

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Diseño de una máquina bobinadora automática multifunción
para reducir el tiempo de bobinado en la Corporación Industrial
Ronny SAC.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTOR:

Huallpayunca Herrera, Johssep Andrew (ORCID: 0000-0003-0601-1897)

ASESOR:

PhD. Olortegui Yume Jorge Antonio (ORCID: 0000-0001-5734-040X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos.

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a mi familia, en especial a mis padres por el apoyo, consejos y la motivación que me han brindado en todo el transcurso de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la industrial Ronny SAC por el interés, apoyo, colaboración y disponibilidad que me ha brindado en todo el transcurso del desarrollo de la presente tesis.

Agradezco a los docentes de la Universidad Cesar Vallejo, que en estos 5 años me han impartido los conocimientos necesarios para la vida profesional, en especial a PhD. Olortegui Yume Jorge Antonio por haber asesorado esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Diseño De Investigación.....	18
3.2. Variables y operacionalización	18
3.3. Población, muestra y muestreo	18
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimiento	19
3.6. Método de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS.....	21
4.1. Necesidades y exigencias del proceso de bobinado.....	21
4.1.1. Normas de diseño	23
4.1.2. Recomendaciones de diseño.....	24
4.1.3. Especificaciones ingenieriles	25
4.2. Evaluación y selección de alternativas de diseño.....	26
4.2.1. Diseño conceptual.....	26
4.2.2. Selección del diseño conceptual.....	29
4.2.3. Diseño de configuración	31
4.2.4. Selección del diseño de configuración	34
4.2.5. Dimensionamiento general.....	36
4.2.6. Selección de materiales.....	37
4.3. Cálculos mecánicos.....	38
4.3.1. Torque necesario para el bobinado.....	38
4.3.2. Cálculo de reacciones en el eje soporte	39
4.3.2. Fuerza cortante y momento flector	40
4.3.3. Diseño paramétrico del eje soporte.....	41
4.4. Simulación por el método de elementos finitos.....	45
4.4.1. Simulación del eje soporte	45
4.4.2. Simulación de la estructura de la máquina	48

4.5.	Sistema de control automático	53
4.5.1.	Esquema de control	53
4.5.3.	Sistema de control del motorreductor.....	55
4.5.4.	Sistema de control de los cilindros hidráulicos	55
4.6.	Selección de los componentes estándar	58
4.6.1.	Selección del motorreductor.....	58
4.6.2.	Selección de Rodamientos.....	59
4.6.3.	Selección de elementos estructurales.....	60
4.6.4.	Selección del cilindro hidráulico	61
4.7.	Diseño de detalle	62
4.8.	Análisis económico	63
V.	DISCUSIÓN	66
VI.	CONCLUSIONES	67
VII.	RECOMENDACIONES	68
	REFERENCIAS.....	69
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	9
Tabla 2	9
Tabla 3	18
Tabla 4	22
Tabla 5	24
Tabla 6	25
Tabla 7	29
Tabla 8	29
Tabla 9	30
Tabla 10	34
Tabla 11	34
Tabla 12	35
Tabla 13	38
Tabla 14	39
Tabla 15	39
Tabla 16	43
Tabla 17	45
Tabla 18	50
Tabla 19	51
Tabla 20	63
Tabla 21	64
Tabla 22	65
Tabla 23	65
Tabla 24	72
Tabla 25	73
Tabla 26	74
Tabla 27	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1	4
Figura 2	11
Figura 3	14
Figura 4	14
Figura 5	15
Figura 6	16
Figura 7	16
Figura 8	26
Figura 9	27
Figura 10	28
Figura 11	31
Figura 12	32
Figura 13	33
Figura 14	36
Figura 15	37
Figura 16	40
Figura 17	40
Figura 18	42
Figura 19	44
Figura 20	45
Figura 21	46
Figura 22	46
Figura 23	47
Figura 24	47
Figura 25	48
Figura 26	49
Figura 27	52
Figura 28	52
Figura 29	53
Figura 30	54
Figura 31	56
Figura 32	57
Figura 33	58
Figura 34	59
Figura 35	60
Figura 36	61
Figura 37	62
Figura 39	75
Figura 40	76
Figura 41	78
Figura 42	79
Figura 43	80
Figura 44	90

RESUMEN

La presente tesis tuvo como propósito realizar el diseño de una máquina bobinadora de cables eléctricos para la Corporación Industrial Ronny SAC. La problemática de la empresa radica en el proceso de despacho de cable, la corporación industrial Ronny no cuenta con equipos que faciliten el proceso de medir, enrollar y fraccionar, por ello se realizó esta propuesta de diseño. Como primera fase del proceso de diseño se entrevistó a 5 trabajadores de la empresa para determinar las necesidades del proceso de bobinado y generar las alternativas de diseño conceptual y diseño paramétrico para luego ponderarlas y seleccionar la más adecuada para el proceso. Se realizó el modelado en 3D de los elementos críticos de la máquina con SolidWorks, el modelado permitió realizar el análisis por elementos finitos con ayuda del software ANSYS, se obtuvo el comportamiento de la máquina frente a las cargas de trabajo que va a soportar la máquina, como principales resultados de la simulación del eje se obtuvo su desplazamiento total que es prácticamente despreciable, el factor de seguridad en fatiga de 2.2 que se encuentra dentro del rango de recomendaciones de diseño. Finalmente se realizó un análisis económico proyecto y así determinar el costo de los componentes de la máquina que haciende a una inversión de S/.12 570.00 soles.

Palabras clave: Bobinadora de cables, Análisis y simulación, Criterio de falla.

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to design an electric cable winding machine for the Ronny SAC Industrial Corporation. The company's problem lies in the cable dispatch process, the Ronny industrial corporation does not have equipment that facilitates the measurement, winding and splitting process, for this reason this design proposal was made. As the first phase of the design process, 5 workers from the company were interviewed to determine the needs of the winding process and generate the conceptual and parametric design alternatives, then weigh them and select the most appropriate for the process. The 3D modeling of the critical elements of the machine was carried out with SolidWorks, the modeling carried out the analysis by finite elements with the help of the ANSYS software, thus obtaining the behavior of the machine against the workloads that the machine will support, the main results of the simulation of the shaft were its total displacement, which is practically negligible, the fatigue safety factor of 2.2, which is within the range of design recommendations. Finally, an economic analysis of the project was carried out to determine the cost of the components of the machine that makes an investment of S / .12 570.00 soles.

Keywords: Winder cable, Analysis and simulation, Failure criteria.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se proyecta un aumento de 4.6% de la demanda de energía eléctrica en 2022, según las cifras estimadas de la Agencia Internacional de Energía (2021), este aumento se focaliza en las economías emergentes y en desarrollo, siendo la república popular de china la más representativa con un 50% del crecimiento mundial.

A nivel nacional el Banco Central de Reserva del Perú (2021) estima un aumento de la demanda de energía eléctrica en el país que supere a la oferta en los próximos tres años. Proyecta un incremento de la oferta en 0.9% anual, mientras que la demanda aumentaría en 4.9% anual. En cuanto a producción de energía la Dirección General de Electricidad (2020) comunicó que la producción total de energía eléctrica a nivel nacional aumentó un 4.3% en comparación con 2019.

Tras la reactivación económica en el Perú, el ministerio de energía y minas (2021), manifiesta que a finales de año se proyecta la culminación de 17 proyectos de electrificación rural en 8 regiones del país, la meta es llevar energía a 30mil hogares. Estos proyectos de electrificación rural nos solo mejoran la calidad de vida de las personas, también generan nuevas oportunidades laborales.

La corporación industrial Ronny S.A.C. inició su vida empresarial en 1997, enfocándose en suministrar materiales de ferretería industrial enfocados en el sector energía, mecánica eléctrica, minería e industria en general. Dentro de estos rubros, suministra diversos tipos de cables eléctricos para proyectos de electrificación tales como CAAI, CAAI-S, CAAPI, cable concéntrico de AL y CU, cable de acero, portante de acero, cable NA2XY y cable AAAC. La empresa cuenta con 22 trabajadores que se reparten en las áreas de: tienda, almacén, taller de manufactura, administrativa, proyectos, recursos humanos.

Algunos de proyectos que han realizado la corporación son: Sistema de electrificación rural en baja tensión del sector las dunas, mantenimiento preventivo, la Línea de transmisión (alta tensión) de 34.5 Kv desde San José hasta Chao para el proyecto especial Chavimochic, Instalación la cámara de Trujillo, el porvenir instalación de red eléctrica media tensión en Casma Tauca y Cabana, Instalación de red eléctrica de media y baja tensión de Llaugel, Instalación de la red dorsal de fibra óptica Cascas - Contumazá.

Actualmente en el proceso de despacho de cables eléctricos, que incluye medición y el fraccionamiento de las bobinas de cable, se realiza manualmente lo cual genera inexactitud en las medidas, desperdicio de material, tiempos prolongados y gran cantidad de personal (mínimo 5 personas) para realizar estas tareas y evitar el riesgo de sufrir accidentes.

El proceso de bobinado manual actual (Ver Figura 1), esto es, pasar de carrete a carrete determinada longitud de cable, requiere un proceso tedioso que implica: posicionar la bobina a fraccionar y la receptora en caballetes, posicionar a un número determinado de personas que enrolen el cable, y ejecutar cuidadosamente el proceso según la velocidad de bobinado. La regla es a mayor velocidad, mayor número de personas requeridas. Algo similar ocurre durante la medición de conductores, pero con un paso adicional de estimación de longitud por peso mediante balanza el cual debe repetirse varias veces. Frente a este problema la empresa decidió tomar algunas acciones al respecto para mejorar su proceso de despacho de cable. Se aumento el número de trabajadores en el área de almacén de 3 a 6, lo que redujo el tiempo de bobinado de cables en un 50%, pero se duplicaron los gastos de la empresa (S/. 1000 soles más por persona adicional). La gerencia de la empresa concedora la introducción a nivel mundial de los equipos bobinadores automáticos o semiautomáticos han decidido intentar la posibilidad de diseñar y fabricar un equipo bobinador en sus premisas debido al alto costo de un equipo bobinador en el mercado.

