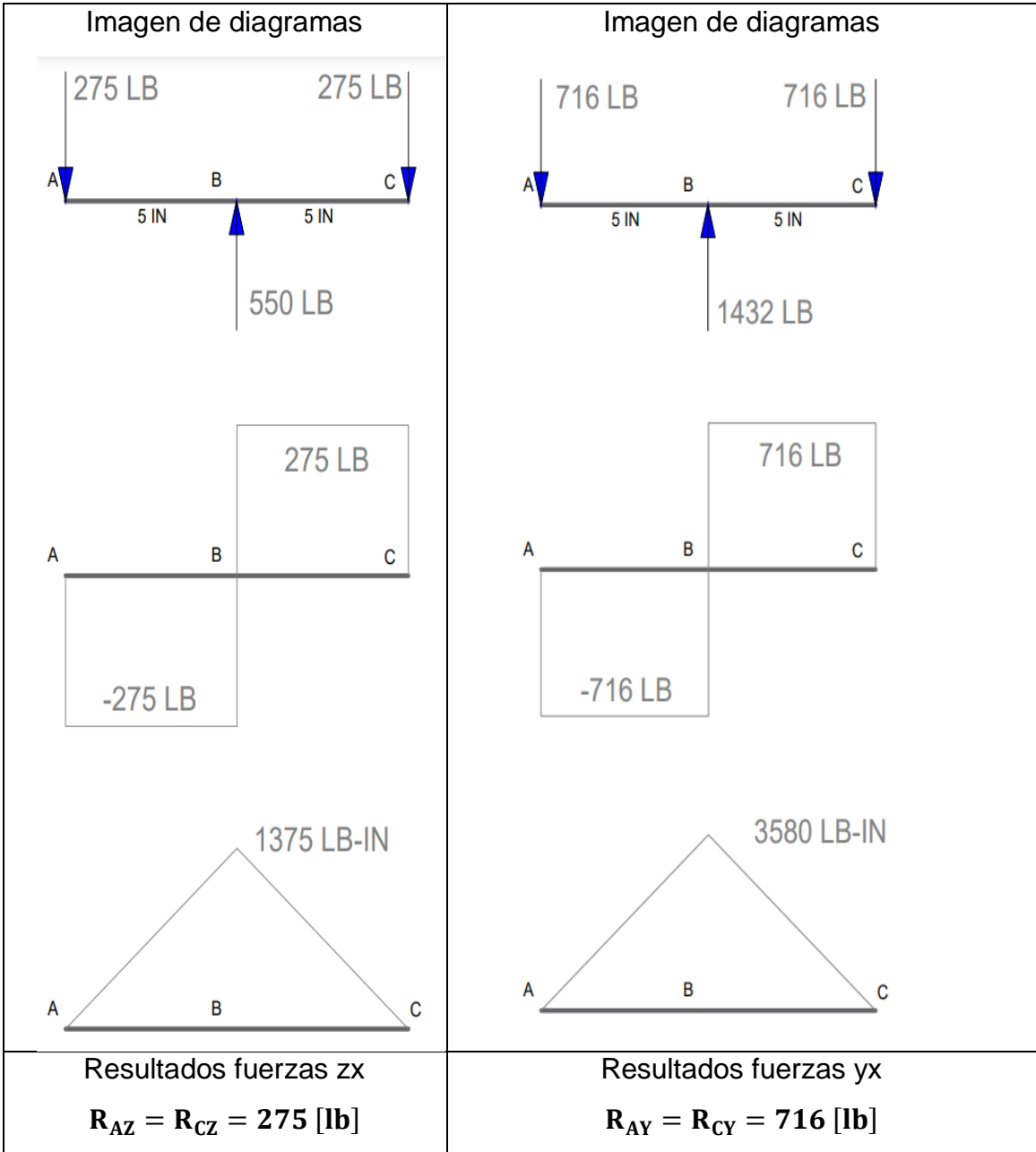


Tabla 14. Cálculo de ejes superiores

EJES SUPERIORES	
Aplicación	soportar el brazo y auxilio de transporte del mismo.
<p>Este auxiliar de diseño calcula el diámetro mínimo aceptable de ejes, mediante las ecuaciones:</p> $D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{T}{s_y} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (\text{solo torsion})$ $D = \left[\left(\frac{32N}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{K_t M}{s'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{s_y} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (\text{torsion y flexion})$ $D = \sqrt{\frac{2,94K_t V N}{s'_n}} \quad (\text{cortante})$	

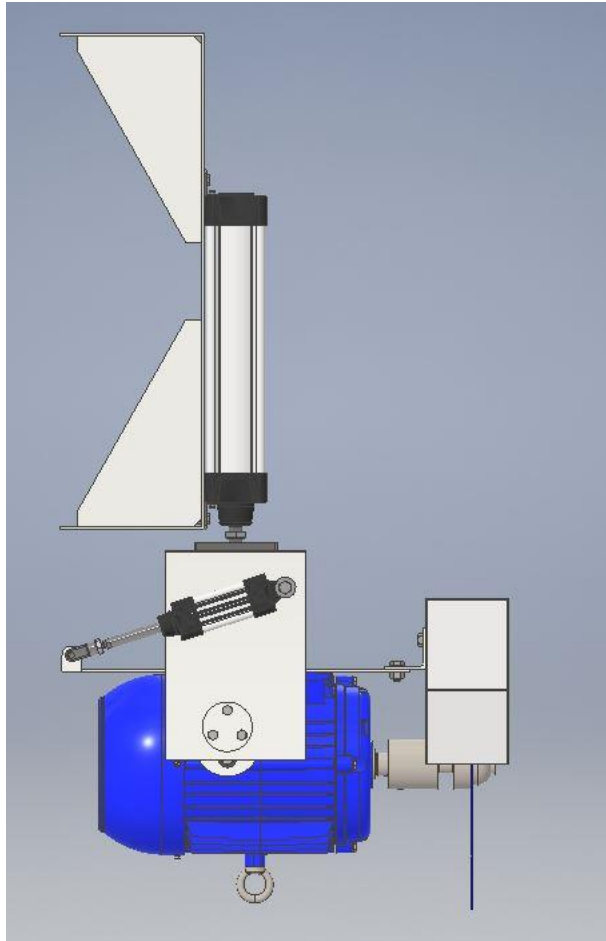
Procedimiento de diseño de ejes recomendado por la norma ANSI B106.1 M-1985, design of transmission shafting.	
Datos	
Especificación del material del eje	Acero AISI 1144 con tratamiento térmico: templado y revenido (Modern Steels and Their properties, Bethlehem Steel Co., Bethlehem, PA)
Resistencia a la tensión	$S_u = 128000$ [psi] Anexo G Figura 1
Resistencia de fluencia	$s_y = 91000$ [psi] Anexo G Figura 1
Resistencia básica a la fatiga	$s_n = 42000$ [psi] Anexo G Figura 1
Factor por tamaño	$C_s = 1$ Se considera un eje de tamaño normal debido a la poca potencia a transmitir.
Factor de confiabilidad	$C_R = 0.81$ Para una confiabilidad de 0,99 Anexo G Figura 22
Resistencia modificada a la fatiga	$s'_n = 34020$ [psi]
Factor de diseño	$SF = 2$
Datos de carga del eje: punto B-contacto rodillo viga (punto medio del eje)	
Factor de concentración de esfuerzos	$K_t = 3.2$
Momento de flexión en B	$MB = 2863,3$ [lb · in]
Diámetro mínimo calculado	$D_1 = \left[\frac{32(2,0)}{\pi} \sqrt{\left(\frac{3,2 * 3612,1}{34020} \right)^2} \right]^{1/3}$ $D_1 = 0,78$ [in]

Datos de carga del eje: punto A y C-soporte rodamientos	
Fuerza cortante vertical:	$V_{A-C} = \sqrt{(440)^2 + (573)^2}$ $V_{A-C} = 722.44 \text{ (lb)}$
Factor de concentración de esfuerzos:	$K_t = 2,5$
Diámetro mínimo calculado:	$D_2 = \sqrt{2,94 * K_t * V * SF / snn}$ $D_2 = 2,627 \text{ [in]}$
RESUMEN	
Diámetros mínimos calculados	
$D_{1min} = 0,78[\text{in}] \text{ (contacto rodillo – viga IPE)}$ $D_{2min} = 2,627 [\text{in}] \text{ (soporte rodamientos)}$	
Diámetros escogidos	
$D_1 = 2 [\text{in}] \text{ (contacto rodillo – viga IPE)}$ $D_2 = 3 \ 1/2[\text{in}] \text{ (soporte rodamientos)}$	
Especificación del material del eje:	
Acero AISI 1144 con tratamiento térmico: templado y revenido (Modern Steels and Their properties, Bethlehem Steel Co., Bethlehem, PA)	

5.2 DISEÑO Y CALCULO DEL SUBSISTEMA DE ELEVACION DEL DISCO

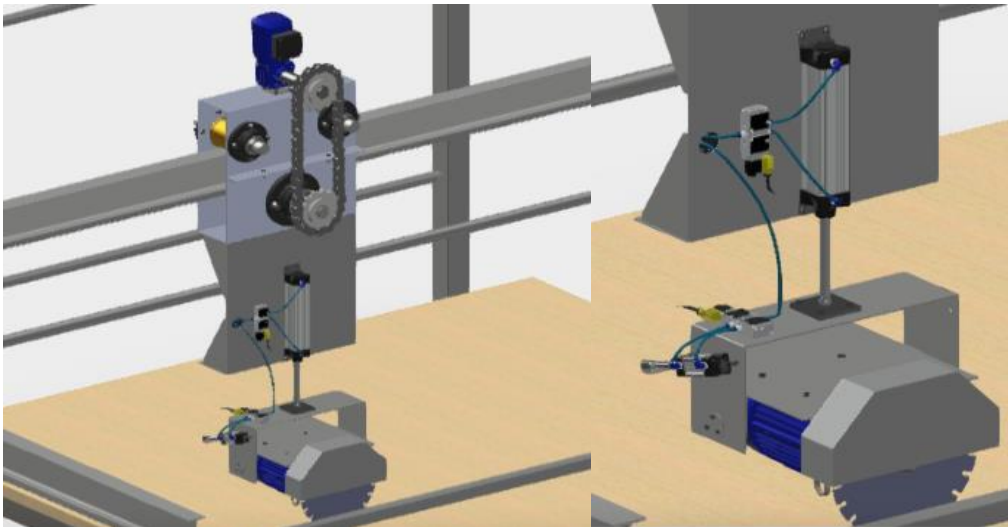
5.2.1 Justificación del subsistema. El subsistema de elevación del motor de corte, es un subsistema complementario al de corte de lámina a 45 grados. Su función principal es elevar verticalmente todo el conjunto de corte cuando este se encuentra en su posición de 45 grados, ya que este al rotar disminuye la distancia del eje de corte respecto a la horizontal o la lámina que se quiere cortar.

Figura 31. Subsistema de elevación de perfil



5.2.2 Descripción. El subsistema de elevación del motor de corte es un cilindro neumático que permite alternar la elevación del conjunto de corte respecto a la horizontal, según el ángulo de corte que se desee aplicar a la lámina. Por consiguiente, este subsistema presenta dos posiciones de trabajo, asociadas a las posiciones del corte del sistema. La posición de corte de 90 grados, se asocia a la posición del cilindro donde este se encuentra extendido y la posición de corte de 45 grados se asocia a la posición del cilindro cuando su vástago se encuentra completamente dentro del cilindro.

Figura 32. Subsistema de elevación.



5.2.3 Criterios de selección del cilindro neumático para la aplicación. Los criterios para seleccionar un sistema neumático para esta aplicación fueron los siguientes:

- Movimiento alternativo de dos posiciones
- Relativamente baja carga de trabajo nominal
- Requerimiento de rapidez en el movimiento entre las posiciones de corte del sistema
- Sistema compacto y liviano
- Sistema de fácil control (electroválvulas con entrada digital)
- Sistema confiable y de bajo mantenimiento
- Sistema de bajo costo

5.2.4 Descripción de los componentes del sistema.

5.2.4.1 Cilindro neumático. El cilindro neumático es el encargado de ejercer la fuerza necesaria para ascender y descender el conjunto de corte. Este cilindro se conecta del soporte en L, la cual a su vez soporta el peso del motor de corte, la

cuchilla y los elementos del mecanismo de rotación a 45 grados (cilindro neumático, placa soporte y compresor).

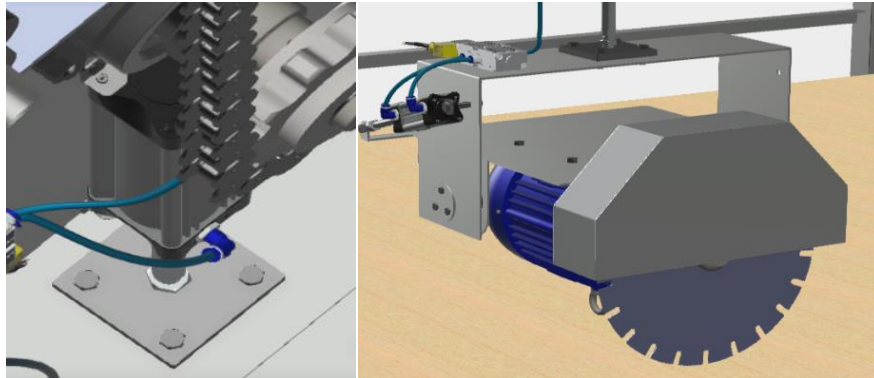
El cilindro neumático seleccionado es del tipo de doble efecto (empuje y retracción). Cuenta con un vástago en acero carbón, roscado en su extremo que permite facilidad en montajes mecánicos. Así mismo, cuenta con una válvula estranguladora para regular la velocidad de su desplazamiento y un mecanismo de bloqueo en ambas posiciones. Los detalles de su cálculo y selección se presentan en capítulos posteriores junto con su ficha técnica.

5.2.4.2 Compresor. El compresor es el encargado de suministrar aire presurizado a la válvula de selección de movimiento (empuje y retracción) y esta a su vez permite el paso del aire al interior de la cámara del cilindro. Su selección fue llevada a cabo siguiendo los parámetros del fabricante del cilindro neumático en cuanto a la presión y el volumen del cilindro. Es importante anotar que el compresor seleccionado, será encargado de alimentar los dos cilindros neumáticos del sistema. Los detalles de su cálculo y selección se presentan en los capítulos posteriores junto con la ficha técnica del fabricante.

5.2.4.3 Unión cilindro con soporte en L. El cilindro neumático se une al soporte en L, mediante un elemento mecánico CAF- flanche.

Este elemento de unión se conecta mediante una rosca al vástago del cilindro neumático y se atornilla al soporte en L.

Figura 33. Unión del cilindro con soporte



5.2.5 Cálculos para la selección de los componentes del mecanismo

5.2.5.1 Geometría del sistema. Los elementos geométricos a determinar en la selección del cilindro neumático son el largo del cilindro y la carrera del vástago. El parámetro a tener en cuenta para determinar estos elementos es la elevación necesaria del conjunto de corte con respecto a la lámina que se desea cortar.

Con la modelación del sistema en el software SolidWorks, se evidencia la distancia necesaria entre el conjunto de corte y el soporte en L para ambas posiciones de corte. A continuación, se describe el procedimiento.

Tabla 15. Selección del cilindro neumático

Procedimiento para determinar la geometría del cilindro neumático	
1	Se asigna la posición de corte de 90° al cilindro en su posición extendida y de 45° a su posición retraída.
2	Se elige un punto de sujeción tentativo para el cilindro neumático en la mitad del soporte en L
3	Se traza una línea de construcción desde el soporte en L y se midió la distancia desde este hasta la parte superior del soporte en U, en la orientación de corte de 90 grados. Esa distancia se toma como la longitud necesaria del cilindro.

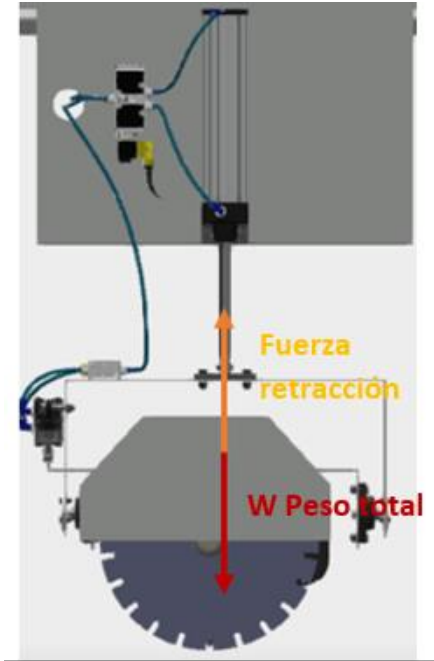
4	Se traza una línea de construcción desde el soporte en L y se midió la distancia desde este hasta la parte superior del soporte en U, en la orientación de corte de 45 grados. La diferencia de esta distancia con la medida en el paso 4, se toma como la longitud de la carrera del vástago del cilindro.
5	Se realiza la búsqueda en el catálogo del fabricante para un cilindro con las dimensiones más cercanas a las medidas.
6	Con las medidas del cilindro dadas por el fabricante, se procedió a reubicar el punto de soporte del cilindro en el soporte en L.

5.2.5.2 Fuerza efectiva. La fuerza efectiva, es la fuerza real que debe ejercer el cilindro neumático para elevar el conjunto de corte. Esta se determina a partir de un diagrama de cuerpo libre considerando el peso de los subsistemas que componen el conjunto de corte.

Tabla 16. Peso de componentes

Ítem	Nombre elemento	Peso [Kg]
1	Motor eléctrico	76
2	Placa soporte	5
3	Cuchilla y cubierta	1,5
4	Cilindro neumático	2
5	Soporte en U	4,7
6	Chumaceras	4,85
TOTAL		94,08

Tabla 17. Diagrama de cuerpo libre

Diagrama de cuerpo libre del sistema	
<p>Fuerza de retracción, movimiento inminente</p> <p>Fuerzas presentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sumatoria de los elementos del conjunto de corte "$\sum W_{sub} = W_{total}$" ▪ Fuerza de retracción del cilindro "F_c" <p>Se toma los ejes coordenados en la dirección "Y" colineal con la fuerza de retracción del cilindro</p> $\sum F_y = 0$ <ul style="list-style-type: none"> ✓ $F_c = W_{total}$ ✓ $W_{total} = 94,08 \text{ Kg}$ <p style="text-align: center;">$F_c = 922,6 \text{ [N]}$</p>	<p style="text-align: center;">Diagrama de cuerpo libre</p>  <p>El diagrama muestra un cilindro gris con una fuerza de retracción (Fuerza retracción) representada por una flecha naranja que apunta hacia arriba desde el punto de conexión superior. Una flecha roja que apunta hacia abajo desde el centro del cilindro representa el peso total (W Peso total). El cilindro está conectado a un sistema de cables y poleas superior.</p>
<p>Fuerza de retorno, movimiento inminente</p> <p>Esta fuerza se calcula para corroborar que el cilindro resista la presión ejercida cuando el conjunto de corte este descendiendo.</p> <p>Fuerzas presentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso del conjunto de corte "W_{total}" ▪ Fuerza de retorno dentro del cilindro "F_r" <p>Se toma los ejes coordenados en la dirección "y" colineal con la fuerza de empuje del cilindro.</p> $F_r = W_{total}$	

$$Presión\ interna = \frac{Fr}{\frac{\pi}{4} * D^2}$$

$$D = 63 [mm]$$

$$Presión\ interna = 296,7\ Kpa = 3\ bar$$

Ya que la presión de trabajo de este cilindro puede ser hasta de 12 bar, se puede afirmar que esta presión generada no afecta la integridad del cilindro.

5.2.5.3 Fuerza nominal. La fuerza nominal del sistema neumático es igual a la fuerza efectivo multiplicada por un factor de seguridad sugerido por el fabricante dependiente de la aplicación.

$$F_{nom} = F_{efec} * F.S$$

Para nuestra aplicación se elige el factor de seguridad de 1.5, debido a que el cilindro entra en la categoría de “Cilindro rápido con carga en toda la carrera”.

Por consiguiente, la fuerza nominal del pistón es igual a **1383,9 [N]** en retracción.

5.2.5.4 Cilindro seleccionado y esquema neumático. Los datos técnicos del cilindro seleccionado se muestran en el (ver Anexo D Figura 1)

5.2.5.5 Válvula de estrangulación de retención (A). La válvula de estrangulación de retención sirve para regular la velocidad del cilindro. Se puede ajustar manualmente el flujo de la válvula para influir en la velocidad del movimiento. A continuación, se muestran los datos técnicos de esta válvula (ver Anexo D Figura3)

5.2.5.6 Válvula direccional (B). Esta válvula permite elegir la dirección de movimiento del cilindro y el instante en el que sucede. A continuación, se muestran los datos técnicos de esta válvula. (ver Anexo D Figura 4)

5.2.5.7 Compresor (C). La selección del compresor se realiza en función de la selección previa del cilindro neumático del sistema. Los requerimientos técnicos para la selección del compresor se muestran a continuación.

- ✓ Presión de funcionamiento

La presión mínima de funcionamiento del cilindro es determinada a partir de la fuerza nominal en el movimiento de retracción. Esta fuerza resulto ser de 1383,9 [N].

$$\text{Presión min funcionamiento} = \frac{F_{\text{nom}}}{\text{Area piston}}$$

$$\text{Presión min} = 443,557 \text{ KPa} = 4,43 \text{ Bar}$$

Corroborando esta presión con los datos del fabricante del pistón, se evidencia que está dentro del rango del fabricante (0,4 – 12 bar). Por lo tanto, el parámetro de selección en cuanto a presión de funcionamiento se ubica en el rango de 4,43 a 12 Bar.

Sin embargo, por sugerencia del fabricante del cilindro, sabemos que es deseable contar con por lo menos el doble de la presión mínima de trabajo en la línea neumática. Por lo tanto, nuestro rango de presión para el compresor esta entre 6 – 12 Bar.

- ✓ Volumen y caudal de aire

Este requerimiento se basa en el volumen de aire que es desplazado por el cilindro al completar su carrera. Con los datos del diámetro del pistón 63 [mm] y de la longitud de la carrera 250 [mm] sabemos que el volumen desplazado es aproximadamente **de 0,77 litros**.

El tiempo de ejecución del movimiento estará controlado por la válvula de estrangulación de retención, cuyo caudal se puede ajustar entre 1080 – 1420 l/min (para posicionamiento).

Por lo tanto, el compresor a elegir debe cumplir con tener un volumen de aire comprimido disponible mayor a 0,77 litros con una rapidez de reposición menor a 1

minuto (tiempo estimado de corte por lamina). Es decir, un desplazamiento a una presión mayor a la mínima de trabajo (6 bar) mayor a 0,77 litros por minuto, para este sistema.

La selección del compresor se detallará en el capítulo del subsistema de rotación. Se considera un compresor que supliera ambas líneas neumáticas según los requerimientos de cada cilindro. (ver Anexo D Figura 9)

5.3 DISEÑO Y CÁLCULO DEL SUBSISTEMA DE INCLINACION DEL DISCO

5.3.1 Justificación del subsistema. Actualmente, las cortadoras de mármol industriales vienen equipadas con subsistemas que permiten realizar el corte de lámina a 45 grados. Este tipo de corte es ampliamente utilizado para realizar empalmes entre dos laminas y así ensamblar estructuras como mesas y muebles.

Figura 34. Acabado de 45°.

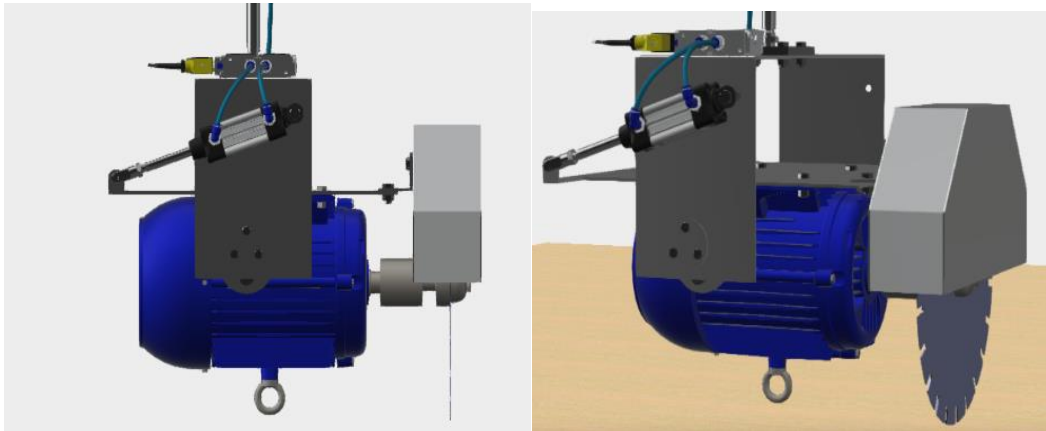


Fuente:Acabadosmármolelimperio.<https://www.google.com/search?q=acabados+marmol&sxsrf=ALeKk03B>

5.3.2 Descripción del subsistema. El subsistema de corte de lámina a 45 grados es un mecanismo (cilindro neumático – placa soporte) simple que describe un movimiento alternativo entre dos posiciones, la posición de corte perpendicular a la lámina (90 grados) y la posición de corte a 45 grados. Este mecanismo comprende

un cilindro neumático, un compresor y un soporte donde se soporta el motor que acciona el disco de corte.

Figura 35. Subsistema de inclinación.



5.3.3 Criterios de selección del cilindro neumático para la aplicación. Los criterios para seleccionar un sistema neumático para esta aplicación fueron los siguientes:

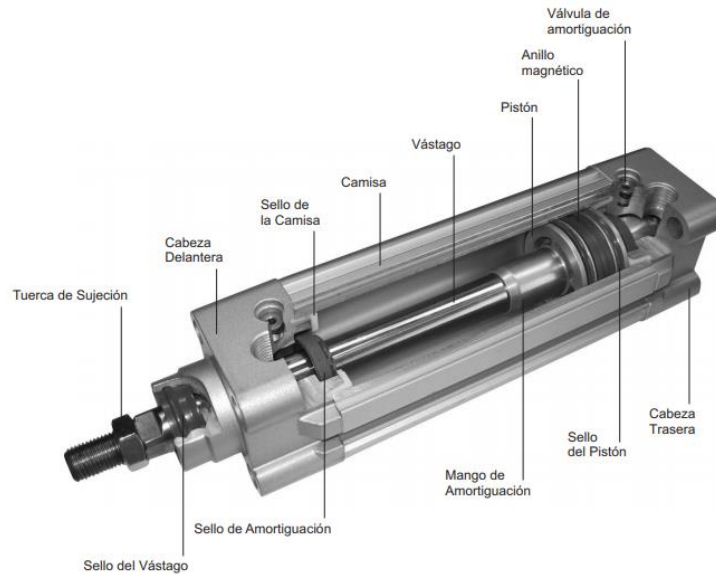
- Movimiento alternativo de dos posiciones
- Baja carga de trabajo nominal
- Requerimiento de rapidez en el movimiento entre las posiciones de corte del sistema
- Sistema compacto y liviano
- Sistema de fácil control (electroválvulas con entrada digital)
- Sistema confiable y de bajo mantenimiento
- Sistema de bajo costo

5.3.4 Descripción de los componentes del mecanismo

5.3.4.1 Cilindro neumático. El cilindro neumático es el encargado de ejercer la fuerza necesaria para que se produzca la rotación entre las posiciones de corte de

45° y 90°. Este cilindro empuja y retrae la placa que soporta el motor de corte, la cual a su vez esta soportada sobre dos chumaceras que permiten su rotación, como se indica en la figura 36. (ver Anexo D Figura 5)

Figura 36. Cilindro neumático



Fuente: Cilindros neumáticos. <http://www.airmaticltd.com/assets/01-cilindros.pdf>

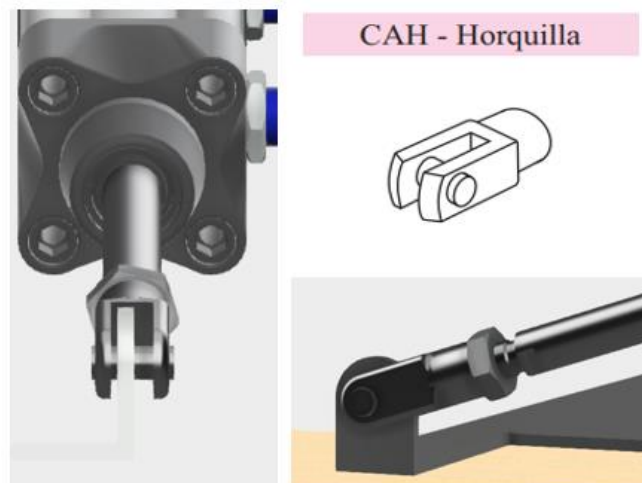
El cilindro neumático es del tipo de doble efecto (empuje y retracción). Cuenta con un vástago roscado en su extremo que permite facilidad en montajes mecánicos. Así mismo, cuenta con una válvula estranguladora para regular la velocidad de su desplazamiento y un mecanismo de bloqueo en ambas posiciones. Los detalles de su cálculo y selección se presentan en capítulos posteriores junto con la ficha técnica del fabricante.

5.3.4.2 Compresor. El compresor es el encargado de suministrar aire presurizado a la válvula de selección de movimiento (empuje y retracción) y esta a su vez permite el paso del aire al interior de la cámara del cilindro. Su selección fue llevada a cabo siguiendo los parámetros del fabricante del cilindro neumático en cuanto a la presión

y el volumen del cilindro. Los detalles de su cálculo y selección se presentan en el capítulo 5.3.5.7 y la ficha técnica del fabricante en Anexo D Figura 9.

5.3.4.3 Placa inclinable. La placa soporte cumple con la función de sostener el motor de corte y moverse solidariamente con este. La unión de la placa al vástago del cilindro neumático se realiza a través de un elemento de unión CAH Horquilla, como se muestra en la imagen.

Figura 37. Cabezal del vástago

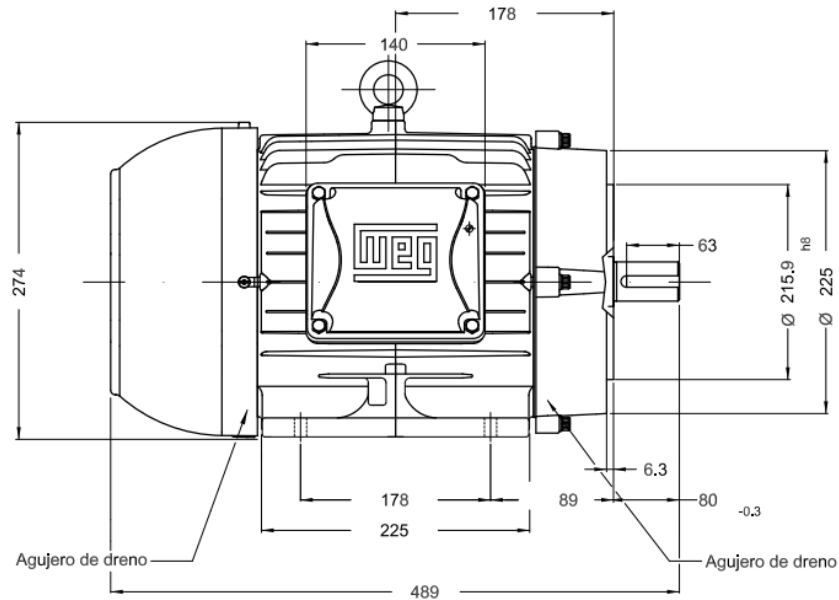


Este elemento de unión cuenta con una conexión roscada hembra para unirse al vástago del cilindro neumático. Para su unión con la placa, se usa un tornillo el cual es pasante a la horquilla del cilindro y a otra horquilla que se encuentra soldada a la placa soporte.

5.3.5 Cálculos para la selección de los componentes del mecanismo

5.3.5.1 Geometría del sistema. Los elementos geométricos a determinar en la selección del cilindro neumático son el largo del cilindro y la carrera del vástago. Los parámetros a tener en cuenta para determinar estos elementos son la geometría del motor de corte y los ángulos de corte que se definieron para la maquina (45° y 90°).

Figura 38. Geometría del motor



Fuente: WEG. https://www.weg.net/catalog/weg/CO/es/Motores-EI%C3%A9ctricos/c/EU_MT

Con la modelación de estos elementos en el software SolidWorks, se evidencia la longitud necesaria del cilindro y la carrera del vástago para que el motor de corte pudiese alternar entre los dos ángulos de corte. A continuación, se describe el procedimiento.

Tabla 18. Proceso para determinar la geometría

Procedimiento para determinar la geometría del cilindro neumático	
1	Se asigna la posición de corte de 90° al cilindro en su posición extendida y de 45° a su posición retraída.
2	Se asigna la geometría a la placa inclinable en base de la geometría y peso del motor de corte.

3	Se elige un punto de sujeción tentativo para el cilindro neumático cercano al eje de la chumacera de la placa de soporte.
4	Se traza una línea de construcción desde el soporte en U del sistema y se midió su longitud en ambas posiciones de corte.
5	Con la medida de la línea de construcción en la posición de 45° se determina la longitud del cilindro y con la medida a 90° menos la longitud del cilindro se determina la carrera del vástago (con la consideración de que esta fuera menor).
6	Se realiza la búsqueda en el catálogo del fabricante para un cilindro con las dimensiones más cercanas a las medidas.
7	Con las medidas del cilindro dadas por el fabricante, se procedió a reubicar el punto de soporte del cilindro en el soporte en U.

5.3.5.2 Fuerza efectiva. La fuerza efectiva, es la fuerza real que debe ejercer el cilindro neumático para hacer rotar el motor de corte entre sus dos posiciones de trabajo. Esta se determina a partir de un diagrama de cuerpo libre considerando el peso del motor (dado en el catálogo del fabricante) y el de la placa y sus dos puntos de apoyo en las chumaceras. El peso del motor más el peso de la placa es de 90 kg.

Tabla 19. Diagrama de cuerpo libre del sistema

Diagrama de cuerpo libre del sistema	
Fuerza de retracción, movimiento inminente Fuerzas presentes:	Diagrama de cuerpo libre

- Peso del motor y de la placa “W”
- Fuerza de fricción en las chumaceras “Ff”
- Fuerza de retracción del cilindro “Fc”

Se toma los ejes coordenados en la dirección “X” colineal con la fuerza de retracción del cilindro

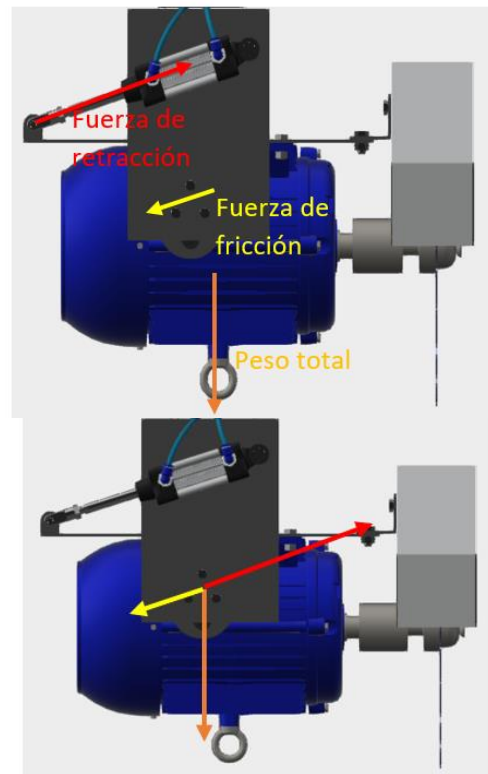
$$\sum F_x = 0$$

$$(1) F_c = F_f$$

$$(2) F_f = \frac{W}{2} * \mu * \sin(45)$$

$$(3) \mu = 0,25$$

$$F_c = 78,1 \text{ [N]}$$



Fuerza de retorno, movimiento inminente

Esta fuerza se calcula para corroborar que el cilindro resista la presión ejercida cuando el sistema pase de la posición de 45° a 90°.

Fuerzas presentes:

- Peso del motor y de la placa "W"
- Fuerza de retorno dentro del cilindro " Fr "

Se toma los ejes coordenados en la dirección "X" colineal con la fuerza de empuje del cilindro.

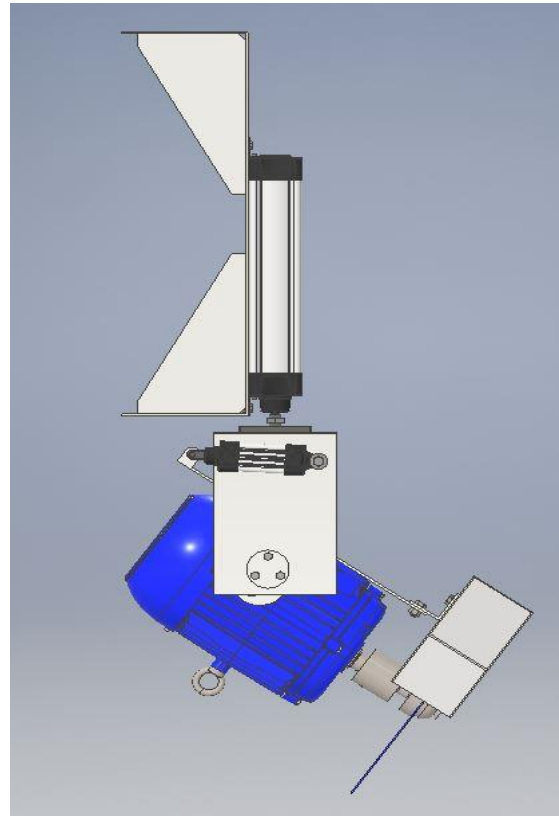
$$Fr = \frac{w}{2}$$

$$\text{Presión interna} = \frac{Fr}{\frac{\pi}{4} * D^2}$$

$$D = 50 [mm]$$

$$\begin{aligned} \text{Presión interna} &= 224.885 \text{ Kpa} \\ &= 2,24 \text{ bar} \end{aligned}$$

Ya que la presión de trabajo de este cilindro puede ser hasta de 12 bar, se puede afirmar que esta presión generada no afecta la integridad del cilindro.



5.3.5.3 Fuerza nominal. La fuerza nominal del sistema neumático es igual a la fuerza efectiva multiplicada por un factor de seguridad sugerido por el fabricante dependiente de la aplicación.

$$F_{nom} = F_{efec} * F.S$$

Para esta aplicación se elige el factor de seguridad de 1.5, debido a que el cilindro entra en la categoría de "Cilindro rápido con carga en toda la carrera".

Por consiguiente, la fuerza nominal del pistón es igual a **117,15 [N]** en retracción.

5.3.5.4 Cilindro seleccionado y esquema neumático. Los datos técnicos del cilindro seleccionado se muestran a continuación. (ver Anexo D Figura 5)

5.3.5.5 Válvula de estrangulación y antirretorno (A). La válvula de estrangulación y antirretorno sirve para regular la velocidad del cilindro. Se puede ajustar manualmente el flujo de la válvula para influir en la velocidad del movimiento. A continuación, se muestran los datos técnicos de esta válvula. (ver Anexo D Figura 7)

5.3.5.6 Válvula direccional (B). Esta válvula permite elegir la dirección de movimiento del cilindro y el instante en el que sucede. Es una válvula de dos vías y dos posiciones. A continuación, se muestran los datos técnicos de esta válvula. (ver Anexo D Figura 8)

5.3.5.7 Compresor (C). La selección del compresor se realiza en función de la selección previa del cilindro neumático del sistema. Los requerimientos técnicos para la selección del compresor se muestran a continuación.

- ✓ Presión de funcionamiento

La presión mínima de funcionamiento del cilindro es determinada a partir de la fuerza nominal en el movimiento de retracción. Esta fuerza resulto ser de 117,15

$$[N]. \text{ Presión min funcionamiento} = \frac{F_{nom}}{\text{Area piston}}$$

$$\text{Presión min} = 60 \text{ KPa} = 0.6 \text{ Bar}$$

Corroborando esta presión con los datos del fabricante del pistón, se evidencia que está dentro del rango del fabricante (0,4 – 12 bar). Por lo tanto, el parámetro de selección en cuanto a presión de funcionamiento se ubica en el rango de 0,6 a 12 Bar.

Sin embargo, por sugerencia del fabricante del cilindro, sabemos que es deseable contar con por lo menos el doble de la presión mínima de trabajo en la línea neumática. Por lo tanto, nuestro rango de presión para el compresor esta entre 1,2 – 12 Bar.

✓ Volumen y caudal de aire

Este requerimiento se basa en el volumen de aire que es desplazado por el cilindro al completar su carrera. Con los datos del diámetro del pistón 50 [mm] y de la longitud de la carrera 150 [mm] sabemos que el volumen desplazado es aproximadamente de 0,3 litros.

El tiempo de ejecución del movimiento estará controlado por la válvula de estrangulación de retención, cuyo caudal se puede ajustar entre 175 – 250 l/min. Eligiendo el caudal mínimo, tenemos un tiempo de accionamiento del sistema de aproximadamente 1 segundo.

$$✓ \text{ Tiempo} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Caudal}}$$

Por lo tanto, el compresor a elegir debe cumplir con tener un volumen de aire comprimido disponible mayor a 0,3 litros con una rapidez menor a 1 minuto (tiempo estimado de corte por lamina). Es decir, un desplazamiento a una presión mayor a la mínima de trabajo (1,2 bar) mayor a 0,3 litros por minuto.

El compresor seleccionado es el modelo Euro 6 de la marca Bauker. Su rango de presión de funcionamiento es de (6-8 bar) estando dentro del rango requerido por

la presión mínima de funcionamiento de ambos sistemas neumáticos. La capacidad de su tanque es de (6 litros) y su desplazamiento a la presión de (6 bar) es de (55 litros por minuto). Por lo tanto, tiene la capacidad para suministrar aire comprimido a ambos cilindros neumáticos (el volumen de ambos sumados es de 1,07 litros y su desplazamiento a la presión operativa de 6 bar (55 litros por minutos) supera la razón de caudal de suministro a ambos cilindros neumáticos de 1 litro por minuto aproximadamente. (ver Anexo D Figura 9)

5.4 DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE CORTE

5.4.1 Calculo de fuerzas de corte. Se hizo una prueba experimental bajo unas condiciones para obtener un valor de la potencia del motor cercano a la realidad. Las condiciones fueron las siguientes:

Se instaló un disco de corte diamantado de 7 in de diámetro a un motor de 3 hp y 1800 rpm a 220v con el objetivo de cuantificar la fuerza de corte necesaria para remover material de una lámina de mármol. La prueba se hizo usando una tronzadora de la que se conocían las características del motor.

Tabla 20. Cálculos para la fuerza de corte.



Parámetro	Ecuación	Valor
Potencia del motor (Pot)	No aplica	3 Hp
RPM (n)	No aplica	1800 RPM
Diámetro (d)	No aplica	7in=17,8 cm
Velocidad lineal (v)	$2 \cdot \pi \cdot n \cdot r / 60$	16,8 m/s
Fuerza de corte (F)	Pot/v	133,2 N

Independientemente de cuál sea el diámetro del disco de corte que se use para remover material en la lámina de mármol, la fuerza de corte será la misma.

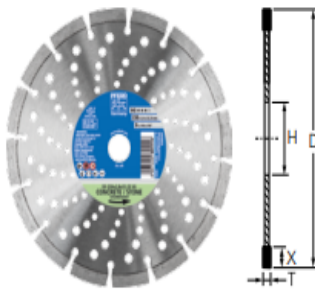
Para el sistema de corte de la maquina se seleccionó un disco diamantado de 350mm de diámetro con aglomerante galvánico, su característica principal es una única capa de abrasivo de diamante o grano CBN. Se denomina capa de abrasivo a la fijación de granos abrasivos sobre un cuerpo metálico base mediante una capa de níquel aplicada electroquímicamente. La capa de níquel equivale aproximadamente a la mitad del diámetro del grano utilizado.

Figura 39. Discos de corte, aglomerante y granos abrasivos.



Fuente: Catalogo PFERD. <https://www.pferd.com/images/katalog-5-wzh-23-web-es.pdf?fbclid=IwAR0ADUPevieDJE1VFf0tz9Kd8h45KI5bElbonWYz0HKR2xysLVRa3xFHC9Q>

Figura 40. Características del disco de corte



Ejecución DS SG


Herramienta potente con banda segmentada para un corte rápido y agresivo, con alta potencia de corte y larga vida útil.

Recomendaciones de uso:

- En el caso de los discos de corte de diamante en ejecución DS con 300 a 400 mm de diámetro, la velocidad de trabajo máxima es 100 m/s.
- Adecuados para amoladoras angulares de cualquier clase de potencia.

Nota para pedido:

- Para el uso en amoladoras angulares, todos los discos de corte de diamante con ϕ del agujero interior 25,4 mm se suministran con un anillo reductor a 22,23 mm.

D [mm]	T [mm]	EAN 4007220	H [mm]	X [mm]	máx.		Referencia
115	2,4	801086	22,23	10	13.300	1	DS 115 x 2,4 x 22,23 SG
125	2,4	801093	22,23	10	12.200	1	DS 125 x 2,4 x 22,23 SG
178	2,6	801109	22,23	10	8.600	1	DS 178 x 2,6 x 22,23 SG
230	2,8	801116	22,23	10	6.600	1	DS 230 x 2,8 x 22,23 SG
300	2,8	801123	20,0	10	6.400	1	DS 300 x 2,8 x 20,0 SG
		801147	25,4 (22,23)	10	6.400	1	DS 300 x 2,8 x 25,4 SG
350	2,8	801154	20,0	10	5.400	1	DS 350 x 2,8 x 20,0 SG
		801161	25,4 (22,23)	10	5.400	1	DS 350 x 2,8 x 25,4 SG
400	3,2	801178	25,4 (22,23)	10	4.800	1	DS 400 x 3,2 x 25,4 SG

Fuente: Catálogo PFERD. <https://www.pferd.com/images/katalog-5-wzh-23-web-es.pdf?fbclid=IwAR0ADUPevieDJE1VF0tz9Kd8h45KI5bElbonWYz0HKR2xysLVRa3xFHC9Q>

Para el corte se seleccionó un motor de 3600RPM porque se necesita alta velocidad y baja fuerza para el corte. Del catálogo se seleccionó un disco de corte de 350mm de diámetro y conociendo la fuerza de corte se procede a calcular la potencia necesaria para que el motor mueva el disco y se haga el corte de forma precisa.

5.4.2 Cálculo y selección del motor de corte. Teniendo en cuenta los parámetros de diseño (RPM y disco de corte) se procedió a calcular la potencia requerida por el motor para el corte y los resultados y ecuaciones se adjuntaron en la siguiente tabla.

Tabla 21. Cálculo de la Potencia en el motor de corte.

