



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Automatización de mandriladora portátil aplicada a perforación de
alojamientos de pines ubicado en pala del cargador frontal 544E
JOHN DEERE - Empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y
ASOCIADOS S.A.C.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR(ES):

Briones Guerrero, Ángel Eduardo (ORCID: [0000-0001-7352-0996](https://orcid.org/0000-0001-7352-0996))

Rebaza Latoche, Landy Fritz (ORCID: [0000-0001-5586-4648](https://orcid.org/0000-0001-5586-4648))

ASESOR:

Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (ORCID: [0000-0003-4412-8789](https://orcid.org/0000-0003-4412-8789))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A DIOS nuestro Señor, *que nos bendice día a día con salud, habilidades blandas y duras siendo mi guía incondicional, protegiéndome en mis decisiones a caminar por esta vida.*

A mi HERMANO, *Juan Carlos a quien Dios llamo a su morada eterna, desde el cielo él nos guía a toda la familia por los senderos de Dios.*
Nuestro ángel celestial eterno.

A mis amados PADRES, *Yolanda Asunción y Juan Pablo por estar siempre allí para mí, en todo momento con sus consejos sabios apoyándome de corazón en nuestras largas conversaciones.*

A mi ESPOSA, *Jhoanny Beatriz por su comprensión y dedicación constante con tiempo de calidad para nuestros hijos Matthew y Dilan bendiciones de nuestra vida.*

Fritz Rebaza Latoche.

A MI QUERIDA MADRE, *GLADIS GUERRERO GARCIA*
Y a mis hermanos Familia BRIONES GUERRERO

Ángel Briones Guerrero.

AGRADECIMIENTO

Siempre y en todo momento agradecido en primer plano por las Bendiciones Señor Dios, quien nos proporciona vida, salud, fortaleza y sabiduría para avanzar día a día en esta circunstancia difícil de emergencia sanitaria.

En segundo lugar, a mis padres por sus consejos y enseñanzas oportunas y nuevamente bendecido por Dios al tenerlos aún con vida.

En tercer lugar, a la familia mía por la paciencia y dedicación diaria para el logro de este objetivo profesional.

Una mención importante en cuarto lugar a nuestra alma mater Universidad Cesar Vallejo donde todos los docentes nos inculcaron los conocimientos compartiendo sus valiosas experiencias.

Fritz Rebaza Latoche.

Ángel Briones.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	36
3.1. Diseño y Tipo de Investigación	36
3.1.1. Tipo de Investigación:	36
3.1.2. Diseño Investigación:	36
3.2. Operacionalización y Variables de estudio	36
3.2.1. Var. Independientes:	36
3.2.2. Var. Dependientes:.....	36
3.2.3.- Operacionalización de Variables:	36
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	38
3.3.1.- Población:.....	38
3.3.2.- Muestra:	38
3.3.3.- Muestreo:	38
3.4. Instrumentos y técnicas para recolectar datos.....	38
3.4.1.- Técnicas de recolección de datos:.....	38
3.4.2.- Instrumentos de recolección de datos:	38
3.5. Procedimiento	39
3.6. Métodos para análisis de datos	40
3.7. Aspectos Éticos.....	40
IV.- RESULTADOS	41
4.1.- Especificaciones técnicas de alojamientos para pines ubicados en el cucharón de los cargadores frontales 544E JOHN DEERE:.....	41
4.2.- Diseño para el sistema mecánico	43
4.2.1.- ETAPA N° 01: Planeamiento	43
4.2.2.- ETAPA N° 02: Concepto de Diseño.....	43
4.2.3.- ETAPA N° 03: Ejecución del Diseño.....	46
4.2.3.1. Alternativa OPCIÓN N° 01:	46

4.2.3.1. Alternativa OPCIÓN N° 02	47
4.2.3.2. Alternativa OPCIÓN N° 03	49
4.2.3.3. Desarrollo y evaluación de las opciones de Solución	50
4.2.3.4. Resultados de la Evaluación de opciones.....	52
4.2.4.- ETAPA N° 04: Detalles y requerimientos.....	53
4.2.4.1. Diseño basado en cálculo para el modelo mecánico.....	53
4.2.4.2. Avance (s):	54
4.2.4.3. Fuerza de corte (F_c):.....	55
4.2.4.4. Fuerza de Corte Específica (K_s):	55
4.2.4.5. Velocidad de Corte (V_c).....	56
4.2.4.6. Sección o área referencial de viruta (A_{ref})	57
4.2.4.7. Potencia de corte (P_c):	57
4.2.4.8. Velocidad de Giro o Rotación de la Herramienta (N):	59
4.2.4.9. Elección del moto-reductor:	59
4.2.4.10. Selección del Cardan:	60
4.2.4.11. Análisis vectorial de fuerzas:.....	60
4.2.4.12. Diseño mecánico del husillo o eje porta-herramientas:	62
4.2.4.13. Análisis con Diagramas de Cuerpo Libre (D.C.L.) del Husillo:	63
4.2.4.14. (D.C.L.) Posición 1 con fuerzas aplicadas en la Herramienta-cuchilla (C1):	64
4.2.4.15. (D.C.L.) Posición 1 con fuerzas aplicadas en la Herramienta-cuchilla (C2):	67
4.2.4.16. (D.C.L.) Posición 2 con fuerzas aplicadas en la Herramienta-cuchilla (C1):	69
4.2.4.17. (D.C.L.) Posición 2 con fuerzas aplicadas en la Herramienta-cuchilla (C2):	71
4.2.4.18. Diseño del diámetro del husillo o eje porta cuchillas.	74
4.2.4.19. Análisis de esfuerzo por pandeo del husillo o eje porta cuchillas:.....	77
4.2.4.20. Husillo: Ubicación de cuchillas:.....	78
4.2.4.21 Prisioneros:	79
4.2.4.22. Calculo de Rodamientos	82
4.2.4.23. Selección de la Chumacera soporte del husillo o eje porta cuchillas	85
4.2.4.24. Guías de Control de Avance en Brida Junta.....	85
4.2.4.25. Brida para soporte chumacera.....	89
4.3.- Diseño e Implementación de Sistema Eléctrico y Dispositivos Electrónicos.....	90
4.3.1. Diseño Eléctrico del Proyecto	90
4.3.1.1. Cálculos referentes al motor eléctrico 2 HP / 1.5 Kw.....	90
4.3.1.2. Cálculo de la Corriente de Protección.....	91
4.3.1.3. Cálculo y Selección del Contactador eléctrico	91
4.3.1.4. Cálculo y Selección del Guardamotor eléctrico	93
4.3.1.5. Cálculo y Selección del Relé Térmico.....	93
4.3.1.6. Cálculo y Selección del Interruptor Diferencial (ID)	94
4.3.1.7. Cálculo y Selección del Variador de Frecuencia.....	94

4.3.2. Diseño Electrónico del Proyecto	95
4.3.3.- Tablero Electrico:	104
4.4.- Modelamiento y Análisis en Autodesk Inventor	105
4.4.1.- Modelamiento y planos en Autodesk Inventor	105
4.4.2.- Análisis y Simulación del Modelado Mecánico	108
4.5.- Análisis para Validación de Juicio por Expertos	112
4.6.- Análisis Económico y Financiero	114
V.- DISCUSIONES	118
VI.- CONCLUSIONES	119
VII.- RECOMENDACIONES.....	120
REFERENCIAS	121
ANEXOS.....	126
ANEXO N° 01: Instrumentos y Técnicas para recolectar de datos y su método de análisis....	126
ANEXO N° 02: Valores referenciales de fuerza específica	126
ANEXO N° 03: Valores referenciales para sección de viruta	127
ANEXO N° 04: Tipos de moto reductores.....	128
ANEXO N° 05: Características de las transmisiones por cardan	129
ANEXO N° 06: Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A36	130
ANEXO N° 07: Factor de superficie y tamaño en maquinado	131
ANEXO N° 08: Factor de carga para esfuerzos.....	132
ANEXO N° 09: Factores de seguridad por temperatura en maquinado	132
ANEXO N° 10: Factor de confiabilidad para herramientas	133
ANEXO N° 11: Tabla para selección de rodamientos de bolas con contacto angular	134
ANEXO N° 12: Tabla selección de rodamientos de bridas y soportes	135
ANEXO N° 13: Dimensiones de prisioneros sistema ISO	136
ANEXO N° 14: Especificaciones Técnicas Contactor LC1 D09 – M07	137
ANEXO N° 15: Especificaciones técnicas para guardamotores eléctricos.....	138
ANEXO N° 16: Especificaciones Técnicas del Relé Térmico	139
ANEXO N° 17: Ficha técnica de Variador Electrónico.....	140
ANEXO N° 19: Características Técnicas Componente “Cardan”	146
ANEXO N° 20: Características Técnicas Componente “Brida”.....	147
ANEXO N° 21: Características Técnicas Componente “Soporte”	148
ANEXO N° 22: Características Técnicas Componente “Eje Porta Herramientas”	149
ANEXO N° 23: Características Técnicas Componente “PLC”	150
ANEXO N° 24: Características Técnicas Componente “Motor eléctrico”	151
ANEXO N° 25: Características Técnicas Componente “Reductor”	152
ANEXO N° 26: Reporte de Análisis y Modelamiento Estructural.....	153
ANEXO N° 27: Formato de Encuesta Juicio de Expertos y/o Especialistas.....	160

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Análisis cuantitativo técnico	22
TABLA 2: Análisis cuantitativo económico	22
TABLA 3: Interrelación de jerarquía	23
TABLA 4: Operacionalización de Variables	37
TABLA 5: Propiedades técnicas de alojamiento para pin ubicado en el cucharón de los cargador frontal 544e JOHN DEERE	42
TABLA 6: Lista de exigencias	44
TABLA 7: Estructura de funciones	45
TABLA 8: Matriz morfológica.....	45
TABLA 9: Evaluación por Criterios Técnicos	51
TABLA 10: Evaluación por Criterios Económicos	52
TABLA 11: Consolidado Técnico - Económico	53
TABLA 12: Características técnicas de la herramienta	54
TABLA 13: Área referencial de viruta (mm ²) para potencia de 1 KW	57
TABLA 14: Consolidado de cargas en apoyos del husillo	82
TABLA 15: Resistencia a la tracción según clases de tornillos	86
TABLA 16: Análisis de Estadística Validación Juicio por Expertos	113
TABLA 17: Evaluación de la Encuesta	113
TABLA 18: Presupuesto de Componentes y materiales eléctricos y/o electrónicos	114
TABLA 19: Presupuesto de Componentes y materiales mecánicos.....	115
TABLA 20: Inversión Inicial requerida	115
TABLA 21: Ingreso por Beneficio / Ahorro	116
TABLA 22: Análisis de Flujo de Caja, VAN, TIR y periodo de recuperación	117

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Cargador Frontal JOHN DEERE	7
FIGURA 2: Partes de un cucharón de cargador frontal.....	7
FIGURA 3: Rellenado de alojamientos de pines con electrodo de soldadura	8
FIGURA 4: Alojamientos de pines rectificadas.....	9
FIGURA 5: Modelo de mandrinadora portátil	9
FIGURA 6: Maquinado en viruta tridimensional y bidimensional	10
FIGURA 7: Flexión con fuerzas (pandeo).....	16

FIGURA 8: División de estructura de funciones	20
FIGURA 9: Motor paso a paso marca Stepsyn	23
FIGURA 10: Diagrama del relé	24
FIGURA 11: Fin de carrera	25
FIGURA 12: PLC Siemens LOGO v8	26
FIGURA 13: Bloque con PLC LOGO v8	27
FIGURA 14: Contactor LC1 D09.....	28
FIGURA 15: Botón o paro de emergencia.....	28
FIGURA 16: Interruptor termo magnético / disyuntor automático	29
FIGURA 17: Pulsadores	30
FIGURA 18: Potenciómetro	31
FIGURA 19: Variador de velocidad ATV312	32
FIGURA 20: Display de 07 segmentos	33
FIGURA 21: Estudio de movimiento de ensamble	34
FIGURA 22: Flujograma entrada / salida de las variables	36
FIGURA 23: Procedimiento para el proyecto en estudio.....	39
FIGURA 24: Cargador Frontal 544E John Deere	41
FIGURA 25: Accionamiento de pala y pines	41
FIGURA 26: Alojamiento de pines	42
FIGURA 27: Modelo alternativa de solución N° 01.....	47
FIGURA 28: Modelo de alternativa de solución N° 02	48
FIGURA 29: Modelo de alternativa de solución N° 03	50
FIGURA 30: Foto referencial de cuchilla de tungsteno aleado	54
FIGURA 31: Diseño referencial de cardan	60
FIGURA 32: Diagrama de Fuerza en mandrinado	61
FIGURA 33: Dimensiones Posición 1 y Posición 2 (mm).....	62
FIGURA 34: Análisis (D.C.L.) Posición 01.....	63
FIGURA 35: Análisis (D.C.L.) Posición 02.....	63
FIGURA 36: (D.C.L) en Posición 1 con Herramienta-Cuchilla (C1) en el Cuadrante X - Y	64
FIGURA 37: (D.C.L) en Posición 1 con Herramienta-Cuchilla (C1) en el Cuadrante X - Z.....	65
FIGURA 38: Diagrama corte y momento fuerza para la Posición 1 en herramienta-cuchilla (C1) .	66
FIGURA 39: (D.C.L) en Posición 1 con Herramienta-Cuchilla (C2) en el Cuadrante X - Y	67
FIGURA 40: (D.C.L) en Posición 1 con Herramienta-Cuchilla (C2) en el Cuadrante X - Z.....	67
FIGURA 41: Diagrama corte y momento fuerza para Posición 1 en la herramienta-cuchilla (C2) .	68

FIGURA 42: (D.C.L) en Posición 2 con Herramienta-Cuchilla (C1) en el Cuadrante X - Y	69
FIGURA 43: (D.C.L) en Posición 2 con Herramienta-Cuchilla (C1) en el Cuadrante X - Z.....	69
FIGURA 44: Diagrama corte y momento fuerza para la Posición 2 en herramienta-cuchilla (C1) .	71
FIGURA 45: (D.C.L) en Posición 2 con Herramienta-Cuchilla (C2) en el Cuadrante X - Y	72
FIGURA 46: (D.C.L) en Posición 2 con Herramienta-Cuchilla (C2) en el Cuadrante X - Z.....	72
FIGURA 47: Diagrama corte y momento fuerza para la Posición 2 en herramienta-cuchilla (C2) .	73
FIGURA 48: Vista del husillo o eje portaherramientas	77
FIGURA 49: Vista alojamiento de cuchilla	79
FIGURA 50: Ajuste de cuchilla	79
FIGURA 51: Esquema (D.C.L.) del prisionero	80
FIGURA 52: Diámetro interno y externo Rodaje (SKF-7310 BECBP)	84
FIGURA 53: Vista de guías en la brida de soporte.....	88
FIGURA 54: Vista brida soporte de chumacera	90
FIGURA 55: Interfaz del Programa CADE-SIMU	96
FIGURA 56: Inicio del programa, introducir clave 4962	96
FIGURA 57: Área de trabajo a simular	97
FIGURA 58: Lista de símbolos en Área de trabajo a simular	98
FIGURA 59: Conexión eléctrica completa, diagrama eléctrico del sistema propuesto en el programa CADE SIMU	99
FIGURA 60: Simulación de maquina mandriladora en programa CADE SIMU	99
FIGURA 61: Circuito de fuerza del motor eléctrico de 2 H.P.	102
FIGURA 62: Entradas y Salidas del PLC LOGO SIEMENS v8.....	102
FIGURA 63: Circuito del programa diagrama de KOP	103
FIGURA 64: Diagrama de fuerza y control	104
FIGURA 65: Tablero Electrico	104
FIGURA 66: Partes o Componentes máquina mandrinadora	106
FIGURA 67: Vistas de maquina mandrinadora	107
FIGURA 68: Análisis de máxima tensión – Método Von Misses.....	109
FIGURA 69: Modelamiento y Análisis del máximo desplazamiento.....	110
FIGURA 70: Modelamiento y Análisis del factor de seguridad.....	111

RESUMEN

El presente proyecto de investigación de título “**Automatización de mandriladora portátil aplicada a perforación de alojamientos de pines ubicado en pala del cargador frontal 544E JOHN DEERE - Empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS SAC**” ha sido diseñado con la finalidad de agilizar y optimizar el tiempo de reparación de los alojamientos para recuperación de pines de las palas de cargadores frontales modelo 544E marca JOHN DEERE asimismo adquirir una mayor precisión y exactitud en los trabajos de corte y avance por máquina herramienta.

Para cumplir con el objetivo presentado en el desarrollo del trabajo de investigación se consolidó la lista de exigencias y restricciones, estudio de diseño mecánico y eléctrico, simulación y análisis económico financiero.

Palabras claves: automatización, mandrinadora, alojamientos, modelamiento, mecanizado, simulación.

ABSTRACT

This research project entitled "Automation of a portable boring machine applied to the drilling of pin housings located in the front loader shovel 544E JOHN DEERE - Company "CONTRACTING ENGINEERS AND ASSOCIATES SAC " has been designed in order to speed up and optimize the time of repair of the housings for recovery of pins of the shovels of front loaders model 544E brand JOHN DEERE also acquire a greater precision and accuracy in the work of cutting and advancing by machine tool.

To meet the objective presented in the development of the research work, the list of requirements and restrictions, mechanical and electrical design study, simulation and economic-financial analysis were consolidated.

Keywords: automation, boring machine, housings, modeling, machining, simulation.

I.- INTRODUCCIÓN

El crecimiento constante de las industrias a nivel mundial genera desarrollo pero a su vez es necesario que los procesos de estas empresas sean eficientes y eficaces en su línea de producción en cualquiera de los sectores involucrados tales como siderurgia, minería, construcción, pesca y agroindustria (Novoa Perez Jose Miguel, 2018).

El sector metalmecánico y de construcción alcanza un reporte económico en nuestro país alcanzando los mil quinientos millones de dólares anuales, estimando un crecimiento programado en función de las necesidades de productos y servicios orientados hacia las actividades industriales, ingeniería, proyectos y servicios generales afines; por lo tanto representa un 50% de la producción total de nuestro país. Entendiendo este análisis, encontramos la verdadera magnitud e importancia del sector metalmecánico y de construcción en el crecimiento económico del país y más aún debido a la paralización que se tuvo por pandemia COVID-19 es necesario repotenciar estos sectores para alcanzar la reactivación económica en nuestro país (Fiestas, 2019) (Posada, 2019) (Nachtmann, 2021).

Si relacionamos las áreas operativas generando un trinomio entre producción, mantenimiento y calidad encontraremos una ecuación lineal donde la variable dependiente será calidad y la variable independiente sería producción, la cual estará en función con el mantenimiento óptimo de equipos, en otras palabras para alcanzar una excelente producción en términos de calidad y productividad, las máquinas, equipos y herramientas involucrados en la línea de producción o construcción deben tener el mínimo de fallas o si en el caso se presente alguna minimizar el tiempo de parada de la maquinaria (Silva Villena, 2019).

Es por ello, que las empresas dedicadas a proyectos de ingeniería tienen que ser competitivas día a día incrementando el margen entre costo/beneficio, para esto, es necesario priorizar la alta disponibilidad de equipos reduciendo los tiempos de paradas de maquinarias empleadas (Pascual, 2017).

En los últimos años, se logra reducir estos tiempos de parada por mantenimiento de maquinarias empleando herramientas de precisión automáticas brindándole

alta disponibilidad a las máquinas y equipos que conforman el proceso productivo y constructivo (Festo, 2017).

Consecuentemente, la Empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS S.A.C., es una empresa dedicada a tres líneas de negocio: Ingeniería, Proyectos y Servicios Generales; dentro de los cuales cuenta con un Taller de Maestranza en la ciudad de Chimbote, el cual abastece a los diferentes proyectos y servicios de mantenimiento metalmecánico ejecutados a nivel nacional así como también realiza el mantenimiento de su maquinaria pesada como cargadores frontales, retroexcavadoras, minicargadores, camiones, excavadoras, mezcladoras, grúa, montacarga y camión grúa (Fonseca - Dominguez, 2016).

Dicha empresa en sus inicios solo realizaba trabajos locales, luego con la creciente demanda amplía su mercado y actualmente realiza proyectos y servicios a nivel nacional.

Antes de pandemia COVID-19, todos los servicios por mantenimiento de sus maquinarias se realizaban en el Taller de Maestranza, realizando el análisis correspondiente en cuanto a costos logísticos incurridos en trasladar la maquinaria del lugar de trabajo hacia la maestranza ubicada en Chimbote y viceversa, a eso le sumamos el tiempo de parada del equipo; por lo tanto como mejora del proceso se determinó realizar los mantenimientos en obra; a su vez, apareció la limitante que el personal no tenía el mismo rendimiento que en taller ya sea por falta de herramientas y actividades rutinarias. (Martín García, 2017)

En vista de dicha situación se decidió automatizar ciertos procesos ejecutados por máquinas-herramientas para trabajos en Obra.

Por lo tanto realizamos la formulación del problema de la siguiente manera:
¿Cuáles son las características técnicas y económicas para la Automatización de mandriladora portátil aplicada a la perforación de alojamientos de pines ubicado en pala del cargador frontal 544E JOHN DEERE?

Asimismo, el presente proyecto de investigación tiene una **justificación económica** basada en una alta y rápida disponibilidad del equipo con lo cual se logrará un mayor beneficio económico para la empresa.

De igual manera tiene una **justificación técnica** ya la automatización de dicha maquina mandriladora portátil, logrará obtener elementos de mayor precisión de alto grado de fiabilidad operacional reduciendo el tiempo de parada de equipos y la cantidad de asignación de personal; proporcionando ventaja competitiva frente a otras empresas (Kolinski, 2017).

A través de estas justificaciones del proyecto permitiremos a la empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS S.A.C contar con una ventaja competitiva en el conglomerado de empresas del sector.

Concluyendo mediante el presente proyecto de investigación es posible determinar las características técnicas y económicas para la **Automatización de mandriladora portátil aplicada a la perforación de alojamientos de pines ubicado en pala del cargador frontal 544E JOHN DEERE - Empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS S. A. C.**

De esta manera, se concluye por **objetivo general** del presente proyecto definido como automatizar la mandriladora portátil aplicada a la perforación de alojamientos de pines ubicado en pala del cargador frontal 544E JOHN DEERE - Empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS S. A. C.

Conjuntamente con ello se define los **objetivos específicos**: **i)** Conocer las características técnicas para alojamientos de pines referente al cucharón del cargador frontal 544E JOHN DEERE. **ii)** Emplear el método generalizado de mejora de diseños aplicado a la parte mecánica de la máquina conjuntamente con todos los cálculos mecánicos de las componentes. **iii)** Diseñar los esquemas eléctricos y secuencias lógicas electrónicas junto con el cálculo de componentes eléctricas y electrónicas con la finalidad de realizar la simulación requerida. **iv)** Realizar el modelamiento y análisis 3D a traves de software de ingeniería Autodesk Inventor. **v)** Validar el presente estudio mediante juicio de expertos. **vi)** Realizar el análisis económico por la automatización de la máquina con indicadores Valor Actual Neto – VAN, Tasa Interna de Retorno –TIR y tiempo de recuperación.

II.- MARCO TEÓRICO

(Naranjo Gavidia, 2017). En su trabajo de investigación obtuvo como objetivo principal de delinear y aplicar una cortadora de plasma con control numérico por

computadora, permitiendo la mejora de la velocidad, precisión y ahorro económico, así como los materiales de la empresa en donde será implementada.

Al poner en práctica dicho proyecto, se enfocó en el método deductivo y para facilitar su comprensión y lo califico en tres etapas: la Mecánica, la electrónica y el software. La etapa de la mecánica se basó en la fabricación de los ejes de movimiento, y la mesa de trabajo y de corte esta de material en acero al carbono. La segunda etapa la electrónica comprende en la comunicación de una computadora a una tarjeta madre que va estar de encargada principalmente de procesar los códigos G y atreves de los controladores como motores paso a paso. Así mismo, en la tercera etapa el uso de tres softwares que tienen una similitud entre ellos: AutoCAD, su aplicativo es para diseño en imágenes en 3D, LazyCam, su conversión de los archivos de AutoCAD a pasar a código G y Match3, representa la interface del usuario y conectado está directamente a la tarjeta principal llamada madre.

Al final, obtuvieron resultados de: 86.08% en la precisión de corte, y 89.81 % en la velocidad de corte, y con un descarte de materia prima de 0%. Asi Cumpliendo con los objetivos de la empresa y así mismo obteniendo una máquina versátil, con cambiar la herramienta de trabajo, también se puede obtener otro tipo de maquina como la herramienta de trabajo la cortadora a laser o fresadora. también, el costo de fabricación es bajo al precio de venta de máquinas similares y baja el porcentaje de los riesgos laborales que esta herramienta representa ante su uso manualmente. Igualmente se aconseja la capacitación constante al personal sobre el uso y manejo de la máquina.

(Cisneros Acosta, 2018). En su proyecto se encuentra de primera mano enfocada en poner en marcha el eje de coordenada Z de una máquina cortadora por plasma, principalmente en su proyecto es de delineación, construcción, programación así mismo la automatización del equipo, en el cual se ha garantizado los resultados positivos de los procesos de mecanización también se elevó la vida útil de los consumibles, así mismo se bajó la afectación térmica producida en el dicho material, destacando el posicionamiento de control de altura entre la antorcha de corte y el material, también se bajó los incidentes o accidentes dirigidos por el trabajador de la máquina. La mejora en el área

mecánica industrial permite la vinculación de procesos de mecanización con la aplicación de máquinas y las herramientas automatizadas, por motivo se ha generado de esta manera la mejora hacia el desempeño de la manufactura en la práctica pre-profesionalmente, como el establecimiento de técnicas en los procesos informáticos a optimizar los recursos. Este trabajo se realizó de una forma investigativa en afinidad a los diferentes tipos de mecanismos existentes actualmente en el mercado, también son utilizados en herramientas de corte por plasma o laser, dando un buen resultado al tipo de mecanismos apropiado para ser implementado. Con la mejora de la automatización se dio un resultado a través de la intervención informática, esto nos permite el libre y la manipulación de conocimientos de códigos algorítmicos por los cuales acceden a la automatización mediante de códigos programables, por lo cual nos permite conectar el software de la computadora, interfaz, actuadores de movimiento y generador de plasma, con el o objetivo de trazar trayectorias de corte, como inicio y el apagado del efecto plasma, evitando el proceso directo y manipulable por el operador en el eje de coordenada Z durante el trabajo, lo que nos permite exponer una mejor calidad, precisión de trabajo y así mismo la presentación en la herramienta sin dejar pasar por alto la prolongación de la vida útil de dicho equipo .

(Alava Navas, 2014). Los autores en su proyecto, ejecutaron el cambio de un equipo llamada fresadora de torreta convencional a un sistema automatizado controlado por un computador, para dar solución a la problemática del sector de maquinado para los metales. En su estudio realizó gracias a las visitas a distintos locales mecánicos y obtuvieron algunas fallas comunes que se enfocaron en esas circunstancias los mecánicos de esta área de la producción, en el sector público no pueden participar en el mercado donde se requiere: la velocidad de trabajo ejecutado, así como precisión de las formas y las dimensiones.

Después se dio a elegir la mejor solución para resolver dicha problemática, usando las elecciones existentes en el mercado nacional como internacional, así como poner en práctica los motores de paso para cambiar las operaciones manuales, los cuales fueron colocados a la herramienta llamada fresadora utilizando las bridas específicamente fabricadas para este trabajo y la utilización de un sistema para comandar los motores mediante un computador.

Luego implementaron al sistema una serie de pruebas al equipo, las cuales fueron la evaluación técnica del sistema maquinado de sus partes y el análisis económico, en las dos opciones comparando con otras máquinas en el mercado internacional usadas en el medio local.

Por último, establecieron que después de las secuencias de pruebas ejecutadas con la maquina mejorada, en sus parámetros de funcionamiento son parecidos a la maquina llamada CNC .asi cumpliendo con los objetivos generales y específicos platicados en el proyecto, también se hace las recomendaciones para mejorar dichas oportunidades que se han presentado en la área de maquinado.

Teorías relacionadas con el estudio

Cargador frontal: Se puede definir como un parecido a un equipo tractor, en sus partes tiene una cuchara en su extremo frontal, utilizado en la construcción, minería, y todo relacionado a la construcción así mismo sirve para cargar materiales como piedra, arena, tierra, y entre otros. Así mismo se conoce como maquinaria pesada que actualmente tiene un importante uso en diferentes industrias, en especial la construcción y minera. Principalmente usados para la construcción de caminos gracias a sus propiedades para recoger materiales sueltos. (Ford, 2018).

Cucharón de pala: Es una parte importante del cargador que en su parte inferior cuenta con una placa cortante y de levante, el mismo que puede tener dientes o no para penetrar el cargamento. Los cucharones se clasifican de acuerdo a la actividad a realizar, así como también las marcas de los fabricantes en cuanto a características técnicas, composición, diseño, ergonomía y funcionalidad (Ali D, 2017).

Cucharón de uso general: Este tipo de cucharones tienen gran rendimiento para manipular materiales apilados, excavaciones con cargas laterales y frontales. Su aplicación va desde las más agresivas hasta las más sencillas y estables; asimismo tiene operatividad estandarizada lo cual permite a los operadores poder realizar sus actividades de forma confiable y tenaz en el día a

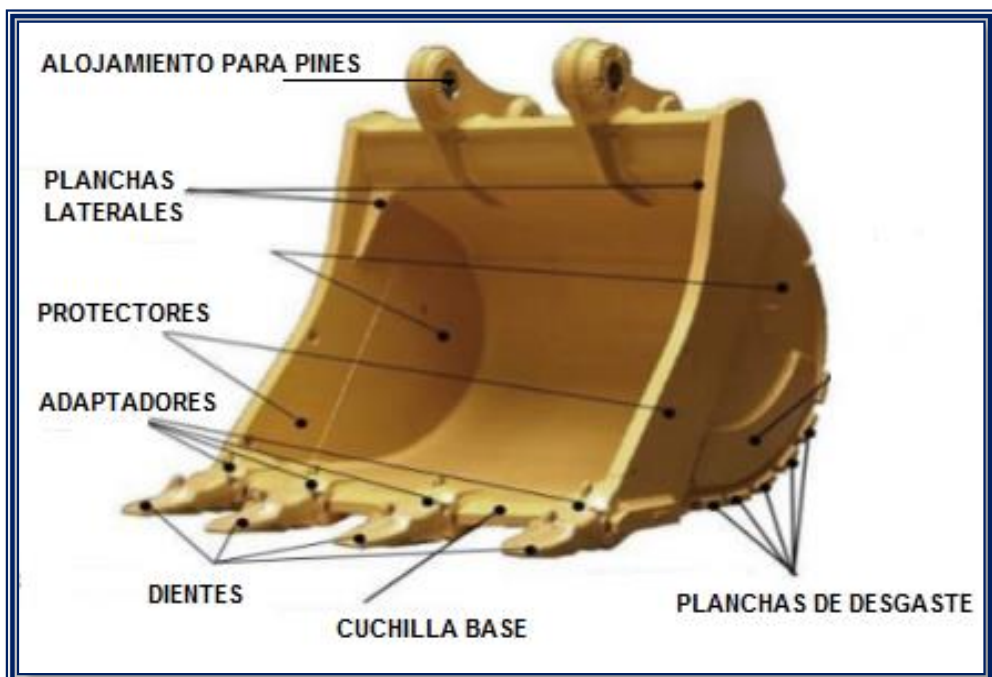
día de rutina de trabajo proporcionando mayor avance hacia las actividades encomendadas (Svanberg A., 2020).

FIGURA 1: Cargador Frontal JOHN DEERE



Fuente: (Hernández China, 2015)

FIGURA 2: Partes de un cucharón de cargador frontal



Fuente: (Hernández China, 2015)

Reparación de cucharones: Para la limpieza de los cucharones se emplea el siguiente procedimiento, el cual es más empleado.

- **LIMPIEZA GENERAL:** Se procede a limpiar en su totalidad la parte superior del cucharón mediante espátulas y escobillas de acero con la finalidad de eliminar la grasa, suciedad y restos acumulados.
- **QUEMADO:** El retiro de óxido se logra con tratamiento térmico por flama utilizando un equipo de oxicorte (acetileno o gas propano más oxígeno). Mayormente se realiza en la parte superior del cucharón, al acumularse en esta zona la grasa y tierra producto de su actividad propia.
- **PREPARACIÓN MECANICA:** Mediante el uso de lijas, escariadores y escobillas de acero con herramientas de poder se prepara la superficie antes de aplicar el arenado.
- **ARENADO COMERCIAL:** Procedimiento de limpieza y preparación de superficies mediante aplicación de chorro abrasivo de impacto a presión con la finalidad de eliminar todas las escamas de laminación, pintura antigua y cualquier material incrustante.
- **REPARACIÓN DE LOS ALOJAMIENTOS:** El procedimiento de reparación de los alojamientos desgastados incluye el reemplazo de los bujes o bocinas desgastadas y relleno con soldadura en electrodo 6011 y 7018, posteriormente el alojamiento se maquina a medida estándar en función a las especificaciones técnicas del fabricante (OC Duffy, 2017)

FIGURA 3: Rellenado de alojamientos de pines con electrodo de soldadura



Fuente: RG INGENIEROS

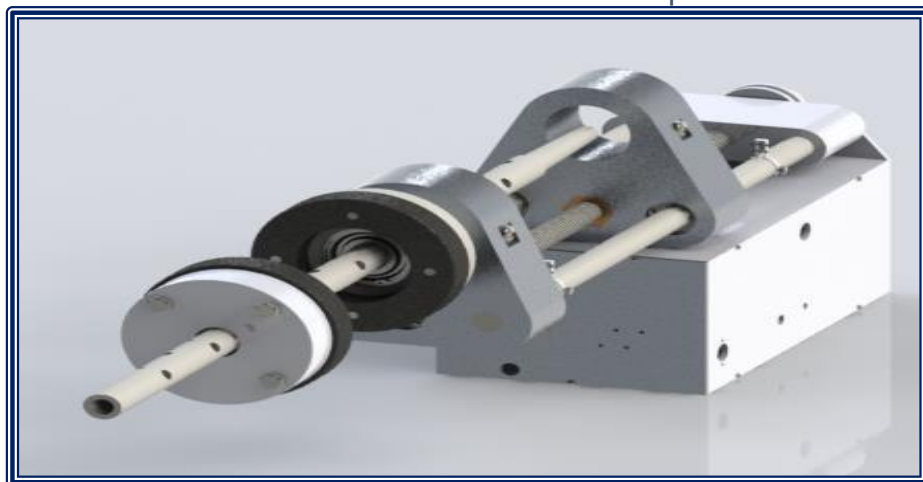
FIGURA 4: Alojamiento de pines rectificados



Fuente: RG INGENIEROS

Mandrinadora o Mandriladora Portátil: Dichas maquinas mandrinadora portátiles Se usan en la etapa del mecanizado, su trabajo es de reparación de piezas de gran volumen o peso. Las piezas de gran tamaño normalmente no se pueden ser trasladadas a talleres de reparación por lo que se requiere un arreglo en el mismo lugar de trabajo. La mandrinadora es una maquina compleja en la que coexisten características de las fresadoras, de la taladradora y del torno .por ello, es una maquina muy versátil (S Jangam, 2021).

FIGURA 5: Modelo de mandrinadora portátil



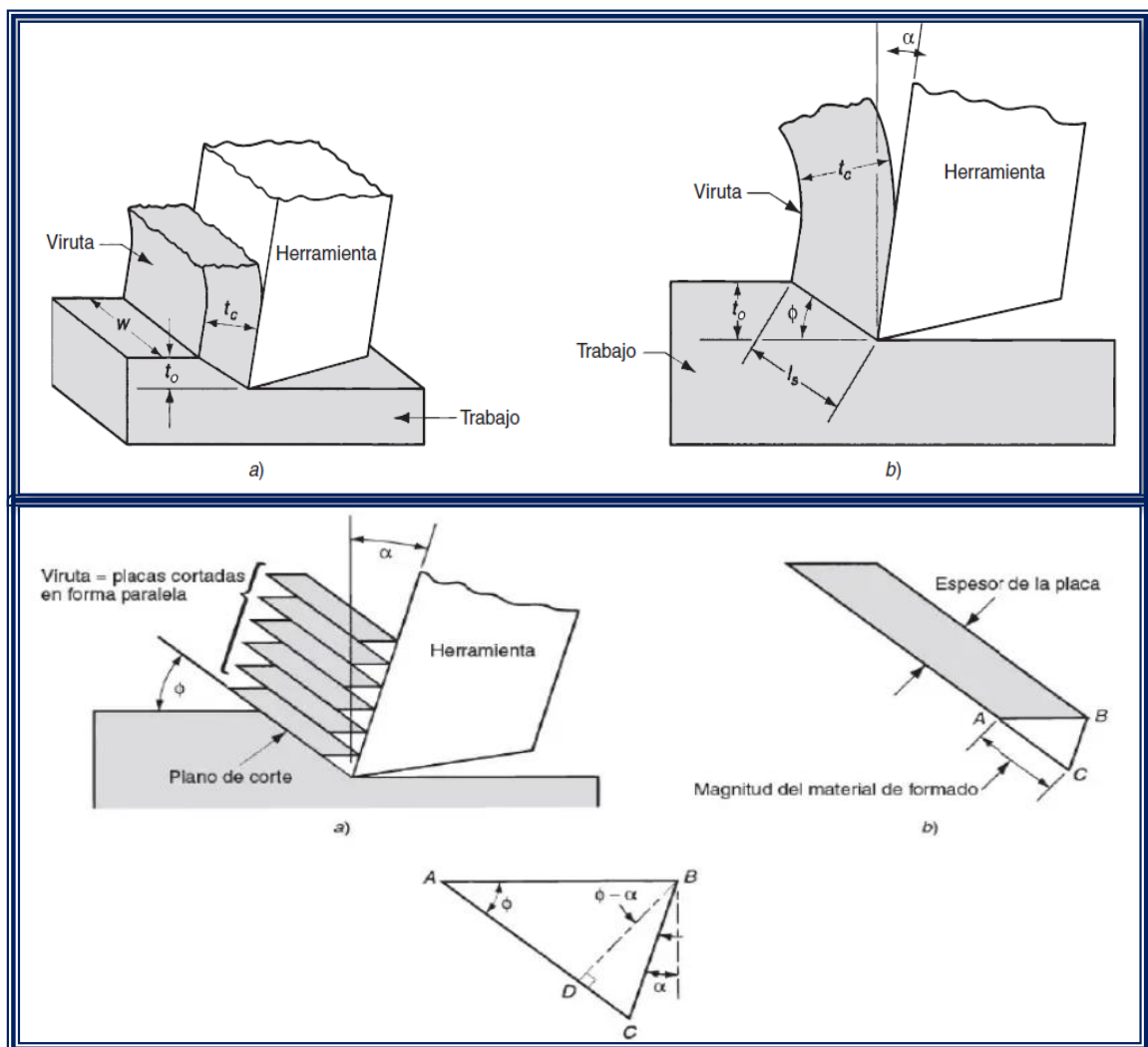
Fuente: (Hernández China, 2015)

Elementos de máquinas: La mayor parte de los trabajos de maquinado práctico es compleja. Dispone de una guía simplificado del maquinado que desprecia las

complejidades geométricas y describe la mecánica de los procesos con una excelente precisión; llamado como la etapa de corte ortogonal, todo proceso real de maquinado es tridimensional este modelo ortogonal tiene solamente dos dimensiones en donde se puede realizar un efectivo trabajo.

.Modelo de corte ortogonal: Este corte utiliza una herramienta tipo cuña, donde el avance de corte es perpendicular a la velocidad de corte, formando el plano de corte; quien forma el ángulo α con el área o superficie donde se trabaja.

FIGURA 6: Maquinado en viruta tridimensional y bidimensional



Fuente: (S Liang, 2015)

Fuerzas aplicadas en el corte: Las fuerzas aplicadas en el corte por acción de la herramienta con la viruta siempre son perpendiculares, estas son:

- Fuerza de Fricción (F): Es aquella que opone resistencia al avance de la herramienta.
- Fuerza Normal (N): Siempre se sitúa a 90° de la fuerza de fricción.

Dado esta disposición se define el coeficiente de fricción:

$$\mu = \frac{F}{N} \quad \dots Ec1)$$

Asimismo si relacionamos estas fuerzas obtendremos su resultante, de donde se puede establecer el ángulo de fricción, el cual tiene la siguiente formula:

$$\mu = \tan \beta \quad \dots Ec2)$$

Por otro lado, existen en la misma línea componentes de fuerza hacia la viruta conocidos como fuerza cortante y la normal de la cortante.

- Fuerza cortante (F_s): Es la que ocasiona la deformación en el corte, producida en el área de avance.
- Fuerza normal de la cortante (F_n) o (τ): Dispuesta de forma perpendicular a la cortante.

$$\tau = \frac{F_s}{A_s} \quad \dots Ec3)$$

Donde A_s = área del plano de corte, esta se puede calcular como:

$$A_s = \frac{t_0 w}{\text{sen}\varphi} \quad \dots Ec4)$$

Parámetros del mandrinado: Los parámetros están relacionados con la velocidad de giro o de corte y la de avance, dichas velocidades están en función de la composición de la herramienta-cuchilla y del material a trabajar; teniendo como limitante principal el recalentamiento de la herramienta-cuchilla.

Podemos enunciar la siguiente fórmula para calcular la velocidad en revoluciones “n”:

$$n = \frac{v_c}{\pi D} \quad \dots Ec5)$$

Dónde:

V_c = velocidad de corte

n = velocidad en revoluciones (min⁻¹)

D = diámetro

Asimismo los diámetros se relacionan con la siguiente fórmula:

$$D - d = 2a_p \quad \dots Ec6)$$

Dónde:

D = diámetro inicial.

d = diámetro final.

a = profundidad de pasada.

Ahora se presenta la fórmula de velocidad en avancen lineal, el cual está en función de la composición del material de herramienta-cuchilla de corte y la composición del material a mandrilar.

$$f_l = n \times f_n \quad \dots Ec7)$$

Dónde:

f_n = avance.

f_l = avance lineal.

n = velocidad en revoluciones.

De igual manera el tiempo de mecanizado esta expresado por la siguiente formula:

$$T_m = \frac{L}{f_l} \quad \dots Ec8)$$

Dónde:

T_m = tiempo de mecanizado.

L = longitud de mecanizado.

Asimismo el caudal de desprendimiento de viruta “Q” tiene la siguiente fórmula:

$$Q = V_c + a_p + f_n \quad \dots Ec9)$$

Fuerza de corte: Expresada con la siguiente ecuación:

$$F = k_s \times A \quad \dots Ec10)$$

Dónde:

k_s : Fuerza específica de corte

A : Sección de la viruta

De donde sección de viruta “A” tiene la siguiente fórmula:

$$A = s \times a \quad \dots Ec11)$$

Dónde:

s : Avance (mm/rev)

a : Profundidad (mm)

Reemplazando $Ec10)$ y $Ec11)$ se tiene la siguiente ecuación:

$$F_c = k_s \times a \times s \quad \dots Ec12)$$

En conclusión, si presentamos la fuerza de corte en función de la fuerza específica de corte “ k ”, tendríamos la siguiente ecuación:

$$F = k \cdot S \quad \dots Ec13)$$

Potencia: Potencia absorbida, será:

$$P = \frac{F \cdot v}{p} \quad \dots Ec14)$$

$$P = \frac{F \cdot v}{60p} \quad \dots Ec15)$$

$$P = \frac{F \cdot v}{60 \cdot 75 \cdot p} = \frac{F \cdot v}{4500p} \quad \dots Ec16)$$

Si la velocidad de la pieza viene en r.p.m. como:

$$V = 2\pi \cdot R \cdot n \quad \dots Ec17)$$

Sustituyendo en P.

$$P = \frac{F \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n}{4500 \cdot p} = \frac{F \cdot R \cdot n}{716 \cdot 2 \cdot p} \quad \dots Ec18)$$

Es necesario mencionar que las ecuaciones *Ec14*), *Ec15*), *Ec16*), *Ec17*), *Ec18*), son aplicables a los procesos de mecanizado de fresa, mandrinado y taladro.

Por lo tanto formulamos la relación entre el área y la potencia requerida:

$$\frac{P_{real}}{A_{real}} = \frac{P_{ref}}{A_{ref}} \quad \dots Ec19)$$

Dónde:

P_{real} : Potencia de corte real

P_{ref} : Potencia de corte referencial

A_{real} : Área real

A_{ref} : Área referencial

Potencia interrelacionada con la energía en el mandrinado:

La potencia para el proceso de mandrinado se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$P_c = F_c v \quad \dots Ec20)$$

Donde:

P_c : Potencia de corte (W)

F_c : Fuerza de corte (N)

v : velocidad de corte, m/s,

Con la finalidad de expresar la potencia en caballos de fuerza (hp), se establece la siguiente ecuación:

$$HP_c = \frac{F_c v}{33\ 000} \quad \dots Ec21)$$

Asimismo, en la siguiente ecuación se presenta la potencia total requerida para operar el equipo, en función de las pérdidas en la transmisión y moto reductor.

$$P_g = \frac{P_c}{E} \quad \dots Ec22)$$

Donde:

P_g : Potencia bruta del motor de la máquina herramienta (W)

E . Eficiencia mecánica de la máquina herramienta es aproximadamente 90%.