Problema ¿Cuál es la configuración y especificaciones técnicas de la máquina bobinadora que permitirá reducir el tiempo de bobinado en la corporación industrial Ronny SAC?

Dada la problemática actual de la empresa, detectada mediante la observación directa del proceso de bobinado, se planteó como objetivo general diseñar una máquina bobinadora automática multifunción con capacidad mínima de 1000Kg para reducir el tiempo de bobinado en la corporación industrial Ronny SAC, para ello como objetivos específicos planteo: (1) identificar las necesidades y exigencias del proceso de bobinado, (2) evaluar alternativas de solución y seleccionar la más adecuada para el proceso, (3) calcular y dimensionar los componentes mecánicos y eléctricos de la máquina, (4) analizar y simular bajo estudio estructurales y dinámicos los componentes críticos de la máquina, y finalmente (5) realizar un análisis económico de la solución seleccionada

El trabajo de investigación se justifica mediante la aplicación de un conocimiento ya existente para solucionar un determinado problema, se utilizará la metodología del diseño, para brindar una propuesta de diseño a la corporación industrial Ronny, basada en la recolección de datos que permitirá mejorar la situación actual del proceso de bobinado de cables eléctricos reduciendo los tiempos prolongados y solucionando los problemas en la exactitud de la medición del cable y la seguridad de los trabajadores al momento de bobinar manualmente los cables.

Figura 1

Proceso de bobinado manual



Nota: Reproducido de Corporación Industrial Ronny SAC.

Reproducido con permiso del autor.

II. MARCO TEÓRICO

De los antecedentes encontrados a nivel internacional, a continuación, se presentan los más relevantes.

Bruguera (2009) en su trabajo final de carrera titulado “Control de una bobinadora automática”, el principal problema a solucionar era el control de velocidad, ya que, al bobinar cable, papel, hilo, laminas u otro material, a medida que se va enrollando el material, el diámetro inicial de la bobina va en aumento, como consecuencia de esto la velocidad de bobinado varía con respecto al aumento del diámetro, uno de los objetivos principales del investigador era lograr una velocidad constante que permita un reparto uniforme entre capas. Como resultados principales obtuvo una velocidad lineal utilizando la automatización y control mediante PLCs, servomotores y encoders, además aportó una metodología para poder controlar estos procesos donde se encuentren bobinadoras que sean operadas por PLC's, pulsos, servomotores, etc.

Ávila (2015) en su trabajo de investigación titulada “Diseño y construcción de una maquina devanadora automática para la medición de longitud de conductores eléctricos” cuya investigación tuvo como finalidad diseñar y construir una máquina automática que mida, devane y cortes conductores eléctricos para la empresa eléctrica Ambato, la empresa suministra conductores eléctricos en carretes y cuenta con problemas de control y perdida de recursos, a través de un despliegue del control de calidad se pudo encontrar soluciones a los problemas, los resultados obtenidos luego de implementar su diseño arrojaron que mejoraron notoriamente los tiempos de embobinado, antes los operarios se demoran alrededor de 2 horas en enrollar un cable de 76 m de largo con una máximo de 40mm de diámetro, con su equipo se tardan entre 16-15min con una velocidad mínima de 5 rpm y 1.35 min con una velocidad máxima de 60 rpm, esta reducción de tiempo permitió realizar más trabajos en el día.

Valencia (2015) en su tesis titulada “Diseño y construcción de una máquina bobinadora de precisión para rafia de polipropileno en la empresa Hiplas”, dicha investigación tuvo como finalidad diseñar y construir una máquina bobinadora de precisión mediante un estudio mecánico que permita mejorar la productividad del bobinado de rafia elevando su eficiencia, el problema que tuvo la empresa es que contaba con maquinaria pero con una capacidad limitante de 5 kg, esta baja capacidad de carga volumétrica se reflejaba en que necesitaba más bobinas para obtener el producto final y además dicho producto contaba con muchos empalmes, lo que el investigador planteó es elevar esta capacidad a 20kg dada la proyección de producción de la fábrica, realizo un estudio mecánico de cada elemento que compone la maquina realizando pruebas para elegir la mejor opción de elementos mecánicos, los ensayos dieron como resultado un tiempo de 45 min aproximadamente para cada bobina, calculo la potencia y eligió el sistema de control, con dicha elección logró aumentar la productividad de carga en un 75%, reduciendo el problema de alimentación y además mejoró la calidad del producto final.

De los antecedentes encontrados a nivel nacional, a continuación, se presentan los más relevantes.

Riquelme (2018) en su tesis” Diseño Mecánico Y Estructural De Un Belt Winder Para Enrollado De Fajas De Caucho De 72/84” De Ancho Y 2” De Espesor Para Fajas Transportadoras De Un Máximo De 90 M De Desarrollo”, su investigación tuvo como finalidad solucionar el problema de falta de maquinaria para el tendido inicial o cambio de caucho en las transportadoras de banda, actualmente al momento de colocar una faja nueva o realizar mantenimiento no se cuenta con maquinaria lo que puede resultar bastante peligroso para los operarios, como principal resultado se logró diseñar una bobinadora o Belt Winder con capacidad de 5.5 Toneladas métricas, además se pudo simular la estructura de la máquina, el eje y el árbol de transmisión en SolidWorks obteniendo resultados favorables en cuanto al soporte de cargas en la estructura y se obtuvo un

factor de seguridad mayor a 10, debido a las cargas axiales que soporta la estructura no se considera como sobredimensionamiento.

Chávez (2018) en su tesis para obtener el título de ingeniero mecánico electricista titulada “Diseño de una maquina devanadora automática para mejorar la calidad en fabricación de bobinas de motores eléctricos en seltromind-cajamarca-2017” cuya investigación tuvo como finalidad diseñar una máquina devanadora automática para mejorar la calidad en fabricación de bobinas de motores eléctricos en Seltromind-Cajamarca. La problemática radicaba en el tiempo para poder realizar el trabajo de bobinado era demasiado largo, por ello el desempeño era bajo porque el proceso se realizaba de forma empírica, de ahí la necesidad del investigador de diseñar una máquina que le permitió a la empresa tener una herramienta que realice a los trabajos de forma idónea con calidad y eficiencia. Los resultados obtenidos luego de realizar los cálculos efectuados arrojó las dimensiones y características de la maquina como: los rodamientos tendrán que ser de bolas 6810zz, la chumacera deberá tener un diámetro de eje de 50 mm y una longitud de 165mm, se trabajará con un motor de 2 hp modelo WEG W21 IEC, teniendo una potencia de diseño de 2.3 hp o equivalentemente igual a 1.7 kW, el arranque será directo, mediante un variador de frecuencia marca SINAMICS G110, se necesitarán fusibles de 20 amperios, un guarda motor de 6 – 10 amperios, un Contactor de 9 A y un relé térmico de 5.5 – 8 A.

Rodríguez (2015) en su guía de seguridad en procesos de almacenamiento y transporte de carga manifiesta que la logística está relacionada con todas las actividades relacionadas con el almacenamiento y el transporte de materiales. Una de las actividades de la logística que se encarga de la preparación de pedidos es conocido en inglés como picking, esta actividad radica en separar el producto, utilizar la unidad de carga de acuerdo con lo establecido por el cliente con la intención de embalar y entregarlo de forma adecuada. (pág. 6)

Según Martín (2021) en su libro máquinas eléctricas, las máquinas bobinadoras son las encargadas de fabricar las bobinas de los devanados de los diferentes tipos de máquinas eléctricas. Según su sistema motriz las máquinas bobinadoras pueden ser manual o eléctrica. (pág. 45)

Las máquinas bobinadoras manuales son los equipos donde el operario puede accionarlo de forma manual mediante una manivela o un juego de engranajes, este tipo de bobinadoras suele ser utilizado en pequeños talleres. (pág. 46)

Las maquinas bobinadoras eléctricas realizan devanados con mayor rapidez y precisión, cuentan con un motor eléctrico, un contador de vueltas electrónico y la posibilidad de ajustar el cable para la construcción más exacta de los devanados en carrete dependiendo del tamaño del carrete estas máquinas suelen ser de suelo o de sobremesa. (pág. 47)

Lebrón (2016) en su libro operaciones de tendido y tensado de conductores en redes eléctricas aéreas y subterráneas nos menciona que los conductores utilizados en la distribución de baja tensión de tensión asignada 0.6/1 KV como característica de los conductores aéreos son preferentemente aislados, de cobre, aluminio o aleaciones que tengan propiedades mecánicas adecuadas para la situación. Además, para cada forma de instalación necesitaremos cables de diferentes características, por ejemplo, para redes tensadas se utilizan cables autoportantes con neutro fiador que son conductores de aluminio con aislamiento resistente a la intemperie trenzados alrededor un neutro fiador constituido por alambres de aleación de aluminio que por sus características cumple la función de neutro y de elemento portante. También hay cables sin neutro fiador para redes tensadas estos son de cobre o aluminio aislado resistente a la intemperie, pero no es necesaria la utilización de un elemento portante.