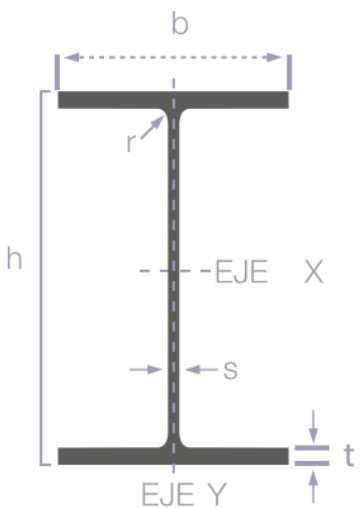
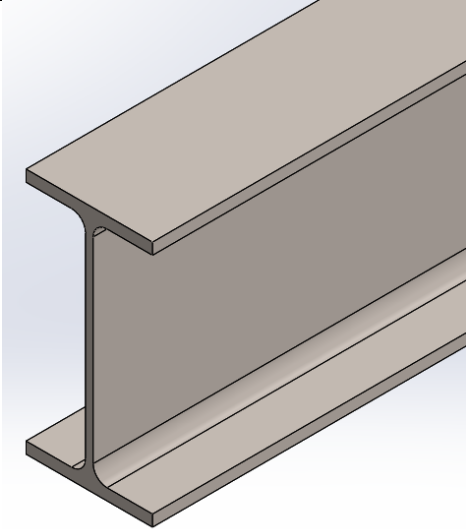
MOTOR DE CORTE		
		
Fuente: EMARESA. http://emaresa.cl/ambitos/c/motores/		
Parámetro	Ecuación	Valor
Diámetro del disco (d)	No aplica	350 mm
RPM (n)	No aplica	3600 RPM
Fuerza de corte (F)	No aplica	133,2 N
Velocidad lineal (v)	$2 \cdot \pi \cdot n \cdot r / 60$	66 m/s
Potencia del motor (Pot)	$F \cdot V$	12 Hp

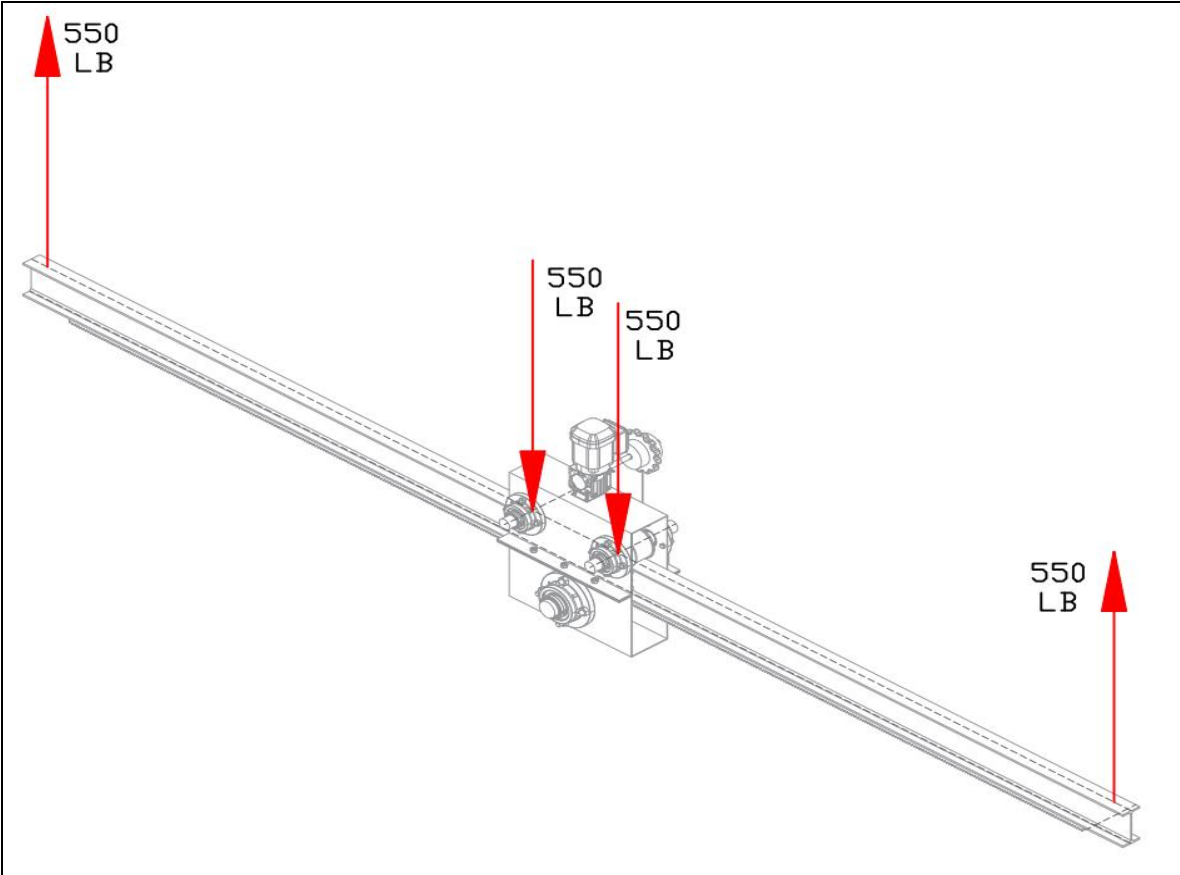
En conclusión, para el corte de mármol se requiere un motor de 12Hp que gire a 3600RPM con un disco de corte de 350mm de diámetro y se seleccionó un motor marca WEQ de referencia W22 con código 13054387. La ficha técnica del motor está en los anexos del proyecto.

5.5 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA

5.5.1 Vigas. Para las vigas que soportan los carros, se usaron tres vigas: Hot Rolled I And H Section – IPE Beam. IPE 160 x 5400, una principal donde está el carro-riel-guía principal y las otras dos dispuestas paralelas y a determinada distancia las cuales soportan el peso de la IPE principal.

Tabla 22. Analisis de la viga

ANÁLISIS VIGA PUENTE						
Características geometricas						
						
Dimensiones						
h (mm)	s (mm)	b (mm)	t (mm)	r (mm)	Peso (Kg/m)	Area (cm ²)
160	5,0	82	7,4	9	15,8	20,10
Momentos de inercia						
I _x (cm ⁴)			I _y cm ⁴			
869,0			68,30			
Modulo de seccion						
S _x (cm ³)			S _y (cm ³)			
109,0			16,70			
Fuerzas						



Fuerzas sobre los rodillos:	550 [LB]
Reacciones:	550 [LB]

Diagramas

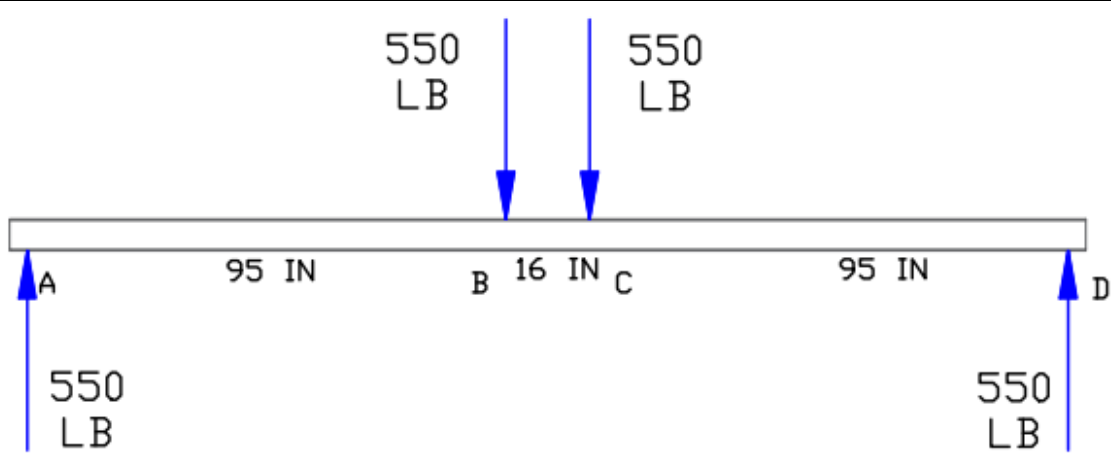


DIAGRAMA CORTANTE

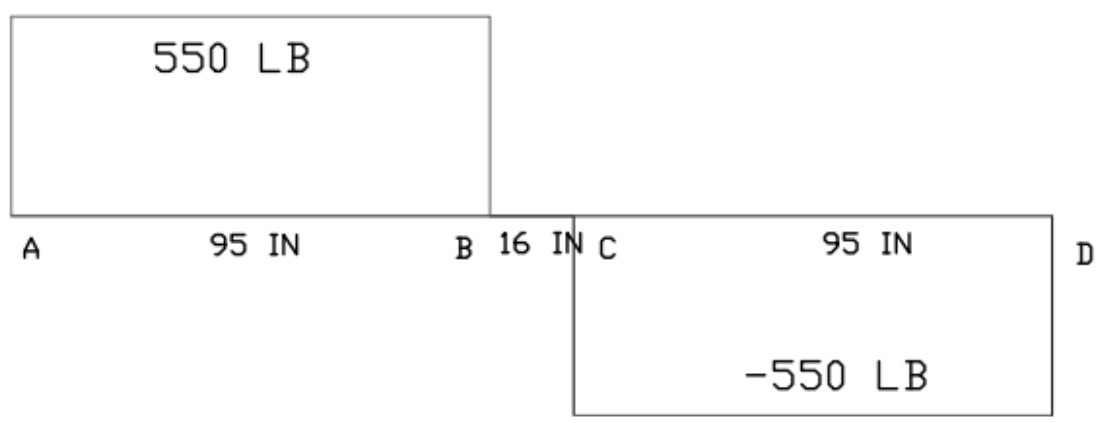
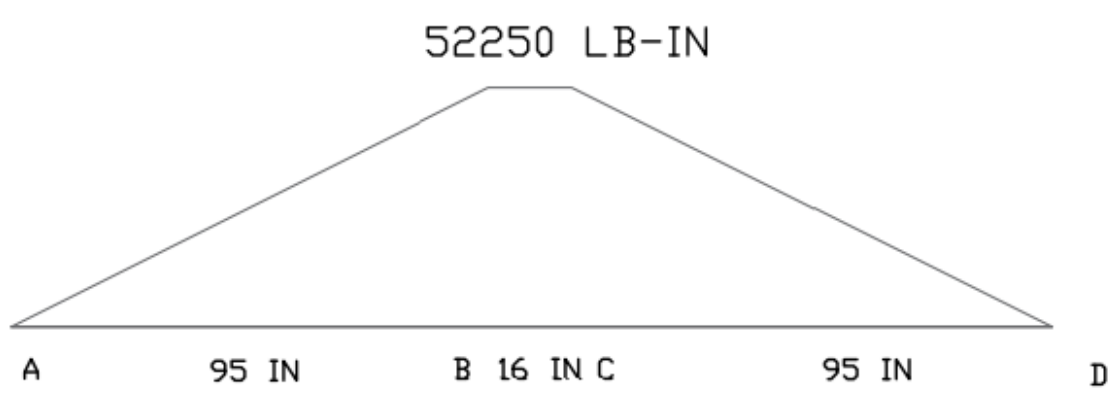
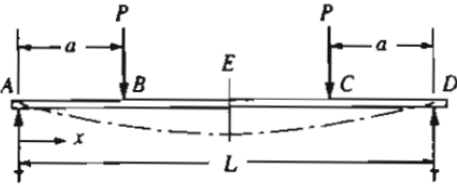
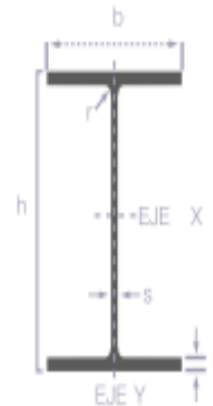


DIAGRAMA DE FLEXION



Esfuerzo debido a flexion		
Modulo de seccion (S_x)	Tabla 22	$S_x = 109,0 \text{ [cm}^3\text{]}$ $S_x = 6,65159 \text{ [in}^3\text{]}$
Magnitud del modelo de flexion en el pico para el modelo propuesto		$M = 7600 \text{ [Lb} \cdot \text{in]}$
Formula de flexion (σ)	$\sigma = M/S$	$\sigma = 1142,583 \text{ [psi]}$
Formulas para deflexion de vigas simplemente apoyadas		
		$y_E = y_{\text{m}\acute{a}\text{x}} = \frac{-Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2) \text{ en el centro}$ $y_B = y_C = \frac{-Pa^2}{6EI} (3L - 4a) \text{ en las cargas}$ <p>Entre A y B:</p> $y = \frac{-Px}{6EI} (3aL - 3a^2 - x^2)$ <p>Entre B y C:</p> $y = \frac{-Pa}{6EI} (3Lx - 3x^2 - a^2)$
DEFLEXION EN EL PUNTO E. ($Y_E = Y_{\text{MAX}}$)	$Y_E = Y_{\text{max}} = -\frac{Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2)$ <p>En el centro.</p>	
	$Y_E = Y_{\text{max}} = -3.45 \text{ [mm]}$	
DEFLEXION EN EL PUNTO B Y C. $Y_B = Y_C$	$Y_B = Y_C = -\frac{Pa}{6EI} (3L - 4a)$ <p>En las cargas.</p>	
	$Y_B = Y_C = 1.34 \text{ [mm]}$	
ENTRE A y B.	$Y = -\frac{Px}{6EI} (3aL - 4a^2 - x^2)$	
ENTRE B y C.	$Y = -\frac{Pa}{6EI} (3Lx - 4x^2 - a^2)$	

Vigas IPE



Designación	Dimensiones (mm)					Peso (kg/m)	Área (cm ²)	Momento de Inercia (cm ⁴)		Módulo de Sección (cm ³)	
	Altura		Ala		Dist.			I _x	I _y	S _x	S _y
	h	s	b	t							
IPE 80	80	3.8	46	5.2	5	6.0	7.64	80.1	8.49	20.0	3.69
IPE 100	100	4.1	55	5.7	5	8.1	10.30	171.0	15.90	34.2	5.79
IPE 120	120	4.4	64	6.3	7	10.4	13.20	318.0	27.70	53.0	8.65
IPE 140	140	4.7	73	6.9	7	12.9	16.40	541.0	44.90	77.3	12.30
IPE 160	160	5.0	82	7.4	9	15.8	20.10	869.0	68.30	109.0	16.70
IPE 180	180	5.3	91	8.0	9	18.8	23.90	1320.0	101.00	146.0	22.20

NORMAS

ASTM A572 Grado 50

F_y= 3500 Kg/cm²

ASTM A992

F_y= 3500 Kg/cm²

5.5.2 Columnas. Para las columnas que soportan las vigas, se usaron 4 perfiles cuadrados: Tube square 100 x 100 x 3.2 dispuestos en los extremos de la viga.

Una columna es un miembro estructural que soporta una carga axial de compresión, y que tiende a fallar por inestabilidad elástica o pandeo, más que por aplastamiento del material.

Se ilustrará el proceso para el cálculo de las columnas.

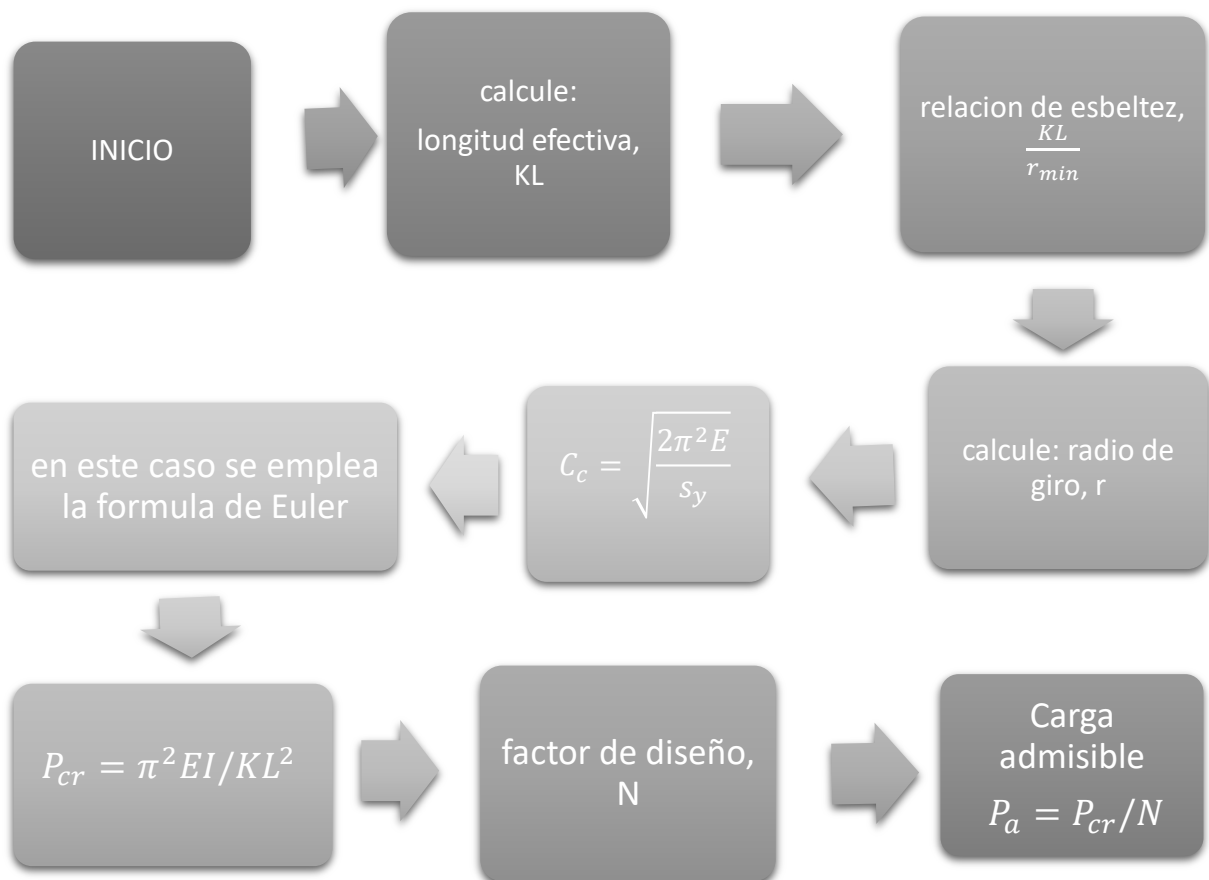
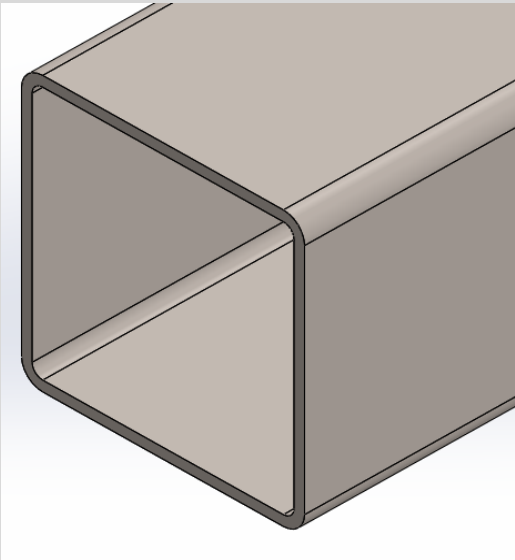
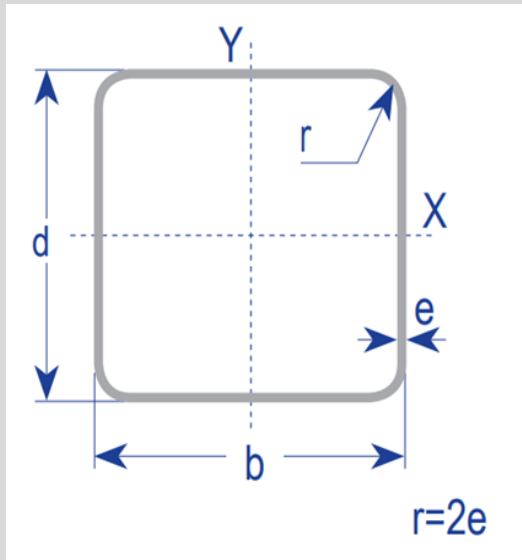


Tabla 23. Análisis de columnas

ANÁLISIS COLUMNA		
		
Datos		
Fijación de extremos	<p style="text-align: center;">Empotrada-libre</p> <p style="text-align: center;">Valor teórico: $K = 2,0$</p> <p style="text-align: center;">Valores prácticos: $K = 2,10$</p>	
Longitud de la columna	$L = 80,32$ [in]	
Propiedades del material	<p style="text-align: center;">Norma ASTM A-500 grado B</p> <p style="text-align: center;">Resistencia de fluencia:</p> <p style="text-align: center;">$s_y = 46000$ [psi]</p> <p style="text-align: center;">Módulo de elasticidad:</p> <p style="text-align: center;">$E = 30 \times 10^6$ [psi]</p>	
Propiedades de la sección transversal	<p style="text-align: center;">Área: $A = 2,32$ [in²] = $14,95$ [cm²]</p> <p style="text-align: center;">Momento de inercia: $I = 5,43$ [in⁴]</p> <p style="text-align: center;">Radio de giro: $r = 1,53$ [in]</p>	
Parámetro	Ecuación	Valor
Longitud efectiva	$L_e = K * L$	$L_e = 168,7$ [in]

Radio de giro	$r = \sqrt{I/A}$	r = 1,53 [in]
Relación de esbeltez	$RE = KL/r$	RE = 110,3
Relación de esbeltez de transición	$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$	C_c = 113,5
Como $\frac{KL}{r} < C_c$ la columna es corta y se emplea la ecuación de Johnson.		
Se calcula la carga crítica P_{cr} , que es donde la columna comenzara a pandearse.		
Parámetro	Ecuación	Valor
Carga crítica	$P_{cr} = AS_y \left[1 - \frac{S_y(KL/r)^2}{4\pi^2 E} \right]$	P_{cr} = 51705, [lb]
Factor de diseño	-----	N = 3
Carga admisible	$P_a = \frac{P_{cr}}{N}$	P_a = 17235 [lb]
RESUMEN		
Los perfiles tubulares COLMENA cumplen con la norma ASTM A-500 grado C. Esfuerzo de fluencia FY=50.000 psi (350 MPa) Perfil cuadrado 100 x 100 x 3,2 mm. Longitud= 100 in.		

CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACIÓN							PROPIEDADES ESTÁTICAS						UNIDADES DE EMPAQUE
TAMAÑO PERFIL				Espesor pared e mm	Peso P Kg/m	Area A cm ²	FLEXION			TORSION			
TAMAÑO NOMINAL		REAL					Momento inercia Ix=ly cm ⁴	Módulo elástico Sx=Sy cm ³	Radio de giro rx=ry cm	Módulo plástico Zx=Zy cm ³	Momento inercia J cm ⁴	Módulo elástico B cm ³	
PULGADAS	MILÍMETROS	d mm	b mm										
1 X 1	25 X 25	26.70	26.70	1.50	1.16	1.48	1.51	1.13	1.01	1.35	2.49	1.71	36
1 X 1	25 X 25	26.70	26.70	2.50	1.87	2.38	2.12	1.59	0.94	2.00	3.80	2.47	36
1 1/2 X 1 1/2*	40 X 40	40.00	40.00	1.50	1.73	2.20	5.49	2.75	1.58	3.22	8.77	4.13	25
1 1/2 X 1 1/2	40 X 40	40.00	40.00	2.00	2.32	2.96	6.94	3.47	1.53	4.13	11.36	5.25	25
1 1/2 X 1 1/2	40 X 40	40.00	40.00	2.50	2.81	3.58	8.22	4.11	1.51	4.97	13.79	6.25	25
2 X 2*	50 X 50	51.60	51.60	1.50	2.29	2.92	12.21	4.73	2.05	5.50	19.23	7.11	25
2 X 2	50 X 50	51.60	51.60	2.00	3.10	3.95	15.63	6.06	1.99	7.12	25.05	9.13	25
2 X 2	50 X 50	51.60	51.60	2.50	3.74	4.77	18.75	7.27	1.98	8.64	30.61	10.99	25
2 X 2	50 X 50	50.00	50.00	3.00	4.25	5.41	19.47	7.79	1.90	9.39	32.53	11.84	25
2 3/4 X 2 3/4*	70 X 70	70.90	70.90	1.50	3.20	4.08	32.72	9.23	2.83	10.63	50.84	13.86	16
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70.90	70.90	2.00	4.32	5.50	42.38	11.96	2.78	13.88	66.66	17.97	16
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70.90	70.90	2.50	5.26	6.70	51.44	14.51	2.77	16.99	81.96	21.86	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	3.00	6.60	8.41	71.62	19.10	2.92	22.49	115.14	28.81	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	4.00	8.59	10.95	90.19	24.05	2.87	28.76	148.83	36.48	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	5.00	10.48	13.36	106.33	28.35	2.82	34.46	180.41	43.33	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	6.00	12.27	15.63	120.16	32.04	2.77	39.58	209.99	49.43	16
3 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90.20	90.20	2.00	5.57	7.10	89.47	19.84	3.55	22.88	139.26	29.80	16
3 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90.20	90.20	2.50	6.81	8.67	109.31	24.24	3.55	28.13	171.82	36.44	16
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	2.00	6.07	7.74	123.01	24.60	3.99	28.30	190.75	36.94	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	3.00	8.96	11.41	177.05	35.41	3.94	41.21	279.48	53.27	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	4.00	11.73	14.95	226.35	45.27	3.89	53.30	364.04	68.31	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	5.00	14.41	18.36	271.10	54.22	3.84	64.59	444.62	82.14	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	6.00	16.98	21.63	311.47	62.29	3.79	75.10	521.39	94.85	9
	135 X 135	135.00	135.00	4.00	16.13	20.55	581.70	86.18	5.32	100.25	917.81	129.65	9
	135 X 135	135.00	135.00	5.00	19.90	25.36	704.91	104.43	5.27	122.53	1127.65	157.44	9
	135 X 135	135.00	135.00	6.00	23.58	30.03	819.72	121.44	5.22	143.72	1330.14	183.57	9
	150 X 150	150.00	150.00	6.00	26.40	33.63	1145.91	152.79	5.84	179.88	1843.64	230.58	9
	200 X 200	200.00	200.00	5.00	30.11	38.36	2410.09	241.01	7.93	278.87	3771.59	362.24	9
	250 X 250	250.00	250.00	7.00	52.42	66.78	6508.73	520.70	9.87	604.58	10241.82	783.15	6
	300 X 300	300.00	300.00	7.00	63.41	80.78	11466.21	764.41	11.91	882.82	17892.12	1148.60	6

Se usa el análisis de un software para comprobar que los factores de seguridad del sistema sean aprobados por el diseño y la resistencia de materiales.

Tabla 24. Análisis estructural.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad	Automático	3,03 Nodo: 216	62,16 Nodo: 467
Desplazamiento	Automático	0 mm Nodo: 216	2,7mm Nodo: 467

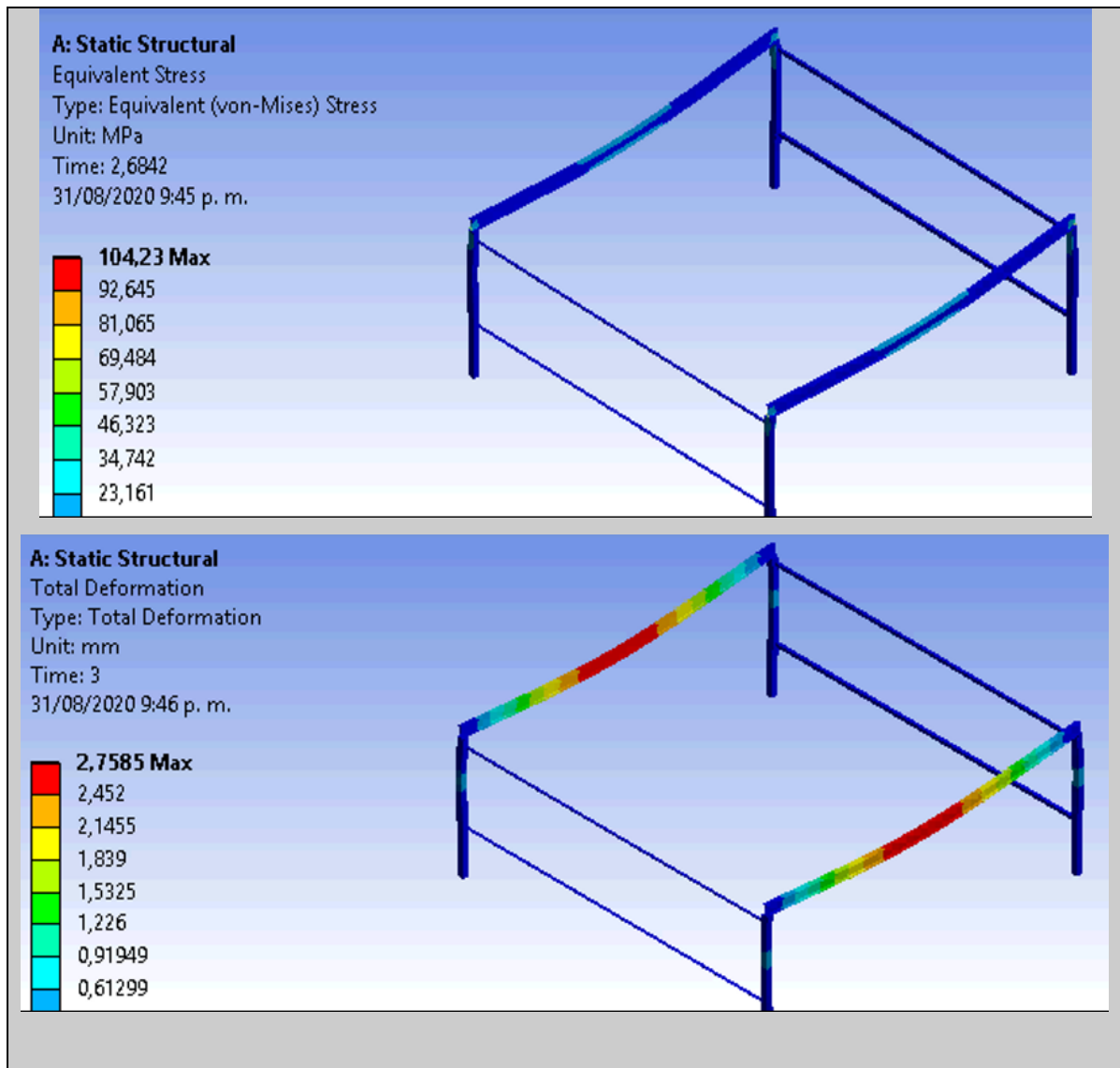


Tabla 25. Resultados de la viga puente

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad	Automático	2,758e+00 Nodo: 1	1,173e+02 Nodo: 52
Desplazamiento	Automático	0,00 mm Nodo: 1	0,56 mm Nodo: 105

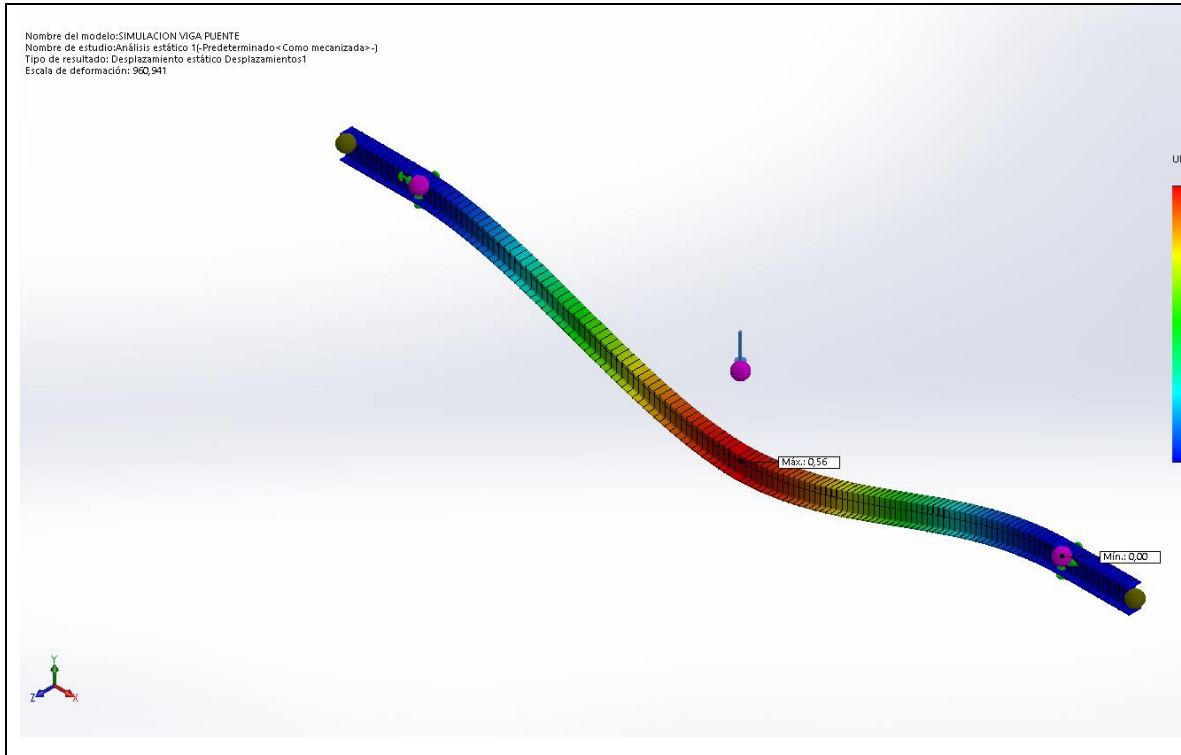


Tabla 26. Resultados estructural de la mesa

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1,09	4,00
Desplazamiento	Automático	0,000e+00 mm	0,78 mm

A: Static Structural

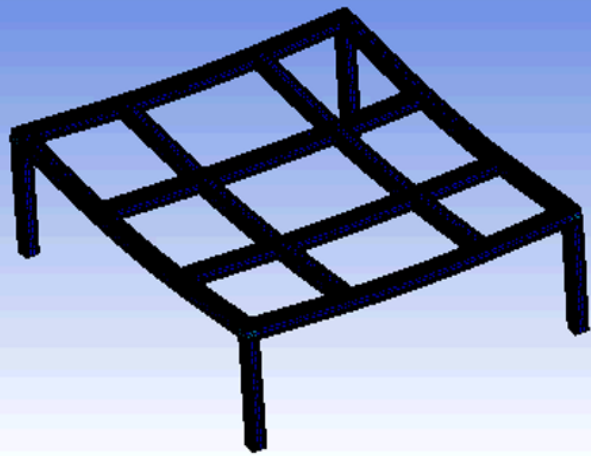
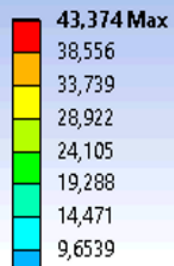
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 0,52632

01/09/2020 12:41 p. m.



A: Static Structural

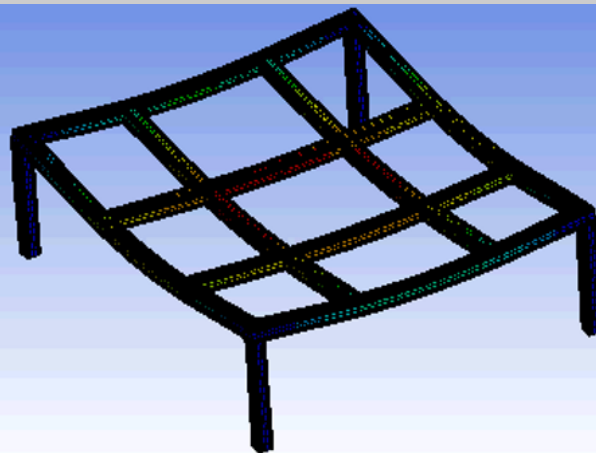
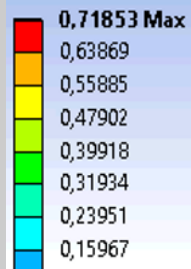
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 0,94737

01/09/2020 12:40 p. m.

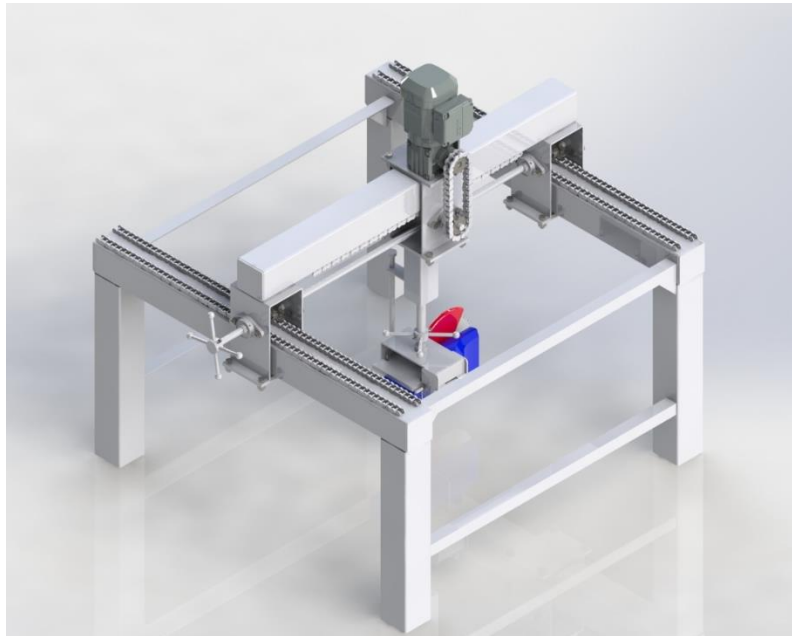


6. INGENIERÍA DE LA MANUFACTURA

Validando el diseño de la maquina presentada en los capítulos anteriores, se diseña y construye un modelo a escala (prototipo), con el fin de representar el principio de funcionamiento de cada uno de los subsistemas y comprobar el funcionamiento de la máquina y la calidad en el corte.

El punto de partida para el diseño y construcción del prototipo fue la escala que se estima en una proporción de 1:5. Partiendo de esto y optimizando los recursos económicos disponibles se simplifica el diseño de algunos subsistemas y se desarrolla con subsistemas equivalentes.

Figura 41. Prototipo cortadora mármol



En la siguiente tabla se encuentra una comparación entre los subsistemas del prototipo y la máquina. En ella se indican los elementos o subsistemas equivalentes montados en el prototipo, cabe aclarar que tienen la misma función de la máquina. La principal causa de estos cambios es netamente económica.

Tabla 27. Comparación entre máquina y prototipo

Subsistema	Máquina	Prototipo
Desplazamiento	<p>Transmisión para desplazamiento: piñón (engranaje recto)-cremallera.</p> <p>Elemento de soporte de carga: se usaron rodillos de bronce equidistantes sobre el cual va soportado el peso del brazo-portaherramientas.</p>	<p>Transmisión para el desplazamiento: Catarina-cadena (eslabones desmontables)</p> <p>Elemento de soporte de carga: se usa una lámina de un polímero de alta densidad (elemento de bajo coeficiente de fricción).</p>
Elevación en z	Elemento para desplazamiento lineal vertical: se usa un sistema neumático con el que a través de un actuador se eleva el disco de corte	Elemento para desplazamiento lineal vertical: se reemplaza por un segmento de 20 cm de varilla roscada y tuercas para ajustar la posición manualmente a través de un volante
Inclinación a 45°	Elemento: Se usa un sistema neumático para la inclinación de una lámina pivoteada que soporta el conjunto disco-motor.	Elemento: se diseña un mecanismo placa guía, para la inclinación del conjunto disco-motor
Disco-motor	Elemento: se usa un motor WEG de 12 HP – 3600 RPM y	Elemento: Se usa una pulidora, y un disco de corte de 4 in de diámetro.

	un disco diamantado a 350 mm de diámetro.	
Estructura	Elementos: se usa una viga IPE 160 como puente principal y para las laterales. Las columnas son perfiles 100x100x4	Elementos: todos los elementos estructurales usados en este prototipo fueron perfiles cuadrados 100x 100

Se presenta un listado de componentes donde se especifica si se selecciona del mercado o se diseña. El diseño en detalle se presenta en los anexos (ver anexo B).

Listado de componentes del prototipo.

- Cadena Catarina (selección)
- Eje transmisor carro principal (selección)
- Eje sincronizador (selección)
- Chumaceras (selección)
- Tornillo de potencia (diseño)
- Pulidora (selección)

La ingeniería de la manufactura presente en este capítulo va dirigida al modelo del prototipo de la maquina en cuestión. Todos los componentes, elementos, materiales y servicios utilizados en el proceso de construcción y ensamblaje del prototipo se adquirieron en el comercio local. En el desarrollo del proyecto se invirtieron recursos considerables en dinero, esto se representa en mano de obra, trabajo ingenieril y costo de materiales asumidos por la empresa.

6.1 MATERIALES, COMPONENTES Y PRESUPUESTO

Para la construcción del prototipo se usaron los materiales y componentes adjuntos en la tabla 26, muchos de estos se maquinaron en la empresa y los otros se consiguieron en el comercio local. Esta tabla se divide por ensamble de los elementos principales de la máquina.

Tabla 28. Componentes del prototipo.

#	NOMBRE	REFERENCIA	CANT
CARRO PRINCIPAL			
1	Moto reductor	SEW FA47DRN71M4	1
2	Catarina	60B10	4
3	Cadena	Ketoz Ansi 60-1R-10FT	1
4	Carcaza 3mm	A36	1
5	Chumacera	UCFL 204	2
6	Eje ¾"	SAE 1045	1
7	Formed Hex screw	M6x1.0x10	4
8	Formed Hex screw	M12x1.75x30	4
9	Hex nut heavy	M12x1.75	10
10	Tornillo de media	M12x1.5	6
11	Lamina UHMW	Calibre 10mm	1
CARRO LATERAL			
1	Catarina	60B10	4
2	Cadena	Ketoz Ansi 60-1R-10FT	1
3	Carcaza 3mm	A36	1
4	Chumacera	UCFL 204	2
5	Eje ¾"	SAE 1045	1
6	Formed Hex screw	M6x1.0x10	4
7	Formed Hex screw	M12x1.75x30	4
8	Hex nut heavy	M12x1.75	10
9	Tornillo de media	M12x1.5	6
10	Lamina UHMW	Calibre 10mm	1
ELEVACIÓN			
1	Perfil cuadrado	A36 70x70x3	1
2	Placa	A36	1

3	Tornillo	Din 976-1 – M24x200	1
4	Volante	Tubo cerramiento M1”	1
5	Split pin	Ks1321 6,3x50	1
6	Hex nut	4034 M24	1
INCLINACIÓN			
1	Buje	1020CR	1
2	Placa soporte	A36	1
3	Eje fijación	Varilla	1
4	Placa inclinable	A36	1
5	Placa guía	A36	2
6	Eje 1/2”	SAE 1045	1
7	Varilla roscada	M10x150	1
MOTOR- DISCO			
1	Motor de corte	Pulidora 1400W-110V-8000RPM	1
2	Disco de corte	Disco diamantado 4”	1
3	Tornillo de sujeción	Abrazadera en U roscado	2
ESTRUCTURA			
1	Viga puente	A36 100x100x3	1
2	Viga lateral	A36 100x100x3	2
3	Columnas (base)	A36 100x100x3	4

En la tabla 29 se adjuntan todos los componentes y piezas que se fabricaron o se compraron para la construcción del prototipo con sus respectivos precios en el mercado local y el costo del prototipo.

Tabla 29. Costos del prototipo

#	COMPONENTE	CANT.	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	Sprocket (piñón)	8 unid	\$20.000	\$160.000

2	Viga puente	1,2 m	\$31.000	\$37.200
3	Viga lateral	1,6 m	\$31.000	\$49.600
4	Base estructura	2,8 m	\$31.000	\$86.800
5	Angulo chasis	4	\$9.000	\$36.000
6	Carro lateral	2	\$21.000	\$42.000
7	Eje guía	1,4 m	\$15.000	\$21.000
8	Chumacera	6	\$15.000	\$90.000
9	Tapa carro lateral	2	\$22.500	\$25.000
10	Cadena	4	\$32.000	\$128.000
11	Tornillos y tuercas	26	\$400	\$10.400
12	Volante	1	\$16.000	\$16.000
13	Carro puente	1	\$10.500	\$10.500
14	Eje carro puente	0,25	\$15.000	\$3.750
15	Tapa carro puente	1	\$11.000	\$11.000
16	Variador de frecuencia	1	\$800.000	\$800.000
17	Motor eléctrico puente	1	\$1.500.000	\$1.500.000
18	Motor eléctrico corte	1	\$150.000	\$150.000
19	Perfil Brazo	0,2	\$25.000	\$5.000
20	Tornillo de potencia	0,5	\$35.000	\$17.500
21	Volante	1	\$16.000	\$16.000
22	Placa portaherramienta	1	\$18.000	\$18.000
23	Guía inclinación	2	\$16.000	\$32.000
24	Placa inclinable	1	\$15.000	\$15.000
25	Eje guía inclinación	1	\$6.000	\$6.000
26	Eje pivote inclinación	1	\$80.000	\$80.000
27	Tornillo sujeción	2	\$10.000	\$20.000
28	Disco de corte	1	\$35.000	\$35.000
29	Diseño y mano de obra	---	----	\$3.000.000
TOTAL				\$6.433.750

6.2 PLANIFICACIÓN DEL PROCESO

Para la construcción del prototipo se siguieron una serie de pasos que están adjuntos en la tabla 30.

Tabla 30. Paso a paso para la construcción del prototipo

PASOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO		
PASO	PROCESO	VER
1	Corte de perfiles para la estructura	Figura 42
2	Cortado y doblado de lámina para las carcasas de los carros	Figura 44
3	Cortado de tapas para los carros	----
4	Taladrado en la carcasa y la tapa	----
5	Soldar las cadenas sobre las vigas puente y laterales	Figura 43
6	Ensamble Carro con viga puente	Figura 43
7	Ensamblar el motor con el carro	Figura 49
8	Soldar los carros laterales a la viga lateral	----
9	Soldar las columnas de la estructura a las vigas laterales	----
10	Ensamblar los carros laterales con las vigas laterales	Figura 52
11	Ensamblar el portaherramientas	Figura 50
11	Montaje la transmisión	Figura 51
12	Montar el panel de control	Figura 52
13	Probar el Sistema	-----

En la tabla 31 se plasman los diferentes procesos que se desarrollaron en la fabricación de cada componente para la construcción del prototipo. Todos los procesos se hicieron en la empresa Desing LTDA ubicada en la carrera 14#13-56, Bucaramanga, Santander.

Tabla 31. Procesos para la fabricación del prototipo.

ITEM	COMPONENTE	Ta	So	Do	Co	Pi
1	Viga puente		X		X	X
2	Viga lateral		X		X	X
3	Columnas		X		X	X
4	Carcaza carro	X	X	X	X	
5	Eje de transmisión	X			X	
6	Cadena		X		X	
7	Tapa del carro	X			X	
8	Volante		X		X	
9	Brazo portaherramientas		X		X	
10	Placa guía	X	X		X	
11	Placa soporte		X		X	
12	Tornillo de ajuste				X	

Las siglas de cada proceso se especifican la tabla 32.

Tabla 32. Descripción de cada proceso.

SIGLA	PROCESO
Ta	Taladrado
So	Soldado
Do	Doblado
Co	Cortado
Pi	Pintura

La construcción del prototipo se inicia cortando los perfiles cuadrados para la estructura a la medida registrada en los planos para obtener la viga puente, las vigas laterales y las bases del bastidor.

Para la estructura del prototipo se usaron perfiles estructurales de acero HR grado 50 de dimensiones 100x100x3,2mm. se cortaron los perfiles a las dimensiones requeridas con una tronzadora. El puente se cortó de 1200mm y las vigas laterales de 800mm.

Figura 42. Puente y vigas laterales.



En los extremos de las vigas se soldaron dos tapas cuadradas para reforzar la viga y mejorar la estética.

Sobre la viga puente se soldaron dos cadenas tipo 60, estas permitirán el desplazamiento del carro portaherramientas sobre el puente. En ambas vigas lateras se soldaron dos líneas de cadena tipo 60 por cada viga sobre la cual va apoyado el carro que desplaza el puente. Entre el puente y la cadena se aplicó una soldadura para garantizar la fijación de estos dos elementos.

Figura 43. Cadena soldada a vigas



Después de tener cortados los tramos, se hacen 3 carcasas iguales para armar los carros que van a desplazar el portaherramientas y la viga puente. Para la construcción del carro se partió de una lámina de acero HR 1045 la cual fue cortada y doblada para obtener la carcasa del carro. (Ver figura 44)

Figura 44. Doblado de la carcasa del carro



Para el desplazamiento del brazo se partió del diseño del carro que cumple con la función de mover el disco de corte a través de la lámina de mármol a cortar. El carro está hecho de una lámina de acero de 3/16" la cual fue cortada y doblada para darle las dimensiones requeridas en el diseño, también tiene un eje SAE 1045 de 3/4" a través del cual se moverán los sprockets 60B10 (piñones ver figura 48) sobre una cadena ANSI 60 para garantizar el desplazamiento.

Figura 45. Eje Sae 1045.



El motor esta atornillado en la parte superior de la carcasa. El eje está apoyado sobre dos chumaceras tipo FL atornilladas a la carcasa (ver figura 46).

Figura 46. Chumaceras $\frac{3}{4}$ FL204



El sistema de desplazamiento se replicó para mover el puente sobre las vigas laterales. El puente se soldó a la parte superior de la carcasa del carro que se mueve sobre las vigas laterales para desplazarlo y así poder cortar las láminas de mármol en cualquier punto.

Posteriormente se cortó otro lamina que sería ubicada en la parte inferior del carro para luego ser atornillada con la carcasa, intermedia a estos dos se colocó una lámina de UHMW (polímero de alta densidad) la cual cumple dos funciones:

- ✓ Ajustar de manera precisa el desplazamiento del carro.
- ✓ Deslizar el carro (baja fricción).

Figura 47. Polímero de alta densidad (UHMW)



Seguido, se hacen todas las perforaciones a la carcasa por dónde va el eje, la chumacera, el motor y la lámina inferior para ser fijada a la misma. Se aperna la chumacera a la carcasa y se ensambla el eje con los piñones seleccionados, en la parte inferior se atornillo una lámina de UHMW entre la carcasa y la lámina que va atornillada en la parte inferior.