De igual manera dicha potencia la podemos llevar a valor unitario (P_U), que está relacionada al volumen de corte del material:

$$P_U = \frac{P_c}{R_{MR}} \quad \dots Ec23)$$

Donde R_{MR} tasa de remoción del material, mm³/s. la tasa de remoción de material se puede calcular como el producto de v por w .

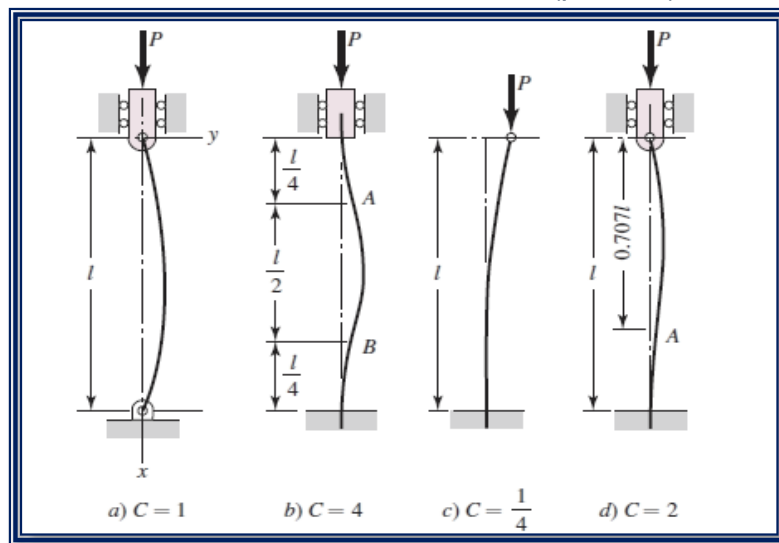
Asimismo la potencia unitaria también es conocida como energía específica "U".

$$U = P_u = \frac{P_c}{R_{MR}} = \frac{F_c v}{v t_c w} = \frac{F_c}{t_0 w} \quad \dots Ec24)$$

Análisis de Elementos sometidos a fuerzas: La fuerza crítica de toda columna articulada se expresa con la siguiente ecuación, conocida como fórmula de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad \dots Ec25)$$

FIGURA 7: Flexión con fuerzas (pandeo)



Fuente: (Espinoza, 2019)

De la ecuación Ec25) se puede ampliar la aplicación hacia la siguiente fórmula:

$$P_{cr} = \frac{C\pi^2 EI}{l^2} \quad \dots Ec26)$$

Donde la constante C depende de las condiciones de los extremos como se muestra en la FIGURA 7. Mediante la relación $I = Ak^2$, donde A es el área y k el radio de giro, es posible recomodar la ecuación anterior en la forma más conveniente.

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{C\pi^2 EI}{(l/k)^2} \quad \dots Ec27)$$

Análisis estático:

Este análisis considera que las fuerzas o cargas q actúan sobre los elementos, componentes o estructuras no están en función al tiempo, por lo tanto se evalúan en base a la resistencia de fluencia de la estructura, componentes o elementos.

a) Teoría de la energía de distorsión máxima - Von Mises

La teoría de la energía predice que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material.

El esfuerzo de Von Mises para un plano, sería:

$$\sigma_{v,M} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2} \quad \dots Ec28)$$

Dónde:

$\sigma_{v,M}$: Esfuerzo de Von Mises (Pa)

σ : Esfuerzo normal aplicado (Pa)

τ : Esfuerzo cortante aplicado (Pa)

b) Factor de seguridad

De acuerdo a la ecuación Ec28), determinamos el factor de seguridad con la siguiente fórmula:

$$FDS = \frac{S_y}{\sigma_{v,M}} \quad \dots Ec29)$$

Dónde:

S_y : Esfuerzo a la fluencia (MPa)

$\sigma_{v,M}$: Esfuerzo de Von Mises (MPa)

c) Criterio de ED. Goodman aplicado a cargas sometidas a fatiga

Con lo antes mencionando para el dimensionamiento de los ejes, se considera un diseño por esfuerzos en ejes para la posición crítica, por el criterio ED-Goodman se tiene la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(k_f M_a)^2 + 3(k_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(k_f M_m)^2 + 3(k_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \dots Ec30$$

Donde:

M_a : Momento flexionante alternante,

M_m : Momento flexionante medio,

T_a : Par de torsión alternante,

T_m : Par de torsión medio,

k_f : Factor de concentración de esfuerzo por fatiga de la flexión,

k_{fs} : Factor de concentración de esfuerzo por fatiga de la torsión,

S_e : Límite de resistencia a la fatiga en la posición crítica,

S_{ut} : Resistencia a la tensión mínima,

n : Factor de seguridad,

d : Diámetro del eje.

En el caso de un eje giratorio con flexión y torsión constantes, el esfuerzo flexionante es completamente reversible y la torsión es constante, entonces M_m y T_a se puede igualar a 0, lo cual simplemente elimina algunos de los términos.

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(k_f M_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[3(k_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[\frac{2(k_f M_a)}{S_e} + \frac{\sqrt{3}(k_{fs} T_m)}{S_{ut}} \right] \right\}^{1/3} \dots Ec31$$

Por lo tanto con la Ec31) determinaremos el diámetro mínimo del husillo o eje porta-cuchillas con las siguientes restricciones:

- ❖ Para cálculos posteriores se considera al Acero ASTM A36 que tiene un límite de fluencia de $S_{ut} = 250 \text{ MPa}$, por las facilidades de adquisición que existe en el país de este acero.
- ❖ Se considera que el eje porta cuchillas, no presenta ninguna irregularidad o discontinuidad (ranuras o muescas), por lo que la sensibilidad a la muesca "q" es igual a cero, con lo que se tiene lo siguiente.

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \xrightarrow{q=0} k_f = 1$$

$$k_{fs} = 1 + q(k_{ts} - 1) \xrightarrow{q=0} k_{fs} = 1$$

- ❖ Para el cálculo del límite de resistencia a la fatiga en la posición crítica del eje porta cuchillas " S_e ", vendría ser:

$$S_e = k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times S'_e \quad \dots Ec32)$$

Dónde:

k_a : Factor de superficie,

k_b : Factor de tamaño,

k_c : Factor de carga,

k_d : Factor de temperatura,

k_e : Factor de confiabilidad,

S'_e : Límite de resistencia a la fatiga

(Nisbett, 2012).

Procedimiento del Método generalizado para el proceso de diseño: Este método nos permite llevar una secuencia adecuada desde su inicio y etapas consecutivas con la finalidad de optimizar tiempos asignados y recursos utilizados obteniendo la mejor alternativa u opción técnica y económica de diseño.

- **Lista de Exigencias:**

En esta etapa se define las exigencias y requerimientos que se desea con que cuenta la máquina. La manera de determinarlas es haciendo preguntas a los involucrados referentes a las necesidades a cubrir, grado de satisfacción, propiedades y características de sus componentes entre otras.

De acuerdo al cuestionario de preguntas se diseñara la lista de exigencias con los criterios, restricciones y condicionantes del diseño del producto.

- **Opciones o alternativas para la solución:**

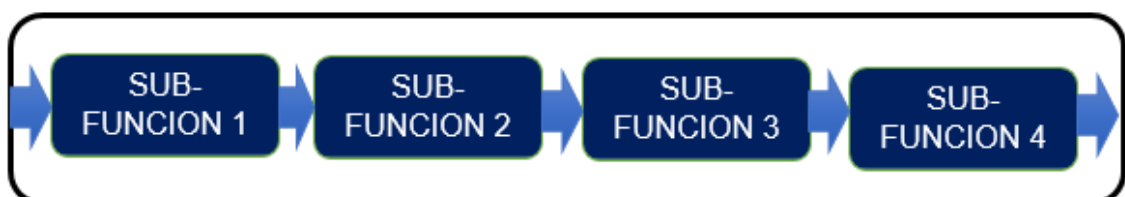
Esta etapa es conocida como de investigación de tecnologías existentes o diseños similares, en este periodo se recurrirá a la búsqueda de información en medios digitales como el internet, bibliografías, patentes, normas, estándares, documentos científicos, etc.

Asimismo se recopilará información de procesos de fabricación, sistema de mando-gobierno, automatizaciones que nos proporcionen soporte al diseño de maquina en estudio. Está compuesta de las siguientes partes:

- ❖ **Perfil de funciones y subfunciones:**

En este perfil o estructura de funciones se realiza la división de la función principal en subfunciones, de acuerdo a la lista de exigencias.

FIGURA 8: División de estructura de funciones



Fuente: (Novoa Perez Jose Miguel, 2018)

❖ **Matriz o perfil morfológico:**

A través de la aplicación de esta matriz y en base al perfil de funciones se clasifica en secuencias o etapas en proceso a desarrollar por la máquina a diseñar.

Aquí se plantearán diferentes formas de realizar el proceso por la máquina-herramienta y de acuerdo a ello mediante ponderación se elegirá la solución o alternativa óptima desde el punto de vista técnico y económico.

❖ **Base o perfil de proyecto preliminar:**

En esta etapa se esquematiza todo lo anteriormente mencionado, el cual es una aproximación preliminar del proyecto que no contiene detalles precisos aun de las características de la máquina-herramienta.

• **Proyecto o perfil preliminar óptimo:**

Es la etapa de filtro final donde se aplica el análisis cuantitativo a las opciones o alternativas de diseño interrelacionando todos los factores involucrados obteniendo una primera aproximación de costos estimados.

En esta parte se realiza el primer análisis técnico y económico de las opciones de solución (VDI 2225), mediante ponderaciones de calificaciones en criterios establecidos en el rango (0: más bajo y 4: el mejor), haciendo el consolidado nos permitirá realizar una mejor elección de la alternativa de solución.

La calificación de las opciones se tabula en las siguientes tablas presentadas:

- TABLA 1: ANALISIS CUANTITATIVO TECNICO.
- TABLA 2: ANALISIS CUANTITATIVO ECONOMICO.
- TABLA 3: INTERRELACIÓN DE JERARQUIA.

A continuación se presentan los formatos base para estas tablas (Alexis, 2016).

TABLA 1: Análisis cuantitativo técnico

Tabla de evaluación técnica										
N °	Criterios de evaluación		Proyecto							
			solución 1		solución 2		solución 3		solución ideal	
		g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Función									
2	Tamaño									
3	Manipulación									
4	Ergonomía									
5	Seguridad									
6	Mantenimiento									
Total										
p: 4 ideal, 3 cumple muy bien, 2 cumple bien, 1 simple regular, 0 no cumple										
en el criterio g: 3 muy importante, 2 importante, 1 poco importante										

Fuente: (Novoa Perez Jose Miguel, 2018)

TABLA 2: Análisis cuantitativo económico

Tabla de evaluación económica										
N °	Criterios de evaluación		Proyecto							
			solución 1		solución 2		solución 3		solución ideal	
		g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo por diseño									
2	Costo de material									
3	Costo de Fabricación									
4	Costo de montaje									
5	Costo de mantenimiento									
Total										
p: 4 ideal, 3 cumple muy bien, 2 cumple bien, 1 cumple regular, 0 no cumple										
En el criterio g: 3 muy importante, 2 importante, 1 poco importante										

Fuente: (Novoa Perez Jose Miguel, 2018)

TABLA 3: Interrelación de jerarquía

Si Valores de Xi e Yi	Soluciones
> 0.8	Son muy buenas
= 0.7	Son buenas soluciones
< 0.6	Son soluciones deficientes

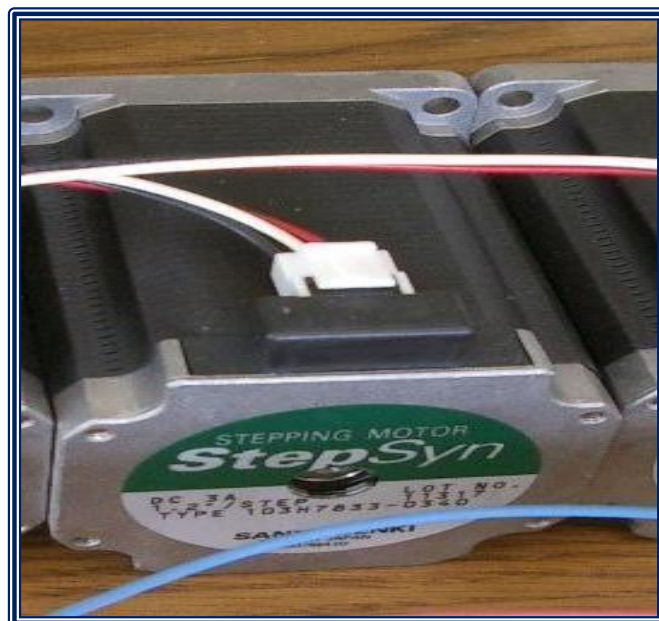
Fuente: (Novoa Perez Jose Miguel, 2018)

Motores a paso: Dichos motores pueden ser conectados a una red de alimentación eléctrica bien sea corriente continua o corriente alterna. Los motores paso a paso son ideales para ser utilizados en máquinas que requieren una alta velocidad y una precisión única, pero con cargas de potencia baja.

Su principal característica de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique.

Dichos motores disponen de una habilidad de poder quedar enclavados en una posición. Si alguna de sus bobinas está energizada, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará ~~be~~ si no circula corriente por ninguna de sus bobinas (Kuric I., 2019)

FIGURA 9: Motor paso a paso marca Stepsyn



Fuente: (Hernández China, 2015)

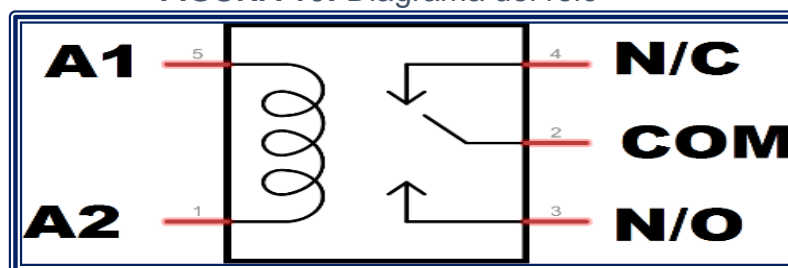
Principio de funcionamiento: Los motores paso a paso están formados normalmente por un rotor que es la parte móvil, sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator parte fija del equipo.

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación deber ser externamente manejada por un dispositivo llamado controlador.

En toda industria moderna funcionan este tipo de motores para ejecutar el control de posición de sus ejes. Aplicado este sistema, se simplifica el control en comparación con la alternativa de los motores servomecanismos, en los cuales es necesario un sistema de control de lazo cerrado que permita detectar en cada momento la posición del eje del motor, por lo que el sistema sería más complejo y amplio. (K. M. Le, 2017)

Relay: Los relés o relay pertenecen al mundo de la electrónica, un relay o rele eléctrico es un dispositivo electromagnético así mismo funciona y trabaja como un interruptor controlado mediante un circuito eléctrico por medio de una bobina y un electroimán se activa un juego de uno o varios contactos que le permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes a este. Los contactos de los relés pueden ser normalmente abiertos y/o normalmente cerrados. Este concepto viene debido a la configuración de ellos. Los NA en ausencia de tensión en la bobina del relé estarán abiertos, se puede decir que no dejan de pasar corriente aguas abajo. Por el contrario, los NC estarán cerrados en ausencia de corriente en la bobina. Cuando en la bobina exista una corriente eléctrica los contactos normalmente abiertos se cerrarán y los normalmente cerrados se abrirán (ChooChungc, 2016) (Clenet, 2015).

FIGURA 10: Diagrama del relé

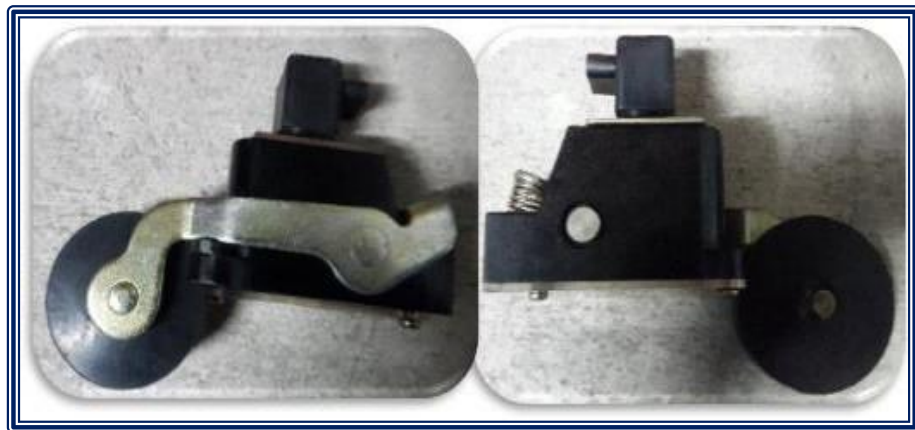


Fuente: (LÓPEZ GONZÁLEZ, y otros, 2017)

Limitadores de carrera: El final de carrera, también es un componente electromecánico llamado interruptor de posición o sensor de contacto, es un sensor que detecta la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico. Así mismo estos interruptores de contacto necesitan estar en contacto con el objeto para detectar la llegada de un elemento móvil a una determinada posición dada.

Su salida de los finales de carrera es binaria y la única información que nos da, es si el objeto está en una posición determinada o no. Los finales de carrera disponen de dos partes, la parte mecánicas enlazadas a parte eléctrica (Czechowicz, 2015)

FIGURA 11: Fin de carrera



Fuente: (ACOSTA ROMERO, y otros, 2017)

Dichos sensores tienen dos partes: una parte donde se encuentran los contactos y la segunda parte que detecta el movimiento. Se aplica en lo general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, son aquellas que ejecutan una carrera o recorrido fijo (Chao Shena, 2015).

PLC SIEMENS LOGO: El PLC v8 de la marca Siemens, es un equipo electrónico también se le conoce como módulo inteligente para proyectos y trabajos de automatización a escala pequeña. También es un controlador programable que permite sin la intervención humana, fue diseñado y utilizado para realizar automatizaciones domésticas edificadas así mismo para pequeñas aplicaciones industriales, posee grandes características en cuanto a hardware y software, en

el uso de las entradas y salidas; posee módulos de expansión que permiten ampliar sus conexiones y el lenguaje que usa que es 100% gráfico y muy fácil de aprender.

FIGURA 12: PLC Siemens LOGO v8



Fuente: (PATRICIO, 2019)

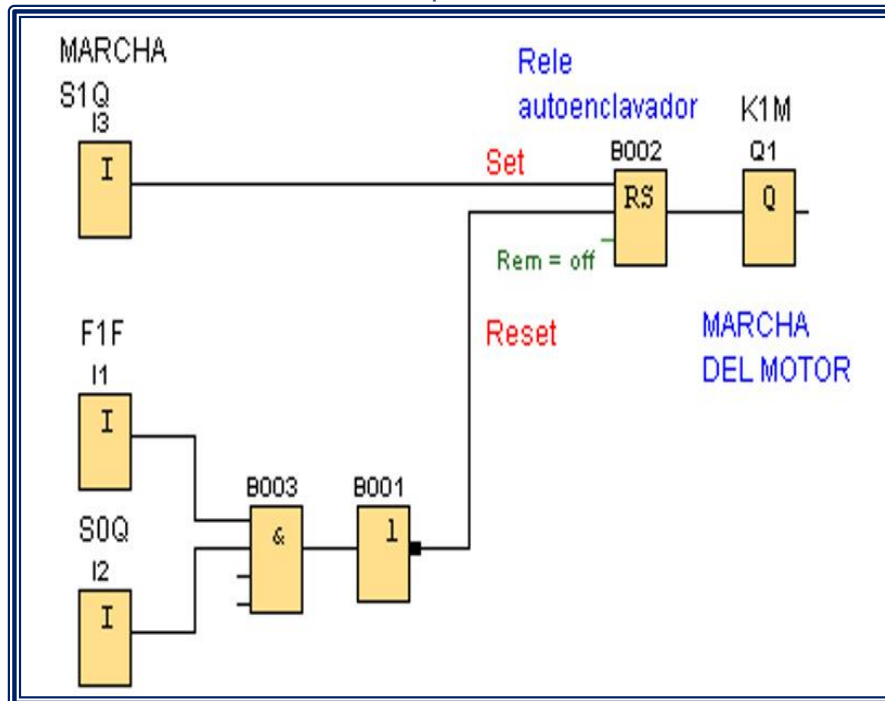
En el mercado podemos encontrar tipos y modelos de modulo inteligente, por dar un ejemplo hay con o sin pantalla lcd, de 220VAC o 24CDC, con salidas pueden ser de relevo o de transistor; existe para cualquier tipo de automatización que se requiera (Ephrem Ryan, 2016).

El Logo v8 posee varias ventajas y características que lo hacen ser una buena elección para automatización a continuación se detalla las siguientes:

- Tiene 8 entradas (que van referenciadas a la fuente de alimentación).
- Tiene 4 salidas (que pueden ser por relevo o transistor).
- Se puede encontrarse con pantalla lcd o sin pantalla.
- Se puede conectarse a través de un sistema de red ethernet

Programación de un PLC logo: Para programar logo v8 puede ser algo tedioso para las personas que no les gusta o están aprendiendo en sus inicios, pero siemens para los PLC logos desarrollo una forma fácil de programar los logos con bloques, observemos en el siguiente diagrama: (M. G. Hudedmani, 2017)

FIGURA 13: Bloque con PLC LOGO v8



Fuente: (Filiu, 2017)

Contactores: Un contactor se puede definir como un elemento electromecánico que permite la conexión automática. Un contactor eléctrico tiene como función de un interruptor, abriendo y cerrando un circuito para controlar una carga, como un motor, lámparas. El accionamiento del contactor eléctrico se hace a través de un electroimán que se activa a la circular una corriente eléctrica a través de su bobina. Al alimentar la bobina tanto los contactos principales igualmente los auxiliares cambiarán de posición. Alimentando al motor a través de los contactos principales cerrando el primero y cambiando el estado de los contactos auxiliares, así mismo contactor es un interruptor que tiene por función habilitar o cortar una corriente. Este equipo electromecánico puede ser manipulado a distancia y es clave en el funcionamiento de motores para automatización y se ubican en cualquier máquina y tablero eléctrico (Z. Wu, 2016)

El contactor está conformado por 4 partes y son las siguientes:

- **Carcasa:** la base en donde se conectan los conductores.
- **Bobina:** encargada de transformar la corriente eléctrica.
- **Núcleo:** apoya el flujo que genera la bobina.
- **Armadura:** el elemento que cierra el circuito una vez que la bobina se ha energizado

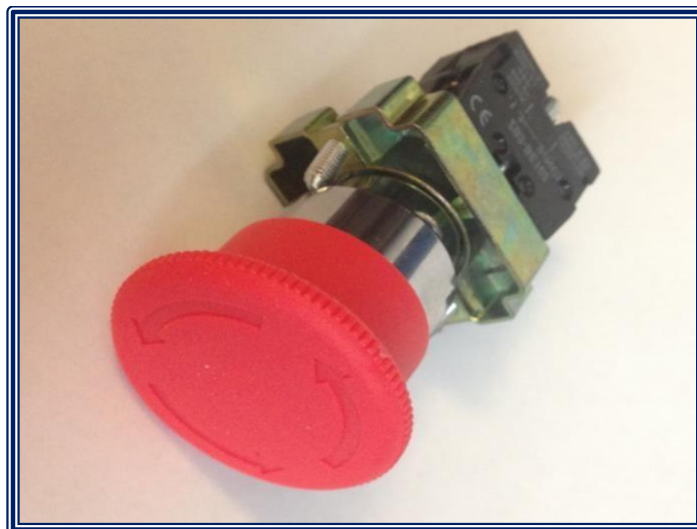
FIGURA 14: Contactor LC1 D09



Fuente: (LÓPEZ GONZÁLEZ, y otros, 2017)

Botón de paro de emergencia: El botón de parada de emergencia en el mundo de la electrónica y eléctrica se define como un interruptor de mando a prueba de fallas que proporciona seguridad para las máquinas y así mismo para las persona que utiliza dichas maquinaria (A. Stolt, 2018).

FIGURA 15: Botón o paro de emergencia



Fuente: (Hernández China, 2015)

Interruptor Termo magnético y/o Disyuntor de control: Los interruptores termo magnéticos o interruptor automático son dispositivos capaces de cortar o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un valor alto, o se producido un cortocircuito, su principal función de no causar daños a los demás equipos eléctricos. Si sufren daño se deben ser remplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática.

También trabaja como un elemento de protección para las instalaciones eléctricas y a frente a sobrecargas y cortocircuitos eléctricos. El interruptor cortará la corriente en un tiempo lo suficientemente corto como para no perjudicar la instalación ni los aparatos conectados a ella (Y. Feng, 2021).

FIGURA 16: Interruptor termo magnético / disyuntor automático



Fuente: (MONTROYA, 2012)

Pulsadores: Dichos pulsadores son interruptores de control de potencia de una máquina o dispositivo eléctrico, existe en el mercado pulsadores de metal o termoplásticos que otorgan un fácil acceso al usuario. Los pulsadores con señalizador se usan en las industrias, debido a la comodidad y seguridad que brindan en distintas aplicaciones industriales y comercia

Los pulsadores con señalizadores vienen en dos presentaciones: iluminados y no iluminados.

Dichos pulsadores son interruptores que son operados manualmente que están disponibles en distintos tipos: interruptores con cuerpos redondos o cuadrados para montaje en agujeros redondos o cuadrados, interruptores iluminados y no iluminados (Tahilramani, 2017).

FIGURA 17: Pulsadores



Fuente: (VACA MAZA, 2014)

Potenciómetro: Se define como componente e instrumento eléctrico, el cual varia su resistencia al paso de una corriente eléctrica, en función a la posición del cursor.

Existe una variedad de Tipos de resistencia de variable mecánica según su aplicación a usar:

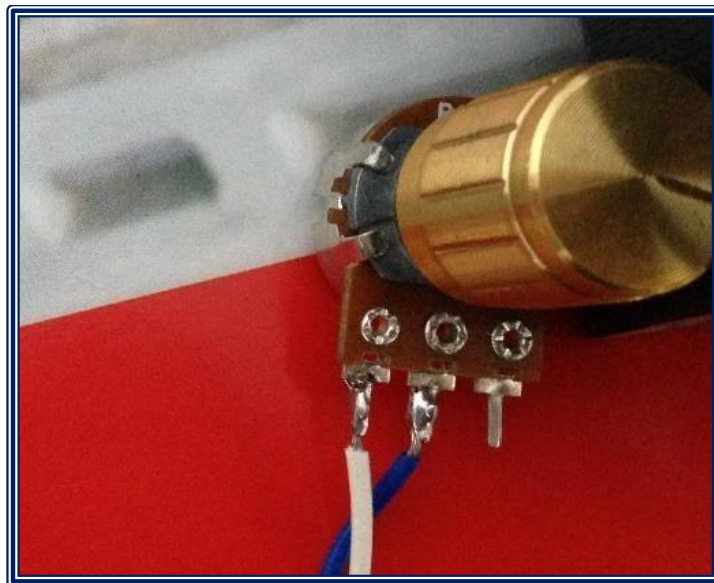
- Impresas: Están diseñadas con una pista de carbón sobre un soporte duro dominado papel cartón prespan, En esta pista contiene contactos en sus extremos y un rotor conectado a un patín que se desliza por la pista resistiva.
- Bobinadas: Tiene un arrollamiento toroidal de un hilo resistivo con un rotor que se mueve un patín sobre el mismo.
- Potencia: Son iguales a las resistencias soportan una variedad de potencias, por lo general a partir de 1W en la parte trasera se nos detalla la potencia en Watt. Potenciómetros de amplia potencia reciben el nombre de Reóstatos.

Según su aplicación se distinguen varios tipos:

- Potenciómetros de Mando. Son utilizados como un componente de control y mando de la tensión en los equipos electrónicos. El usuario o cliente acciona sobre ellos para variar los parámetros normales de funcionamiento así mismo puede variar una velocidad.

Potenciómetros de ajuste. Su función es controlar la tensión pre ajustándola, normalmente en las fábricas o talleres donde existe estos tipos de componentes. El cliente no puede tener que retocar o regular, por lo que no suelen ser accesibles desde el exterior del equipo. Existen encapsulados en plástico así como sin cápsula, y se suelen distinguir potenciómetros con un ajuste vertical, cuyo eje de giro es vertical, y resistencias variables de ajuste horizontal, con un eje de giro paralelo al circuito impreso (HNM Shah, 2019)

FIGURA 18: Potenciómetro



Fuente: (Hernández China, 2015)

Variadores de Velocidad: Un variador de velocidad o también llamado variador de frecuencia se puede definir como un convertidor de energía que cuyo objetivo es de controlar la que se proporciona al motor. Dichos equipos de velocidad aseguran una aceleración y deceleración progresiva que permiten fijar con precisión la velocidad en las condiciones de explotación. El equipo es suministrado, a partir de una red de corriente alterna de frecuencia fija, una tensión alterna trifásica, de valor eficaz y frecuencia variables. La alimentación

del equipo puede ser monofásica para pequeñas potencias y trifásica para los mayores (Mendez-Martinez, 2020).

FIGURA 19: Variador de velocidad ATV312

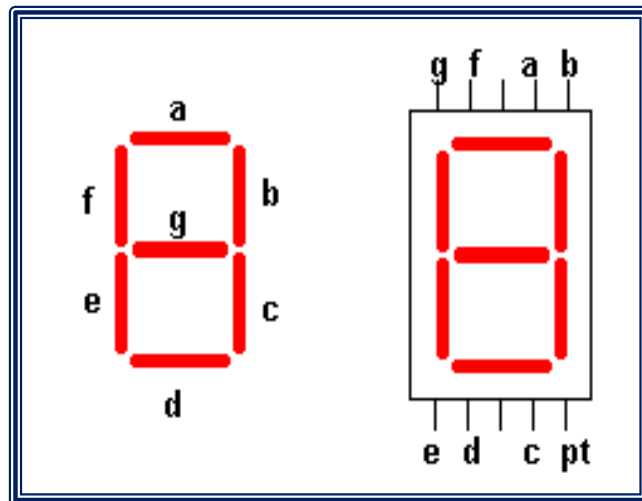


Fuente: (Electric, 2020)

Display de 7 Segmentos: Pertenece a la familia electrónica, se puede definir como un componente a utilizar para la representación de números y algunos casos en letras en varios dispositivos electrónicos y equipos eléctricos así mismo en paneles. Dicho componente se monta para que se pueda activar cada segmento led (diodo LED) por separado logrando de esta forma pueda combinar los elementos y representar todos los números en el dicho display (del 0 al 9). El componente de 7 segmentos más común es el de color negro y las líneas de blanco, por su facilidad de visualización.

Cada componente del display lleva asignado una letra que identifica su posición en el arreglo del dicho display.

FIGURA 20: Display de 07 segmentos



Fuente: (Toapanta Sánchez, 2019)

Programas de Simulación y Software de Diseño en Ingeniería.

Para el presente estudio se utilizará el programa Autodesk Inventor con la finalidad de realizar el diseño en 3D y el análisis de movimiento mecánico del diseño.

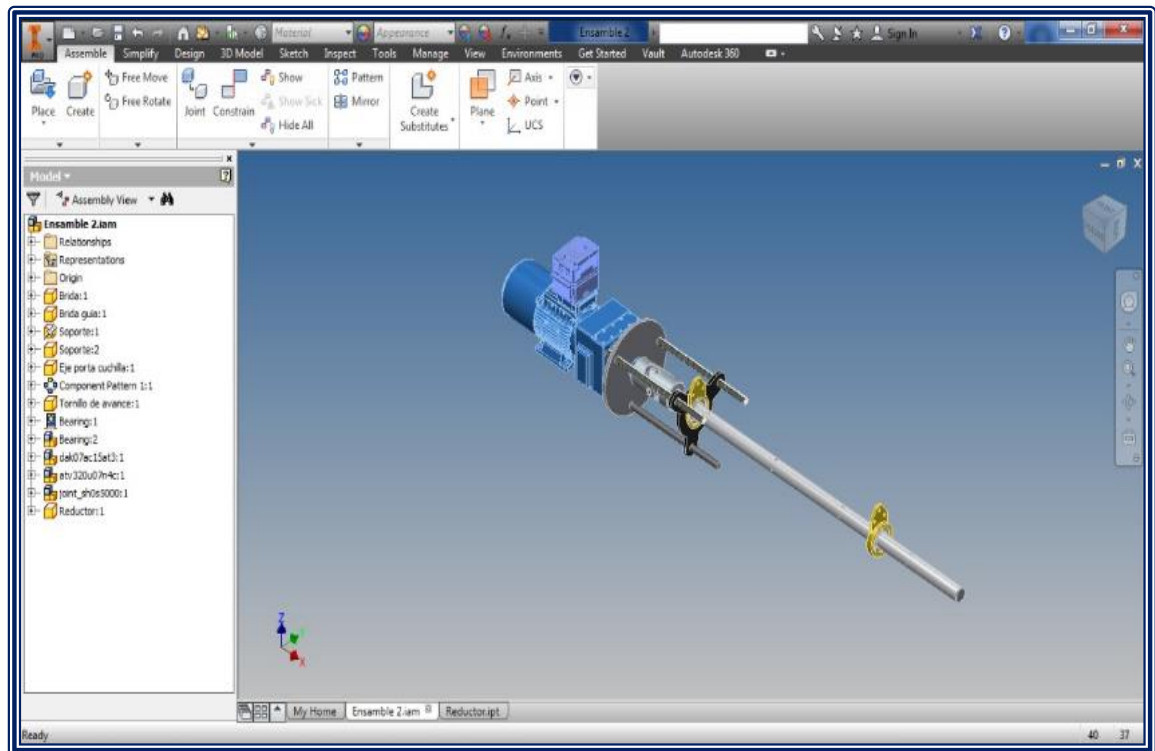
El software de ingeniería basado en las posiciones de ensamblaje y condiciones de las piezas que conforman el sólido 3D en su totalidad utilizando los conceptos físicos evalúa el ensamblaje sometido a carga, tensión y esfuerzos.

En este software de ingeniería el análisis estructural de movimiento emplea entidades de partes de las piezas congregados en un sólido, de igual manera permite realizar el análisis estructural de partes verificando el rendimiento del diseño a realizar.

En dicho programa de ingeniería se puede evaluar dos tipos de movimientos, los cuales se detallan a continuación:

- **Movimiento estático:** Este análisis estudia las fuerzas y tensiones aplicadas a los componentes ensamblados. Determina la resistencia al pandeo y la flexión.
- **Movimiento dinámico:** Su análisis está en función de las cargas incentivadas por la rotación o movimiento y el propio movimiento del ensamble (Panchal, 2020).

FIGURA 21: Estudio de movimiento de ensamble



Elaboración Propia.

Software de simulación eléctrica electrónica: CADE SIMU.

Este software CADE SIMU se define como un programa que sirve para elaborar o ejecutar esquemas de mando o fuerza en Baja Tensión. es uno de los más sencillos de utilizar en la parte eléctrica y electrónica. Es uno de los mejores programas de simulación en cuanto a los esquemas de mando y uno de los más buscados, por lo fácil que resulta usarlo en esta área de simulación.

Así mismo este software electrotécnico nos permite la creación de diagramas de mandos eléctricos, a través de él es posible crear casi todo tipo de circuitos eléctricos también electrónicos y simular el funcionamiento. Principalmente enfocado en Comandos Eléctricos, PLC y neumática, desde arranque directo de motores y demás funciones.

Es un programa muy versátil para simular automatismos eléctricos y electrónicas antes de llevarlo a la práctica comprobando en escritorio su funcionalidad y operatividad del circuito que se desea automatizar.

Evaluación Económica y financiera del proyecto:

- **VAN - Valor Actual Neto :**

Mediante este método, se valora la inversión en el tiempo, se puede conceptualizar entre la diferencia de los valores actualizados de ingresos y egresos en el tiempo versus la inversión inicial. (BenHermans, 2018)

Dónde: Ec 33

VAN : Valor actual neto [\$]

V_t : Flujos de caja en periodo de tiempo [\$]

r: Interés [%]

t: Número de períodos del estudio [años]

I_0 : Valor inicial de la inversión [\$]

- **TIR - Tasa interna de retorno:**

Es la tasa anual efectiva compuesta de retorno o también conocida como tasa de descuento, el cual consolida que el VAN de los flujos contables (negativos y positivos) de la inversión en específico sean igualados a cero (Nachtmann, 2021).

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0 \quad \dots Ec34$$

Dónde:

TIR: Tasa interna de retorno [%]

V_t : Flujos de caja en cada tiempo [\$]

t: Número de períodos a considerar [años]

I_0 : Valor inicial de la inversión [\$]

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño y Tipo de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación: Aplicada, ya se recopilará todos los datos de campo e históricos, analizando y luego automatizarlo generando un sistema eficaz y eficiente.

3.1.2. Diseño Investigación: Será No-Experimental Descriptivo, dado que las variables a estudiar van a ser mejoradas al determinarse una relación de causa efecto; aplicando como técnicas: la observación, datos históricos, entrevistas, material bibliográfico.

3.2. Operacionalización y Variables de estudio

3.2.1. Var. Independientes:

- Sistema de automatización para la maquina mandrinadora portátil.

3.2.2. Var. Dependientes:

- Incertidumbre de las mediciones en las perforaciones realizadas.
- Velocidad en el trabajo.

3.2.3.- Operacionalización de Variables:

Se presenta la FIGURA N° 22, donde se muestra el flujo de las variables aplicadas al presente proyecto.

De igual manera se consolida la TABLA N°4, donde se interrelacionan las variables de acuerdo a como se operacionan.

FIGURA 22: Flujograma entrada / salida de las variables



Elaboración Propia

TABLA 4: Operacionalización de Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Sistema de Automatización de Máquina Portátil Mandriladora	Conjunto de elementos y sistemas automatizados para el funcionamiento de la máquina herramienta.	Mecanismos electromecánicos de transmisión de movimiento.	Programa Lógico de Control	Entradas analógicas y digitales. Salidas analógicas y digitales.	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Especificaciones Técnicas del Equipo	Son documentos en donde se establecen las normas, exigencias y procedimiento a ser utilizados, implementados y exigidos en todas las fabricaciones del equipo (Novoa Perez Jose Miguel, 2018).	Las especificaciones técnicas son las características, componentes o propiedades que definen la fabricación, mantenimiento y operación de una máquina o equipo.	Desplazamiento dl (mm)	$dl = fz \cdot n$ fz: fuerza de avance n: número de revoluciones	Razón
			Fuerza Fc (N)	$Fc = Kc \cdot Vc$ Kc: fuerza específica de corte Vc: velocidad de corte	
			Potencia P (H.P.)	$P = Fc \cdot Vc$ Fc: fuerza de corte Vc: velocidad de corte	
Velocidad en el Trabajo	Es la velocidad promedio de corte en la herramienta, también es definido como velocidad de giro de la herramienta en su filo sobre la pieza (Perez Peña, 2020).	Velocidad de corte en avance en el material en función a profundidad o área.	Velocidad de corte Vc (mm/min)	$Vc = \phi \cdot \pi \cdot n$ ϕ : diámetro del agujero n: número de revoluciones π : 3.1416	Razón
			Velocidad de avance Vf (mm/min)	$Vf = fz \cdot z \cdot n$ fz: fuerza de avance n: número de revoluciones z: profundidad	
Incertidumbre de las mediciones en las perforaciones	Es cercanía que varias medidas pueden tener dentro del conjunto de mediciones en el proceso de mandrilado o rango de tolerancia (Hernandez Jimenez, 2019).	Es la magnitud comprendida entre los valores de tolerancia superior e inferior.	Precisión (Error aleatorio)	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1}}$	Nominal
			Exactitud (Error sistemático)	$\Delta x = \bar{x} - \mu $	

Elaboración Propia

3.3. Población, Muestra y Muestreo

3.3.1.- Población:

Máquinas automáticas con función de perforación de agujeros.

3.3.2.- Muestra:

Módulos electromecánicos para la automatización de la máquina herramienta mandriladora portátil manual.

3.3.3.- Muestreo:

El presente proyecto utilizará el muestreo No probabilístico o No aleatorio, donde las muestras se recogen en una población donde los elementos tienen probabilidad diferente de ser elegidos; es decir, el investigador puede influir en la selección de la muestra para alcanzar los objetivos.

3.4. Instrumentos y técnicas para recolectar datos

3.4.1.- Técnicas de recolección de datos:

La técnica de recolección de datos para el presente proyecto de investigación es de **tipo documental** y **de campo**.

Dentro de la técnica documental se tiene la adecuada recopilación de información para el desarrollo del presente estudio mediante el análisis y revisión documentaria.

De igual forma, para la técnica de campo, se tiene la observación y la interacción directa compuesta por la encuesta y entrevista.

3.4.2.- Instrumentos de recolección de datos:

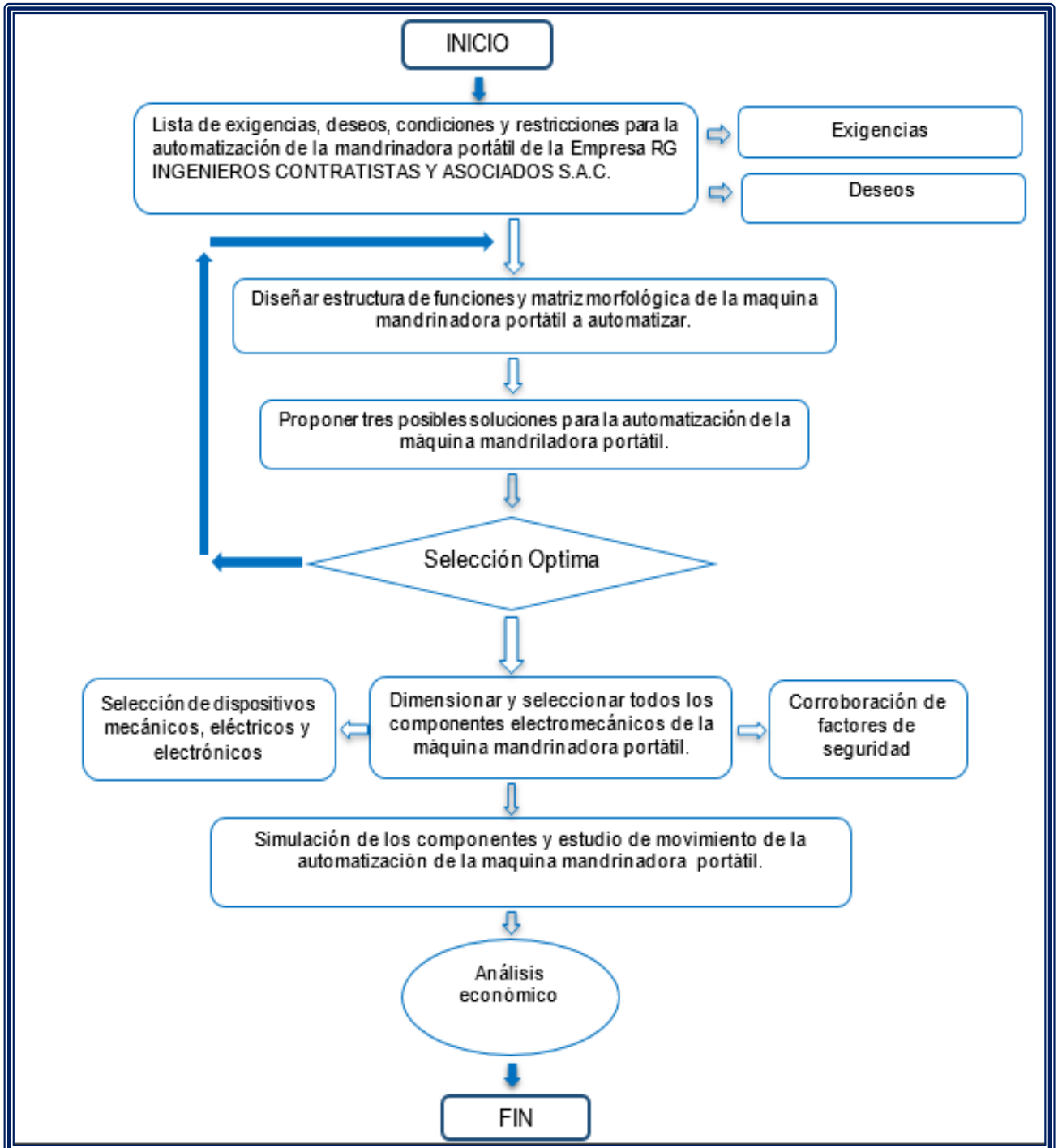
- De tipo documental: Comprende como: registros de historial de máquinas y equipos, material bibliográfico, fichas técnicas.
- De tipo de campo: se refiere a las observaciones de la operación de maquinarias y equipos, las entrevistas y encuestas, lectura de horómetros.

Dichas técnicas e instrumentos para recolectar datos se consolidan en el **ANEXO N° 01**

3.5. Procedimiento

La presente investigación se basa en el método alemán VDI2225 o conocido también como método generalizado, lo cual se representa en la FIGURA 23.

FIGURA 23: Procedimiento para el proyecto en estudio



Elaboración Propia

3.6. Métodos para análisis de datos

Se utilizará el método con la siguiente secuencia de pasos:

1) Mediante la consolidación de fichas técnicas y captura de medidas in situ, se tomarán datos referentes al material, diámetro y profundidad de los alojamientos de pines en el cucharón del cargador frontal 544E JOHN DEERE perteneciente a la Empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS S.A.C.

2° Se prosigue con el estudio tecnológico basado en su funcionalidad, ergonomía, control, producción, calidad, seguridad, mantenimiento, ensamble y desmontaje de la máquina herramienta a automatizar.