Tabla 1*Características de los portantes de aleación de aluminio ASTM B 399-04*

TIPO DE CABLE	SECCION DEL PORTANTE (mm ²)	NUMERO DE HILOS	CARGA DE ROTURA (Kgf)	PESO (Kg/Km)	MODULO DE ELASTICIDAD (Kgf/mm ²)
CAAI	25	7	765	68	6,140
	35	7	1071	95	6,140
	50	7	1538	136	6,140

Nota: Elaboración propia**Tabla 2***Característica físicas y mecánicas de cables de aleación de aluminio 6201 AAAC*

TIPO DE CABLE	SECCION (mm ²)	NUMERO DE HILOS	CARGA DE ROTURA (Kg)
AAAC	35	7	1128
	50	7	1620
	70	7	2139
	120	7	3667

Nota: Elaboración propia

Harper (2005) en su libro el libro practico de los generadores, transformadores y motores eléctricos nos dice que los motores eléctricos son los que cambian la energía eléctrica en energía mecánica, son muy parecidos a los generadores y dependen de los mismos principios electromagnéticos para su funcionamiento, la inducción y las fuerzas mecánicas entre imanes. (pág. 1)

Kurt (2016) en su libro de termodinámica nos menciona que al seleccionar un motor eléctrico para una función específica debemos considerar la velocidad del motor que proporcione el mejor funcionamiento, este es un problema común que no se toma en consideración al momento de diseñar o seleccionar un motor. (pág. 325)

Escudero (2011) menciona que las bobinas de cable pueden ser de dos tipos, cables de acero y cables eléctricos, estos suelen ser enrollados en carretes de madera, son más ligeros que las bobinas de metal lo que facilita su transporte y almacenaje. (pág. 54)

Yaque (2014) menciona que un motorreductor es un equipo que cuenta con un motor y un reductor, el reductor es el elemento que adecua la velocidad del motor a la velocidad del equipo que se encuentra acoplado.

Lentax (2019) en su catálogo de línea coaxial recomienda los siguientes pasos para la selección adecuada de un motorreductor: Calcular la potencia absorbida, calcular la potencia de entrada, determinar el factor de servicio, calcular la relación de conversión, preseleccionar un modelo, comprobar, determinar la potencia de arranque y finalmente seleccionar el motorreductor. (pág. 5)

La potencia mecánica menciona Harper (2005) depende de la velocidad y del par, se puede calcular con la siguiente ecuación: (pág. 7)

$$P_m = \frac{N * T}{9.55} \quad (1)$$

Dónde:

P_m : Potencia mecánica (watts)

T : Par (newton – metro)

n : Velocidad (rpm)

Young y Freedman (2013) mencionan que, en Dinámica del movimiento de rotación, la segunda ley de newton nos dice que el torque neto que actúa sobre un cuerpo rígido es igual al momento de inercia de dicho cuerpo multiplicado por su aceleración angular. (pág. 312)

$$\sum \tau_z = I_B * \alpha_z \quad (2)$$

Dónde:

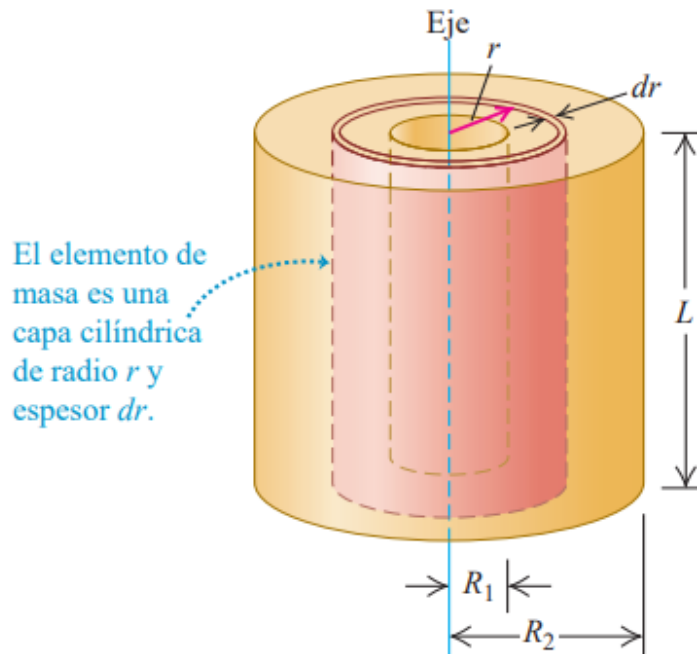
τ : Torque neto (N.m)

I_B : Momento de inercia (Kg.m²)

α : Aceleración angular (rad/s^2)

Figura 2

Momento de inercia de un cilindro



Nota: Tomado de Física universitaria, (p. 295), por Hugh D. Young & Roger A. Freedman, 2013, Pearson Educación.

Además, Young y Freedman (2013) nos dice que el Momento de inercia de un cilindro hueco se puede calcular con la siguiente ecuación. (pág. 291)

$$I_B = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2) \quad (3)$$

Dónde:

I_B : Momento de inercia ($\text{Kg} \cdot \text{m}^2$)

m : Masa del objeto (Kg)

R : Radios del cilindro (metros)

Para el cálculo de la Aceleración angular Young y Freedman (2013) brinda la siguiente ecuación. (pág. 282)

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{\omega_f - \omega_0}{\Delta t} \quad (4)$$

Dónde:

ω_0 : Velocidad angular inicial (rpm)

ω_f : Velocidad angular final (rpm)

Δt : Tiempo de un ciclo (segundos)

Budynas & Nisbett (2012) nos comenta que para representar un esfuerzo complejo como un solo valor podemos utilizar la ecuación del diseño. (pág. 216)

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad (5)$$

Dónde:

σ' : Esfuerzo de Von Misses (MPa)

S_y : Resistencia a la fluencia (Mpa)

n : Factor de seguridad

El esfuerzo de Von mises está definida como:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (6)$$

Esfuerzo de Von Mises considerando los esfuerzos principales

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2} \quad (7)$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \quad (8)$$

Dónde:

σ : Esfuerzo en flexion (MPa)

τ : Esfuerzo cortante (Mpa)

Esfuerzo en flexión y cortante se puede calcular con las siguientes formulas respectivamente

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (9)$$

$$\tau = \frac{Tc}{J} \quad (10)$$

Dónde:

I : Momento de inercia superficial (mm^4)

M: Momento flexionante (N.m)

c: radio del eje (mm)

T: Par de torsion (N.m)

J: Momento polar de inercia (mm⁴)

Si reemplazamos el esfuerzo en flexión y el cortante en la ecuación de Von mises podemos hallar el diámetro del eje con la siguiente ecuación.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 * n}{\pi * S_y} * \sqrt[6]{4 * M^2 + T^2}} \quad (11)$$

Dónde:

d: Diametro del eje (m)

n: Factor de seguridad (adimensional)

S_y: Resistencia a la fluencia (Mpa)

M: Momento maximo (N.m)

T: Par de torsion (N.m)

Los ejes rotatorios según Budynas & Nisbett (2012) deben diseñarse de tal manera que resistan cargas de empuje y además deben ser diseñados para poder acoplar cuñas para sujetar engranes o poleas. (pág. 107)

Criterio de falla ASME elíptica

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{K_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (12)$$

Dónde:

K: Factores de concentracion de esfuerzos (Mpa)

T: Pares de torsion (N.m)

M: Momentos flexionantes (N.m)

S_y: Resistencia a la fluencia (Mpa)

S_e: Limite de resistencia a la fatiga (Mpa)

d: Diametro (m)

El Límite de resistencia a la fatiga se puede calcular con la ecuación de Marín

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e \quad (13)$$

Límite de resistencia

$$S'_e = \begin{cases} 0.5 S_{ut} \rightarrow S_{ut} \leq 200 \text{Ksi} (1400 \text{Mpa}) \\ 100 \text{Kpsi} \rightarrow S_{ut} > 200 \text{Ksi} \\ 700 \text{Mpa} \rightarrow S_{ut} > 1400 \text{Mpa} \end{cases} \quad (14)$$

Factor de superficie

$$K_a = a S_{ut}^b \quad (15)$$

Figura 3

Parámetros que modifican el factor de superficie

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} 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

Nota: Tomado de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, (p.274), por Budynas, Richard. G. & Nisbett, J. Keith., 2012, McGraw-Hill.

Figura 4

Factor de tamaño

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

Nota: Tomado de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, (p. 275), por Budynas, Richard. G. & Nisbett, J. Keith., 2012, McGraw-Hill.

Factor de carga

$$K_c = \begin{cases} 1 & \text{flexion} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsion} \end{cases} \quad (16)$$

Factor de temperatura

$$K_d = \frac{S_T}{S_{RT}} \quad (17)$$

Figura 5

Efectos de la temperatura de operación

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		

Nota: Tomado de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, (p.278), por Budynas, Richard. G. & Nisbett, J. Keith., 2012, McGraw-Hill.

Factor de confiabilidad

$$K_e = 1 - 0.08z_a \quad (18)$$

Figura 6

Factores de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_σ	Factor de confiabilidad k_σ
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

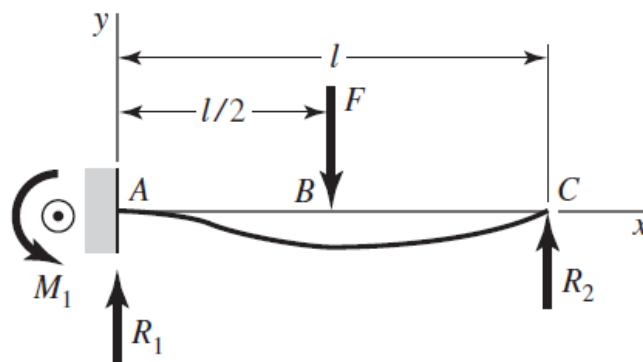
Nota: Tomado de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, (p.279), por Budynas, Richard. G. & Nisbett, J. Keith., 2012, McGraw-Hill.

Budynas & Nisbett (2012) en su libro diseño de ingeniería mecánica de Shigley recomienda rangos de 1.5 – 2 de factor de seguridad para materiales dúctiles en estructuras sometidos a cargas estáticas y 2 – 2.5 para estructuras sometidas a cargas dinámicas. (pág.189)

Budynas & Nisbett (2012) en su libro diseño de ingeniería mecánica de Shigley recomienda las siguientes ecuaciones para calcular una viga estáticamente indeterminada.