Se parte a ensamblar el carro con las vigas terminadas. Después de tener el montaje del carro con el puente, se instala el motor eléctrico en la parte superior de

la carcasa y se ensambla una transmisión por cadenas con relación 1:1 para dar rotación al eje que moverá los sprockets sobre la cadena.

Figura 48. Sprockets usados en el sistema de desplazamiento 60B10.



Así, queda terminado el puente y el carro que desplaza el portaherramientas del prototipo. Para el desplazamiento del puente sobre las vigas laterales se usó el mismo mecanismo y, por ende, se construyeron dos carros con las mismas características del que se hizo para el desplazamiento del portaherramientas sobre el puente, teniendo en cuenta que el desplazamiento en esta dirección será manual a través de un volante. En la siguiente figura se muestra el ensamble del carro sobre el puente.

Figura 49. Ensamble de Viga puente con carro de portaherramientas.



Se ensambla el moto-reductor a la carcasa para así dar por terminado la primera fase de construcción.

Se repite el mismo proceso para armar los carros que van en las vigas laterales, el principio de funcionamiento y ensamble es el mismo. Luego de tener listo el sistema de desplazamiento lateral, se empieza a construir el portaherramientas, no se instalan las vigas laterales para tener la facilidad y movilidad necesario para trabajar en la construcción del prototipo. Se suelda a la base del carro que esta sobre el puente el brazo y los demás componentes que conforman el portaherramientas para llegar a tener lo que se puede apreciar en la siguiente imagen.

Figura 50. Subsistema de elevación del disco.



El portaherramientas está constituido por un perfil cuadrado de 70x70x3,2 de 200mm de longitud, el cual está soldado en la parte inferior a una lámina con un agujero, esta lámina tiene una tuerca soldada por la cual se moverá el tornillo de potencia que sube y baja el disco de corte. Al tornillo de potencia se suelda una lámina con una configuración y medidas diseñada para el mecanismo que permite hacer el corte a 90 y 45°, este mecanismo tiene una placa guía por donde se desplazará un pin que permitirá llegar a la posición de corte a 45°. Para la sujeción del motor de corte (pulidora), se usaron tornillos doblados con los cuales se puede ajustar el motor a la placa a través de tuercas.

Figura 51. Portaherramientas.



El perfil se suelda a la lámina inferior del carro que se desplaza sobre el puente (ver figura 58) y es el soporte del portaherramientas. Al perfil se le suelda una lámina de 70x70 con un agujero centrado de 1" de diámetro, a esta placa se le suelda una tuerca que será la que garantice el movimiento del tornillo de potencia. El tornillo y la tuerca se consiguen en el mercado local. El tornillo de potencia tiene una tuerca suelta que será la que ajuste el mecanismo en el momento de hacer el corte. Al tornillo de potencia se le ensambla un volante que permite el giro del tornillo. El volante y el tornillo de potencia son atravesados con un pin que garantiza la rotación del tornillo. Al final del tornillo se suelda una tuerca que será la que sube y baja la placa de sujeción del motor de corte, así, quedaría pendiente por instalar las vigas

laterales y soldar el puente a la carcasa de los carros laterales. El prototipo terminado se puede ver en la figura

Figura 52. Ensamble prototipo.



Después de tener todo el montaje listo, hacer las pruebas y correcciones necesarias en los sistemas, se procedió a instalar el panel de control y hacer todas las instalaciones necesarias para darle energía al prototipo. Ese fue el paso a paso que se desarrolló para la construcción del prototipo.

6.3 PRUEBAS DEL SISTEMA

Después de construido el prototipo, se realizaron pruebas de movimiento sin tener los motores instalados y una de las grandes preocupaciones fue el salto que producía cada giro del sprocket sobre la cadena, generando un golpeteo el cual

hacía imposible y peligroso el corte porque se podría fracturar el disco. Para corregir este problema se soldó una guía (platina delgada) sobre los costados interiores de las vigas laterales y en el carro se soldó una platina la cual se apoya y se desliza sobre la otra guía haciendo que el sprocket no soporte el peso del carro sobre la cadena, sino que brinde la transmisión para hacer un desplazamiento suave y preciso, esto se aplicó para las vigas laterales. En la viga puente se presentó el mismo problema y la solución más práctica y funcional fue poner la cadena por debajo haciendo que el peso del carro reposara sobre una lámina de un polímero de alta densidad (UHMW) para disminuir la fricción y así trabajar de manera eficiente.

Figura 53. Solución al problema



Los resultados de esta solución fueron satisfactorios para el desplazamiento del sistema en el eje X e Y. Solucionado el problema se procede a instalar el panel de control y se hicieron las respectivas pruebas con los motores instalados y funcionando, pero sin corte. En las pruebas se notó que la velocidad de avance del brazo del portaherramientas era muy alta y, por ende, chocaba muy bruscamente con el final de carrera que está puesto en el extremo del bastidor. Se configura el variador de frecuencia para obtener la velocidad de salida en el motor requerida para el corte. Fue satisfactorio ver el sistema funcionar de la manera planeada. Procedimos a cortar una lámina de mármol de 3cm de espesor (mayor espesor en el mercado) y el corte salió perfecto; también se cortó granito de 1,2cm de espesor pues se quería comprobar como funcionaria y analizar la calidad del corte con una piedra más dura, como resultado se pudo apreciar que el prototipo funciona de manera correcta y el corte es preciso y de calidad. Así se dio solución a la problemática que había en la empresa y se creó un sistema capaz de cortar las diferentes piedras de construcción existentes en el mercado de Santander y Colombia de una forma económica sin dejar atrás la calidad que necesita el corte para los diferentes acabados que se requieren en el mercado.

7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Hoy en día, una parte clave para desarrollar cualquier tipo de proyecto es el análisis económico para conocer la viabilidad, la tasa de retorno y el flujo de caja que se maneja en cada proyecto.

En este proyecto se analiza el valor costo del corte y los precios que se encuentran en el mercado del metro cuadrado de la lámina cortada; para esto usaremos tres indicadores que nos dan nociones claras de cómo se mueve la parte económica. Los indicadores anteriormente mencionados son: Valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y periodo de recuperación de inversión (pay-back).

- ✓ Valor Presente Neto (VPN): es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

$$VPN = -A + \sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1 + K)^t}$$

Donde:

$Q_t =$ Flujo neto de caja de cada periodo (Ingresos – Egresos)

$A =$ Inversión inicial

$n =$ Duración del proyecto

$K =$ Tasa de descuento

El criterio del VPN propone que un proyecto de inversión debe iniciarse solo si su VPN es mayor a cero.

- ✓ Tasa interna de retorno (TIR): Es un indicador que mide la rentabilidad del proyecto. Se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un proyecto sea igual a cero, significa que es la tasa de descuento máxima para que un proyecto sea aceptable, cualquier tasa de descuento mayor a la TIR hace que el VPN sea negativo

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

Donde r es la tasa interna de rentabilidad TIR

La TIR debe compararse con la tasa mínima que la empresa haya establecido como deseable para obtener en el proyecto de inversión. Siendo K la tasa de descuento o rentabilidad mínima deseable para el proyecto.

$TIR(r) > 0$ Aceptar el proyecto

$TIR(r) < 0$ rechazar el proyecto

Periodo de recuperación de la inversión (PAY-BACK): Es el periodo de tiempo que necesita el proyecto para la recuperación de la inversión inicial. Se calcula sumando los flujos de caja hasta que el valor acumulado sea el total de la inversión.

$$Payback = a + \frac{A - B}{Q_{payback}}$$

a = Es el numero inmediatamente anterior a recuperar el desembolso inicial

b = Es la suma de flujos de caja hasta el periodo a

$Q_{payback}$ = Es el valor de flujo de caja en el que se recupera A

7.1 INGRESOS

Los ingresos que genera el proyecto están enfocados en la diferencia de cuánto cuesta hacer un corte sobre la piedra y en cuanto se vende el metro cuadrado de lámina cortado en el mercado. Así, se hace un análisis estimando un valor promedio de cortes necesarios para recuperar la inversión inicial. En el mercado local el metro cuadrado de mármol se consigue aproximadamente en un valor de \$225.000, este valor incluye los cortes necesarios para entregar la lámina como el cliente lo requiera (mínimo dos cortes). Los costos de la máquina para hacer un corte de un metro cuadrado están aproximadamente en \$35.000 (valor incluyendo operario, gastos de energía y mantenimiento, pero sin la materia prima). Si estimamos un

promedio de metros cuadrados cortados y vendidos en un mes se tiene un valor aproximado de los ingresos. Los ingresos brutos son de \$13.5000.000 estimando que salen de la empresa 60 metros cuadrados, a este valor hay que descontarle el costo de la lámina de mármol y quedaría los ingresos totales en \$6.300.000. La inversión inicial del proyecto se estima en la tabla 30 donde se tienen en cuenta todos los componentes y sus precios actuales en el mercado.

Tabla 33. Inversión inicial

Elemento	Descripción	Costo unitario
motor reductor	FA47DRN71M4	\$1.500.000
Motor de corte	W22 IE1 Trifásico	\$2.000.000
Cilindro neumático de elevación	DSBC-63-250-PPSA-N3	\$625.500
Cilindro neumático de inclinación	DSBC-50-150-PPSA-N3	\$774.000
Compresor	Bauker Euro 6	\$499.900
Válvulas direccionales + cables	Ver cap. 5	\$600.000
Disco de corte	Disco= 350 mm T=2.8 mm	\$150.000
Peso de acero transformado	9.000\$/kg*(625kg)	\$5.625.000
Días de construcción	30 días hábiles	N/A
Costo de operarios	1 operario	\$1.500.000
Ingeniería	-----	\$3.500.000
TOTAL		\$17.775.000
TOTAL CON SOBRECOSTOS		\$20.000.000

Se agrega aproximadamente un 15% más al valor total de la máquina para tener un margen de sobre costo y así poder cumplir con el presupuesto a cabalidad.

7.2 EGRESOS

Para operar la maquina se necesita un operario el cual debe tener un sueldo básico más las prestaciones que exige la ley colombiana, además de eso, debemos tener en cuenta cuánto gasta la maquina en energía y mantenimiento. Cabe aclarar que el lugar donde se encuentra la fábrica es propio por ende no se tiene en cuenta el valor de arriendo para el análisis.

El consumo de energía de la maquina esta alrededor de 7kw/h y si eso lo multiplicamos por 8 horas diarias y 28 días de trabajo, al mes tiene un valor de 1568kw/mes. El valor del Kilovatio en la ciudad de Bucaramanga estos alrededores de 450 \$/kw. Con estos datos podemos cuantificar el gasto de energía de la máquina que es de \$705.600 mensuales.

Se requiere un operario para realizar la operación de la máquina. El costo de un trabajador para la empresa está alrededor de \$1.500.000 incluyendo todas las exigencias de la ley. Para el mantenimiento de la maquina se requiere un cambio se requiere el cambio de disco de corte y lubricación de componentes, para esto se estima un presupuesto de \$450.000 mensuales. Estos son los gastos que tiene la maquina en operación y mantenimiento, se realiza el estudio basado en la recopilación de estos datos para estimar con cuantos cortes y en cuanto tiempo se recupera la inversión de la máquina. El total de gastos mensuales para la operación de la maquina esta alrededor de \$2.660.000.

7.3 VPN, TIR Y PAY-BACK

Teniendo en cuenta los ingresos y egresos estimados, se procede a realizar el análisis económico calculando el VPN, TIR y PAY-BACK. Cabe aclarar que se toma la inflación del 1,2% y así, tenemos todos los datos para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

$$\begin{aligned}
VPN = & -20.000.000 + \frac{6.300.000 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^1} + \frac{6.375.600 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^2} \\
& + \frac{6.452.107 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^3} + \frac{6.529.532 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^4} \\
& + \frac{6.607.887 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^5} + \frac{6.687.182 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^6} \\
& + \frac{6.676.428 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^7} + \frac{6.848.637 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^8} \\
& + \frac{6.930.820 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^9} + \frac{7.013.990 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^{10}} \\
& + \frac{7.098.158 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^{11}} + \frac{7.183.336 - 2.660.000}{(1 + 0,06)^{12}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TIR = & -20.000.000 + \frac{6.300.000 - 2.660.000}{(1 + r)^1} + \frac{6.375.600 - 2.660.000}{(1 + r)^2} \\
& + \frac{6.452.107 - 2.660.000}{(1 + r)^3} + \frac{6.529.532 - 2.660.000}{(1 + r)^4} \\
& + \frac{6.607.887 - 2.660.000}{(1 + r)^5} + \frac{6.687.182 - 2.660.000}{(1 + r)^6} \\
& + \frac{6.676.428 - 2.660.000}{(1 + r)^7} + \frac{6.848.637 - 2.660.000}{(1 + r)^8} \\
& + \frac{6.930.820 - 2.660.000}{(1 + r)^9} + \frac{7.013.990 - 2.660.000}{(1 + r)^{10}} \\
& + \frac{7.098.158 - 2.660.000}{(1 + r)^{11}} + \frac{7.183.336 - 2.660.000}{(1 + r)^{12}} = 0
\end{aligned}$$

$$Payback = 6 + \frac{20.000 - 3.434 - 3.307 - 3.184 - 3.065 - 2.950 - 2.839}{2.732}$$

Los resultados del análisis económico se adjuntan en la siguiente tabla.

Tabla 34. Resultado Análisis económico

DATOS DEL PROYECTO			
Tasa interna de oportunidad	6%	Inversión	\$ 20.000.000
Inflación	12%	Ingresos	\$ 6.300.000
Tiempo de recuperación	12	Egresos	\$ 2.660.000

MES	INVERSION	INGRESOS	EGRESOS	FLUJO DE CAJA	VALOR PRESENTE	VALOR ACUMULADO
0	\$ 20.000.000			-\$ 20.000.000	-\$ 20.000.000	-\$ 20.000.000
1		\$ 6.300.000	\$ 2.660.000	\$ 3.640.000	\$ 3.434.000	-\$ 16.566.000
2		\$ 6.375.600	\$ 2.660.000	\$ 3.715.600	\$ 3.307.000	-\$ 13.259.000
3		\$ 6.452.107	\$ 2.660.000	\$ 3.792.107	\$ 3.184.000	-\$ 10.075.000
4		\$ 6.529.532	\$ 2.660.000	\$ 3.869.532	\$ 3.065.000	-\$ 7.010.000
5		\$ 6.607.887	\$ 2.660.000	\$ 3.947.887	\$ 2.950.000	-\$ 4.060.000
6		\$ 6.687.182	\$ 2.660.000	\$ 4.027.182	\$ 2.839.000	-\$ 1.221.000
7		\$ 6.767.428	\$ 2.660.000	\$ 4.107.428	\$ 2.732.000	\$ 1.511.000
8		\$ 6.848.637	\$ 2.660.000	\$ 4.188.637	\$ 2.628.000	\$ 4.139.000
9		\$ 6.930.820	\$ 2.660.000	\$ 4.270.820	\$ 2.528.000	\$ 6.667.000
10		\$ 7.013.990	\$ 2.660.000	\$ 4.353.990	\$ 2.431.000	\$ 9.098.000
11		\$ 7.098.158	\$ 2.660.000	\$ 4.438.158	\$ 2.338.000	\$ 11.436.000
12		\$ 7.183.336	\$ 2.660.000	\$ 4.523.336	\$ 2.248.000	\$ 13.684.000

Valor actual neto	VAN	\$ 13.684.000
Tasa interna de rentabilidad	TIR	16,5%
Periodo de recuperacion de inversion	PAY-BACK (meses)	6,5

Estos fueron os resultados del análisis económico obtenidos de lo que se puede concluir que el proyecto es viable para su realización de la tabla se puede apreciar que:

1. La inversión inicial se recupera a 6 meses
2. El VPN es mayor a cero y por ende genera ganancias
3. La TIR es mayor que cero y que la esperada por la empresa del 6%

8. CONCLUSIONES

- ✓ El proyecto constituye un aporte valioso a la industria marmolera con el diseño y construcción del prototipo que logra aportar un grado de desarrollo tecnológico al sustituir un proceso rudimentario por uno automatizado; aportando a los pequeños y medianos empresarios del sector marmolero de la ciudad un producto ergonómico, económico y que garantiza altos estándares de calidad y seguridad, cumpliendo una vez más con la misión de la Universidad Industrial de Santander de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y facilitando el manejo de estos trabajos en la región.

- ✓ Se cumplió con el objetivo de diseñar una máquina cortadora de mármol capaz de hacer cortes a 90 y 45 grados en láminas de dimensiones máximas de: 3x2x2,5 metros y con capacidad de cortar dos laminas por hora. Se aplicaron los conceptos aprendido a lo largo de la carrera de ingeniería mecánica cursada en la universidad Industrial de Santander.

- ✓ Se cumplió con el objetivo de construir un prototipo funcional que acata los requerimientos del diseño de la máquina del primer objetivo usando diferentes mecanismos y subsistemas que cumplen con la misma función. Fue necesario implementar estos sistemas para aprovechar los recursos que dispone la empresa.

- ✓ Con el ánimo de proporcionar un entorno agradable del operario en sus funciones se desarrolla un manual de uso y mantenimiento básico de la maquina buscando un manejo seguro y eficiente e incentivando al mantenimiento preventivo como clara tendencia y ejemplo a seguir de las grandes multinacionales.

- ✓ En el desarrollo de este proyecto tuvimos la gran oportunidad de entrar en contacto directo con la industria metalmecánica a través de una compañía encargada del diseño, construcción y montaje de diferentes equipos dirigidos al sector industrial cuyo trabajo en conjunto en el desarrollo de este proyecto generó un enorme valor agregado que nos permitió enriquecer nuestros conocimientos a través de la práctica en diseño, manufactura y compras de elementos existentes en el mercado local. Funcionamiento de una empresa metalmecánica importante en la Industria agroindustrial

BIBLIOGRAFÍA

ESTECKERL. Catálogo de vigas. [En línea]. (Recuperado en 12 agosto 2020.)
Disponibile en <http://steckerlacers.com/productos/>
Catalogo Martin

FESTO. Catálogo de productos. [En línea]. (Recuperado en 12 agosto 2020.)
Disponibile en https://www.festo.com/cat/es-co_co/products

GROOVER, Mikell. Introducción a los procesos de manufactura. México: Macgraw Hill, 2014. p. 422-432

MATEUS, Luis y RODRIGUEZ, Feiry. Diseño y construcción de una maquina biseladora de vidrio. Trabajo de grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingeniería físico-mecánicas, 2012, 82p.

MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson educación, 2006. p.105-719

PRADA, Maria. Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria del cuerpo de bomberos voluntarios del municipio de San Vicente del Chucuri. Trabajo de grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingeniería físico-mecánicas, 2019. p. 130-135.

SKF. Catálogo de productos. [En línea]. (Recuperado en 12 agosto 2020.)
Disponibile en <https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units#cid-465119>

ANEXOS

Anexo A. GUIA DE MANTENIMIENTO Y MANUAL DE USO

1. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.

1.1 Plan de mantenimiento preventivo

A continuación, se presente el plan de mantenimiento preventivo por subsistemas de nuestra maquina cortadora de lámina.

Se elabora un plan de mantenimiento preventivo teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes para los componentes comerciales y el funcionamiento y condiciones de trabajo de los otros componentes no comerciales. En el plan de mantenimiento se detallan las rutinas de mantenimiento y la frecuencia de dichas actividades. La máquina en su totalidad fue dividida en subsistemas y cada uno de estos subsistemas agrupa una serie de componentes que tienen una función o principio de funcionamiento similar. A continuación, se presentan los subsistemas y sus componentes.

Figura 1. Subsistemas y componentes

SUBSISTEMAS DEL EQUIPO		
No.	Subsistema	Componentes
1	Mecánico - Estructural	Vigas
		Mesa de soporte
		Estructura del carro movil
		Placas, soportes y carcasas
2	Mecánico - rotativo	Chumaceras
		Rodamientos
		Rodillos
		piñones
		Cuchilla de corte
		Cadenas
3	Neumático	cilindros neumáticos
		Válvulas direccionales
		Lineas neumáticas
		Compresor
		Válvulas de estrangulamiento
4	Eléctrico	Motores eléctricos
		Acometida
		Panel de control

A continuación, se presentan las rutinas de mantenimiento preventivo para cada subsistema de la máquina. Las actividades que no clasifican como acciones preventivas, se dejan por condición o se dejan a correctivo, estas se mencionaran en el siguiente numeral.

1.1.1 Subsistema mecánico estructural.

Figura 2. Mantenimiento preventivo subsistema mecánico estructural

Rutinas de mantenimiento preventivo				
Subsistema	Componente	Actividad	Tarea	Frecuencia anual
Mecánico - Estructural	Vigas, mesa de soporte, estructura del carro móvil, placas, soportes y carcasas	Limpieza general	Limpieza de grasa, aceite y polvo	2
		Ajustes	Ajustes de tornillería y pruebas de desplazamiento con el par adecuado	2
		Reemplazo	Reemplazar pernos o tornillos doblados, con la rosca desgastada o signos de corrosión	2
		Inspección y retoques	Inspección de pintura en búsqueda de grietas, aplicar anti-corrosivo y esmalte	2
		Estructural	Verificar sujeción y estabilidad del equipo	2
		Marcación	Verificar calcomanías y marcación de seguridad	2

1.1.2 Subsistema mecánico – rotativo

Figura 3. Mantenimiento preventivo subsistema mecánico rotativo

Rutinas de mantenimiento preventivo				
Subsistema	Componente	Actividad	Tarea	Frecuencia anual
Mecánico - rotativo	Motores, acometida y panel de control	Limpieza general	Limpieza de grasa, aceite y polvo	2
		Inspección integridad	Inspección de desgaste en los elementos, por ruido, temperatura u olor.	2
		Prueba de continuidad	Realizar pruebas de continuidad con un multímetro en el cableado para verificar los valores de amperaje y voltaje	4
		Reemplazo	Reemplazo de borneras deterioradas, cables pelados, ojales y contactores en mal estado	2
		Marcación	Verificar calcomanías y marcación de seguridad	2

Figura 4. Mantenimiento preventivo subsistema neumático

Rutinas de mantenimiento preventivo				
Subsistema	Componente	Actividad	Tarea	Frecuencia anual
Neumático	Cilindro neumático	Limpieza general	Limpieza de grasa, aceite y polvo	2
		Inspección integridad	Inspección de desgaste en los elementos, por ruido, temperatura u olor.	2
		Marcación	Verificar calcomanias y marcación de seguridad	2
		Prueba de carga	Realizar una prueba de carga al 80% de la carga nominal durante 10 minutos	1
	Válvulas direccionales y de estrangulamiento	Limpieza general	Limpieza de grasa, aceite y polvo	2
		Inspección integridad	Inspección de desgaste en los elementos, por ruido, temperatura u olor.	2
		Marcación	Verificar calcomanias y marcación de seguridad	1
	Líneas neumáticas y compresor	Limpieza general	Limpieza de grasa, aceite y polvo	2
		Inspección de fugas	Inspección de fugas en las líneas neumáticas - comprobar la presión a la entrada y salida del compresor	6
		Lubricación	Lubricación de pestillos, bujes y partes móviles	2
		Inspección integridad	Inspección de desgaste en los elementos, por ruido, temperatura u olor.	2
		Marcación	Verificar calcomanias y marcación de seguridad	1

Figura 5. Mantenimiento preventivo subsistema eléctrico

Rutinas de mantenimiento preventivo				
Subsistema	Componente	Actividad	Tarea	Frecuencia anual
Mecánico - rotativo	Motores, acometida y panel de control	Limpieza general	Limpieza de grasa, aceite y polvo	2
		Inspección integridad	Inspección de desgaste en los elementos, por ruido, temperatura u olor.	2
		Prueba de continuidad	Realizar pruebas de continuidad con un multímetro en el cableado para verificar los valores de amperaje y voltaje	4
		Reemplazo	Reemplazo de borneras deterioradas, cables pelados, ojales y contactores en mal estado	2
		Marcación	Verificar calcomanías y marcación de seguridad	2

✓ Repuestos y gestión del stock

El mantenimiento correctivo de la maquina comprende la identificación de sus repuestos, los cuales son componentes que no tienen un impacto crítico sobre el funcionamiento de la máquina y por lo tanto se pueden dejar a falla (correctivo). También comprende el manejo de la logística de estos repuestos, con el propósito de tenerlos disponibles cuando sean requeridos.

La frecuencia de recambio de los repuestos será actualizada según los requerimientos reales de la maquina en operación, teniendo en cuenta que estos pueden ser customizados debido a las condiciones de trabajo particulares en las que se encuentre la máquina.

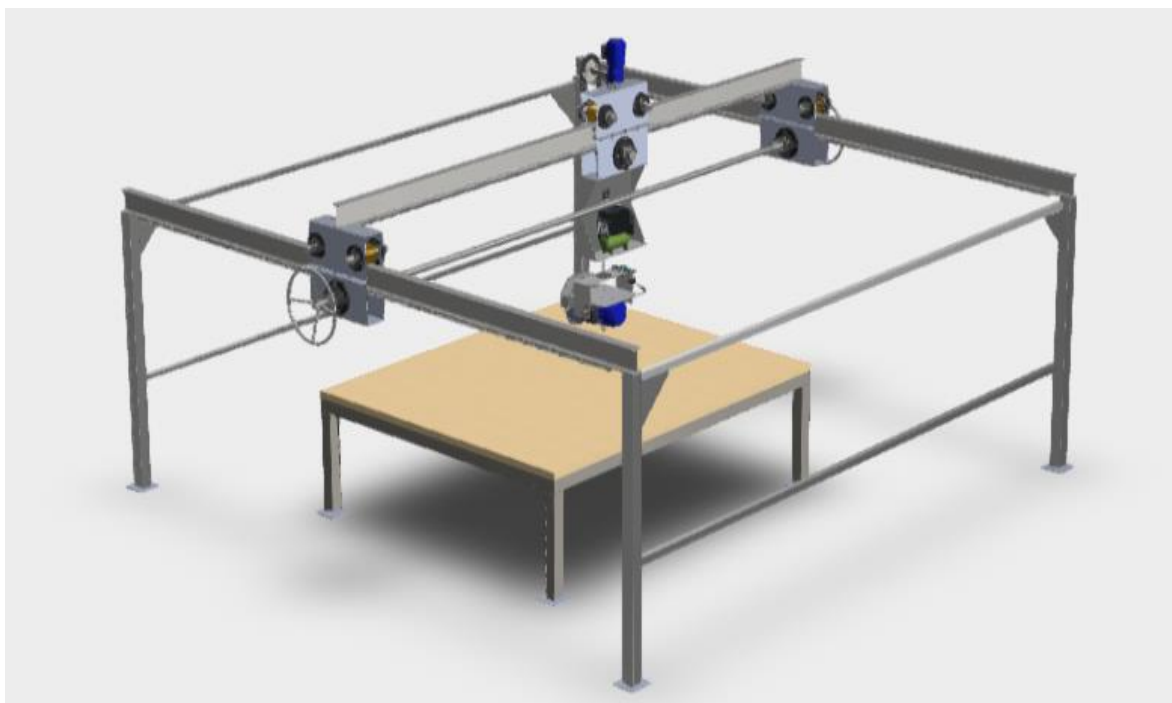
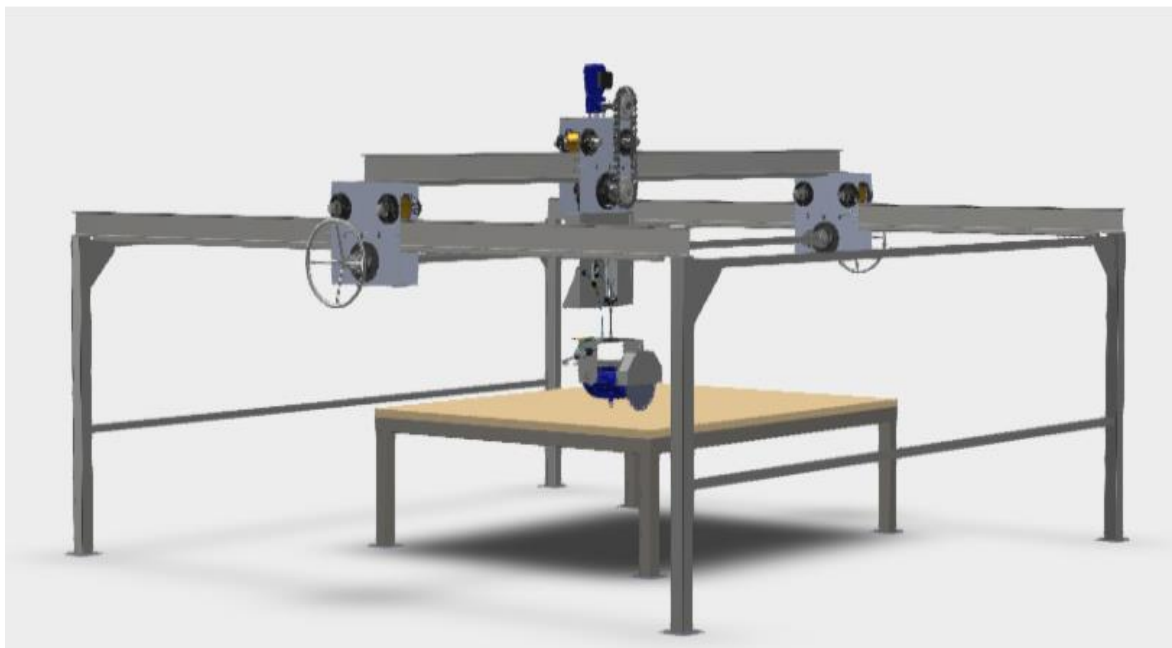
En consecuencia, se presenta una tabla donde se identifican estos repuestos y se sugiere una frecuencia de gestión de stock de acuerdo a planes de mantenimiento de maquinaria similar y sugerencias de los fabricantes de los equipos comerciales.

Figura 6. Repuestos y frecuencia de cambio

Subsistema	Repuesto	Acción		Frecuencia
		Por condición	correctiva	
Mecánico - estructural	Tornillería		X	Anual
	Soldaduras menores	X		N/A
	Calcomanías de seguridad	X		N/A
	Pintura anticorrosiva	X		N/A
	Pintura esmalte	X		N/A
Mecánico - rotativo	Kit de rodamientos		X	Bi anual
	Cuchilla de corte	X		N/A
	Bujes	X		N/A
Neumático	Sellos de las válvulas	X		N/A
	Racores y conexiones	X		N/A
	Empaques del cilindro neumático	X		N/A
	Manguera	X		N/A
Eléctrico	Componentes eléctrico-electrónicos (borneras, conectores, cables, etc)	X		N/A

2. Manual usuario maquina cortadora de mármol

Figura 7. Maquina cortadora de mármol



2.1 Máquina cortadora de mármol

La máquina cortadora de mármol, es una máquina diseñada para realizar corte sobre láminas de un espesor máximo de 3 cm.

La máquina cuenta con las siguientes capacidades

- ✓ Velocidad de desplazamiento del portaherramientas variable, de máximo 3m/min
- ✓ Posicionamiento del disco de corte a 90° y 45°
- ✓ Desplazamiento en las tres direcciones (x, y, z)
- ✓ Control del sistema a través de un panel central manual

2.2 Componentes principales

Figura 8. Componentes principales

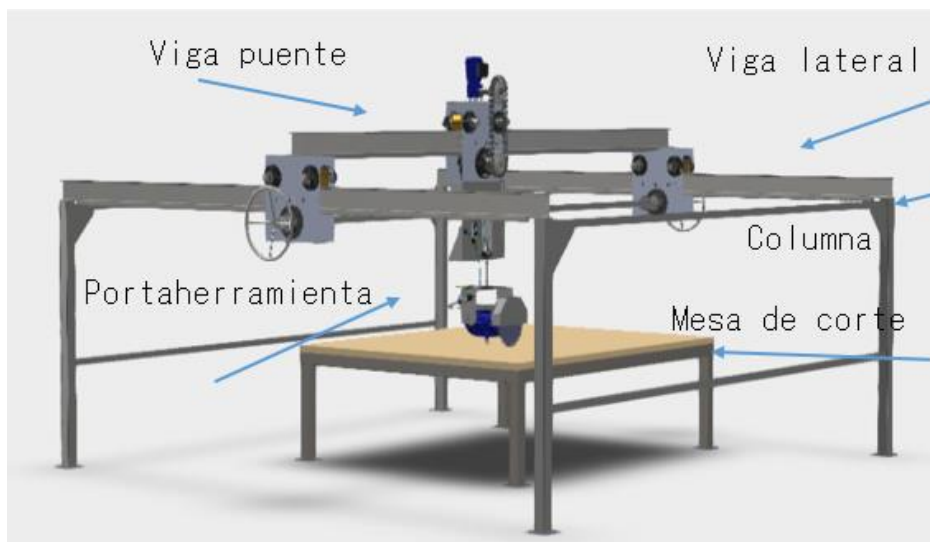


Figura 9. Componentes de la maquina

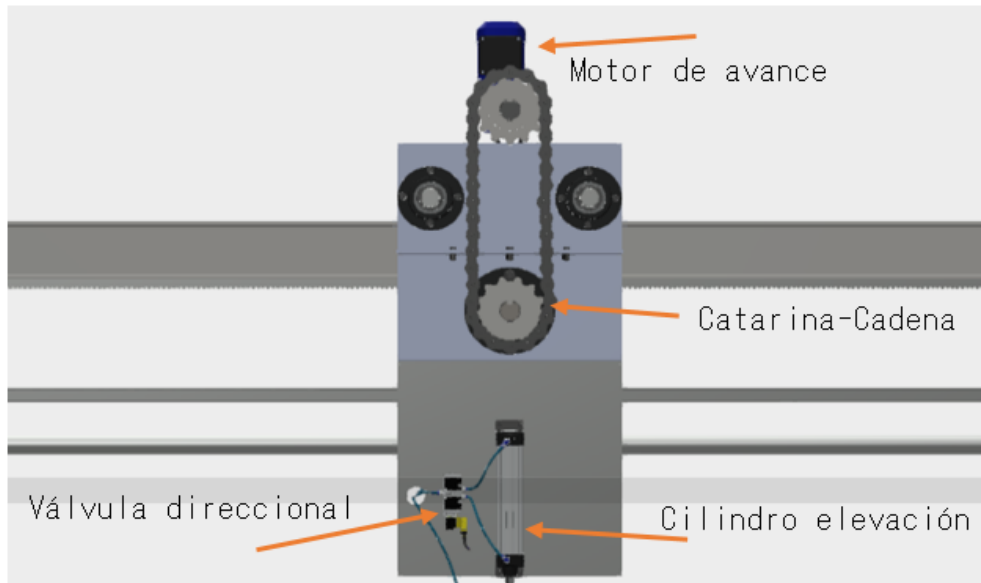


Figura 10. Componentes del subsistema de corte

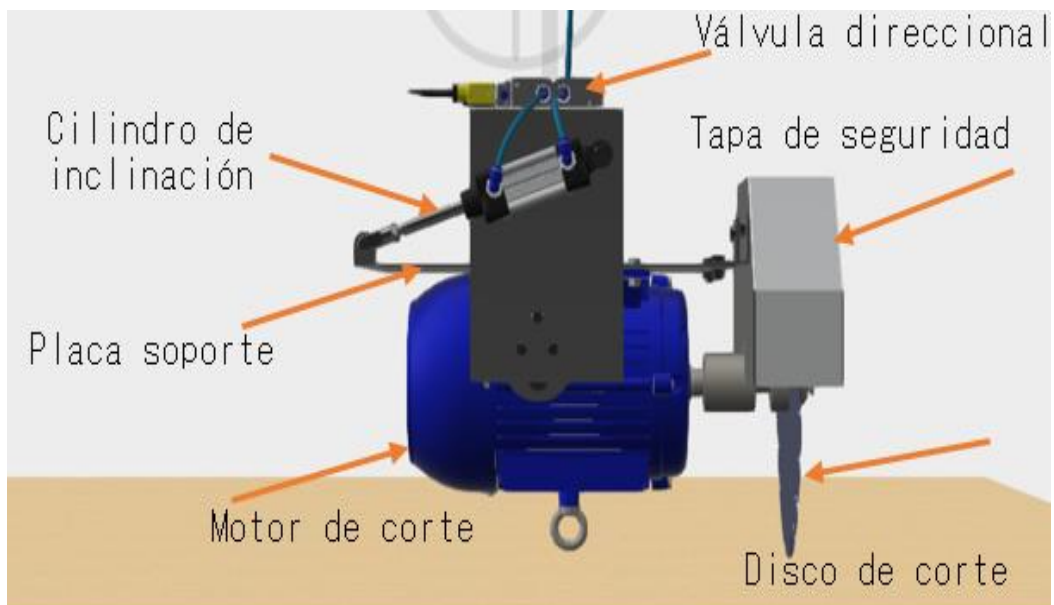


Figura 11. Componentes del portaherramientas

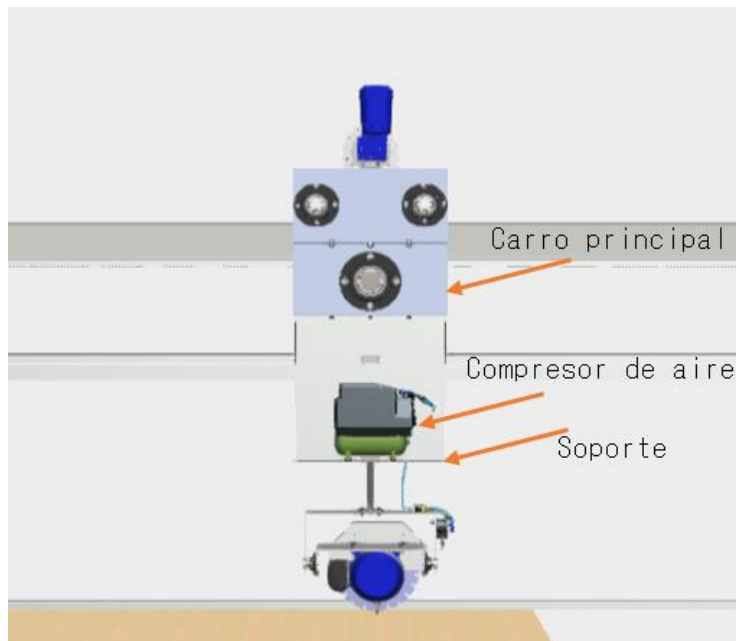
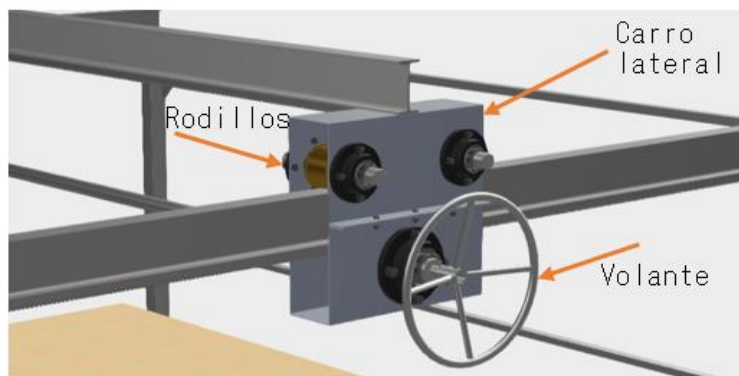


Figura 12. Componentes carro lateral



2.3 Requisitos de uso

Para operar esta máquina, el usuario debe poseer unos conocimientos mínimos básicos y usar los elementos de protección personal adecuados

2.4 Perfil usuario

- ✓ Técnico electromecánico con conocimientos básicos sobre neumática y eléctrica
- ✓ Personal operativo de la empresa con mínimo dos años de experiencia en eléctrica y/o neumática
- ✓ No tener impedimentos físicos determinados por la ARL que le impidan desplazarse con facilidad o levantar cargas mínimas
- ✓ No tener impedimentos visuales o auditivos parciales o totales
- ✓ No tener perfil depresivo o propenso al consumo de sustancias alucinógenas

Figura 13. Elementos de protección personal

Elementos de protección personal requeridos para la operación				
No	Elemento	Descripción	Norma	Uso
1	Gafas de seguridad claras	Lente en policarbonato, antiempañante, diseño deportivo de un solo lente sin montura, brazos, ajustables, puente nasal desmontable. Lente claro.	Norma ANSI Z-87.1-Resolución 1409.	Para uso en interiores donde es necesaria la protección contra impactos.
2	Guantes de seguridad	Capa interior elaborada en suave tejido de punto de algodón, Puño de Punto, Totalmente recubierto con una fórmula especial de nitrilo, superficie con una textura especial para mejor agarre. Cumple para	Norma EN 388:2003	Ascenso/descenso y manipulación de accesorios mecánicos y eléctricos tales como freno de tornillo, polo a tierra y sistemas

		Riesgos Mecánicos resistente a la abrasión Nivel 3, desgarró nivel 1, cortes Nivel 1 y perforaciones nivel 1.		neumáticos. Resistente a la abrasión.
3	Protección facial	Careta plástica completa	Norma ANSI Z87.1 ò NTC 3610.	Para actividades de corte, pulido, brillado de objetos metálicos y similares que realice el operador
4	Protección auditiva	Protector auditivo de copa o de inserción	NTC 2272	Todo personal expuesto a más de 85 decibeles.
5	Zapatos de seguridad	Estos zapatos firmes tienen punteras resistentes al impacto y suelas resistentes al calor que protegen de superficies de trabajo calientes que son comunes en techado, pavimentado y en industrias donde se trabaje con metal caliente. También deben ser dieléctricos, es decir que no sean conductores eléctricos para evitar descargas eléctricas a los operadores.	ANSI Z41-1991	Al momento de operar la máquina para proteger contra la caída de objetos pesados o tropiezos contra elementos rígidos

2.4 Funciones básicas

Las funcionalidades básicas que posee la maquina son las siguientes

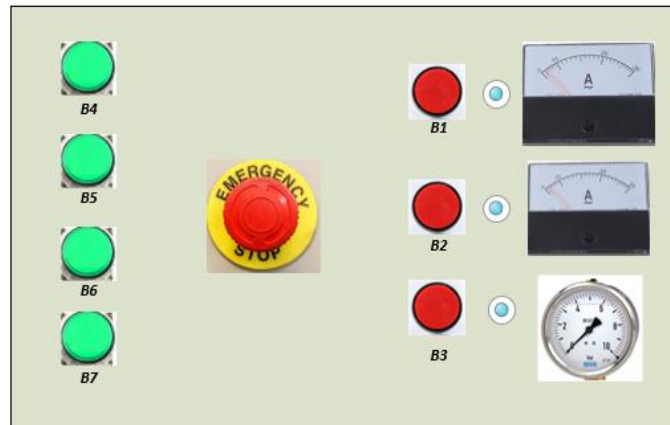
Figura 14. Funciones básicas

Elemento	Función	Tipo señal
Botón 1	Prender/apagar el motor de corte	Digital
Botón 2	Prender/apagar el motor de desplazamiento	Digital
Botón 3	Prender/apagar el compresor	Digital
Botón 4	Accionamiento válvula direccional cilindro neumático de elevación	Digital
Botón 5	Accionamiento válvula direccional cilindro neumática de rotación	Digital
Botón 6	Cambio de dirección de rotación motor de desplazamiento	Digital
Led indicador 1	Indicar que el motor de corte este encendido	Digital
Led indicador 2	Indicar que el motor de desplazamiento este encendido	Digital
Led indicador 3	Indicar que el compresor este encendido	Digital
Amperímetro 1	Indicar el amperaje del motor de corte	Indicación análoga
Amperímetro 2	Indicar el amperaje del motor de desplazamiento	Indicación análoga
Manómetro	Indicar la presión de operación del compresor	Indicación análoga
Parada emergencia	Detener el motor de corte	Digital

2.5 Panel de control

El panel de control de la maquina tiene señales digitales de on/off. Adicionalmente, presenta indicadores análogos para controlar las principales variables del proceso, estas son los amperajes de los motores eléctricos y la presión de funcionamiento del sistema neumático.

Figura 15. Representación panel de control



2.6 Corte a 90°

Para evitar daños o accidentes en el momento de manipular la máquina, seguir el procedimiento enseñado a continuación.

1. Determinar los parámetros de la cantidad de cortes a realizar y marcar la lámina de mármol
2. Asegurarse que el espesor de la lámina no supere los 3 cm de espesor
3. Posicionar la lámina de mármol en la mesa de corte
4. Pulsar el botón 3 en el panel de control para encender el compresor
5. Verificar que la presión de trabajo sea de 6 bar, en el manómetro indicativo del panel
6. Verificar la posición del cilindro neumático de elevación. Este debe estar **extendido**. Para cambiar su posición pulsar el botón 4 del panel de control.
7. Verificar la posición del cilindro neumático de rotación. Este debe estar **extendido**. Para cambiar su posición pulsar el botón 5 del panel de control.

8. Posicione la maquina en las coordenadas de corte deseadas a través del accionamiento del motor de movimiento en X (pulse el botón 2 para movimiento y el botón 6 para cambio de dirección) y en Y a través de los carros de movimiento manual.
9. Una vez la cuchilla de corte este en la posición inicial de corte, encienda el motor de corte pulsando el botón 1. Seguidamente presione el botón 2 para dar inicio al corte en la dirección X.
10. Verifique en todo momento las condiciones del motor eléctrico (amperaje y voltaje) a través del panel de control.
11. Una vez terminado el corte en la dirección X, repita el procedimiento desde el paso número 8 para los nuevos cortes.
12. Si en algún momento del procedimiento se presenta alguna dificultad, presione el botón de Shut-down del sistema para parar inmediatamente la máquina.
13. Si presenta algún accidente o lesión, comunicarse inmediatamente con las entidades competentes.

2.7 Corte a 45°

Para evitar daños o accidentes en el momento de manipular la máquina, seguir el procedimiento enseñado a continuación.

1. Determinar los parámetros de la cantidad de cortes a realizar y marcar la lámina de mármol
2. Asegurarse que el espesor de la lámina no supere los 3 cm de espesor
3. Posicionar la lámina de mármol en la mesa de corte
4. Pulsar el botón 3 en el panel de control para encender el compresor
5. Verificar que la presión de trabajo sea de 6 bar, en el manómetro indicativo del panel
6. Verificar la posición del cilindro neumático de elevación. Este debe estar **retraído**. Para cambiar su posición pulsar el botón 4 del panel de control.
7. Verificar la posición del cilindro neumático de rotación. Este debe estar **retraído**. Para cambiar su posición pulsar el botón 5 del panel de control.

8. Posicione la maquina en las coordenadas de corte deseadas a través del accionamiento del motor de movimiento en X (pulse el botón 2 para movimiento y el botón 7 para cambio de dirección) y en Y a través de los carros de movimiento manual.
9. Una vez la cuchilla de corte este en la posición inicial de corte, encienda el motor de corte pulsando el botón 1. Seguidamente presione el botón 2 para dar inicio al corte en la dirección X.
10. Verifique en todo momento las condiciones del motor eléctrico (amperaje y voltaje) a través del panel de control.
11. Una vez terminado el corte en la dirección X, repita el procedimiento desde el paso número 8 para los nuevos cortes.
12. Si en algún momento del procedimiento se presenta alguna dificultad, presione el botón de Shut-down del sistema para parar inmediatamente la máquina.
13. Si presenta algún accidente o lesión, comunicarse inmediatamente con las entidades competentes.

2.8 Verificación y ajuste de cuchilla de corte

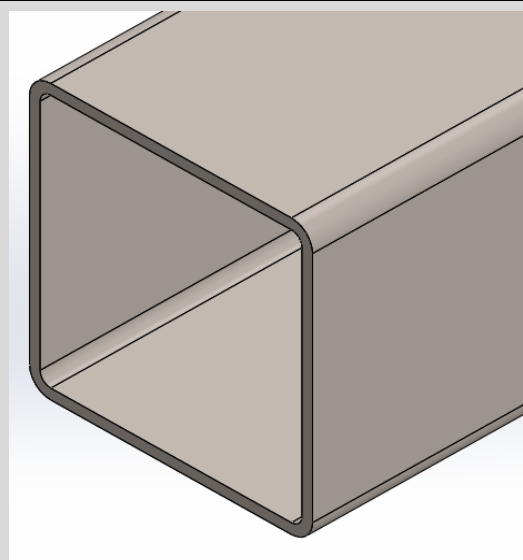
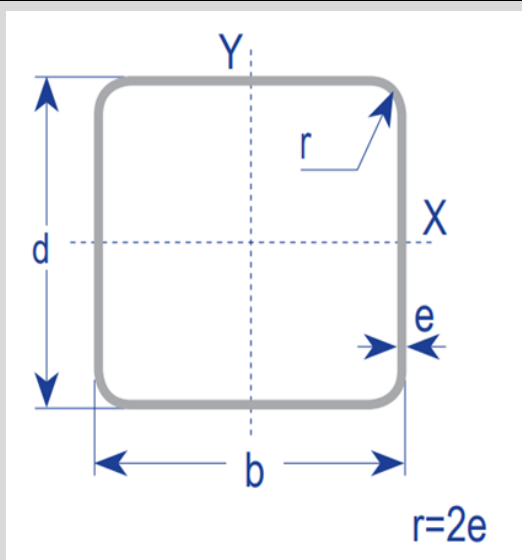
El procedimiento para verificar y cambiar la cuchilla de corte debido a desgaste se explica a continuación.