3° En este paso se planteará 03 posibles soluciones, teniendo como base el factor técnico y factor económico.

4° Bajo la solución elegida con mayor ponderación se procederá a realizar el análisis dinámico y estático del diseño de máquina-herramienta complementado con la automatización de partes.

5° Posteriormente se seleccionará los dispositivos eléctricos-electrónicos basados en el cálculo previo de fuerza de corte, potencia, ejes y soportes, respectivamente con sus factores de seguridad y accesorios para el mando-control.

6° Para validar los cálculos electromecánicos se simulará los datos obtenidos para la máquina mandrinadora portátil a través del Autodesk Inventor, asimismo se aplica la metodología de validación por expertos.

7° Finalmente se procederá con el análisis económico financiero con el objetivo de verificar la rentabilidad del estudio óptimo diseñado para la Empresa.

3.7. Aspectos Éticos

El proyecto en estudio es realizado íntegramente con información real y es propio de los autores garantizando la originalidad del presente estudio, el cual se origina como una idea de propuesta para la mejora de la gestión de procesos aplicando conceptos de automatización en la empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS S.A.C.

IV.- RESULTADOS

4.1.- Especificaciones técnicas de alojamientos para pines ubicados en el cucharón de los cargadores frontales 544E JOHN DEERE:

Se presenta fotografías de los cargadores frontales en Obra (FIGURA 24, 25, 26) de donde se tomó medidas consolidando en la TABLA N° 5 dicha información será útil para conocer los requerimientos necesarios al diseñar la holgura y precisión de la automatización.

FIGURA 24: Cargador Frontal 544E John Deere



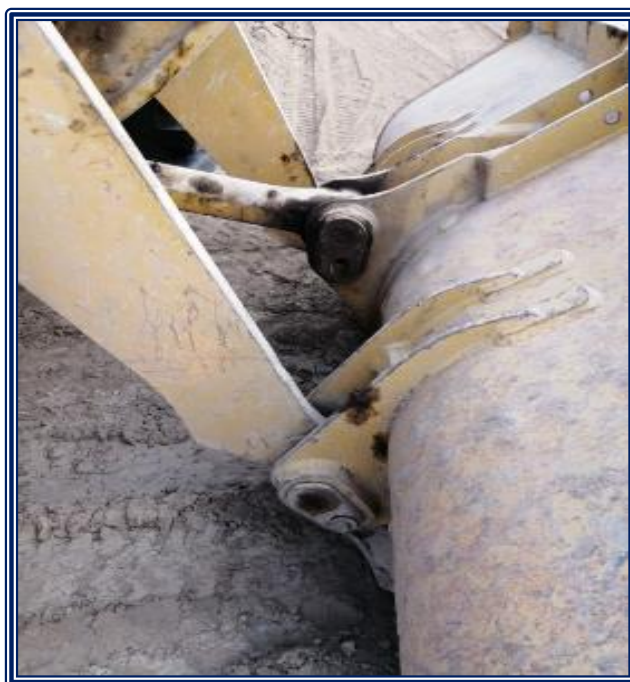
Fuente: RG INGENIEROS

FIGURA 25: Accionamiento de pala y pines



Fuente: RG INGENIEROS

FIGURA 26: Alojamiento de pines



Fuente: RG INGENIEROS

TABLA 5: Propiedades técnicas de alojamiento para pin ubicado en el cucharón de los cargador frontal 544E JOHN DEERE

Descripción	Valor/Características	Unidad
Ancho de cucharon	3320.00	mm
Largo de cucharon	1200.00	mm
Alto de cucharon	1300.00	mm
Diámetro de pin	104.00	mm
Diámetro de alojamiento	104.78	mm
Diámetro exterior	152.40	mm
Separación entre alojamientos horizontal	441.30	mm
Separación entre alojamientos vertical	565.15	mm
Material	Acero de alta resistencia (HSLA)	
Soldadura de relleno	Electrodo 7018	

Fuente: Según norma SAE J732C y visita en campo

4.2.- Diseño para el sistema mecánico

Para el desarrollo del presente proyecto ejecutaremos las etapas del proceso de diseño de una mandriladora portátil para pines de pala de acuerdo al método alemán VDI2225 o conocido también como método generalizado, donde nos permite analizar los problemas a detalle en cada una de las fases, asimismo esta metodología es aplicada actualmente para el diseño, mantenimiento y mejora de máquinas, equipos, herramientas y productos.

Este método se divide en 04 etapas:

- 01.- Planeamiento
- 02.- Concepto del Diseño
- 03.- Ejecución del Diseño
- 04.- Detalles y requerimientos

4.2.1.- ETAPA N° 01: Planeamiento

Realizamos un check list basado en los requerimientos y restricciones que el proyecto en estudio necesita a la cual llamaremos Lista de Exigencias, donde se evalúan 12 criterios que posteriormente se ponderarán bajo el factor técnico y económico.

En la Tabla N° 6, se presenta dicha lista del proyecto donde se consolida las características objetivo en función de exigencias y deseos.

4.2.2.- ETAPA N° 02: Concepto de Diseño

En esta etapa describimos la estructura de funciones y matriz morfológica para el diseño del presente proyecto de investigación respectivamente consolidado en la TABLA N° 7 y TABLA N° 8.

La estructura de funciones está interrelacionada con 06 factores: MONTAR, ALINEAR, CORTAR, AVANZAR, RETRACEDER y DESMONTAR.

En la matriz morfológica se interrelacionan las funciones detalladas anteriormente consolidadas en 03 alternativas de solución.

TABLA 6: Lista de exigencias

PROYECTO		AUTOMATIZACIÓN DE MANDRINADORA PORTATIL	
CLIENTE		RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS S.A.C.	
Característica	E: Exigencia D: Deseo	Denominación	Responsable
Función Objetivo	E	Mandrinado en campo de pines en pala con articulaciones de maquinaria de línea amarilla.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Precisión	E	El control y mando tendrá al máximo precisión del proceso por lo que el avance y la velocidad es un punto importante.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Exactitud	E	El control y mando tendrá al máximo exactitud del proceso por lo que el avance y la velocidad es un punto importante.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Geometría	E	La mandriladora debe ser compacta con fácil operación y mantenimiento.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Fabricación	E	Se quiere obtener un diseño en el cuál las posibles reparaciones, modificaciones o mejoras sean lo más sencillas y rápidas posibles.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Materiales	E	Motor eléctrico, chumaceras, rodamientos, el husillo, cuchillas, tornillo de avance, pernos, bases de apoyo, soldadura, los materiales a usarse deben encontrar en el mercado nacional y de acuerdo a las exigencias técnicas de diseño.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Transporte	D	El peso total de la mandriladora debe estar por debajo de los 25 kg.; límite máximo permisible de carga del operario.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Ergonomía	D	Una de las premisas más importantes será la accesibilidad y comodidad del operario.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Eficiencia	D	Fabricado con materiales eco amigables y de gran aporte en su utilización.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Velocidad	E	Regulación de la velocidad en cuanto a giro y avance para dar un acabado suave y fino.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Mantenimiento	D	El ensamble y desmontaje de la mandrinadora debe ser versátil en función a inspección y reparación.	Rebaza Latoche / Briones Guerrero
Costo	E	Debe tener una relación costo beneficio positiva y de inversión moderada	Rebaza Latoche / Briones Guerrero

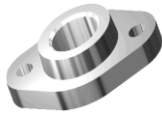




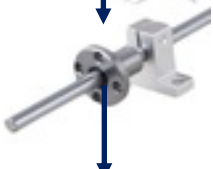
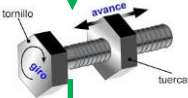



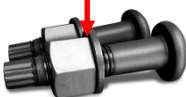


Elaboración Propia.

TABLA 7: Estructura de funciones

ítem	función	descripción
01	MONTAR	La mandrinadora se acopla a la pieza a maquinar formando un elemento estructural monolítico consolidando la función de punto de apoyo o bancada.
02	ALINEAR	El eje portaherramientas debe alinearse de forma concéntrica con el alojamiento.
03	CORTAR	Sistema de movimiento circular que desprende material de sacrificio en el maquinado.
04	AVANZAR	Movimiento lineal que da la herramienta de corte generando avance en el material maquinado.
05	RETROCEDER	Es el destrabe relaciona lo inverso al avance.
06	DESMONTAR	Versatilidad al desacoplar máquina-herramienta-material.




Elaboración Propia.

TABLA 8: Matriz morfológica

ITEM	FUNCIONES	OPCIÓN 01	OPCIÓN 02	OPCIÓN 03
01	Montaje			
02	Alineamiento			
03	Girado			
04	Avance			
05	Retroceso			
06	Desmontaje			

Elaboración Propia.

Por lo tanto en la TABLA N° 5, se plantean 03 opciones de secuencia para solución, las cuales denominaremos por las flechas de color:

- **OPCIÓN N° 01:** 
- **OPCIÓN N° 02:** 
- **OPCIÓN N° 03:** 

4.2.3.- ETAPA N° 03: Ejecución del Diseño

Se analizará las opciones posibilidades de diseño con la finalidad de seleccionar la óptima alternativa cumpliendo y satisfaciendo con las necesidades del trabajo realizado.

4.2.3.1. Alternativa OPCIÓN N° 01:

En esta primera alternativa se presenta la siguiente secuencia de análisis:

- Para el montaje se soldean bases de sacrificio al cucharón alineando las bridas enrodamientos, las cuales son fijadas con pernos a las placas bases, en el análisis de la transmisión se tiene un cardan unido en un extremo al eje giratorio portaherramientas y al otro extremo al eje acople del motor.
- La potencia se genera por un motor eléctrico fijado en una placa base, el mismo que transmite el movimiento circular requerido que puede ser regulado por una caja reductora de engranajes proporcionando velocidades variables al eje giratorio portaherramientas o husillo.
- El encendido para operación se realiza presionado un pulsador el cual activa el motor eléctrico transmitiendo movimiento angular y de avance.
- La operación finaliza cuando en los alojamientos del cucharón no se tiene rastros de soldadura por relleno, entonces se procede a limpiar la máquina y posterior a ello, realizar el desmontaje de partes.

Fortalezas:

- Sistema de montaje y desmontaje de fácil accionar.
- Sistema de transmisión con cardan, que elimina el exceso de vibraciones manteniendo la estabilidad y línea en el eje de transmisión.
- De mantenimiento flexible ya que sus componentes son piezas desmontables.

Debilidades:

- Desde el punto de vista ergonómico, se tiene sobreesfuerzo al levantar el motor y alinearlos.
- Toda la maquina debe estar bien sujeta con la finalidad de minimizar la vibración.

FIGURA 27: Modelo alternativa de solución N° 01



4.2.3.1. Alternativa OPCIÓN N° 02

En este modelo de solución la máquina está compuesta de la siguiente secuencia de análisis:

- Para el montaje se instalan en el cucharón bridas triangulares que hacen la función de bastidor.

- El alineamiento al eje se realiza a través de conos concéntricos metálicos en los extremos donde se fijan chumaceras a los alojamientos mediante placas soldadas.
- Posterior a realizar el alineamiento, los conos se aflojan y se procede a instalar el motor eléctrico encima de una base metálica que se encuentra soldeada al cucharón.
- El sistema de avance se encuentra acoplado por varillas con pines, se instala las herramientas de corte en el husillo.
- El mandrinado inicia con el accionamiento eléctrico del motor proporcionando velocidad angular y de avance regulable con actuador neumático.
- Finalmente se limpia el cucharón y se desmontan todos los componentes.

Fortalezas:

- Apoyo de soporte por barras tipo guía, los cuales soportan en peso del equipo y brindan rigidez evitando la flexión en el movimiento.
- Operación sencilla flexible al operador.
- Montaje y desmontaje liviano.

Debilidades:

- Diseño manual con deficiente avance y error en precisión.
- Carente de velocidad adecuado en el desarrollo de los trabajos.
- Al ser básica y manual presenta muchas fallas.

FIGURA 28: Modelo de alternativa de solución N° 02



4.2.3.2. Alternativa OPCIÓN N° 03

Esta alternativa está compuesta por la siguiente secuencia:

- El montaje se realiza con la instalación de placas “L” donde se colocan los componentes fijados al cucharón.
- El alineamiento al eje se realiza con pines, haciendo coincidir las chumaceras extremas de tal forma que se fijen al eje de manera concéntrica.
- Realizado el alineamiento se procede a montar el motor eléctrico encima de una base metálica soldada al cucharón.
- El sistema de avance se genera a través de sincronismo piñón-cremallera.
- Mediante el sistema mencionado anteriormente se regula la velocidad y avance con las herramientas instaladas en el eje.
- El maquinado se inicia accionado el motor eléctrico el mismo que proporciona al eje movimiento angular y velocidad de corte y avance.
- Al finalizar se limpia el cucharón y se retira todos los componentes de la máquina.

Fortalezas:

- De montaje y desmontaje seguro y rápido.
- Cuenta en su estructura con barras tipo guía reduciendo la flexión total.
- El sistema de ajuste no permite dejar rastros de soldadura proporcionando calidad al trabajo.

Debilidades:

- El movimiento angular que proporciona el motor eléctrico define la velocidad de avance, el mismo que no es regulable.

- Elevado costo dado el precio de los bujes para rodamientos y componentes no comunes.

FIGURA 29: Modelo de alternativa de solución N° 03



4.2.3.3. Desarrollo y evaluación de las opciones de Solución

El desarrollo y evaluación se realiza de acuerdo al método generalizado VDI2225 de donde se aplica un criterio técnico y económico basado en ponderaciones de acuerdo a la siguiente matriz:

- Indicador i: escala de ponderación para cada criterio de evaluación:
 - ❖ 1: irrelevante
 - ❖ 2: normal
 - ❖ 3: muy importante
- Indicador p: escala de ponderación para cada opción de solución:
 - ❖ 0: no cumple
 - ❖ 1: mínimo
 - ❖ 2: aceptable
 - ❖ 3: bueno
 - ❖ 4: excelente.

De acuerdo al marco teórico y el desarrollo de las características cualitativas para las alternativas de solución, los indicadores se llegan a ponderar.

En la TABLA 9 se presenta la evaluación por criterios técnicos y en la TABLA 10 se consolida la evaluación basado en los criterios económicos.

TABLA 9: Evaluación por Criterios Técnicos

EVALUACION DE PROYECTOS valor Xi			AREA: Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos.								
Variantes de Concepto / Proyectos			S1			S2		S3		S ideal	
Nº	Criterios de Evaluación	i	p	ip	p	ip	p	ip	p	ip	
1	Función Objetivo	3	3	9	2	6	3	9	4	12	
2	Precisión	3	2	6	2	6	2	6	4	12	
3	Exactitud	3	3	9	3	9	3	9	4	12	
4	Geometría	2	3	6	2	4	2	4	4	8	
5	Fabricación	3	3	9	2	6	2	6	4	12	
6	Materiales	3	3	9	3	9	3	9	4	12	
7	Transporte	2	3	6	2	4	2	4	4	8	
8	Ergonomía	3	3	9	2	6	2	6	4	12	
9	Eficiencia	3	3	9	3	9	3	9	4	12	
10	Velocidad	3	3	9	2	6	2	6	4	12	
11	Mantenimiento	3	3	9	2	6	2	6	4	12	
12	Costo	2	3	6	2	4	2	4	4	8	
PUNTAJE TOTAL $PT=\sum pi$					96		75		78	132	
PUNTAJE UNITARIO $PU=PT_n \times 100 / PT_{teorico} (\%)$					72.73		56.82		59.09	100	
ORDEN					1		3		2		

Elaboración Propia.

TABLA 10: Evaluación por Criterios Económicos

EVALUACION DE PROYECTOS valor Y_i			AREA: Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos.							
Variantes de Concepto / Proyectos			S1		S2		S3		S ideal	
N°	Criterios de Evaluación	i	p	ip	p	ip	p	ip	p	ip
1	Función Objetivo	3	3	9	2	6	2	6	4	12
2	Precisión	3	3	9	2	6	2	6	4	12
3	Exactitud	3	3	9	2	6	2	6	4	12
4	Geometría	2	2	4	2	4	2	4	4	8
5	Fabricación	3	3	9	2	6	2	6	4	12
6	Materiales	3	3	9	2	6	2	9	4	12
7	Transporte	3	3	9	2	6	2	6	4	12
8	Ergonomía	3	3	9	2	6	2	6	4	12
9	Eficiencia	3	3	9	2	6	2	6	4	12
10	Velocidad	3	2	6	2	6	2	6	4	12
11	Mantenimiento	3	3	9	2	6	2	6	4	12
12	Costo	3	3	9	3	9	2	6	4	12
PUNTAJE TOTAL $PT=\sum p_i$				100		76		73		140
PUNTAJE UNITARIO $PU=PT_n \times 100 / PT_{teorico} (\%)$				71.43 %		53.57 %		51.43 %		100 %
ORDEN				1		2		3		

Elaboración Propia.

4.2.3.4. Resultados de la Evaluación de opciones

Los resultados de la evaluación de las opciones o alternativas solución se consolidan mediante la TABLA 11, la cual se presenta a continuación integrando los criterios técnicos y económicos.

TABLA 11: Consolidado Técnico - Económico

SOLUCION	X (%)	Y (%)
OPCIÓN 01	72.73	71.43
OPCIÓN 02	59.09	53.57
OPCIÓN 03	56.82	51.43

Elaboración Propia

Por lo tanto podemos concluir que la opción de solución N° 01 es la más adecuada en criterio técnico y económico para el presente proyecto dado que se aproxima más al referente ideal.

4.2.4.- ETAPA N° 04: Detalles y requerimientos

4.2.4.1. Diseño basado en cálculo para el modelo mecánico

Seleccionado la alternativa óptima para el diseño de la maquina mandrinadora se debe considerar los principales factores y restricciones aplicables a las dimensiones de partes y componentes de dicha máquina, todo ello con el objetivo principal de proporcionar una alta disponibilidad y correcta funcionalidad.

Dentro de estos requerimientos, las más importantes son la potencia eléctrica, fuerza de avance y fuerza de corte, asociado a ello, debemos determinar y seleccionar el tipo de cuchilla de corte.

Por lo tanto la cuchilla de acero para corte y avance, tiene como elemento principal en su composición al **tungsteno o wolframio**, soportando temperaturas mayores a 500° C, adicional a ello tiene otros componentes que le permiten incrementar la resistencia a la temperatura, abrasión, desgaste y ruptura.

Las propiedades técnicas de la herramienta-cuchilla aplicado para las actividades de mandrilado son las presentadas en la

TABLA 12 y en la FIGURA 30, basado en la selección del ANEXO N° 02.

TABLA 12: Características técnicas de la herramienta

Herramienta de corte	Valor
Resistencia a la tracción	3600 N/mm ²
Avance	0.2-3.2 mm/rev.

Fuente: (Hermann Jutz, 2015)

FIGURA 30: Foto referencial de cuchilla de tungsteno aleado



Fuente: (Sandvik, 2016)

4.2.4.2. Avance (s):

Para los análisis del presente proyecto se va a considerar un avance de corte en el rango menor de la TABLA 12, ya que en un primer momento el dispositivo tiene control mecánico.

Lo valores consolidados se presentan en el ANEXO N° 02.

Por lo tanto esta variable la podemos expresar en mm por revolución, de la siguiente manera:

$$s = 0.2 \text{ mm/rev}$$

4.2.4.3. Fuerza de corte (F_c):

Este es el primer cálculo que debemos realizar ya que de los resultados obtenidos dependerá la selección adecuada del resto de elementos tales como: chumaceras, rodamientos, bujes, etc.

Como se menciona en el estado del arte, toda la potencia generada por el motor eléctrico confluye hacia la herramienta de corte, cuchilla, donde la fuerza generada debe ser mayor a la reacción del material y lógicamente de sentido opuesto.

Por lo tanto, es de vital importancia calcular la fuerza de corte y transformarlo en potencia necesaria o requerida para desbastar los alojamientos.

4.2.4.4. Fuerza de Corte Específica (K_s):

Es la fuerza sobre la sección o área de viruta desprendida del material a maquinar.

Dicha magnitud está relacionado con las siguientes características o restricciones:

- Velocidad de corte y avance
- Angulo de incidencia en el material.
- Estructura, composición, geometría y material de la pieza a maquinar.
- Espesor y área de la viruta desprendida.
- Composición del material de la pieza a trabajar.
- Grosor, espesor y área de viruta generada.

Mencionar que en el ANEXO N° 03, se presenta compilado la fuerza específica de corte en sus valores referenciales, teniendo en cuenta el avance de corte y el material a mandrilar.

De la TABLA N° 12 tomamos la fuerza de corte específica y proseguimos con los cálculos respectivos:

$$k_s = 3600 \text{ N/mm}^2$$

Teniendo la siguiente ecuación procedemos al calcular la fuerza de corte, donde asume una profundidad de pasada de 2.5 mm.

$$F_c = k_s \times a \times s$$
$$F_c = 3600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 2.5 \text{ mm} \times 0.2 \frac{\text{mm}}{\text{rev}}$$
$$F_c = 1800 \text{ N}$$

Ahora procedemos a convertir “N” en “Kgf” siempre llevándolo al entero superior:

$$F_c = 1800 \text{ N} \times \frac{0.102 \text{ kgf}}{1 \text{ N}}$$
$$F_c = 183.6 \text{ kgf}$$
$$F_c = 184 \text{ kgf}$$

4.2.4.5. Velocidad de Corte (Vc)

Por lo general, la velocidad adecuada de corte y avance de cada cuchilla del husillo viene tabulada en las fichas técnicas o catálogos de fabricación.

En el caso específico del presente proyecto la velocidad de corte se estimará según el ANEXO N° 03 en base al avance de corte = 0.2 mm/rev. y en función al material a maquinar.

Con estas condiciones establecemos que la velocidad de corte tiene el siguiente valor:

$$V_c = 24 \text{ m/min}$$

4.2.4.6. Sección o área referencial de viruta (A_{ref})

Conociendo la fuerza específica y la velocidad de corte consolidamos la TABLA 13, la misma que es una parte del ANEXO N° 03, en donde nos proporciona el dato estimado del área referencial o sección de viruta para una potencia referencial de 1 Kw.

TABLA 13: Área referencial de viruta (mm^2) para potencia de 1 KW

Velocidad de corte m/min	Fuerza Específica de Corte en N/mm^2						
	<<<	4800	4100	3600	3000	2600	>>>
20	<<<	0.47	0.55	0.63	0.76	0.88	>>>
24	<<<	0.39	0.46	0.53	0.63	0.73	>>>
25	<<<	0.38	0.44	0.51	0.61	0.70	>>>

Elaboración Propia.

De la TABLA 13 se puede correlacionar que para la fuerza de corte específica de $3600 N/mm^2$, con velocidad para corte de 24 m/min; el valor del área referencial de viruta es:

$$A_{ref} = 0.53 mm^2$$

4.2.4.7. Potencia de corte (P_c):

Utilizando el ANEXO N° 03 donde están comprendidos los valores referenciales al área de viruta en base a la potencia de accionamiento de 1 Kw y en específico la TABLA 13, correlacionamos con la siguiente fórmula hacia la potencia requerida para el mandrinado.

$$\frac{P_{real}}{A_{real}} = \frac{P_{ref}}{A_{ref}}$$

Reordenando obtenemos:

$$P_{real} = \frac{P_{ref} \times A_{real}}{A_{ref}}$$

Ahora necesitamos calcular el área real de influencia a mecanizar, y lo obtenemos con la siguiente formula:

$$A_{real} = s \times a$$

$$A_{real} = 0.2 \times 2.5$$

$$A_{real} = 0.5 \text{ mm}^2$$

Completando los datos:

- Potencia referencial = 1 Kw.
- Área referencial = 0.53 mm².
- Área real = 0.50 mm²

Calculamos:

$$P_{real} = \frac{1 \times 0.5}{0.53}$$

$$P_{real} = 0.94 \text{ kW}$$

Convertimos Kw. a H.P.:

$$P_{real} = 0.94 \text{ KW} \times \frac{1 \text{ hp}}{0.746 \text{ KW}}$$

$$P_{real} = 1.26 \text{ HP}$$

Con la potencia de corte calculada procedemos a estimar la potencia del motor eléctrico, esto aplicarle los rendimientos perdidos en las relaciones de transmisión:

- Rendimiento transmisión cardan: 85%
- Rendimiento reductor: 80%

Por lo tanto, consideramos potencia del motor eléctrico como:

$$P_m = \frac{1.26}{0.85 \times 0.80} = 1.8529 \text{ HP}$$

Debido a que en el mercado el motor comercial más próximo que cobertura esta potencia es de **2 H.P.**

4.2.4.8. Velocidad de Giro o Rotación de la Herramienta (N):

La velocidad de giro o rotación de la herramienta está vinculada directamente proporcional al diámetro de la pieza a mandrinar e inversamente proporcional a la velocidad de corte, como se presenta en la siguiente formula:

$$N = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D}$$

Donde se tiene los siguientes datos:

- $V_c = 24 \frac{m}{min}$
- $D: \text{diametro del pin} = 104 \text{ mm}$

Procedemos a calcular (N):

$$N = \frac{1000 \times 24}{\pi \times 104}$$

$$\mathbf{N = 73.40 RPM}$$

Por lo tanto consideramos una velocidad de giro de **75 RPM.**

4.2.4.9. Elección del moto-reductor:

El moto-reductor se elige de acuerdo a los cálculos realizados anteriormente, tomando en cuenta la potencia requerida de 2 H.P. y el reductor a 75 RPM.

En el ANEXO N° 04, se presente una ficha técnica en marca MOTOVARIO con el moto-reductor seleccionado donde se muestra las características en cuanto a dimensión, tamaño y peso.

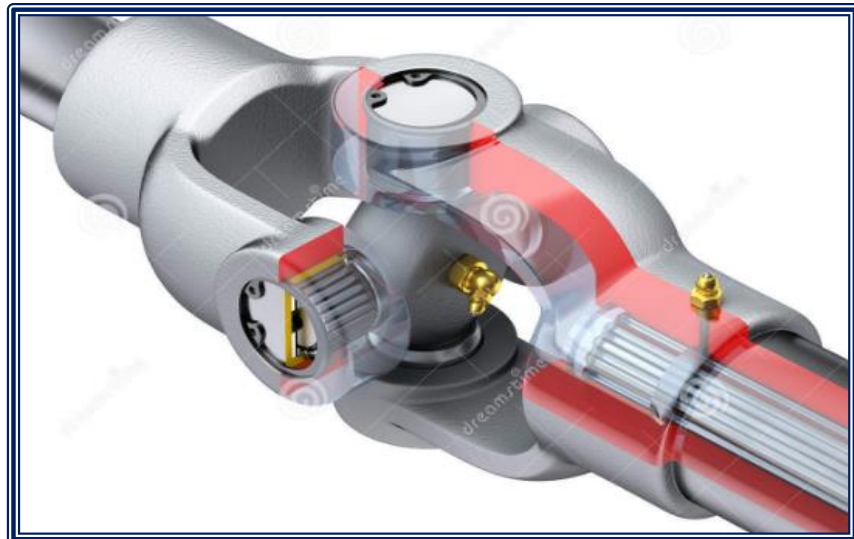
En el siguiente capítulo donde se analizará los automatismos eléctricos y electrónicos se implementará el uso de un variador de frecuencia.

4.2.4.10. Selección del Cardan:

La función del cardan es minimizar el desalineamiento que pueda existir entre los elementos donde se transmite la potencia.

En cuanto a la selección nos basamos en el máximo torque requerido por el moto-reductor que es de 188 N.m según ANEXO N° 04. De acuerdo a ello elegimos el cardan con especificaciones técnicas presentadas en el ANEXO N° 05.

FIGURA 31: Diseño referencial de cardan



Fuente: (Norton, 2011)

4.2.4.11. Análisis vectorial de fuerzas:

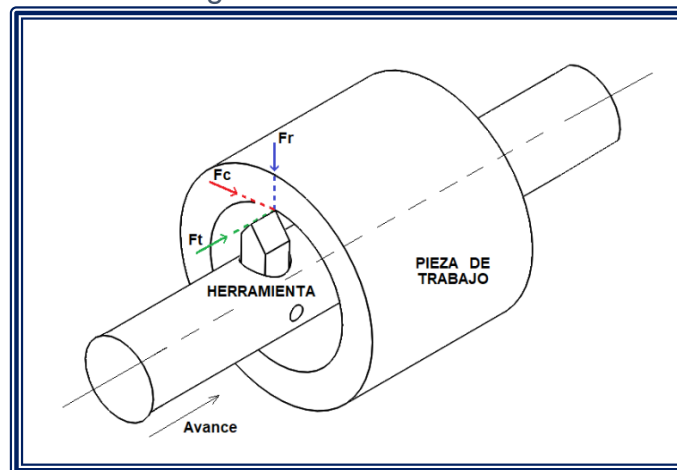
En el proceso de mandrinado intervienen un conjunto de fuerzas que se analizan en el presente proyecto:

- Fuerza de corte (F_c): Es la más importante y de mayor incidencia, por lo general está en el orden del 99 % del total de potencia empleada.

- Fuerza de avance (F_t): Por lo general se considera el 50% de la fuerza de corte.
- Fuerza radial (F_r): Es perpendicular al área mandrinada y se considera el 50% de la fuerza de avance.

En la FIGURA N° 32 se presenta dichas fuerzas que tienen incidencia en el proceso de mandrinado.

FIGURA 32: Diagrama de Fuerza en mandrinado



Elaboración Propia.

Realizado el cálculo anteriormente para la fuerza de corte se tiene el siguiente valor:

$$F_c = 1800 \text{ N}$$

De ello se calcula la fuerza de avance según las restricciones mencionadas en el análisis vectorial:

$$F_t = 1800 \text{ N} \times 0.5$$

$$F_t = 900 \text{ N}$$

De similar manera, se calcula la fuerza radial:

$$F_r = 900 \text{ N} \times 0.5$$

$$F_r = 450 \text{ N}$$

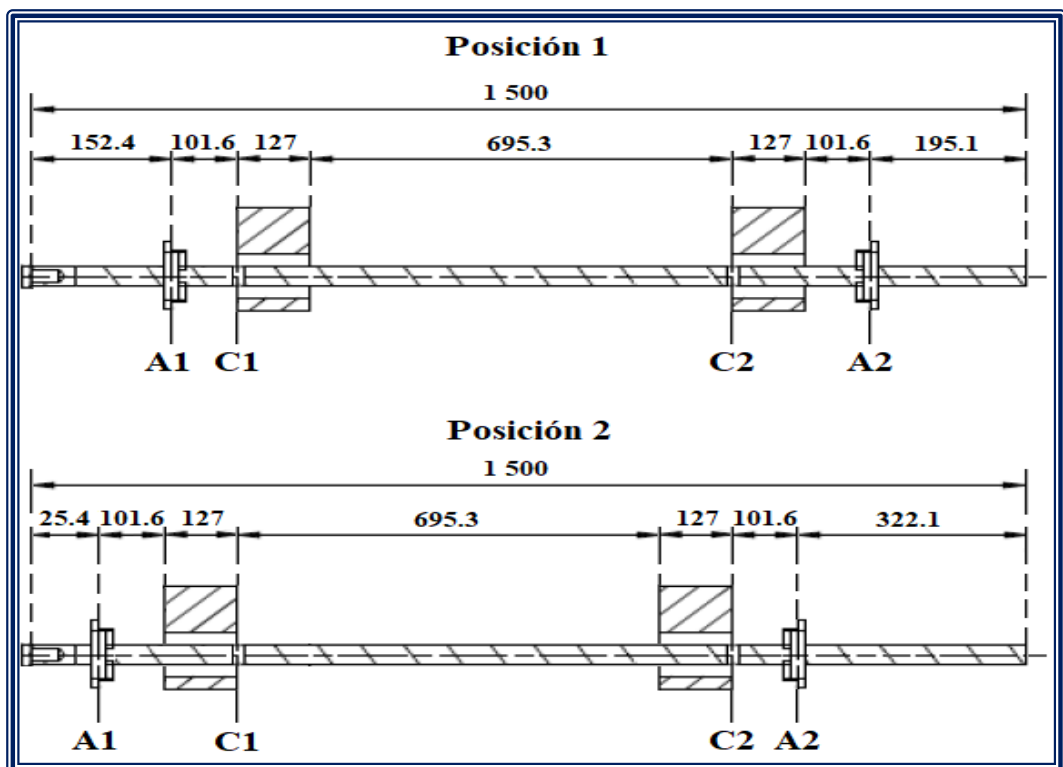
4.2.4.12. Diseño mecánico del husillo o eje porta-herramientas:

En el presente estudio para el diseño del husillo influye el factor económico ya que con la finalidad de reducir costos se realizará el mandrinado en el alojamiento 01 y luego en el alojamiento 02; con este perfil reduciremos el costo por doble potencia y vibración excesiva.

Bajo los lineamientos descritos líneas arriba, se presenta la FIGURA 33, donde se muestra la posición de inicio (**Posición 1**) y la posición final (**Posición 2**) del mecanizado.

- **A1**: Apoyo 1 del husillo.
- **A2**: Apoyo 2 del husillo.
- **C1**: Herramienta - cuchilla en posición de mecanizado del alojamiento 01.
- **C2**: Herramienta - cuchilla en posición de mecanizado del alojamiento 02.

FIGURA 33: Dimensiones Posición 1 y Posición 2 (mm)



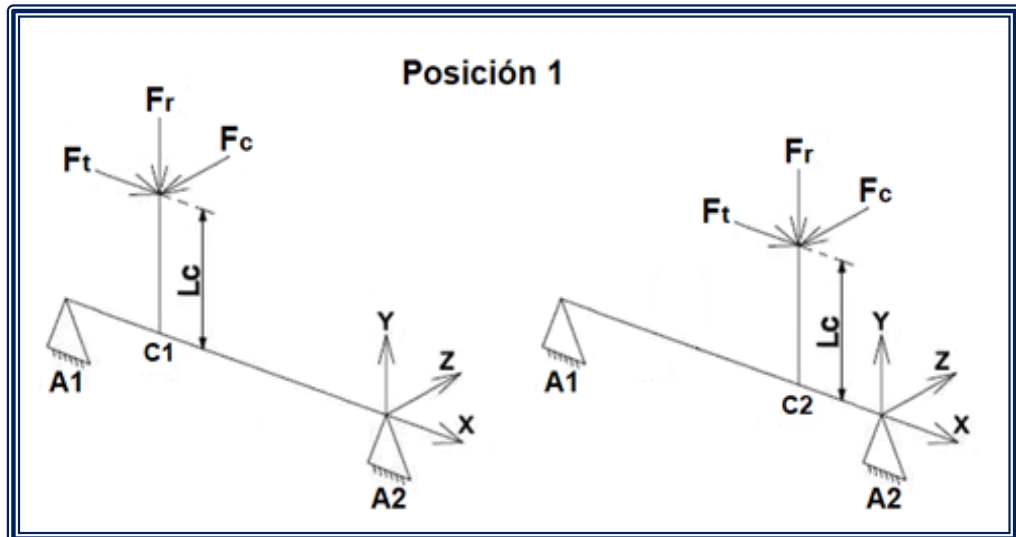
Elaboración Propia

4.2.4.13. Análisis con Diagramas de Cuerpo Libre (D.C.L.) del Husillo:

El análisis (D.C.L.) para los cálculos se realizará de manera similar para la Posición 1 y la Posición 2; de tal forma se evaluará las fuerzas cargadas en la herramienta-cuchilla (C1) posteriormente las fuerzas cargadas en la herramienta-cuchilla (C2).

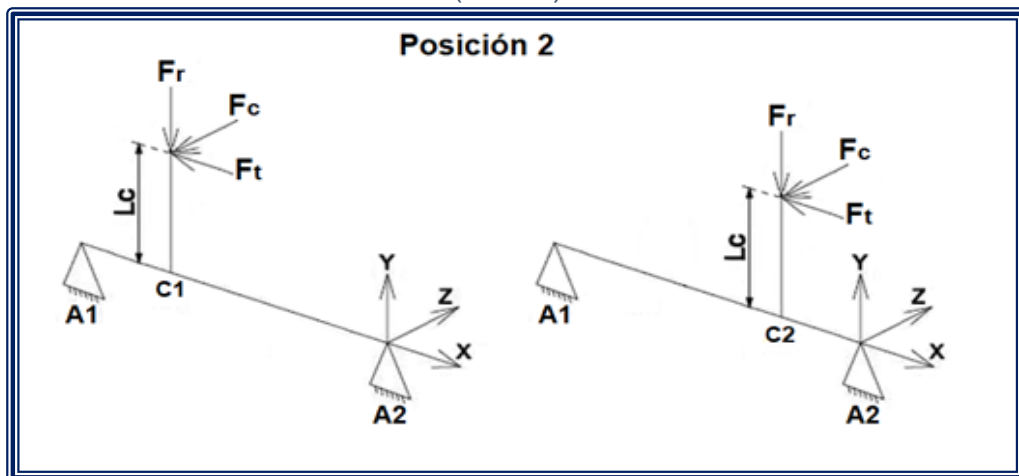
En la FIGURA 34 se presenta el análisis (D.C.L.) para la Posición 1; asimismo en la FIGURA 35 se muestra el análisis (D.C.L.) para la Posición 2.

FIGURA 34: Análisis (D.C.L.) Posición 01



Elaboración Propia.

FIGURA 35: Análisis (D.C.L.) Posición 02



Elaboración Propia.

Realizando el análisis previo concluimos que la herramienta-cuchilla tendrá un valor máximo en longitud del 50% de 101.6 mm (o sea la mitad de la longitud del pin).

Teniendo:

$$F_c = 1.8 \text{ KN}$$

$$F_t = 0.9 \text{ KN}$$

$$F_r = 0.45 \text{ KN}$$

$$L_c = 50.8 \text{ mm}$$

Calculamos el siguiente torque o momento de fuerza:

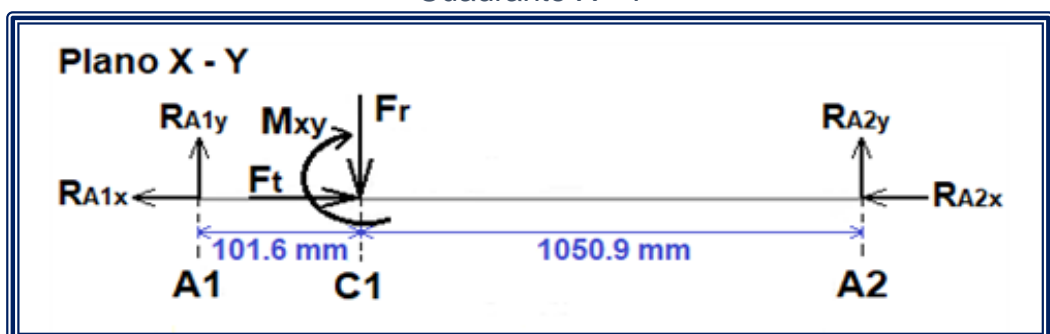
$$M_{xy} = F_t \times L_c = 900 \text{ N} \times 50.8 \text{ mm} = 45\,720 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{xy} = 45.72 \text{ KN} \cdot \text{mm}$$

4.2.4.14. (D.C.L.) Posición 1 con fuerzas aplicadas en la Herramienta-cuchilla (C1):

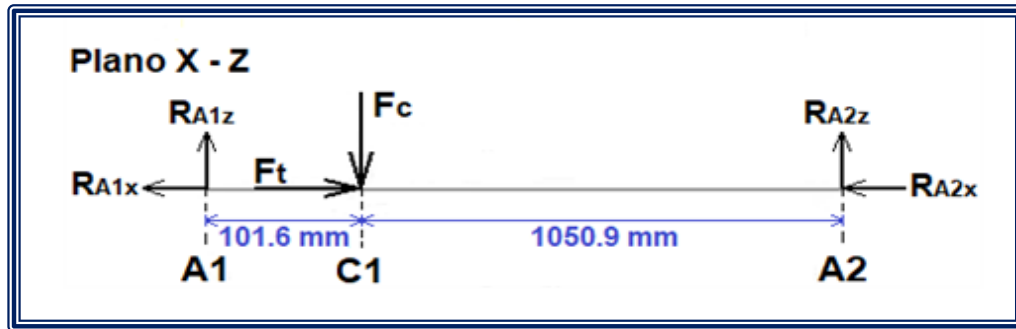
- El husillo con la herramienta-cuchilla (C1) en el análisis (D.C.L.) en el cuadrante X – Y para la Posición 1 se presenta en la FIGURA 36.
- El husillo con la herramienta-cuchilla (C1) en el análisis (D.C.L.) en el cuadrante X – Z para la Posición 1 se presenta en la FIGURA 37.

FIGURA 36: (D.C.L.) en Posición 1 con Herramienta-Cuchilla (C1) en el Cuadrante X - Y



Elaboración Propia.

FIGURA 37: (D.C.L) en Posición 1 con Herramienta-Cuchilla (C1) en el Cuadrante X - Z



Elaboración Propia.

Ahora se procede a calcular las reacciones soportadas por el husillo en los apoyos en la Posición 1 con herramienta-cuchilla (C1).

Cuadrante X - Y:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow R_{A1x} + R_{A2x} = F_t \xrightarrow{\text{Donde}} R_{A1x} = R_{A2x} \rightarrow R_{A1x} = R_{A2x} = F_t/2$$

$$R_{A1x} = R_{A2x} = 0.45 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{A1y} + R_{A2y} = F_r \rightarrow R_{A1y} + R_{A2y} = 0.45 \text{ KN} \quad (i)$$

$$\sum M_{A2} = 0 \rightarrow R_{A1y} \times 1152.5 \text{ mm} + M_{xy} - F_r \times 1050.9 \text{ mm} = 0$$

$$R_{A1y} = \frac{F_r \times 1050.9 \text{ mm} - M_{xy}}{1152.5 \text{ mm}} = \frac{0.45 \text{ KN} \times 1050.9 \text{ mm} - 45.72 \text{ KN} \cdot \text{mm}}{1152.5 \text{ mm}}$$

$$R_{A1y} = 0.37 \text{ KN}$$

De la relación (i), se obtiene:

$$R_{A2y} = 0.08 \text{ KN}$$

Cuadrante X - Z:

$$\sum F_z = 0 \rightarrow R_{A1z} + R_{A2z} = F_c \rightarrow R_{A1z} + R_{A2z} = 1.8 \text{ KN} \quad (ii)$$

$$\sum M_{A2} = 0 \rightarrow R_{A1z} \times 1152.5 \text{ mm} - F_c \times 1050.9 \text{ mm} = 0$$

$$R_{A1z} = \frac{F_c \times 1050.9 \text{ mm}}{1152.5 \text{ mm}} = \frac{1.8 \text{ KN} \times 1050.9 \text{ mm}}{1152.5 \text{ mm}}$$

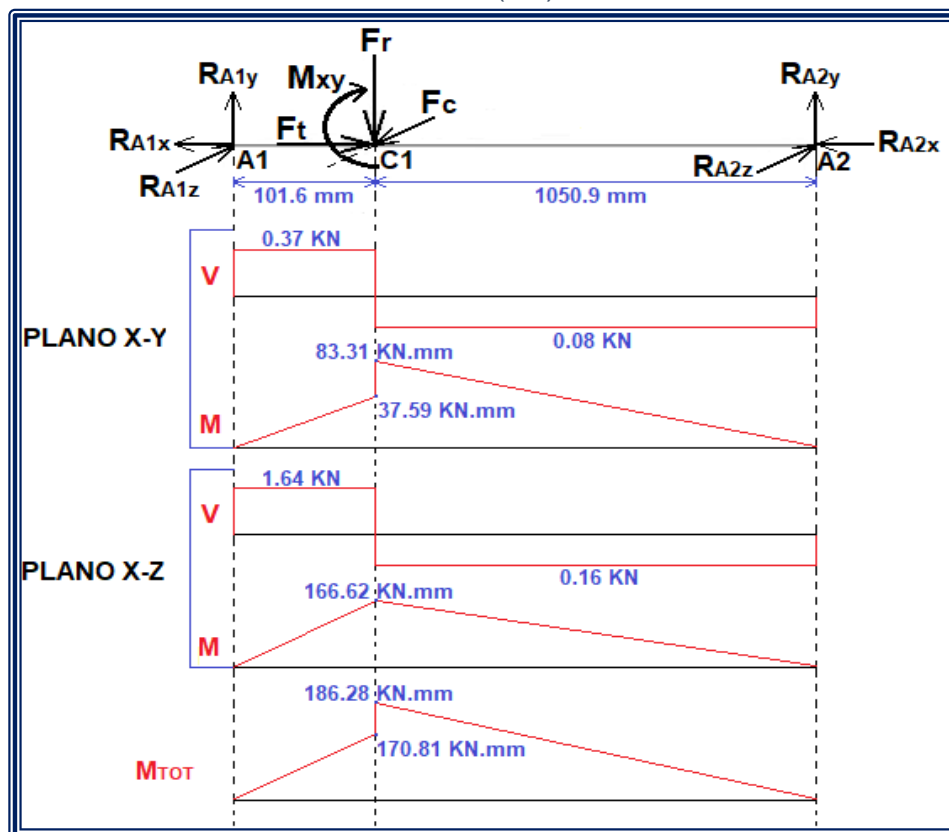
$$R_{A1z} = 1.64 \text{ KN}$$

Calculamos de la relación (ii):

$$R_{A2z} = 0.16 \text{ KN}$$

El momento de fuerza y diagrama de corte del husillo para la Posición 1 de la herramienta-cuchilla (C1) se presenta en la FIGURA 38.

FIGURA 38: Diagrama corte y momento fuerza para la Posición 1 en herramienta-cuchilla (C1)



Elaboración Propia.