Figura 7

Viga estáticamente indeterminada



Nota: Tomado de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, (p.982), por Budynas, Richard. G. & Nisbett, J. Keith., 2012, McGraw-Hill.

$$R_{Ay} = \frac{11 (F_w)}{16} \quad (19)$$

$$R_{Cy} = \frac{5 (F_w)}{16} \quad (20)$$

$$M_A = \frac{3 (F_w)(L)}{16} \quad (21)$$

$$V_{AB} = R_{Ay} \quad (22)$$

$$V_{BC} = -R_{Cy} \quad (23)$$

$$M_A = \frac{F_w}{16} (11x * 3L) \quad (24)$$

$$M_A = \frac{5(F_w)}{16} (L - x) \quad (25)$$

Dónde:

F_w : *Peso total de la bobina (N)*

L : *Longitud total del eje (m)*

Según valdivia (2012) en su libro sistemas de control continuos y discretos un sistema de control se puede ver como cualquier mecanismo que produzca una transformación de señales, un sistema de control tiene señales de entrada que pueden ser manipuladas y señales de salida que son observadas, las cuales están relacionadas a las señales de entrada a través de la transformación de señales. (pág. 11)

Un sistema de control menciona Valdivia (2012) tiene que cumplir las siguientes tres características: sensibilidad, precisión y estabilidad. (pág. 17)

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño De Investigación

El tipo de investigación es aplicada, según Concytec (2018) este tipo de investigación busca resolver un problema específico mediante conocimientos científicos como por ejemplo la aplicación de metodologías, protocolos y/o tecnologías. En el presente proyecto de investigación se utilizará la metodología del diseño para diseñar una maquina bobinadora de cables eléctricos.

El diseño de la investigación es no experimental transversal descriptivo debido a que se observará la situación actual de proceso de despacho, se analizará la información recolectada y se planteará alternativas de solución para la mejora del proceso de despacho de cables eléctricos.

3.2. Variables y operacionalización

La variable dependiente es la configuración de la maquina bobinadora de cables eléctricos, la variable independiente es el tiempo de bobinado. La operacionalización de las variables se encuentra en el anexo 2.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Bobinadoras de cable eléctricos del Perú.

Muestra: Bobinadora de cables eléctricos a diseñar.

Muestreo: No probabilístico intencionado, elegido por el investigador.

Unidad de análisis: Bobinadora de cables eléctricos a diseñar.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.

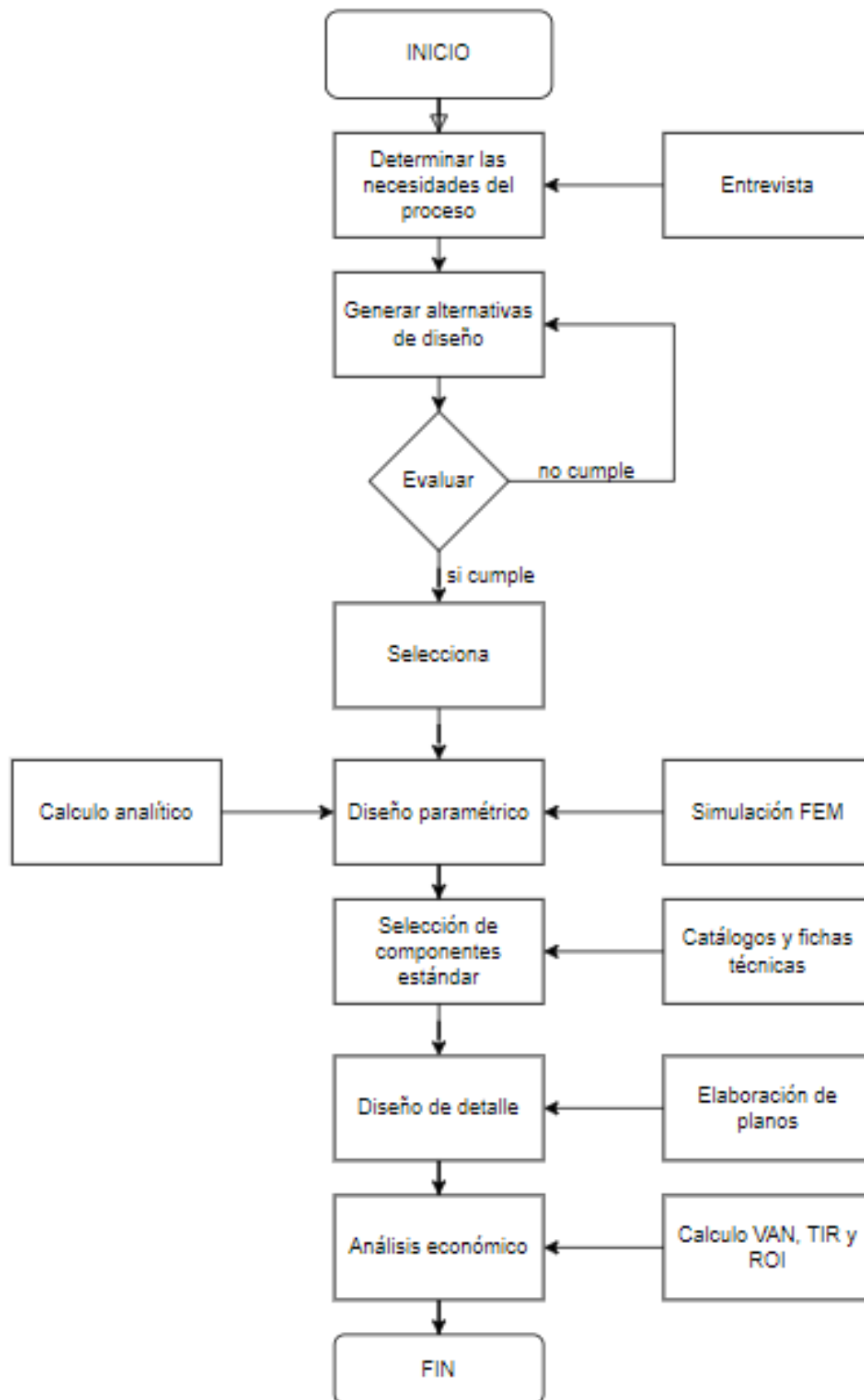
Tabla 3

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA	INSTRUMENTO	VALIDACIÓN
Entrevista	Guía de entrevista	Asesor especialista
Observación	Guía de observación de campo	Asesor especialista
Análisis documental	Ficha de registro	Asesor especialista

Nota: Elaboración propia

3.5. Procedimiento



3.6. Método de análisis de datos

Para modelar el diseño de la máquina se utilizó el programa SOLIDWORKS, y para evaluar estáticamente las cargas de diseño, el programa ANSYS para así corroborar los resultados con el proceso analítico, además para realizar el cálculo del valor actual neto, la tasa interna de retorno y el retorno de la inversión del proyecto, el programa Microsoft Excel.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación sigue los estándares propuestos en el código de ética de la universidad, de esta manera se busca proteger los derechos de los investigadores, la integridad de los participantes y la propiedad intelectual de anteriores investigadores, realizando una investigación responsable, honesta y transparente para generar e impulsar la competitividad científica.

IV. RESULTADOS

4.1. Necesidades y exigencias del proceso de bobinado

Para la identificación de las necesidades y exigencias del proceso de bobinado se realizó una entrevista a 5 personas que están directa e indirectamente involucradas en el proceso de bobinado. Estas entrevistas se estructuraron pensando en el proceso de diseño del equipo.

El modelo de entrevista vacío se encuentra en el Anexo 11 y las entrevistas ejecutadas se encuentran compiladas en el Anexo 12.

En la tabla 6 se reúnen todas las entrevistas realizadas con sus respectivas preguntas y respuestas resumidas con la intención tener una visión panorámica de las necesidades de necesidades y exigencias del proceso de bobinado. Luego de analizar las entrevistas se obtuvo los siguientes resultados.

De la pregunta 1 se puede afirmar que el número mínimo de personas para realizar el proceso de bobinado de manera segura es 5 personas. De la pregunta 2 podemos afirmar que las herramientas indispensables utilizadas en el proceso de bobinado son la cizalla y los caballetes. De la pregunta 3 se obtuvo que el tiempo de montaje de las bobinas es aproximadamente de 10 a 25 min. De la pregunta 4 se puede deducir que el proceso de bobinado actual que se practica en la corporación es relativamente seguro porque existe una clara inestabilidad en los elementos utilizados en el proceso. La pregunta 5 brinda unos ejemplos de la velocidad de bobinado actual que tiene la empresa y en promedio la empresa esta bobinando 100metros cada 10 min, esto utilizando 5 personas para el proceso. De la pregunta 6 se puede confirmar el interés de la empresa por adquirir una maquina y la disposición de la empresa a invertir en la máquina de S/.8000 – S/.50000 soles.