1. Asegúrese que los motores eléctricos y el compresor se encuentren apagados a través de las indicaciones de los LEDs del panel de control
2. Si se estaba realizando un procedimiento de corte, espere aproximadamente 15 minutos para que la cuchilla de corte se enfríe
3. Desmote completamente la carcasa de la cuchilla de corte, soltando los tornillos que la sujetan a la placa inclinable
4. Baje la cuchilla de corte soltando el tornillo y buje de posicionamiento sobre el eje del motor.
5. Verifique el estado de la nueva cuchilla a montar.

6. Monte la nueva cuchilla sobre el eje del motor y asegúrese de que no se presente ninguna vibración cuando gira la cuchilla manualmente después de apretar el tornillo de posicionamiento.
7. Monte nuevamente la carcasa de la cuchilla de corte.

Anexo B. CÁLCULOS PARA EL PROTOTIPO

Figura 1. Análisis de columna prototipo

COLUMNA	
	
Datos	
Fijación de extremos	Empotrada-libre Valor teórico: $K = 2,0$ Valores prácticos: $K = 2,10$
Longitud de la columna	$L = 80,32$ [in]
Propiedades del material	Norma ASTM A-500 grado B Resistencia de fluencia: $s_y = 46000$ [psi] Módulo de elasticidad: $E = 30 \times 10^6$ [psi]
Propiedades de la sección transversal	Área: $A = 2,32$ [in ²] = $14,95$ [cm ²] Momento de inercia: $I = 5,43$ [in ⁴] Radio de giro: $r = 1,53$ [in]

Parámetro	Ecuación	Valor
Longitud efectiva	$L_e = K * L$	$L_e = 50$ [in]
Radio de giro	$r = \sqrt{I/A}$	$r = 1,53$ [in]
Relación de esbeltez	$RE = KL/r$	$RE = 32,7$
Relación de esbeltez de transición	$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$	$C_c = 113,5$
Como $\frac{KL}{r} < C_c$ la columna es corta y se emplea la ecuacion de Johnson.		
Se calcula la carga critica P_{cr} , que es donde la columna comenzara a pandearse.		
Parámetro	Ecuación	Valor
Carga critica	$P_{cr} = AS_y \left[1 - \frac{S_y(KL/r)^2}{4\pi^2 E} \right]$	$P_{cr} = 102288$ [lb]
Factor de diseño	-----	$N = 3$
Carga admisible	$P_a = \frac{P_{cr}}{N}$	$P_a = 34095$[lb]
RESUMEN		
Los perfiles tubulares COLMENA cumplen con la norma ASTM A-500 grado C. Esfuerzo de fluencia $FY=50.000$ psi (350 MPa) Perfil cuadrado 100 x 100 x 3,2 mm. Longitud= 100 in.		

CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACIÓN							PROPIEDADES ESTÁTICAS						UNIDADES DE EMPAQUE
TAMAÑO PERFIL				Espesor pared e mm	Peso P Kg/m	Area A cm ²	FLEXION			TORSION			
TAMAÑO NOMINAL		REAL					Momento inercia I _x =I _y cm ⁴	Módulo elástico S _x =S _y cm ³	Radio de giro r _x =r _y cm	Módulo plástico Z _x =Z _y cm ³	Momento inercia J cm ⁴	Módulo elástico B cm ³	
PULGADAS	MILÍMETROS	d mm	b mm										
1 X 1	25 X 25	26.70	26.70	1.50	1.16	1.48	1.51	1.13	1.01	1.35	2.49	1.71	36
1 X 1	25 X 25	26.70	26.70	2.50	1.87	2.38	2.12	1.59	0.94	2.00	3.80	2.47	36
1 1/2 X 1 1/2*	40 X 40	40.00	40.00	1.50	1.73	2.20	5.49	2.75	1.58	3.22	8.77	4.13	25
1 1/2 X 1 1/2	40 X 40	40.00	40.00	2.00	2.32	2.96	6.94	3.47	1.53	4.13	11.36	5.25	25
1 1/2 X 1 1/2	40 X 40	40.00	40.00	2.50	2.81	3.58	8.22	4.11	1.51	4.97	13.79	6.25	25
2 X 2*	50 X 50	51.60	51.60	1.50	2.29	2.92	12.21	4.73	2.05	5.50	19.23	7.11	25
2 X 2	50 X 50	51.60	51.60	2.00	3.10	3.95	15.63	6.06	1.99	7.12	25.05	9.13	25
2 X 2	50 X 50	51.60	51.60	2.50	3.74	4.77	18.75	7.27	1.98	8.64	30.61	10.99	25
2 X 2	50 X 50	50.00	50.00	3.00	4.25	5.41	19.47	7.79	1.90	9.39	32.53	11.84	25
2 3/4 X 2 3/4*	70 X 70	70.90	70.90	1.50	3.20	4.08	32.72	9.23	2.83	10.63	50.84	13.86	16
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70.90	70.90	2.00	4.32	5.50	42.38	11.96	2.78	13.88	66.66	17.97	16
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70.90	70.90	2.50	5.26	6.70	51.44	14.51	2.77	16.99	81.96	21.86	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	3.00	6.60	8.41	71.62	19.10	2.92	22.49	115.14	28.81	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	4.00	8.59	10.95	90.19	24.05	2.87	28.76	148.83	36.48	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	5.00	10.48	13.36	106.33	28.35	2.82	34.46	180.41	43.33	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	6.00	12.27	15.63	120.16	32.04	2.77	39.58	209.99	49.43	16
3 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90.20	90.20	2.00	5.57	7.10	89.47	19.84	3.55	22.88	139.26	29.80	16
3 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90.20	90.20	2.50	6.81	8.67	109.31	24.24	3.55	28.13	171.82	36.44	16
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	2.00	6.07	7.74	123.01	24.60	3.99	28.30	190.75	36.94	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	3.00	8.96	11.41	177.05	35.41	3.94	41.21	279.48	53.27	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	4.00	11.73	14.95	226.35	45.27	3.89	53.30	364.04	68.31	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	5.00	14.41	18.36	271.10	54.22	3.84	64.59	444.62	82.14	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	6.00	16.98	21.63	311.47	62.29	3.79	75.10	521.39	94.85	9
	135 X 135	135.00	135.00	4.00	16.13	20.55	581.70	86.18	5.32	100.25	917.81	129.65	9
	135 X 135	135.00	135.00	5.00	19.90	25.36	704.91	104.43	5.27	122.53	1127.65	157.44	9
	135 X 135	135.00	135.00	6.00	23.58	30.03	819.72	121.44	5.22	143.72	1330.14	183.57	9
	150 X 150	150.00	150.00	6.00	26.40	33.63	1145.91	152.79	5.84	179.88	1843.64	230.58	9
	200 X 200	200.00	200.00	5.00	30.11	38.36	2410.09	241.01	7.93	278.87	3771.59	362.24	9
	250 X 250	250.00	250.00	7.00	52.42	66.78	6508.73	520.70	9.87	604.58	10241.82	783.15	6
	300 X 300	300.00	300.00	7.00	63.41	80.78	11466.21	764.41	11.91	882.82	17892.12	1148.60	6

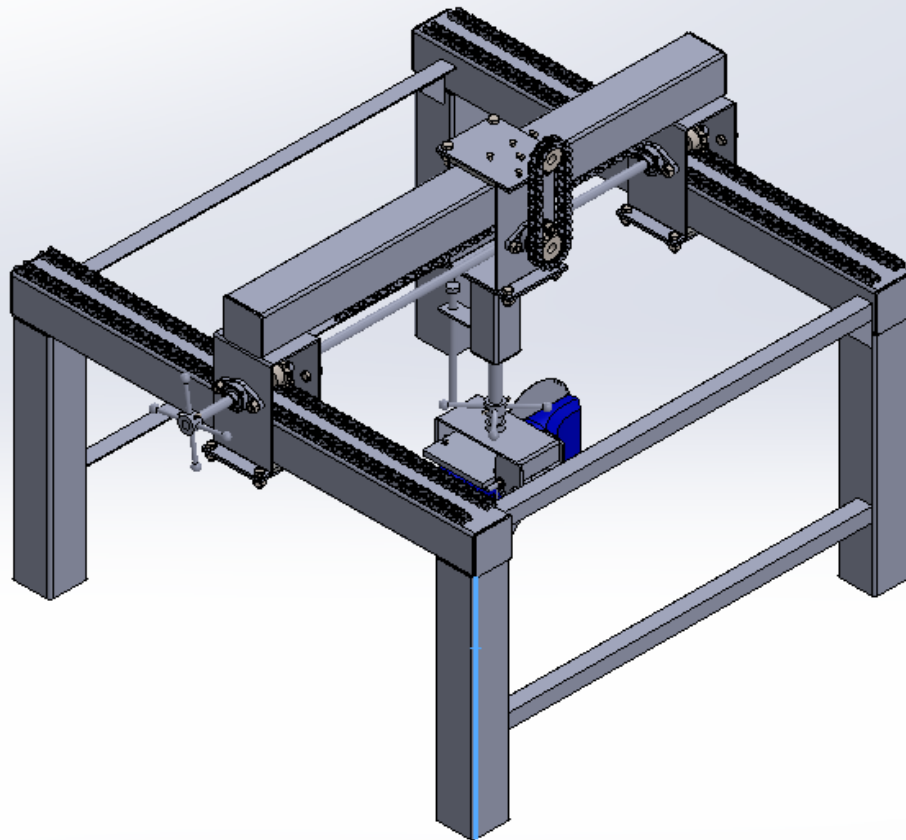
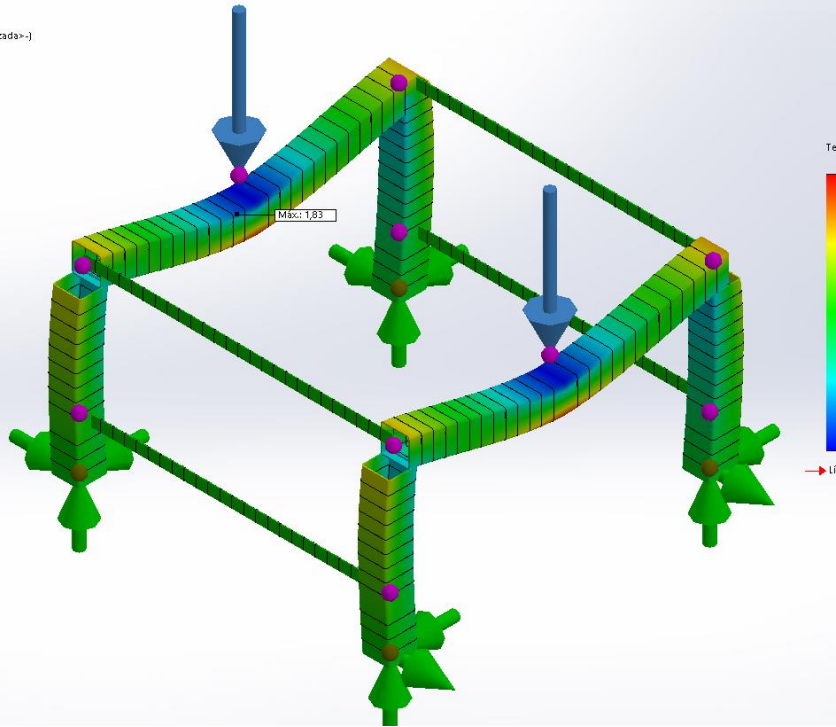


Figura 2. Análisis estructura prototipo

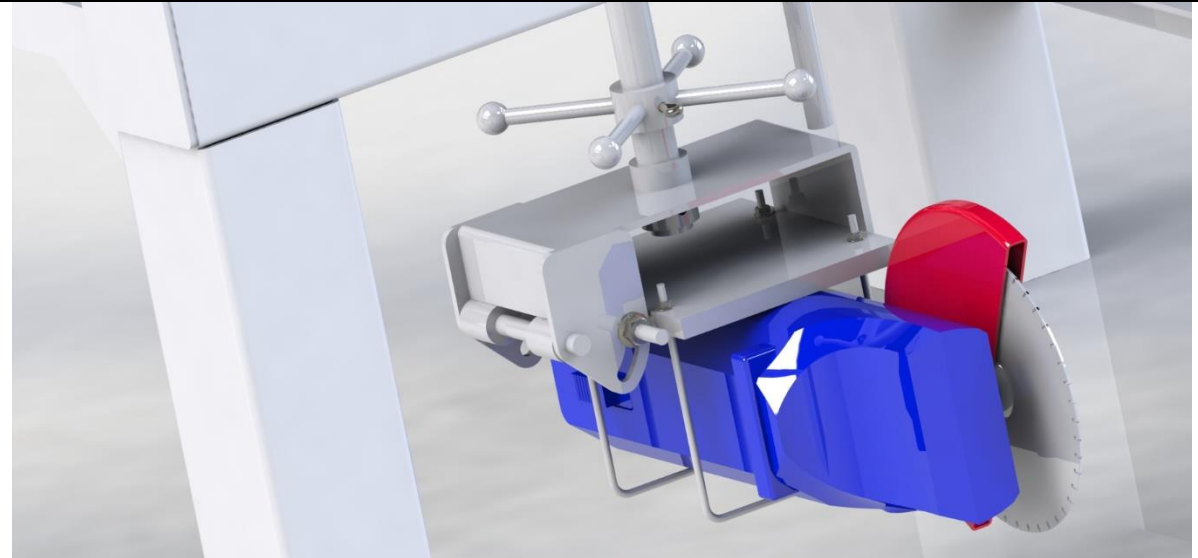
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones	Tensión axial y de flexión	0,00 N/mm ² (MPa) Elemento: 214	1,94 N/mm ² (MPa) Elemento: 37
Desplazamientos	Desplazamientos resultantes	0,00 mm Nodo: 128	0,02 mm Nodo: 39
Factor de seguridad		1,286e+02 Nodo: 39	3,135e+05 Nodo: 66

Nombre del modelo: SIMULACION ESTRUCTURA
 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predeterminado - Como mecanizada -)
 Tipo de resultado: Tensión axial y de flexión Tensiones1
 Escala de deformación: 8075,68



SIMULACION ESTRUCTURA-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Figura 3. Análisis tornillo de potencia

TORNILLO DE POTENCIA		
		
PARÁMETRO	FUNCIÓN	VALOR
Diámetro nominal (D)	-----	1 in
Roscas por pulgada (n)	-----	5
Paso (p)	-----	0,2 in
Factor de fricción (f)	-----	0,15
Área el esfuerzo de tensión (At)	$A_t = F / \text{Sigma}$	0,52 in
Área al esfuerzo cortante (As)	$A_s = F / T$	1,034 in
Angulo de avance (landa)	$\lambda = \arctan \frac{p}{\pi * Dp}$	4,13°
Torque de subida (Tu)	$T_u = \left(\frac{F * Dp}{2} \right) * \frac{\cos(\theta) * \tan(\lambda) + f}{\cos(\theta) - f * \tan(\lambda)}$	3,254 lb.in
Eficiencia (e)	$e = \frac{F * Dp}{2 * \pi * T_u}$	32,3%

Torque de bajada (Td)	$Td = \left(\frac{F * Dp}{2}\right) * \left(\frac{f - \cos(\theta) * \tan(\lambda)}{\cos(\theta) + f * \tan(\lambda)}\right)$	1.10 lb.in
Altura de tuerca (h)	$h = \frac{As}{At} * Dp$	2 in

Se selecciona una Rosca ACME de acero 1045 por la facilidad de conseguirla en el mercado, facilidad de maquinado y por su bajo costo.

Se hace un cálculo para analizar si el tornillo es autobloqueante. Si cumple con la siguiente ecuación, podemos concluir que se bloquea, lo que permite que tener en reposo el portaherramientas mientras este se ajusta con una contratuerca.

$$f > \tan \lambda$$

Teniendo en cuenta que f es el factor de fricción entre el tornillo y la tuerca, se encuentra definido en la tabla anterior y Landa es el ángulo de avance también previamente definido.

$$0,15 > 0,09$$

De esta forma se comprueba matemáticamente que el tornillo es autobloqueante.

Figura 4. Análisis cadena Catarina

DISEÑO DE CADENA-CATARINA		
Datos iniciales		
Aplicación	Transmisión por cadena para accionamiento de movimiento de carro riel-guía.	
Fuente/tipo	motor eléctrico.	
Maquina movida	Carro riel guía que transporta brazo portaherramientas.	
Entrada de potencia	0,19 HP	
Factor de servicio	1,0	Ver Figura 23. ANEXO E
Velocidad de entrada	11 RPM	
Velocidad de salida deseada	11 RPM	

Datos calculados		
Potencia de diseño	0.19	
Relación de velocidades	1,0	
Decisiones de diseño-tipo de cadena y números de dientes		
Cantidad de hileras:	1,0	
Factor por hileras:	1,0	
Potencia requerida por hilera:	0,5 [HP]	
Numero de cadena:	60	Ver Figura 22. ANEXO E
Paso de la cadena	0,75 [in]	Ver Figura 22. ANEXO E
Numero de dientes-Catarina motriz	10	
Numero de dientes-Catarina conducida	10	
Ingrese: número de dientes elegido	10 La cantidad mínima de dientes en una Catarina debe ser 17, a menos que el impulsor funcione a una velocidad muy pequeña, menor que 100 RPM.	
Datos calculados		
Velocidad real de salida:	11 [RPM]	
Diámetro de paso-Catarina automotriz	$D = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{N}\right)}$ D = 2,4270	
Diámetro de paso-Catarina conducida	$D = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{N}\right)}$ D = 2,4270	

Distancia entre centros, longitud de cadena y ángulo de contacto	
Ingrese: distancia nominal entre centros	10 pasos Se recomienda de 30 a 50 pasos, pero en este caso se puso 10 pasos debido a la configuración espacial del sistema y otra situación favorable es que la relación de velocidades es 1; es decir no hay descomposición vectorial de fuerzas.
Longitud nominal de cadena, calculada	$L = 2C + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{8(N_1 - N_2)^2}{4\pi^2}$ $L = 2C + \frac{N_1 + N_2}{2}$ $L = 2(21) + \frac{13 + 13}{2}$ $L = 30[\text{Pasos}]$
Ingrese: número de pasos específico	L = 30 [pasos] Se recomienda par.
Longitud real de la cadena:	L = 22,5 [in]
Distancia calculada real entre centros:	$L = 2C + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{8(N_1 - N_2)^2}{4\pi^2}$ $L = 2C + \frac{N_1 + N_2}{2}$ $56 = 2C + \frac{13 + 13}{2}$ $\mathbf{C = 10 [Pasos]}$
Distancia real entre centros:	7,5 [in]
Angulo de contacto-Catarina motriz:	$\theta_1 = 180^\circ$
Angulo de contacto-Catarina conducida	$\theta_2 = 180^\circ$

RESUMEN DEL DISEÑO

Paso: Cadena número 60- 0,75 pulgadas de paso

Longitud: 56 pulgadas

Distancia entre centros: 7,5 pulgadas

Catarinas: Hilera simple, número 60, 0,75 de pulgadas de paso

Motriz: 10 dientes, D=2,4270 pulgadas

Conducida: 10 dientes; D=2,4270 pulgadas

No. 60-Hardened Teeth — 2 Setscrews

No. Teeth	Catalog Number	Outside Diameter	Length Thru Bore	Weight Lbs. (Approx.)	Stock Finished Bores Includes Keyway and Setscrews
9	60BS9HT	2.51	1 $\frac{1}{2}$	0.6	$\frac{3}{8}$ — $\frac{3}{8}$ — 1
10	60BS10HT	2.76	1 $\frac{1}{2}$	0.7	$\frac{3}{8}$ — $\frac{3}{8}$ — 1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$
11	60BS11HT	3.00	1 $\frac{1}{2}$	0.9	$\frac{3}{8}$ — $\frac{3}{8}$ — 1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$
12	60BS12HT	3.25	1 $\frac{1}{2}$	1.3	$\frac{3}{8}$ — $\frac{3}{8}$ — 1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$
13	60BS13HT	3.49	1 $\frac{1}{2}$	1.3	$\frac{3}{8}$ — $\frac{3}{8}$ — 1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$
14	60BS14HT	3.74	1 $\frac{1}{2}$	1.6	$\frac{3}{8}$ — $\frac{3}{8}$ — 1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$
15	60BS15HT	3.98	1 $\frac{1}{2}$	1.7	$\frac{3}{8}$ — $\frac{3}{8}$ — 1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$
16	60BS16HT	4.22	1 $\frac{1}{2}$	2.1	$\frac{3}{8}$ — $\frac{3}{8}$ — 1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$
17	60BS17HT	4.46	1 $\frac{1}{2}$	2.4	1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$
18	60BS18HT	4.70	1 $\frac{1}{2}$	2.6	1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$
19	60BS19HT	4.95	1 $\frac{1}{2}$	3.4	1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$
20	60BS20HT	5.19	1 $\frac{1}{2}$	3.9	1 — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{8}$

KEYWAY IS ON CENTER LINE OF TOOTH.

Fuente: Catálogo Martin.

Anexo C. CARTA CERTIFICADO DE CONSTRUCCIÓN PROTOTIPO

	DESING LTDA DISEÑOS ESPECIALES E INGENIERIA LIMITADA	<i>Plantas de Alimentos Balanceados Rendering Subproductos Pollo, Porcino Recibos, Manejos Materias Primas a Granel Estudio, Diseño, Fabricación, Automatización Montaje, Interventorias, Obras Civiles</i>
<p>Bucaramanga, septiembre 3 de 2020.</p>		
<p>Señores: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Ciudad.</p>		
<p>DESING LTDA., conserva cierto interés en apoyar este tipo de proyectos de diseño y construcción, desarrollados por jóvenes estudiantes próximos a graduarse y a ejercer profesionalmente, puesto que contribuir al desarrollo tecnológico autóctono deriva de la misión de la organización.</p>		
<p>Se trabajó de manera conjunta con los estudiantes logrando así la puesta en común del diseño final, como estrategia para visualizar y generar elementos suficientes relacionados con la ingeniería mecánica aplicada, pues esta es labor diaria de la organización.</p>		
<p>La transformación de materiales metálicos mediante procesos varios es nuestro foco de atención, y es por eso que el prototipo construido tiene cabida en la organización para alguna utilidad básica, simplemente efectuando alguna adecuación.</p>		
<p>Desing ltda adquirió el prototipo diseñado y construido por los jóvenes estudiantes UIS, Juan Sebastian Alvarez Almandia y Omar Alexander Rodriguez Rubio, con objeto de implementarlo en la manufactura de algún proceso básico.</p>		
<p><i>DESING LTDA.</i> DISEÑOS ESPECIALES E INGENIERIA LTDA.</p>		
<p>ALFA MAGDALENA MORENO JAIMES Gerente y/o representante legal</p>		
<p>Cr. 14 # 13-54 Barrio Gallán, Telefax: +(57)7 6711064, Bucaramanga-Santander, Colombia desingbucaramanga@hotmail.com desingltda@hotmail.com ingenieria@desingltda.com</p>		
<p>pág. 1</p>		

Anexo D. SISTEMA NEUMÁTICO ELEVACIÓN

Figura 1. Características del cilindro neumático.

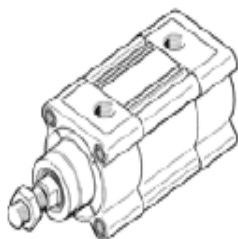
cilindro normalizado DSBC-63-250-PPSA-N3

Número de artículo: 1383640

★ Gama básica

Con amortiguación de fin de recorrido neumática autorregulable.

FESTO



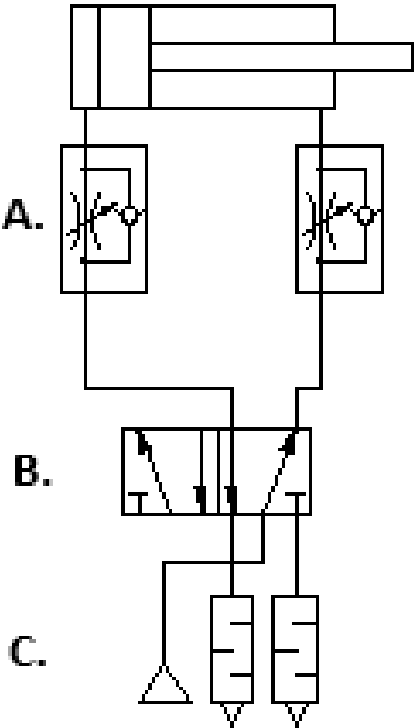
Hoja de datos

Característica	Valor
Carrera	250 mm
Diámetro del émbolo	63 mm
Rosca del vástago	M16x1,5
Amortiguación	PPS: amortiguación de fin de recorrido neumática autorregulable
Posición de montaje	indistinto
Corresponde a la norma	ISO 15552
Extremo del vástago	Rosca exterior
Construcción	Émbolo Vástago Tubo perfilado
Detección de la posición	para sensores de proximidad
Variantes	vástago simple
Presión de funcionamiento	0,4 ... 12 bar
Modo de funcionamiento	de doble efecto
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento)
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2 - riesgo de corrosión moderado
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C
Energía del impacto en las posiciones finales	1,3 J
Carrera de amortiguación	22 mm
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	1.682 N
Fuerza teórica con 6 bar, avance	1.870 N

Fuente. Catálogo FESTO. https://www.festo.com/cat/es-co_co/xDKI.asp

El diagrama neumático del sistema se muestra a continuación.

Figura 2. Sistema Neumático



Fuente. Catálogo FESTO. https://www.festo.com/cat/es-co_co/xDKI.asp

Figura 3. Hoja de datos Válvula.

válvula de estrangulación y antirretorno GRLA-3/8-QS-8-D

FESTO

Número de artículo: 193150

★ Gama básica



Condiciones de servicio generales

Hoja de datos

→ Hoja de datos, fiabilidad del producto

Hoja de datos

Característica	Valor
Fecha de envío	→ Indicación
Función de las válvulas	Válvula reguladora de caudal, antirretorno del escape
Conexión neumática 1	QS-8
Conexión neumática 2	G3/8
Elemento de ajuste	Tornillo con cabeza ranurada
Tipo de fijación	atomillable
Caudal nominal normal en sentido de la estrangulación	820 l/min
Caudal nominal normal en el sentido del antirretorno	450 ... 850 l/min
Temperatura ambiente	-10 ... 60 °C
Clasificación marítima	véase el certificado
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura	0,2 ... 10 bar
Caudal estándar en sentido de regulación del flujo: 6 -> 0 bar	1,300 l/min
Caudal estándar en sentido de bloqueo: 6 -> 0 bar	1080 ... 1420 l/min
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]

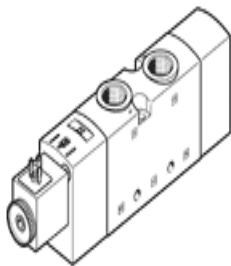
Fuente. Catálogo FESTO. https://www.festo.com/cat/es-co_co/xDKI.asp

Figura 4. Válvula direccional

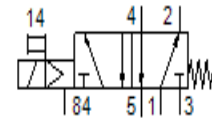
electroválvula VUVS-L30-M52-MD-G38-F8-1C1

Número de artículo: 575604

★ Gama básica



FESTO



Condiciones de servicio generales

Hoja de datos

→ Hoja de datos, fiabilidad del producto

Hoja de datos

Característica	Valor
Fecha de envío	→ Indicación
Función de las válvulas	5/2 monoestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Tamaño de las válvulas	31 mm
Caudal nominal normal	2.300 l/min
Presión de funcionamiento	2.5 ... 10 bar
Construcción	Corredera
Tipo de reposición	muelle mecánico
Homologación	c UL us - Recognized (OL)
Tipo de protección	IP65 con conector tipo zócalo según IEC 60529
Diámetro nominal	9.4 mm
Función de escape	Estrangulable
Principio de hermetización	blando
Posición de montaje	indistinto
Accionamiento manual auxiliar	con enclavamiento mediante pulsador
Tipo de control	prepilotoado
Alimentación del aire de control	interno
Sentido del flujo	no reversible
Superposición	Superposición positiva

Fuente. Catálogo FESTO. https://www.festo.com/cat/es-co_co/xDK1.asp

Se presentan los componentes del subsistema de inclinación

Figura 5. Hoja de datos del cilindro neumático.

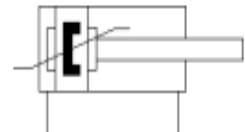
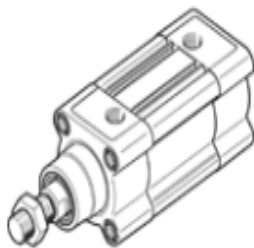
cilindro normalizado DSBC-50-150-PPSA-N3

Número de artículo: 2102632

★ Gama básica

Con amortiguación de fin de recorrido neumática autorregulable.

FESTO



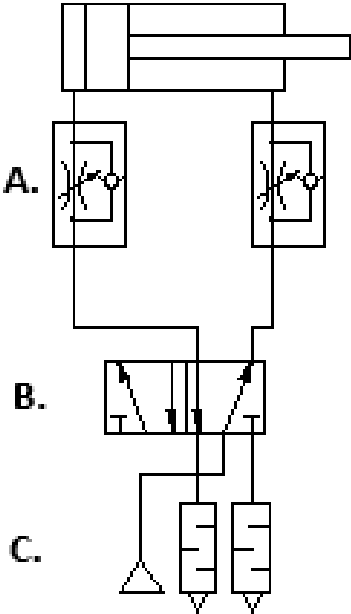
Hoja de datos

Característica	Valor
Carrera	150 mm
Diámetro del émbolo	50 mm
Rosca del vástago	M16x1,5
Amortiguación	PPS: amortiguación de fin de recorrido neumática autorregulable
Posición de montaje	indistinto
Corresponde a la norma	ISO 15552
Extremo del vástago	Rosca exterior
Construcción	Émbolo Vástago Tubo perfilado
Detección de la posición	para sensores de proximidad
Variantes	vástago simple
Presión de funcionamiento	0,4 ... 12 bar
Modo de funcionamiento	de doble efecto
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]

Fuente. Catálogo FESTO. https://www.festo.com/cat/es-co_co/xDKI.asp

El diagrama del sistema neumático de inclinación se muestra a continuación.

Figura 6. Diagrama neumático del sistema.



Fuente. Catálogo FESTO. https://www.festo.com/cat/es-co_co/xDKI.asp

Figura 7. Válvula de estrangulación


válvula de estrangulación y antirretorno GRLA-1/8-QS-8-D


FESTO

Número de artículo: 193145

★ Gama básica



 Condiciones de servicio generales

 Hoja de datos

→ Hoja de datos, fiabilidad del producto

Hoja de datos

Característica	Valor
Fecha de envío	→ Indicación
Función de las válvulas	Válvula reguladora de caudal, antirretorno del escape
Conexión neumática 1	QS-8
Conexión neumática 2	G1/8
Elemento de ajuste	Tornillo con cabeza ranurada
Tipo de fijación	atomillable
Caudal nominal normal en sentido de la estrangulación	215 l/min
Caudal nominal normal en el sentido del antirretorno	175 ... 250 l/min

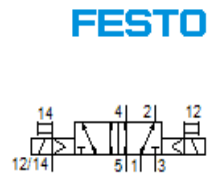
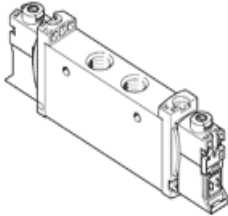
Fuente. Catálogo FESTO. https://www.festo.com/cat/es-co_co/xDKI.asp

Figura 8. Válvula direccional

electroválvula VUVG-L14-B52-ZT-G18-1P3

Número de artículo: 566509

Este tipo es apropiado para trabajar con vacío.



FESTO

- Condiciones de servicio generales
- Hoja de datos
- Hoja de datos, fiabilidad del producto

Hoja de datos

Característica	Valor
Fecha de envío	→ Indicación
Función de las válvulas	5/2 biestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Tamaño de las válvulas	14 mm
Caudal nominal normal	700 ... 780 l/min
Presión de funcionamiento	-0.9 ... 10 bar
Construcción	Corredera
Homologación	RCM Mark c CSA us (OL) c UL us - Recognized (OL)
Tipo de protección	IP40 IP65 con conector tipo zócalo
Diámetro nominal	5.6 mm
Función de escape	Estrangulable
Principio de hermetización	blando
Posición de montaje	indistinto

Fuente. Catálogo FESTO. https://www.festo.com/cat/es-co_co/xDKI.asp

Figura 9. Datos del compresor

Bauker®	
50Hz	
Modelo	Euro 6
RPM	2300
Sonoridad (dB)	73
Presión de trabajo (PSI/BAR)	86 a 116 / 6 a 8
Presión máxima (PSI/BAR)	116 / 8
Potencia (Hp/kW)	1 / 0,75
Potencia punta (Hp /kW)	1,5 / 1,1
Caudal de entrada máximo (CFM-L/min)	5-140
Protección	Protector térmico
Desplazamiento (CFM-L/min) @ 90 PSI - 6,2 BAR	1,94-55
Desplazamiento (CFM-L/min) @ 40 PSI - 3 BAR	2,75-77
60Hz	
Modelo	Euro 6
RPM	2300
Sonoridad (dB)	73
Presión de trabajo (PSI/BAR)	86 a 116 / 6 a 8
Presión máxima (PSI/BAR)	116 / 8
Potencia (Hp/kW)	1 / 0,75
Potencia punta (Hp /kW)	1,5 / 1,1
Caudal de entrada máximo (CFM-L/min)	5-140
Protección	Protector térmico
Desplazamiento (CFM-L/min) @ 90 PSI - 6,2 BAR	1,94-55
Desplazamiento (CFM-L/min) @ 40 PSI - 3 BAR	2,75-77

Fuente: Bauker. <https://www.bauker.com/#>

Para todo el sistema se usa un tubo flexible recomendado por el fabricante que garantiza la operación. A continuación, se adjunta una hoja de datos del tubo flexible.

Figura 10. Tubo flexible

tubo flexible de material sintético
PUN-8X1,25-BL

Número de artículo: 159666

FESTO

Tubo calibrado exterior, para racores rápidos QS, racores roscados CN y CK de poliuretano (no aprobados para la industria alimentaria)

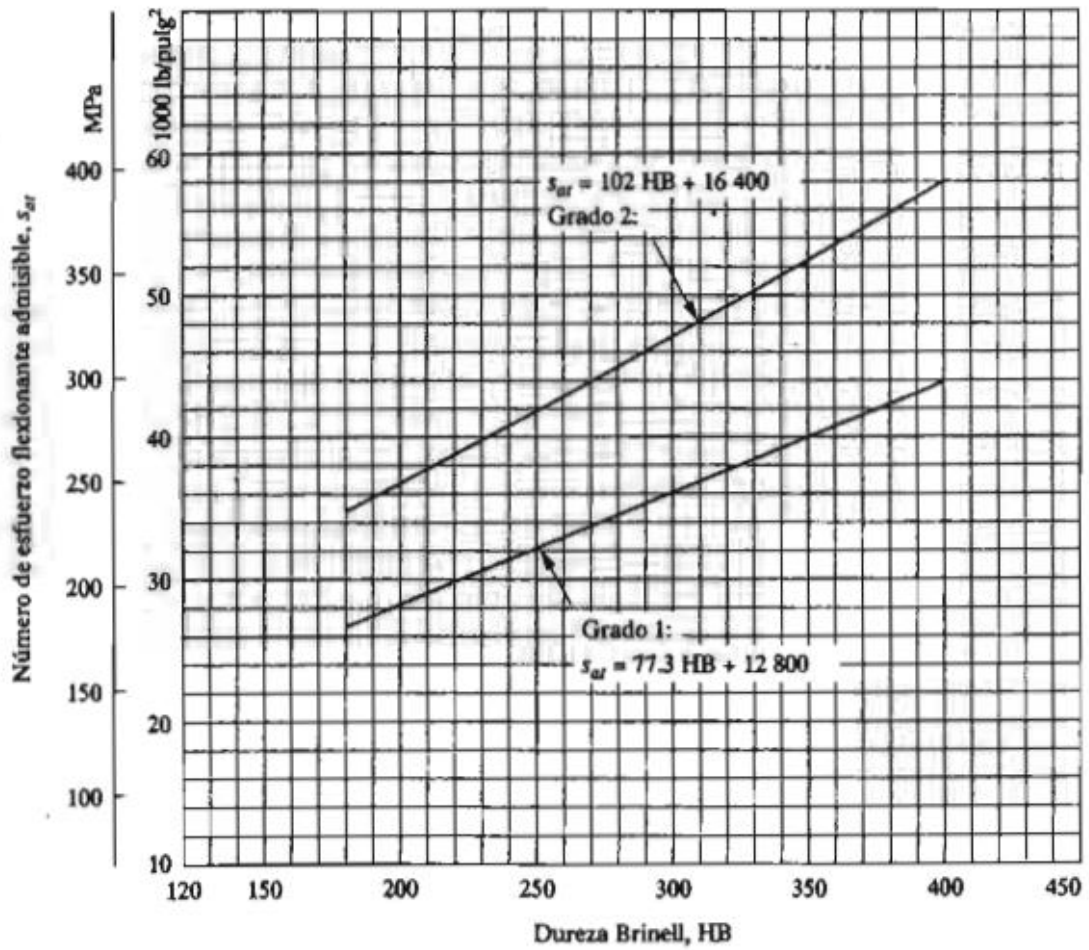


Hoja de datos

Característica	Valor
Diámetro exterior	8 mm
Radio de flexión relevante para el caudal	37 mm
Diámetro interior	5,7 mm
Radio máximo de curvatura	24 mm
Características de los tubos flexibles	Apropiado para cadenas de arrastre para aplicaciones con duración de los ciclos elevada
Condiciones de las pruebas de control de los tubos flexibles	Apropiado para cadenas de arrastre: >5 millones de ciclos según FN 942021

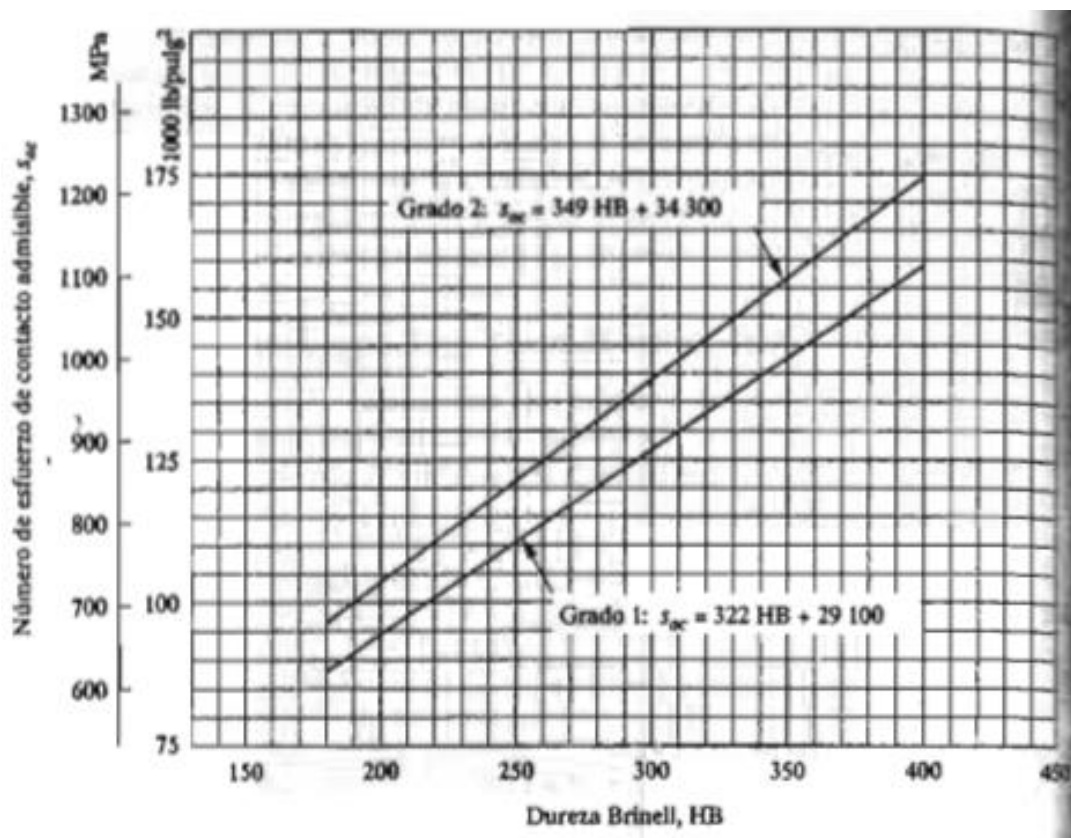
Anexo E. TABLAS Y FIGURAS PARA EL DISEÑO DEL PIÑON-CREMALLERA

Figura 1. Numero de esfuerzo flexionante admisible



Fuente: Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 2. Numero de esfuerzo de contacto admisible.



Fuente: Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 3. Pasos diametrales normalizados

Paso grueso ($P_d < 20$)				Paso fino ($P_d \geq 20$)	
1	2	5	12	20	72
1.25	2.5	6	14	24	80
1.5	3	8	16	32	96
1.75	4	10	18	48	120
				64	

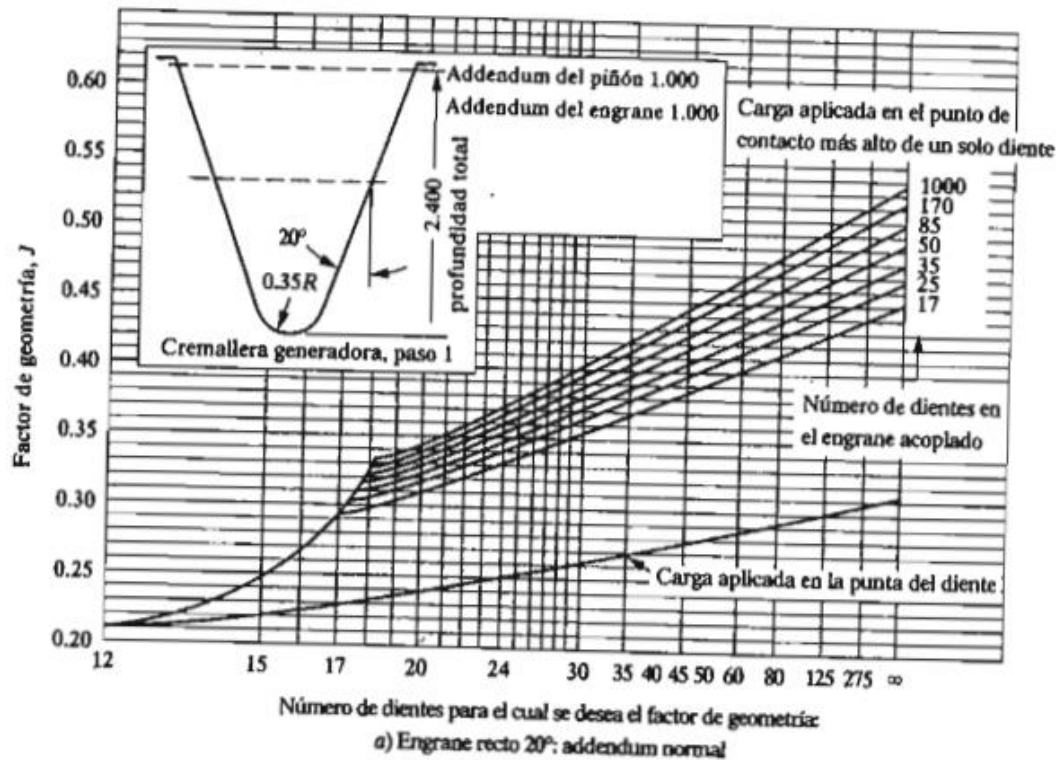
Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas.

Figura 4. Fórmulas para características de dientes de engranes, para un Angulo de presión de 20°

Involuta de 20°, profundidad total				
Propiedad	Símbolo	Paso grueso ($P_d < 20$)	Paso fino ($P_d \geq 20$)	Sistema de módulo métrico
Addendum	a	$1/P_d$	$1/P_d$	1.00m
Dedendum	b	$1.25/P_d$	$1.200/P_d + 0.002$	1.25m
Clearance	c	$0.25/P_d$	$0.200/P_d + 0.002$	0.25m

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas.

Figura 5. Factor J de geometría (tomado de la Norma AGMA 218.01, Rating the Pitting Resistance and Bending Strength of Spur and Helical Involute Gear Teeth, con authorization del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)



Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas.

Figura 6. Factores de sobrecarga, K_o

Fuente de potencia	Máquina impulsada			
	Uniforme	Choque ligero	Choque moderado	Choque pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75
Choque ligero	1.20	1.40	1.75	2.25
Choque moderado	1.30	1.70	2.00	2.75

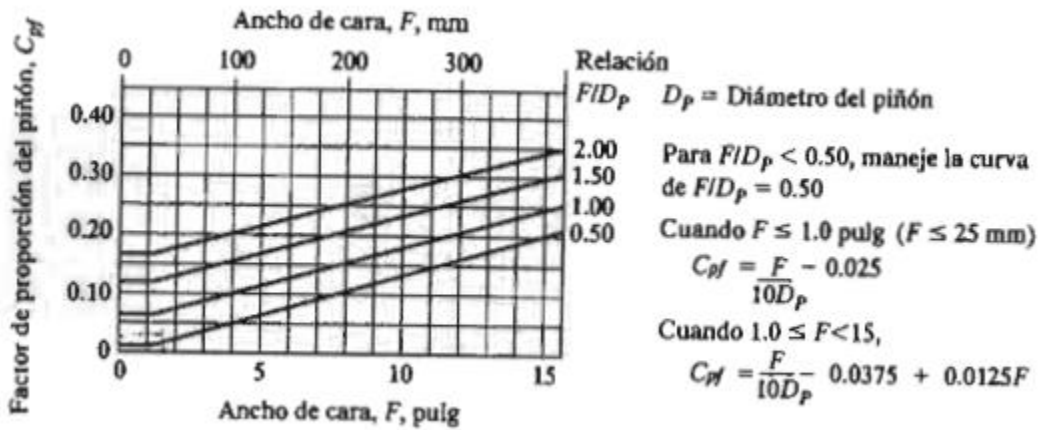
Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas.

Figura 7. Factor de tamaño, K_s

Paso diametral, P_d	Módulo métrico, m	Factor de tamaño, K_s
≥ 5	≤ 5	1.00
4	6	1.05
3	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.40

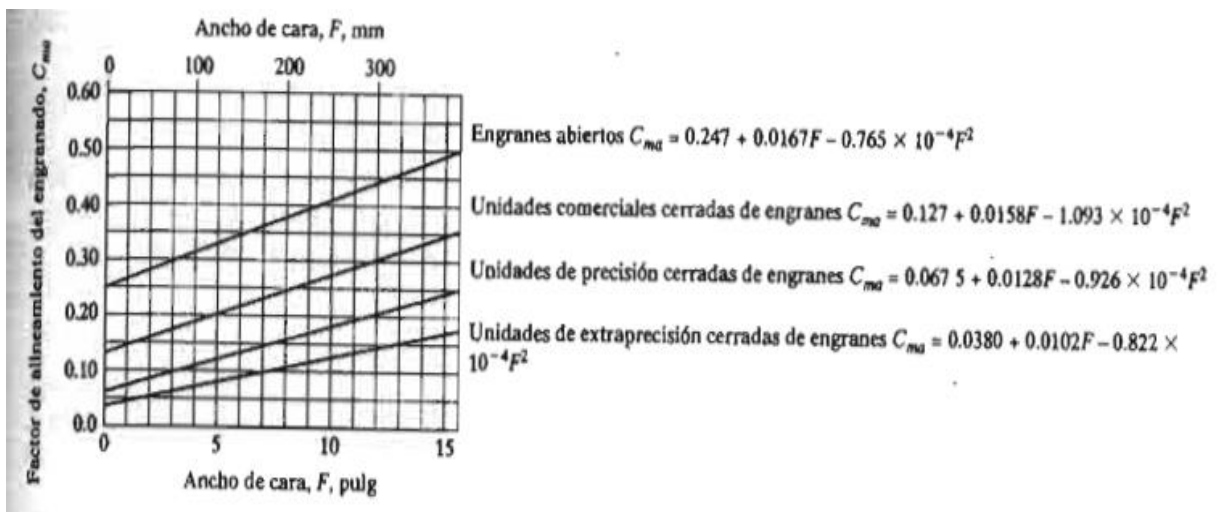
Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas.