En base a la FIGURA 38, evaluamos vectorialmente en los planos ortogonales con la finalidad de obtener el momento de fuerza total en la Posición 1 para la herramienta-cuchilla (C1).

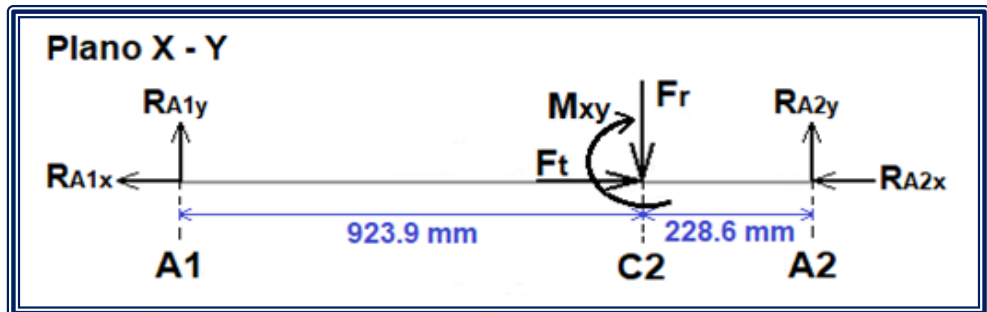
$$M_{1-c1} = \sqrt{83.31^2 + 166.62^2}$$

$$M_{1-c1} = 186.28 \text{ KN.mm} = \mathbf{186.28 \text{ N.m}}$$

4.2.4.15. (D.C.L.) Posición 1 con fuerzas aplicadas en la Herramienta-cuchilla (C2):

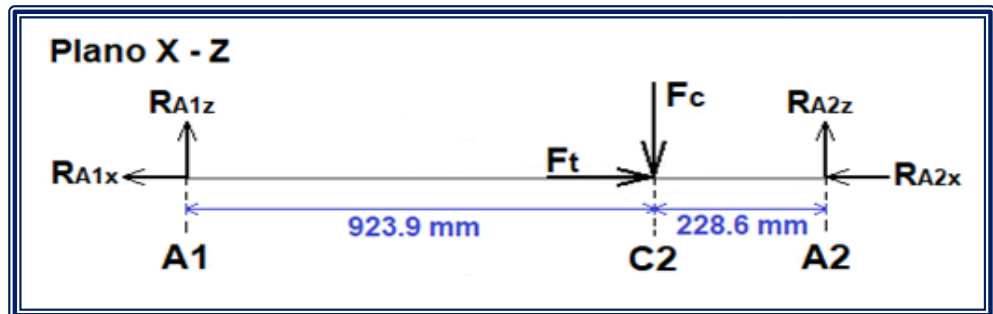
- El husillo con la herramienta-cuchilla (C2) en el análisis (D.C.L.) en el cuadrante X – Y para la Posición 1 se presenta en la FIGURA 39.
- El husillo con la herramienta-cuchilla (C2) en el análisis (D.C.L.) en el cuadrante X – Z para la Posición 1 se presenta en la FIGURA 40.

FIGURA 39: (D.C.L.) en Posición 1 con Herramienta-Cuchilla (C2) en el Cuadrante X - Y



Elaboración Propia.

FIGURA 40: (D.C.L.) en Posición 1 con Herramienta-Cuchilla (C2) en el Cuadrante X - Z



Elaboración Propia.

Ahora se procede a calcular las reacciones soportadas por el husillo en los apoyos para la posición 1 con herramienta-cuchilla (C2).

Cuadrante X - Y:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow R_{A1x} + R_{A2x} = F_t \quad \xrightarrow{\text{Donde}} \quad R_{A1x} = R_{A2x} \rightarrow R_{A1x} = R_{A2x} = F_t/2$$

$$R_{A1x} = R_{A2x} = 0.45 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{A1y} + R_{A2y} = F_r \rightarrow R_{A1y} + R_{A2y} = 0.45 \text{ KN} \quad (i)$$

$$\sum M_{A2} = 0 \rightarrow R_{A1y} \times 1152.5 \text{ mm} + M_{xy} - F_r \times 228.6 \text{ mm} = 0$$

$$R_{A1y} = \frac{F_r \times 228.6 \text{ mm} - M_{xy}}{1152.5 \text{ mm}} = \frac{0.45 \text{ KN} \times 228.6 \text{ mm} - 45.72 \text{ KN}\cdot\text{mm}}{1152.5 \text{ mm}}$$

$$R_{A1y} = 0.05 \text{ KN}$$

De la relación (i), se obtiene:

$$R_{A2y} = 0.40 \text{ KN}$$

Cuadrante X - Z:

$$\sum F_z = 0 \rightarrow R_{A1z} + R_{A2z} = F_c \rightarrow R_{A1z} + R_{A2z} = 1.8 \text{ KN} \quad (ii)$$

$$\sum M_{A2} = 0 \rightarrow R_{A1z} \times 1152.5 \text{ mm} - F_c \times 228.6 \text{ mm} = 0$$

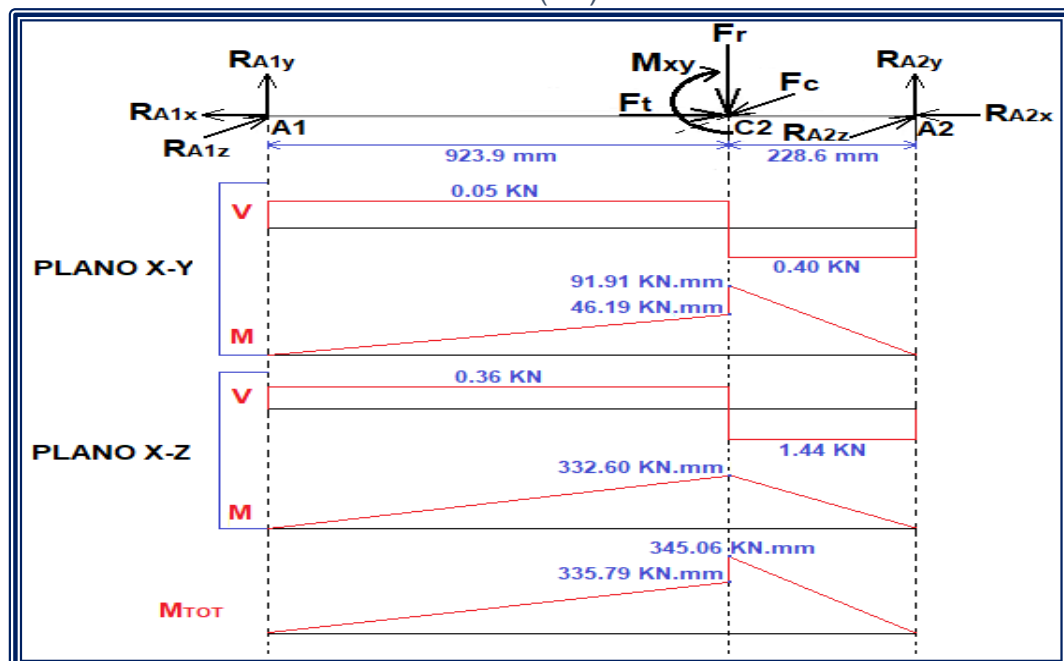
$$R_{A1z} = \frac{F_c \times 228.6 \text{ mm}}{1152.5 \text{ mm}} = \frac{1.8 \text{ KN} \times 228.6 \text{ mm}}{1152.5 \text{ mm}}$$

$$R_{A1z} = 0.36 \text{ KN}$$

De la relación (ii), se obtiene:

$$R_{A2z} = 1.44 \text{ KN}$$

FIGURA 41: Diagrama corte y momento fuerza para Posición 1 en la herramienta-cuchilla (C2)



Elaboración Propia.

A través de la FIGURA 41 presentamos el diagrama de corte y momento de fuerza del husillo para la Posición 1 de la herramienta-cuchilla (C2), asimismo se evalúa vectorialmente en los planos ortogonales con la finalidad de obtener el momento de fuerza total en la Posición 1 para la herramienta-cuchilla (C2):

$$M_{1-c2} = \sqrt{91.91^2 + 332.60^2}$$

$$M_{1-c2} = 345.06 \text{ KN. mm} = \mathbf{345.06 \text{ N. m}}$$

4.2.4.16. (D.C.L.) Posición 2 con fuerzas aplicadas en la Herramienta-cuchilla (C1):

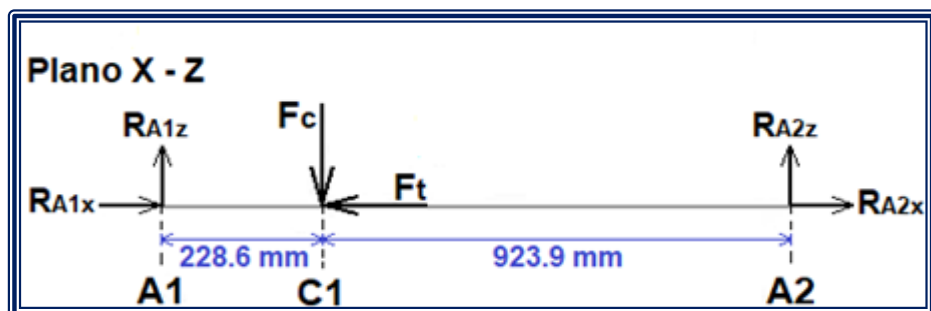
- El husillo con la herramienta-cuchilla (C1) en el análisis (D.C.L.) en el cuadrante X – Y en la Posición 2 se presenta en la FIGURA 42.
- El husillo con la herramienta-cuchilla (C1) en el análisis (D.C.L.) en el cuadrante X – Z en la Posición 2 se presenta en la FIGURA 43.

FIGURA 42: (D.C.L) en Posición 2 con Herramienta-Cuchilla (C1) en el Cuadrante X - Y



Elaboración propia.

FIGURA 43: (D.C.L) en Posición 2 con Herramienta-Cuchilla (C1) en el Cuadrante X - Z



Elaboración propia.

Ahora se procede a calcular las reacciones soportadas por el husillo en apoyos para Posición 2 con herramienta-cuchilla (C1).

Cuadrante X - Y:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow R_{A1x} + R_{A2x} = F_t \xrightarrow{\text{Donde}} R_{A1x} = R_{A2x} \rightarrow R_{A1x} = R_{A2x} = F_t/2$$

$$R_{A1x} = R_{A2x} = \mathbf{0.45\ KN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{A1y} + R_{A2y} = F_r \rightarrow R_{A1y} + R_{A2y} = 0.45\ KN \quad (i)$$

$$\sum M_{A2} = 0 \rightarrow R_{A1y} \times 1152.5\ mm - M_{xy} - F_r \times 923.9\ mm = 0$$

$$R_{A1y} = \frac{F_r \times 923.9\ mm + M_{xy}}{1152.5\ mm} = \frac{0.45\ KN \times 923.9\ mm + 45.72\ KN \cdot mm}{1152.5\ mm}$$

$$R_{A1y} = \mathbf{0.40\ KN}$$

De la relación (i), se obtiene:

$$R_{A2y} = \mathbf{0.05\ KN}$$

Cuadrante X - Z:

$$\sum F_z = 0 \rightarrow R_{A1z} + R_{A2z} = F_c \rightarrow R_{A1z} + R_{A2z} = 1.8\ KN \quad (ii)$$

$$\sum M_{A2} = 0 \rightarrow R_{A1z} \times 1152.5\ mm - F_c \times 923.9\ mm = 0$$

$$R_{A1z} = \frac{F_c \times 923.9\ mm}{1152.5\ mm} = \frac{1.8\ KN \times 923.9\ mm}{1152.5\ mm}$$

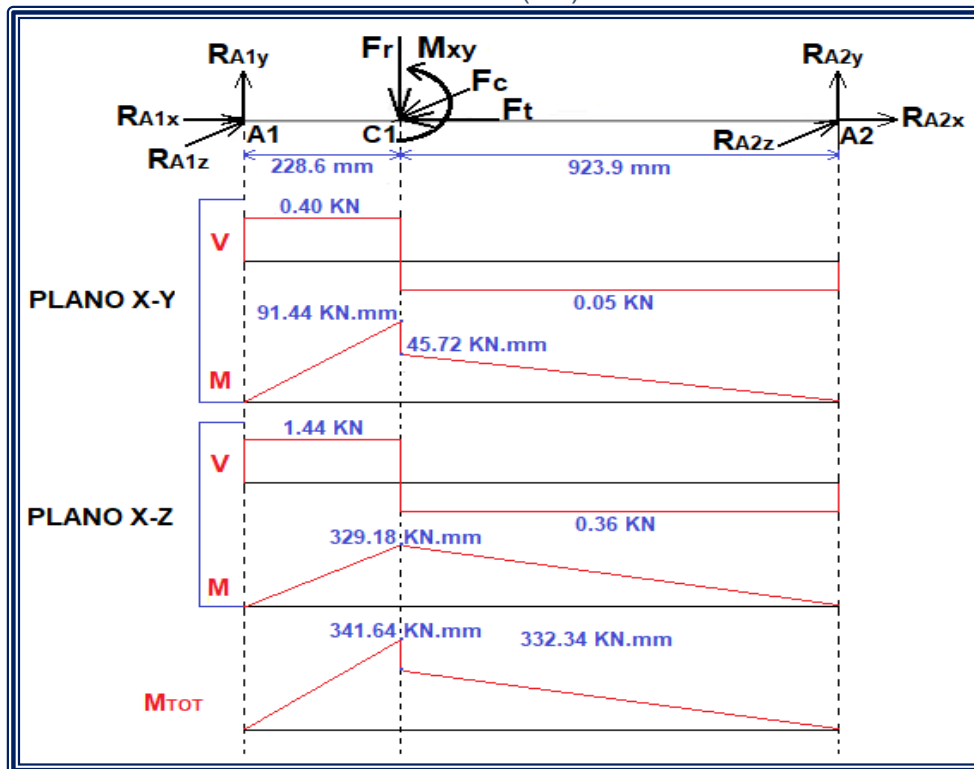
$$R_{A1z} = \mathbf{1.44\ KN}$$

De la relación (ii), se obtiene:

$$R_{A2z} = \mathbf{0.36\ KN}$$

En la FIGURA 44 se presenta el diagrama de corte y momento de fuerza del husillo para la Posición 2 de la herramienta-cuchilla (C1).

FIGURA 44: Diagrama corte y momento fuerza para la Posición 2 en herramienta-cuchilla (C1)



Elaboración Propia.

Mediante la FIGURA 44, evaluamos vectorialmente en los planos ortogonales con la finalidad de obtener el momento de fuerza total en la Posición 2 para la herramienta-cuchilla (C1).

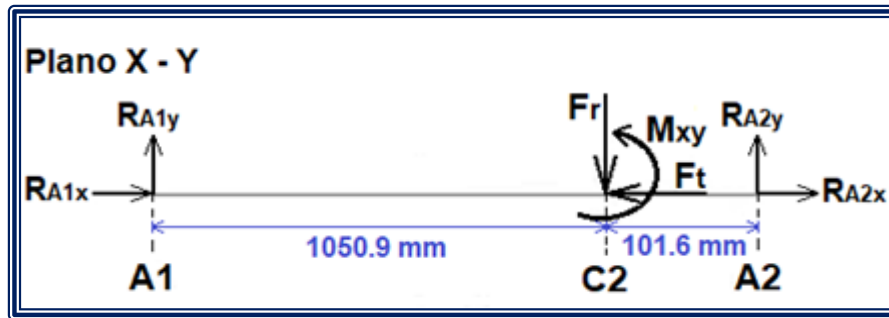
$$M_{2-c1} = \sqrt{91.44^2 + 329.18^2}$$

$$M_{2-c1} = 341.64 \text{ KN. mm} = \mathbf{341.64 \text{ N. m}}$$

4.2.4.17. (D.C.L.) Posición 2 con fuerzas aplicadas en la Herramienta-cuchilla (C2):

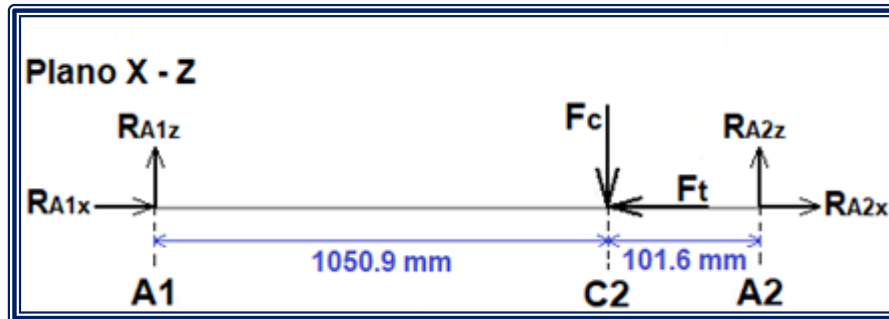
- El husillo con la herramienta-cuchilla (C2) en el análisis (D.C.L.) en el cuadrante X – Y en la Posición 2 se presenta en la FIGURA 45.
- El husillo con la herramienta-cuchilla (C2) en el análisis (D.C.L.) en el cuadrante X – Z en la Posición 2 se presenta en la FIGURA 46.

FIGURA 45: (D.C.L) en Posición 2 con Herramienta-Cuchilla (C2) en el Cuadrante X - Y



Elaboración Propia.

FIGURA 46: (D.C.L) en Posición 2 con Herramienta-Cuchilla (C2) en el Cuadrante X - Z



Elaboración Propia.

Ahora se procede a calcular las reacciones soportadas por el husillo en los apoyos para Posición 2 con herramienta-cuchilla (C2).

Cuadrante X - Y:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow R_{A1x} + R_{A2x} = F_t \quad \xrightarrow{\text{Donde}} \quad R_{A1x} = R_{A2x} \rightarrow R_{A1x} = R_{A2x} = F_t/2$$

$$R_{A1x} = R_{A2x} = 0.45 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{A1y} + R_{A2y} = F_r \rightarrow R_{A1y} + R_{A2y} = 0.45 \text{ KN} \quad (i)$$

$$\sum M_{A2} = 0 \rightarrow R_{A1y} \times 1152.5 \text{ mm} - M_{xy} - F_r \times 101.6 \text{ mm} = 0$$

$$R_{A1y} = \frac{F_r \times 101.6 \text{ mm} + M_{xy}}{1152.5 \text{ mm}} = \frac{0.45 \text{ KN} \times 101.6 \text{ mm} + 45.72 \text{ KN} \cdot \text{mm}}{1152.5 \text{ mm}}$$

$$R_{A1y} = 0.08 \text{ KN}$$

De la relación (i), se obtiene:

$$R_{A2y} = 0.37 \text{ KN}$$

Cuadrante X - Z:

$$\sum F_z = 0 \rightarrow R_{A1z} + R_{A2z} = F_c \rightarrow R_{A1z} + R_{A2z} = 1.8 \text{ KN} \quad (ii)$$

$$\sum M_{A2} = 0 \rightarrow R_{A1z} \times 1152.5 \text{ mm} - F_c \times 101.6 \text{ mm} = 0$$

$$R_{A1z} = \frac{F_c \times 101.6 \text{ mm}}{1152.5 \text{ mm}} = \frac{1.8 \text{ KN} \times 101.6 \text{ mm}}{1152.5 \text{ mm}}$$

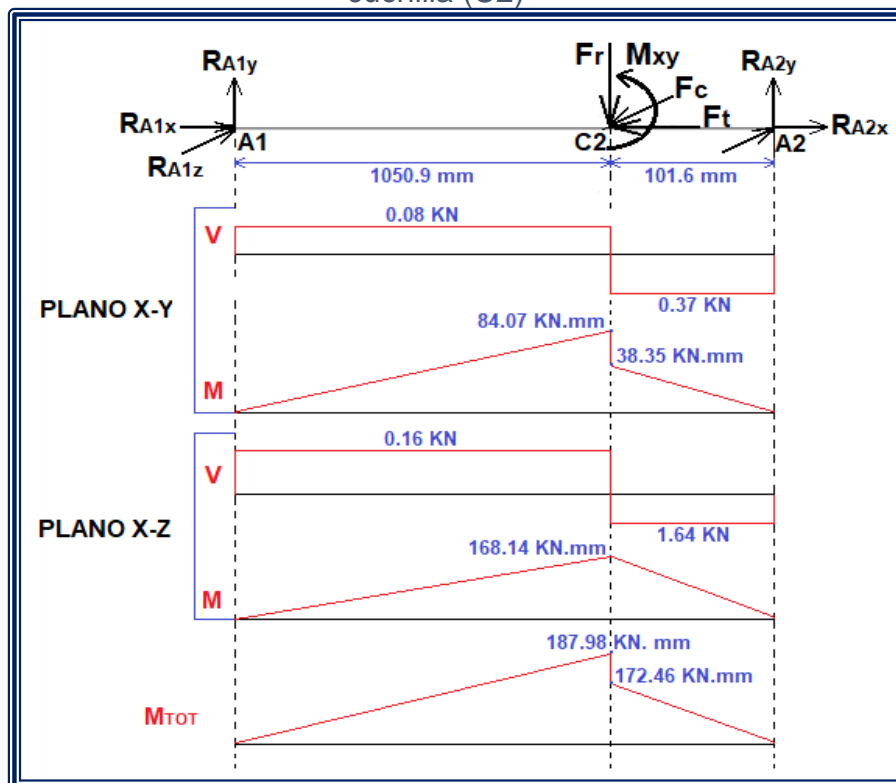
$$R_{A1z} = 0.16 \text{ KN}$$

De la relación (ii), se obtiene:

$$R_{A2z} = 1.64 \text{ KN}$$

A través de la FIGURA 47 presentamos el diagrama de corte y momento de fuerza del husillo para Posición 2 de la herramienta-cuchilla (C2).

FIGURA 47: Diagrama corte y momento fuerza para la Posición 2 en herramienta-cuchilla (C2)



Elaboración Propia.

De esta FIGURA 47, se evalúa vectorialmente en los planos ortogonales con la finalidad de obtener el momento de fuerza total en la Posición 2 para la herramienta-cuchilla (C2).

$$M_{2-C2} = \sqrt{84.07^2 + 168.14^2}$$

$$M_{2-C2} = 187.98 \text{ KN. mm} = \mathbf{187.98 \text{ N. m}}$$

4.2.4.18. Diseño del diámetro del husillo o eje porta cuchillas.

En el presente estudio el diseño de ejes se calculará por la posición de esfuerzo críticos bajo el criterio (ED-ASME).

De acuerdo al estado del arte tenemos la siguiente ecuación, donde “d” es el diámetro del eje:

$$d = \left\{ \frac{16 n}{\pi} \left[4 \left(\frac{k_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{k_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Dado que el movimiento del eje es giratorio se tiene flexión y torsión constante, de donde se puede concluir que T_a y M_m toman valores igual a cero, por lo tanto la ecuación simplificada quedará de la siguiente manera:

$$d = \left\{ \frac{16 n}{\pi} \left[4 \left(\frac{k_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Ahora es necesario calcular los parámetros de esta ecuación simplificada con las siguientes condiciones:

- i. Para el estudio respectivo se considerará el Acero ASTM A36, el cual tiene las siguientes características:
 - ✓ Límite de fluencia de $S_y = 250 \text{ MPa}$.
 - ✓ Resistencia a la tracción de $S_{ut} = 400 \text{ MPa}$.

- ii. Se considera al husillo o eje porta cuchillas de forma regular en su estructura, esto es, la sensibilidad a la muesca "q" = 0.

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \xrightarrow{q=0} k_f = 1$$

$$k_{fs} = 1 + q(k_{ts} - 1) \xrightarrow{q=0} k_{fs} = 1$$

- iii. La fórmula utilizada para cálculo de la resistencia por fatiga para su posición más extrema del husillo será:

$$S_e = k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times S'_e$$

- Determinamos (S'_e), utilizando el ANEXO N° 06:

$$S'_e = 0.5 \times S_{ut} = 0.5 \times 400 \text{ MPa}$$

$$S'_e = 200 \text{ MPa}$$

- Determinamos (k_a), utilizando el ANEXO N° 07:

$$k_a = a \times S_{ut}^b \xrightarrow{\text{Maquinado}} k_a = 4.51 \times 400^{-0.265}$$

$$k_a = 0.92$$

- Determinamos (k_b), que depende del diámetro del eje lo acercamos a 1.

$$k_b = 0.9$$

- Determinamos (k_c), utilizando el ANEXO N° 08, donde se elige el mínimo valor por carga de torsión:

$$k_c = 0.59$$

- Determinamos (k_d), basado en el ANEXO N° 09:

$$k_d \xrightarrow{T=20^\circ\text{C}} k_d = 1$$

- Determinamos (k_e), basado en un confiabilidad del 99.99% tomando el ANEXO N° 10:

$$k_e = 0.702$$

Teniendo todos los datos anteriores, procedemos a calcular:

$$S_e = 0.92 \times 0.9 \times 0.59 \times 1 \times 0.702 \times 200 \text{ MPa}$$

$$S_e = 68.59 \text{ MPa}$$

- iv. Teniendo en cuenta la incertidumbre de las resistencias y el riesgo asociado a la operación, consideramos para el presente estudio un factor de seguridad igual a 2.
- v. Determinamos el torque de torsión (T_m), con la siguiente formula:

$$T_m = F_c \times L_c = 1.8 \text{ KN} \times 50.8 \text{ mm}$$

$$T_m = 91.44 \text{ N.m}$$

- vi. El momento total más alto, se alcanza en la Posición 1 con la herramienta-cuchilla (C2), el cual será (M_a):

$$M_a = M_{1-C2} = 345.06 \text{ N.m}$$

Por lo tanto, procedemos a calcular el diámetro del husillo o eje portaherramientas:

$$d = \left\{ \frac{16(2)}{\pi} \left[4 \left(\frac{(1)(345.06)}{68.59 \times 10^6} \right)^2 + 3 \left(\frac{(1)(91.44)}{250 \times 10^6} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 0.047 \text{ m} = 47 \text{ mm}$$

Resultado de ello el diámetro mínimo del husillo o eje portacuchillas será 47.00 mm:

$$D_{eje} \geq 47 \text{ mm}$$

En conclusión se elegirá el eje próximo más comercial que es acero ASTM A36 trefilado, en diámetro de 2 pulgadas o **50.8 mm**.

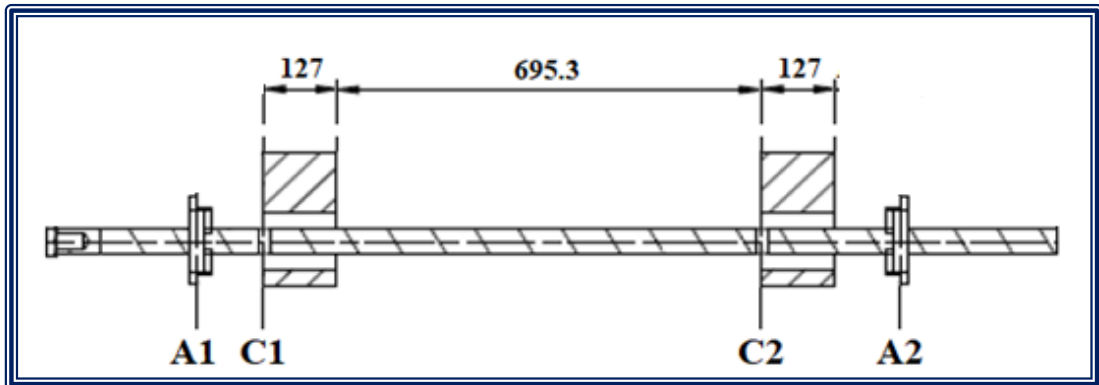
4.2.4.19. Análisis de esfuerzo por pandeo del husillo o eje porta cuchillas:

Conociendo los valores presentados en la FIGURA 48 de:

- Diámetro = 50.8 mm
- Longitud = 695.3 mm

Podemos realizar los cálculos para determinar si el husillo o ejes portaherramientas sufre pandeo.

FIGURA 48: Vista del husillo o eje portaherramientas



Elaboración Propia.

La fuerza crítica de pandeo se define con la siguiente ecuación:

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 EA}{\left(\frac{l_e}{k}\right)^2}$$

Asimismo procedemos a calcular el radio de giro:

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$k = \sqrt{\frac{\frac{\pi r^4}{4}}{\pi r^2}} = \sqrt{\frac{r^2}{4}} = \sqrt{\frac{0.0254}{4}}$$

$$k = 79.6 \cdot 10^{-3}$$

Asimismo se tiene el siguiente dato para el material utilizado, módulo elástico (E) = 200 GPa.

De donde se determina el área con la siguiente ecuación:

$$A = \pi r^2 = \pi(0.0254)^2$$

$$A = 20.27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Para el lado considerado como empotrado, se rectifica la longitud:

$$l_e = 0.5 l = 0.5 \times 695 = 0.3475 \text{ m}$$

Por lo tanto determinamos la fuerza crítica de pandeo:

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 \times 200 \times 10^9 \times 20.27 \times 10^{-4}}{\left(\frac{0.3475}{0.00796}\right)^2}$$

$$P_{crit} = 20.99 \times 10^5 \text{ N}$$

Consideramos factor de seguridad igual a 5.

$$P_{crit} = \frac{20.99 \times 10^5 \text{ N}}{5} = 419 \text{ kN}$$

La relación el eje será:

$$0.9 \text{ kN} < 419 \text{ kN}$$

con la fuerza de avance 0.9 kN que origina carga axial en

La fuerza aplicada es menor por lo tanto no sucede pandeo.

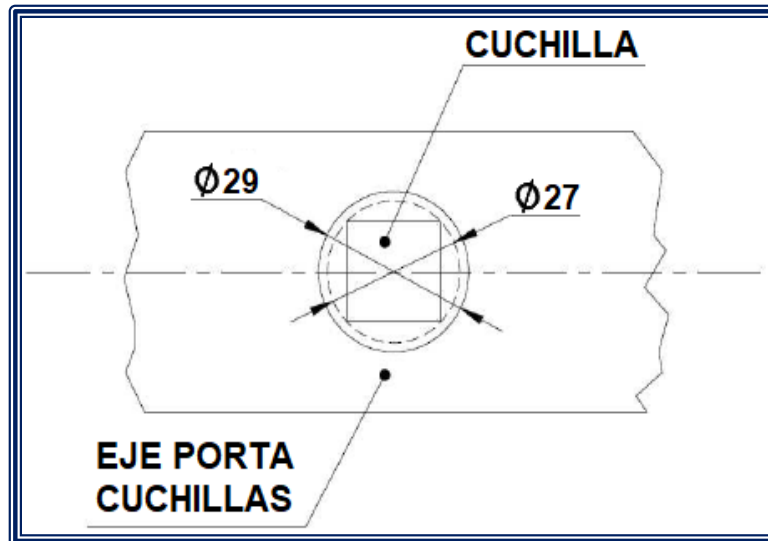
4.2.4.20. Husillo: Ubicación de cuchillas:

En el presente proyecto la cuchilla utilizada es de $\frac{3}{4}$ " (19.05 mm), ya que es la mayormente utilizada para el mandrinado;

el husillo tendrá cuatro alojamientos, dos principales y dos auxiliares equidistantes a 250 mm.

En la FIGURA 49 se presenta la disposición de la cuchilla y la vista como queda instalada, donde el procedimiento a seguir es perforar con broca a diámetro según se muestra.

FIGURA 49: Vista alojamiento de cuchilla



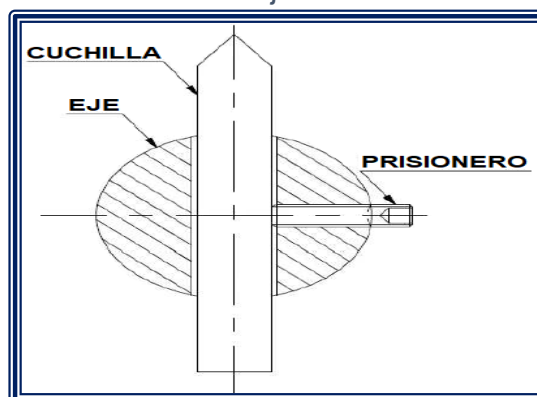
Elaboración Propia.

4.2.4.21 Prisioneros:

Los prisioneros permiten sujetar y posicionar las cuchillas en el husillo o eje portaherramientas.

En la FIGURA 50 se presenta una vista de sección de cómo quedaron instalados los prisioneros.

FIGURA 50: Ajuste de cuchilla

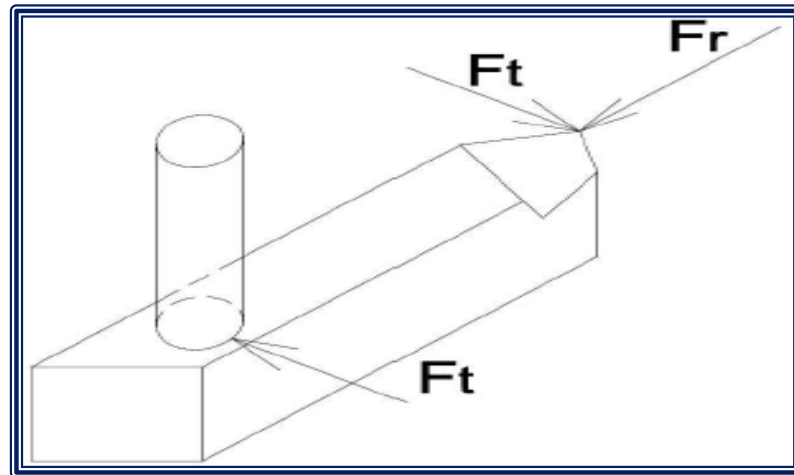


Elaboración Propia.

Para dimensionar los prisioneros se utiliza la fuerza de avance
 $F_t = 0.9 \text{ KN}$.

En la FIGURA 51 se presenta el análisis (D.C.L.) con las fuerzas que intervienen en el mecanizado.

FIGURA 51: Esquema (D.C.L.) del prisionero



Elaboración Propia.

Según el estado del arte, el máximo esfuerzo para el prisionero:

$$\sigma_{max} = \frac{F}{A}$$

Dónde:

F : Carga o fuerza de avance, $F = F_t$

A : Área de la sección transversal, $A = \pi \times r^2$

Reemplazamos en dicha fórmula:

$$\sigma_{max} = \frac{F_t}{\pi \times r^2}$$

Donde se tiene la restricción:

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{permisible}$$

Y Conociendo que el esfuerzo permisible tiene la siguiente formula:

$$\sigma_{permisible} = \frac{S_y}{n}$$

Dónde:

S_y : Límite de fluencia del material, (Acero A36, $S_y = 250 \text{ MPa}$)

n : Factor de seguridad, ($n = 2.5$)

Entonces:

$$\sigma_{max} = \frac{F_t}{\pi \times r^2} \leq \frac{S_y}{n} = \sigma_{permisible}$$
$$\frac{F_t}{\pi \times r^2} \leq \frac{S_y}{n}$$

Despejando "r":

$$r \geq \sqrt{\frac{F_t \times n}{\pi \times S_y}}$$

Reemplazando:

$$r \geq \sqrt{\frac{0.9 \times 10^3 \times 2.5}{\pi \times 250 \times 10^6}}$$
$$r \geq 0.0017 \text{ m}$$
$$r \geq \mathbf{1.7 \text{ mm}}$$

Según el cálculo realizado será necesario utilizar prisioneros con radio mayor a 3.40 mm; y para el presente estudio tomaremos el prisionero M10x25 (diámetro 10 mm y longitud 25 mm).

4.2.4.22. Cálculo de Rodamientos

En la TABLA 14 se presenta el consolidado de las cargas o fuerzas axiales y radiales en los apoyos del husillo o eje porta herramientas, las mismas que influirán en el cálculo óptimo del rodamiento.

TABLA 14: Consolidado de cargas en apoyos del husillo

CARGAS EN LOS APOYOS A1 Y A2 PARA TODAS LAS POSICIONES								
Cargas	Posición 1 – C1		Posición 1 – C2		Posición 2 – C1		Posición 2 – C2	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
RX	0.45 KN	0.45 KN	0.45 KN	0.45 KN	0.45 KN	0.45 KN	0.45 KN	0.45 KN
RY	0.37 KN	0.08 KN	0.05 KN	0.40 KN	0.40 KN	0.05 KN	0.08 KN	0.37 KN
RZ	1.64 KN	0.16 KN	0.36 KN	1.44 KN	1.44 KN	0.36 KN	0.16 KN	1.64 KN

Elaboración Propia.

De la TABLA 14, seleccionamos las cargas radiales y axiales máximas para proseguir con el cálculo:

- Carga radial (F_r) = 1.64 KN
- Carga axial (F_a) = 0.45 KN

Asimismo aseveramos que el diámetro interno del rodamiento a seleccionar será para eje de 50.8 mm que es la medida del diámetro del husillo o eje portaherramientas.

i. Carga equivalente:

Es una carga dinámica que interrelaciona la fuerza axial y radial con un factor adicional de carga. Tiene la siguiente fórmula:

$$P = X F_r + Y F_a$$

Dónde:

F_r : Carga radial, $F_r = 1.64 \text{ KN}$

F_a : Carga axial, $F_a = 0.45 \text{ KN}$

X : Factor de carga radial

Y : Factor de carga axial

Del ANEXO N° 11, catálogo de rodamientos SKF, tomamos los factores de carga el rodamiento una hilera de bolas con contacto angular a emplear:

- $X = 0.56$
- $Y = 1.6$

Reemplazando en la ecuación se tendrá la carga equivalente dinámica:

$$P = 0.56 \times 1.64 \text{ KN} + 1.6 \times 0.45 \text{ KN}$$

$$P = 1.638 \text{ KN} = 1638 \text{ N}$$

ii. Vida Estimada:

Para el presente estudio se toma como base la guía del catálogo SKF, donde nos menciona que la vida nominal L_{10h} es de 750 horas; asimismo propone la siguiente ecuación para el tiempo de vida útil de un rodaje:

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

Conociendo:

- Frecuencia o velocidad de eje, $N = 75 \text{ RPM}$.
- Para rodajes de bolas una hilera de contacto angular, se tendrá que $p = 3$.

Procedemos para calcular carga de dinámica efectiva:

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

$$\sqrt[p]{\frac{60 \times N \times L_{10h}}{10^6}} = \frac{C}{P}$$

$$C = P \times \sqrt[p]{\frac{60 \times N \times L_{10h}}{10^6}}$$

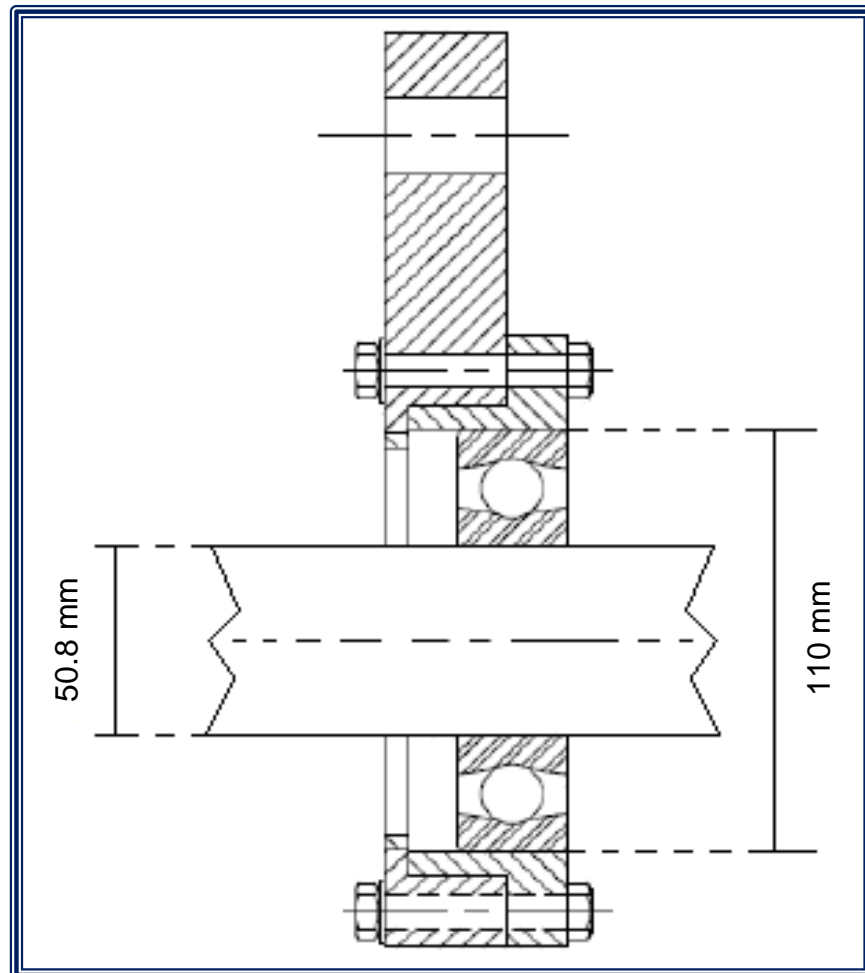
Reemplazando tenemos:

$$C = 1\,638 \times \sqrt[3]{\frac{60 \times 75 \times 750}{10^6}}$$

$$C = 2\,457\,N = 2.46\,KN$$

Por lo tanto del catálogo SKF, con las condiciones o restricciones calculadas se elige rodajes designación de emparejamiento universal 7310 BECBP (ANEXO N° 11) para cubrir las fuerzas de apoyo ubicados en A1 y A2.

FIGURA 52: Diámetro interno y externo Rodaje (SKF-7310 BECBP)



Elaboración Propia.

4.2.4.23. Selección de la Chumacera soporte del husillo o eje porta cuchillas

En el ANEXO N° 12 se presenta la elección para la chumacera en base a las medidas del rodamiento, de donde se selecciona una chumacera de tres agujeros denominación UCFB210.

4.2.4.24. Guías de Control de Avance en Brida Junta.

Basado en la unión brida que va desde el apoyo A1 hacia el motor a través de un tornillo fijando el motor eléctrico con el husillo; así es como se controlará el avance.

Para el presente proyecto la brida se unirá mediante lo siguiente:

- 01 tornillo métrico
- 02 guías de diámetro (M24) x 500 mm de longitud.
- Dispuestos radialmente con separación de 120°
- A una distancia de 100 mm del centro-eje.

Procedemos a calcular la fuerza cortante que soportará el tornillo que es similar a la fuerza axial:

$$Q(\text{cortante}) = F_a$$

$$Q_p = 450 \text{ N}$$

Donde Q_p , es la fuerza cortante soportada por el tornillo, y esta carga se le multiplica por un factor de seguridad de 2.5 para certificar su funcionamiento.

$$Q_{p,a} = 2.5 \times Q_p = 2.5 \times 450 \text{ N} = 1125 \text{ N}$$

Seguido calculamos el área cortante de mandrinado, donde tomamos como base el ANEXO N° 13 que nos proporciona los siguientes datos:

$$A_s = \pi \times d_r \times w_i \times p$$

De donde:

d_p : Diámetro menor del tornillo, $d_p = 20.32 \text{ mm}$

w_i : Factor de paso, $w_i = 0.8$

p : Paso, $p = 3.0 \text{ mm}$

Reemplazando:

$$A_s = \pi \times 20.32 \times 3.0 \times 0.8 = 153.21 \text{ mm}^2$$

Teniendo la fórmula de esfuerzo cortante se tendría para cada perno:

$$\tau_p = \frac{Q_{p,a}}{A_s} = \frac{1\ 125 \text{ N}}{153.21} = 7.34 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto, la tensión o esfuerzo admisible tendrá la siguiente fórmula:

$$\tau_{adm} = 0.577 \times S_{yt}$$

De la TABLA N° 15 tomamos el valor de S_{yt} que viene a ser el límite rotura del tornillo o resistencia a la tracción.

TABLA 15: Resistencia a la tracción según clases de tornillos

Clase de resistencia	Resistencia a rotura R_m en $[\text{N/mm}^2]$	Límite elástico R_e en $[\text{N/mm}^2]$
4.6	400	240
5.6	500	300
5.8	500	400
6.8	600	480
8.8	800	640
10.9	1000	900
12.9	1200	1080

Para el presente proyecto se elige una calidad de 8.8, el cual tiene una resistencia a la tracción de 800 N/mm², ahora aplicamos la siguiente formula:

$$\tau_{adm} = 0.577 \times 800 = 461.6 \frac{N}{mm^2} > \tau_p = 7.34 \frac{N}{mm^2}$$

Observamos que el tornillo seleccionado está bien dimensionado y cumple el esfuerzo cortante.

De similar manera procedemos a calcular el esfuerzo flexionante, el mismo que es aportado por el peso del moto reductor y la transmisión de potencia al husillo mediante el cardán.

El momento flexionante se evaluará en posición crítica del equipo con la siguiente formula:

$$M = \sum P \times d$$

Donde:

“P” es el peso total del motor y del reductor seleccionado.

“d” es la distancia máxima que se encuentra el peso total con respecto al guía junto a los tornillos.

Teniendo los datos anteriores donde $d = 500 \text{ mm}$ y el peso total “P”, es la suma total de la masa del motor y el reductor aplicado por la gravedad.

$$P = (m_{motor} + m_{reductor}) \times g$$

Dónde:

$$m_{motor} = 15 \text{ Kg}$$

$$m_{reductor} = 5 \text{ Kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Reemplazando valores tenemos:

$$P = (15 + 5) \times 9.81$$

$$P = 196.2 \text{ N}$$

Reemplazamos para obtener el momento flector:

$$M = 196.2 \text{ N} \times 500 \text{ mm}$$

$$M = 98\,100 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Dado que en este momento flector intervienen tres fuerzas (2 guías más el tornillo M24), calculamos el momento flector para cada elemento como su tercera parte.