Tabla 4

Resumen de las entrevistas realizadas

PREGUNTAS	Gilmer Ronal Pardo Sumaran GERENTE GENERAL	Pardo Zumaran Cristian Limper EJECUTIVO DE VENTAS	Segundo Pedro Zumaran Pardo JEFE DE ALMACEN	Javier Feliciano Salinas Islado OPERARIO DE GRUA	Enrique Sebastián Torres Dionicio AYUDANTE
1. ¿cuántas personas se requiere para realizar el bobinado?	7 personas	12 personas	5 personas	5 personas como mínimo	5 personas
2. ¿Qué herramientas utiliza en el proceso de bobinado?	Cizalla, wincha, balanza	Caballetes, bobinas, grasa para las bobinas y cizalla	1 bobina vacía y dos caballetes	Guantes, caballetes, tubo (eje de bobinas), caballete suspensor manual, cinta aislante, cizalla.	caballetes, cizalla
3. ¿Cuánto tiempo aproximadamente demora el montaje de las bobinas para realizar el proceso de bobinado?	20 – 30 minutos	1-2 horas	Depende del cable 10 minutos – ¼ de hora	10 min utilizando caballete suspensor	10 min
4. ¿Ha sufrido algún accidente durante el proceso de bobinado?	ninguno	Porta bobinas inestable	ninguno	ninguno	ninguno
5. ¿Qué tipo de cable bobinan mayormente y cuánto tiempo demoran en bobinar?	CAAI y AAAC El tiempo varía según el calibre 1x16 1000 m 40 minutos 3x35+2x16+Steel 600m 50 minutos	CAAI CAAIS AAAC	CAAI 3X35+25 600 metros en 30 minutos 1x16 1000 metros en 20 minutos	Cables eléctricos de baja tensión El tiempo depende de la cantidad de cable 1x16 200 metros 40 minutos	Autoportante CAAI 2x16 500 metros 20 minutos
6. ¿Cuánto cree que estaría dispuesto a pagar la empresa por una maquina bobinadora de cable	S/. 50000.00	S/. 10000.00	S/. 9000.00	S/. 8000.00	S/. 30000.00
7. Según su opinión ¿Qué características debería tener la maquina bobinadora?	Fácil de usar, seguro de operar con panel de control programable para programar las cantidades de metros	Hidráulico Automático Control de mando a distancia	Motorreductor	Debería contar con un motorreductor para facilitar el montaje y desmontaje de las bobinas	Motorreductor y sistema de corte

Nota: Elaboración propia

4.1.1. Normas de diseño

ASTM International Standards Worldwide

Esta norma asigna y regula la calidad de los aceros estructurales y de construcción, por ejemplo, unas de las normas aplicadas para placas y perfiles laminados en calientes son la ASTM A-36, este acero es de uso general para la fabricación de estructuras, otro ejemplo es la ASTM A529, este acero es de uso industrial para la construcción de estructuras de alta resistencia.

EN 12100-1 Seguridad maquinas, conceptos básicos, principios generales de diseño

Esta norma proporciona una guía a los diseñadores para diseñar maquinas seguras.

UNE EN 60204/1 Equipo eléctrico de las maquinas industriales

Esta norma brinda recomendaciones asociadas a los equipos eléctricas de las maquinas con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el correcto funcionamiento de la maquina y la facilidad de mantenimiento.

ISO 7000 / EIC 60417 Símbolos gráficos para usar en equipos

Estas normas brindan los símbolos que se colocan en las máquinas para indicar como manejar u operar el equipo de manera correcta y segura.

4.1.2. Recomendaciones de diseño

Teniendo en cuenta las necesidades del proceso de bobinado, resultado del análisis de las entrevistas realizadas, se consigna en la tabla 5, las recomendaciones de diseño sugeridas por investigaciones anteriores relacionadas al tema de diseño.

Tabla 5

Recomendaciones de diseño

	RECOMENDACIONES DE DISEÑO	FUENTE
MATERIAL	Recomienda un acero 1018 estirado en frío en frío, este acero de bajo – medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono.	Valencia (2015)
	Recomienda como material para la estructura de la máquina un acero ASTM A36 y para el eje de transmisión un acero SAE 1045 según sus pruebas realizadas en su proyecto	Riquelme (2018)
OPERACION	La máquina debe operar con una velocidad mínima de 5 rpm y máxima de 80 según sus pruebas	Ávila (2015)
	La máquina debe contar con dispositivos que le permita controlar la velocidad de enrollado y mantenerla constante durante el proceso.	Bruguera (2009)
ERGONOMÍA	El tablero de control debe colocarse a 1.2m para facilitar la comodidad del operario	Valencia (2015)

Nota: Elaboración propia

4.1.3. Especificaciones ingenieriles

Luego de determinar las necesidades del proceso de bobinado, se procedió a elaborar la tabla de especificaciones ingenieriles, cada aspecto se seleccionó de acuerdo con los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas. En la tabla 8 se muestra las especificaciones de ingeniería, resultado de las necesidades de la empresa y características planteadas por el autor.

Tabla 6

Tabla de especificaciones

ASPECTOS	CARACTERISTICAS	UNIDADES	LIMITES
OPERACION	Velocidad	RPM	$5 \leq x \leq 80$
CAPACIDAD	Capacidad del equipo	Kg	≥ 1042 (7500 m - AAAC 50mm)
ECONÓMICO	Costo de la máquina	Soles	$8000 \leq x \leq 50000$
DIMENSIONES	Tamaño de la máquina	M	Largo: 1.5 Ancho: 2 Alto: 1.3

Nota: Elaboración propia

4.2. Evaluación y selección de alternativas de diseño

4.2.1. Diseño conceptual

Teniendo en cuenta los resultados de las entrevistas y las especificaciones ingenieriles se plantearon tres alternativas conceptuales de diseño de la maquina bobinadora de cables.

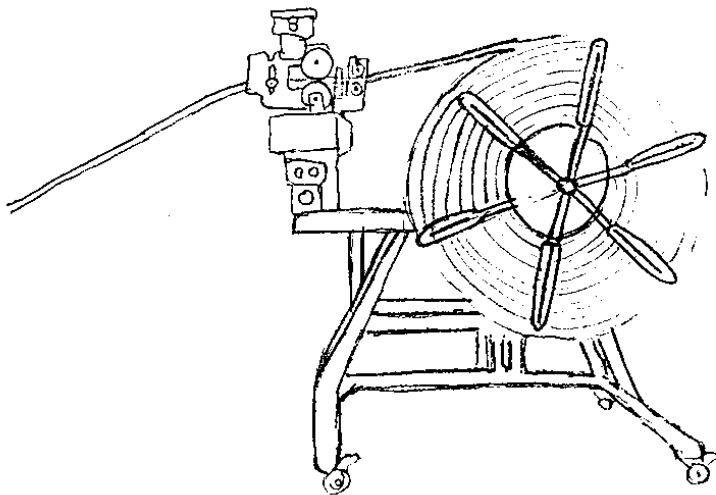
La primera alternativa conceptual que se muestra en la figura 9 es concebida a partir del modelo de bobinadora de cables de la empresa CABLE EQUIPEMENTS esta alternativa enrolla cables ligeros, cuenta con una estructura móvil, dispositivo de medición y su porta bobinas se compone de 6 palas que facilitan el atado del rollo y además es de accionamiento manual.

Las principales ventajas de este diseño con: el tamaño, la facilidad de desmontaje del producto final y su desplazamiento.

La principal desventaja del diseño es la capacidad de la máquina, que, dependiendo del calibre, su capacidad no supera los 500 metros.

Figura 8

Alternativa conceptual 1



Nota: Adaptado de Enrollador de cables Cable Equipements, Direct Industry (<https://www.directindustry.es/prod/cable-equipements/product-7834-1637453.html>)

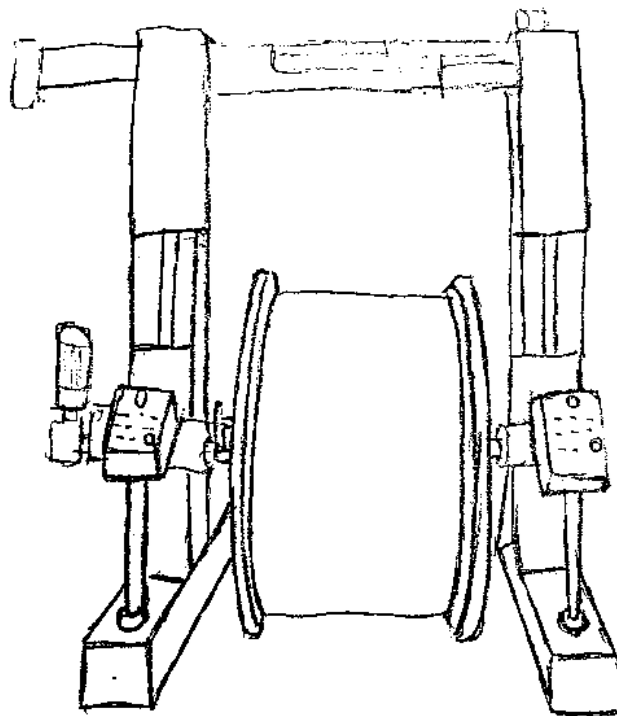
La alternativa 2 se muestra en la figura 10, este concepto se basó en el modelo de LOIMEX una maquina bobinadora tipo pórtico, es una máquina estacionaria que puede bobinar cable trenzado, cubierto o desnudo de un diámetro máximo de 100mm.

La principal ventaja de este diseño es la capacidad de carga y la adaptación a diferentes dimensiones de carrete que se pueden bobinar al ser de tipo pórtico.

Las principales desventajas del diseño radican en el tamaño de la máquina, se requiere un espacio más amplio de funcionamiento lo que es un obstáculo para la empresa y la movilidad nula debido a que es una maquina estacionaria.