Figura 8. Factor de proporción del piñón, C_{pf} (tomado de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)



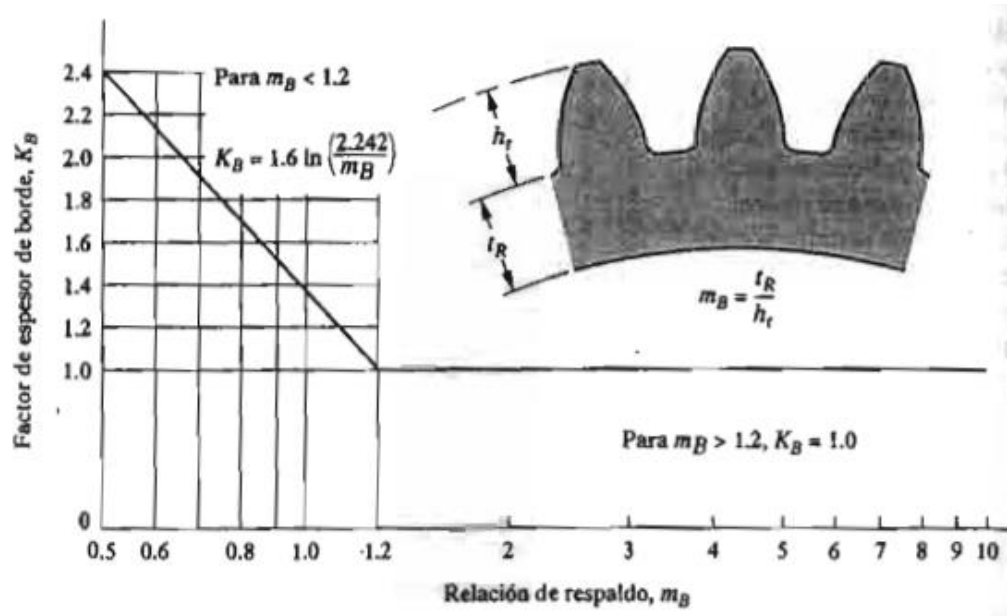
Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas.

Figura 9. Factor de alineamiento del engrando, C_{ma} (tomado de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)



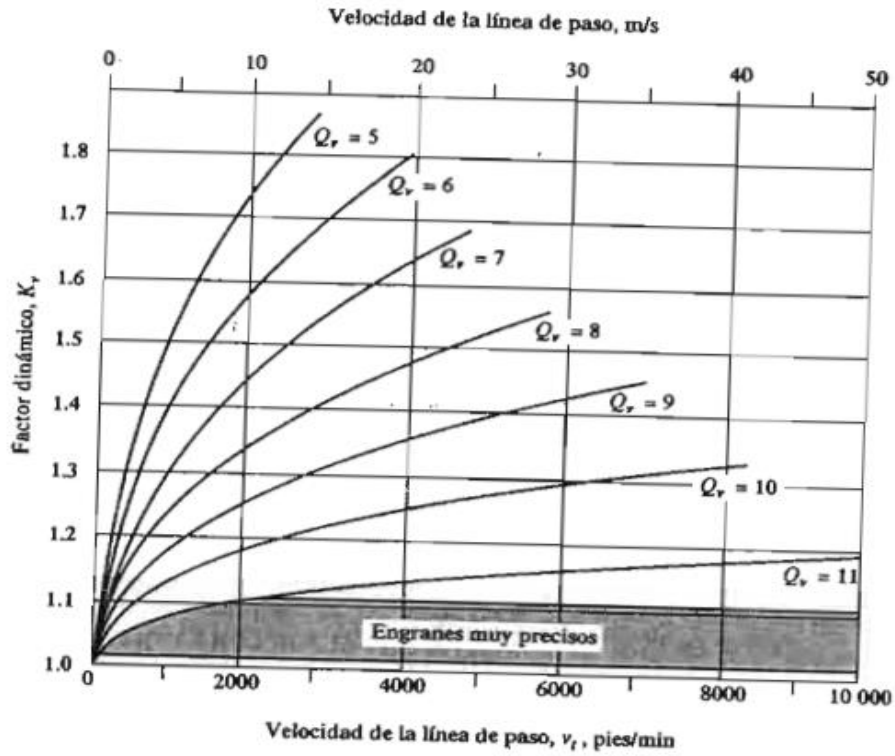
Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas.

Figura 10. Factor de espesor de borde, K_B (tomado de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorizacion del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)



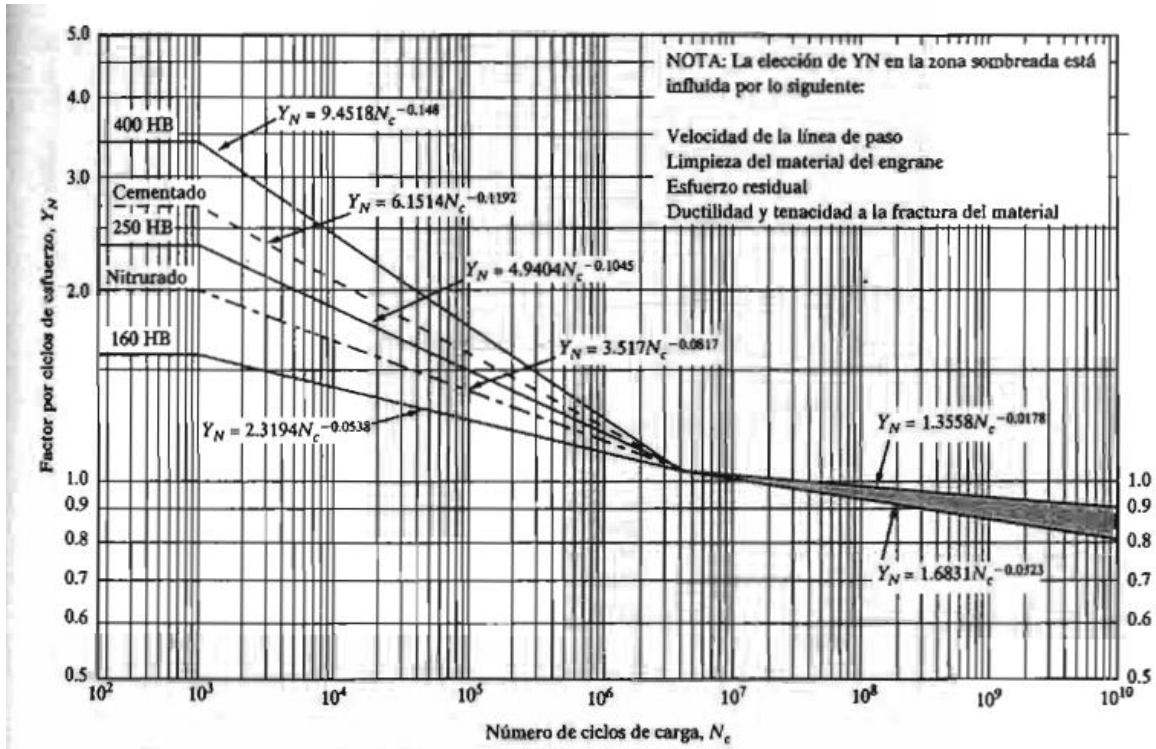
Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 11. Factor dinámico, K_v (tomado de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)



Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 12. Factor de resistencia de flexion por ciclos de esfuerzo, Y_N (tomado de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorizacion del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)



Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 13. Factor Cp

TABLA 9-9 Coeficiente elástico, C_p

Material del piñón	Módulo de elasticidad, E_p , lb/pulg ² (MPa)	Material y módulo de elasticidad E_g , lb/pulg ² (MPa), del engrane					
		Acero 30×10^6 (2×10^5)	Hierro maleable 25×10^6 (1.7×10^5)	Hierro nodular 24×10^6 (1.7×10^5)	Hierro colado 22×10^6 (1.5×10^5)	Bronce de aluminio 17.5×10^6 (1.2×10^5)	Bronce de estaño 16×10^6 (1.1×10^5)
Acero	30×10^6 (2×10^5)	2300 (191)	2180 (181)	2160 (179)	2100 (174)	1950 (162)	1900 (158)
Hierro maleable	25×10^6 (1.7×10^5)	2180 (181)	2090 (174)	2070 (172)	2020 (168)	1900 (158)	1850 (154)
Hierro nodular	24×10^6 (1.7×10^5)	2160 (179)	2070 (172)	2050 (170)	2000 (166)	1880 (156)	1830 (152)
Hierro colado	22×10^6 (1.5×10^5)	2100 (174)	2020 (168)	2000 (166)	1960 (163)	1850 (154)	1800 (149)
Bronce de aluminio	17.5×10^6 (1.2×10^5)	1950 (162)	1900 (158)	1880 (156)	1850 (154)	1750 (145)	1700 (141)
Bronce de estaño	16×10^6 (1.1×10^5)	1900 (158)	1850 (154)	1830 (152)	1800 (149)	1700 (141)	1650 (137)

Fuente: Tomado de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth* con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314
 Nota: Relación de Poisson = 0.30; unidades de C_p : (lb/pulg²)^{0.5} o (MPa)^{0.5}

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 14. Factor Kr

TABLA 9-8 Factor de confiabilidad, K_R

Confiabilidad	K_R
0.90, una falla en 10	0.85
0.99, una falla en 100	1.00
0.999, una falla en 1000	1.25
0.9999, una falla en 10 000	1.50

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 15. Factor Z_N

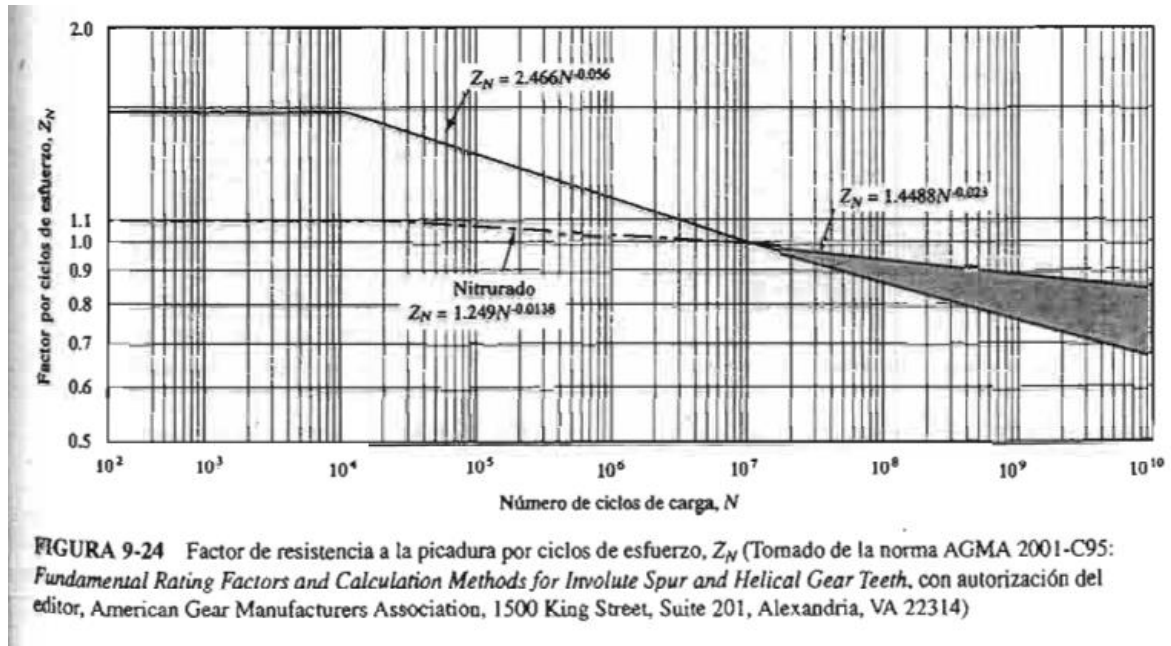


FIGURA 9-24 Factor de resistencia a la picadura por ciclos de esfuerzo, Z_N (Tomado de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Anexo F. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Figura 1. Propiedades de los materiales

Designación del material (Número AISI)	Condición	S_{ut} Resistencia a la tensión		S_y Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Dureza Brinell (HB)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		
1020	Laminado en caliente	55	379	30	207	25	111
1020	Estirado en frío	61	420	51	352	15	122
1020	Recocido	60	414	43	296	38	121
1040	Laminado en caliente	72	496	42	290	18	144
1040	Estirado en frío	80	552	71	490	12	160
1040	OQT 1300	88	607	61	421	33	183
1040	OQT 400	113	779	87	600	19	262
1050	Laminado en caliente	90	620	49	338	15	180
1050	Estirado en frío	100	690	84	579	10	200
1050	OQT 1300	96	662	61	421	30	192
1050	OQT 400	143	986	110	758	10	321
1117	Laminado en caliente	62	427	34	234	33	124
1117	Estirado en frío	69	476	51	352	20	138
1117	WQT 350	89	614	50	345	22	178
1137	Laminado en caliente	88	607	48	331	15	176
1137	Estirado en frío	98	676	82	565	10	196
1137	OQT 1300	87	600	60	414	28	174
1137	OQT 400	157	1083	136	938	5	352
1144	Laminado en caliente	94	648	51	352	15	188
1144	Estirado en frío	100	690	90	621	10	200
1144	OQT 1300	96	662	68	469	25	200
1144	OQT 400	127	876	91	627	16	277
1213	Laminado en caliente	55	379	33	228	25	110
1213	Estirado en frío	75	517	58	340	10	150
12L13	Laminado en caliente	57	393	34	234	22	114
12L13	Estirado en frío	70	483	60	414	10	140
1340	Recocido	102	703	63	434	26	207
1340	OQT 1300	100	690	75	517	25	235
1340	OQT 1000	144	993	132	910	17	363
1340	OQT 700	221	1520	197	1360	10	444
1340	OQT 400	285	1960	234	1610	8	578
3140	Recocido	95	655	67	462	25	187
3140	OQT 1300	115	792	94	648	23	233
3140	OQT 1000	152	1050	133	920	17	311
3140	OQT 700	220	1520	200	1380	13	461
3140	OQT 400	280	1930	248	1710	11	555
4130	Recocido	81	558	52	359	28	156
4130	WQT 1300	98	676	89	614	28	202
4130	WQT 1000	143	986	132	910	16	302
4130	WQT 700	208	1430	180	1240	13	415
4130	WQT 400	234	1610	197	1360	12	461
4140	Recocido	95	655	60	414	26	197
4140	OQT 1300	117	807	100	690	23	235
4140	OQT 1000	168	1160	152	1050	17	341
4140	OQT 700	231	1590	212	1460	13	461
4140	OQT 400	290	2000	251	1730	11	578

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 2. Factor K_R

Confiabilidad	K_R
0.90, una falla en 10	0.85
0.99, una falla en 100	1.00
0.999, una falla en 1000	1.25
0.9999, una falla en 10 000	1.50

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 3. Propiedades de diseño para los aceros al carbón y aleados.

Designación del material (Número AISI)	Condición	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Dureza Brinell (HB)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		
4150	Recocido	106	731	55	379	20	197
4150	OQT 1300	127	880	116	800	20	262
4150	OQT 1000	197	1360	181	1250	11	401
4150	OQT 700	247	1700	229	1580	10	495
4150	OQT 400	300	2070	248	1710	10	578
4340	Recocido	108	745	68	469	22	217
4340	OQT 1300	140	965	120	827	23	280
4340	OQT 1000	171	1180	158	1090	16	363
4340	OQT 700	230	1590	206	1420	12	461
4340	OQT 400	283	1950	228	1570	11	555
5140	Recocido	83	572	42	290	29	167
5140	OQT 1300	104	717	83	572	27	207
5140	OQT 1000	145	1000	130	896	18	302
5140	OQT 700	220	1520	200	1380	11	429
5140	OQT 400	276	1900	226	1560	7	534
5150	Recocido	98	676	52	359	22	197
5150	OQT 1300	116	800	102	700	22	241
5150	OQT 1000	160	1100	149	1030	15	321
5150	OQT 700	240	1650	220	1520	10	461
5150	OQT 400	312	2150	250	1720	8	601
5160	Recocido	105	724	40	276	17	197
5160	OQT 1300	115	793	100	690	23	229
5160	OQT 1000	170	1170	151	1040	14	341
5160	OQT 700	263	1810	237	1630	9	514
5160	OQT 400	322	2220	260	1790	4	627
6150	Recocido	96	662	59	407	23	197
6150	OQT 1300	118	814	107	738	21	241
6150	OQT 1000	183	1260	173	1190	12	375
6150	OQT 700	247	1700	223	1540	10	495
6150	OQT 400	315	2170	270	1860	7	601
8650	Recocido	104	717	56	386	22	212
8650	OQT 1300	122	841	113	779	21	255
8650	OQT 1000	176	1210	155	1070	14	363
8650	OQT 700	240	1650	222	1530	12	495
8650	OQT 400	282	1940	250	1720	11	555
8740	Recocido	100	690	60	414	22	201
8740	OQT 1300	119	820	100	690	25	241
8740	OQT 1000	175	1210	167	1150	15	363
8740	OQT 700	228	1570	212	1460	12	461
8740	OQT 400	290	2000	240	1650	10	578
9255	Recocido	113	780	71	490	22	229
9255	Q&T 1300	130	896	102	703	21	262
9255	Q&T 1000	181	1250	160	1100	14	352
9255	Q&T 700	260	1790	240	1650	5	534
9255	Q&T 400	310	2140	287	1980	2	601

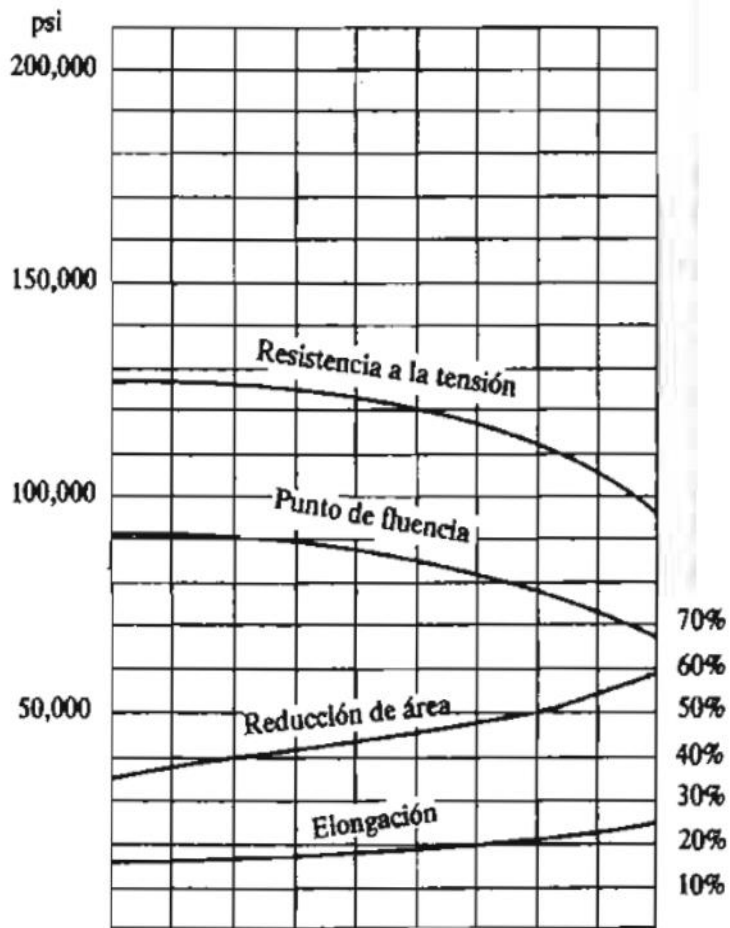
Nota: Propiedades comunes a todos los aceros al carbón y aleados:
 Relación de Poisson: 0.27
 Módulo de corte: 11.5×10^6 psi; 80 GPa
 Coeficiente de dilatación térmica: 6.5×10^{-4} $^{\circ}\text{F}^{-1}$
 Densidad: 0.283 lb/pulg³; 7580 kg/m³
 Módulo de elasticidad: 30×10^6 psi; 207 GPa

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Anexo G. TABLAS Y FIGURAS PARA EL DISEÑO DE EJES

Figura 1. Acero AISI 1144 con tratamiento térmico: templado y revenido (*Modern Steels and Their properties*, Bethlehem Steel Co., Bethlehem, PA)

Tratamiento: Normalizado a 1650 °F, recalentado a 1550 °F, templado en aceite
 Tratado: redondo de 1 pulg; ensayado: redondo de 0.505 pulg HB 285, tal como se templó



Temperatura, F 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300

Dureza, HB 277 269 262 255 248 241 235 229 217 201

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 22. Propiedades de diseño para los aceros al carbón y aleados.

Factores de confiabilidad aproximados C_R	
Confiabilidad deseada C_R	
-	0.50
	1.0
	0.90
	0.90
	0.99
	0.81
	0.999
	0.75

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Anexo H. TABLAS PARA SELECCIÓN DE TRANSMISION CATARINA- CADENA

Figura 1. Tamaños de cadena de rodillos

Número de cadena ASA	Paso (pulg)	Diámetro del rodillo	Ancho del rodillo	Espesor de placa lateral	Resistencia promedio a la tensión (lb)
25	1/4	Ninguno	-	0.030	925
35	3/8	Ninguno	-	0.050	2100
41	1/2	0.306	0.250	0.050	2000
40	1/2	0.312	0.312	0.060	3700
50	5/8	0.400	0.375	0.080	6100
60	3/4	0.469	0.500	0.094	8500
80	1	0.626	0.625	0.125	14 500
100	1 1/4	0.750	0.750	0.156	24 000
120	1 1/2	0.875	1.000	0.187	34 000
140	1 3/4	1.000	1.000	0.219	46 000
160	2	1.125	1.250	0.250	58 000
180	2 1/4	1.406	1.406	0.281	80 000
200	2 1/2	1.562	1.500	0.312	95 000
240	3	1.875	1.875	0.375	130 000

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 2. Factores de servicio para trasmisiones

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 24. Capacidades en caballos de fuerza-cadena simple-rodillos número 80

Mín. de dientes	1.000 pulgadas de paso																Velocidad mínima de giro de la catenaria, rev/min															
	10	25	50	75	88	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000	4500							
11	0.44	1.06	2.07	3.05	3.56	4.03	7.83	11.56	15.23	18.87	22.48	26.07	27.41	22.97	19.61	14.92	11.84	9.69	8.12	6.83	4.96	3.77	3.00	2.45	0.00							
12	0.48	1.16	2.26	3.33	3.88	4.39	8.54	12.61	16.82	20.59	24.53	28.44	31.23	26.17	22.35	17.00	13.49	11.04	9.25	7.90	5.65	4.30	3.41	2.79	0.00							
13	0.52	1.26	2.45	3.61	4.21	4.76	9.26	13.66	18.00	22.31	26.57	30.81	35.02	29.51	25.20	19.17	15.21	12.45	10.43	8.91	6.37	4.85	3.85	3.15								
14	0.56	1.35	2.63	3.89	4.53	5.12	9.97	14.71	19.39	24.02	28.62	33.18	37.72	32.98	28.16	21.42	17.00	13.91	11.66	9.96	7.12	5.42	4.30	3.52								
15	0.60	1.45	2.82	4.16	4.86	5.49	10.68	15.76	20.77	25.74	30.66	35.55	40.41	36.58	31.23	23.76	18.85	15.43	12.93	11.04	7.90	6.01	4.77	0.00								
16	0.64	1.55	3.01	4.44	5.18	5.86	11.39	16.81	22.16	27.45	32.70	37.92	43.11	40.30	34.41	26.17	20.77	17.00	14.25	12.16	8.70	6.62	5.25	0.00								
17	0.68	1.64	3.20	4.72	5.50	6.22	12.10	17.86	23.54	29.17	34.75	40.29	45.80	44.13	37.68	28.66	22.75	18.62	15.60	13.32	9.53	7.25	0.00									
18	0.72	1.74	3.39	5.00	5.83	6.59	12.81	18.91	24.93	30.88	36.79	42.66	48.49	48.08	41.05	31.23	24.78	20.29	17.00	14.53	10.39	7.90	0.00									
19	0.76	1.84	3.57	5.28	6.15	6.95	13.53	19.96	26.31	32.60	38.84	45.03	51.19	52.15	44.52	33.87	26.88	22.00	18.44	15.74	11.26	0.36	0.00									
20	0.80	1.93	3.76	5.55	6.47	7.32	14.24	21.01	27.70	34.37	40.88	47.40	53.88	56.32	48.08	36.58	29.03	23.76	19.91	17.00	12.16	0.00										
21	0.84	2.03	3.95	5.83	6.80	7.69	14.95	22.07	29.08	36.03	42.92	49.77	56.58	60.59	51.73	39.36	31.23	25.56	21.42	18.29	13.09	0.00										
22	0.88	2.13	4.14	6.11	7.12	8.05	15.66	23.12	30.47	37.75	44.97	52.14	59.27	64.97	55.47	42.20	33.49	27.41	22.97	19.61	14.03											
23	0.92	2.22	4.33	6.39	7.45	8.42	16.37	24.17	31.85	39.46	47.01	54.51	61.97	69.38	59.30	45.11	35.80	29.30	24.55	20.97	15.00											
24	0.96	2.32	4.52	6.66	7.77	8.78	17.09	25.22	33.24	41.18	49.06	56.88	64.66	72.40	63.21	48.08	38.16	31.23	26.17	22.35	15.99											
25	1.00	2.42	4.70	6.94	8.09	9.15	17.80	26.27	34.62	42.89	51.10	59.25	67.35	75.42	67.20	51.12	40.57	33.20	27.83	23.76	8.16											
26	1.04	2.51	4.89	7.22	8.42	9.52	18.51	27.32	36.01	44.61	53.14	61.62	70.05	78.43	71.27	54.22	43.02	36.22	29.51	25.20	0.00											
28	1.12	2.71	5.27	7.77	9.06	10.25	19.93	29.42	38.78	48.04	57.23	66.36	75.44	84.47	79.65	60.59	48.08	39.36	32.98	28.16	0.00											
30	1.20	2.90	5.64	8.33	9.71	10.98	21.36	31.52	41.55	51.47	61.32	71.10	80.82	90.50	88.33	67.20	53.33	43.65	36.58	31.23												
32	1.28	3.09	6.02	8.89	10.36	11.71	22.78	33.62	44.32	54.91	65.41	75.84	86.21	96.53	97.31	74.03	58.75	48.08	40.30	5.65												
35	1.40	3.38	6.58	9.72	11.33	12.81	24.92	36.78	48.47	60.05	71.54	82.95	94.29	105.58	111.31	84.68	67.20	55.00	28.15	0.00												
40	1.61	3.87	7.53	11.11	12.95	14.64	28.48	42.03	55.40	68.63	81.76	94.80	107.77	120.67	133.51	103.46	82.10	40.16	0.00													
45	1.81	4.35	8.47	12.49	14.57	16.47	32.04	47.28	62.32	77.21	91.98	106.65	121.24	135.75	150.20	123.45	72.28	0.00														

Tipo A: Lubricación manual o por gresos
 Tipo B: Lubricación en baño o con disco
 Tipo C: Lubricación con chorro de aceite

Fuente: American Chain Association, Naples, FL

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Anexo I. TABLAS PARA EL DISEÑO DE LAS CUÑAS.

Figura 1. Tamaño de la cuña en función del diámetro.

Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 ¹ / ₄	1/4	1/4	3/16
1 ¹ / ₄	1 ³ / ₈	5/16	5/16	1/4
1 ³ / ₈	1 ¹ / ₂	3/8	3/8	1/4
1 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄	1/2	1/2	3/8
2 ¹ / ₄	2 ³ / ₄	5/8	5/8	7/16
2 ³ / ₄	3 ¹ / ₄	3/4	3/4	1/2
3 ¹ / ₄	3 ³ / ₄	7/8	7/8	5/8
3 ³ / ₄	4 ¹ / ₂	1	1	3/4
4 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	7/8
5 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	1 ³ / ₂	1 ¹ / ₂	1
6 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂
7 ¹ / ₂	9	2	2	1 ¹ / ₂
9	11	2 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	1 ³ / ₄
11	13	3	3	2
13	15	3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂
15	18	4		3
18	22	5		3 ¹ / ₂
22	26	6		4
26	30	7		5

Fuente: Reimpreso de la norma ANSI B17.1-1967 (R98) con autorización de la American Society of Mechanical Engineers. Todos los derechos reservados.

Nota: Se prefieren los valores en las áreas no sombreadas. Las dimensiones están en pulgadas.

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas




Anexo J. TABLAS PARA SELECCIÓN DE ELEMENTOS SUJETADORES

Figura 1. Dimensiones de roscas estándar

A. Tamaños numerados					
Tamaño	Diámetro mayor básico (pulg)	Roscas gruesas: UNC		Roscas finas: UNF	
		Roscas por pulg	Área de esfuerzo de tensión (pulg ²)	Roscas por pulg	Área de esfuerzo de tensión (pulg ²)
0	0.0600			80	0.001 80
1	0.0730	64	0.00263	72	0.002 78
2	0.0860	56	0.00370	64	0.003 94
3	0.0990	48	0.00487	56	0.005 23
4	0.1120	40	0.00604	48	0.006 61
5	0.1250	40	0.00796	44	0.008 30
6	0.1380	32	0.00909	40	0.010 15
8	0.1640	32	0.0140	36	0.014 74
10	0.1900	24	0.0175	32	0.0200
12	0.2160	24	0.0242	28	0.0258
B. Tamaños fraccionarios					
1/4	0.2500	20	0.0318	28	0.0364
5/16	0.3125	18	0.0524	24	0.0580
3/8	0.3750	16	0.0775	24	0.0878
7/16	0.4375	14	0.1063	20	0.1187
1/2	0.5000	13	0.1419	20	0.1599
9/16	0.5625	12	0.182	18	0.203
5/8	0.6250	11	0.226	18	0.256
3/4	0.7500	10	0.334	16	0.373
7/8	0.8750	9	0.462	14	0.509
1	1.000	8	0.606	12	0.663
1 1/8	1.125	7	0.763	12	0.856
1 1/4	1.250	7	0.969	12	1.073
1 3/8	1.375	6	1.155	12	1.315
1 1/2	1.500	6	1.405	12	1.581
1 3/4	1.750	5	1.90		
2	2.000	4 1/2	2.50		

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas

Figura 2. Grados SAE de aceros para sujetadores

Grado número	Tamaños de perno (pulg)	Resistencia a la tensión (ksi)	Resistencia de fluencia (ksi)	Resistencia de prueba (ksi)	Marcas en la cabeza
1	1/4 - 1½	60	36	33	Ninguna
2	1/4 - 3/4	74	57	55	Ninguna
	>3/4 - 1½	60	36	33	
4	1/4 - 1½	115	100	65	Ninguna
5	1/4 - 1	120	92	85	
	>1 - 1½	105	81	74	
7	1/4 - 1½	133	115	105	
8	1/4 - 1½	150	130	120	

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de maquinas


Anexo K. FICHA TECNICA DE DISPOSITIVOS

Figura 1. Ficha técnica de motor reductor para avance del brazo.

Información del producto	
SEW EURODRIVE	
Descripción de catálogo	
FA47DRN71M4 Reductores de ejes paralelos F + Motores de CA DRN.. (IE3)	
Datos de producto	
Velocidad nominal del motor	[1/min] : 1415
Velocidad de salida	[1/min] : 11
Índice de reducción total	: 130.07
Par de salida	[Nm] : 320
Factor de servicio SEW-FB	: 1.25
Posición de montaje	: M1
Pintura imprimación/CapaFinal	: 7031 Gris azulado (51370310)
Posición de conexión/caja de bombas	[°] : 0
Entrada de cable/ Posición del conector	: X
Eje hueco	[mm] : 35
Salida permitida con carga radial	[N] : 9630
n=1400	
Cantidad de lubricante 1er reductor	[Litro] : 1.5
Potencia del motor	[kW] : 0.37
Factor de duración	: S1-100%
Clase eficiente	: IE3
Eficiencia (50/75/100% Pn)	[%] : 74.29 / 77.28 / 77.3
Marcado CE	: Si
Tensión del motor	[V] : 230/400
Esquema de conexionado	: R13
Frecuencia	[Hz] : 50
Corriente nominal	[A] : 1.78 / 1.02
Cos Phi	: 0.66
Clase de aislamiento	: 155(F)
Tipo protección del motor	: IP55
Requisito del diseño	: IEC
Momento de inercia de masa del motor	[10 ⁻³ kgm ²] : 7.14
Peso	[kg] : 26,00
Características adicionales	
Aislamiento térmico 155(F)	
Grado de protección IP 55	

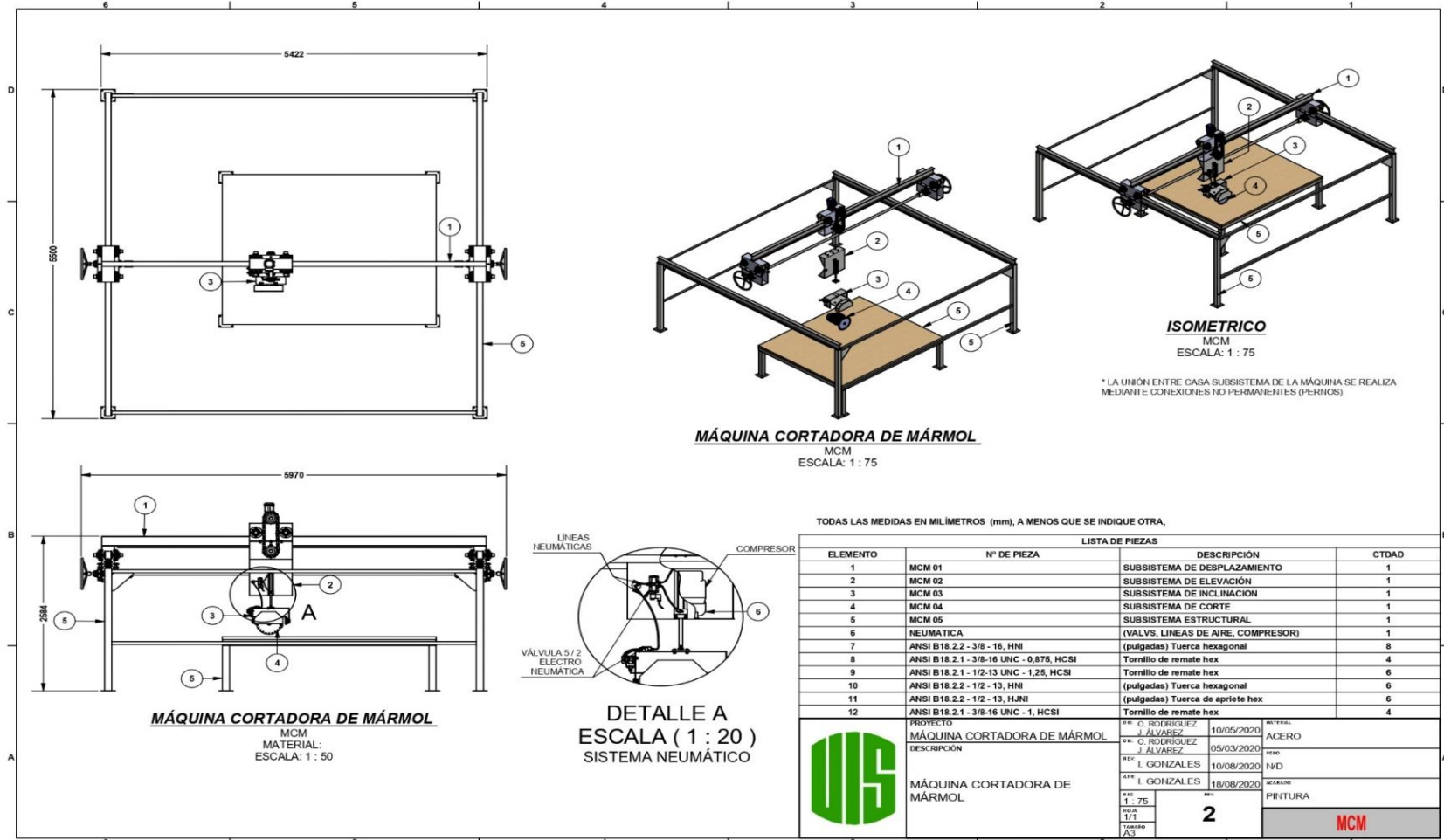
Fuente: SEW EURODRIVE. https://www.sew-eurodrive.com.co/productos/reductores/reductores_estandar/reductores_de_ejes_paralelos_f/reductores_de_ejes_paralelos_f.html

Figura 2. Ficha técnica de motor utilizado para corte de mármol

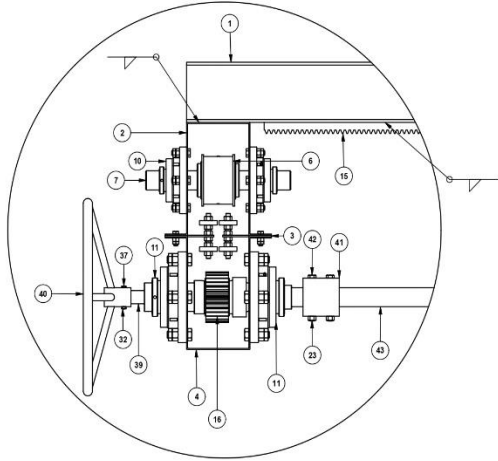
HOJA DE DATOS					
Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula					
Cliente		:			
Línea del producto	: W22 IE1 Trifásico		Código del producto :	13054387	
Carcasa	: 132M		Tiempo de rotor bloqueado	: 12s (frío) 7s (caliente)	
Potencia	: 9.2 kW (12.5 HP)		Elevación de temperatura	: 80 K	
Polos	: 2		Régimen de servicio	: S1	
Frecuencia	: 60 Hz		Temperatura ambiente	: -20°C hasta +40°C	
Tensión nominal	: 220/440 V		Altitud	: 1000 m	
Corriente nominal	: 31.2/15.6 A		Grado de protección	: IP55	
Corriente de arranque	: 237/119 A		Método de refrigeración	: IC411 - TEFC	
Ip/In	: 7.6		Forma constructiva	: B34L(D)	
Corriente en vacío	: 12.0/6.00 A		Sentido de giro ¹	: Ambos	
Rotación nominal	: 3520 rpm		Nivel de ruido ²	: 72.0 dB(A)	
Resbalamiento	: 2.22 %		Método de Arranque	: Partida directa	
Torque nominal	: 2.55 kgfm		Masa aproximada ³	: 76.0 kg	
Torque de arranque	: 229 %				
Torque máximo	: 290 %				
Clase de aislamiento	: F				
Factor de servicio	: 1.15				
Momento de inercia (J)	: 0.0252 kgm ²				
Categoría	: N				
Potencia	50%	75%	100%	Fuerzas en la fundación	
Rendimiento (%)	87.5	88.0	88.0	Tracción máxima : 98 kgf	
Cos Φ	0.76	0.85	0.88	Compresión máxima : 174 kgf	
Tipo de cojinete	:	<u>Delantero</u> 6308 ZZ		<u>Trasero</u> 6207 ZZ	
Sello	:	V'Ring		V'Ring	
Intervalo de lubricación	:	-		-	
Cantidad de lubricante	:	-		-	
Tipo de lubricante	:	Mobil Polyrex EM			

Fuente: WEG motores. <https://www.weg.net/catalog/weg/ES/es/search?text=w22%20IE1>

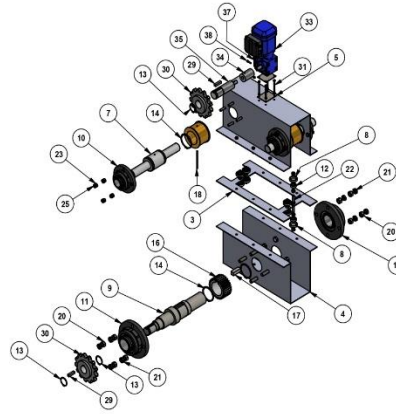
Anexo L. PLANOS DE LA MÁQUINA



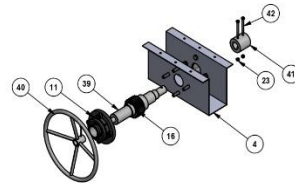
*LA UNIÓN DE LOS ELEMENTOS 1 CON 2 Y 1 CON 15 SE REALIZARÁ CON SOLDADURA
*EL RESTO DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SUBSISTEMA ESTÁN ENSAMBLADOS
MEDIANTE UNIONES NO PERMANENTES (CONEXIONES PERNEADAS)



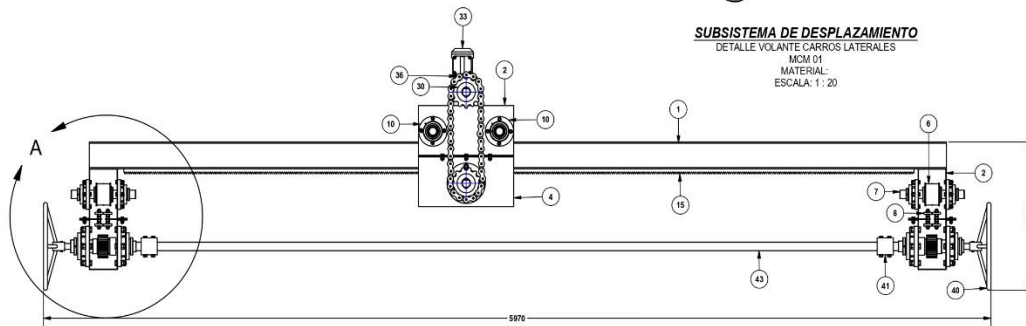
CARRO LATERAL
DETALLE A
ESCALA(1 : 8)



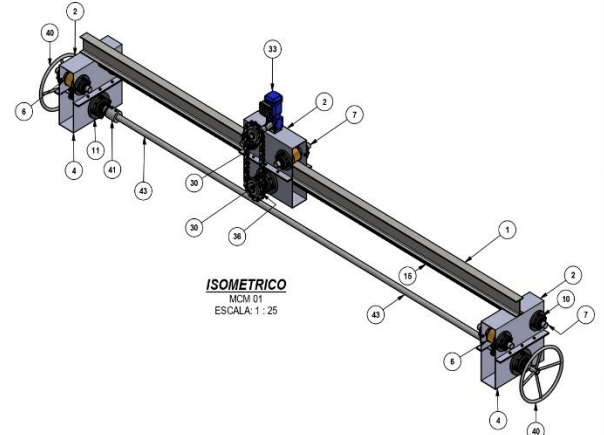
SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO
DETALLE CARRO PRINCIPAL
MCM 01
MATERIAL:
ESCALA: 1 : 18



SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO
DETALLE VOLANTE CARROS LATERALES
MCM 01
MATERIAL:
ESCALA: 1 : 20



SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO
MCM 01
ESCALA: 1 : 18



ISOMETRICO
MCM 01
ESCALA: 1 : 25

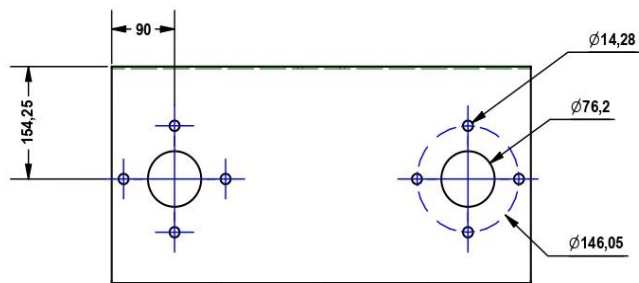
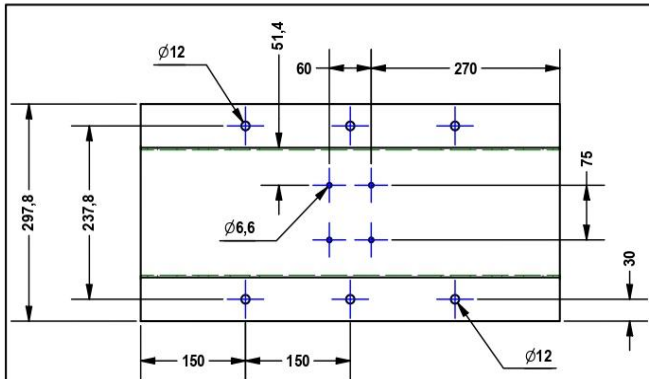
NOTAS:
EN EL SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO LOS CARROS LATERALES SON DERIVADOS DEL CARRO PRINCIPAL, AÑADIENDO UN VOLANTE QUE SE ACCIONA MANUALMENTE.