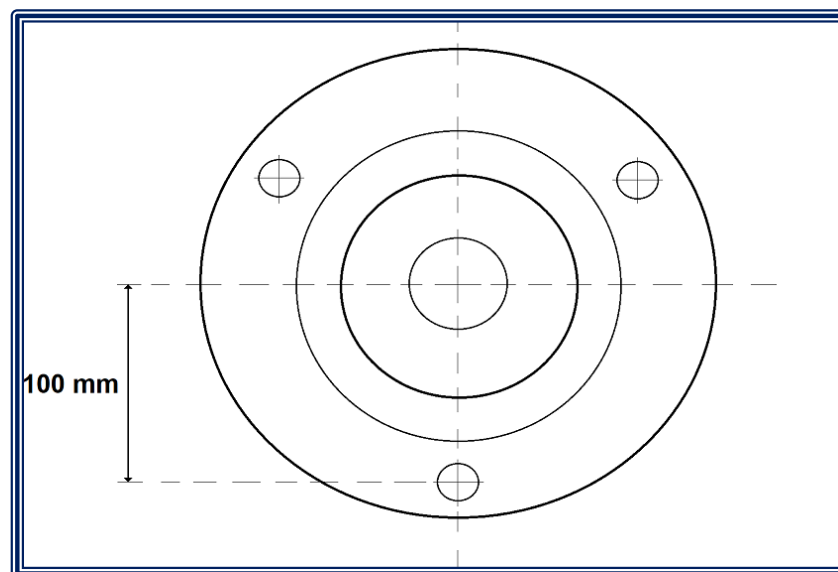
$$M_e = \frac{M}{3} = \frac{98\,100 \text{ N} \cdot \text{mm}}{3} = 32\,700 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Teniendo la fórmula:

$$F = \frac{M_e}{r}$$

En la FIGURA 53, se puede observar el valor de “*r*” que es el radio que contiene de la circunferencia donde están alojados las guías con los tornillos.

FIGURA 53: Vista de guías en la brida de soporte



Elaboración Propia.

Conociendo entonces que “ r ” = 100 mm, aplicamos la fórmula:

$$F = \frac{32\,700\text{ N}\cdot\text{mm}}{100\text{ mm}} = \mathbf{327\text{ N}}$$

Aplicamos un factor de seguridad de 2.5 como medida de contingencia mecánica en su operatividad.

$$F_m = 2.5 \times 327 = \mathbf{817.5\text{ N}}$$

Procedemos a calcular la tensión, para cual es necesario en primer lugar el área “ A_t ” con la siguiente formula:

$$A_t = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{d_p + d_r}{2} \right)^2$$

Del ANEXO N° 13 se tiene que para un tornillo M10, el valor de “ A_t ” = 352.5 mm²

Por lo tanto calculamos la tensión:

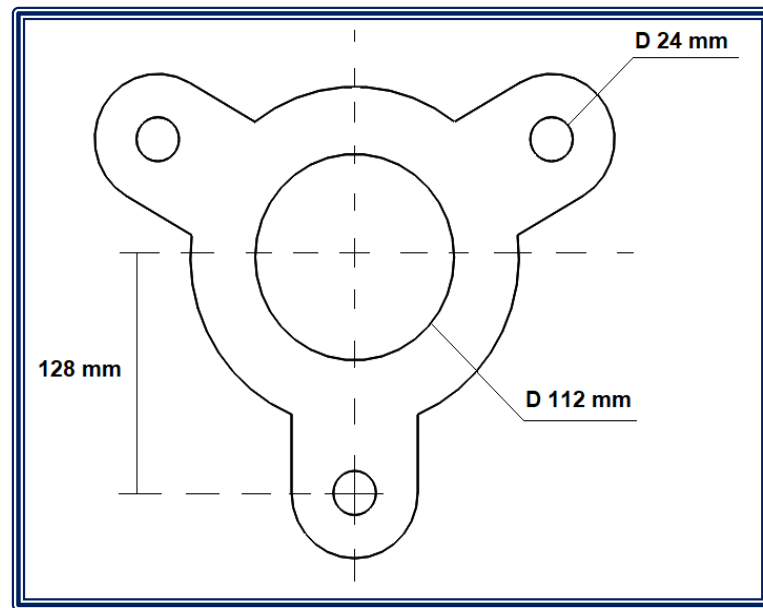
$$\sigma = \frac{F_m}{A_t} = \frac{817.5\text{ N}}{352.5\text{ mm}^2} = \mathbf{2.32\text{ N/mm}^2}$$

Concluimos que tanto para esfuerzo cortante y esfuerzo flexionante cumple en operatividad elástica y de torque.

4.2.4.25. Brida para soporte chumacera.

El detalle del componente brida soporte de chumacera, el cual está apoyado en A1, la misma que debe mantener el diámetro que pueda abarcar los tornillos y también las guías que ensamblan el moto reductor y el husillo se presenta a través de la FIGURA 54.

FIGURA 54: Vista brida soporte de chumacera



Elaboración Propia.

4.3.- Diseño e Implementación de Sistema Eléctrico y Dispositivos Electrónicos

4.3.1. Diseño Eléctrico del Proyecto

4.3.1.1. Cálculos referentes al motor eléctrico 2 HP / 1.5 Kw

La intensidad de corriente para un motor trifásico conectado en tensión 220 volt está relacionado por la siguiente formula:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \phi * n}$$

Donde:

I_p = corriente nominal o a plena carga que consume un motor (amperios)

P = potencia que desarrolla un motor (watts o kilowatts)

V = tensión a la que se conecta el motor (volts)

cos φ = factor de potencia

n = rendimiento del motor

Por lo tanto del ANEXO N° 04, menciona que el rendimiento del motor eléctrico es 80%, así como también cuenta con un factor de potencia de 0.80, y conociendo la potencia de 1.50 Kw.; procedemos con el cálculo de la intensidad de corriente.

$$I_n = \frac{1500}{\sqrt{3} * 220 * 0.80 * 0.80}$$

$$**I_n = 6.15 Amperios**$$

4.3.1.2. Cálculo de la Corriente de Protección

La corriente de protección o cálculo del interruptor termo magnético “**I_p**” se realiza con la fórmula:

$$**I_p = C * I_n**$$

Donde:

C: Constante de protección (2 o 3)

I_n: Corriente nominal o a plena carga.

Por lo tanto, tomaremos como valor de la constante de protección un valor de 2.

$$**I_p = 2 * 6.15**$$

$$**I_p = 12.30 Amperios**$$

Teniendo el cálculo, elegimos un interruptor termo magnético de 16 Amperios.

4.3.1.3. Cálculo y Selección del Contactor eléctrico

En el presente proyecto se utilizará los contactores tipo LC1D09 – M7, de preferencia en marca Schneider Electric.

Con la finalidad de realizar una correcta selección se debe tener las siguientes pautas:

- Se debe tener en cuenta el número de polos en función al tipo del sistema, usualmente se tienen contactores de 3 o 4 polos.
- Si evaluamos la carga a proteger, según la norma IEC 60947-4-1 tenemos dos clases a seleccionar para el equipo, **AC1** para cargas resistivas o **AC3** para cargas inductivas.
- Seleccionada la categoría debemos tener claro la corriente nominal (A) del contactor o la potencia del motor (kW o HP).
- Sabiendo que los contactores actúan por el mando de una bobina, la cual se conoce como bobina de control, que por lo general es una tensión diferente a la tensión de servicio del sistema
- En función al tipo de instalación eléctrica, se puede requerir contactos auxiliares con la finalidad de enviar señales del equipo, aquí es necesario verificar si se requiere normalmente cerrados (NC) o normalmente abiertos (NA)

Teniendo en cuenta los lineamientos anteriores y considerando la Norma IEC 60947-4-1 utilizaremos **AC3** para categoría de empleo, ahora procedemos a realizar el cálculo del contactor eléctrico:

$$P_e = \frac{P_m}{n}$$

$$P_e = \frac{2 \text{ H.P.}}{0.80} = \mathbf{2.5 \text{ H.P.} = 1.75 \text{ Kw}}$$

En el ANEXO N° 14, presentamos la selección para esta potencia calculada donde elegimos el contactor LC1D09-M7 tripolar serie D.

4.3.1.4. Cálculo y Selección del Guardamotor eléctrico

En el presente proyecto se considera un factor de servicio de (F.S. = 1.15), por lo tanto la fórmula para el cálculo de la intensidad de servicio queda representado de la siguiente manera:

$$I_s = I_n * F.S. = 6.15 * 1.15 = \mathbf{7.0725 A}$$

Por lo tanto en el ANEXO N° 15, se presenta las especificaciones técnicas para el guardamotor seleccionado (código GV2ME14 Schneider Electric).

4.3.1.5. Cálculo y Selección del Relé Térmico

Para el presente estudio se considera los siguientes voltajes e intensidades en línea:

- Voltaje máximo (V_{max}): 240 volt.
- Voltaje mínimo (V_{min}): 220 volt.
- Voltaje medio (V_{me}): 223 volt.
- Intensidad máxima: 6.15 Amperios.
- Intensidad mínima: 0.00 Amperios.

Por lo tanto procedemos a calcular la variación de voltaje:

$$\Delta V = \frac{(223 - 220)}{(240 - 220)} = \mathbf{0.15 \text{ volt}}$$

Asimismo calculamos la intensidad del relé térmico:

$$I_{rt} = I_n + (I_{max} - I_{min}) * \Delta V$$

$$I_{rt} = 6.15 + (6.15 - 0.00) * 0.15$$

$$I_{rt} = \mathbf{7.07 A}$$

En el ANEXO N° 16, se presenta la tabla de relé térmicos del mercado de donde en base al cálculo anterior elegimos el modelo LRD 14 con rango de 6 a 10 amperios.

4.3.1.6. Cálculo y Selección del Interruptor Diferencial (ID)

Para el presente estudio se realiza el cálculo del interruptor diferencial. Se necesita saber qué tipo de interruptor diferencial (ID) se instalará dado que en zonas de industria o para maquinas industriales es de 40A/30Ma.

A continuación, detallamos el cálculo y requisitos para determinar un ID (Interruptor Diferencial). El ID que se va a utilizar será de 25 A / 30 mA, es mucho para ésta pequeña instalación, pero es el disyuntor más pequeño en el mercado ya que será poca carga en dicha maquina mandriladora.

Anteriormente ya hemos calculado la intensidad nominal la cual tiene un valor de 6.15 A.

El valor de la intensidad lo multiplicaremos por el coeficiente de simultaneidad (1.25) para obtener como resultado final la intensidad que consumirá finalmente el circuito de la maquina mandriladora.

$$I_{id} = 6.15 * 1.25$$

$$I_{id} = 7.6875$$

El ID será de la marca Schneider Electric, tipo monofásico 2 polos **de 25A x 30mA** de clase AC. con código **A9R60225**.

4.3.1.7. Cálculo y Selección del Variador de Frecuencia

Para el presente estudio se realiza el cálculo del variador de frecuencia mediante 3 pasos a seguir a continuación.

Paso 1:

Si la aplicación o la necesidad del cliente requieren el control de velocidad.

Paso 2:

Existe dos tipos de aplicación según:

A. Dedicado al manejo de fluidos y gases.

B. Dedicado al manejo de sólidos y a los movimientos mecánicos.

Paso 3:

Los datos del motor que se encuentra en su placa:

- a. Tensión nominal
- b. corriente nominal
- c. potencia del motor

En nuestro proyecto de automatización de la maquina mandriladora portátil, se va a utilizar un variador de frecuencia de la marca **Schneider Electric** con el modelo **ALTIVAR12**, de la serie **ATV12HU15M2**.

El variador altivar 12 es de alimentación monofásica con 50/60 Hz: con una tensión de **200 v-15%----240 v-10%**.

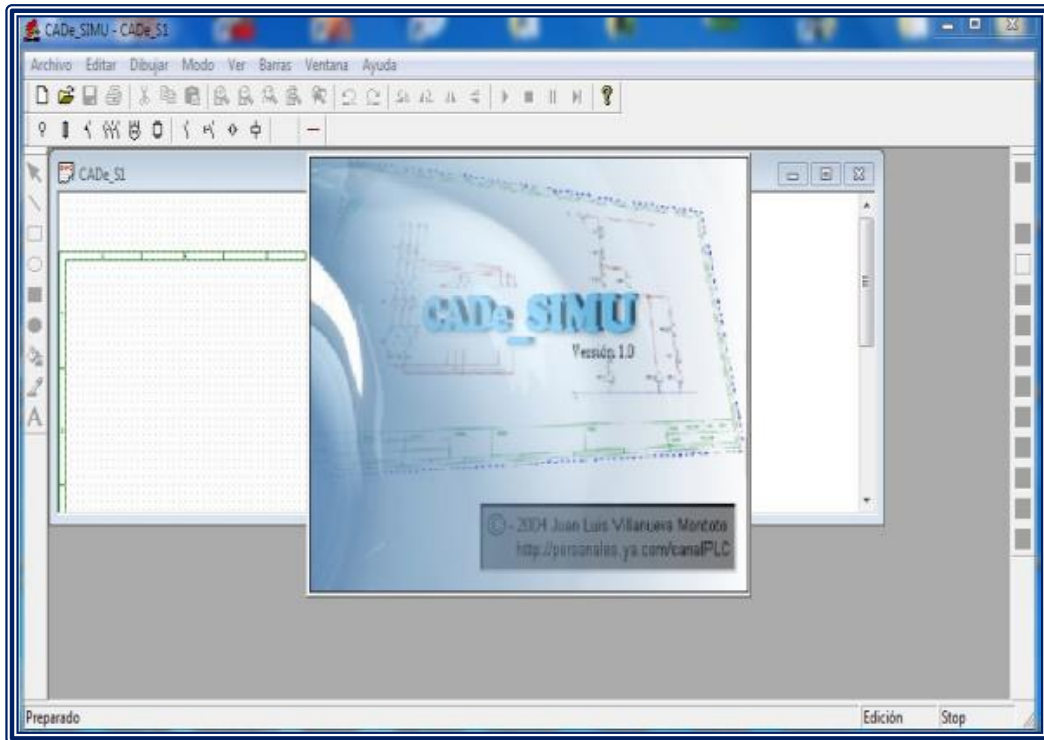
Se va a utilizar el variador para un motor de 2 HP -1500 W - 240 V - 7.5 A

4.3.2. Diseño Electrónico del Proyecto

La automatización se realizará en base al PLC SIEMENS LOGO V8 utilizando como software de soporte para la simulación a CADE SIMU, donde desarrolle el correcto funcionamiento de la maquina mandrinadora en sus partes eléctricas y dispositivos electrónicos detallados en la siguiente secuencia de pasos:

PASO 1: Se debe instalar el software libre CADE SIMU, se define como un programa de edición, diseño y simulación de esquemas y circuitos de automatismos eléctricos y electrónicos. No tiene instalador, ya que se trata de un archivo en formato .ZIP que se debe descomprimirse en cualquier carpeta y haciendo doble clic en el ejecutable, basta para que funcione. Además, se solicita una clave de acceso al programa.

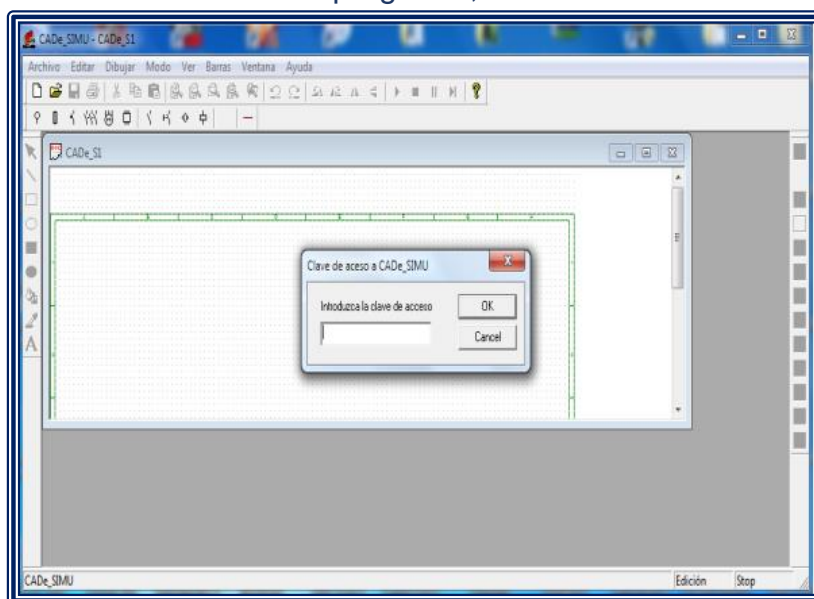
FIGURA 55: Interfaz del Programa CADE-SIMU



Elaboración Propia.

PASO 2: Al inicio del programa, se debe introducir la clave 4962 (es muy Importante, ya si no introducimos la clave no permitirá guardar el programa diseñado).

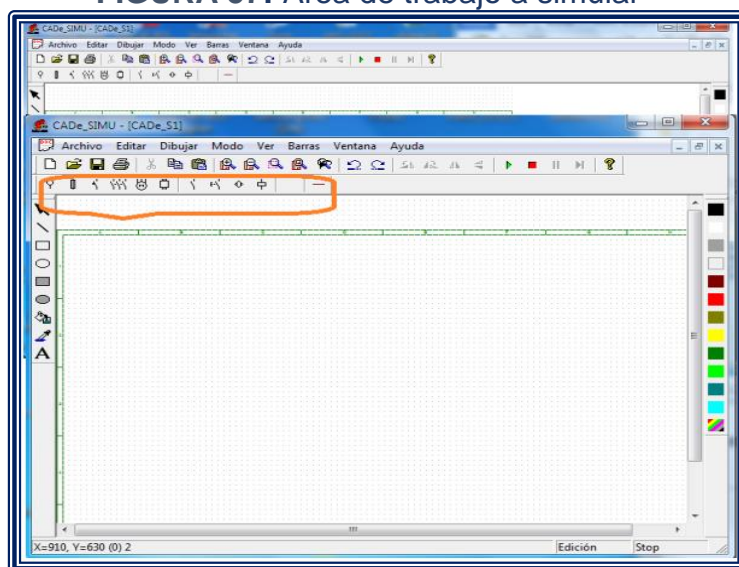
FIGURA 56: Inicio del programa, introducir clave 4962



Elaboración Propia.

PASO 3: Listo ya se puede utilizar para editar o simular el automatismo eléctrico de la máquina a diseñar, También en la sección seleccionada tendremos varios componentes agrupados por categoría. Al pulsar sobre estos se desplegarán en la parte inferior de la pantalla los distintos símbolos de los elementos de cada categoría. Las mencionadas categorías se puede verlas desplegadas en la página siguiente pasando el cursor por encima del componente, nos aparecerá una descripción del mismo. Para insertarlo, bastara con pulsar sobre él y desplazar el cursor hasta el área de dibujo.

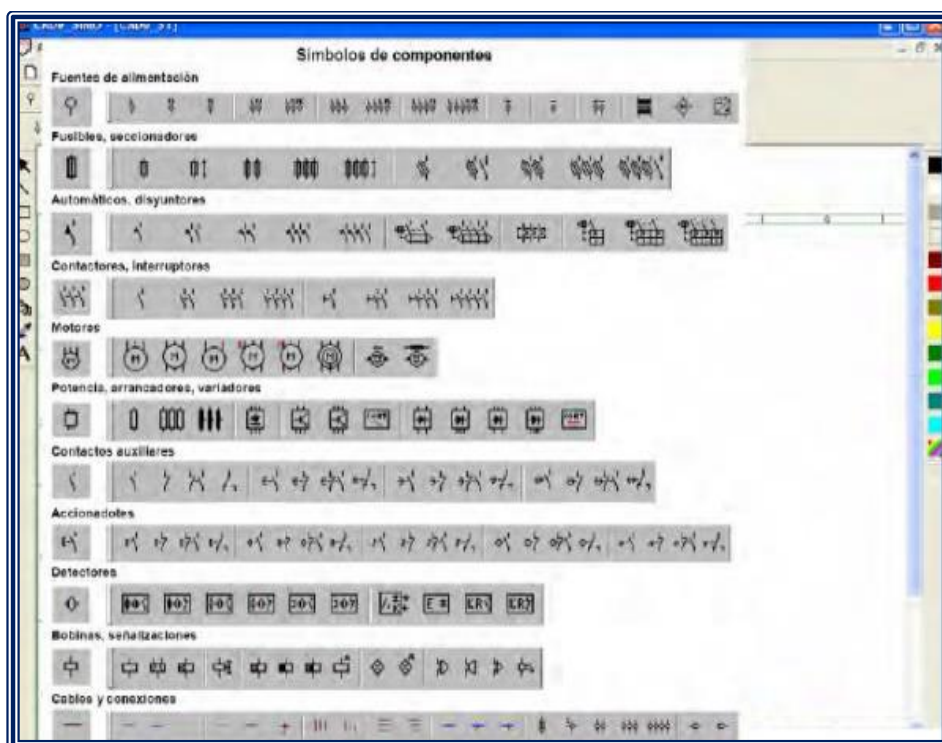
FIGURA 57: Área de trabajo a simular



Elaboración Propia.

PASO 4: Seleccionar y escoger los Símbolos de los componentes a usar en la automatización tales como el motor eléctrico, guardamotor, contactor, variador de velocidad, el PLC SIEMENS v8 y los componentes de mando como pulsadores, selector de 3 posiciones, potenciómetro, indicadores led y paro de emergencia todo se encuentra en la simbología del software CADE SIMU.

FIGURA 58: Lista de símbolos en Área de trabajo a simular

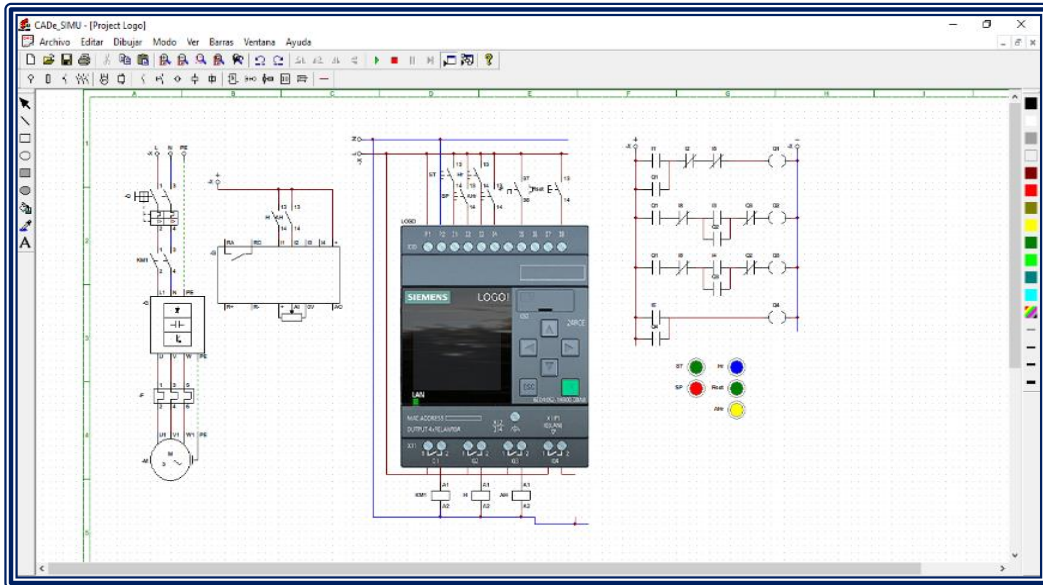


Elaboración Propia.

Dicho programa se simula el funcionamiento de los esquemas eléctricos, es necesario alimentar y conectar correctamente todos los componentes simbólicamente para que la simulación funcione de forma adecuada y correctamente. La selección de los componentes es muy importante, ya que todo lo que este identificado con el mismo nombre actuara de modo simultaneo. Se selecciona cada componente y se situarán en la zona donde lo queramos insertar, después se identificarán en el esquema.

PASO 5: Se inicia a ejecutar el trabajo requerido en este caso nuestro proyecto maquina mandriladora portátil. En la FIGURA 59, se puede observar el diagrama de las conexiones eléctricas de la maquina mandriladora simulando el recorrido en el software CADE SIMU, brindando un resultado satisfactorio en lo relacionado del funcionamiento de nuestro proyecto.

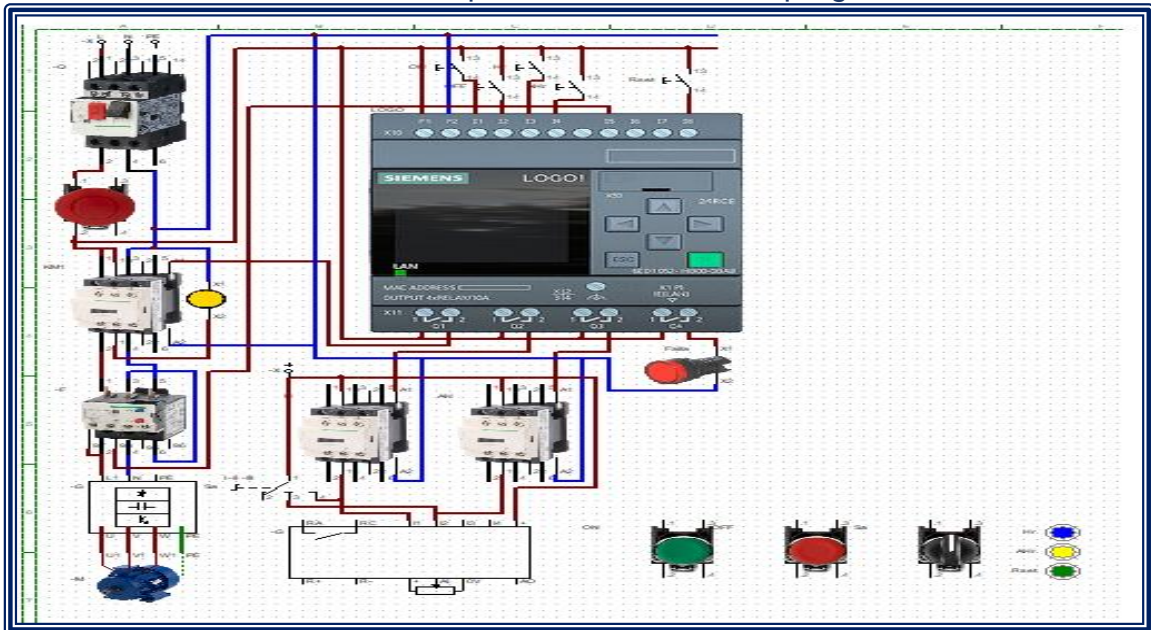
FIGURA 59: Conexión eléctrica completa, diagrama eléctrico del sistema propuesto en el programa CADE SIMU



Elaboración Propia.

PASO 6: En la figura 60 se instala todos los componentes necesarios tanto de mando como de fuerza del motor.

FIGURA 60: Simulación de maquina mandriladora en programa CADE SIMU



Elaboración Propia.

Así mismo en la FIGURA 60 se da a detallar el recorrido y el funcionamiento de la maquina mandriladora en la simulación en el software CADE SIMU.

En nuestro proyecto de la mandriladora portátil, el cliente y/o usuario que va a utilizar y dar a funcionar nuestro proyecto debe entender que en lo interior del tablero eléctrico existe una serie de conexiones eléctricas y electrónicas los cual son los siguientes componentes q están conectados tales como: un guardamotor ,tres contactores KM1, KM2, KM3,un variador de velocidad de alimentación monofásica con salida trifásica, un PLC LOGO SIEMENS v8 que va a ser el cerebro principal de la maquina automatizada, un relé térmico y los componentes de mando como pulsadores, selector de 3 posiciones 1-0-2 ,un potenciómetro, así mismo led indicadores y un panel de comunicación visualización. Ya conociendo el usuario lo que contiene en el tablero eléctrico, se pasa al funcionamiento y arranque de la máquina, los cuales hay una serie de pasos a seguir:

- ❖ Activando el disyuntor en este caso va ser un (guardamotor) y el contactor KM1, dando paso a energizarse eléctricamente el PLC V8 junto con el variador de frecuencia, donde el indicador led de color (amarillo) que significa que la maquina mandriladora portátil ya está activada energizada constantemente.
- ❖ Con el botón de color (verde) que significa encendido, se pone en marcha el PLC V8 enviando una señal (orden) al variador de frecuencia, indicando que ejecute el arranque del motor de 2HP.
- ❖ En la puerta del tablero eléctrico contamos con una resistencia variable (potenciómetro) donde dicho potenciómetro esta al externo y conectado al variador en las borneras de la tarjeta de control del dicho variador.

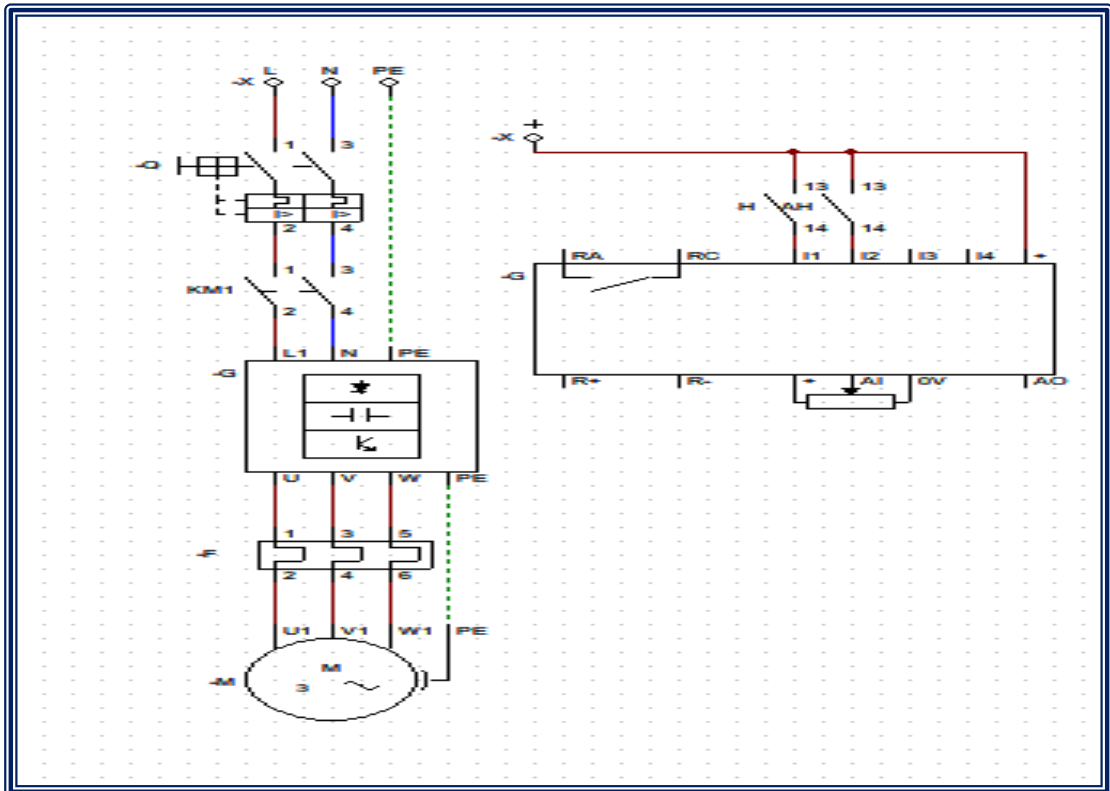
- ❖ Donde el usuario puede regular los RPM (hz) ósea la velocidad para el trabajo requerido, comenzando con una velocidad baja hasta una velocidad alta, donde da su máxima potencia.
- ❖ En la puerta del tablero contamos con una botonera externa de los cuales incluye un selector de 3 posiciones: en la posición 1 dando una marcha al motor en sentido horario, en la posición 0 es apagado y en la posición 2 es el cambio de giro de sentido antihorario del motor.
- ❖ Cuando el usuario haga el cambio del sentido del giro del motor, los contactores KM2 y KM3, donde el KM2 hace un giro de sentido horario y el contactor KM3 hace un giro de sentido antihorario a través del selector de 3 posiciones 1-0-2.
- ❖ En el sistema de automatización contamos con un relé térmico regulado a la intensidad nominal de la placa del motor de 2 HP, ($I = 6.15 \text{ A}$) ,una vez superado dicha intensidad el relé térmico tiene a abrirse enviando una alarma de falla al PLC, donde el led indicador (rojo) se enciende y luego se da al inicio de reseteo en el relé térmico.

PASO 7: En la FIGURA 61 se presenta el diagrama de fuerza del motor de la maquina mandriladora, los componentes conectados son un guardamotor, contactor y un variador de frecuencia.

PASO 8: En la FIGURA 62 se presenta la conexión de circuito de control y mando del PLC LOGO SIEMENS v8 donde este va a dar la orden de toda la programación de la automatización. La figura muestra las entradas y salida del equipo v8.

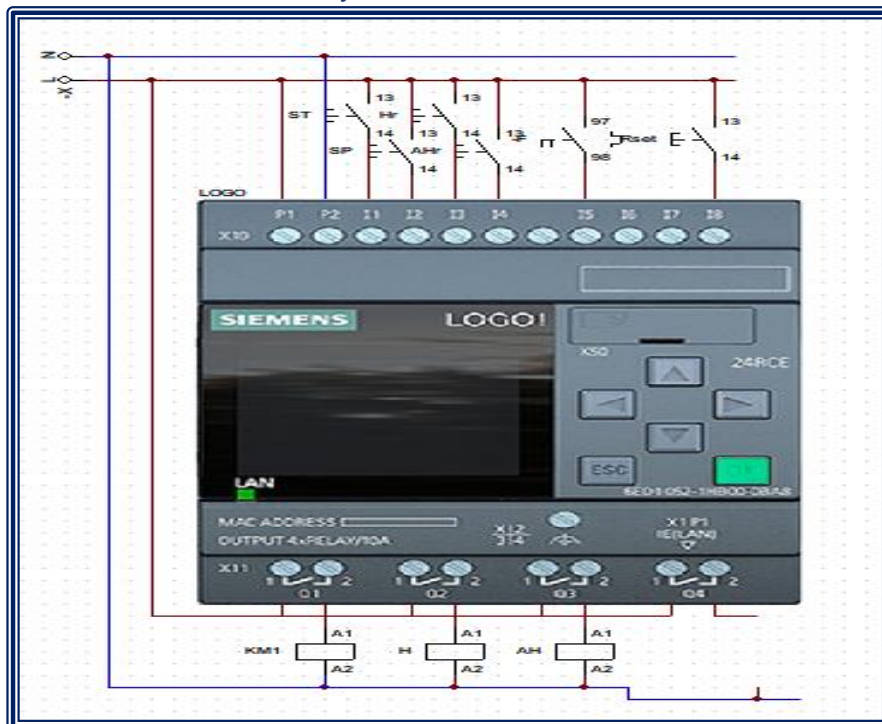
Donde las letras **I** seguidas de números indican las entradas. Si se mira desde delante, los bornes de entrada se encuentran en el lado superior. Así mismo las letras **Q** seguidas de números indican las salidas. En la figura, los bornes de salida se muestran en el lado inferior.

FIGURA 61: Circuito de fuerza del motor eléctrico de 2 H.P.



Elaboración Propia.

FIGURA 62: Entradas y Salidas del PLC LOGO SIEMENS v8

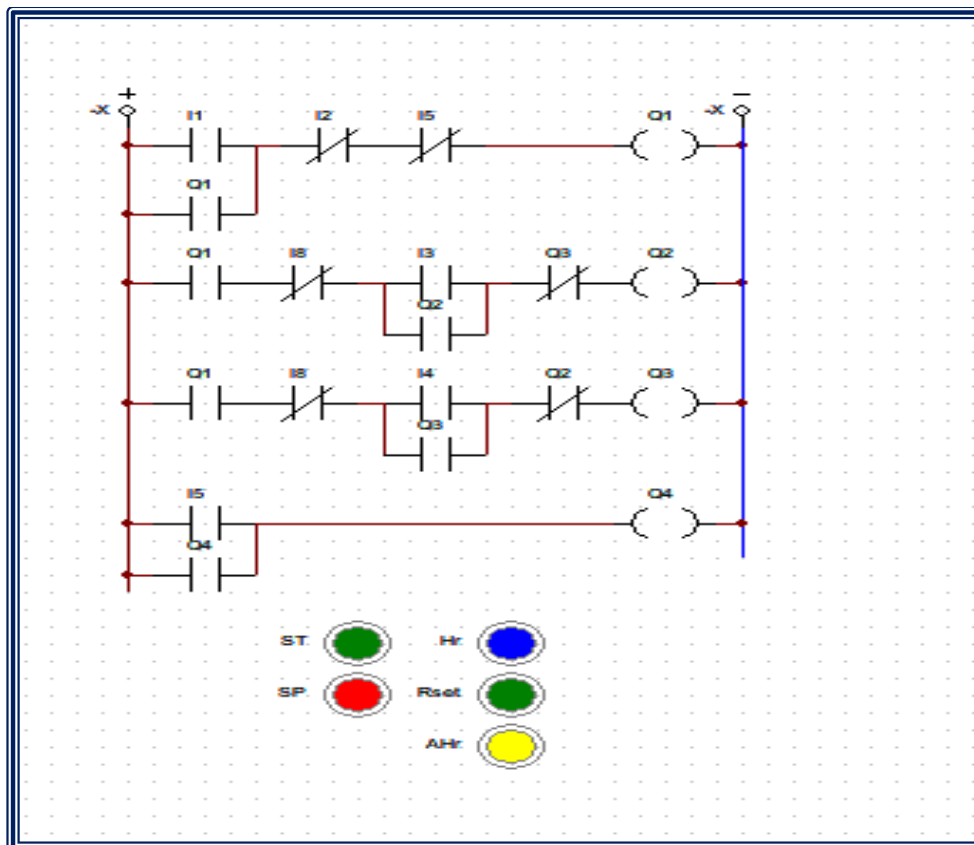


Elaboración Propia.

PASO 9: En la figura se presenta la programación en diagrama de contactos o llamado KOP, la lógica en donde se va a ejecutar nuestro proyecto.

La programación por diagrama de contactos tiene una forma de representación de contactos eléctricos. Es decir que la lógica booleana se realiza mediante contactos en serie o paralelos como se muestra en la FIGURA 63.

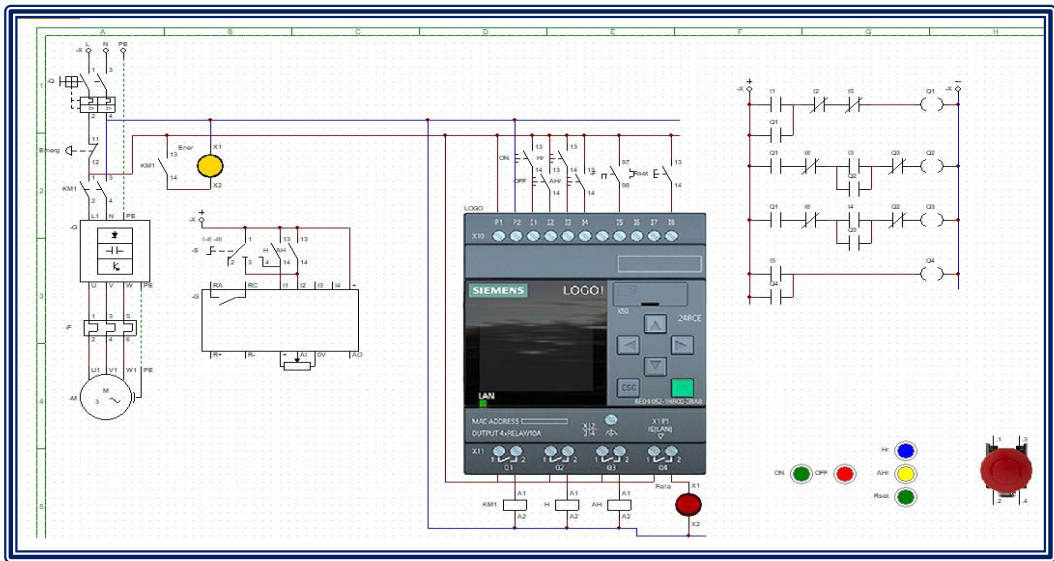
FIGURA 63: Circuito del programa diagrama de KOP



Elaboración Propia.

PASO 10: En la FIGURA 64 se presenta el esquema eléctrico del diagrama general de fuerza y control del motor de la maquina a automatizar, donde se realizó la simulación en el software CADE SIMU satisfactoriamente el corrido en la simulación.

FIGURA 64: Diagrama de fuerza y control



Elaboración Propia.

4.3.3.- Tablero Electrico:

En la figura 65 se muestra que así va a quedar el tablero con los equipos y componentes a usar, donde el tablero es de la marca schneider electric, que es un tablero de material polyester con fibra de vidrio de color gris con un IP 66. sus medidas del tablero son 430 x 330 x 200 mm.

Donde en su interior se va a ordenar así mismo se va ejecutar la instalacion y conexion electrica y electronica con los equipos y componentes mencionados líneas arriba del proyecto a automatizar la maquina mandriladora.

FIGURA 65: Tablero Electrico



Elaboración Propia.

4.4.- Modelamiento y Análisis en Autodesk Inventor

4.4.1.- Modelamiento y planos en Autodesk Inventor

En el presente estudio referido a la Automatización de la mandriladora portátil aplicada a perforación de alojamientos de pines ubicado en pala del cargador frontal 544E JOHN DEERE - Empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS SAC, se realiza el modelamiento y análisis para la simulación del prototipo del equipo en proyecto mediante el programa de Autodesk Inventor.

El renderizado y solido en 3D vista isométrica se presenta en la FIGURA 66, donde se detalla los componentes o partes que conforman la maquina mandrinadora.

De forma similar en la FIGURA 67 se muestra las vistas isométricas 3D principales de la maquina en desarrollo de estudio.

Asimismo el detalle de planos por componentes o partes se presenta a detalle en los siguientes ANEXOS descritos a continuación:

- ANEXO N° 19: Características Técnicas Componente “Cardan”.
- ANEXO N° 20: Características Técnicas Componente “Brida”.
- ANEXO N° 21: Características Técnicas Componente “Soporte”.
- ANEXO N° 22 Características Técnicas Componente “Eje Portaherramientas”.
- ANEXO N° 23: Características Técnicas Componente “PLC”.
- ANEXO N° 24: Características Técnicas Componente “Motor Eléctrico”.
- ANEXO N° 25: Características Técnicas Componente “Reductor”.
- ANEXO N° 26: Reporte de Modelamiento y Simulación Eje portaherramientas Autodesk Inventor.