Figura 9

Alternativa conceptual 2



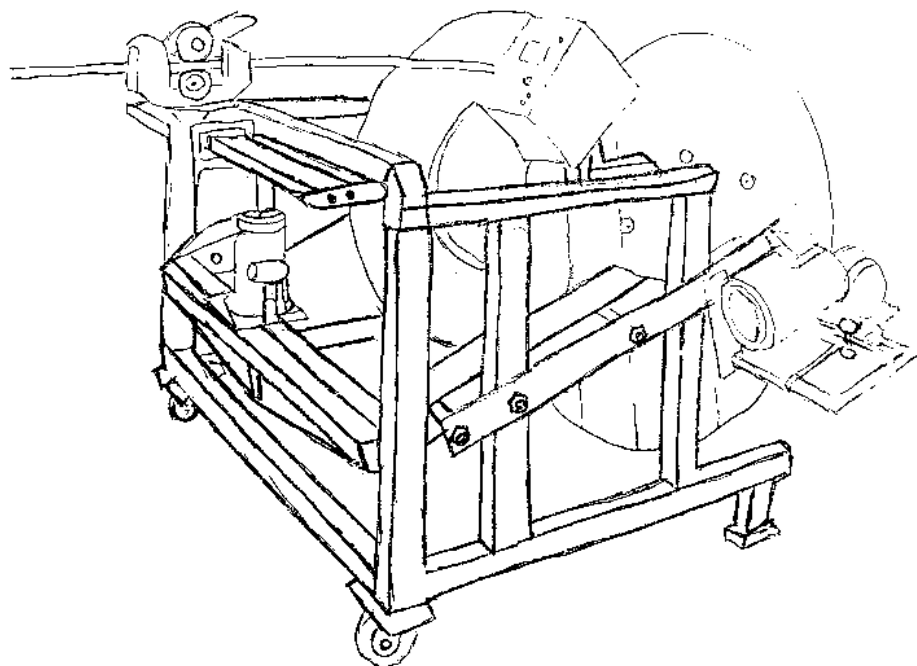
Nota: Adaptado de Bobinadoras de cables tipo pórtico, Loimex (<https://www.loimex.com/es/docs/product.asp?id=trp10>)

La alternativa 3 se muestra en la figura 11, está inspirada en el modelo MORA14 de la empresa Miapp es una maquina automática, compacta y estable, está equipada con sistema de carga hidráulica mediante un cilindro hidráulico de accionamiento manual, cuenta con ruedas que facilitan su transporte y cuenta con una capacidad de 1 tonelada.

La principal ventaja es la facilidad de transportarlo, su tamaño compacto y la sencillez del sistema de carga y descarga
La principal desventaja es el sistema de carga que no es móvil.

Figura 10

Alternativa conceptual 3



Nota: Adaptado de Bobinadora de cable móvil de racks - MORA 14, Miapp (<https://www.miapp.pl/en/produkty-2/zwijarki-en-gb/151-mora-14-mobilna-zwijarka-krazarka-do-kabli-pobieranych-z-regalow-en-gb>)

4.2.2. Selección del diseño conceptual

Para evaluar las alternativas conceptuales de diseño, analizando las ventajas y desventajas de cada diseño se procedió a ponderarlas como se muestra la tabla 9 bajo los criterios de evaluación de la tabla 7 obtenidos de los resultados de las entrevistas y calificados con los puntajes de la tabla 8. La alternativa ganadora con mayor puntaje acumulado en los criterios de capacidad de carga, facilidad de fabricación, montaje de bobina, costo y seguridad, fue la alternativa conceptual 3.

Tabla 7

Definición de criterios de evaluación para el diseño conceptual

CRITERIO	DEFINICION	PESO (%)
CAPACIDAD DE CARGA	Peso, cantidad de metros que será capaz de soportar.	0.25
FACILIDAD DE FABRICACION	Proceso de fabricación, adquisición de materiales y piezas, programación.	0.15
COSTO	Accesibilidad para la empresa	0.25
SEGURIDAD	Seguridad para el operario y para el proceso de bobinado	0.15
MONTAJE	Carga y descarga de las bobinas	0.20

Nota: Elaboración propia

Tabla 8

Puntuación de los criterios para la elección del diseño conceptual

PUNTAJE	SIGNIFICADO
1	Muy malo
2	Malo
3	Regular
4	Alta
5	Muy alto

Nota: Elaboración propia

Tabla 9*Ponderación de las alternativas de diseño conceptual de la máquina bobinadora*

Criterios	Peso %	Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3	
		P	PA	P	PA	P	PA
Capacidad de carga	0.25	3	0.75	4	1	5	1.25
Facilidad de fabricación	0.15	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Montaje de bobina	0.25	2	0.5	5	1.25	5	1.25
Costo	0.15	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Seguridad	0.20	3	0.6	3	0.6	5	1
TOTAL			3.2		4.05		4.4

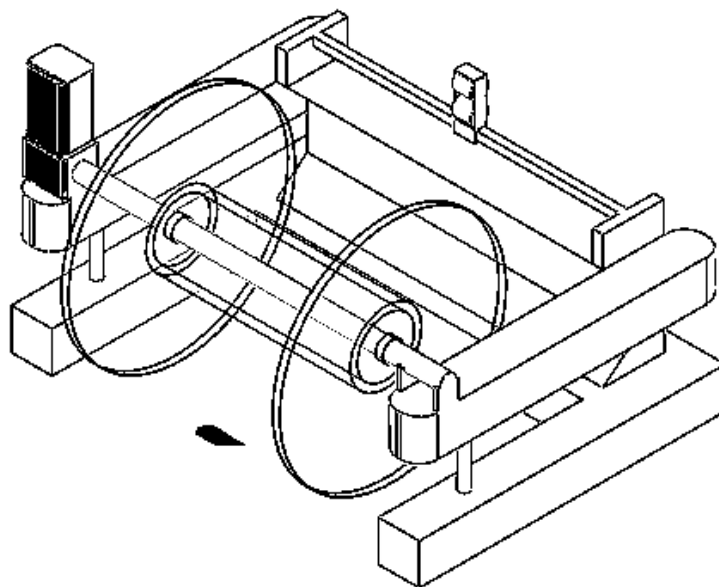
Nota: Elaboración propia

4.2.3. Diseño de configuración

Luego de elegir el diseño conceptual más adecuado para el proceso de bobinado se procedió a realizar el diseño de configuración, en esta parte del proceso se planteó 3 alternativas de configuración de la maquina bobinadora de cables, centrada en un proceso crítico como es el proceso de elevación y posicionamiento de la bobina.

Figura 11

Configuración 1



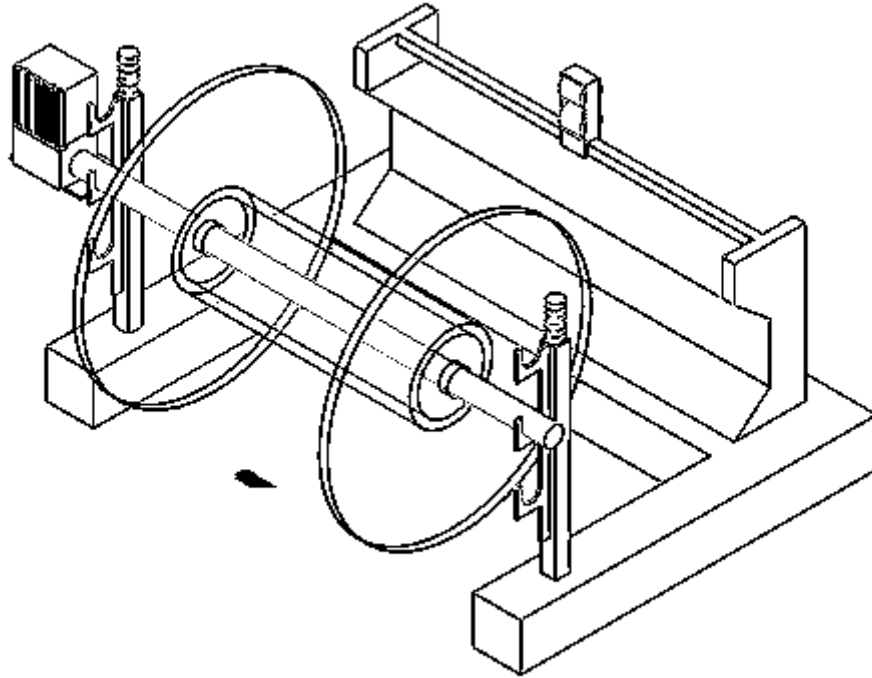
Nota: Elaboración propia

La configuración 1 se muestra en la figura 12, esta alternativa cuenta con sistema de elevación mediante dos brazos que son accionados por un sistema hidráulico.

Las ventajas que presenta esta configuración son: la estabilidad que otorga la maquina al proceso por sus grandes dimensiones, su fácil accionamiento y su adaptabilidad a los diferentes tamaños de carretes. Las desventajas de esta configuración es esencialmente el costo que demandaría el sistema de elevación hidráulico.

Figura 12

Configuración 2



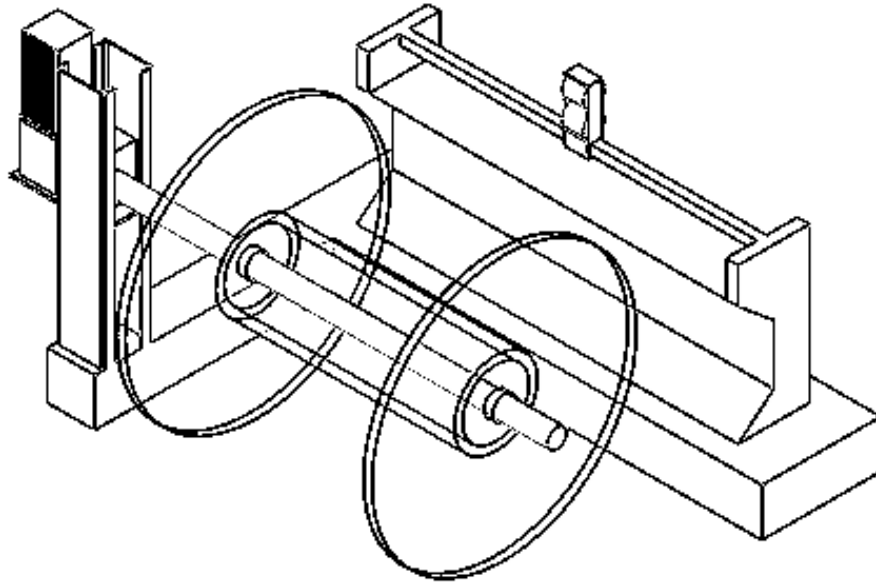
Nota: Elaboración propia

La configuración 2 se muestra en la figura 13, esta configuración cuenta con un sistema de elevación mediante dos tornillos de potencia, estos son accionados mecánicamente.