ELEMENTO	Nº DE PIEZA	LISTA DE PIEZAS	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	IFE 180 x 5400	PUENTE		1
2	MCM-01-001	CARCAZA SUPERIOR PRINCIPAL		3
3	MCM 01-002	INTERMEDIO PRINCIPAL		6
4	MCM 01-003	CARCAZA INFERIOR PRINCIPAL		3
5	MCM 01-004	LAMINA PARA SOPORTE Y TENSION DE CADENA		2
6	MCM 01-007	RODILLO PRINCIPAL		6
7	MCM 01-008	EJE SUPERIOR PRINCIPAL		6
8	MCM 01-009	BUJE DE SACRIFICIO		24
9	MCM 01-010	EJE CONDUCIDO		1
10	CHUMACERA EJE RODILLO	SKF FR 2		12
11	CHUMACERA EJE MOTRIZ	SKF FYR 3		6
12	68 skf SKF - 6301 - 8.SI.NC.8_68	RODAMIENTO		24
13	External Retaining Ring B27.1 - NA1-200	ANILLO DE RETENCION AXIAL SPROCKETS		3
14	External Retaining Ring al_B27.1 - NA1-350	ANILLO DE RETENCION AXIAL		17
15	Rock-Spur 6DP 20PA 2.3FW 19H	CREMALLERA		1
16	Spur Gear 6DP 307 20PA 2.3FW	PIÑON		3
17	square key B17.1 0.87660.876x2.5	CHAVETA PIÑON		3
18	TP #6x5	PASADOR CILINDROS		4
19	ANSI B18.2.1 - 3/4-10 UNC - 2.26, HCS	Tornillo de remate hex		24
20	ANSI B18.2.2 - 3/4 - 10, HN8	(pulgadas) Tuercas hexagonales		24
21	ANSI B18.2.2 - 3/4 - 10, HJN1	(pulgadas) Tuercas de apriete hex		24
22	studbol_din_876.1 - 0.5 x 120 A	Esparrago 0.5in		12
23	ANSI B18.2.2 - 1/2 - 13, HN8	(pulgadas) Tuercas hexagonales		124
24	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC - 1.76, HCS	Tornillo de remate hex		48
25	ANSI B18.2.2 - 1/2 - 13, HJN1	(pulgadas) Tuercas de apriete hex		48
26	ANSI B18.2.1 - 7/16-14 UNC - 1.26, HCS	Tornillo de remate hex		18
27	ANSI B18.2.2 - 7/16 - 14, HJN1	(pulgadas) Tuercas hexagonales		18
28	ANSI B18.2.2 - 7/16 - 14, HJN1	(pulgadas) Tuercas de apriete hex		18
29	Square Key B17.1 0.5x0.5x2	CHAVETA PIÑON		2
30	Chain Sprocket_80-1"	SPROCKET		2
31	studbol_din_876.1 - 0.24 x 65 A	ESPARRAGO 0.25in		4
32	ANSI B18.2.2 - 1/4 - 20, HN8	(pulgadas) Tuercas hexagonales		19
33	MOTORREDUCTOR	SEM-FALTONITM4		1
34	MCM 01-005	ACOPLE MOTORREDUCTOR		1
35	MCM 01-006	EJE CONDUCTOR		1
36	CADENA	#60 - PABO 1 in		1
37	ANSI B18.2.1 - 1/4-20 UNC - 2.26, HCS	Tornillo de remate hex		3
38	ANSI B18.2.1 - 1/4-20x1, USB	Pernos cuadrados normalizados unificados		1
39	MCM 01-011	EJE VOLANTE		2
40	MCM 01-014	VOLANTE		2
41	MCM 01-012	BUJE SINCRONIZADOR		2
42	ANSI B18.2.1 - 1/2-13 UNC - 4.6, HCS	Tornillo de remate hex		4
43	MCM 01-013	EJE SINCRONIZADOR		1



MAQUINA CORTADORA DE MÁRMOL
SUBSISTEMA DE DESPLAZAMIENTO

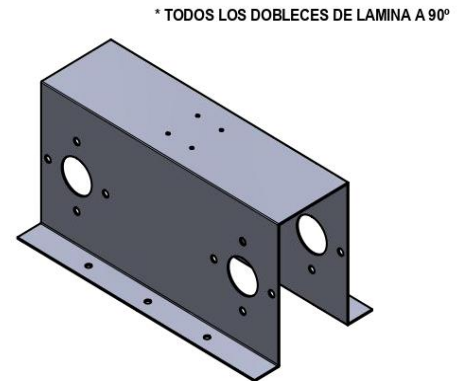
PROYECTO	10/05/2020	ACCHRO
DISEÑO	10/12/2019	J. VAZQUEZ
REVISIÓN	10/08/2020	MFD
APROBACIÓN	18/08/2020	REVISOR
ESCALA	1:25	PINTURA
NO. DE PIEZA	2	
NO. DE DIBUJO		MCM 01



CARCAZA SUPERIOR PRINCIPAL

MCM-01-001
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 1 : 8

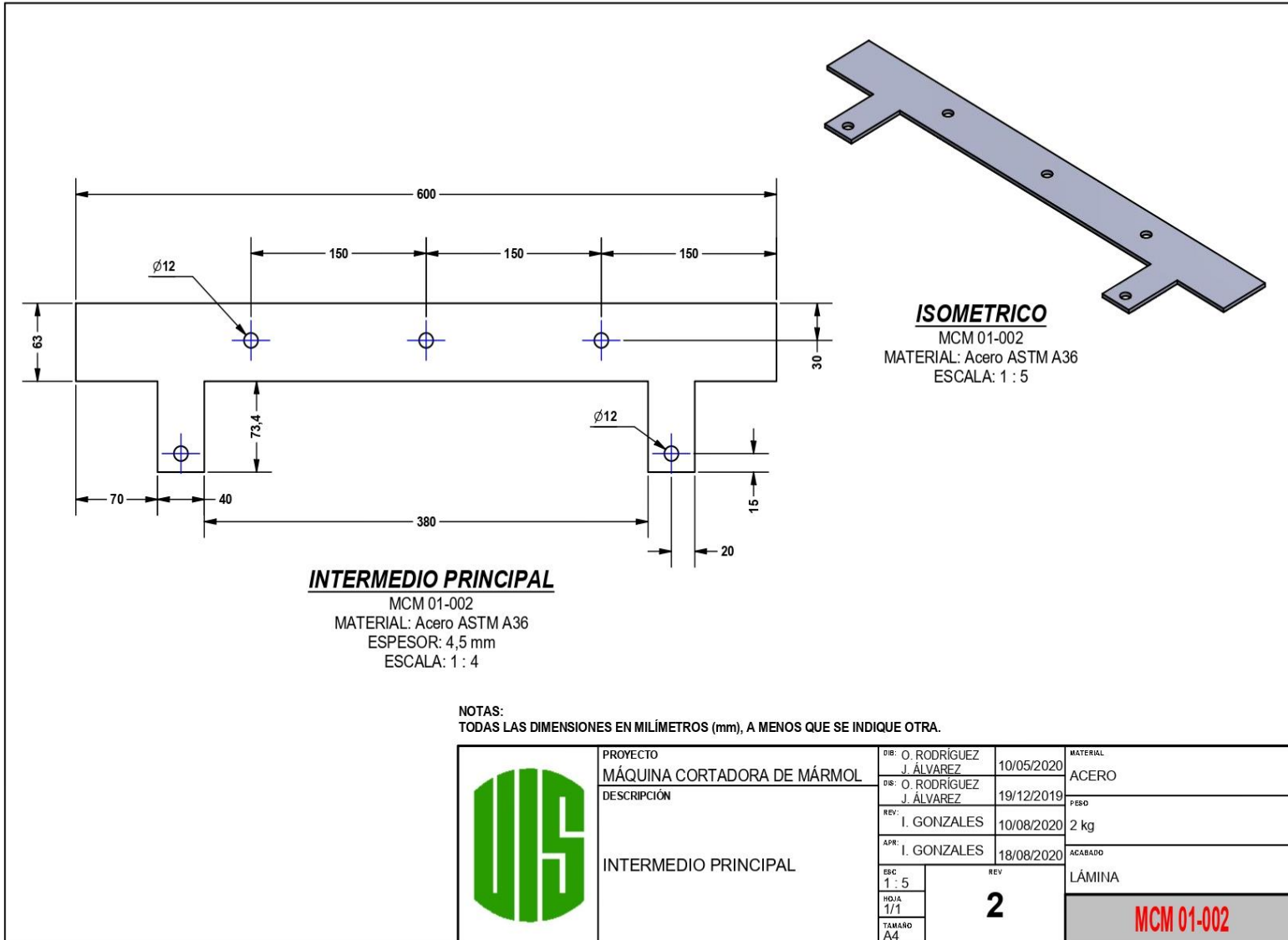
NOTAS:
 TODAS LAS DIMENSIONES EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.



ISOMETRICO

MCM-01-001
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESPESOR: 3 mm
 ESCALA: 1 : 10


	PROYECTO	DR: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DR: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	19/12/2019	PESO	12 kg
	DESCRIPCIÓN	REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	LÁMINA
	CARCAZA SUPERIOR PRINCIPAL	APR: I. GONZALES	18/08/2020	2 MCM-01-001	
		ESC: 1 : 10			
	HOJA: 1/1				
	TAMAÑO: A4				

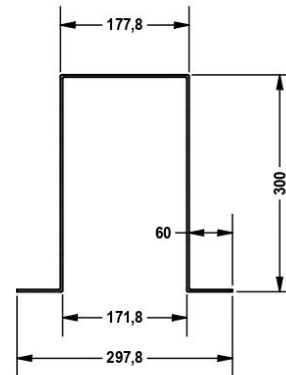
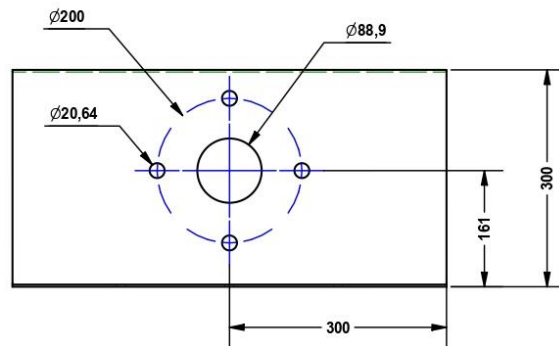
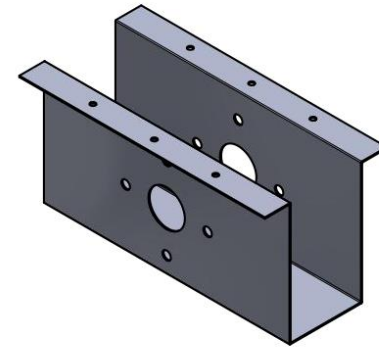
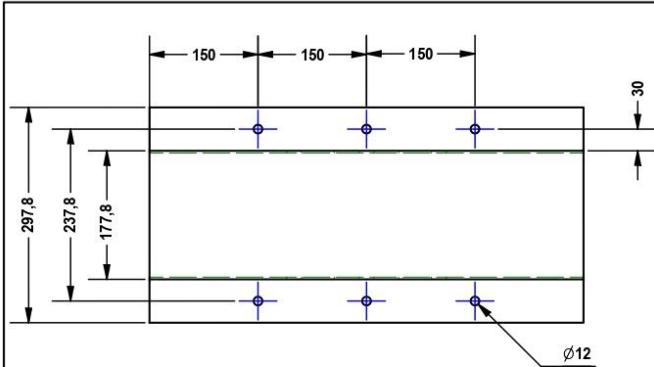


ISOMETRICO
 MCM 01-002
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 1 : 5

INTERMEDIO PRINCIPAL
 MCM 01-002
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESPESOR: 4,5 mm
 ESCALA: 1 : 4

NOTAS:
 TODAS LAS DIMENSIONES EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

	PROYECTO	DR: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DR: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	19/12/2019	PESO	2 kg
	DESCRIPCIÓN	REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	LÁMINA
	INTERMEDIO PRINCIPAL	APR: I. GONZALES	18/08/2020	MCM 01-002	
		ESC 1 : 5	REV	2	
	HOJA 1/1				
	TAMAÑO A4				




CARCAZA INFERIOR PRINCIPAL

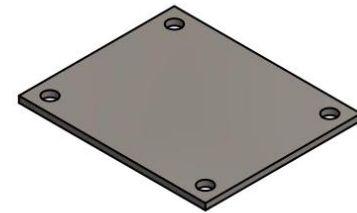
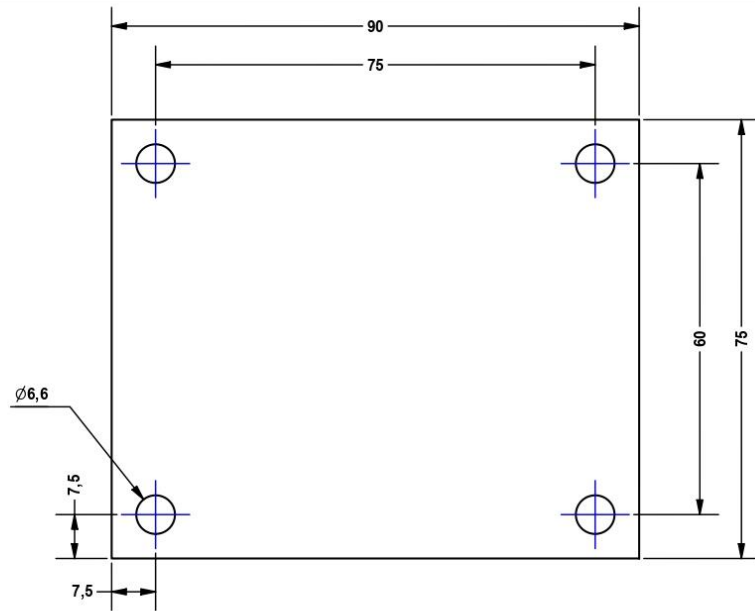
MCM 01-003
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 1 : 10

CARCAZA INFERIOR PRINCIPAL

MCM 01-003
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESPESOR: 3 mm
 ESCALA: 1 : 8

NOTAS:
 TODAS LAS DIMENSIONES EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

	PROYECTO	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DIB: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	CARCAZA INFERIOR PRINCIPAL	DIB: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	19/12/2019	FECD	N/D
			REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	LÁMINA
			APR: I. GONZALES	18/08/2020		
	ESC	1 : 10	REV	2		
	HOJA	1/1				
	TAMAÑO	A4				MCM 01-003




ISOMETRICO

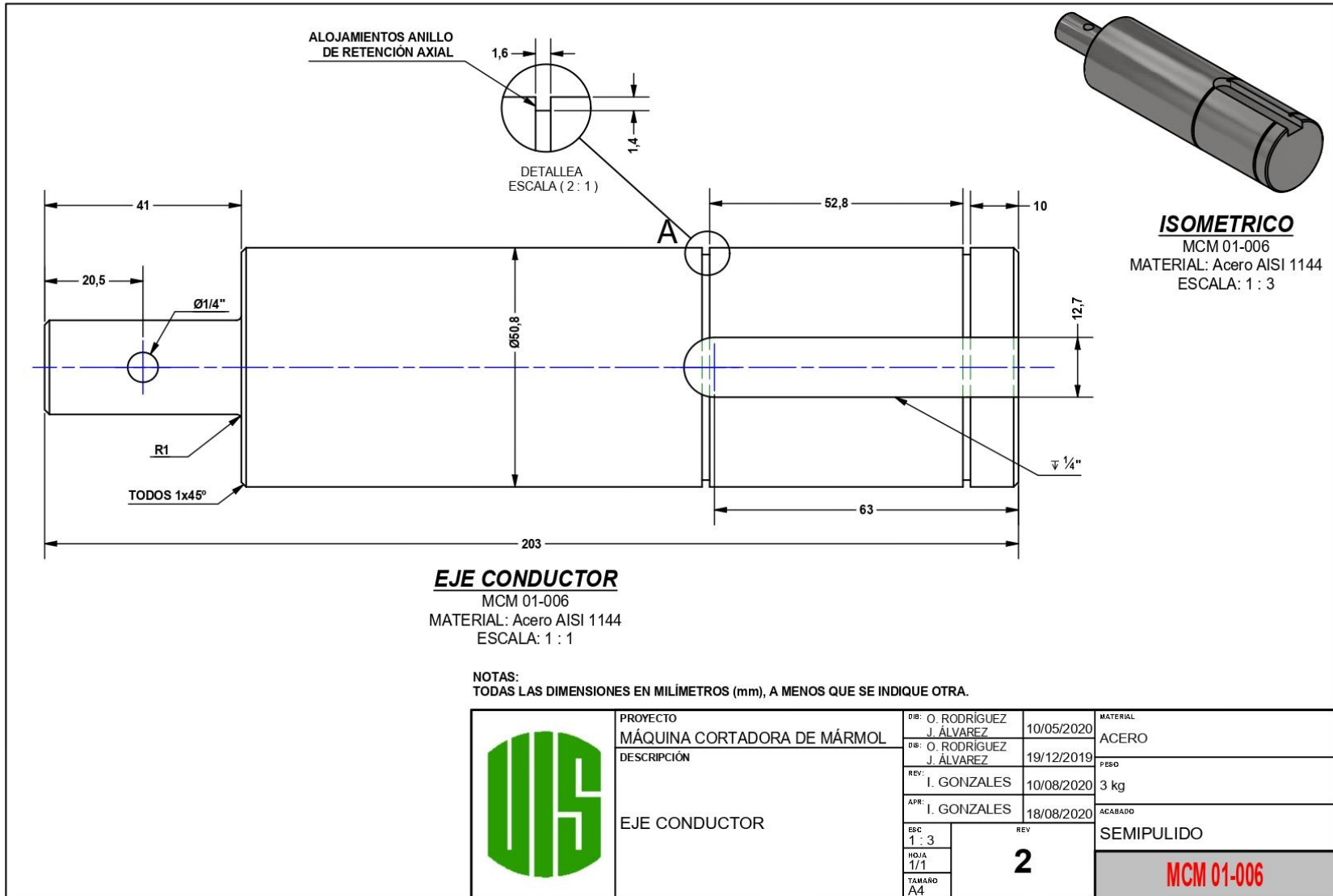
MCM 01-004
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 1 : 2

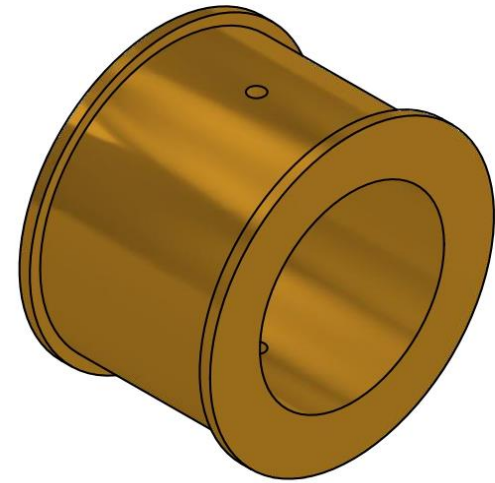
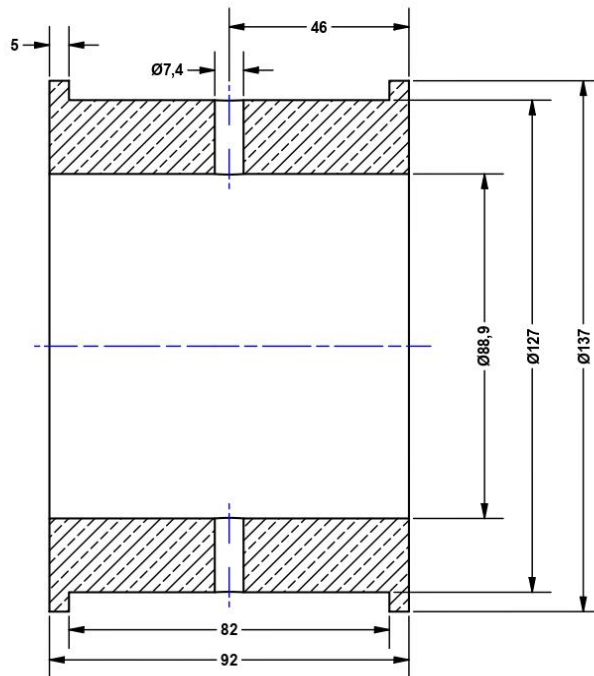
LAMINA PARA SOPORTE Y TENSION DE CADENA

MCM 01-004
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESPESOR: 3mm
 ESCALA: 1 : 1

NOTAS:
 TODAS LAS DIMENSIONES EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

	PROYECTO	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL		DIB: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO	
	DESCRIPCIÓN	LAMINA PARA SOPORTE Y TENSION DE CADENA		DIB: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	19/12/2019	PESO	0 kg	
				REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	LÁMINA	
				APR: I. GONZALES	18/08/2020	2		MCM 01-004
				ESC 1 : 2				
				HOJA 1/1				
	TAMARO A4							





ISOMETRICO

MCM 01-007
 MATERIAL: Bronce
 ESCALA: 1 : 2

RODILLO PRINCIPAL

MCM 01-007
 MATERIAL: Bronce
 ESCALA: 1 : 2

NOTAS:
 TODAS LAS DIMENSIONES EN MILIMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.



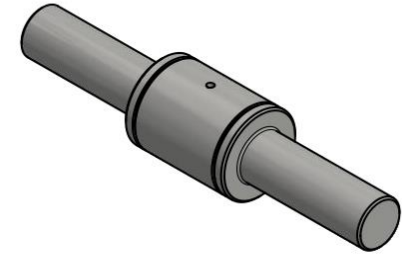
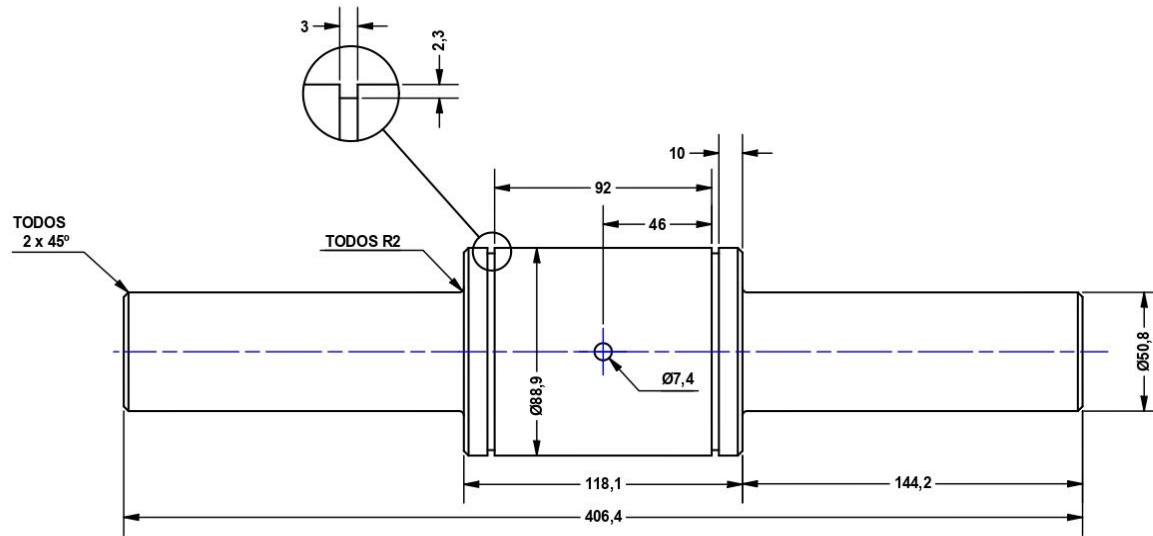
PROYECTO
 MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL
 DESCRIPCIÓN

RODILLO PRINCIPAL

DIB:	O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020
DS:	O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	19/12/2019
REV:	I. GONZALES	10/08/2020
APR:	I. GONZALES	18/08/2020
ESC	1 : 2	REV
HOJA	1/1	2
TAMAÑO	A4	

MATERIAL
 ACERO
 PESO
 5 kg
 ACABADO
 BRILLANTE

MCM 01-007




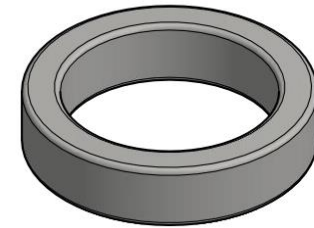
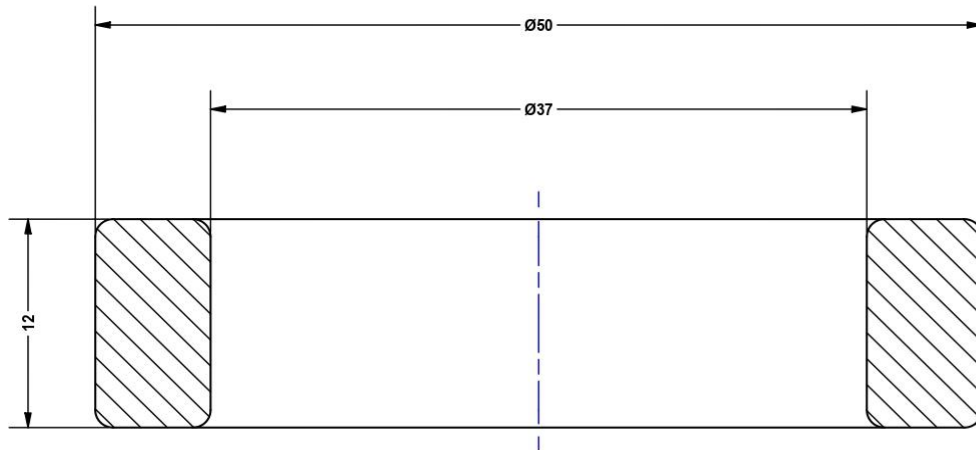
ISOMETRICO
MCM 01-008
MATERIAL: Acero AISI 1144
ESCALA: 1 : 5

EJE SUPERIOR PRINCIPAL

MCM 01-008
MATERIAL: Acero AISI 1144
ESCALA: 1 : 2,5

NOTAS:
TODAS LAS DIMENSIONES EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

	PROYECTO	DIB: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	DIB: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	19/12/2019	PESO	10 kg
		REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	SEMIPULIDO
		APR: I. GONZALES	18/08/2020		
	EJE SUPERIOR PRINCIPAL	ESC 1 : 5	REV 2		MCM 01-008
	HOJA 1/1				
	TAMAÑO A4				



ISOMETRICO

MCM 01-009

MATERIAL: Acero AISI 1022

ESCALA: 1 : 1

TODOS R1

BUJE DE SACRIFICIO


MCM 01-009

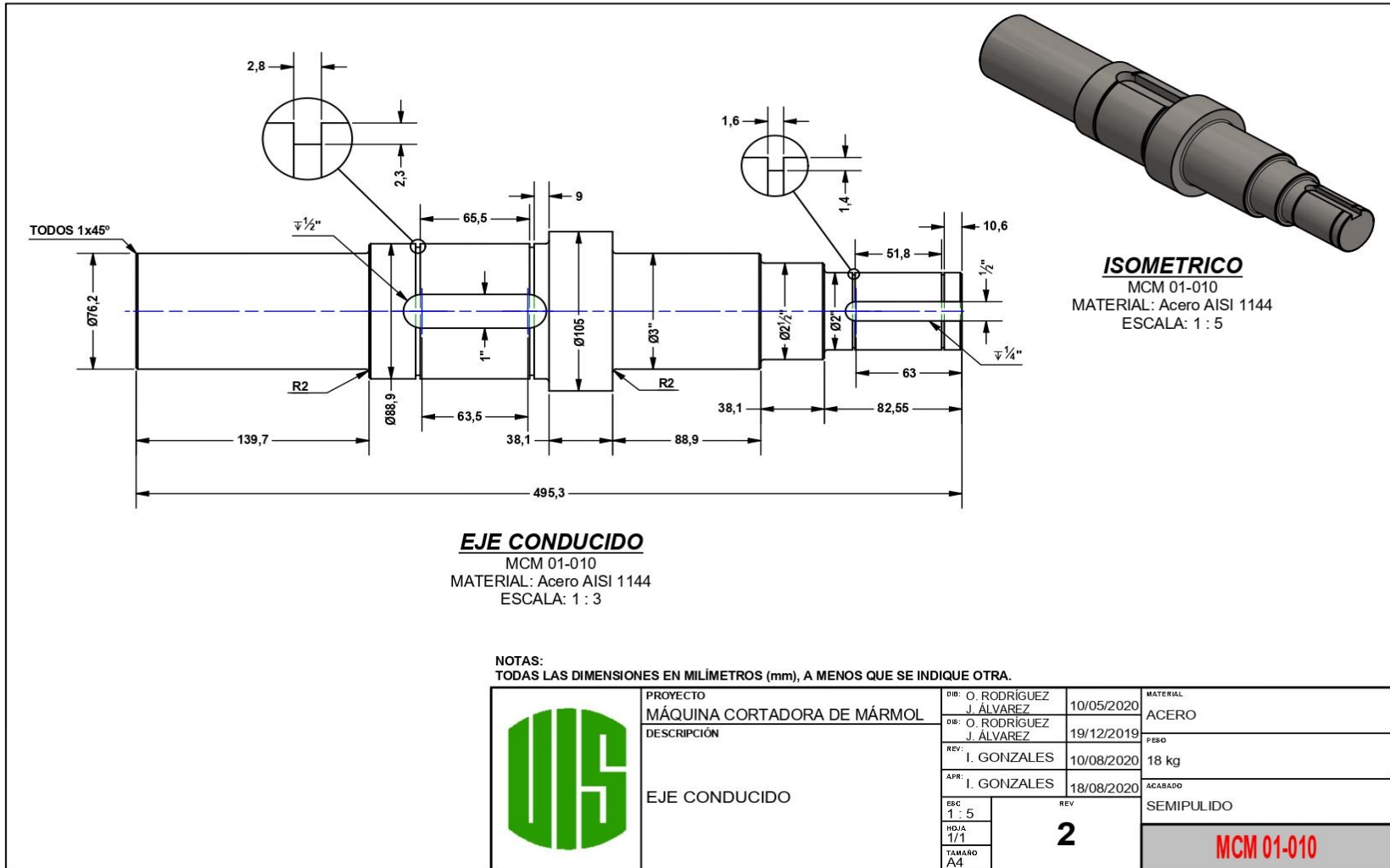
MATERIAL: Acero AISI 1022

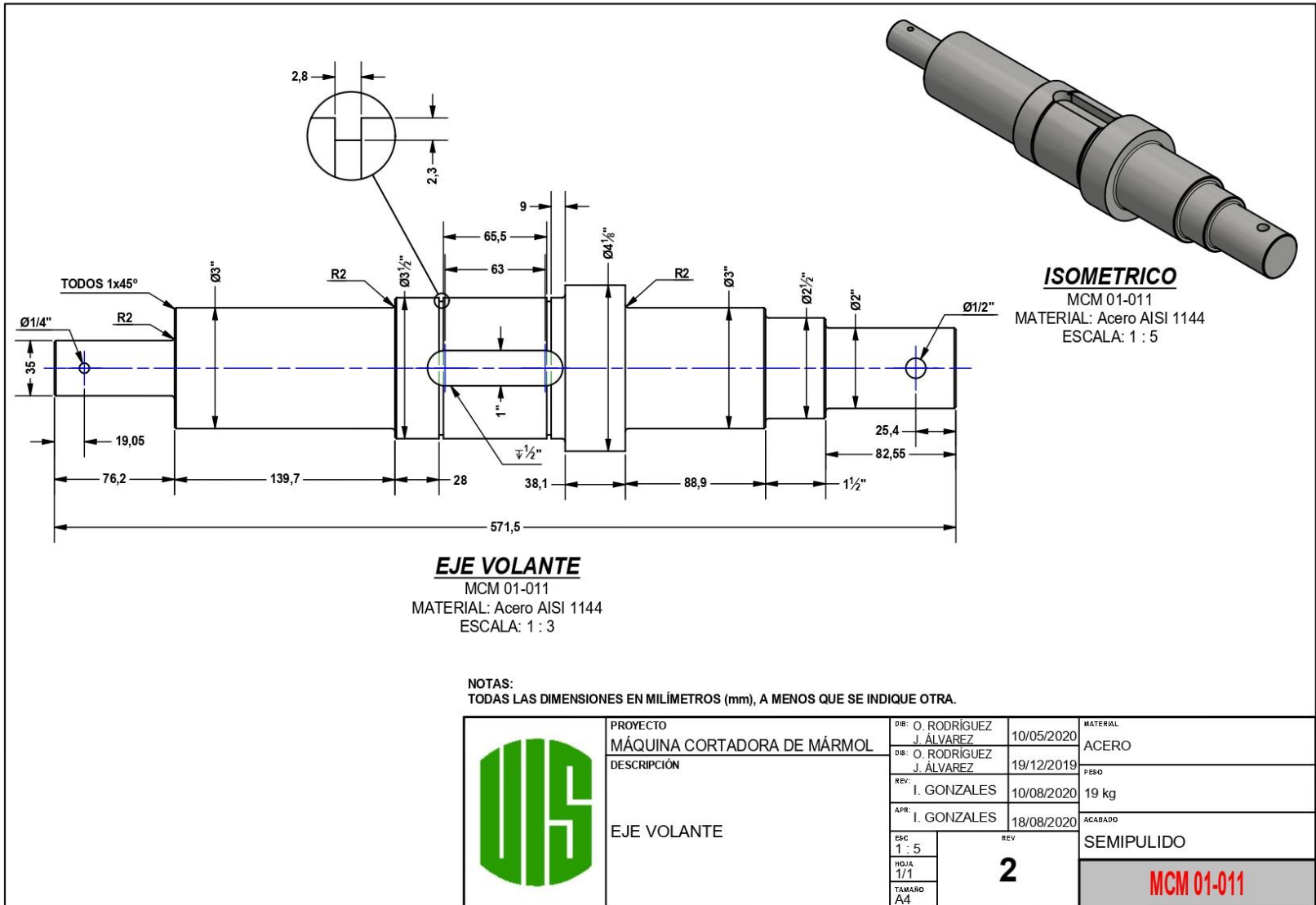
ESCALA: 3 : 1

NOTAS:

TODAS LAS DIMENSIONES EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

	PROYECTO	DB: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO	
	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DB: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	19/12/2019	PESO	0 kg	
	DESCRIPCIÓN	REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	SEMIPULIDO	
	BUJE DE SACRIFICIO	APR: I. GONZALES	18/08/2020	REV	2	MCM 01-009
		ESC	1 : 1			
		HDJA	1/1			
TAMAR		A4				



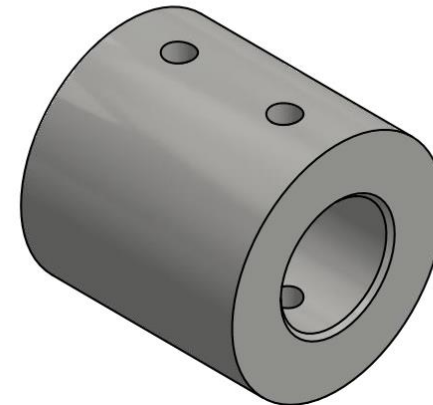
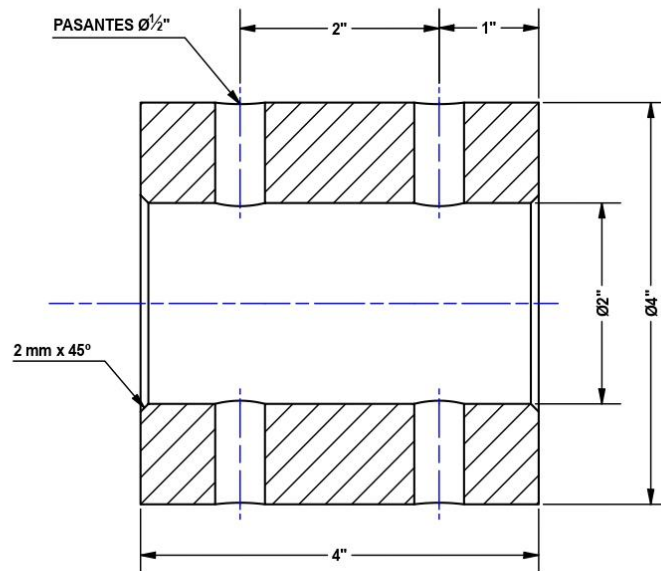


ISOMETRICO
MCM 01-011
MATERIAL: Acero AISI 1144
ESCALA: 1 : 5

EJE VOLANTE
MCM 01-011
MATERIAL: Acero AISI 1144
ESCALA: 1 : 3

NOTAS:
TODAS LAS DIMENSIONES EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

	PROYECTO	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DIB: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	EJE VOLANTE	DIB: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	19/12/2019	PESO	19 kg
			REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	SEMIPULIDO
			APR: I. GONZALES	18/08/2020		
			ESC: 1 : 5 HOJA: 1/1 TAMAÑO: A4	REV: 2		
					MCM 01-011	




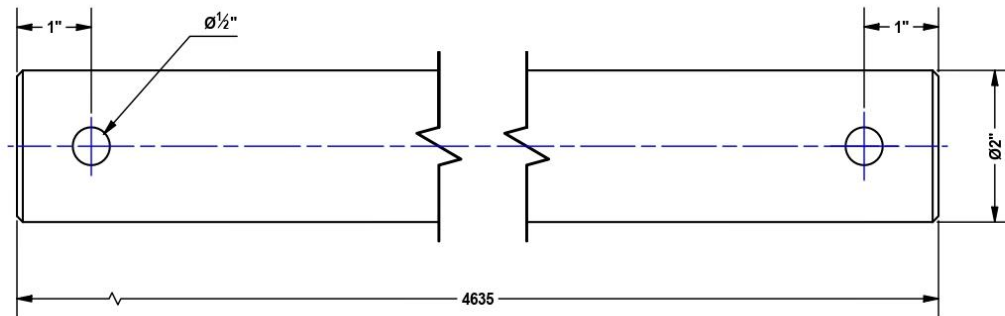
ISOMETRICO
MCM 01-012
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESCALA: 1 : 2

BUJE SINCRONIZADOR

MCM 01-012
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESCALA: 1 : 1.5

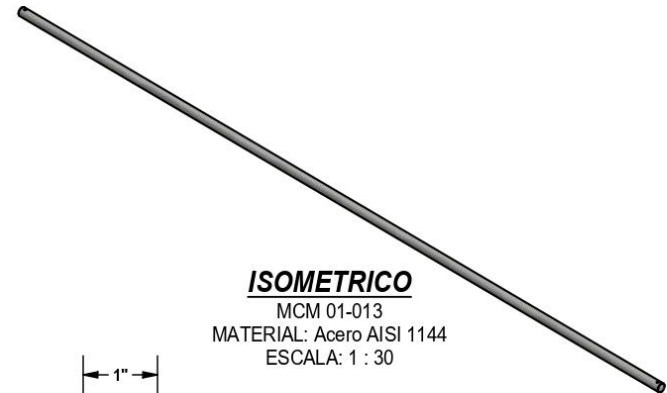
NOTAS:
DIMENSIONES EN PULGADAS (in), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	OS: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	19/12/2019	PESD	5 kg
		REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	PINTURA
		APR: I. GONZALES	18/08/2020		
		ESC: 1 : 2 HDLA: 1/1 TAMARO: A4	REV: 2		MCM 01-012



ISOMETRICO

MCM 01-013
 MATERIAL: Acero AISI 1144
 ESCALA: 1 : 30

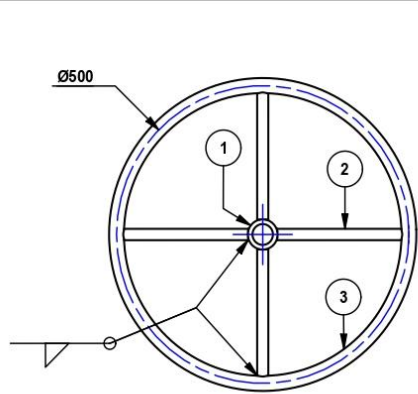


EJE SINCRONIZADOR

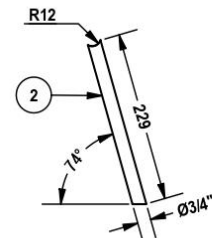
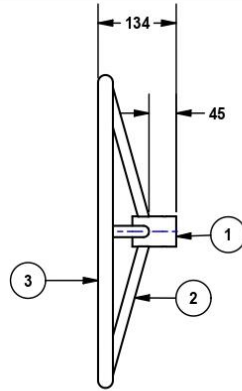
MCM 01-013
 MATERIAL: Acero AISI 1144
 ESCALA: 1 : 2

NOTAS:
 TODAS LAS DIMENSIONES EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

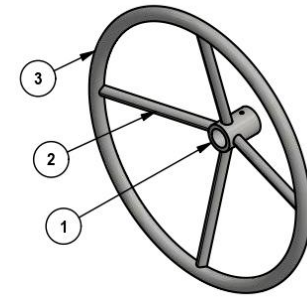
	PROYECTO	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DIB: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	EJE SINCRONIZADOR	DIB: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	19/12/2019	PESO	N/D
			REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	Sempulido
			APR: I. GONZALES	18/08/2020		
			ESC 1 : 30	REV	2	
			HOJA 1/1			
		TAMAÑO A4				MCM 01-013



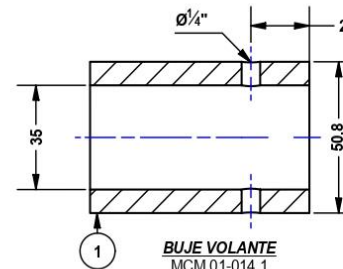
VOLANTE
MCM 01-014
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESCALA: 1 : 10



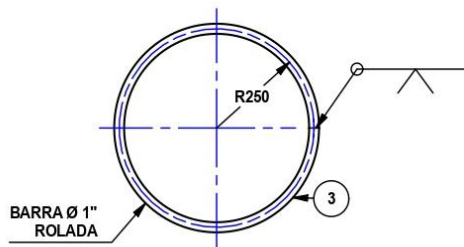
RADIO VOLANTE
MCM 01-014.2
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESCALA: 1 : 8



ISOMETRICO
MCM 01-014
ESCALA: 1 : 10



BUJE VOLANTE
MCM 01-014.1
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESCALA: 1 : 3



PERIMETRAL VOLANTE
MCM 01-014.3
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESCALA: 1 : 15

NOTAS GENERALES:

1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARAN SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.

LISTA DE PIEZAS

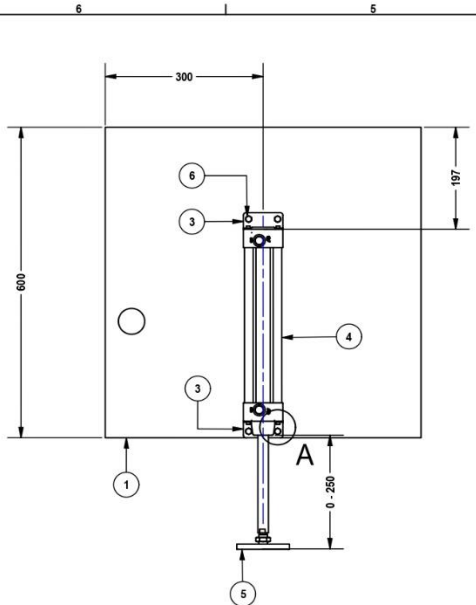
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	MCM 01-014.1	BUJE VOLANTE	1
2	MCM 01-014.2	RADIO VOLANTE	4
3	MCM 01-014.3	PERIMETRAL VOLANTE	1



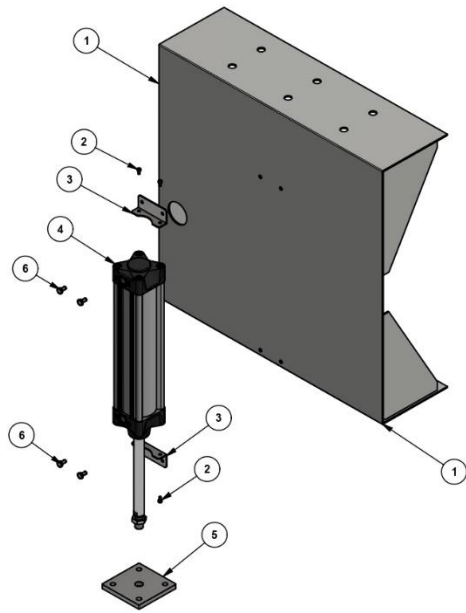
PROYECTO	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL
DESCRIPCIÓN	VOLANTE

DIS:	O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020
DIS:	O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	19/12/2019
REV:	I. GONZALES	10/08/2020
APR:	I. GONZALES	18/08/2020
ESC	1 : 10	REV 2
HOJA	1/1	
TAMAÑO	A4	

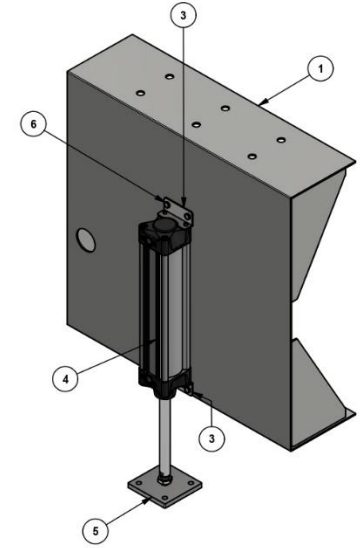
MATERIAL	ACERO
PESO	9 kg
ACABADO	PINTURA
MCM 01-014	



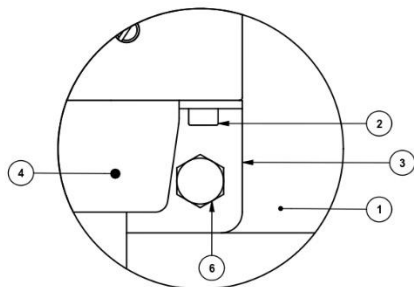
SUBSISTEMA DE ELEVACIÓN
MCM 02
ESCALA: 1 : 8



SUBSISTEMA DE ELEVACIÓN
MCM 02
ESCALA: 1 : 8



ISOMETRICO
MCM 02
ESCALA: 1 : 8

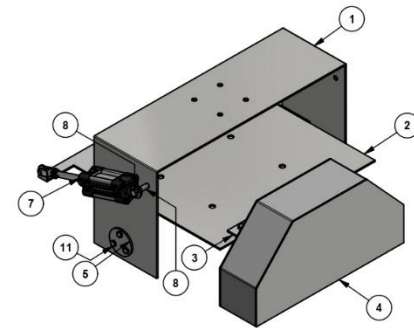
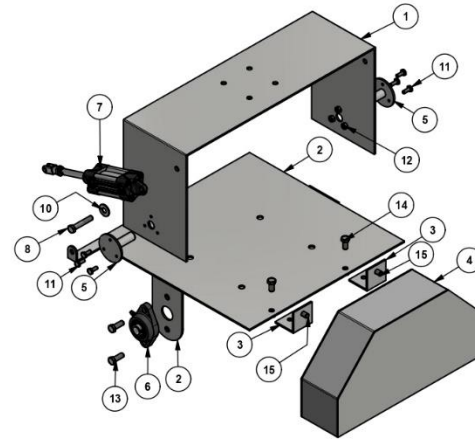
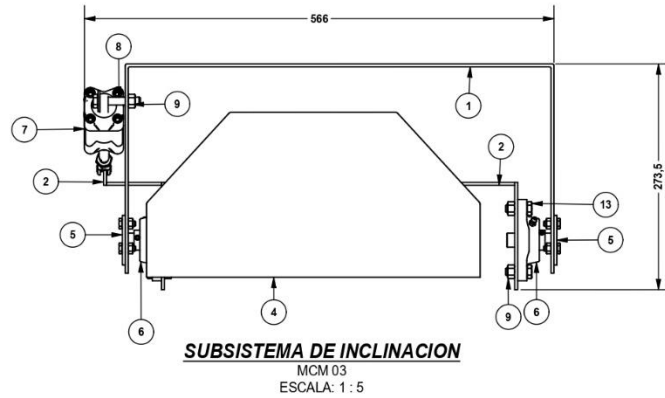
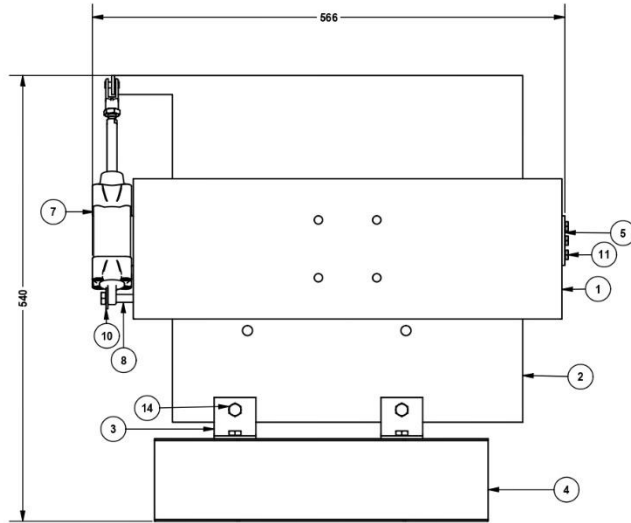


DETALLE A
ESCALA (1:1)
DETALLE UNION DE CILINDRO A SOPORTE

NOTAS:
TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	MCM 02-001	SOPORTE ACTUADOR-COMPRESOR	1
2	AS 1420 - 1973 - M4 x 8	Tornillo con cabeza cilíndrica	4
3	SOPORTE ACTUADOR ELEVACION	ACCESORIOS DEL CILINDRO NEUMÁTICO	2
4	DSBC-63-250-PPSA-NE	CILINDRO NEUMÁTICO DE ELEVACION	1
5	PLACA SUJECCION	ACCESORIOS DEL CILINDRO NEUMÁTICO	1
6	ANSI B18.2.1 - 1/4-20 UNC - 0,5, HCSI	Tornillo de remate hex	4
7	ANSI B18.2.2 - 1/4 - 20, HNI	(pulgadas) Tuerca hexagonal	4

	PROYECTO	DR: O. RODRIGUEZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	J. ALVAREZ	22/01/2020	PESO	17 kg
		J. ALVAREZ	10/08/2020	ACABADO	PINTURA
		I. GONZALES	18/08/2020		
	ESD	1 : 8			
	HOJA	1/1			
	FOLIO	AS			
					2
					MCM 02



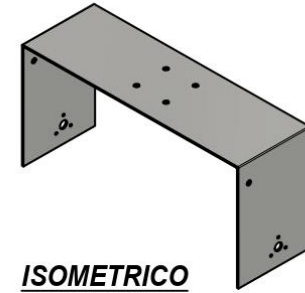
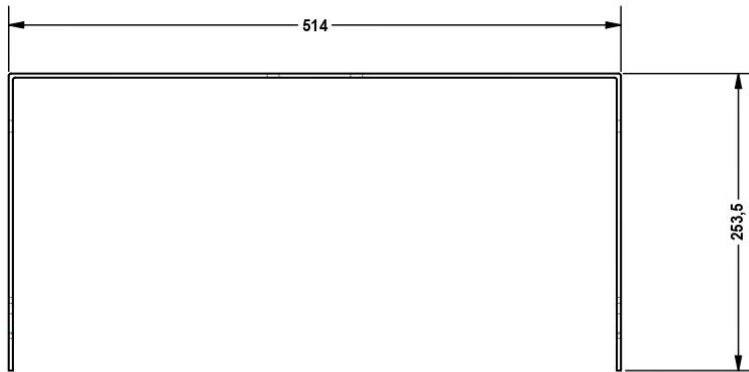
ISOMETRICO
MCM 03
ESCALA: 1 : 8

SUBSISTEMA DE INCLINACION
MCM 03
ESCALA: 1 : 8

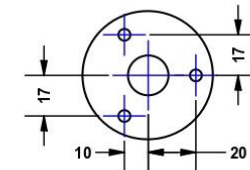
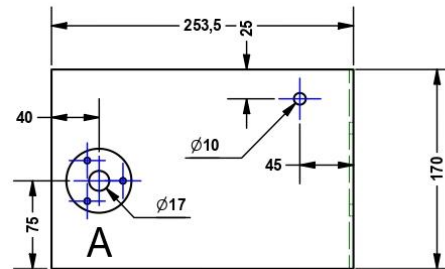
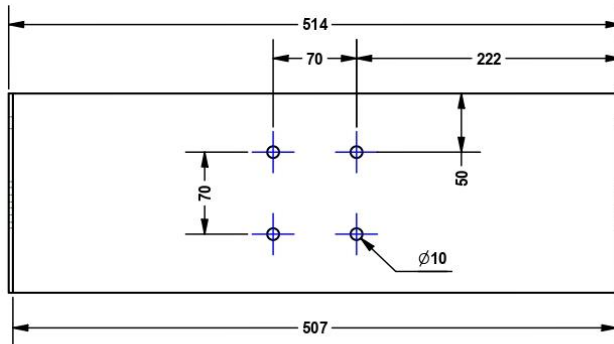
NOTAS:
TODAS LAS MEDIDAS EN MILIMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	N° DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD	
1	MCM 03-001	SOPORTE SISTEMA INCLINACION	1	
2	MCM 03-002	SOPORTE MOTOR	1	
3	MCM 03-003	SOPORTE GUARDA	2	
4	MCM 03-004	GUARDA	1	
5	MCM 03-005	EJE SOPORTE	2	
6	CHUMACERA SOPORTE MOTOR	SKF FYTB 17TF	2	
7	DSBC-50-150-PPSA-N3	CILINDRO NEUMATICO	1	
8	ANSI B18.2.1 - 3/8-16 UNC - 2, HCSI	Tornillo de remate hex	1	
9	ANSI B18.2.2 - 3/8 - 16, HNI	(pulgadas) Tuerca hexagonal	9	
10	ANSI B18.22.1 - 3/8 - Anchura - Tipo A	Arandela plana (Pulgada) Tipo A y B	1	
11	ANSI B18.2.1 - 1/4-20 UNC - 0,625, HCSI	Tornillo de remate hex	6	
12	ANSI B18.2.2 - 1/4 - 20, HNI	(pulgadas) Tuerca hexagonal	6	
13	ANSI B18.2.1 - 3/8-16 UNC - 1, HCSI	Tornillo de remate hex	4	
14	ANSI B18.2.1 - 3/8-16 UNC - 0,75, HCSI	Tornillo de remate hex	2	
15	ANSI B18.2.1 - 3/8-16 UNC - 0,625, HCSI	Tornillo de remate hex	2	

	PROYECTO	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DR: O. RODRIGUEZ ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	SUBSISTEMA DE INCLINACION	DR: O. RODRIGUEZ ÁLVAREZ	10/02/2020	PERO	
			REV: I. GONZALES	10/08/2020		14 kg
			APR: I. GONZALES	18/08/2020	ACABADO	PINTURA
			ES: 1 : 8	REV: 2		
			HOJA 1/1			
			TRAZADO AS			MCM 03



ISOMETRICO
MCM 03-001
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESCALA: 1 : 10



DETALLE A
ESCALA (0.40 : 1)

SOPORTE SISTEMA INCLINACION

MCM 03-001
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESPESOR: 3,5 mm
ESCALA: 1 : 5

NOTAS:
TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.