FIGURA 66: Partes o Componentes máquina mandrinadora

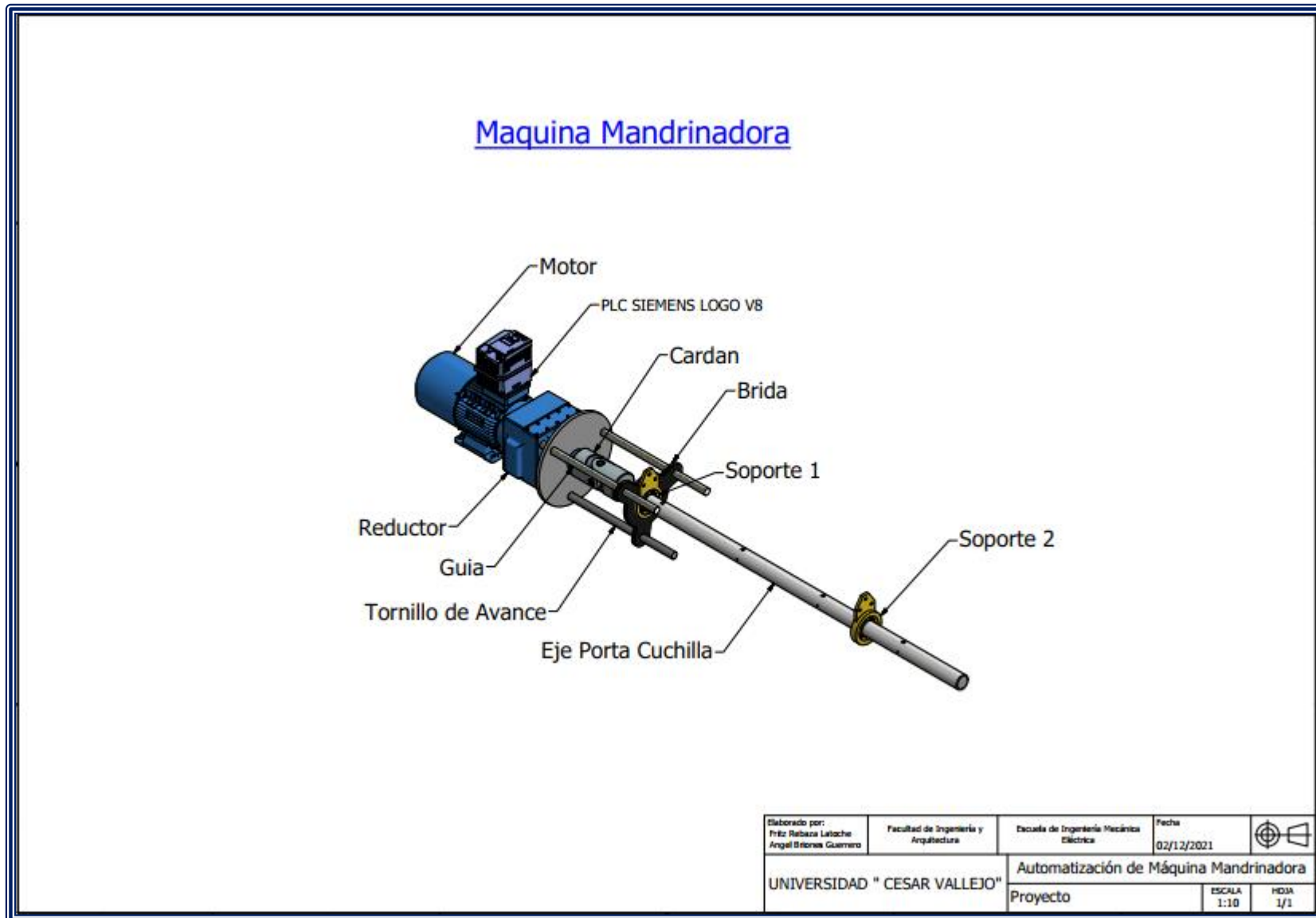
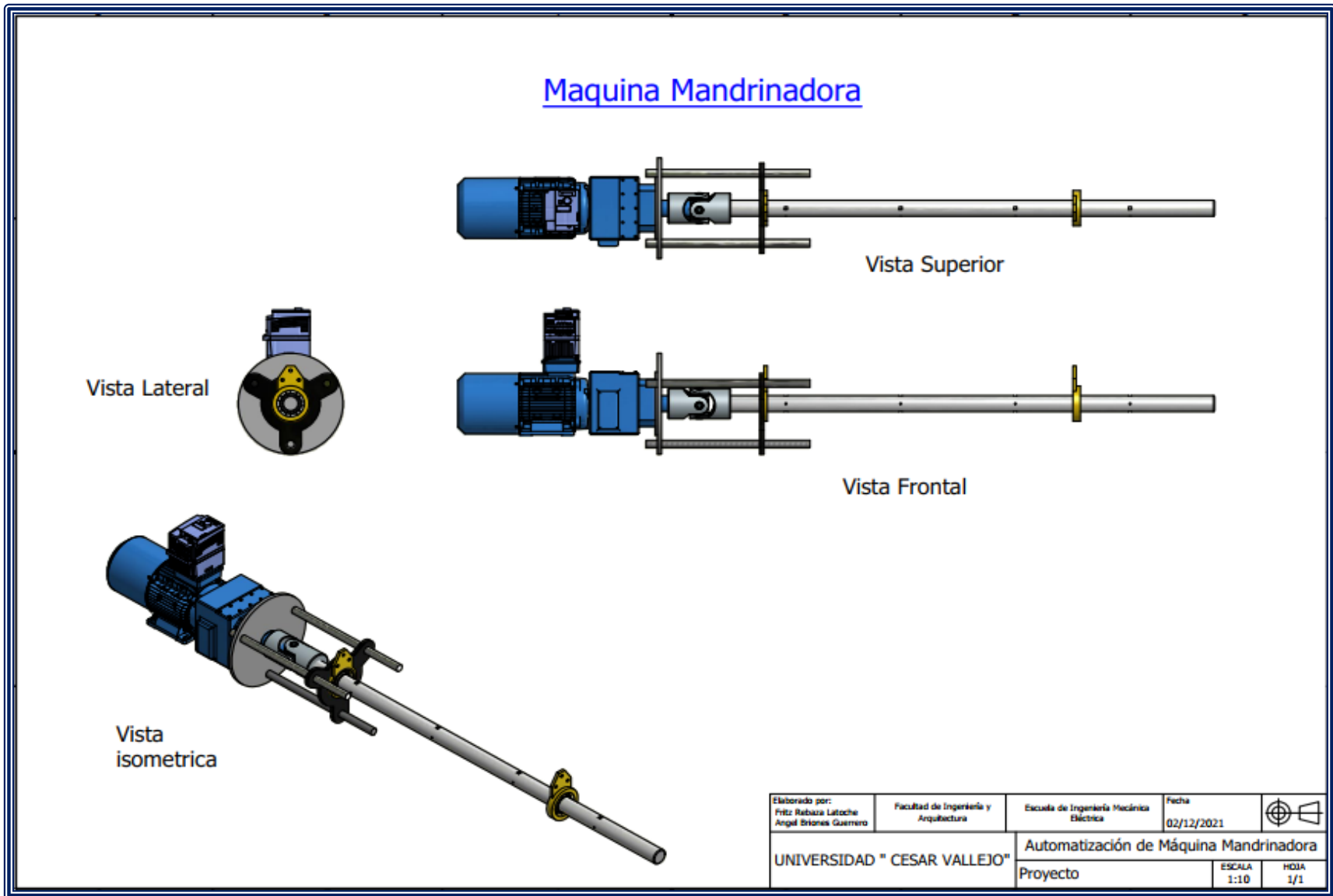





FIGURA 67: Vistas de maquina mandrinadora



4.4.2.- Análisis y Simulación del Modelado Mecánico

En esta etapa del presente proyecto se analiza y modela para simulación el eje portaherramientas con la finalidad de validar los cálculos mecánicos realizados.

De esta manera evaluamos en una posición donde se aplican las 03 fuerzas que intervienen en el proceso de mandrinado, las cuales son:

- Fuerza de corte: 1800 N 
- Fuerza de avance: 900 N 
- Fuerza radial: 450 N 

Es importante mencionar que este software utiliza el método de Von Mises por lo cual en la FIGURA 68, presentamos el análisis referente a la máxima tensión producida el cual asciende a 112.3 MPa, aseveramos que como el material tiene un límite de fluencia de 250 MPa y un límite de resistencia a la tracción de 400 MPa, nuestro modelo es aceptable.

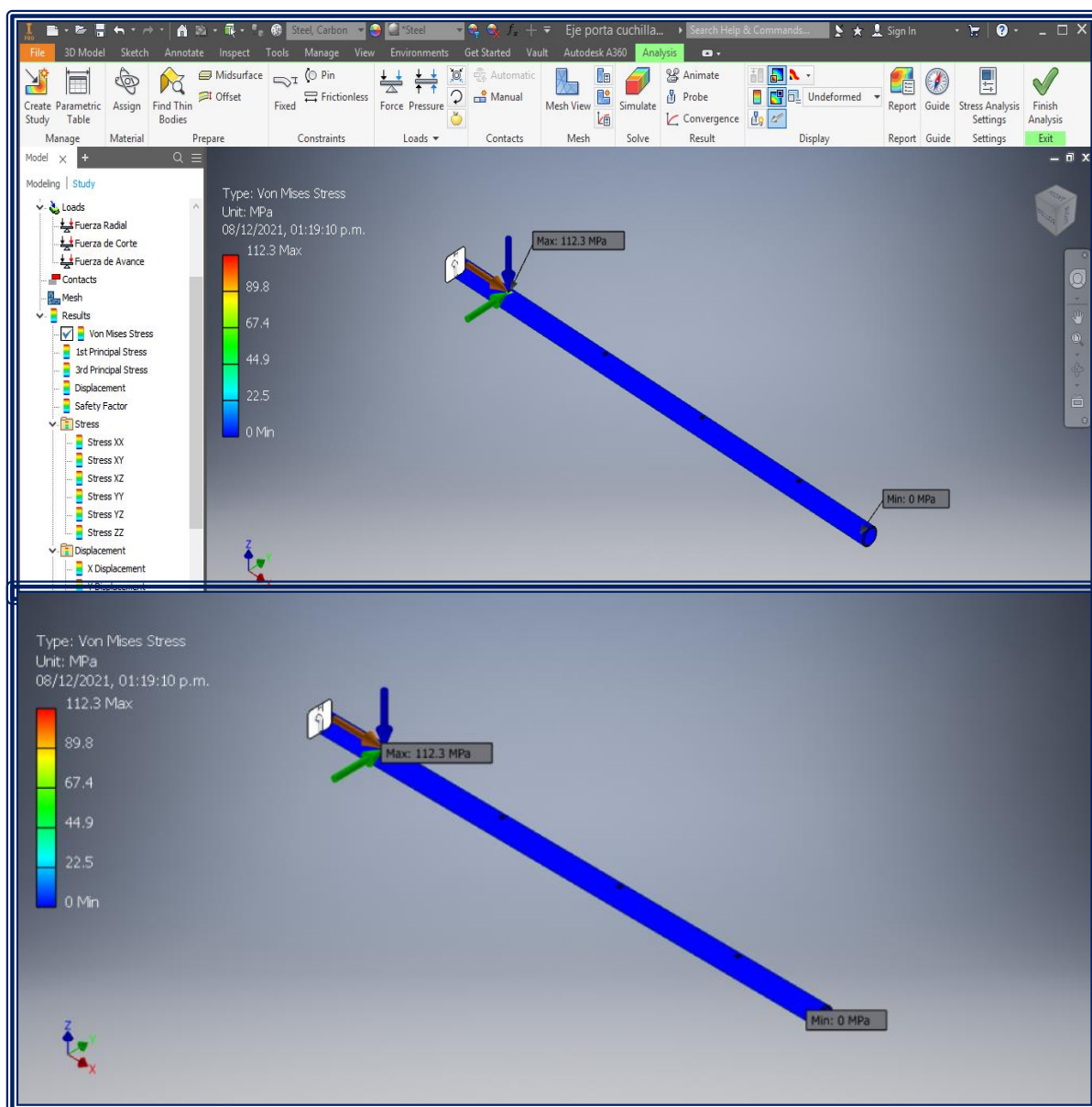
De forma similar en la FIGURA 69 se presenta el máximo desplazamiento el cual tiene un valor de 0.8532 mm.

De igual manera analizamos el factor de seguridad y tiene un máximo de 15, por encima del valor asignado al proyecto, el cual se presenta en la FIGURA 70.

Es necesario enfatizar que en el ANEXO N° 26, se presenta el reporte completo de modelamiento y simulación del eje portaherramientas en Autodesk Inventor.

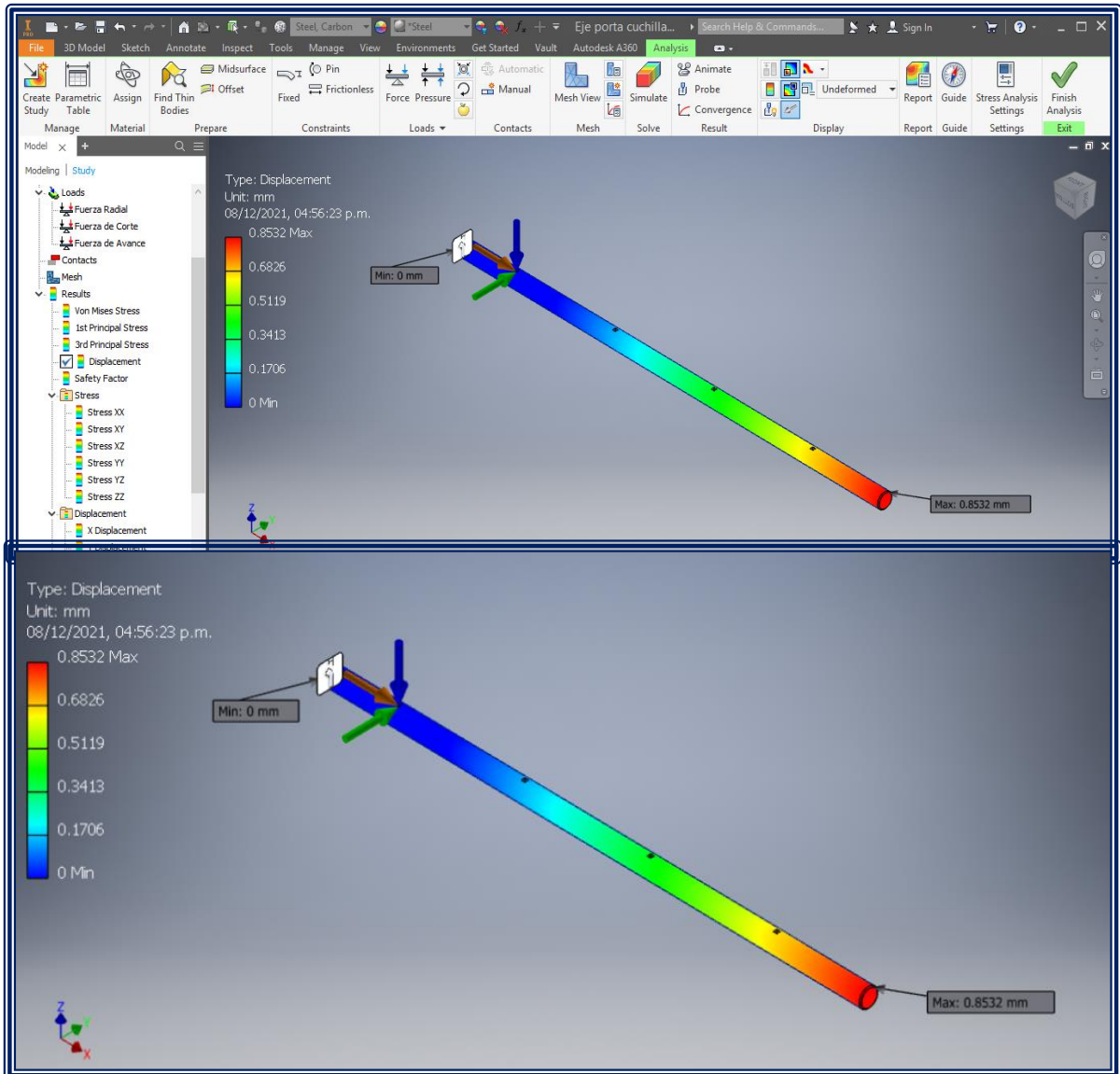
En conclusión con el modelamiento y análisis de simulación realizado mediante Autodesk Inventor se establece que los cálculos realizados en capítulos anteriores del presente estudio son válidos.

FIGURA 68: Análisis de máxima tensión – Método Von Mises



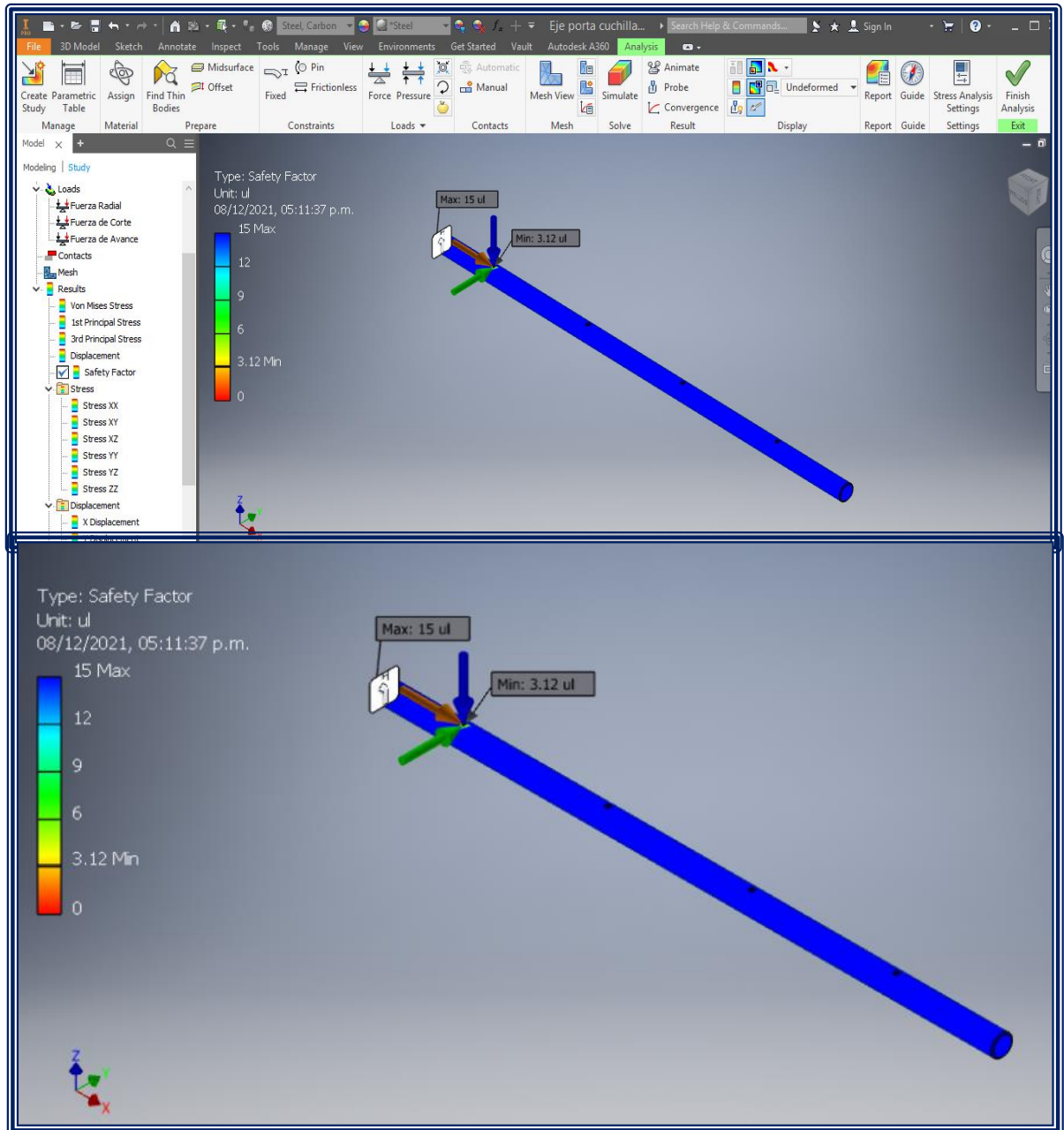
Elaboración Propia.

FIGURA 69: Modelamiento y Análisis del máximo desplazamiento



Elaboración Propia.

FIGURA 70: Modelamiento y Análisis del factor de seguridad



Elaboración Propia.

4.5.- Análisis para Validación de Juicio por Expertos

En el presente proyecto con la finalidad de validar los instrumentos, datos y análisis realizados se complementa en este apartado el juicio de expertos.

Se realizará la evaluación de dicho análisis en las variables de adecuación y pertinencia; donde la primera se refiere al grado de relación entre las ideas, textos y aseveraciones involucradas y lo segundo mide la coherencia en la aplicación de los objetivos y el grado de importancia en el desarrollo del proyecto aplicado a la realidad.

También es necesario mencionar que la adecuación y el sentido de creación de ideas y textos conllevan a la pertinencia.

En el ANEXO N° 27, se presenta el formato de encuesta de validación por juicio de especialistas y/o expertos.

Asimismo en la TABLA 16 se consolida los resultados de dichas encuestas, para lo cual es necesario mencionar las siguientes pautas:

- De preferencia los entrevistados debe ser en número impar.
- La puntuación asignada va: de 1 = “muy en desacuerdo” y 6 = “muy de acuerdo”; asignando el valor en promedio de la variable adecuación y pertinencia para cada pregunta del cuestionario.
- El promedio en valor de las variables adecuación y pertinencia para cada pregunta tiene que ser mayor a 4 para considerarla como válida.

Por lo tanto en dicha tabla, se observa la validez del proyecto en estudio por parte del juicio de los especialistas y/o expertos, donde se tiene “5.00” como valor mínimo promedio y como promedio total se tiene “5.44”.

De igual manera, se evalúa la encuesta por los especialistas donde se tiene valores aceptables del 60% como excelente y el 40% como bueno.

TABLA 16: Análisis de Estadística Validación Juicio por Expertos

PREGUNTA		VALIDACIÓN DE EXPERTOS							VALIDACIÓN
N°	VARIABLE	1	2	3	4	5	SUMA	PROMEDIO	(SI/NO)
1	Adecuación	5	6	5	5	5	26	5.20	SI
	Pertinencia	5	6	6	5	6	28	5.60	SI
2	Adecuación	6	6	6	6	5	29	5.80	SI
	Pertinencia	5	5	5	5	5	25	5.00	SI
3	Adecuación	5	6	5	5	5	26	5.20	SI
	Pertinencia	5	5	5	5	5	25	5.00	SI
4	Adecuación	5	5	6	5	6	27	5.40	SI
	Pertinencia	5	6	6	5	6	28	5.60	SI
5	Adecuación	5	6	5	5	6	27	5.40	SI
	Pertinencia	6	6	6	6	6	30	6.00	SI
6	Adecuación	6	5	6	6	6	29	5.80	SI
	Pertinencia	6	6	6	6	6	30	6.00	SI
7	Adecuación	5	5	5	5	6	26	5.20	SI
	Pertinencia	6	6	6	6	6	30	6.00	SI
8	Adecuación	6	5	5	6	5	27	5.40	SI
	Pertinencia	6	5	5	6	5	27	5.40	SI
9	Adecuación	5	5	5	5	5	25	5.00	SI
	Pertinencia	6	6	5	6	5	28	5.60	SI
10	Adecuación	5	5	5	5	5	25	5.00	SI
	Pertinencia	5	5	6	5	5	26	5.20	SI
TOTALES								5.44	SI

Elaboración Propia.

TABLA 17: Evaluación de la Encuesta

EXPERTO	CALIFICACIÓN DEL CUESTIONARIO			
	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	DEFICIENTE
1		X		
2	X			
3	X			
4		X		
5	X			
TOTALES	3	2	0	0
PONDERADO	60%	40%	0%	0%

Elaboración Propia.

4.6.- Análisis Económico y Financiero

El proyecto en análisis, tiene una evaluación económica basada en los costos de partes, componentes y materiales tanto del requerimiento de parte eléctrico y/o electrónica y la necesidad mecánica, en función a lo mencionado se presenta la TABLA 17 con el presupuesto de componentes y materiales eléctricos y/o electrónicos; asimismo en la TABLA 18 observamos el presupuesto con los componentes y materiales mecánicos.

TABLA 18: Presupuesto de Componentes y materiales eléctricos y/o electrónicos

ITEM	COMPONENTE Y/O MATERIAL	CANTIDAD	U.M.	PRECIO	SUBTOTAL
1	Motor trifasico 2 H.P. 60 hertz acoplado a reductor 75 RPM	1	pza.	S/ 1,367.50	S/ 1,367.50
2	Variador de frecuencia	1	pza.	S/ 1,001.50	S/ 1,001.50
3	PLC SIEMENS V8	1	pza.	S/ 585.00	S/ 585.00
4	Pulsadores	2	pza.	S/ 43.00	S/ 86.00
5	Pilotos señalizadores	2	pza.	S/ 56.00	S/ 112.00
6	Potenciometro	1	pza.	S/ 233.38	S/ 233.38
7	Pantalla de dialogo interfase	1	pza.	S/ 728.40	S/ 728.40
8	Selector 02 posiciones	1	pza.	S/ 174.80	S/ 174.80
9	Parada de emergencia	1	pza.	S/ 112.70	S/ 112.70
10	Cables electricos, conductores electrónicos	1	kit	S/ 189.00	S/ 189.00
11	Enchufe leviton	1	pza.	S/ 23.90	S/ 23.90
12	Contactora	1	pza.	S/ 89.50	S/ 89.50
13	Guardamotor	1	pza.	S/ 224.00	S/ 224.00
14	Rele térmico	1	pza.	S/ 138.00	S/ 138.00
15	Interruptor termomagnético monofasico	1	pza.	S/ 63.80	S/ 63.80
TOTAL					S/ 5,129.48

Elaboración Propia (Excel.2021)

TABLA 19: Presupuesto de Componentes y materiales mecánicos

ITEM	COMPONENTE Y/O MATERIAL	CANTIDAD	U.M.	PRECIO	SUBTOTAL
1	Eje porta herramienta de 2 pulg.	1	pza.	S/ 350.00	S/ 350.00
2	Cardan	1	pza.	S/ 250.00	S/ 250.00
3	Barra guía de avance	1	pza.	S/ 75.00	S/ 75.00
4	Cuchilla herramienta de tungsteno	1	kit	S/ 180.00	S/ 180.00
5	Bridas de ajuste	2	pza.	S/ 170.00	S/ 340.00
6	Rodajes 7310 BECBP	2	pza.	S/ 90.00	S/ 180.00
7	Barra de acero de 1 pulg.	2	pza.	S/ 140.00	S/ 280.00
8	Barra roscada de 1 pulg.	1	pza.	S/ 95.00	S/ 95.00
9	Tornillos de ajuste	6	pza.	S/ 30.00	S/ 180.00
10	Prisioneros M10x25	16	pza.	S/ 32.00	S/ 512.00
11	Costos por maquinado de piezas	1	serv.	S/ 300.00	S/ 300.00
TOTAL					S/ 2,742.00

Elaboración Propia (Excel.2021)

Asimismo se menciona que la empresa cuenta con personal técnico especializado para realizar el proceso de ensamblaje, soldeo y armado de la máquina-herramienta razón por la cual no se considera dicho costo específico.

Por lo tanto la inversión inicial sería solamente el acumulado de los componentes y materiales eléctricos y/o electrónicos y mecánicos.

En la siguiente TABLA 19 se muestra el consolidado requerido como Inversión Inicial que alcanza los S/ 7871.48.

TABLA 20: Inversión Inicial requerida

ITEM	DESCRIPCIÓN	SUBTOTAL
1	COSTO IMPLEMENTACIÓN ELECTRICA Y/O ELECTRONICA	S/ 5,129.48
2	COSTO IMPLEMENTACIÓN MECANICA	S/ 2,742.00
TOTAL		S/ 7,871.48

Elaboración Propia (Excel.2021)

Ahora procedemos a calcular los beneficios o ingresos de la implementación del proyecto en estudio, de donde tenemos el ahorro que se genera al realizar el servicio con precisión y exactitud en el lugar de trabajo donde se ejecuta la Obra versus realizar el servicio de mantenimiento en la maestranza que se tiene en la ciudad de Chimbote generando costos logísticos y tiempos de traslado perdidos en horas hombre.

En la TABLA 20, consolidamos dichos costos generados y el beneficio vinculado por la implementación del presente proyecto; obteniendo un ahorro de S/ 2850.00 por servicio realizado y de datos históricos se revisa que los servicios programados se realizan mensualmente distribuido entre todas sus maquinarias, por lo tanto se tendría un ahorro de S/ 2850.00 mensual.

TABLA 21: Ingreso por Beneficio / Ahorro

ITEM	DESCRIPCIÓN		SUBTOTAL
1	COSTO LOGISTICA TRASLADO DESDE OBRA A TALLER MAESTRANZA (RECOJO E INSTALACIÓN)	S/	4,250.00
2	COSTO DE OPERACIÓN MANDRINADORA EN OBRA (M.O. / MATERIALES / VIATICOS)	S/	1,400.00
TOTAL (ITEM 1 - ITEM 2): AHORRO POR IMPLEMENTACIÓN		S/	2,850.00

Elaboración Propia (Excel.2021)

Conociendo estos datos, proseguimos con el cálculo del Valor Actual Neto - VAN y de la Tasa Interna de Retorno – TIR, así como también el tiempo de retorno de la inversión, todo ello se encuentra consolidado en la TABLA 21, donde se presenta el flujo de caja para un periodo de 5 meses, asimismo se observa que el VAN tiene un valor de S/ 1246.66 (mayor a cero) y el TIR alcanza el 26% (mayor a la tasa de interés), donde el periodo de recuperación es de 2.76 meses.

Por lo tanto de líneas arriba mencionadas se concluye que el presente estudio de investigación es aceptable.

TABLA 22: Análisis de Flujo de Caja, VAN, TIR y periodo de recuperación

PERIODOS (MES)		CASH FLOW		ACUMULADO
0	S/	-7,871.48	S/	-7,871.48
1	S/	2,850.00	S/	2,850.00
2	S/	2,850.00	S/	5,700.00
3	S/	2,850.00	S/	8,550.00
4	S/	2,850.00	S/	11,400.00
5	S/	2,850.00	S/	14,250.00
VAN	S/	1,246.66		> 0
TIR		26%		> (Ti)
TIEMPO DE RECUPERACIÓN		2.76		meses

Elaboración Propia (Excel.2021)

En lo que respecta al análisis financiero, el capital inicial requerido será aportado en su totalidad por la Empresa RG INGENIEROS CONTRATISTAS Y ASOCIADOS S.A.C.

V.- DISCUSIONES

- Cuando mencionamos mantenimiento en maquinaria pesada aplicada a los cargadores frontales, mini cargadores, excavadoras, retroexcavadoras, motoniveladoras siempre está presente el proceso de barrenado y mandrinado, la diferencia entre ellos es el movimiento de la pieza durante el maquinado, es necesario mencionar que en ambos procesos se realiza el rellenado con soldadura y posterior desbastado de las articulaciones en cucharones, palas y brazos, así mismo embocinado para ampliar o mejorar la calidad de un agujero existente.
- Actualmente la empresa tiene una problemática con respecto al mandrinado de las articulaciones de las maquinarias pesada, ya que por motivo de traslado y tiempo desde el lugar de los hechos, ya sea (obra o campo del lugar de trabajo) hasta el taller de mecanizado y de mecánica, se gastaría el doble y hasta el triple en tiempo y de capital, ya que las maquinas mandriladoras son grandes y pesadas fijas en un lugar.
- En este sentido la empresa se ve en la necesidad de diseñar y automatizar luego ejecutar una maquina mandriladora portátil, así reducir costos de viáticos estadías, viajes y reducir el tiempo de reparación en las articulaciones de las maquinarias pesada.
- La máquina portátil es un gran aporte a la industria metal mecánica, ya que mediante su versatilidad y portabilidad se reducen considerablemente los costos de mecanizado.
- Así también el diseño y automatización contará con materiales comerciales fáciles de encontrar en el mercado nacional para la implementación del presente proyecto de diseño y automatización de mandriladora portátil, el cual se divide en dos partes: parte mecánica y la parte eléctrica donde es la automatización de dicho equipo portátil.
- Por otro lado, se define el análisis económico del VAN, TIR y tiempo de recuperación de la inversión, para la fabricación del prototipo, resultando que de acuerdo a los cálculos y mediciones realizados podríamos afirmar que el proyecto es rentable de acuerdo a la inversión inicial y tiempo de

recuperación, adicionado a esto en análisis de interés de retorno es aceptable.

VI.- CONCLUSIONES

- El presente estudio servirá para establecer la factibilidad técnica económica en el uso de esta máquina herramienta automatizada generalizando su uso hacia el resto de equipos donde se requiera trabajos de mandrinado.
- De acuerdo al estudio se estableció que al implementar dicha máquina herramienta en la empresa se tendrá ahorros significativos procedentes de la reducción de los costos en tiempo de reparación y traslados logísticos, lo cual asciende a S/ 2850 mensuales dado que los servicios se realizan para las maquinarias una vez al mes.
- De igual manera la inversión inicial será de S/ 7871.48 lo cual se espera recuperar en 2.76 meses.
- Se concluye que el presente proyecto tiene indicador de VAN = S/ 1246.66; por lo tanto es positivo mayor a cero entonces este indicador es aceptable.
- Asimismo el presente estudio alcanza una TIR = 26% superior a la tasa de interés ofrecida en el mercado de 17%.
- Al automatizar el motor eléctrico mediante el variador se generará una mayor precisión y exactitud debido a las velocidades finas obtenidas con el variador electrónico.
- De los cálculos realizados se obtiene las componentes técnicas del motor eléctrico y la caja reductora, siendo 2 H.P. / 1750 RPM y 75 RPM de salida ($i=23.33$) respectivamente; características de equipos muy comerciales en el mercado peruano.
- Se realiza el modelamiento y análisis de simulación del componente más crítico, el eje portaherramientas o husillo en el software Autodesk Inventor donde intervienen las fuerzas de corte, radial y avance arrojándonos resultados favorables en cuanto a resistencia a la máxima tensión, desplazamiento y factor de seguridad.

- A través del análisis de juicio por expertos se procede a validar el presente proyecto obteniendo en una escala de 1 a 6, un valor promedio de 5.44 o sea en otras palabras una confiabilidad de 90.67%, asimismo se válida la encuesta aplicada por los expertos con una calificación de 60% excelente y 40% bueno.

VII.- RECOMENDACIONES

- En caso de tener éxito, es decir, llegar a comercializar las herramientas de mecanizado para otros equipos de maquinaria pesada o para otros fines a utilizar, y tener al alcance recursos suficientes y necesarios, En este supuesto, se debe plantear la vida útil infinita de la herramienta, sustituyendo la herramienta convencional.
- La frecuencia del variador electrónico que se controla en Hertz, es otro factor muy importante del cual depende el efecto o aporte del corte, ya que debe ajustar y configurar al PLC SIEMENS v8.
- Para iniciar con el proceso de mandrinado se debe tener una velocidad de avance mínima y gradualmente incrementarla con la finalidad de evitar sobrecalentamientos en los componentes.
- Refrigerar constantemente con líquidos la herramienta de corte que tiene contacto con la pieza mecanizada.
- Cuando se requiera mecanizar alojamientos de mayor diámetro a los del presentado en el estudio, se debe evaluar y analizar la potencia requerida.
- El personal técnico que operará la máquina herramienta debe ser previamente capacitado en operación y mantenimiento así como también en gestión de seguridad y salud ocupacional.
- El estudio debe continuar con la simulación del análisis dinámico y un estudio de mercado de máquinas herramientas similares existentes o en prototipo.

REFERENCIAS

A. Stolt, M. Linderöth, A. Robertsson y R. Johansson. 2018. *Force controlled assembly of emergency stop button.* Shangai - China : IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2018.

ACOSTA ROMERO, Danilo Patricio y ORTIZ CARRERA, Renán Santiago. 2017. *Diseño eléctrico, automatización y puesta en marcha del ascensor de la Facultad de Mecánica. 2017.* . Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, riobamba-ecuador : 2017.

Alava Navas, Roberto Washington - Palacios Baúz Jose Antonio. 2014. *AUTOMATIZACIÓN DE FRESADORA ARTESANAL CNC.* Escuela Superior Politecnica del Litoral, Guayaquil - Ecuador : 2014.

Alexis, Alvarez Cabrales. 2016. *MÉTODO PARA EL DISEÑO CONCEPTUAL MECÁNICO BASADO EN LA TRAZABILIDAD DE LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.* Universidad Agraria de La Habana, La Habana - Cuba : 2016.

Ali D, Frimpong S. 2017. *Virtual Simulation of High Impact Shovel Loading Operation for Optimum Dumping Characterization.* Missouri - USA : J Powder Metall, 2017.

BenHermans, RoelLeus. 2018. *Scheduling Markovian PERT networks to maximize the net present value: New results.* KU Leuven - Belgica : Research Center for Operations Research & Business Statistics (ORSTAT), 2018.

Chao Shena, Shichao Peia, Zhenyu Yanga, Xiaohong Guanab. 2015. *Input extraction via motion-sensor behavior analysis on smartphones.* Beijing - China : Tsinghua University, 2015.

ChooChungc, Wonhee Kima Donghoon ShinbYoungwoo Leeb Chung. 2016. *Simplified torque modulated microstepping for position control of permanent magnet stepper motors.* Seul - Korea : Department of Electrical Engineering, Hanyang University, 2016.

Cisneros Acosta, Jose Esteban. 2018. *AUTOMATIZACIÓN DEL EJE DE COORDENADAS Z DE LA CORTADORA DE PLASMA CNC DE LA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ.* Universidad Tecnica del Norte, Ibarra - Ecuador : 2018.

Clenet, Daniel. 2015. *arrancadores y variadores de velocidad.* Schneider Electric, Paris - Francia : 2015.

Czechowicz, A. 2015. *Design of Electrical SMA Valves.* Berna - Suiza : Springer Cham, 2015.

Electric, Schneider. 2020. *Catalogo Electrico.* Ciudad de Mexico : Mc Grall Hill, 2020.

Ephrem Ryan, Alphonsusa Mohammad, OmarAbdullahb. 2016. *A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs).* Sarawak - Malaysia : Department of Chemical Engineering and Energy Sustainability, 2016.

Espinoza, Ivan. 2019. *Análisis de los esfuerzos flexionante y torsional máximos en un eje para transmisión de potencia.* Hidalgo - España : BC-ES, 2019.

Festo. 2017. *AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.* - Alemania : Festo Didactic, 2017.

Fiestas, Ricardo Manuel Parco. 2019. *EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA DE LA PEQUEÑA EMPRESA INNECMETAL S.A.C. DEL SECTOR METALMECANICO.* Lima - Perú : Universidad La Molina, 2019.

Filiu, Luis Miguel Cerdá. 2017. *ELECTRICIDAD Y AUTOMATISMOS ELECTRICOS.* Madrid - España : Paraninfo, 2017.

Fonseca - Dominguez, Luis - José Pedro. 2016. *ISO 9001:2015 EDITION- MANAGEMENT, QUALITY AND VALUE.* Porto - Portugal : Instituto Superior de Ingeniería de Porto, 2016.

Ford, Benjamin C. 2018. *Designing and Implementing Lean Manufacturing at John Deere Dubuque Works.* Colorado - USA : Lockheed Martin Engineering Management Program University of Colorado, 2018.

Hermann Jutz, Eduard Scharkus, Rolf Robelt. 1984. *TABLAS PARA LA INDUSTRIA METALURGICA.* Deutsche - Alemania : GTZ, 1984.

Hernández Chinea, E. 2015. *DISEÑO DE UNA MANDRINADORA PORTATIL.*

Hernandez Jimenez, Luis Gustavo. 2019. *INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE AVANCE Y LA LUBRICACIÓN EN EL ACABADO SUPERFICIAL .* Alicante - España : Ingeniería y Tecnología, 2019.

HNM Shah, MF Abdollah, Z Kamis. 2019. *Develop and implementation of PC based controller for humanoid robot using digital potentiometer.* Melaka - Malaysia : Indonesian Journal, 2019.

K. M. Le, H. Van Hoang and J. W. Jeon. 2017. *An Advanced Closed-Loop Control to Improve the Performance of Hybrid Stepper Motors.* Inglaterra : IEEE Transactions on Power Electronics, 2017.

Kolinski, Adam. 2017. *THE IMPACT OF ECO-EFFICIENCY IN PRODUCTION ON AVAILABILITY OF MACHINES Y EQUIPMENT.* New York - EE.UU. : EcoProduction, 2017.

Kuric I., Císar M., Tlach V., Zajačko I., Gál T., Więcek D. 2019. *Technical Diagnostics at the Department of Automation and Production Systems.* Suiza : Springer Nature, 2019.

LÓPEZ GONZÁLEZ, Yudy Katherine y MARTÍNEZ GALLEGO, Claudia Jimena. 2017. *LÓPEZ GONZÁLEZ, Yudy Katheri Tablero de prácticas eléctricas para aplicaciones de control y potencia implementando contactores.* UNIVERSIDAD SANTO TOMAS , COLOMBIA : 2017.

M. G. Hudedmani, R. M. Umayal, S. K. Kabberalli, and R. Hittalamani. 2017. *Programmable Logic Controller (PLC) in Automation.* Ottawa - Canada : Adv. J. Grad. Res, 2017.

Makers, Integra. 2017. *GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.* Lima - Perú : s.n., 2017.

Martín García, Juan Carlos. 2017. *AUTOMATISMOS INDUSTRIALES.* Madrid - España : Editex, 2017.

Mendez-Martinez, Julio Alberto Mendoza-MendozaVictor Gonzalez-VillelaGabriel Sepulveda-CervantesMauricio. 2020. *Concepts and Definitions.* USA : Apress, Berkeley, CA, 2020.

MONTOYA, JOFFRE VICTOR OCHOA. 2012. *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO ENTRENADOR PARA TRANSFERENCIA DE ENERGIA ELECTRICA.* UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, GUAYAQUIL : 2012.

Nachtmann, Heather. 2021. *The Engineering Economist.* New York - USA : Engineering and Technology Journals, 2021.

Naranjo Gavidia, Adriana Lisbeth. 2017. *CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO APLICADO A UNA MAQUINA CORTADORA DE PLASMA.* Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador : 2017.

Nisbett, Richard Budynas - Keith. 2012. *DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA DE SHIGLEY.* Mexico : Mc Graw Hill, 2012.

Norton, Robert L. 2011. *DISEÑOS DE MAQUINAS.* Zaragoza - España : Prentice Hall, 2011.

Novoa Perez Jose Miguel, Zapata Mendoza Oscar Omar. 2018. *DISEÑO DE MAQUINA MANDRINADORA PORTATIL, LIGERA Y DE FACIL MONTAJE PARA EL MECANIZADO DE AGUJEROS Y DIAMETRO 60 MM HASTA 500MM.* Universidad Cesar Vallejo, Trujillo : 2018.

OC Duffy, G Wright, SA Heard. 2017. *Fundamentals of mobile heavy equipment.* Florida - USA : CDX Learnig Systems, 2017.

Panchal, Richard FujimotoConrad BockWei ChenErnest PageJitesh H. 2020. *Research Challenges in Modeling and Simulation for Engineering Complex Systems.* Suiza : Springer Nature, 2020.

Pascual, Ricardo. 2017. *EL ARTE DE MANTENER.* Santiago - Chile : Version 2.8, 2017.

PATRICIO, PACHACAMA CAMPAÑA ISRAEL. 2019. *AUTOMATIZACION DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE PLASTICO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCION DE MANGUERA DE USO ELECTRICO.* UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, LATACUNGA-ECUADOR : 2019.

Perez Peña, Leonidas Israel. 2020. *AUTOAMTIZACION DE UNA MAQUINA CORTADORA DE PLASMA PARA MATERIALES METALICOS DE ESPESORES ENTRE 1 Y 50 MM.* Pontificia Universidad Catolica del Perú, Lima : 2020.

Posada, Carlos. 2019. *METALMECANICA ES LA CLAVE PARA EL DESARROLLO.* Lima - Perú : Camara de Comercio, 2019.

S Jangam, V Joshi, N Ghanekar. 2021. *DESIGN AND FABRICATION OF PORTABLE DRILLING AND BORING MACHINE.* Virar - India : VIVA-Tech International, 2021.

S Liang, AJ Shih. 2015. *Analysis of machining and machine tools.* New York - USA : Springer, 2015.

Sandvik. 2016. *TECNOLOGIA DE MECANIZADO DE METAL.* Madrid - España : Sandvik Coromant, 2016.

Silva Villena, Luis. 2019. *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO ENFOCADO EN EL CICLO DE VIDA DE LA FLOTA DE CAMIONES CAT 793C Y SU RELACIÓN CON LOS COSTOS GLOBALES EN LA MINERÍA DE TAJO ABIERTO.* Universidad Privada del Norte, Cajamarca : 2019.

Svanberg A., Larsson, S., Mäki, R. 2020. *Full-scale simulation and validation of bucket filling for a mining rope shovel by using a combined rigid FE-DEM granular material model.* Boliden - Suecia : Comp. Part. Mech, 2020.

Tahilramani, DG Rangani y NV. 2017. *Automation based elevator control system.* Tumkur - India : Tercera Conferencia Internacional sobre Tecnología de Computación y Comunicación Teórica y Aplicada (iCATccT), 2017.

Toapanta Sánchez, Donal Giancarlo. 2019. *Desarrollo de un sistema domótico de asignación de puestos de parqueo mediante la creación de un prototipo funcional.* Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática., Guayaquil : 2019.

VACA MAZA, Angel Euclides. 2014. *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA ELECTRONEUMATICO PARA EL ACOPLAMIENTO A LA LINEA DE ENSAMBLAJE DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL DE LA EIE-CRI.* ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA-ECUADOR : 2014.

Y. Feng, ZJ Shen y X. Zhou, 2021. *Influence of DC Power System Parameters on Fault Interruption Characteristics of Electronically Assisted Circuit Breaker (EACB).* Arlington - EE. UU. : IEEE Cuarta Conferencia Internacional sobre Microrredes DC (ICDCM), 2021.

Z. Wu, G. Wu, C. Chen, Y. Fang, L. Pan and H. Huang, 2016. *A Novel Breaking Strategy for Electrical Endurance Extension of Electromagnetic Alternating Current Contactors.* Beijing - China : IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, 2016.

ANEXOS

ANEXO N° 01: Instrumentos y Técnicas para recolectar de datos y su método de análisis

TIPO	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	METODO DE ANALISIS DE DATOS
DOCUMENTAL	ANALISIS DOCUMENTAL	FICHA TECNICA DE REGISTRO, MATERIAL BIBLIOGRAFICO	ESTADISTICA
	REVISIÓN DOCUMENTARIA	REGISTRO DE HISTORIAL, LECTURA DE HOROMETROS	HOJA DE CALCULO
DE CAMPO	OBSERVACIÓN	CHECK LIST	PARETO, ISHIKAWA
	ENCUESTA	CUESTIONARIO	ESTADISTICA
	ENTREVISTA	GUIA ESTRUCTURADA	ESTADISTICA

Elaboración Propia.

V2

ANEXO N° 02: Valores referenciales de fuerza específica

Valores de orientación para vel. de corte-ángulo de corte-fuerza esp. de corte Extracto AWF 158

Los valores se refieren a corte en seco con:
 útiles de ac. rápido para vel. de corte v_{60} (durac. herram. 60 min.)
 útiles de metal duro para vel. de corte v_{240} (durac. herram. 240 min.)
 áng. de posición $\chi = 45^\circ$, áng. punta $\epsilon = 90^\circ$, áng. inclinac. $\lambda = 0 \dots 8^\circ$
 con metales ligeros y materiales sintéticos y prensados $\lambda = 5 \dots 10^\circ$

Los valores de orientación sirven para profund. de corte hasta 5 mm, para > 5 mm la velocidad de corte es un 10 ... 20% menor.