Las ventajas de esta configuración son los diferentes niveles de acople del eje que facilitarían el bobinado con carrete de una dimensión superior a la estándar. Las desventajas de esta configuración es que se requiere esfuerzo manual para sincronización a la hora de elevar el carrete.

Figura 13

Configuración 3



Nota: Elaboración propia

La configuración 3 se muestra en la figura 14, esta alternativa de configuración está compuesta por un sistema de elevación de carga de solo una torre hecha de perfil c que será capaz de elevar el carrete con ayuda de un cilindro hidráulico en su interior.

La principal ventaja es la facilidad de montaje y desmontaje, el tamaño pequeño, la adaptación de distintos tamaños de carrete. La desventaja de esta configuración radica en que la máquina necesariamente tiene que ser estacionaria para poder darle estabilidad al momento de bobinar.

4.2.4. Selección del diseño de configuración

Para la selección del diseño de configuración se tuvo en cuenta los criterios de evaluación de la tabla 10 y la puntuación de criterios de la tabla 11, se realizó el análisis de las alternativas de configuración teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de ellas, la alternativa ganadora, es la configuración 1, según los puntajes acumulados en la tabla 12 siguiendo los criterios de eficiencia tamaño mantenimiento, seguridad y costo.

Tabla 10

Definición de criterios para la selección del diseño conceptual

CRITERIO	DEFINICION	PESO (%)
EFICIENCIA	Realizar adecuadamente las funciones necesarias para el proceso de bobinado	0.30
TAMAÑO	Dimensión total del equipo	0.25
MANTENIMIENTO	La máquina cuenta con componentes de fácil mantenimiento	0.15
SEGURIDAD	La máquina debe garantizar la seguridad de los operarios	0.20
COSTO	La máquina debe ser accesible para la corporación	0.10

Nota: Elaboración propia

Tabla 11

Puntuación de los criterios para la selección del diseño de configuración

Puntaje	Significado
1	Muy malo
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Muy bueno

Nota: Elaboración propia

Tabla 12*Ponderación de alternativas de diseño conceptual*

Criterios	Peso %	Configuración 1		Configuración 2		Configuración 3	
		P	PA	P	PA	P	PA
EFICIENCIA	0.3	5	1.5	4	1.2	5	1.5
TAMAÑO	0.25	4	1	4	1	5	1.25
MANTENIMIENTO	0.15	5	0.75	3	0.45	3	0.45
SEGURIDAD	0.2	4	0.8	4	0.8	4	0.8
COSTO	0.1	3	0.3	5	0.5	3	0.3
TOTAL			4.35		3.95		4.3

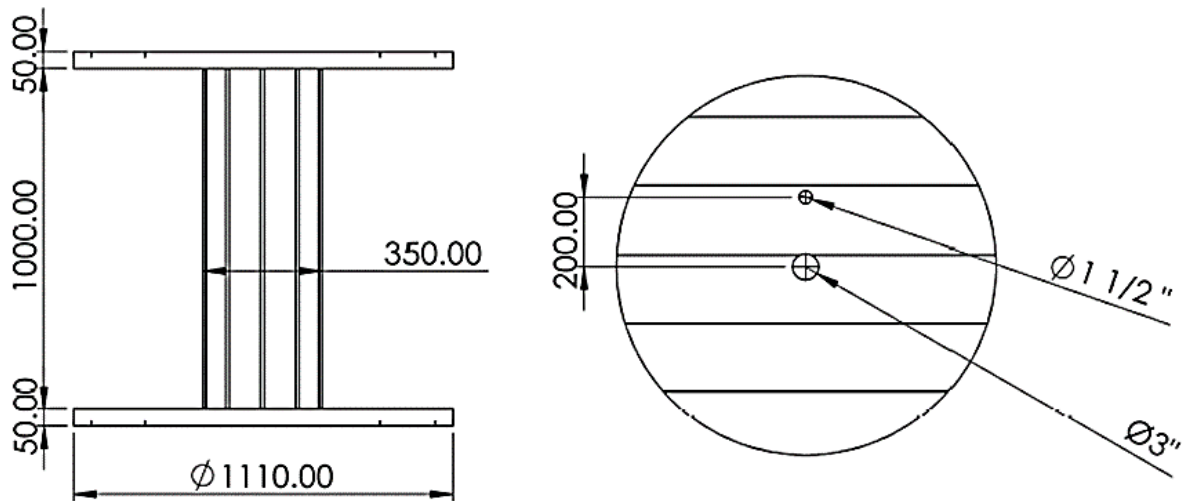
Nota: Elaboración propia

4.2.5. Dimensionamiento general

Luego de elegir el diseño de configuración de la maquina bobinadora de cables se elaboró el dimensionamiento general de la máquina, tomando en cuenta las dimensiones estándar de los carretes que utiliza la corporación plasmada en la figura 15, además se tomaron en cuenta las recomendaciones de diseño que se muestran en la tabla 5 y el criterio ingenieril.

Figura 14

Dimensiones carrete de madera

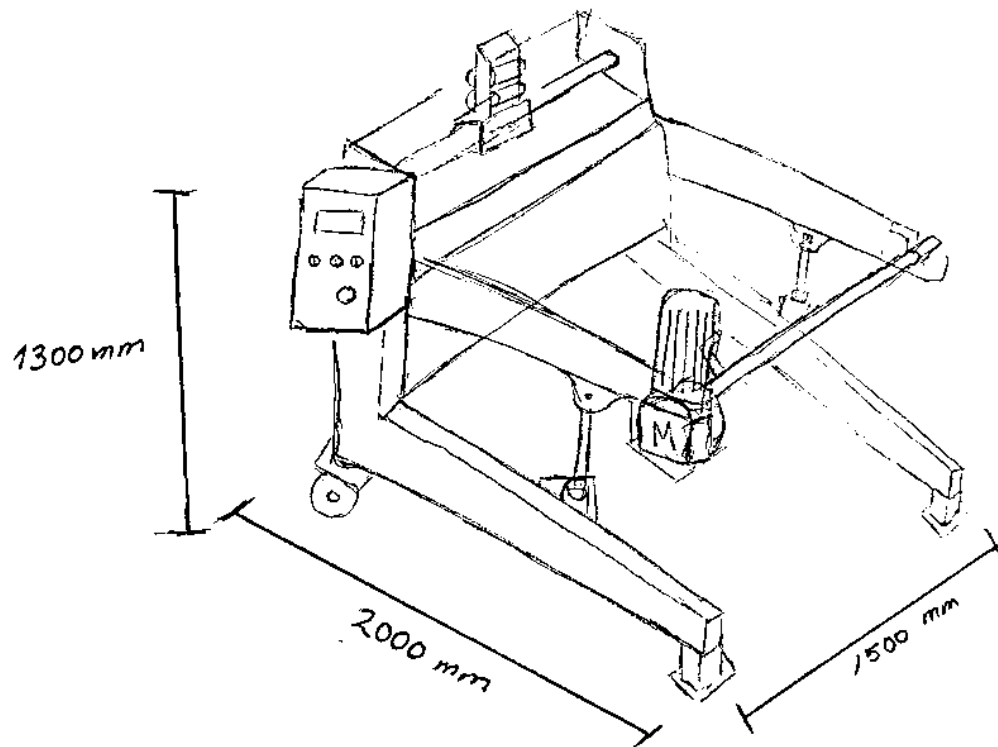


Nota: Elaboración propia

El resultado de las dimensiones generales de la máquina se muestra en la figura 16, se optó por un ancho de la maquina de 1500 mm, esto se determinó a partir de las dimensiones del carrete estándar que utiliza la corporación, la altura de la máquina, los 1300 mm se eligieron a partir de las recomendaciones de diseño de Riquelme (2018) que se muestran en la tabla 7, esta recomendación es para que la maquina sea ergonómica para el operario y no dañe su integridad física.

Figura 15

Dimensionamiento general de la máquina bobinadora



Nota: Elaboración propia

4.2.6. Selección de materiales

Para seleccionar el material de los componentes de la máquina se siguieron las recomendaciones de diseño que se muestran en la tabla 5 y además se tomó en cuenta el criterio ingenieril.

4.2.6.1. Selección del material para el eje principal

Valencia (2015) utilizó un acero 1018 estirado en frío para el eje principal de la máquina, este acero de bajo – medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono.

Riquelme (2018) utilizó un SAE 1045 como material del eje principal de su máquina, tomando en cuenta su alta resistencia.

Los dos materiales se han tomado en cuenta, se determinará la elección a partir de la parametrización del eje.

4.2.6.2. Selección de material para la estructura

Para la estructura de la maquina se utilizó un acero ASTM A36 siguiendo la recomendación de Riquelme (2018), este acero es el más conveniente para este tipo de estructuras.

4.3. Cálculos mecánicos

4.3.1. Torque necesario para el bobinado

Para determinar la máxima carga que debe soportar el eje de principal se procede a calcular el peso de máximo que se puede encontrar en este tipo de bobinas.

Analizando la lista de cables eléctricos con los que cuenta la empresa y su peso respectivo se encuentra en el anexo 3, se ha considerado el peso de una bobina de AAAC 50mm la cual tiene un peso máximo de 1042 Kg.

Para realizar el cálculo de la fuerza y el torque necesario para hacer girar la bobina más pesada desde el reposo contamos con los datos de la tabla 13.

Tabla 13

Datos para el cálculo de Torque

Datos	Unidad	Valor
Peso bruto de la bobina	kg	1024
Velocidad angular	$\frac{rad}{seg}$	6.3241
Variación de tiempo	segundos	3
Radio tapa de carrete	m	0.555
Radio núcleo	m	0.175

Nota: Elaboración propia

Utilizando los datos de la tabla 13 y siguiendo el orden de calculo que se puede observar a detalle en el anexo 5 se obtuvo como resultado que el torque necesario para hacer girar la bobina es de 371.93 *N.m*, además la potencia necesaria es de 3.13*HP*.