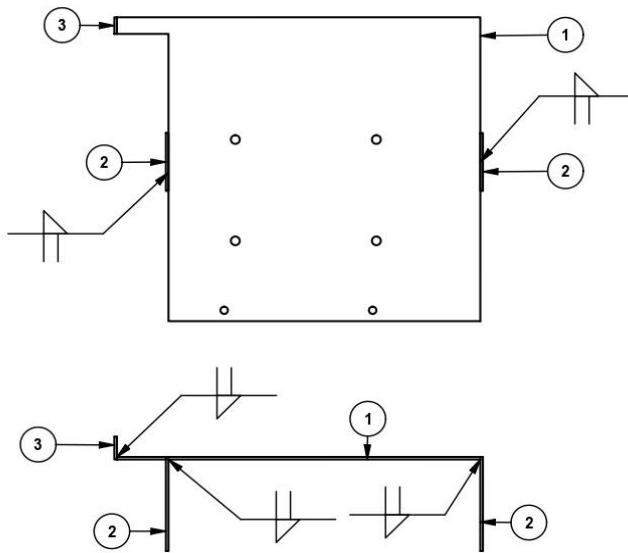
PROYECTO
MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL
DESCRIPCIÓN

SOPORTE SISTEMA INCLINACION

DIB:	O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020
DIS:	O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/02/2020
REV:	I. GONZALES	10/08/2020
APR:	I. GONZALES	18/08/2020
ESC	1 : 10	
HOJA	1/1	
TAMARO	A4	

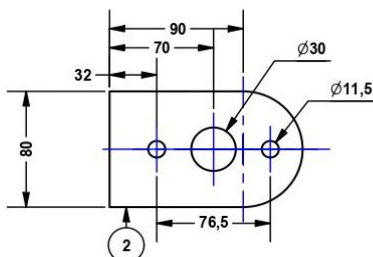
MATERIAL	ACERO
PESO	4712 g
ACABADO	PINTURA
MCM 03-001	

REV
2



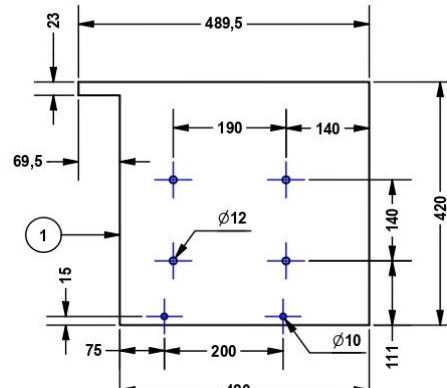
SOPORTE MOTOR

MCM 03-002
ESCALA: 1 : 8



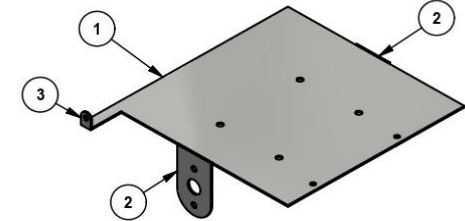
SOPORTE EJE

MCM 03-002.3
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESCALA: 1 : 4



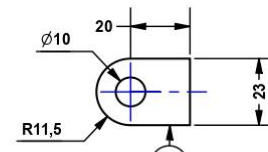
LAMINA SOPORTE MOTOR

MCM 03-002.1
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESPEJOR: 3,5
ESCALA: 1 : 10



SOPORTE MOTOR


MCM 03-002
ESCALA: 1 : 10

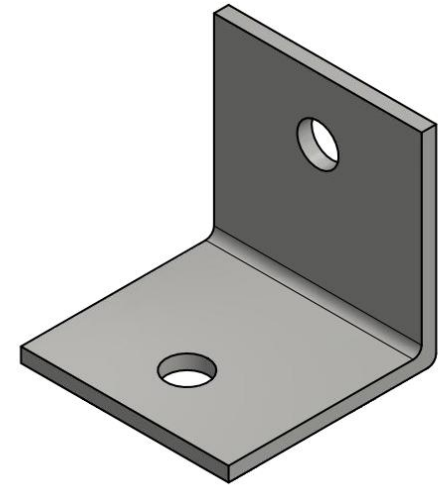
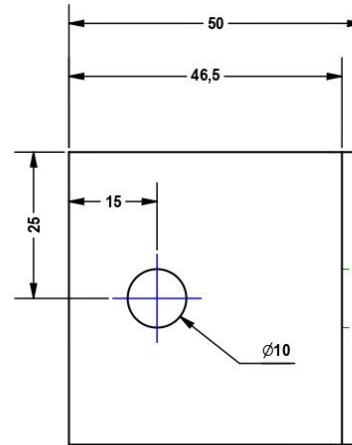
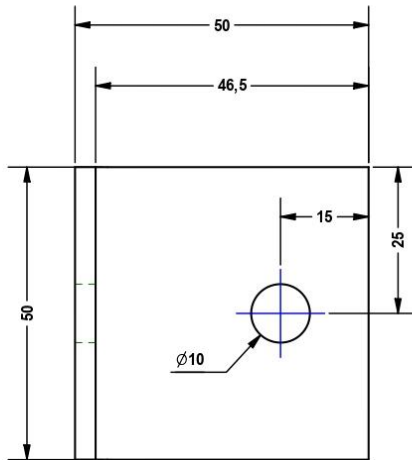


CONEXION HORQUILLA CILINDRO

MCM 03-002.2
MATERIAL: Acero AISI 1022
ESPEJOR: 3,5
ESCALA: 1:2

NOTAS:
TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD	
1	MCM 03-002.1	LAMINA SOPORTE MOTOR	1	
2	MCM 03-002.3	SOPORTE EJE	2	
3	MCM 03-002.2	CONEXION HORQUILLA CILINDRO	1	
	PROYECTO	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL		
	DESCRIPCIÓN	SOPORTE MOTOR		
	DIB:	O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL ACERO
	DIS:	O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	10/02/2020	PESO 5 kg
	REV:	I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO PINTURA
	APR:	I. GONZALES	18/08/2020	
ESC	1 : 10	REV	2	
HOJA	1/1			
TAMAÑO	A4			
			MCM 03-002	




SOPORTE GUARDA

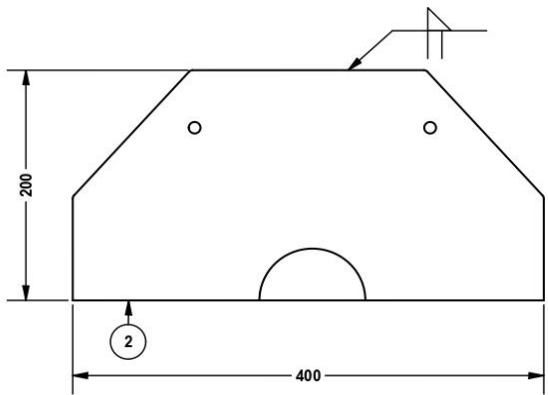
MCM 03-003
 MATERIAL: Acero AISI 1022
 ESPESOR: 3,5
 ESCALA: 1 : 1

ISOMETRICO

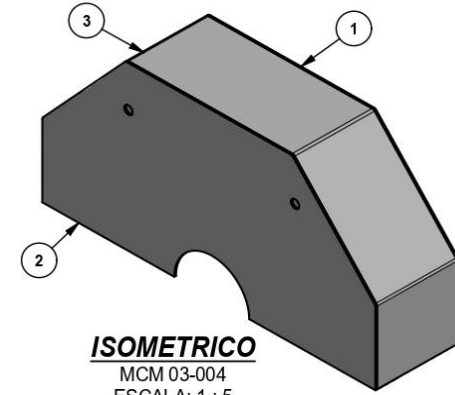
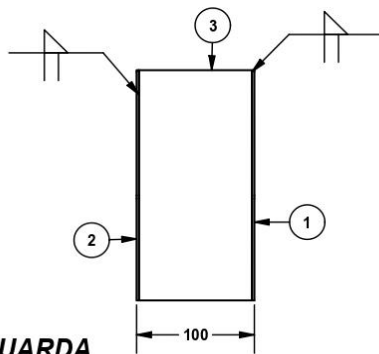
MCM 03-003
 MATERIAL: Acero AISI 1022
 ESCALA: 1 : 1

NOTAS:
 TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

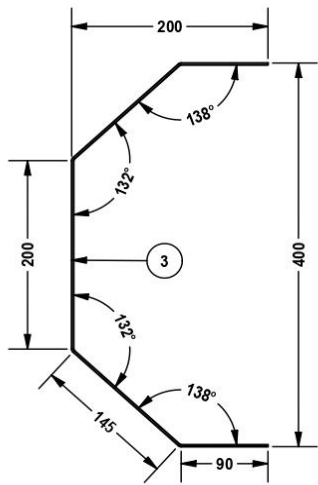
	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO	
	DESCRIPCIÓN	DIS: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	10/02/2020	PEBD	128 g	
	SOPORTE GUARDA	REV:	I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	PINTURA
		APR:	I. GONZALES	18/08/2020	MCM 03-003	
		ESC	1 : 1	REV		
	HOJA	1/1				
		TAMARO	A4			



GUARDA
MCM 03-004
ESCALA: 1 : 5

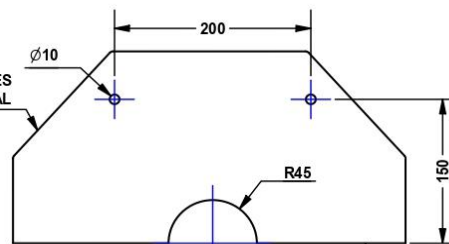


ISOMETRICO
MCM 03-004
ESCALA: 1 : 5

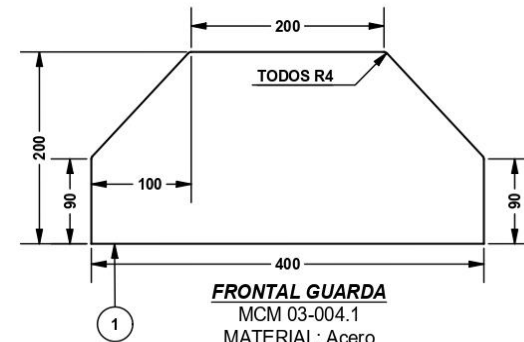


LATERAL GUARDA
MCM 03-004.3
MATERIAL: Acero
ESPESOR: 3,5 mm ANCHO: 96
ESCALA: 1 : 6

DIMENSIONES IGUALES
A LA PARTE FRONTAL




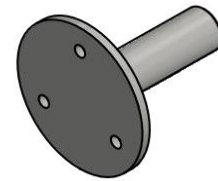
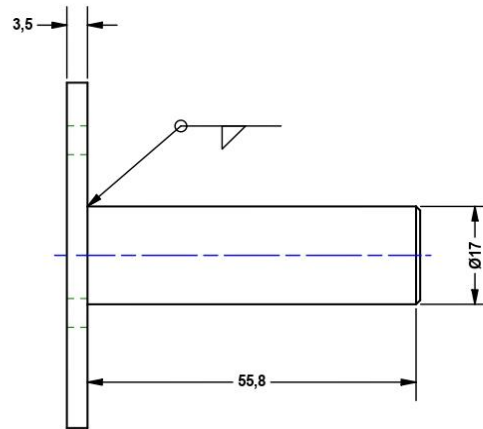
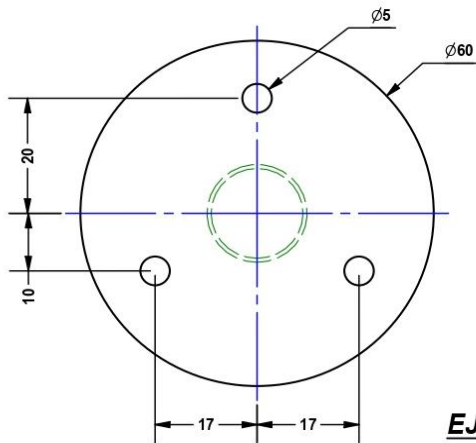
POSTERIOR GUARDA
MCM 03-004.2
MATERIAL: Acero
ESCALA: 1 : 6



FRONTAL GUARDA
MCM 03-004.1
MATERIAL: Acero
ESPESOR: 2mm
ESCALA: 1 : 6


NOTAS:
TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

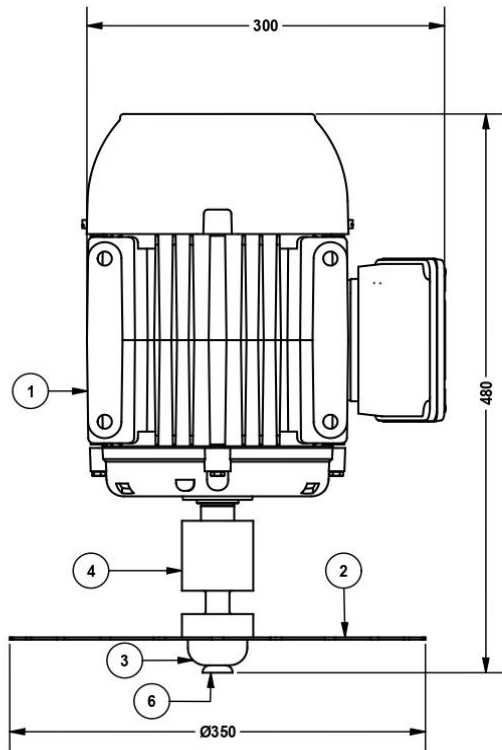
	PROYECTO	DIB: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL
	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DIB: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/02/2020	ACERO
	DESCRIPCIÓN	REV: I. GONZALES	10/08/2020	PESO
	GUARDA	APR: I. GONZALES	18/08/2020	2 kg
		ESC 1 : 5	REV 2	ACABADO
	INDIA 1/1		PINTURA	
	TAMAÑO A4		MCM 03-004	



ISOMETRICO
MCM 03-005
MATERIAL: Acero AISI 1144
ESCALA: 1 : 2

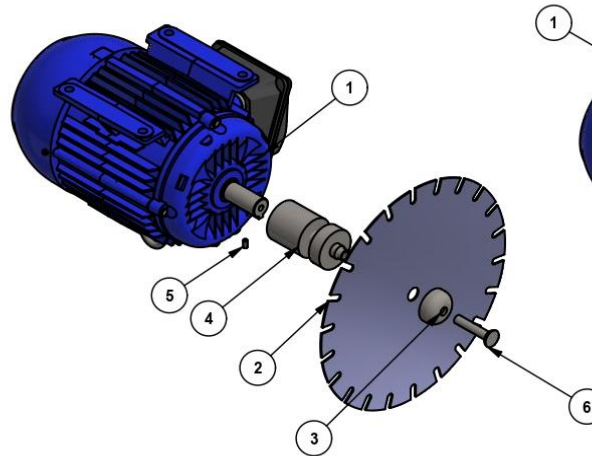
EJE SOPORTE
MCM 03-005
MATERIAL: Acero AISI 1144
ESCALA: 1 : 1

	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	PESO	177 g
	DESCRIPCIÓN	REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	SEMIPULIDO
	EJE SOPORTE	APR: I. GONZALES	18/08/2020	REV	2
		ESC 1 : 2	NO/A 1/1	TAMAÑO A4	MCM 03-005



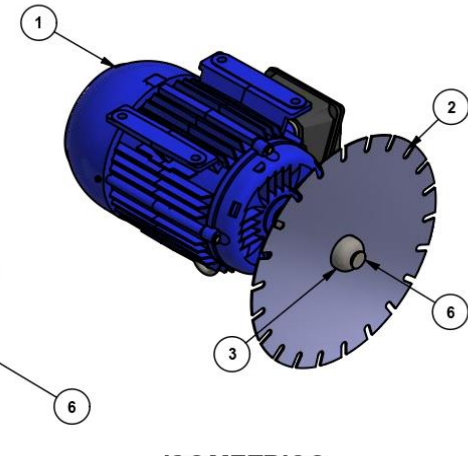
SUBSISTEMA DE CORTE

MCM 04
ESCALA: 1 : 5



SUBSISTEMA DE CORTE

MCM 04
ESCALA: 1 : 8



ISOMETRICO

MCM 04
ESCALA: 1 : 8

TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA

LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	MOTOR DE CORTE	WEQ 13054387	1
2	DISCO CORTE	DS 350 x 2,8 x 20,0 SG	1
3	MCM 04-001	SUJETADOR	1
4	MCM 04-002	EJE DE CORTE	1
5	ANSI B18.3 - 1/4-28 UNF x 0,51	Tomillo sin cabeza con hueco hexagonal	1
6	TORNILLO MARIPOSA MEDIA PULGADA	1/2" x 60mm	1



PROYECTO
MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL
DESCRIPCIÓN

SUBSISTEMA DE CORTE

DIB: O. RODRIGUEZ
J. ÁLVAREZ
10/05/2020
DIB: O. RODRIGUEZ
J. ÁLVAREZ
25/02/2020
REV: I. GONZALES
10/08/2020
APR: I. GONZALES
18/08/2020

MATERIAL
ACERO
FEBD
N/D
ACABADO
PINTURA

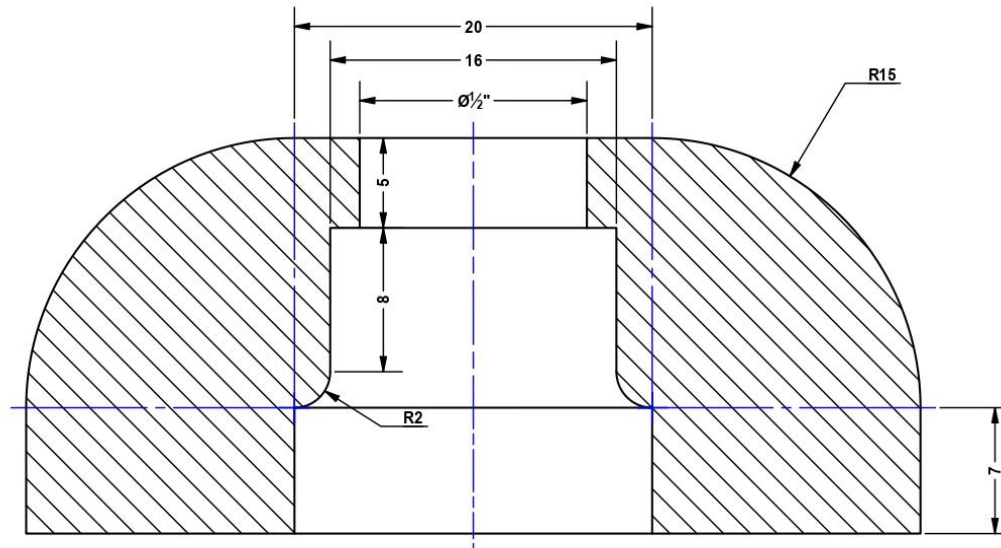
ESD
1 : 8

HOJA
1/1

TAMAÑO
A4

REV
2

MCM 04




ISOMETRICO

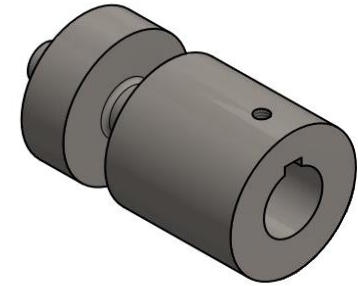
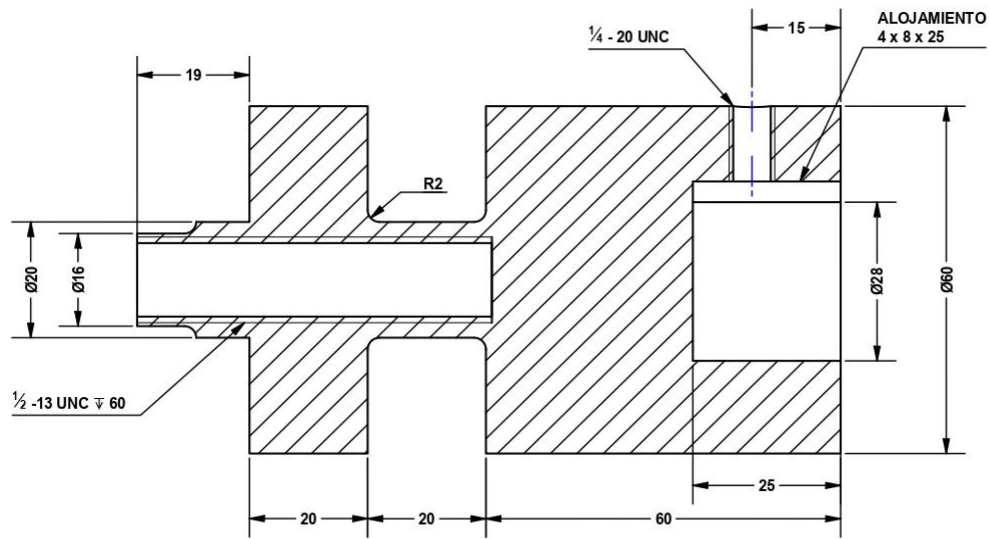
MCM 04-001
 MATERIAL: Acero AISI 1144
 ESCALA: 1 : 1

SUJETADOR

MCM 04-001
 MATERIAL: Acero AISI 1144
 ESCALA: 3 : 1

NOTAS:
 TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

	PROYECTO	O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO		
	DESCRIPCIÓN	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	25/02/2020	PESO	0 kg	
		SUJETADOR	REV:	I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	SEMIPULIDO
			APR:	I. GONZALES	18/08/2020		
			ESC:	1 : 1	REV:	2	MCM 04-001
		HOLA:	1/1				
		TAMAÑO:	A4				



ISOMETRICO

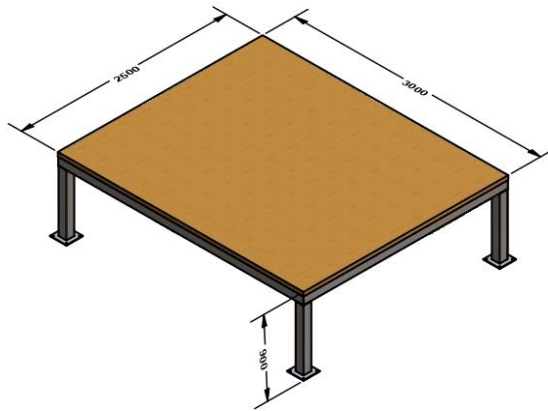
MCM 04-002
 MATERIAL: Acero AISI 4142 400 RT
 ESCALA: 1 : 2

EJE DE CORTE

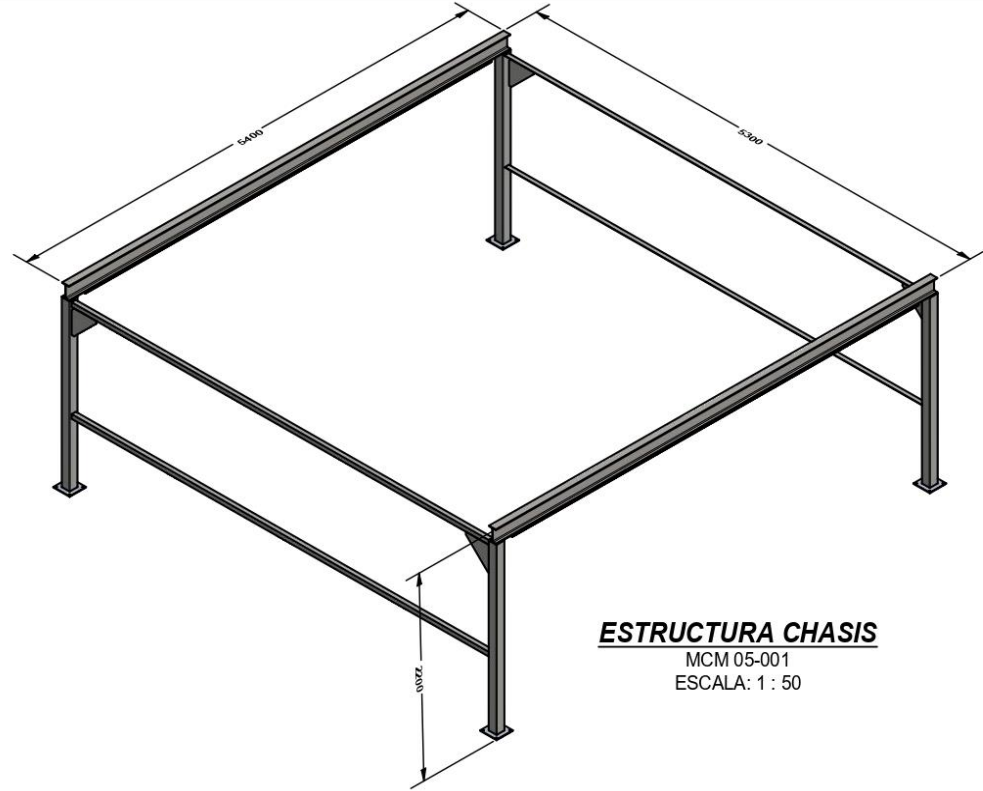
MCM 04-002
 MATERIAL: Acero AISI 4142 400 RT
 ESCALA: 1 : 1

NOTAS:
 TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

	PROYECTO	DIB: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO	
	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DIB: O. RODRÍGUEZ J. ÁLVAREZ	25/02/2020	PESO	2 kg	
	DESCRIPCIÓN	REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	SEMIPULIDO	
	EJE DE CORTE	APR: I. GONZALES	18/08/2020	REV	2	MCM 04-002
		ESC	1 : 2			
		HOJA	1/1			
TAMADO		A4				




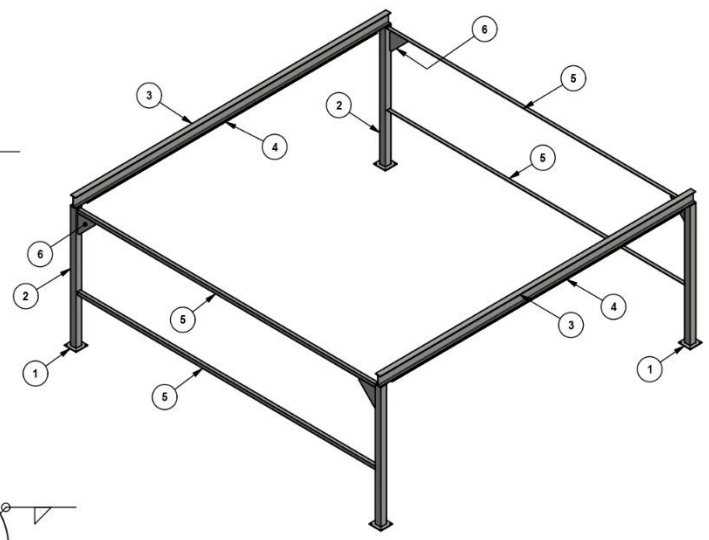
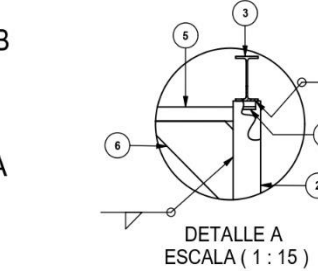
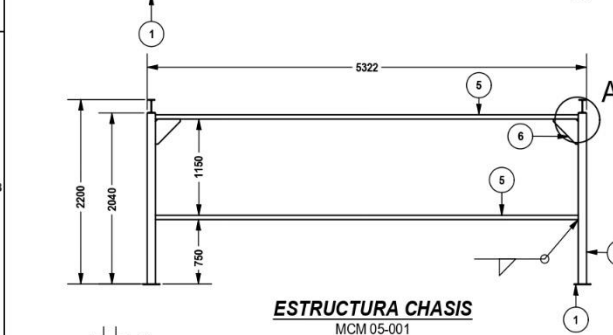
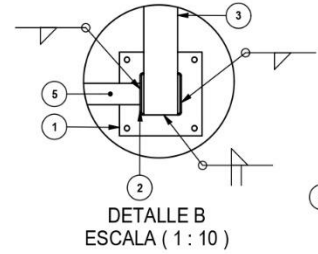
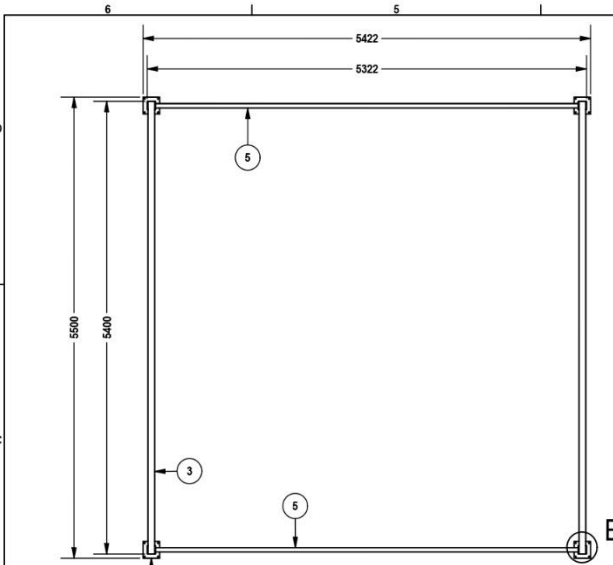
MESA DE CORTE
MCM 05-002
ESCALA: 1 : 50



ESTRUCTURA CHASIS
MCM 05-001
ESCALA: 1 : 50

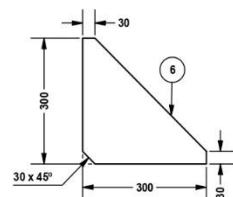
TODAS LAS DIMENSIONES EN MILÍMETROS (mm), A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA.

	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	10/05/2020	MATERIAL	ACERO	
	DESCRIPCIÓN	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	DIB: O. RODRIGUEZ J. ÁLVAREZ	05/03/2020	PESO	650 Kg
		SUBSISTEMA ESTRUCTURAL	REV: I. GONZALES	10/08/2020	ACABADO	PINTURA
			APR: I. GONZALES	18/08/2020		
			ESC: 1 : 50			
		HOJA: 1/1		REV: 2		
		TAMAÑO: A4			MCM 05	

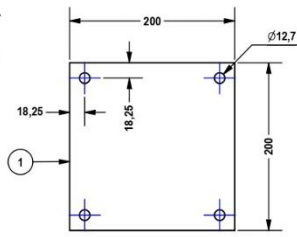


ISOMETRICO
MCM 05-001
ESCALA: 1 : 50

ESTRUCTURA CHASIS
MCM 05-001
MATERIAL: ACERO
ESCALA: 1 : 50




CARTELA
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESPESOR: 3mm
ESCALA: 1 : 10



PLACA PARA ANCLAJE
PLATINA DE ANCLAJE A PISO
MATERIAL: ASTM A36
ESPESOR: 1/4"
ESCALA: 1 : 5

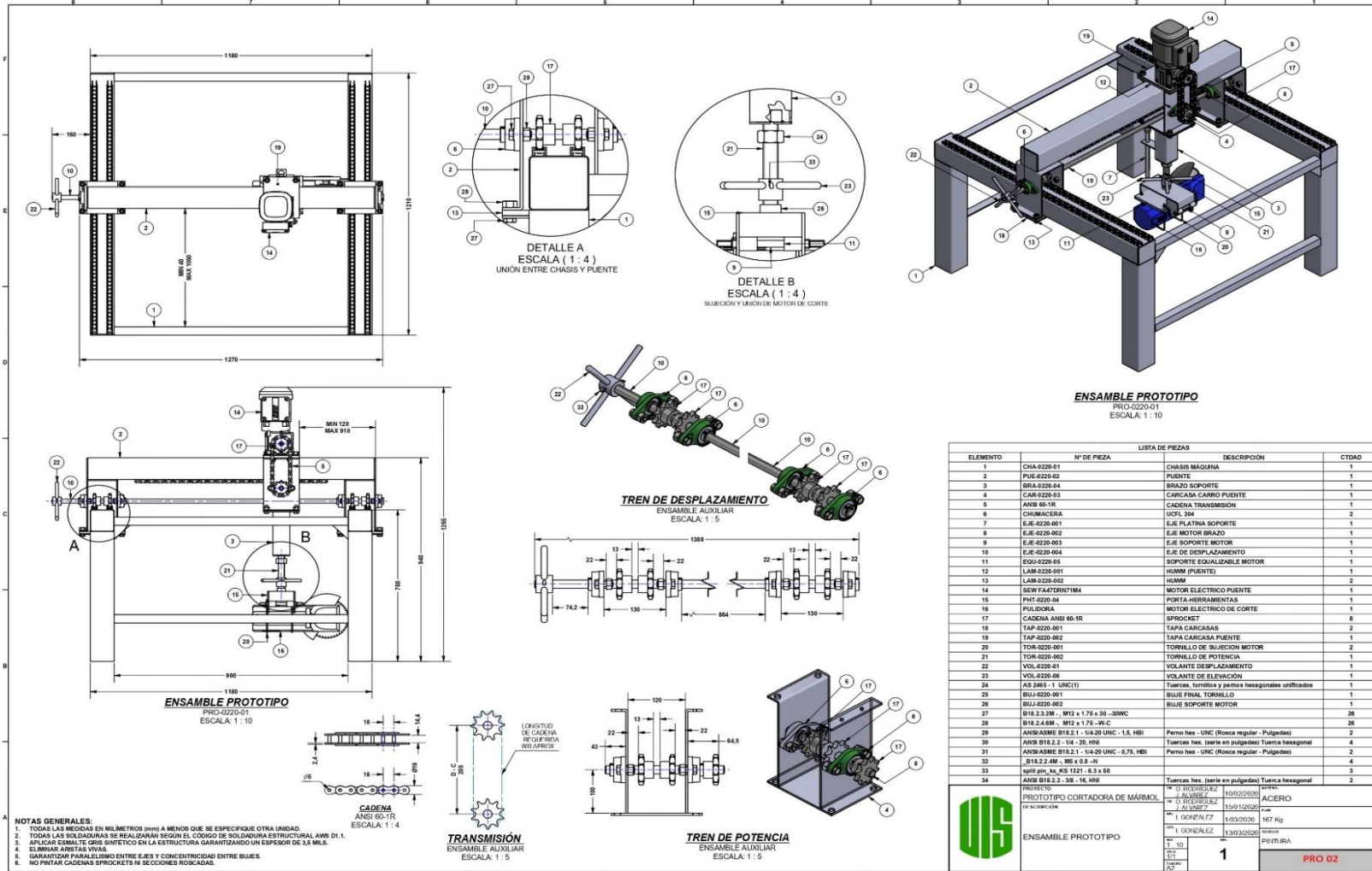
NOTAS GENERALES:
1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILIMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARAN SEGUN EL CODIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.

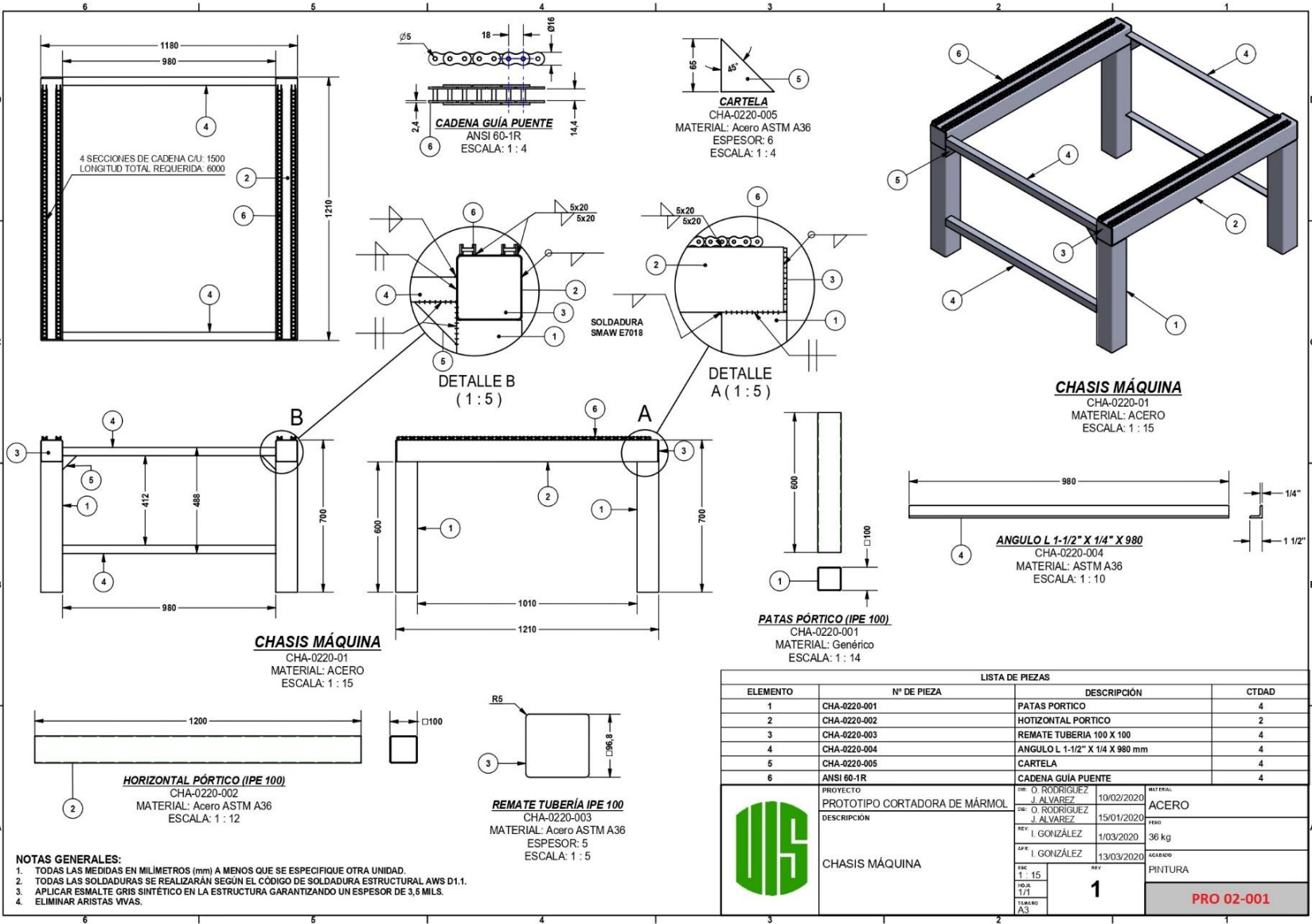
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	PLACA PARA ANCLAJE	LAMINA PARA ANCLAJE A SUELO 200 X 200 X 1/4"	4
2	DIN 59 410 - 100 x 100 x 2040	PATAS - COLUMNAS	4
3	VIGA_din_IPE 160 x 5400	VIGA - PUENTE	2
4	Rack-Spur 6DP 20PA 2.5FW 1PH 196L	CREMALLERA DE TRANSMISION	2
5	ANGULO TENSOR	ANGULO 3/16" x 2"	4
6	CARTELAS	LAMINA ESPESOR: 3mm	4

	PROYECTO	MÁQUINA CORTADORA DE MÁRMOL	FECHA	10/05/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	ESTRUCTURA CHASIS	PROYECTADO POR	05/03/2020	PERO	
			REVISADO POR	10/08/2020	PESO	346 kg
			APROBADO POR	18/08/2020	ACABADO	PINTURA
		ESCALA	1:50	REVISIÓN	2	
		FECHA	1/1			
		ELABORADO	AS			

MCM 05-001

Anexo M. PLANOS DEL PROTOTIPO



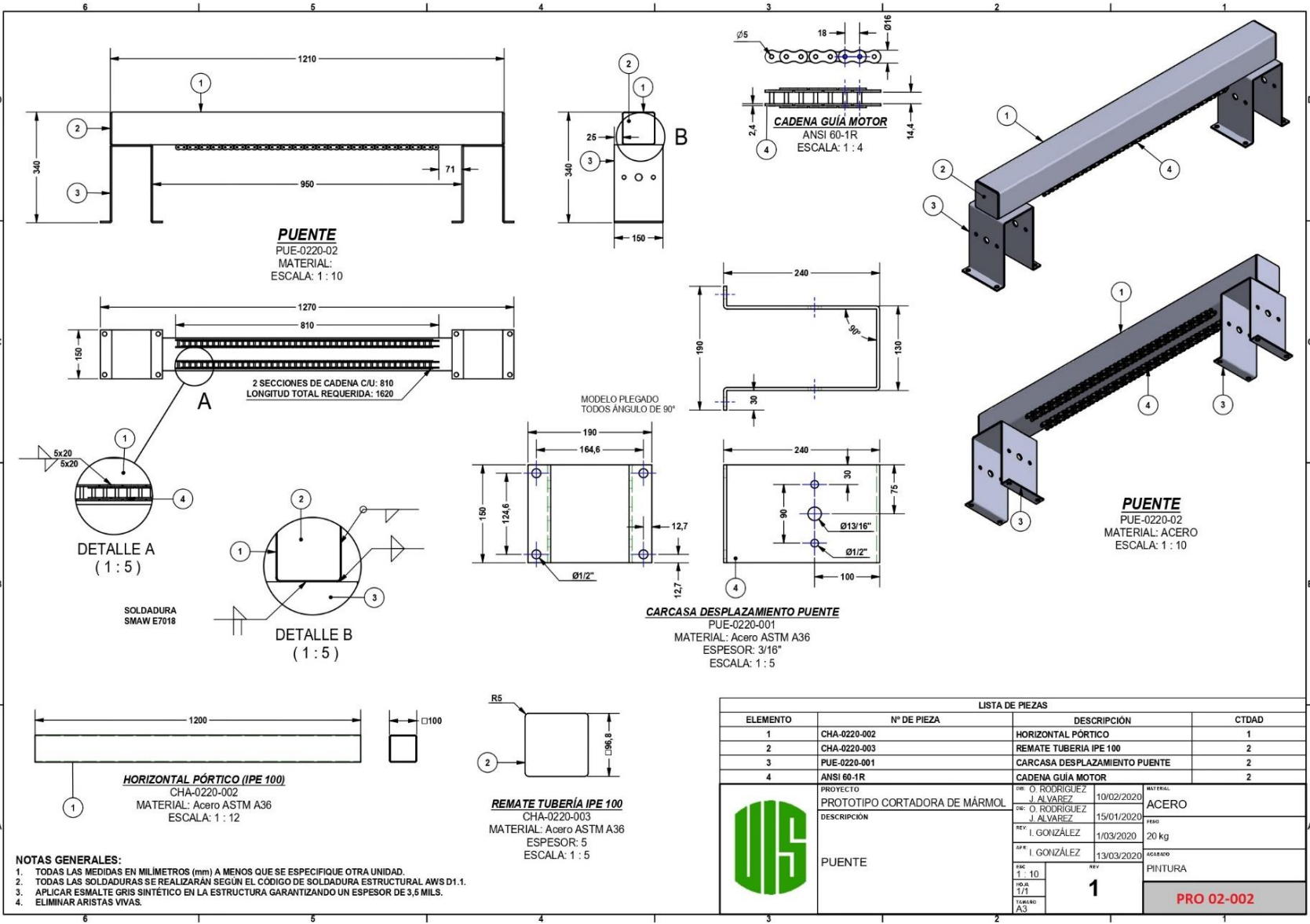


- NOTAS GENERALES:**
1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
 2. TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARÁN SEGUN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.
 3. APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
 4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	CHA-0220-001	PATAS PORTICO	4
2	CHA-0220-002	HORIZONTAL PORTICO	2
3	CHA-0220-003	REMATE TUBERIA 100 X 100	4
4	CHA-0220-004	ANGULO L 1-1/2" X 1/4 X 980 mm	4
5	CHA-0220-005	CARTELA	4
6	ANSI 60-1R	CADENA GUÍA PUENTE	4

	PROYECTO	DR. O. RODRIGUEZ	10/02/2020	MATERIAL:	ACERO	
	DESCRIPCIÓN	PROTOTIPO CORTADORA DE MÁRMOL	DR. O. RODRIGUEZ	15/01/2020	PESO	36 kg
			DR. O. RODRIGUEZ		ACERADO	PINTURA
			J. ALVAREZ			
			I. GONZÁLEZ	13/03/2020		
		I. GONZÁLEZ				
ESQ	1	15				
HOJA	1	1				
TABLA	A3					

PRO 02-001

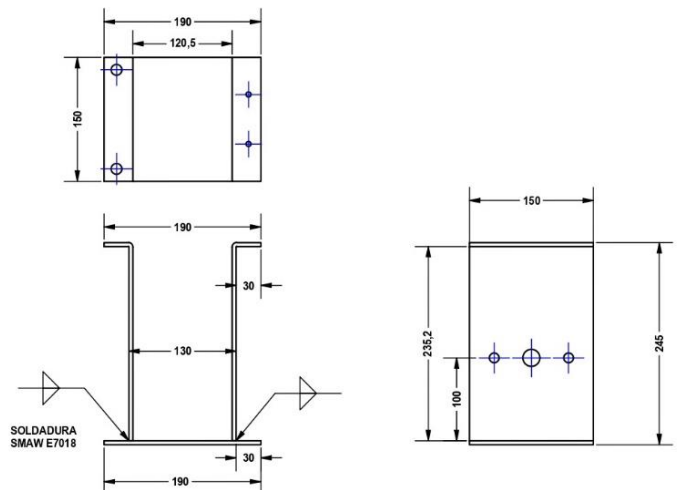


- NOTAS GENERALES:**
- TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
 - TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARÁN SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.
 - APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
 - ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	CHA-0220-002	HORIZONTAL PÓRTICO	1
2	CHA-0220-003	REMATE TUBERÍA IPE 100	2
3	PUE-0220-001	CARCASA DESPLAZAMIENTO PUENTE	2
4	ANSI 60-1R	CADENA GUÍA MOTOR	2

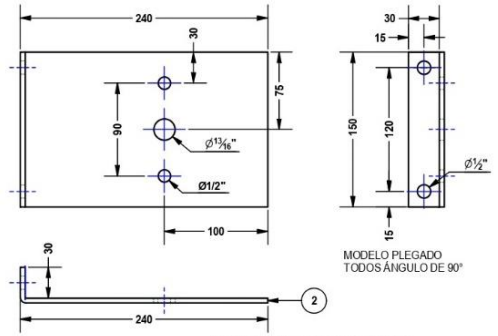
	PROYECTO	PROTOTIPO CORTADORA DE MÁRMOL	DIR: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL: ACERO
	DESCRIPCIÓN	PUEENTE	DIR: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO: 20 kg
	REV:	1	I. GONZÁLEZ	1/03/2020	ACABADO: PINTURA
	REV:	1	I. GONZÁLEZ	13/03/2020	ACABADO: PINTURA
ESCALA	1 : 10				
HOJA	1 / 1				
TUBERÍA	A3				