Los val. de la fza. espec. de corte son para una profund. de corte de 2...10 veces el avance

Material	Util	Ángulos corte		Avance λ en (mm rev)					Avance λ en mm rev				
		χ cc°	ϵ γ°	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	0,1	0,2	0,4	0,8
Acero sin alea	SS	8	14		60	45	34	25	19	3500	2600	1900	1380
St 34, St 37, St 42	S _i	5	10	280	236	200	170	* 67	* 56				
St 50, St 60	SS	8	14		44	32	24	18	14	4100	2950	2150	1540
	S _i	5	10	240	205	175	145	* 50	* 42				
St 70	SS	8	14		32	24	18	13	10	4400	3150	2300	1640
	S _i	5	10	200	170	132	106	* 34	* 27				
Acero moldeado	SS	8	10		34	25	19	14	11	3600	2600	1900	1380
	S _i	5	6	118	100	85	71	* 24	* 20				
Aceros aleados	SS	8	10		24	17	12	8,5	6	5000	3600	2600	1850
	S _i	5	6	155	132	106	85	* 56	* 42				
Ac. Mn. ac. Cr-Ni	SS	8	6		16	11	8	(5,6)		5300	3800	2750	2000
Ac. Cr-Mn	S _i	5	6	95	75	60	50	* 16	* 13				

Fuente: (Hermann Jutz, 2015)

ANEXO N° 03: Valores referenciales para sección de viruta

CAPACIDAD DE MECANIZADO										POTENCIA DE ACCIONAMIENTO								
Sección viruta $f = a \cdot s$ en mm^2					$a =$ profundidad viruta en mm													
Volumen viruta $V = a \cdot s \cdot v$ en cm^3/min					$s =$ avance en mm/rev.													
Fuerza de corte $F = a \cdot s \cdot k_s$ en N/mm^2					$v =$ velocidad de corte en m/min													
Potencia motor de accionam. $P = \frac{a \cdot s \cdot k_s \cdot v}{60 \cdot 102 \cdot \eta}$ en W					$k_s =$ fuerza específica de corte en N/mm^2					$\eta =$ rendimiento								
Ej.: Material St 37, $a = 4$ mm, $s = 0,4$ mm/rev., $k_s = 1900$ N/mm ² , $v = 45$ m/min, $\eta = 0,75$																		
Se busca la potencia necesaria P [kW] $P = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 1900 \cdot 45}{60 \cdot 0,75} = 3030$ W ≈ 3 kW																		
SECCIÓN DE VIRUTA POSIBLE PARA POTENCIA ACCIONAMIENTO $P = 1$ kW																		
Velocidad corte m/min	Fuerza específica de corte en N/mm^2																	
	6000	5700	5000	4800	4100	3600	3000	2600	2150	2000	1900	1800	1400	1250	1000	700	500	350
Sección viruta S en mm^2 para $P = 1$ kW ($\eta = 0,75$)																		
5	1,39	1,61	1,83	1,91	2,23	2,55	3,06	3,53	4,27	4,59	4,83	5,73	6,55	7,34	9,18	13,11	18,36	26,22
6	1,15	1,34	1,53	1,59	1,86	2,12	2,53	2,94	3,55	3,82	4,02	4,78	5,46	6,12	7,65	10,92	15,30	21,85
8	0,87	1,00	1,14	1,19	1,39	1,59	1,91	2,20	2,66	2,86	3,02	3,56	4,09	4,59	5,73	8,19	11,47	16,39
10	0,69	0,80	0,91	0,95	1,11	1,27	1,53	1,76	2,13	2,29	2,41	2,86	3,27	3,67	4,59	6,55	9,18	13,11
13	0,53	0,61	0,70	0,73	0,83	0,98	1,17	1,53	1,64	1,76	1,85	2,20	2,52	2,82	3,53	5,04	7,06	10,08
14	0,49	0,57	0,65	0,68	0,79	0,91	1,09	1,26	1,52	1,64	1,72	2,04	2,36	2,62	3,27	4,68	6,55	9,36
15	0,46	0,53	0,61	0,63	0,74	0,85	1,02	1,17	1,42	1,53	1,61	1,91	2,18	2,44	3,06	4,37	6,12	8,74
18	0,38	0,44	0,51	0,53	0,62	0,70	0,85	0,98	1,18	1,26	1,34	1,59	1,82	2,04	2,55	3,64	5,10	7,28
20	0,34	0,40	0,45	0,47	0,55	0,63	0,76	0,88	1,06	1,14	1,20	1,43	1,63	1,83	2,29	3,27	4,59	6,55
24	0,29	0,33	0,38	0,39	0,46	0,53	0,63	0,73	0,88	0,95	1,00	1,19	1,36	1,53	1,91	2,18	3,82	5,46
25	0,27	0,32	0,36	0,38	0,44	0,51	0,61	0,70	0,85	0,91	0,98	1,14	1,31	1,46	1,83	2,62	3,67	5,24
27	0,25	0,29	0,34	0,35	0,41	0,47	0,57	0,65	0,79	0,85	0,89	1,06	1,21	1,36	1,70	2,42	3,40	4,85
32	0,21	0,25	0,28	0,29	0,35	0,39	0,47	0,55	0,66	0,71	0,75	0,89	1,02	1,14	1,43	2,04	2,86	4,09
34	0,20	0,23	0,26	0,28	0,33	0,37	0,45	0,52	0,62	0,67	0,71	0,84	0,96	1,08	1,35	1,92	2,70	3,85
40	0,17	0,20	0,22	0,23	0,27	0,31	0,38	0,44	0,53	0,57	0,60	0,71	0,81	0,91	1,14	1,63	2,29	3,27
45	0,15	0,18	0,20	0,21	0,25	0,28	0,34	0,38	0,47	0,51	0,53	0,63	0,72	0,81	1,02	1,48	2,04	2,91
50	0,13	0,16	0,18	0,19	0,22	0,25	0,30	0,35	0,42	0,46	0,49	0,57	0,65	0,73	0,91	1,31	1,83	2,62

Fuente: (Hermann Jutz, 2015)

ANEXO N° 04: Tipos de moto reductores

Serie H / ATEX / IEC

6.2 IH/IHA REDUCTOR - 1750 rpm

CATÁLOGO TÉCNICO

IH042

Mn ₂ [Nm]	i	Pn ₁ [kW]	n ₂ [rpm]	Fr ₁ [N]	Fr ₂ [N]
116	5,46	4,05	320,4	494	3589
116	7,19	3,08	243,5	718	4052
152	8,91	3,26	196,3	676	4056
173	10,31	3,20	169,7	686	4106
181	11,80	2,93	148,3	752	4303
181	13,57	2,55	128,9	841	4601
181	15,96	2,16	109,7	929	4965
181	19,00	1,82	92,1	1009	5379
181	21,00	1,65	83,3	1049	5627
188	23,15	1,55	75,6	1070	5799

IH.../F/U	D	B	b	t	f	C	Cl	E	F	G	G1	H	I	K	M	N	O	O2	Q	R	S	-V
IH032/IH033	25 j6	50	8	28	M10	25	34	130	169	141	150	90	9,2	15	110	140	11	M8x17 (n.5)	60	160	15	92
IH042/IH043	30 j6	60	8	33	M10	30	30	165	189	152	152	115	18	15	135	170	14	M8x17 (n.5)	85	195	15	115
IH052/IH053	35 k6	70	10	38	M12	30	30	165	192	187	187	115	25,5	18	135	185	14	M8x17 (n.5)	80	201	18	116
IH062/IH063	40 k6	80	12	43	M16	35	35	205	234	236	236	140	31	25	170	220	16	M10x20 (n.6)	100	255	20	140
IH082/IH083	50 k6	100	14	53,5	M16	40	40	260	292	272,5	272,5	180	31	27,5	215	280	18	M12x25 (n.7)	140	315	25	180
IH102/IH103	40 k6	80	12	43	M16	40	40	310	364	316	316	225	35,5	27,5	250	330	22	M14x28 (n.7)	159	365	30	227
IH122/IH123	60 m6	120	18	64	M20	45	45	370	408	376,5	376,5	250	47,5	35	290	406	26	M14x30 (n.7)	185,5	440	35	253
IH142/IH143	90 m6	170	25	95	M20	50	50	410	498	430	430	315	45	40	340	450	26	M16x32 (n.7)	230	490	35	320

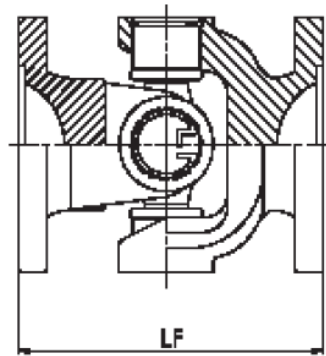
...F/U	J	J1	M1	M2	NF FB	N1	O1	P	P1	SF	TF	
IH032/IH033 IH042/IH043	FA	45°	60°	Ø165	Ø85	130	70	11 (n.4)	160	Ø200	9	3,5
	FB			Ø130	Ø85	110		9 (n.4)	Ø160	/	9	3,5
	FC			Ø115	Ø85	95		9 (n.4)	Ø140	/	9	3
	FD			Ø100	Ø85	80		M8 (n.4)	Ø120	/	9	3
IH052/IH053	FA	45°	60°	Ø215	Ø105	180	90	14 (n.4)	200	Ø250	12	4
	FB			Ø165	Ø105	130		11 (n.4)	Ø200	/	12	3,5
IH062/IH063	FA	45°	45°	Ø265	Ø130	230	110	14 (n.4)	250	Ø300	15	4
	FB			Ø215	Ø130	180		14 (n.4)	Ø250	/	15	4
	FC			Ø165	Ø130	130		11 (n.4)	Ø200	/	15	3,5
IH082/IH083	FA	45°	45°	Ø300	Ø165	250	130	18 (n.4)	300	Ø350	16	5
	FB			Ø265	Ø165	230		14 (n.4)	Ø300	/	16	4
	FC			Ø215	Ø165	180		14 (n.4)	Ø250	/	16	4
IH102/IH103	FA	45°	45°	Ø350	Ø185	300	150	18 (n.4)	350	Ø400	18	5
	FB			Ø300	Ø185	250		18 (n.4)	Ø350	/	18	5
	FC			Ø265	Ø185	230		14 (n.4)	Ø300	/	18	4
IH122/IH123	FA	45°	45°	Ø350	Ø200	300	170	18 (n.4)	Ø400	/	18	5
	FB			Ø400	Ø245	350		18 (n.8)	Ø450	/	25	5
IH142/IH143	FA	45°	45°	Ø350	Ø245	300	210	18 (n.4)	Ø400	/	25	5
	FC			Ø350	Ø245	300		18 (n.4)	Ø400	/	25	5

IH.../F/U	G3	G4	B2	D2	b2	t2	f2
IH032/IH033	271	240	50	24 j6	8	27	M8
IH042/IH043	242	242	50	24 j6	8	27	M8
IH052/IH053	277	277	50	24 j6	8	27	M8
IH062/IH063	349	349	60	28 j6	8	31	M10
IH082/IH083	385,5	385,5	60	28 j6	8	31	M10
IH102/IH103	442,5	442,5	80	38 k6	10	41	M12
IH122/IH123	503	503	80	38 k6	10	41	M12
IH142/IH143	570	570	110	42 k6	12	45	M16

IH...

Fuente: (Motion, 2021)

ANEXO N° 05: Características de las transmisiones por cardan



MODELO	CRUZETA	TM (N.M)	TN (N.M)	A	B	C	F	LM	R	K	G	H	Z
CD-100	CR-01	250	90	58/60	47	30	2	32	40	61	3,5	5,1	4
CD-200	CR-01	250	110	65	52	35	2	32	40	61	4,5	6,1	4
CD-300	CR-02	400	270	75	62	42	2	39	40	80	6	6,1	4 OU 6
CD-400	CR-03	800	400	90	74,5	47	2,5	51	51	100	7,5	8,1	6
CD-500	CR-03	1350	750	100	84	57	2,5	54	51	100	7,5	8,1	6
CD-600	CR-04	2100	1100	100	84	57	2,5	63	60	120	9	8,1	6
CD-700	CR-04	2300	1400	120	101,5	75	2,5	60	60	120	9	10,1	8
CD-800	CR-05	2500	1650	120	130	90	3	60	90	110	10	12,1	8
CD-900	CR-06	2800	1900	150	130	90	3	76	90	135	12	12,1	8
CD-1000	CR-07	3200	2100	150	130	90	3	76	90	110	12	12,1	8
CD-1100	CR-08	4000	3200	150	130	90	3	76	90	145	12	12,1	8
CD-1200	CR-09	5500	3900	150	130	90	3	76	100	155	12	12,1	8
CD-1300	CR-010	6500	4700	150	130	90	3	92	100	165	12	12,1	8
CD-1400	CR-011	14000	6500	180	155,5	110	3	92	110	185	14	14,1	8 OU 10
CD-1500	CR-012	18000	8000	225	196	140	5	115	120	180	15	16,1	8
CD-1600	CR-013	23000	10000	250	218	140	6	130	152	225	18	16,1	8

MODELO	ØA (mm)	B (mm)
CR-01	19	48,1
CR-02	23,8	61,2
CR-03	27	81,8
CR-04	30,2	106,2
CR-05	34,9	106,2
CR-06	34,9	126,1
CR-07	38,1	57,1
CR-08	45,1	120,3
CR-09	48	125
CR-010	52,1	133
CR-011	57	151,9
CR-012	65	156
CR-013	74	180

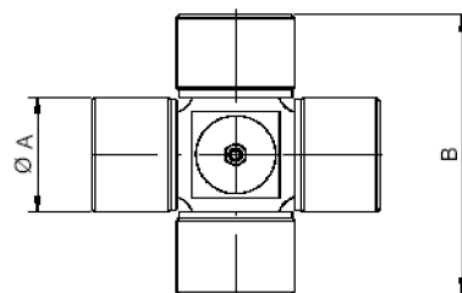


FIG.: 1

Fuente: (Motion, 2021)

ANEXO N° 06: Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A36

DENOMINACIONES:

REDO LISO A36; REDO LISO SAE1045.

REDO PULI A36; REDO PULI SAE1045.

DESCRIPCIÓN:

Producto laminado en caliente de sección circular, de superficie lisa y pulida (según requerimiento).

USOS:

CALIDAD	USOS
ASTM A36	Estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, cercos, barras de transferencia para pavimento rígido, etc. También para recalado y mecanizado.
SAE 1045	Pernos y tuercas por recalado en caliente o mecanizado, ejes, pines, pasadores, etc.

NORMAS TÉCNICAS:

- Composición Química y Propiedades Mecánicas: SAE J403 (1045), ASTM A36 / A36M, y NTP 350.400

TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

- Barras de diámetros \leq a 1 1/8": ISO 1035/4 y NTP 241.105
- Barras de diámetros $>$ a 1 1/8": ASTM A6 y NTP 241.105

PRESENTACIÓN:

- Se comercializa en longitudes de 6 metros. En otras longitudes solo a pedido del cliente.
- Las barras de diámetros mayores a 1", son suministradas en estado laminado en caliente y posteriormente pulidas (según requerimiento del cliente).
- Se suministran en paquetes de 1 t.
- La calidad 1045 se identifica en los extremos, pintando la mitad de la sección con color negro.
- La calidad A36 se identifica en los extremos, pintando la mitad de la sección con color verde y la otra mitad con color negro.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:

REDO LISO:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg.)	PESO MÉTRICO kg/m	PESO DE LA BARRA kg/6m
3/8	0.56	3.36
1/2	0.99	5.97
5/8	1.55	9.32
3/4	2.24	13.43
7/8	3.05	18.27

DIÁMETRO NOMINAL (pulg.)	PESO MÉTRICO kg/m	PESO DE LA BARRA kg/6m
1	3.98	23.87
1 1/4	6.22	37.29
1 3/8	7.52	45.12
2	15.91	95.46
2 1/4	20.14	120.82

REDO PULIDO:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg.)	PESO MÉTRICO kg/m	PESO DE LA BARRA kg/6m
1 1/8	5.03	30.21
1 1/4	6.22	37.29
1 1/2	8.95	53.70
1 3/4	12.18	73.09
2	15.91	95.46
2 1/2	24.86	149.16

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CUCHARA (%):

NORMA	%C máx.	% Mn	%Si máx.	%P máx.	%S máx.
ASTM A36	0.26	0.60 - 0.90 ^(*)	0.40.	0.04	0.05
SAE 1045	0.43 - 0.50	0.60 - 0.90	-	0.030	0.050

(*) Para diámetros mayores que 3/4".

PROPIEDADES MECÁNICAS:

NORMA	LÍMITE DE FLUENCIA MPa (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MPa (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO EN 200 mm mín. (%)
ASTM A36	250 (2,530)	400 - 550 (4,080 - 5,620)	20.0
SAE 1045 ^(*)	390 - 540 (4,000 - 5,500)	650 - 800 (6,700 - 8,200)	12.0

(*) Valores Típicos

TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

Barras de diámetro $>$ 1" ASTM A 6/A 6M.

NORMA TÉCNICA	DIÁMETRO NOMINAL (d)	DIÁMETRO (d - mm)	OVALIZACIÓN (o - mm) máx.	DESVIACIÓN DE MÁXIMA DE RECTITUD (f - mm/m)	LONGITUD (L - mm) (°)
ASTM A6	1" $<$ D \leq 1 1/8"	± 0.25	0.38	4.16	+ 50 - 0
	1 1/8" $<$ D \leq 1 1/4"	± 0.28	0.41		
	1 1/4" $<$ D \leq 1 3/8"	± 0.30	0.46		
	1 3/8" $<$ D \leq 1 1/2"	± 0.36	0.53		
	1 1/2" $<$ D \leq 2"	± 0.40	0.58		
	2" $<$ D \leq 2 1/2"	+ 0.79/- 0.0	0.58		

Fuente: (Aceros Arequipa, 2020)

ANEXO N° 07: Factor de superficie y tamaño en maquinado

Factor de superficie k_a

La superficie de una muestra de viga rotativa está muy pulida y además se le da un pulido final en la dirección axial para eliminar cualquier rayadura circunferencial. El factor de modificación depende de la calidad del acabado de la superficie de la parte y de la resistencia a la tensión. A fin de determinar expresiones cuantitativas para acabados comunes de parte de máquinas (esmerilada, maquinada o estirada en frío, laminada en caliente y forjada), las coordenadas de los puntos de datos se recopilaron nuevamente de una gráfica del límite de resistencia a la fatiga contra la resistencia última a la tensión, a partir de datos recolectados por Lipson y Noll y reproducidos por Horger.¹⁴ Los datos pueden representarse mediante

$$k_a = aS_{ut}^b \quad (6-19)$$

donde S_{ut} es la resistencia mínima a la tensión y los valores de a y b se encuentran en la tabla 6-2.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Factor de tamaño k_b

El factor de tamaño se evaluó en 133 conjuntos de puntos de datos.¹⁵ Los resultados para flexión y torsión pueden expresarse como

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases} \quad (6-20)$$

Fuente: (Nisbett, 2012)

ANEXO N° 08: Factor de carga para esfuerzos

	$k_c = \alpha \bar{S}_{utr}^{-\beta} \text{LN}(1, C)$				
Parámetros del factor de carga de Marin	α	MPa	β	C	k_c promedio
Flexión	1	1	0	0	1
Axial	1.23	1.43	-0.0778	0.125	0.85
Torsión	0.328	0.258	0.125	0.125	0.59

	\bar{S}_{utr} kpsi	k_c^*
Factor de carga promedio de Marin para carga axial	50	0.907
	100	0.860
	150	0.832
	200	0.814

*Anotación promedio 0.85.

	\bar{S}_{utr} kpsi	k_c^*
Factor de carga promedio de Marin para carga de torsión	50	0.535
	100	0.583
	150	0.614
	200	0.636

*Anotación promedio 0.59.

Fuente: (Nisbett, 2012)

ANEXO N° 09: Factores de seguridad por temperatura en maquinado

Temperatura, °C	S _T /S _{RT}	Temperatura, °F	S _T /S _{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Fuente: (Nisbett, 2012)

ANEXO N° 10: Factor de confiabilidad para herramientas

Factor de confiabilidad k_e

El análisis que se presenta aquí es aplicable a la dispersión de datos como la que se muestra en la figura 6-17 donde el límite medio de resistencia a la fatiga es $S'_e/S_{ut} \doteq 0.5$, o como lo da la ecuación (6-8). La mayoría de los datos de resistencia a la fatiga se reportan como valores medios. Los datos que presentaron Haugen y Wirching¹⁹ muestran desviaciones estándar de la resistencia a la fatiga de menos de 8 por ciento. Por lo tanto, el factor de modificación de la confiabilidad aplicable para esto puede escribirse como

$$k_e = 1 - 0.08 z_a \quad (6-29)$$

donde z_a se define mediante la ecuación (20-16) y los valores de cualquier confiabilidad deseada pueden determinarse a partir de la tabla A-10. En la tabla 6-5 se proporcionan los factores de confiabilidad de algunas confiabilidades estándar especificadas.

Para un enfoque más amplio sobre la confiabilidad, vea la sección 6-17.

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Fuente: (Nisbett, 2012)

ANEXO N° 11: Tabla para selección de rodamientos de bolas con contacto angular

3.1 Rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular
d 45 – 50 mm

2RZ

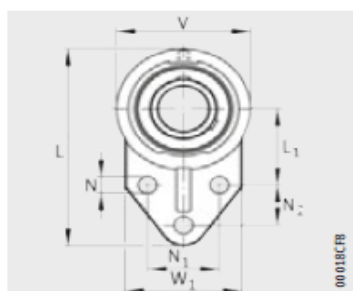
Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	Rodamiento de
d	D	B	dinámica	estática	P_u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		Rodamientos de emparejamiento universal	diseño básico/ sellado
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-	
45	85	19	35,8	26	1,12	9 500	7 500	0,52	-	▶ 7209 BE-2RZP
	85	19	38	28,5	1,22	9 500	10 000	0,42	▶ 7209 BECBP	-
	85	19	38	28,5	1,22	9 500	10 000	0,42	▶ 7209 BEGAPH	-
	85	19	38	28,5	1,22	9 500	12 000	0,42	▶ 7209 BECBM	-
	85	19	40	30,5	1,29	9 500	10 000	0,42	▶ 7209 BECBY	-
	85	19	44	32	1,37	10 000	15 000	0,42	▶ 7209 ACCBM	-
	100	25	55,9	37,5	1,6	8 500	6 700	0,85	-	▶ 7309 BE-2RZP
	100	25	55,9	37,5	1,6	8 500	8 000	0,82	-	▶ 7309 BEP
	100	25	61	40,5	1,73	8 500	9 000	0,82	▶ 7309 BECBP	-
	100	25	61	40,5	1,73	8 500	9 000	0,82	▶ 7309 BEGAPH	-
	100	25	61	40,5	1,73	8 500	11 000	0,91	▶ 7309 BECBM	-
	100	25	64	45	1,9	8 500	9 000	0,87	▶ 7309 BECBY	-
100	25	68	45,5	1,93	9 000	13 000	0,91	▶ 7309 ACCBM	-	
50	90	20	37,7	28,5	1,22	9 000	7 000	0,55	-	▶ 7210 BE-2RZP
	90	20	37,7	28,5	1,22	9 000	8 500	0,47	-	▶ 7210 BEP
	90	20	40	31	1,32	9 000	9 000	0,47	▶ 7210 BECBP	-
	90	20	40	31	1,32	9 000	9 000	0,47	▶ 7210 BECBPH	-
	90	20	40	31	1,32	9 000	11 000	0,47	▶ 7210 BECBM	-
	90	20	41,5	33,5	1,4	9 000	9 000	0,47	▶ 7210 BECBY	-
	90	20	45,5	35,5	1,5	9 500	14 000	0,47	▶ 7210 ACCBM	-
	110	27	68,9	47,5	2	7 500	6 000	1,2	-	▶ 7310 BE-2RZP
	110	27	75	51	2,16	7 500	8 000	1,1	▶ 7310 BECBP	-
	110	27	75	51	2,16	7 500	8 000	1,1	▶ 7310 BEGAPH	-
	110	27	75	51	2,16	7 500	10 000	1,1	▶ 7310 BECBM	-
	110	27	78	56	2,36	7 500	8 000	1,15	▶ 7310 BECBY	-
110	27	83	57	2,4	8 000	12 000	1,1	▶ 7310 ACCBM	-	

Fuente: (Grupo SKF, 2019)

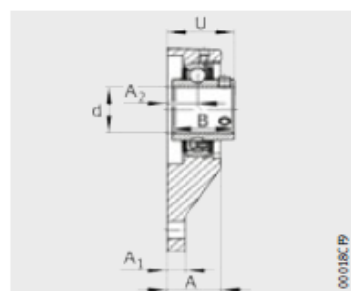
ANEXO N° 12: Tabla selección de rodamientos de bridas y soportes

Soportes-brida de tres agujeros

soportes de fundición grls con tornillos prisioneros en el anillo Interior



UCFB



UCFB

Tabla de medidas · Medidas en mm y en pulgadas

Referencias	Peso m ≈kg	Dimensiones		L	L ₁	V	W ₁	A	A ₁	A ₂	N	N ₁	N ₂	B	U	Soporte	Rodamiento insertable
		d mm	inch														
UCFB201	0,57	12	—														UC201
UCFB201-08	0,57	12,7	1/2														UC201-08
UCFB202-09	0,56	14,288	9/16														UC202-09
UCFB202	0,56	15	—														UC202
UCFB202-10	0,55	15,875	5/8	110	42	62	52	24	13	13	9,5	32	27	31	31,8	FB204	UC202-10
UCFB203	0,54	17	—														UC203
UCFB203-11	0,54	17,463	11/16														UC203-11
UCFB204-12	0,53	19,05	3/4														UC204-12
UCFB204	0,52	20	—														UC204
UCFB205-13	0,66	20,638	13/16														UC205-13
UCFB205-14	0,65	22,225	7/8														UC205-14
UCFB205-15	0,63	23,813	15/16	116	45	68	56	26	13	15	9,5	34	27	34,1	34,8	FB205	UC205-15
UCFB205	0,62	25	—														UC205
UCFB205-16	0,62	25,4	1														UC205-16
UCFB206-17	0,89	26,988	1 1/16														UC206-17
UCFB206-18	0,87	28,575	1 1/8														UC206-18
UCFB206	0,85	30	—														UC206
UCFB206-19	0,85	30,163	13/16	130	50	78	65	29	13	17	9,5	40	29	38,1	39,2	FB206	UC206-19
UCFB206-20	0,83	31,75	1 1/4														UC206-20
UCFB207-20	1,24	31,75	1 1/4														UC207-20
UCFB207-21	1,22	33,338	15/16														UC207-21
UCFB207-22	1,19	34,925	13/8	144	55	90	70	33	15	19	9,5	46	32	42,9	44,4	FB207	UC207-22
UCFB207	1,19	35	—														UC207
UCFB207-23	1,16	36,513	17/16														UC207-23
UCFB208-24	1,67	38,1	1 1/2														UC208-24
UCFB208-25	1,64	39,688	19/16	164	60	100	78	34	16	20	11,1	50	41	49,2	50,2	FB208	UC208-25
UCFB208	1,63	40	—														UC208
UCFB209-26	1,97	41,275	15/8														UC209-26
UCFB209-27	1,93	42,863	1 11/16														UC209-27
UCFB209-28	1,89	44,45	1 3/4	174	65	106	80	34	18	20	11,1	54	43	49,2	50,2	FB209	UC209-28
UCFB209	1,87	45	—														UC209
UCFB210-29	2,25	46,038	1 13/16														UC210-29
UCFB210-30	2,2	47,625	17/8														UC210-30
UCFB210-31	2,16	49,213	1 15/16	184	68	112	86	35	18	20	11,1	58	46	51,6	52,6	FB210	UC210-31
UCFB210	2,13	50	—														UC210
UCFB210-32	2,11	50,8	2														UC210-32

Fuente: (Grupo SKF, 2019)

ANEXO N° 13: Dimensiones de prisioneros sistema ISO

Diámetro mayor (nominal) d (mm)	ROSCA BASTA			ROSCA FINA		
	Paso p (mm)	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)	Paso p (mm)	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)
3.0	0.50	2.39	5.03			
3.5	0.60	2.76	6.78			
4.0	0.70	3.14	8.78			
5.0	0.80	4.02	14.18			
6.0	1.00	4.77	20.12			
7.0	1.00	5.77	28.86			
8.0	1.25	6.47	36.61	1.00	6.77	39.17
10.0	1.50	8.16	57.99	1.25	8.47	61.20
12.0	1.75	9.85	84.27	1.25	10.47	92.07
14.0	2.00	11.55	115.4	1.50	12.16	124.55
16.0	2.00	13.55	156.7	1.50	14.16	167.25
18.0	2.50	14.93	192.5	1.50	16.16	216.23
20.0	2.50	16.93	244.8	1.50	18.16	271.50
22.0	2.50	18.93	303.4	1.50	20.16	333.50
24.0	3.00	20.32	352.5	2.00	21.55	384.42
27.0	3.00	23.32	459.4	2.00	24.55	495.74
30.0	3.50	25.71	560.6	2.00	27.55	621.20
33.0	3.50	28.71	693.6	2.00	30.55	760.80
36.0	4.00	31.09	816.7	3.00	32.32	864.94
39.0	4.00	34.09	975.8	3.00	35.32	1028.4

Fuente: (Norton, 2011)

ANEXO N° 14: Especificaciones Técnicas Contactor LC1 D09 – M07

Separate components

Auxiliary contact blocks and add-on modules: see pages B8/23 to B8/29.

(1) LC1 D09 to D32: clip-on mounting on 35 mm rail AM1 DP or screw fixing.

(2) Standard control circuit voltages (for other voltages, please consult your Regional Sales Office):

a.c. supply												
Volts	24	42	48	110	115	220	230	240	380	400	415	440
LC1 D09...D80A												
50/60 Hz	B7	D7	E7	F7	FE7	M7	P7	U7	Q7	V7	N7	R7



LC1 D09●●



LC1 D25●●

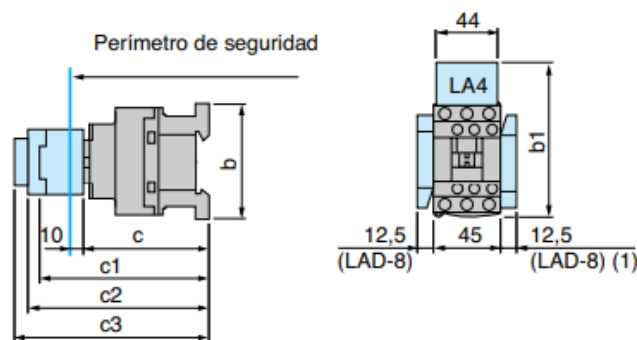
3-pole contactors

Standard power ratings of 3-phase motors 50-60 Hz in category AC-3 (θ ≤ 60 °C)								Rated operational current in AC-3 440 V up to	Instantaneous auxiliary contacts	Basic reference, to be completed by adding the control voltage code ⁽²⁾	Weight ⁽³⁾
220 V	380 V	415 V	440 V	500 V	660 V	1000 V	A				
230 V	400 V				690 V					Fixing ⁽¹⁾	kg
kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW					
Connection by screw clamp terminals											
2.2	4	4	4	5.5	5.5	–	9	1	1	LC1D09●●	0.320
3	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5	–	12	1	1	LC1D12●●	0.325
4	7.5	9	9	10	10	–	18	1	1	LC1D18●●	0.330
5.5	11	11	11	15	15	–	25	1	1	LC1D25●●	0.370
7.5	15	15	15	18.5	18.5	–	32	1	1	LC1D32●●	0.375
9	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	–	38	1	1	LC1D38●●	0.380
Power connections by EverLink® BTR screw connectors ⁽⁴⁾ and control by screw clamp terminal											
11	18.5	22	22	22	30	–	40	1	1	LC1D40A●●	0.850
15	22	25	30	30	33	–	50	1	1	LC1D50A●●	0.855
18.5	30	37	37	37	37	–	65	1	1	LC1D65A●●	0.860

Esquemas: 1149

Dimensiones

LC1-D09 a D18 (3 polos)



LC1-	D09...D18
b sin accesorio	77
b1 con LAD-4BB	94
con LA4-D●2	110 (2)
c sin tapa ni accesorio	84
con tapa, sin accesorio	86
c1 con LAD-N o C (2 ó 4 contactos)	117
c2 con LA6-DK10, LAD-6K10	129
c3 con LAD-T, R, S	137
con LAD-T, R, S y tapa de protección	141

(1) LC1-D09 a D38 tripolares: montaje a la izquierda únicamente

Fuente: (Schneider Electric, 2021)

ANEXO N° 15: Especificaciones técnicas para guardamotores eléctricos

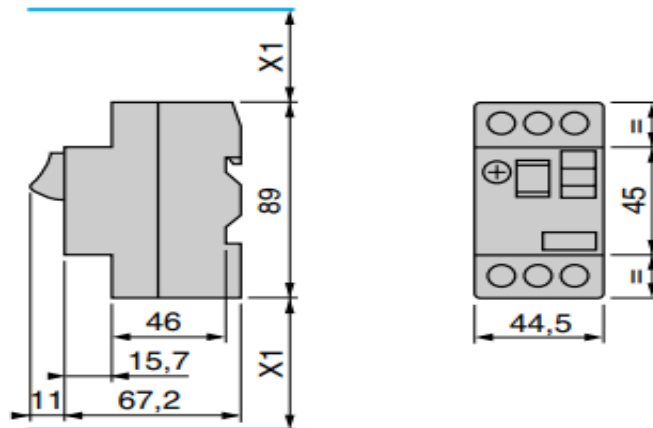
Oferta guardamotores magnéticos y termomagnéticos GV2 y GV3

Potencias normalizadas de los motores trifásicos 50/60 Hz. en AC-3		Rango de ajuste de disparo térmico	Capacidad interruptiva Icu 220 V	Capacidad interruptiva Icu 440 V	Referencia a ordenar
kW (CP)	kW (CP)				
220 V	440 V	A	kA	kA	
Guardamotores termomagnéticos (protección de sobrecarga y cortocircuito)					
0.37 (0.5)	1.1 (1.5)	1.6-2.5	> 100	> 100	GV2ME07
0.75 (1)	1.5 (2)	2.5-4.0	> 100	> 100	GV2ME08
1.1 (1.5)	3 (3)	4.0-6.3	> 100	50	GV2ME10
2.2 (3)	4 (5.5)	6.0-10	> 100	15	GV2ME14
3 (3)	7.5 (10)	9.0-14.0	> 100	8	GV2ME16
4 (5.5)	9 (12)	13.0-18.0	> 100	8	GV2ME20
5.5 (7.5)	11 (15)	17.0-23.0	50	6	GV2ME21
5.5 (7.5)	11 (15)	20.0-25.0	50	6	GV2ME22
7.5 (10)	15 (20)	24.0-32.0	50	6	GV2ME32
0.37 (0.5)	1.1 (1.5)	1.6-2.5	> 100	> 100	GV2P07
0.75 (1)	1.5 (2)	2.5-4.0	> 100	> 100	GV2P08
1.1 (1.5)	3 (3)	4.0-6.3	> 100	> 100	GV2P10
2.2 (3)	4 (5.5)	6.0-10	> 100	> 100	GV2P14
3 (3)	7.5 (10)	9.0-14.0	> 100	50	GV2P16
4 (5.5)	9 (12)	13.0-18.0	> 100	20	GV2P20
5.5 (7.5)	11 (15)	17.0-23.0	> 100	20	GV2P21
5.5 (7.5)	11 (15)	20.0-25.0	> 100	20	GV2P22
7.5 (10)	15 (20)	24.0-32.0	> 100	20	GV2P32
5.5 (7.5)	11 (15)	17.0-25.0	> 100	100	GV3P25
7.5 (10)	15 (20)	23.0-32.0	> 100	100	GV3P32
9 (10)	18.5 (25)	30.0-40.0	> 50	50	GV3P40
11 (15)	22 (30)	37.0-50.0	> 50	50	GV3P50
15 (20)	30 (40)	48.0-65.0	> 50	50	GV3P65
22 (30)	45 (60)	56.0-80.0	100	10	GV3ME80



GV2M...

GV2-ME



(1) Máximo
X1 Perímetro de seguridad = 40 mm para $U_e \leq 690$ V

Fuente: (Schneider Electric, 2021)

ANEXO N° 16: Especificaciones Técnicas del Relé Térmico

Relés de protección térmica diferenciales para asociar a guardamotors magnéticos

- Relés compensados, con rearme manual o automático,
- con visualización del disparo,
- para corriente alterna o continua.



LRD-08



LRD-21

Regulación del relé	Guardamotor Magnético	Para asociación con contactor LC1-A	Referencia	Peso	
	Coord. tipo 1	Coord. tipo 2		kg	
Clase 10 A (1) con conexión mediante bornes a tornillos					
0,10...0,16	GV2LE03	GV2L03	D09...D38	LRD-01	0,124
0,16...0,25	GV2LE03	GV2L03	D09...D38	LRD-02	0,124
0,25...0,40	GV2LE03	GV2L03	D09...D38	LRD-03	0,124
0,40...0,63	GV2LE04	GV2L04	D09...D38	LRD-04	0,124
0,63...1	GV2LE05	GV2L05	D09...D38	LRD-05	0,124
1...1,7	GV2LE06	GV2L06	D09...D38	LRD-06	0,124
1,6...2,5	GV2LE07	GV2L07	D09...D38	LRD-07	0,124
2,5...4	GV2LE08	GV2L08	D09...D38	LRD-08	0,124
4...6	GV2LE10	GV2L10	D09...D38	LRD-10	0,124
5,5...8	GV2LE14	GV2L14	D09...D38	LRD-12	0,124
7...10	GV2LE14	GV2L14	D09...D38	LRD-14	0,124
9...13	GV2LE16	GV2L16	D12...D38	LRD-16	0,124
12...18	GV2LE20	GV2L20	D18...D38	LRD-21	0,124
16...24	GV2LE22	GV2L22	D25...D38	LRD-22	0,124
23...32	GV2LE32	GV2L32	D25...D38	LRD-32	0,124
30...38	GV2LE32	GV2L32	D32 y D38	LRD-35	0,124

Fuente: (Schneider Electric, 2021)

ANEXO N° 17: Ficha técnica de Variador Electrónico

Ficha técnica del producto

Especificaciones



VARIADOR 1FASE 240V 1,5KW 2HP 7,5A

ATV12HU15M2

Principal

Destino del producto	Motores asíncronos
Nombre de componente	ATV12
Ventilador integrado	Donde
Número de red de fases	1 fase
Potencia del motor en kW	1,5 kW
Potencia del motor en CV	2 hp
Corriente de línea	17,8 A a 200 V 14,9 A a 240 V
Rango de velocidades	1...20
Grado de protección IP	IP20 sin placa de obturación en pieza superior
Rango de producto	Altivar 12
Tipo de producto o componente	Variador velocidad variable
Aplicación específica producto	Máquina simple
Protocolo de puerto de comunic	Modbus
[Us] tensión de alimentación nominal	200...240 V - 15...10 %
Filtro CEM	Integrado

Complementario

Frecuencia de alimentación	50/60 Hz +/- 5 %
Tipo de conector	1 RJ45 (en cara frontal) para Modbus
Interfaz física	RS 485 de dos hilos para Modbus
Marco de transmisión	RTU para Modbus
Velocidad de transmisión	4800 bit / s 9600 bit/s 19200 bit/s 38400 bit / s
Número de direcciones	1...247 para Modbus
Servicio de comunicación	Registros con lectura (03) 29 palabras Regis. únic. escr. (06) 29 palabras Reg. múlt. lect./escr. (16) 27 palabras Registadores múltiples de lectura/escritura (23) 4/4 palabras Identificación de dispositivo de lectura (43)
Corriente de salida continua	7,5 A a 4 kHz

05/12/2021

Life is On | Schneider
Electric

1

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

Máxima corriente transitoria	11,2 A para 60 s
Rango de frecuencias de salida	0,5...400 Hz
Par de frenado	Hasta un 70% del par motor nominal sin resistencia de frenado
Tensión de salida	200 ... 240 V 3 fases
Conexión eléctrica	Terminal, capacidad de clamping: 5,5 mm ² , AWG 10 (L1, L2, L3, U, V, W, PA, PC)
Par de apriete	1,2 N.m
Aislamiento	Eléctrico entre alimentación y control
Alimentación	Fuente de alimentación interna para potenciómetro de referencia: 5 V CC (4,75...5,25 V), <10 mA, tipo de protección: protección de sobrecarga y cortocircuito Alimentación interna para entradas lógicas: 24 V CC (20,4...28,8 V), <100 mA, tipo de protección: protección de sobrecarga y cortocircuito
Tipo de entrada analógica	Corriente configurable AI1 0...20 mA 250 Ohm Tensión configurable AI1 0...10 V 30 kOhm Tensión configurable AI1 0...5 V 30 kOhm
Tipo de entrada digital	Programable LI1...LI4 24 V 18...30 V
Lógica de entrada digital	Lógica negativa (recepción), > 16 V (estado 0), < 10 V (estado 1), impedancia de ingreso 3.5 kOhm Lógica positiva (fuente.), 0...< 5 V (estado 0), > 11 V (estado 1)
Duración de muestreo	20 ms, tolerancia +/- 1 ms para entrad lóg. 10 ms para entr análoga
Error de linealidad	+/- 0,3% del valor máximo para entr análoga
Tipo de salida analógica	AO1 tensión configurable por software: 0...10 V, impedancia: 470 Ohm, resolución 8 bits AO1 corriente configurable por software: 0...20 mA, impedancia: 800 Ohm, resolución 8 bits
Tipo de salida digital	Salida lógica LO +, LO - Salida de relé protegida R1A, R1B, R1C 1 C/O
Corriente mínima de conmutación	5 mA a 24 V CC para relé lógico
Corriente de conmutación máxima	2 A 250 V CA inductivo cos phi = 0,4 L/R = 7 ms relé lógico 2 A 30 V CC inductivo cos phi = 0,4 L/R = 7 ms relé lógico 3 A 250 V CA resistivo cos phi = 1 L/R = 0 ms relé lógico 4 A 30 V CC resistivo cos phi = 1 L/R = 0 ms relé lógico
De desconexión a parada	Con inyección c.c., <30 s
Resolución de frecuencia	Entrada analóg.: convertido A/D, 10 bits Unidad de pantalla: 0.1 Hz
Constante de tiempo	20 ms +/- 1 ms para cambio de referencia
Funcionalidad	BASIC
Aplicación específica	Equipamiento comercial
Variable speed drive application selection	Mezclador Equipamiento comercial Otra aplicación Equipamiento comercial Planchado Textil
Tipo de arrancador de motor	Variador de velocidad
Número de entrada digital	4
Número de salida digital	2
Número de entrada analógica	1
Número de salida analógica	1
Perfil de control de motor asíncrono	Control vector flujo sin detector Relación de frecuencia/tensión cuadrática Relación tensión / frecuencia (V / f)
Sobrepasar transitorio	150...170 % del par nominal del motor en función del grado de accionamiento y tipo de motor
Rampas de aceleración y deceleración	U S Lineal de 0 a 999,9 s
Compensación desliz. motor	Regulable 'or' no regulable Predet. de fábrica
Frecuencia de conmutación	2...16 kHz regulable 'or' no regulable 4...16 kHz con

Frecuencia de conmutación nominal	4 kHz
Prospective line Isc	1 kA
Tipo de protección	Sobretensión sum línea Tensión baj sumin línea Sobreintensidad entre fases de salida y tierra Protección sobrecalentam Cortocircuito entre fases del motor Contra la pérdida de fase de entrada en fase trifásica Protección térmica del motor a través del accionamiento cálculo continuo de I ² t
Cantidad por juego	Juego de 1
Ancho	105 mm
Alto	142 mm
Profundidad	156,2 mm
Peso del producto	1,4 kg

Entorno

Emisión electromagnética	Emisiones radiadas ambiente 1 categoría C2 conforme a EN/IEC 61800-3 2 ... 16 kHz cable blindado del motor Emisiones conducidas con filtro EMC integrado ambiente 1 categoría C1 conforme a EN/IEC 61800-3 2, 4, 8, 12 y 16 kHz cable blindado del motor <5 m Emisiones conducidas con filtro EMC adicional ambiente 1 categoría C1 conforme a EN/IEC 61800-3 4 ... 12 kHz cable blindado del motor <20 m Emisiones conducidas con filtro EMC adicional ambiente 1 categoría C2 conforme a EN/IEC 61800-3 4 ... 12 kHz cable blindado del motor <50 m Emisiones conducidas con filtro EMC adicional ambiente 2 categoría C3 conforme a EN/IEC 61800-3 4 ... 12 kHz cable blindado del motor <50 m Emisiones conducidas con filtro EMC integrado ambiente 1 categoría C2 conforme a EN/IEC 61800-3 4 ... 16 kHz cable blindado del motor <5 m Emisiones conducidas con filtro EMC integrado ambiente 1 categoría C2 conforme a EN/IEC 61800-3 2, 4, 8, 12 y 16 kHz cable blindado del motor <10 m
Resistencia a las vibraciones	1 gn (f = 13...200 Hz) conforme a EN/IEC 60068-2-6 1,5 mm pico a pico (f = 3...13 Hz) - motor desmontado en perfil DIN simétrico - conforme a EN/IEC 60068-2-6
Resistencia a los choques	15 gn para 11 ms conforme a EN/IEC 60068-2-27
Humedad relativa	5...95 % sin condensación conforme a IEC 60068-2-3 5...95 % sin goteo de agua conforme a IEC 60068-2-3
Temperatura ambiente	-10...50 °C cubierta protectora de la parte superior del motor extraída 50...60 °C con disminución de corriente de 2,2 % por grada
Altitud máxima de funcionamiento	> 1000...2000 m con disminución de corriente del 1% por 100 m <= 1000 m sin reducir la capacidad normal
Posición de funcionamiento	Vertical +/- 10 grados
Certificados de producto	CSA GOST UL NOM C-Tick
Marcado	CE
Estilo de conjunto	With heat sink
Compatibilidad electromagnética	Prueba de inmunidad oscilatoria/ráfagas eléctrica nivel_4 conforme a EN/IEC 61000-4-4 Prueba de inmunidad de descarga electrostática nivel_3 conforme a EN/IEC 61000-4-2 Inmunidad a perturbancias conducidas nivel_3 conforme a EN/IEC 61000-4-6 Prueba de inmunidad de campo electromagnético de radio frecuencia radiada nivel_3 conforme a EN/IEC 61000-4-3 Prueba de inmunidad frente a sobrevoltaje nivel_3 conforme a EN/IEC 61000-4-5 Prueba de inmunidad de interruptores y caídas de tensión conforme a EN/IEC 61000-4-11
Intensidad de ruido	45 dB
Temperatura ambiente de almacenamiento	-25...70 °C
Unidades de embalaje	
Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE

Número de Unidades en el Paquete 1	1
Paquete 1 Peso	1,738 kg
Paquete 1 Altura	23 cm
Paquete 1 ancho	20 cm
Paquete 1 Largo	21,5 cm
Tipo de Unidad de Paquete 2	P06
Número de Unidades en el Paquete 2	30
Paquete 2 Peso	64,84 kg
Paquete 2 Altura	73,5 cm
Paquete 2 Ancho	60 cm
Paquete 2 Largo	80 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto verde premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 Meses
----------------------------	----------

ANEXO N° 18: Ficha Técnica PLC Siemens V.8

SIEMENS

Hoja de datos

6ED1052-1FB08-0BA0

LOGO! 230RCE,mód. lógico,displ.