PRO 02-002



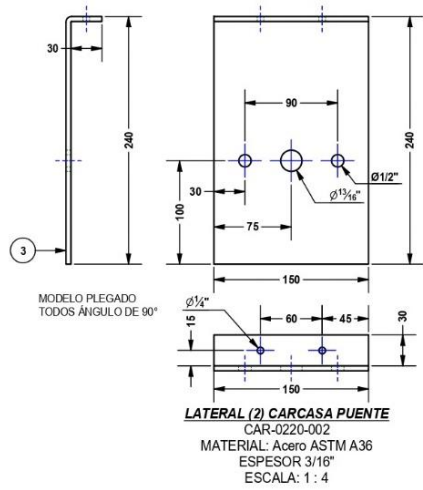
CARCAZA CARRO PUENTE
 CAR-0220-03
 MATERIAL: ASTM A36
 ESCALA: 1 : 5

SOLDADURA
 SMAW E7018



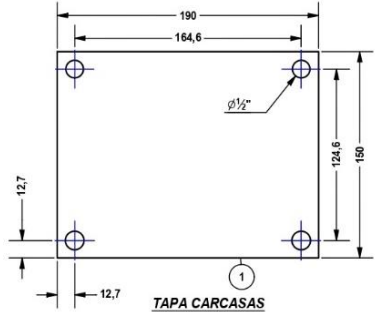
LATERAL (1) CARCASA PUENTE
 CAR-0220-001
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESPESOR: 3/16"
 ESCALA: 1 : 4

MODELO PLEGADO
 TODOS ÁNGULO DE 90°

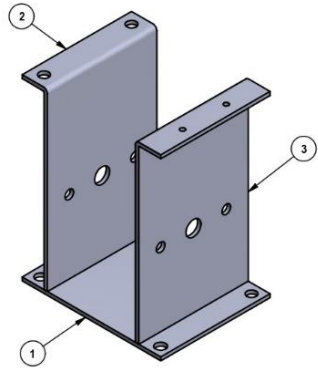


LATERAL (2) CARCASA PUENTE
 CAR-0220-002
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESPESOR 3/16"
 ESCALA: 1 : 4

MODELO PLEGADO
 TODOS ÁNGULO DE 90°



TAPA CARCASAS
 TAP-0220-001
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESPESOR: 3/16"
 ESCALA: 1 : 3



CARCAZA CARRO PUENTE
 CAR-0220-03
 MATERIAL: ACERO
 ESCALA: 1 : 4

- NOTAS GENERALES:**
1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
 2. TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARÁN SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.
 3. APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
 4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

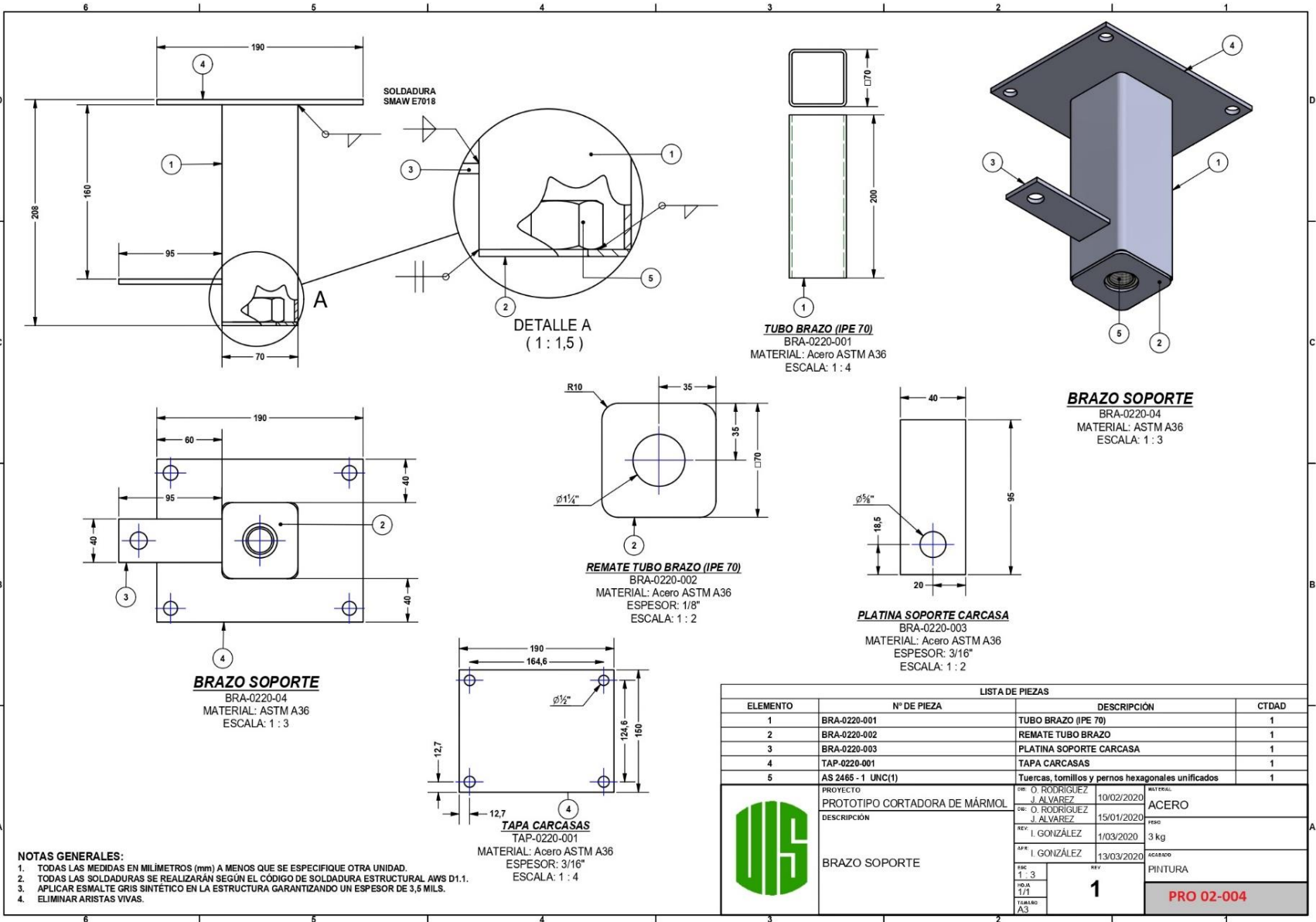
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	TAP-0220-001	TAPA CARCASAS	1
2	CAR-0220-001	LATERAL (1) CARCASA PUENTE	1
3	CAR-0220-002	LATERAL (2) CARCASA PUENTE	1

	PROYECTO	O. RODRIGUEZ	10/02/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO	4 kg
		J. ALVAREZ	1/03/2020		
		I. GONZÁLEZ	13/03/2020		
	AGARADO			PINTURA	
ESC	1 : 4	REV	1		
FO.A	1/1				
TUBERO	A3				



CARCAZA CARRO PUENTE

PRO 02-003



SOLDADURA
SMAW E7018

DETALLE A
(1 : 1,5)

TUBO BRAZO (IPE 70)
BRA-0220-001
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESCALA: 1 : 4


BRAZO SOPORTE
BRA-0220-04
MATERIAL: ASTM A36
ESCALA: 1 : 3

REMATE TUBO BRAZO (IPE 70)
BRA-0220-002
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESPEJOR: 1/8"
ESCALA: 1 : 2

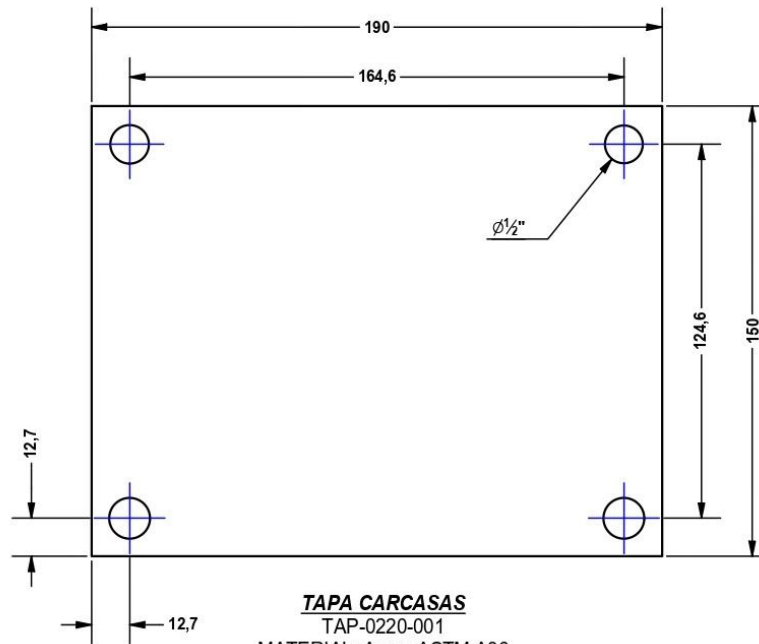
PLATINA SOPORTE CARCASA
BRA-0220-003
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESPEJOR: 3/16"
ESCALA: 1 : 2

BRAZO SOPORTE
BRA-0220-04
MATERIAL: ASTM A36
ESCALA: 1 : 3

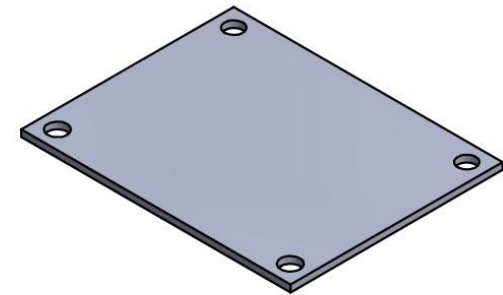
TAPA CARCASAS
TAP-0220-001
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESPEJOR: 3/16"
ESCALA: 1 : 4

LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD	
1	BRA-0220-001	TUBO BRAZO (IPE 70)	1	
2	BRA-0220-002	REMATE TUBO BRAZO	1	
3	BRA-0220-003	PLATINA SOPORTE CARCASA	1	
4	TAP-0220-001	TAPA CARCASAS	1	
5	AS 2485 - 1 UNC(1)	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales unificados	1	
		PROYECTO: PROTOTIPO CORTADORA DE MÁRMOL DESCRIPCIÓN: BRAZO SOPORTE	DISEÑADO: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ 10/02/2020 REVISADO: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ 15/01/2020 APROBADO: I. GONZÁLEZ 1/03/2020 AGENDADO: I. GONZÁLEZ 13/03/2020	MATERIAL: ACERO PESO: 3 kg ACABADO: PINTURA
ESC 1 : 3 HOJA 1/1 TUBO A3		1		PRO 02-004

- NOTAS GENERALES:**
- TODAS LAS MEDIDAS EN MILIMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
 - TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARÁN SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.
 - APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
 - ELIMINAR ARISTAS VIVAS.



TAPA CARCASAS
 TAP-0220-001
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESPESOR: 3/16"
 ESCALA: 1 : 2

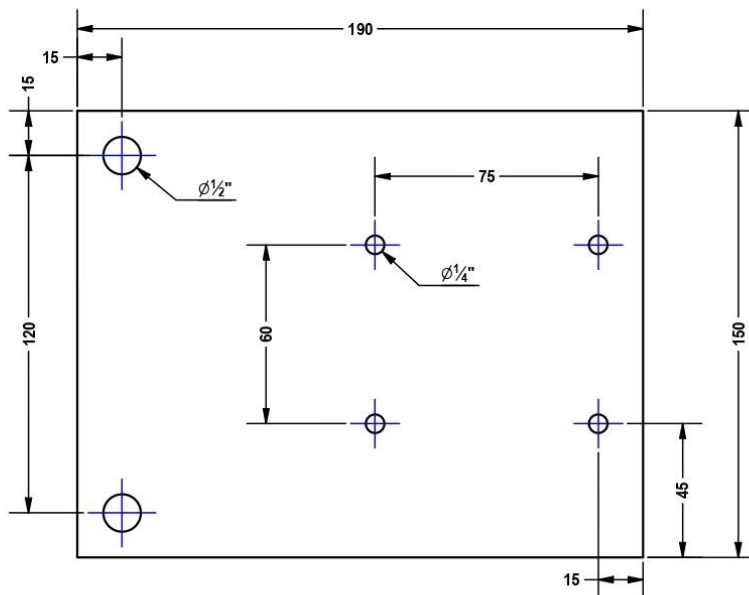


ISOMETRICO
 TAP-0220-001
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 1 : 3

NOTAS GENERALES:

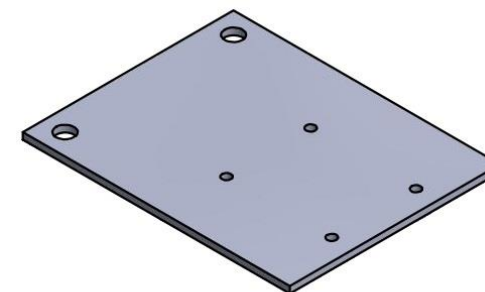
1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
3. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

	PROYECTO	PROTOTIPO CORTADORA DE MÁRMOL	DB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ 10/02/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	TAPA CARCASAS	DS: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ 15/01/2020	PESO	1 kg
			REV: I. GONZÁLEZ 1/03/2020	ACABADO	PINTURA
			APR: I. GONZÁLEZ 13/03/2020	ESC 1 : 3 HOJA 1/1 TAMAÑO A4	REV 1
					PRO 02-005



TAPA CARCASA PUENTE

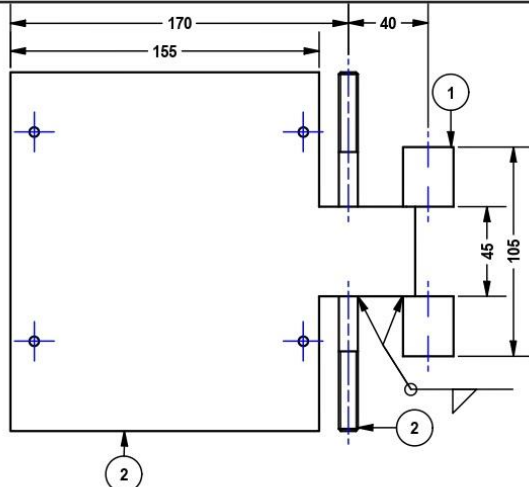
TAP-0220-002
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESPESOR: 3/16"
 ESCALA: 1 : 2



ISOMETRICO
 TAP-0220-002
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 1 : 3

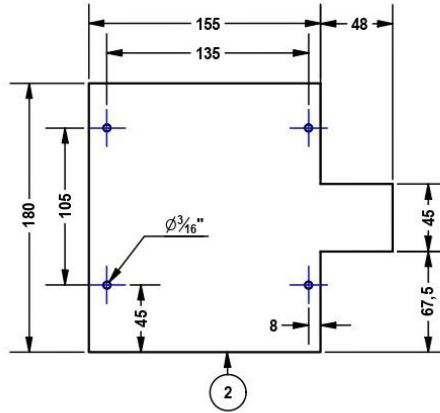


PROYECTO PROTOTIPO CORTADORA DE MÁRMOL DESCRIPCIÓN TAPA CARCASA PUENTE	DIB: O. RODRÍGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL ACERO
	DIS: O. RODRÍGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO 1 kg
	REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020	ACABADO PINTURA
	APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020	PRO 02-006
ESC 1 : 3 HOJA 1/1 TAMAÑO A4	REV 1		



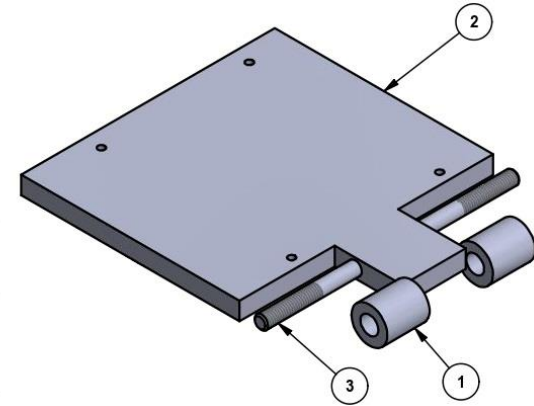
SOPORTE EQUALIZABLE MOTOR

EQU-0220-05
MATERIAL:
ESCALA: 1 : 3



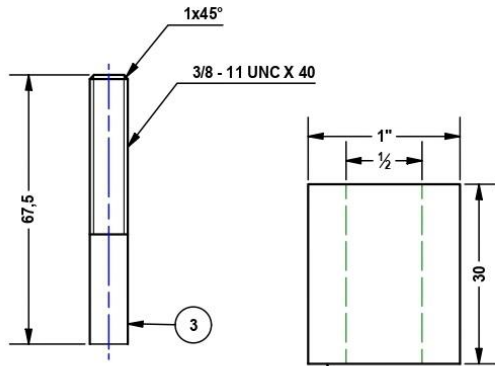
PLACA INCLINABLE

EQU-0220-002
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESPESOR: 1/2"
ESCALA: 1 : 4



SOPORTE EQUALIZABLE MOTOR

EQU-0220-05
MATERIAL: ACERO
ESCALA: 1 : 3




VARILLA ROSCADA
EQU-0220-05
MATERIAL: ASTM A36
ESCALA: 1 : 1,5

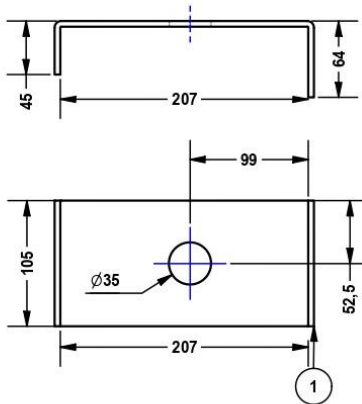
BUJE
EQU-0220-001
MATERIAL: ASTM A36
ESCALA: 1:1

NOTAS GENERALES:

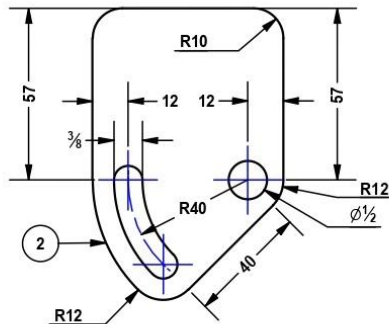
1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARÁN SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.
3. APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	EQU-0220-001	BUJE	2
2	EQU-0220-002	PLACA INCLINABLE	1
3	EQU-0220-003	BARILLA ROSCADA	2
	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020
	DESCRIPCIÓN	DIS: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020
		REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020
		APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020
		DESCRIPCIÓN	SOPORTE EQUALIZABLE MOTOR
EBC 1 : 3	HOJA 1/1	REV 1	MATERIAL ACERO
TAMAÑO A4			PESO 3 kg
			ACABADO PINTURA
			PRO 02-007

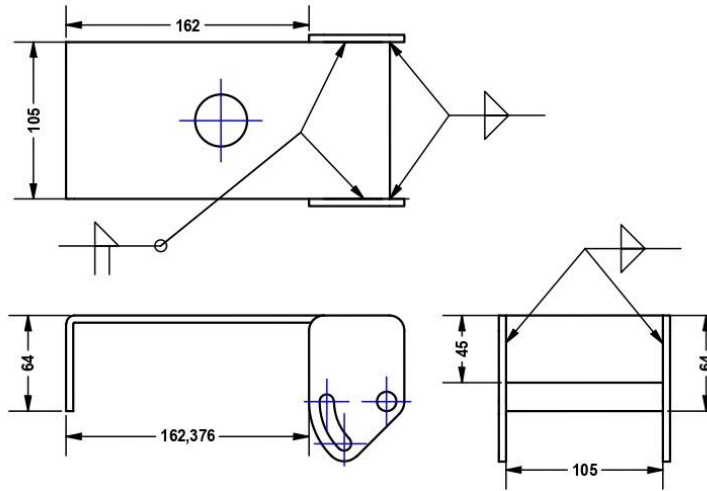
MODELO PLEGADO
TODOS ÁNGULO DE 90°



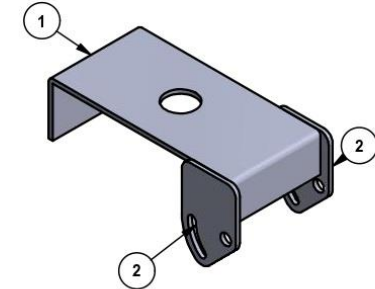
PLACA PORTA-HERRAMIENTAS
PHT-0220-001
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESPESOR: 3/16"
ESCALA: 1 : 5



GUÍA DE INCLINACIÓN
PHT-0220-002
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESPESOR: 3/16"
ESCALA: 1 : 2



PORTA-HERRAMIENTAS
PHT-0220-04
MATERIAL: ASTM A36
ESCALA: 1 : 4

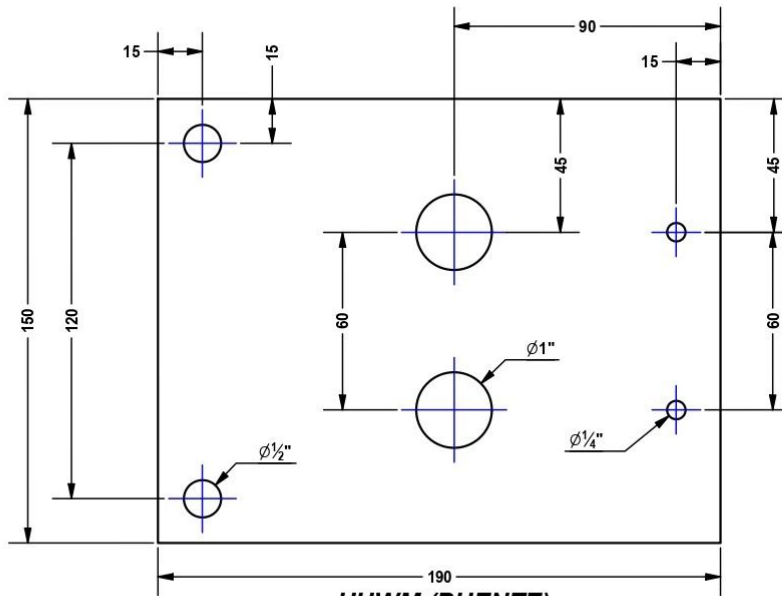


PORTA-HERRAMIENTAS
PHT-0220-04
MATERIAL:
ESCALA: 1 : 5

NOTAS GENERALES:

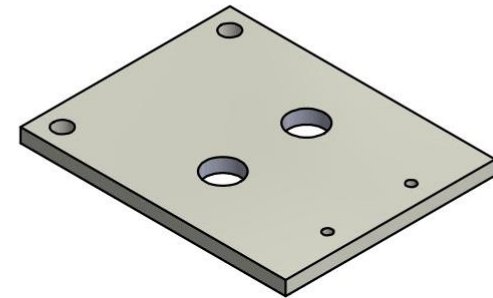
1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARÁN SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.
3. APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD	
1	PLACA PORTA-HERRAMIENTAS	PHT-0220-001	1	
2	GUÍA DE INCLINACIÓN	PHT-0220-002	2	
	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	
	PROTOTIPO CORTADORA DE MÁRMOL	DIS: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	
	DESCRIPCIÓN	REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020	MATERIAL ACERO
		APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020	PESO 2 kg
				ACABADO PINTURA
	ESCALA 1 : 5	REV 1	PRO 02-008	



HUWM (PUENTE)

LAM-0220-001
 MATERIAL: Polietileno, alta densidad
 ESPESOR: 19
 ESCALA: 1 : 2



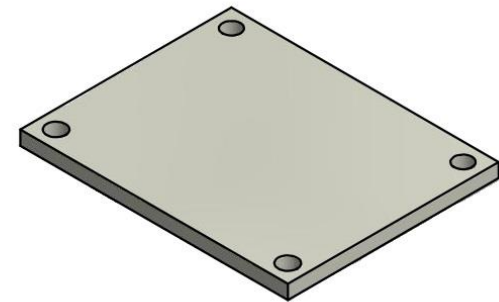
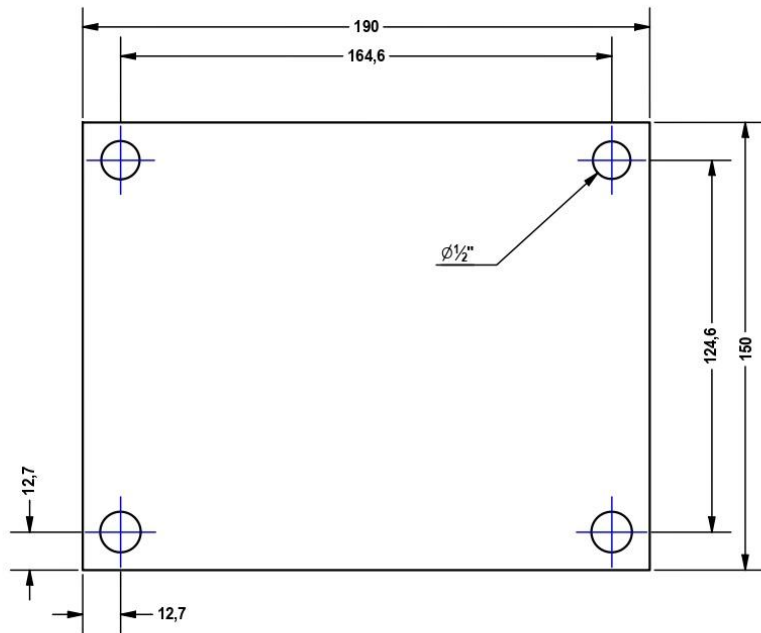
HUWM (PUENTE)

LAM-0220-001
 MATERIAL: Polietileno, alta densidad
 ESCALA: 1 : 3

NOTAS GENERALES:

1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARÁN SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.
3. APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL	Polietileno, alta densidad
	DESCRIPCIÓN	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO	0 kg
		REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020	ACABADO	N/D
		APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020		
		ESC: 1 : 3	REV: 1		
	HOJA: 1/1				PRO 02-009
	TAMARO: A4				



HUWM

LAM-0220-002
 MATERIAL: Polietileno, alta densidad
 ESCALA: 1 : 3

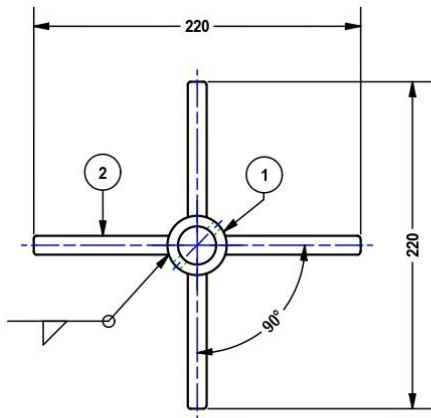
HUWM

LAM-0220-002
 MATERIAL: Polietileno, alta densidad
 ESPESOR : 10
 ESCALA: 1 : 2

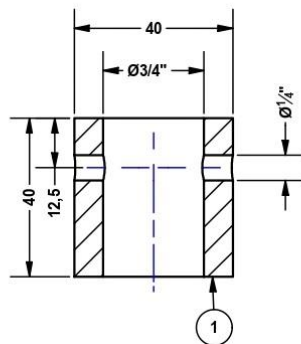
NOTAS GENERALES:

1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

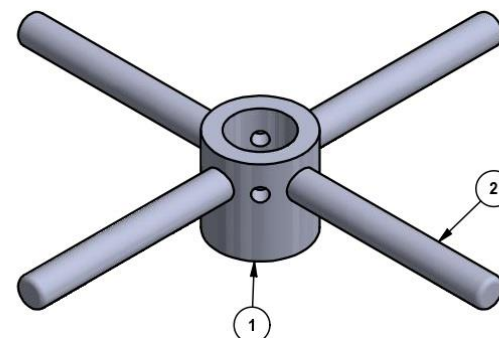
	PROYECTO	DIB:	O. RODRÍGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL	Polietileno, alta densidad.
	DESCRIPCIÓN	DIS:	O. RODRÍGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO	0 kg
	HUWM	REV:	I. GONZÁLEZ	1/03/2020	ACABADO	N/D
		APR:	I. GONZÁLEZ	13/03/2020	1	
		ESG	1 : 3			
HOLA	1/1	TAMAÑO	A4	PRO 02-010		



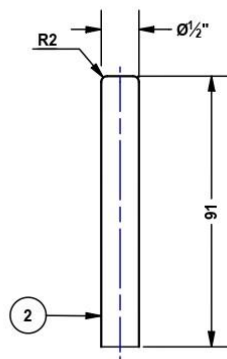
VOLANTE DESPLAZAMIENTO
 VOL-0220-05
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 1 : 4



BUJE PERFORADO (DESPLAZAMIENTO)
 VOL-0220-003
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 1:2




VOLANTE DESPLAZAMIENTO
 VOL-0220-05
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 1 : 2

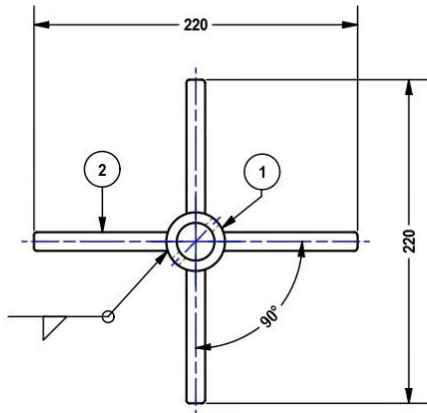


MANIVELA
 VOL-0220-002
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 1 : 2

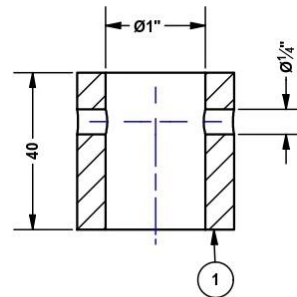
NOTAS GENERALES:

1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARÁN SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.
3. APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

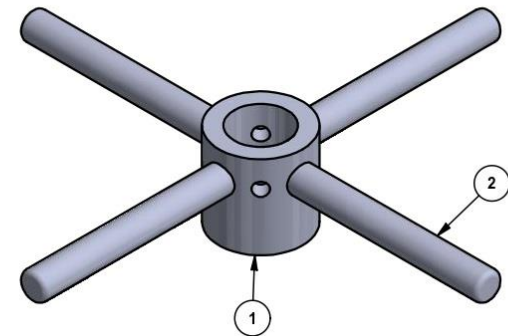
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	VOL-0220-003	BUJE PERFORADO (DESPLAZAMIENTO)	1
2	VOL-0220-002	MANIVELA	4
	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020
	PROTOTIPO CORTADORA DE MÁRMOL	DIS: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020
	DESCRIPCIÓN	REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020
	VOLANTE DESPLAZAMIENTO	APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020
		ESC 1 : 2 HOJA 1/1 TAMAÑO A4	REV 1
		MATERIAL ACERO	
		PESO 1 kg	
		ACABADO PINTURA	
		PRO 02-011	



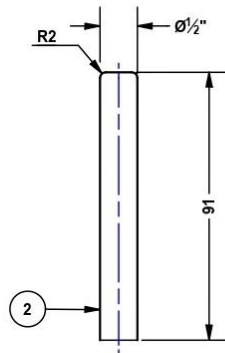
VOLANTE DE ELEVACIÓN
VOL-0220-06
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESCALA: 1 : 4



BUJE PERFORADO (ELEVACIÓN)
VOL-0220-001
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESCALA: 1:2



VOLANTE DE ELEVACIÓN
VOL-0220-06
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESCALA: 1 : 2




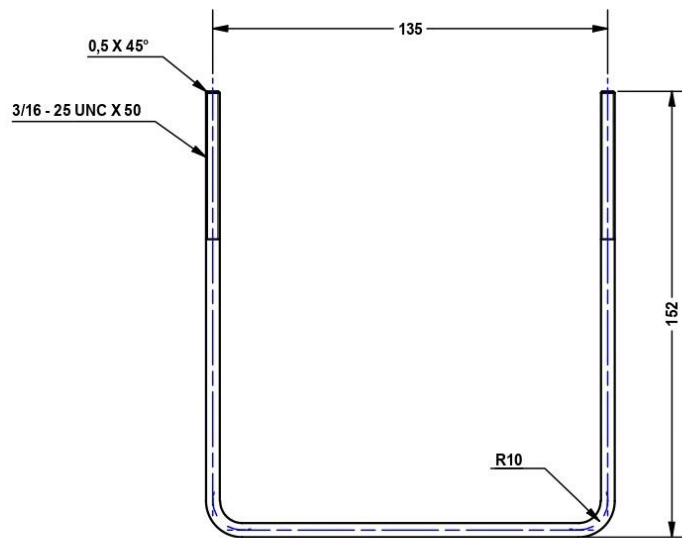
MANIVELA
VOL-0220-002
MATERIAL: Acero ASTM A36
ESCALA: 1 : 2

NOTAS GENERALES:

1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. TODAS LAS SOLDADURAS SE REALIZARÁN SEGÚN EL CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1.
3. APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

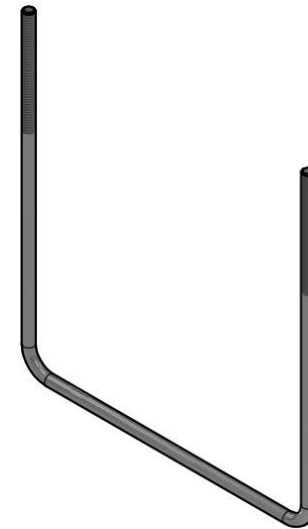
LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CTDAD
1	VOL-0220-001	BUJE PERFORADO (ELEVACIÓN)	1
2	VOL-0220-002	MANIVELA	4
	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020
	DESCRIPCIÓN	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020
		REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020
		APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020
		ESB: 1 : 2	REV: 1
		HDA: 1/1	
	TAMAÑO: A4		
		MATERIAL	ACERO
		PESO	1 kg
		ACABADO	PINTURA
			PRO 02-012



TORNILLO DE SUJECION MOTOR

TOR-0220-001
 MATERIAL: Acero AISI 1020 107 LC
 ESCALA: 1 : 2



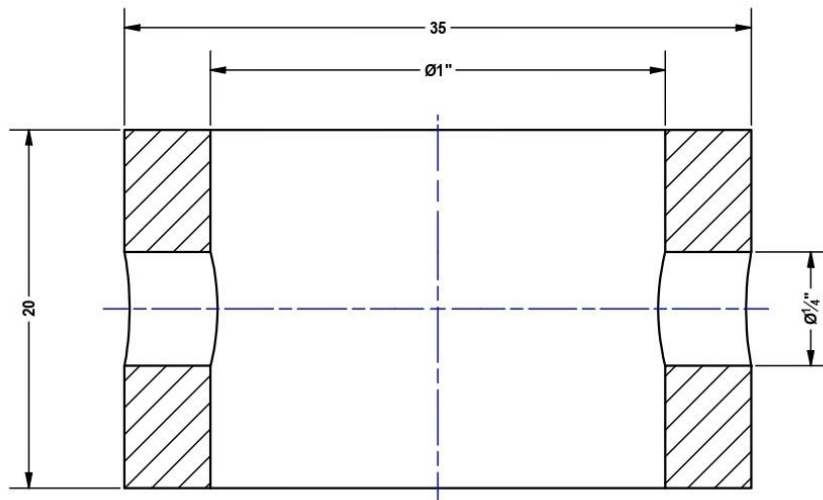
ISOMETRICO

TOR-0220-001
 MATERIAL: Acero AISI 1020 107 LC
 ESCALA: 1 : 2

NOTAS GENERALES:

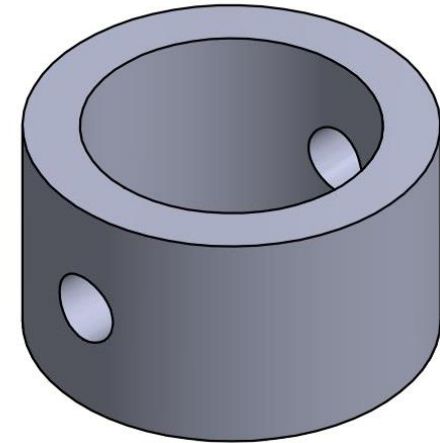
1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. SOLO PINTAR LA SECCIONES NO ROSCADAS.
3. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL	ACERO	
	DESCRIPCIÓN	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO	N/D	
	TORNILLO DE SUJECION MOTOR	REV:	I. GONZÁLEZ	1/03/2020	ACABADO	PINTURA
		APR:	I. GONZÁLEZ	13/03/2020	1	PRO 02-013
		ESC	1 : 2			
	HOJA	1/1				
TAMARO	A4					



BUJE FINAL TORNILLO

BUJ-0220-001
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 3 : 1




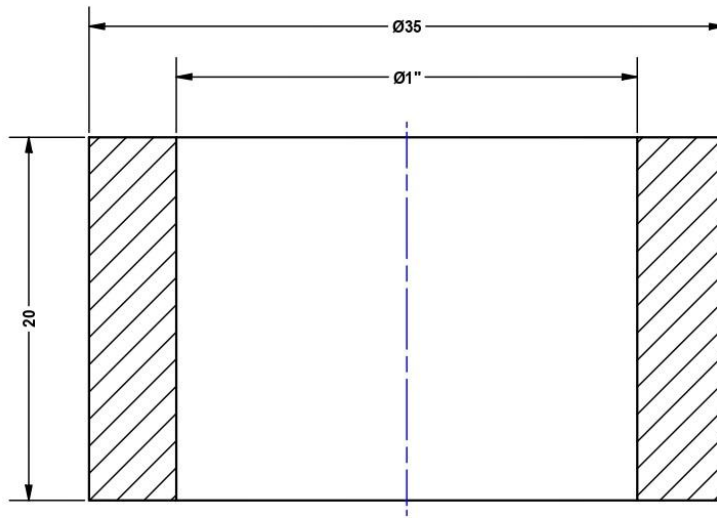
ISOMETRICO

BUJ-0220-001
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 2 : 1

NOTAS GENERALES:

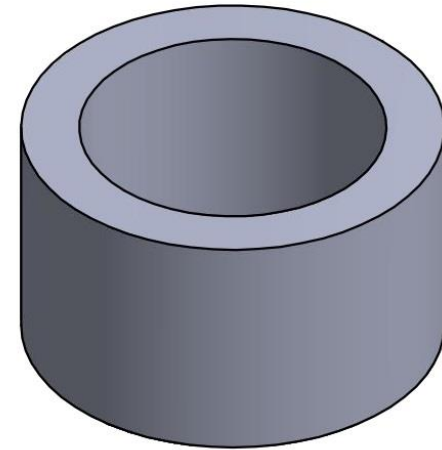
1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. APLICAR ESMALTE GRIS SINTÉTICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
3. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

	PROYECTO	DIB: O. RODRÍGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	DIS: O. RODRÍGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO	0 kg
	BUJE FINAL TORNILLO	REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020	ACABADO	PINTURA
		APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020	PRO 02-014	
		ESC 2 : 1	REV 1		
Hoja 1/1 Tamaño A4					



BUJE SOPORTE MOTOR

BUJ-0220-002
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 3 : 1



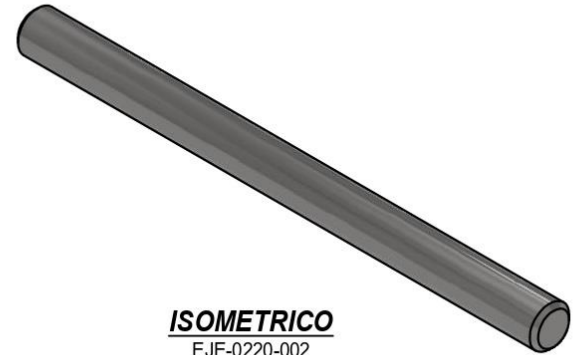
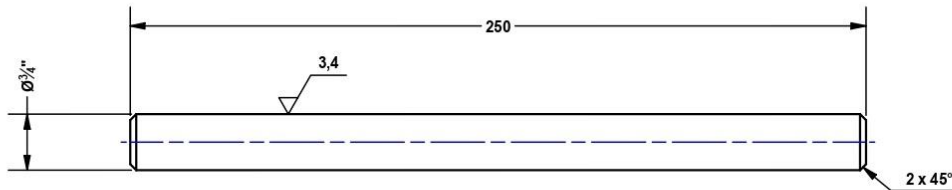
ISOMETRICO

BUJ-0220-002
 MATERIAL: Acero ASTM A36
 ESCALA: 2 : 1

NOTAS GENERALES:

1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. APLICAR ESMALTE GRIS SINTETICO EN LA ESTRUCTURA GARANTIZANDO UN ESPESOR DE 3,5 MILS.
3. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	DIS: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO	0 kg
		REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020	ACABADO	PINTURA
	BUJE SOPORTE MOTOR	APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020		
		ESC 2 : 1	REV 1		PRO 02-015
	HOLA 1/1				
	TAMAÑO A4				



ISOMETRICO


EJE-0220-002
 MATERIAL: Acero AISI 1045 390 RT
 ESCALA: 1 : 2

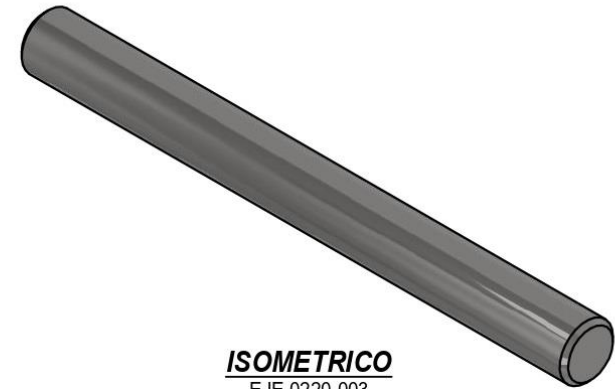
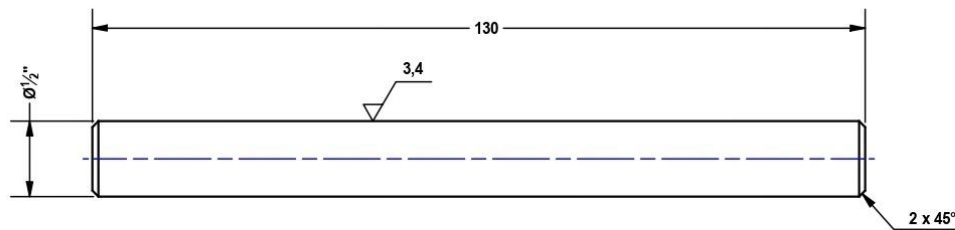
EJE MOTOR BRAZO

EJE-0220-002
 MATERIAL: Acero AISI 1045 390 RT
 ESCALA: 1 : 2

NOTAS GENERALES:

1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILIMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	DIS: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO	
	EJE MOTOR BRAZO	REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020	ACABADO	3,4
		APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020	PRO 02-016	
		ESC: 1 : 2	REV: 1		
	Hoja 1/1				
	Tamaño A4				



ISOMETRICO


EJE-0220-003
 MATERIAL: Acero AISI 1045 390 RT
 ESCALA: 1 : 1

EJE SOPORTE MOTOR

EJE-0220-003
 MATERIAL: Acero AISI 1045 390 RT
 ESCALA: 1 : 1

NOTAS GENERALES:

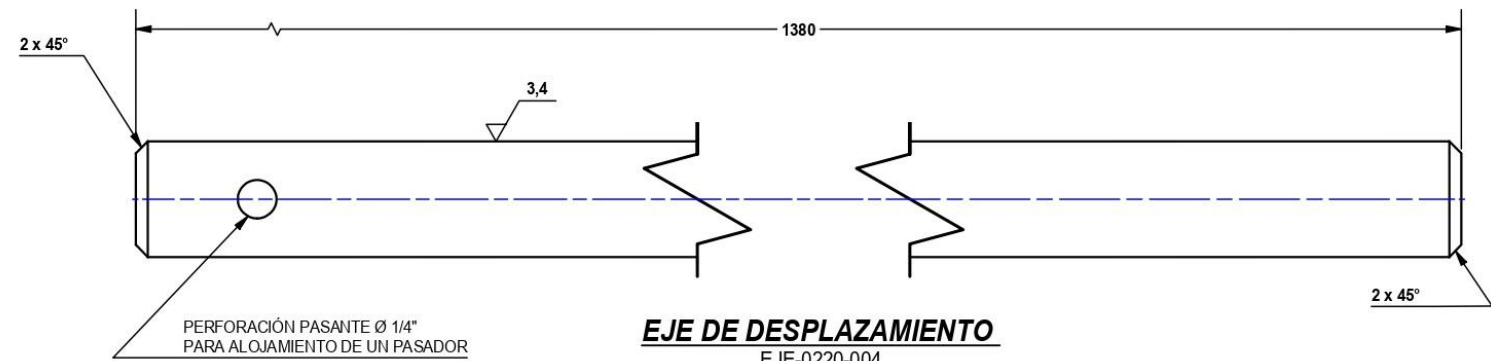
1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL	ACERO	
	DESCRIPCIÓN	DIS: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO	0 kg	
	EJE SOPORTE MOTOR	REV:	I. GONZÁLEZ	1/03/2020	ACABADO	3,4
		APR:	I. GONZÁLEZ	13/03/2020	PRO 02-017	
	ESC	1 : 1	REV	1		
HOJA	1/1	TAMAÑO	A4			



ISOMETRICO

EJE-0220-004
 MATERIAL: Acero AISI 1045 390 RT
 ESCALA: 1 : 15



PERFORACIÓN PASANTE Ø 1/4"
 PARA ALOJAMIENTO DE UN PASADOR

EJE DE DESPLAZAMIENTO

EJE-0220-004
 MATERIAL: Acero AISI 1045 390 RT
 ESCALA: 1 : 1

NOTAS GENERALES:

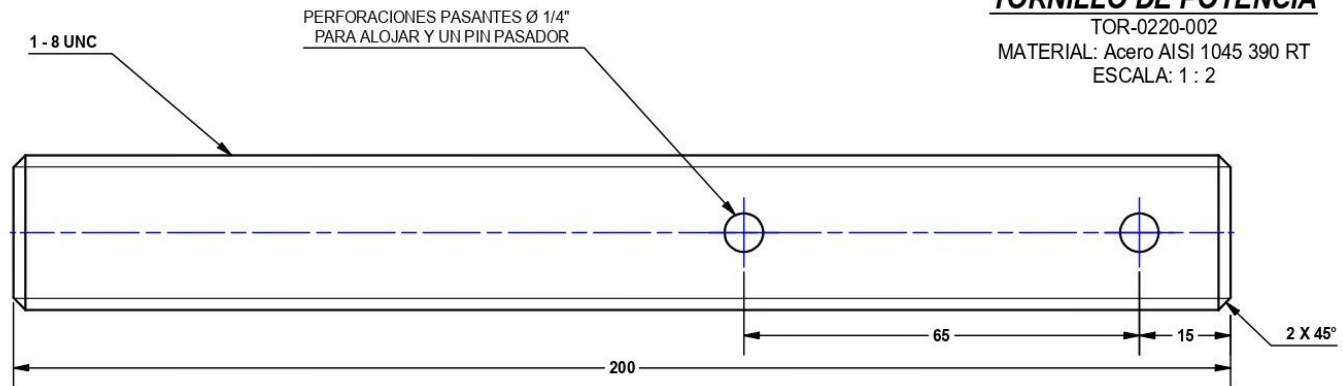
1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	PESO	
	EJE DE DESPLAZAMIENTO	REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020	ACABADO	3,4
		APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020	ESC	
		HOJA	1/1	REV	1
TAMANO	A4	PRO 02-018			



TORNILLO DE POTENCIA

TOR-0220-002
 MATERIAL: Acero AISI 1045 390 RT
 ESCALA: 1 : 2




TORNILLO DE POTENCIA

TOR-0220-002
 MATERIAL: Acero AISI 1045 390 RT
 ESCALA: 1 : 1

NOTAS GENERALES:

1. TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS (mm) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA UNIDAD.
2. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

	PROYECTO	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	10/02/2020	MATERIAL	ACERO
	DESCRIPCIÓN	PROTOTIPO CORTADORA DE MÁRMOL	DIB: O. RODRIGUEZ J. ALVAREZ	15/01/2020	
	TORNILLO DE POTENCIA	REV: I. GONZÁLEZ	1/03/2020	1 kg	ACABADO
		APR: I. GONZÁLEZ	13/03/2020	ROSCADO	
		ESC 1 : 2	REV 1		
	HOJA 1/1			PRO 02-019	
	TAMAÑO A4				