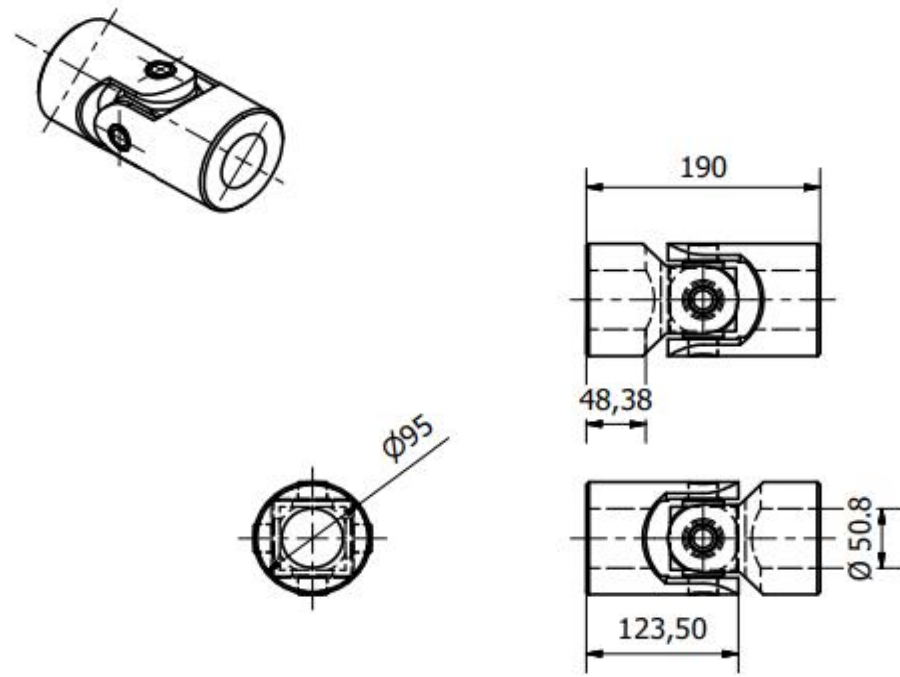


Figura similar

Display	
Con display	Si
Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 115 V DC	Si
• 230 V DC	Si
Rango admisible, límite inferior (DC)	100 V
Rango admisible, límite superior (DC)	253 V
Valor nominal (AC)	
• 115 V AC	Si
• 230 V AC	Si
Frecuencia de red	
• Rango admisible, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible, límite superior	63 Hz

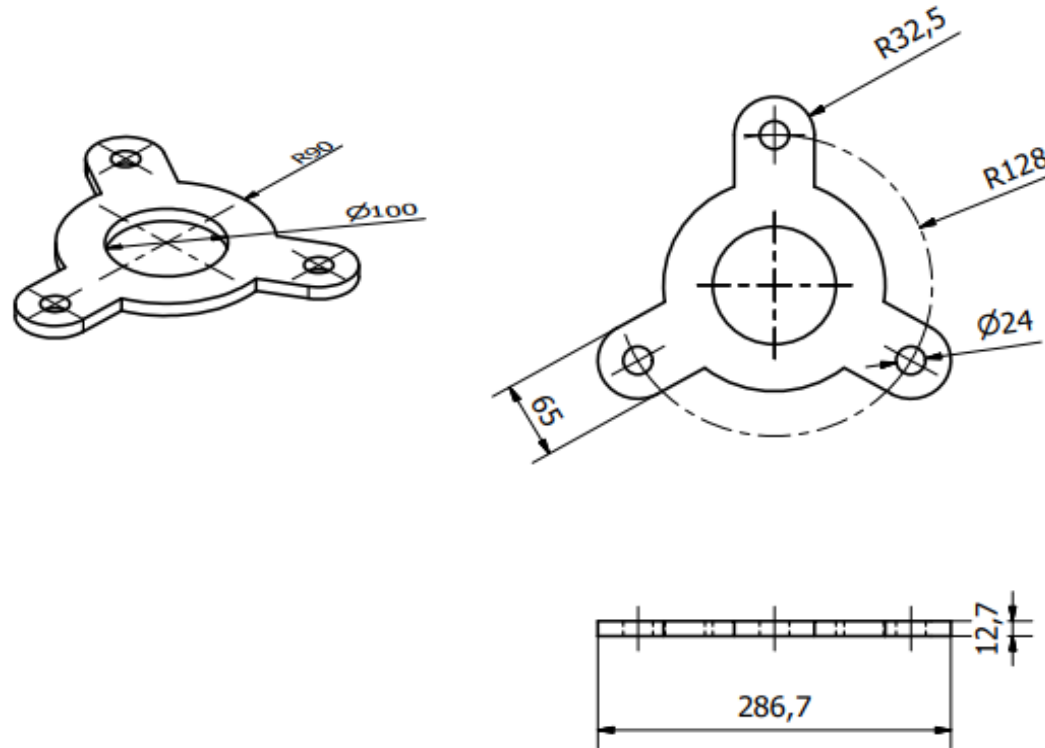
Hora	
Programadores horario	
• Cantidad	400; Máx. 400, según la función
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Si
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Si
Homologación CSA	Si
Homologación UL	Si
Homologación FM	Si
desarrollado conforme a IEC 61131	Si
según VDE 0631	Si
Homologaciones navales	Si
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	-20 °C; Sin condensación
• máx.	55 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
Altitud en servicio referida al nivel del mar	
• Temperatura ambiente-presión atmosférica-altitud de instalación	Tmín ... Tmáx a 1 080 hPa ... 795 hPa (-1 000 m ... +2 000 m)
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Altura	90 mm
Profundidad	60 mm

ANEXO N° 19: Características Técnicas Componente "Cardan"



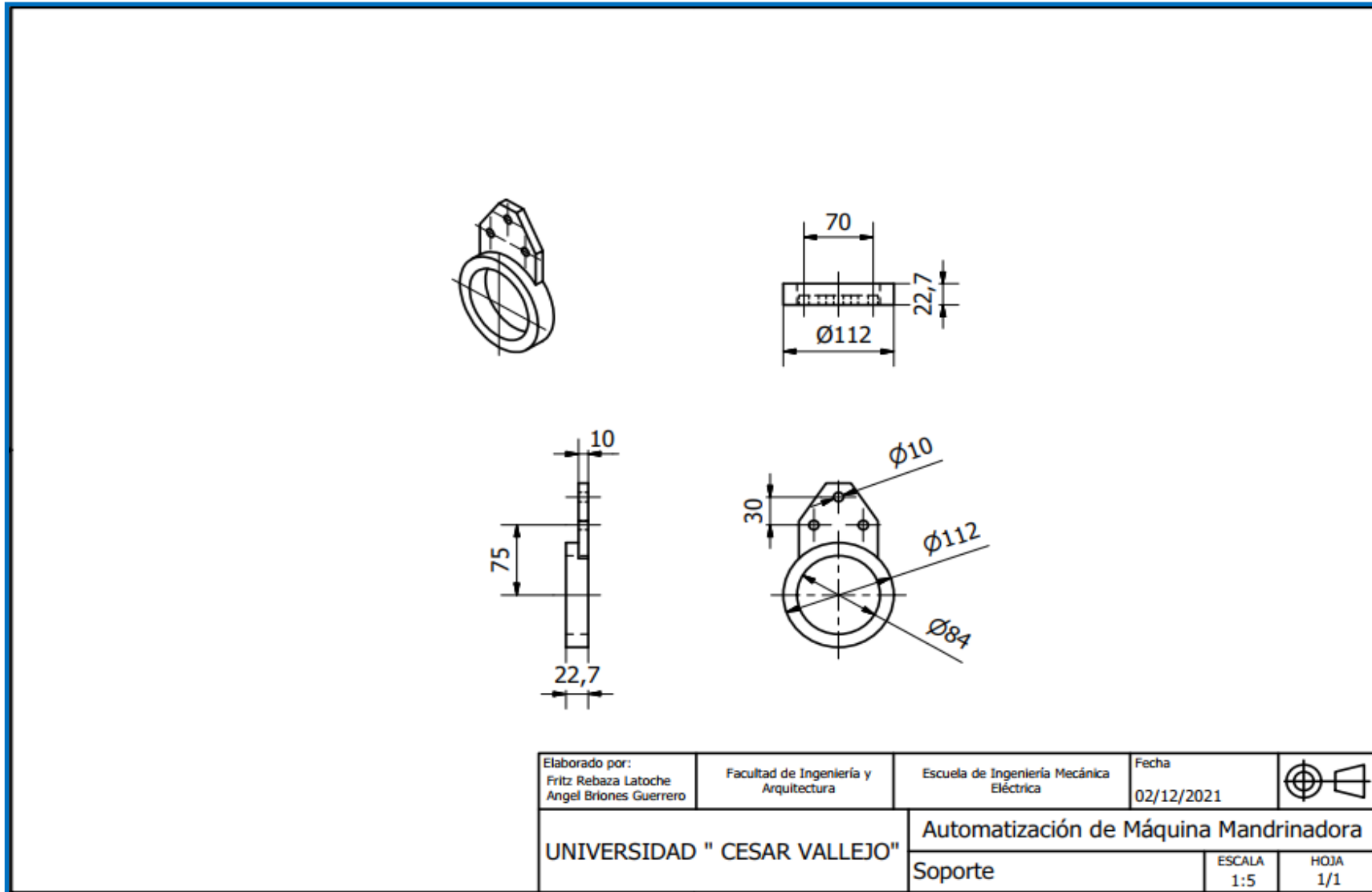
Elaborado por: Fritz Rebaza Latoche Angel Briones Guerrero	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica	Fecha 02/12/2021	
UNIVERSIDAD " CESAR VALLEJO "		Automatización de Máquina Mandrinadora		
		Cardan	ESCALA 1:5	HOJA 1/1

ANEXO N° 20: Características Técnicas Componente “Brida”

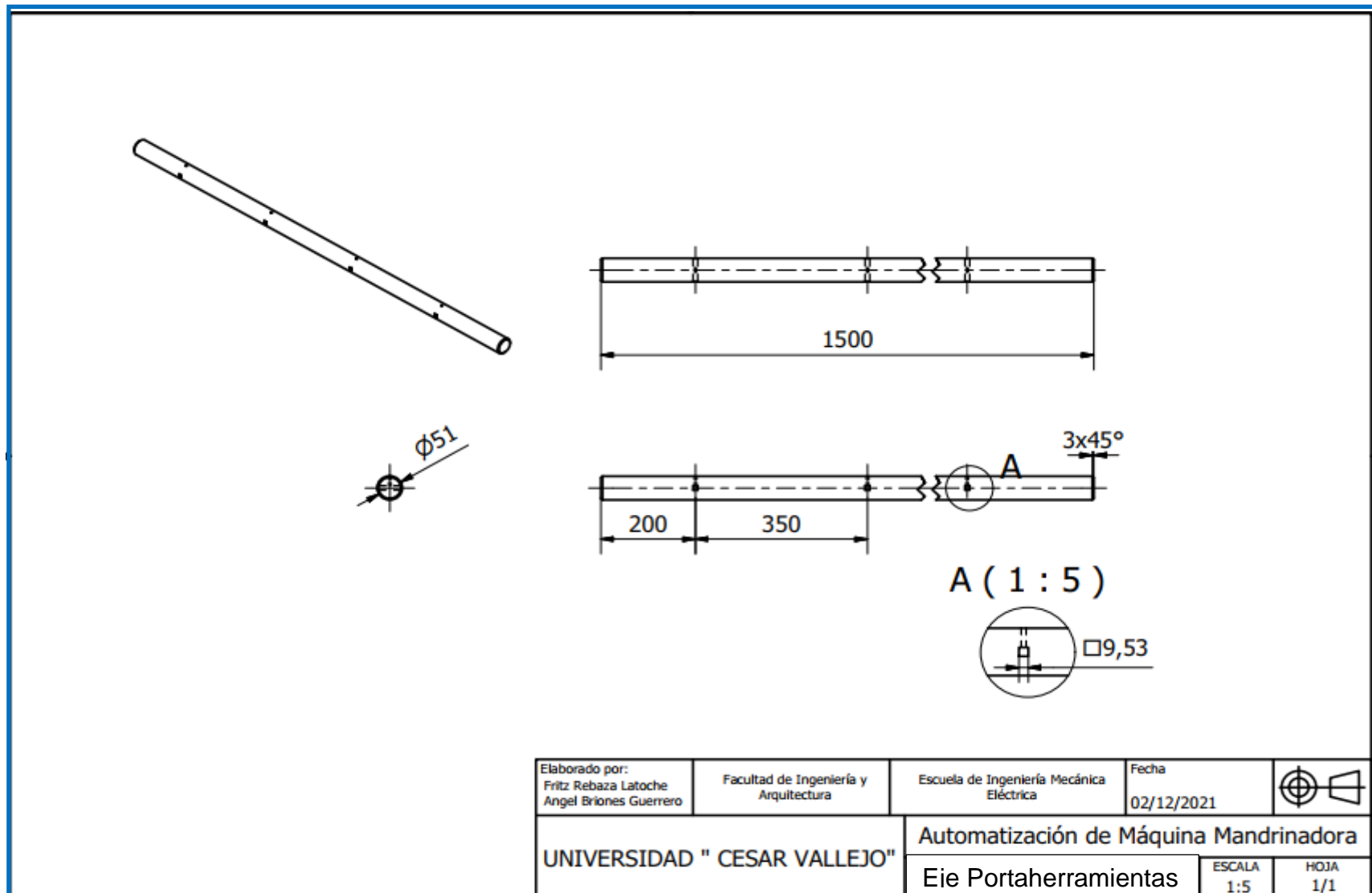


Elaborado por: Fritz Rebaza Latoche Angel Briones Guerrero	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica	Fecha 02/12/2021	
UNIVERSIDAD " CESAR VALLEJO "		Automatización de Máquina Mandrinadora		
Brida		ESCALA 1:5	HOJA 1/1	

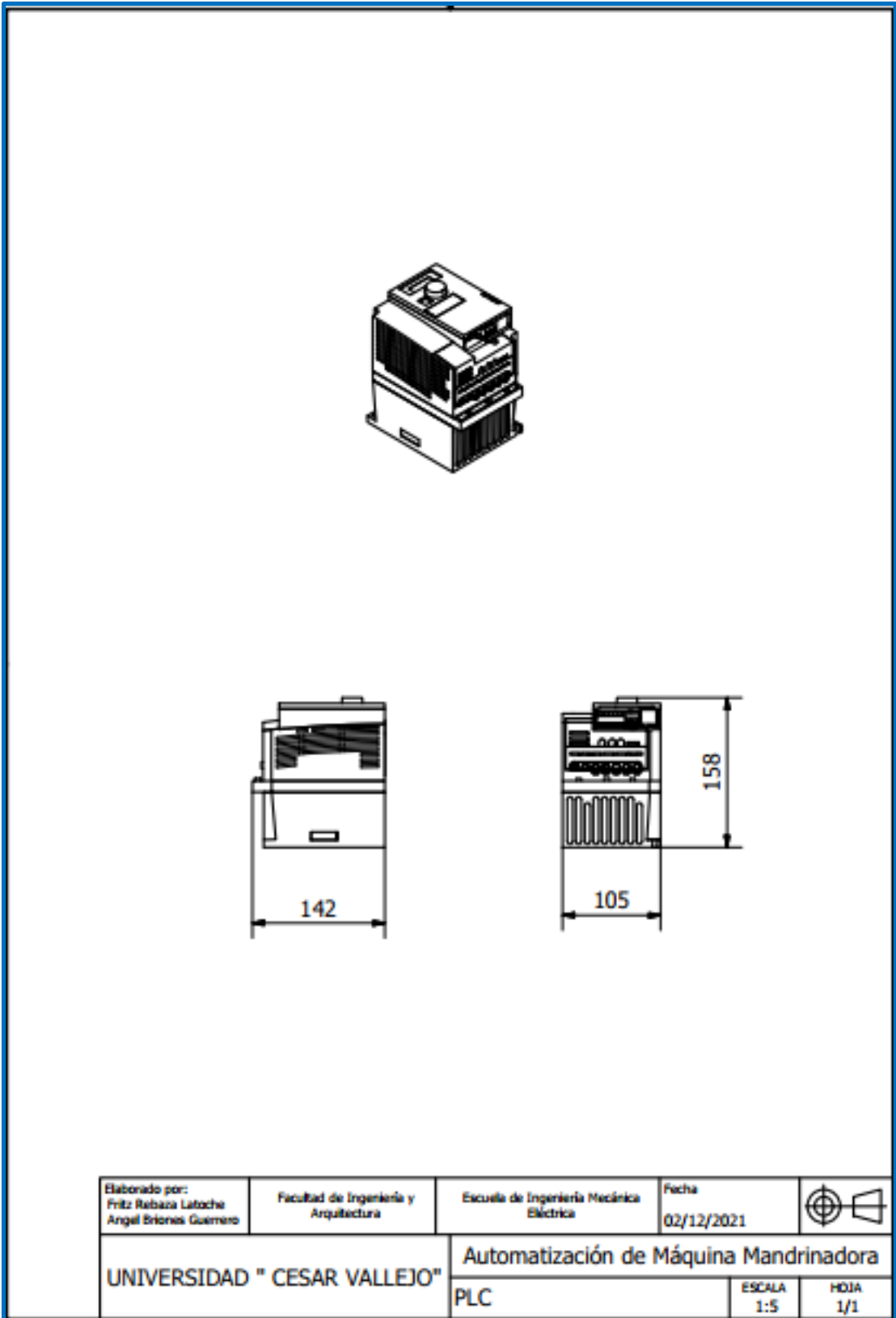
ANEXO N° 21: Características Técnicas Componente "Soporte"



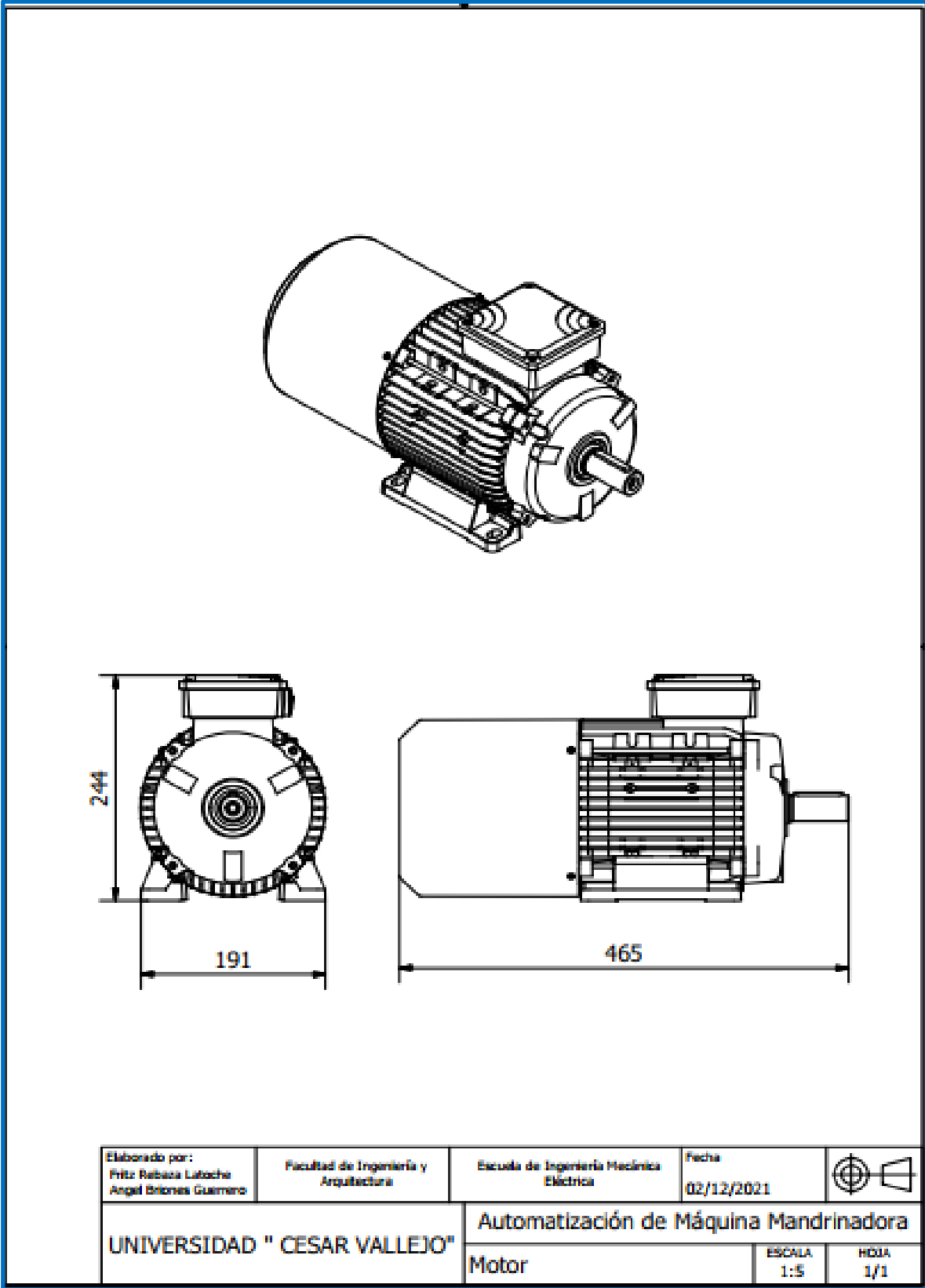
ANEXO N° 22: Características Técnicas Componente “Eje Porta Herramientas”



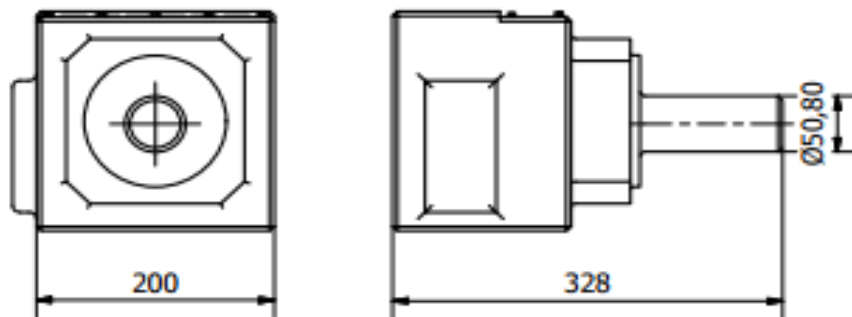
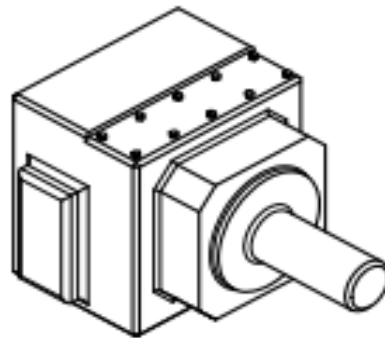
ANEXO N° 23: Características Técnicas Componente “PLC”



ANEXO N° 24: Características Técnicas Componente “Motor eléctrico”



ANEXO N° 25: Características Técnicas Componente "Reductor"



Elaborado por: Fritz Rebaso Latache Angel Bionas Guerrero	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica	Fecha 02/12/2021	
UNIVERSIDAD " CESAR VALLEJO "		Automatización de Máquina Mandrinadora		
Reductor		ESCALA 1:5	HOJA 1/1	

ANEXO N° 26: Reporte de Análisis y Modelamiento Estructural



Analyzed File:	Eje porta cuchilla - análisis estatico.ipt
Autodesk Inventor Versión:	2018 (Build 220112000, 112)
Creation Date:	08/12/2021, 05:29 p.m.
Study Author:	Fritz Rebaza - Angel Briones
Summary:	

Project Info (iProperties)

Summary

Author	REBAZA-BRIONES
--------	----------------

Project

Part Number	Eje porta cuchilla - análisis estático
Designer	REBAZA-BRIONES
Cost	S/ 0.00
Date Created	27/11/2021

Status

Design Status	WorkInProgress
---------------	----------------

Physical

Material	Steel, Carbon
Density	7.85 g/cm ³
Mass	23.6986 kg

Area	250909 mm ²
Volume	3018930 mm ³
Center of Gravity	x=750.216 mm y=-0.00800851 mm z=-0.00000269796 mm

Static Analysis: 1

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	08/12/2021, 01:03 p.m.
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

Material(s)

Name	Steel, Carbon	
General	Mass Density	7.85 g/cm ³
	Yield Strength	350 MPa
	Ultimate Tensile Strength	420 MPa
Stress	Young's Modulus	200 GPa
	Poisson's Ratio	0.29 ul

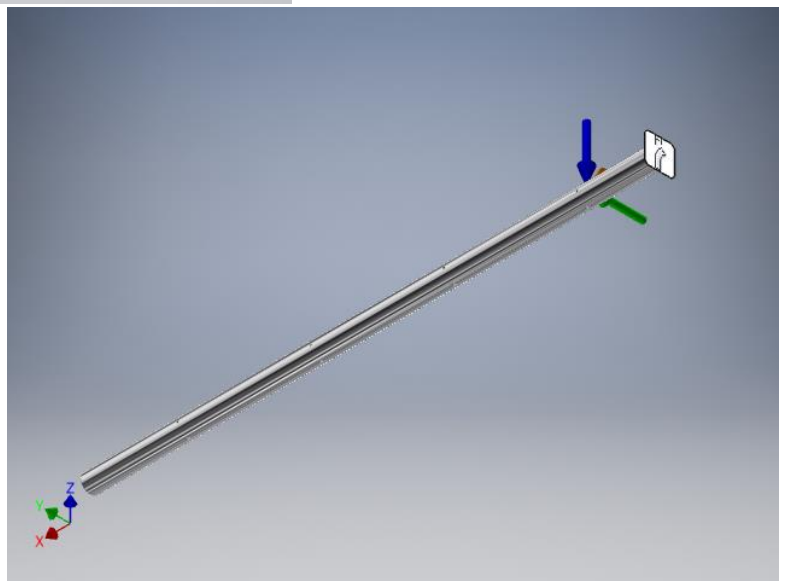
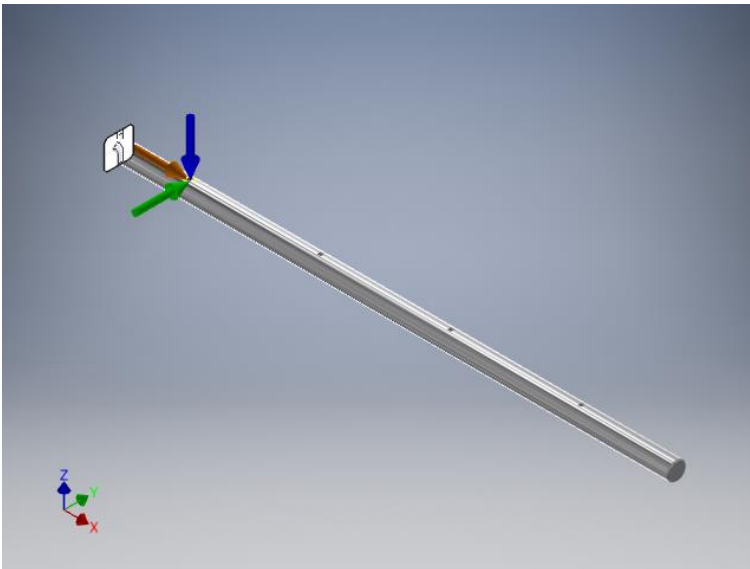
	Shear Modulus	77.5194 GPa
Part Name(s)	Eje porta cuchilla - análisis estatico	

Operating conditions

Fuerza Radial

Load Type	Force
Magnitude	450.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	-450.000 N

Selected Face(s)



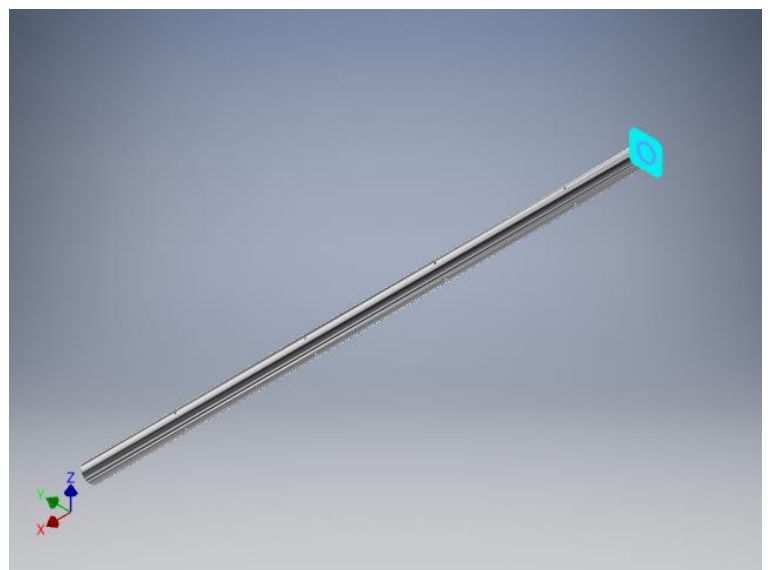
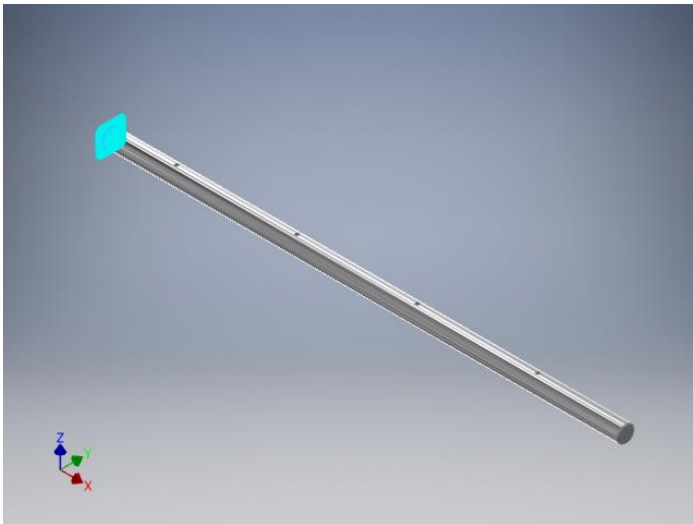
Fuerza de Corte

Load Type	Force
Magnitude	1800.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	1800.000 N
Vector Z	0.000 N

Fixed Constraint:1

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

Selected Face(s)



Results

Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	2062.16 N	-900 N	378.094 N m	42.7593 N m
		-1800 N		-111.075 N m
		450 N		-358.872 N m

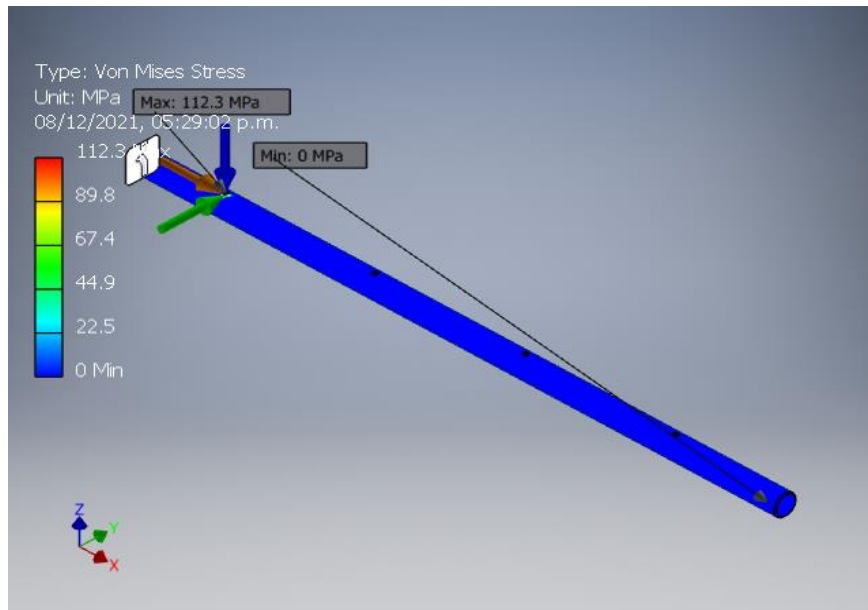
Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	3018930 mm ³	
Mass	23.6986 kg	
Von Mises Stress	0.000133102 MPa	112.303 MPa
1st Principal Stress	-38.7503 MPa	118.965 MPa
3rd Principal Stress	-127.704 MPa	35.1942 MPa
Displacement	0 mm	0.853219 mm
Safety Factor	3.11657 ul	15 ul
Stress XX	-103.971 MPa	94.1066 MPa
Stress XY	-37.7529 MPa	48.9356 MPa
Stress XZ	-14.5027 MPa	21.1895 MPa
Stress YY	-104.931 MPa	68.4654 MPa
Stress YZ	-2.17881 MPa	36.8542 MPa
Stress ZZ	-42.4669 MPa	38.4379 MPa
X Displacement	-0.0145987 mm	0.0154831 mm
Y Displacement	-0.000229124 mm	0.799832 mm
Z Displacement	-0.300246 mm	0.000475215 mm
Equivalent Strain	0.000000000576588 ul	0.000508117 ul
1st Principal Strain	-0.00000077344 ul	0.000544587 ul
3rd Principal Strain	-0.000592149 ul	0.000000000181312 ul
Strain XX	-0.000396699 ul	0.000359063 ul

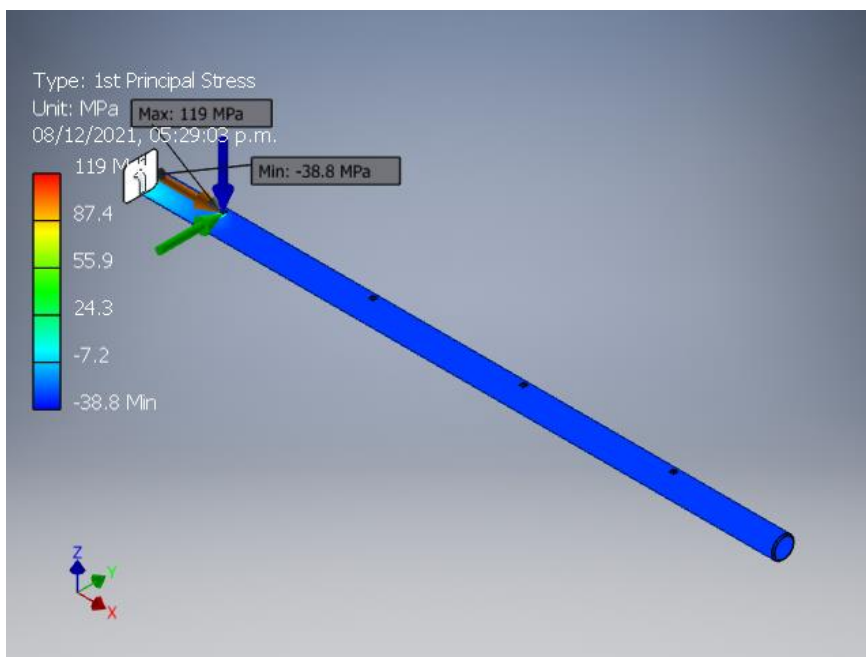
Strain XY	-0.000243507 ul	0.000315634 ul
Strain XZ	-0.0000935424 ul	0.000136672 ul
Strain YY	-0.000445263 ul	0.000240302 ul
Strain YZ	-0.0000140533 ul	0.00023771 ul
Strain ZZ	-0.000120131 ul	0.0000461382 ul

Figures

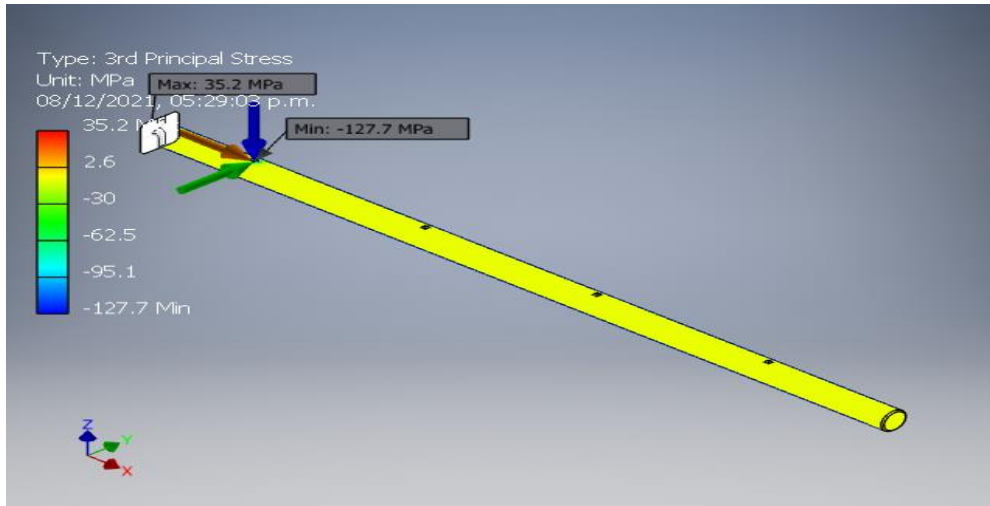
Von Mises Stress



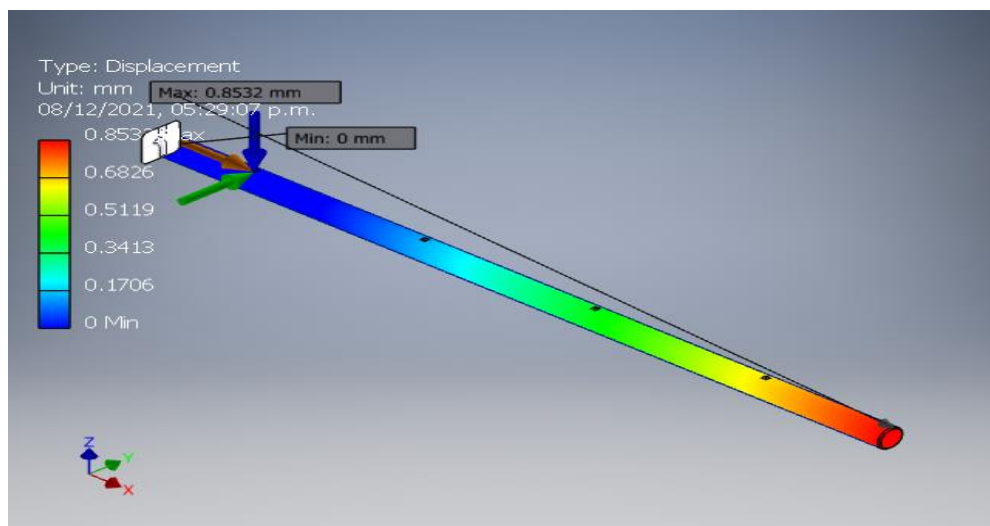
1st Principal Stress



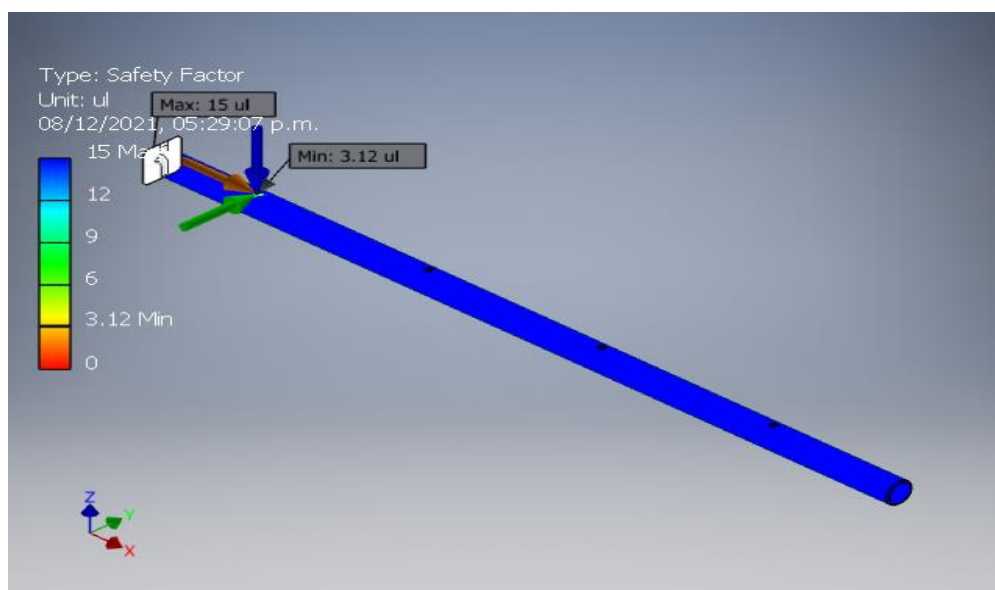
3rd Principal Stress



Displacement



Safety Factor



ANEXO N° 27: Formato de Encuesta Juicio de Expertos y/o Especialistas

ENCUESTA DE VALIDACIÓN JUICIO DE EXPERTOS

I.- PRELIMINARES:

- En las siguientes páginas usted evalúa el cuestionario para poder validarlo.
- En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las seis opciones que se presentan en los casilleros, siendo:
 - ❖ 1 = muy en desacuerdo
 - ❖ 2 = en desacuerdo
 - ❖ 3 = en desacuerdo más que en acuerdo
 - ❖ 4 = de acuerdo más que en desacuerdo
 - ❖ 5 = de acuerdo
 - ❖ 6 = muy de acuerdo
- Considerar las siguientes definiciones aplicables al cuestionario:
 - ❖ **Adecuación:** Grado de relación entre las ideas, textos y aseveraciones involucradas.
 - ❖ **Pertinencia:** Coherencia en la aplicación de los objetivos y el grado de importancia en el desarrollo del proyecto aplicado a la realidad.

II.- CUESTIONARIO:

Pregunta 01: El título del proyecto presenta de forma clara el tema principal y responde a "que" y "donde" se desea implementar.	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° 01:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Pregunta 02: Los objetivos generales y específicos obedecen al desarrollo del presente estudio.	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° 02:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Pregunta 03: El marco teórico enunciado corresponde a las variables y dimensiones de la operacionalización.	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° 03:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Pregunta 04: Los ítem y acápite presentados son apropiados para representar los indicadores y variables del proyecto en estudio.	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° 04:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Pregunta 05: La estructura del desarrollo del proyecto responde a las variables e indicadores de operacionalización.	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° 05:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Pregunta 06: Considera el diseño técnico mecánico eficaz y eficiente.	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° 06:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Pregunta 07: Considera el diseño eléctrico y/o electrónico eficaz y eficiente.	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° 07:						
Motivos por los que se considera no adecuada						
Motivos por los que se considera no pertinente						
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)						

Pregunta 08: Considera la evaluación económica y financiera adecuada para el presente proyecto en estudio.	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° 08:						
Motivos por los que se considera no adecuada						
Motivos por los que se considera no pertinente						
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)						

Pregunta 09: Las conclusiones y recomendaciones guardan coherencia con el expresado en el proyecto en estudio.	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° 09:						
Motivos por los que se considera no adecuada						
Motivos por los que se considera no pertinente						
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)						

Pregunta 10: Los programas de Ingeniería utilizados para modelamiento mecánico y eléctrico son adecuados.	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° 10:						
Motivos por los que se considera no adecuada						
Motivos por los que se considera no pertinente						
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)						

III.- EVALUACION DE LA ENCUESTA:

	Evaluación general del cuestionario			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario				
Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:				
Motivos por los que se considera no adecuada				
Motivos por los que se considera no pertinente				
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)				

IV.- DATOS DEL EXPERTO Y/O ESPECIALISTA

Apellidos y Nombres:	
Profesión:	
Especialidad:	
CIP N°:	
Fecha de la validación (día, mes y año):	
Firma:	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.