4.3.2. Cálculo de reacciones en el eje soporte

Para calcular las reacciones los apoyos que tendría el motor y los rodamientos, primero se realizó un diagrama de cuerpo libre que se muestra en la figura 40, luego se procedió a elaborar una lista de parámetros de entrada necesarios para el cálculo, estos datos se observan en la tabla 14.

Tabla 14

Parámetros de entrada

Datos	Unidad	Valor
Fuerza puntual	N	10222
Longitud total del eje	mm	1300
Longitud AB	mm	650
Longitud BC	mm	650

Nota: Elaboración propia

Empleando los datos de la Tabla 14 y siguiendo la secuencia de cálculo se puede ver a detalle en el Anexo 6 se obtuvo como resultado, la reacción en el punto A y C. En la Tabla 15 se encuentran todos los resultados obtenidos del Anexo 6.

Tabla 15

Resultados del cálculo de reacciones

Datos	Unidad	Valor
Reacción en el punto A	N	7027.65
Reacción en el punto C	N	3194.37
Cortante AB	N	7027.65
Cortante BC	N	3194.37
Momento A	N.m	-2491.61
Momento B	N.m	2076.36
Momento C	N.m	0

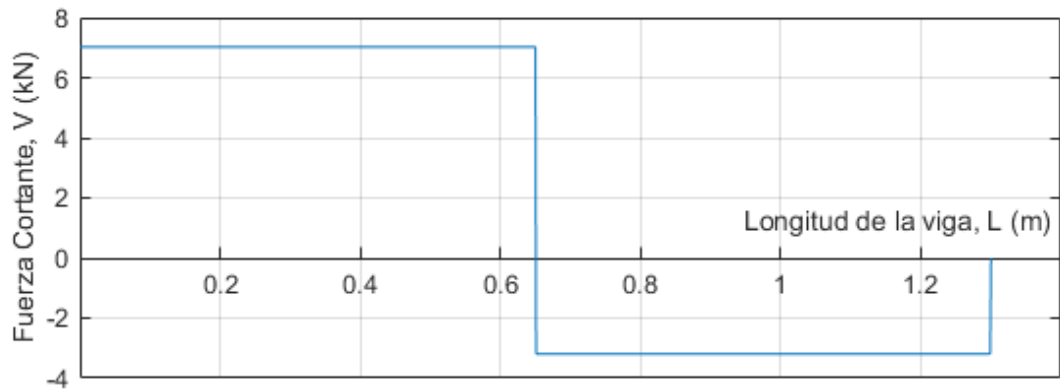
Nota: Elaboración propia

4.3.2. Fuerza cortante y momento flector

Tomando en cuenta los cálculos de reacciones y momentos (ver anexo 6) se grafica con ayuda del programa Matlab las gráficas de fuerza cortante y momento flector en las Figuras 16 y 17.

Figura 16

Diagrama de fuerza cortante

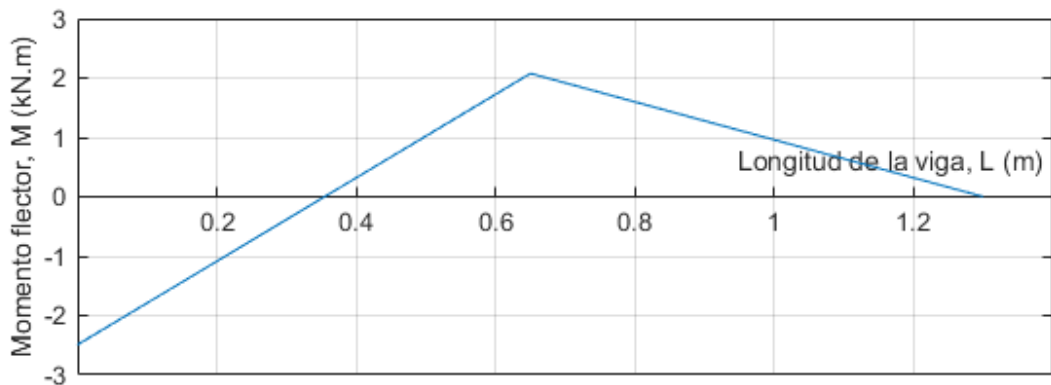


Nota: Elaboración propia

En la Figura 16 se puede visualizar el grafico que representa el esfuerzo cortante máximo de 7 kN, estos puntos máximos ocurren en la primera sección del eje soporte.

Figura 17

Diagrama de momento flector



Nota: Elaboración propia

En la Figura 17 se puede observar el momento máximo de 2491.71 *N.m*, este momento máximo se da en centro del eje soporte que resistirá la bobina de cable.

4.3.3. Diseño paramétrico del eje soporte

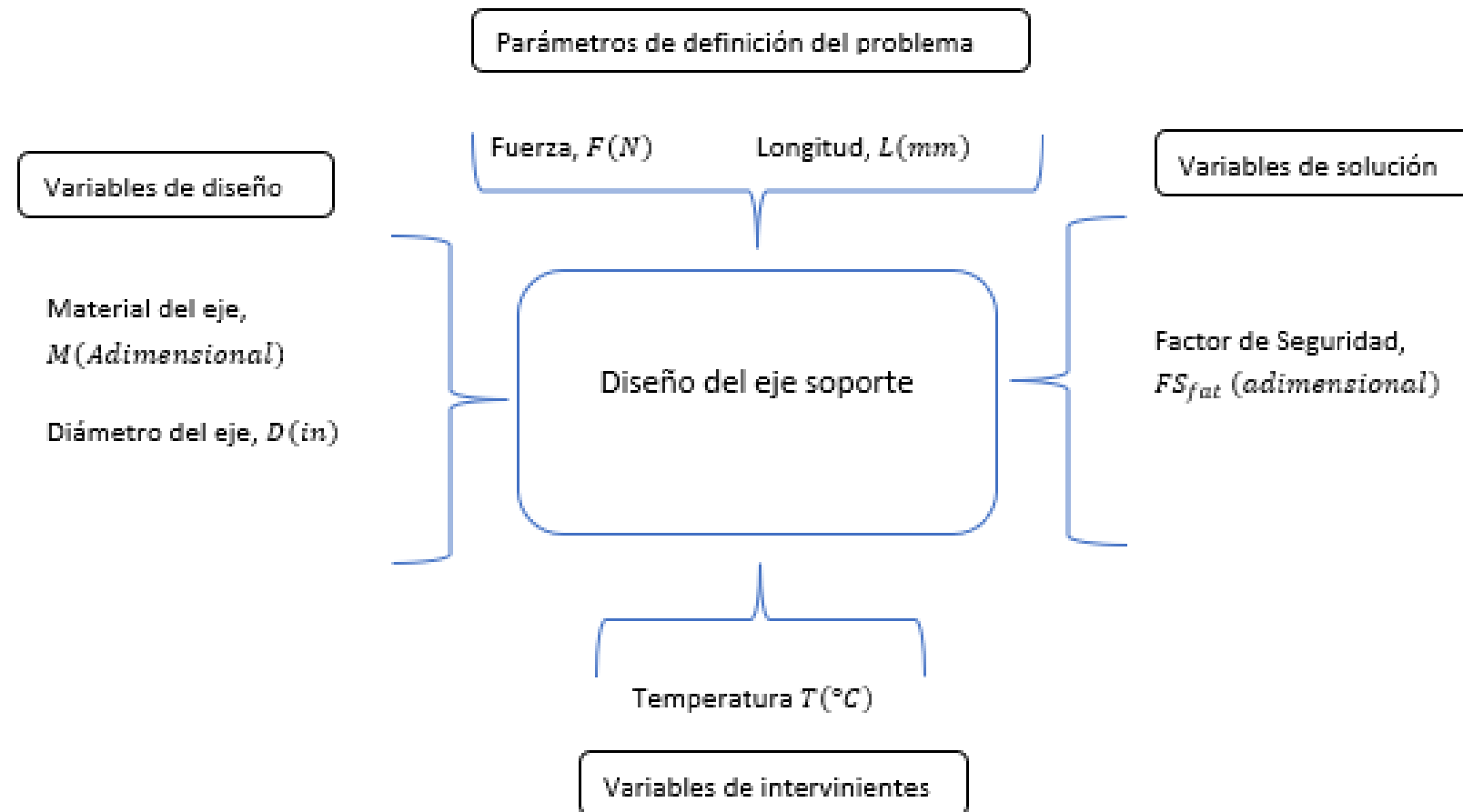
En el diseño paramétrico se tomará como objeto de análisis el eje de soporte debido a que este componente soportará todo el peso de la bobina. Para esto primero determina el diámetro del eje en carga estática utilizando la ecuación 11, como material se utilizó el acero SAE 1045, además se utilizó un factor de seguridad inicial de 2.5. En el Anexo 7 se muestra el cálculo detallado del eje usando el acero SAE 1045 con el cual se obtiene un diámetro de 57.15 mm con un Factor de Seguridad en carga estática de 2.84.

4.3.3.1. Diagrama de caja negra

En la Figura 18 se presenta las variables a considerar para la simulación mediante MATLAB para analizar el comportamiento del factor de seguridad del acero ASTM A36, SAE 1045 y AISI 1060 variando su diámetro.

Figura 18

Caja negra – Eje soporte



Nota: Elaboración propia

4.3.3.2. TABLA DE VARIABLES

Los valores que serán tomados para las variables mencionadas en la caja negra se encuentran en la tabla 16.

Tabla 16

Variables y valores para la simulación en MATLAB

	NOMBRE	UNIDADES	VALOR
Parámetros de Definición del Problema	Fuerza	N	10222
	Longitud	mm	1300
Variables de Diseño	Material	adimensional	ASTM A36 SAE 1045 AISI 1060
	Diámetro	in	1 - 3
Variable de solución	Factor de seguridad por fatiga	FS	A determinar

Nota: Elaboración propia

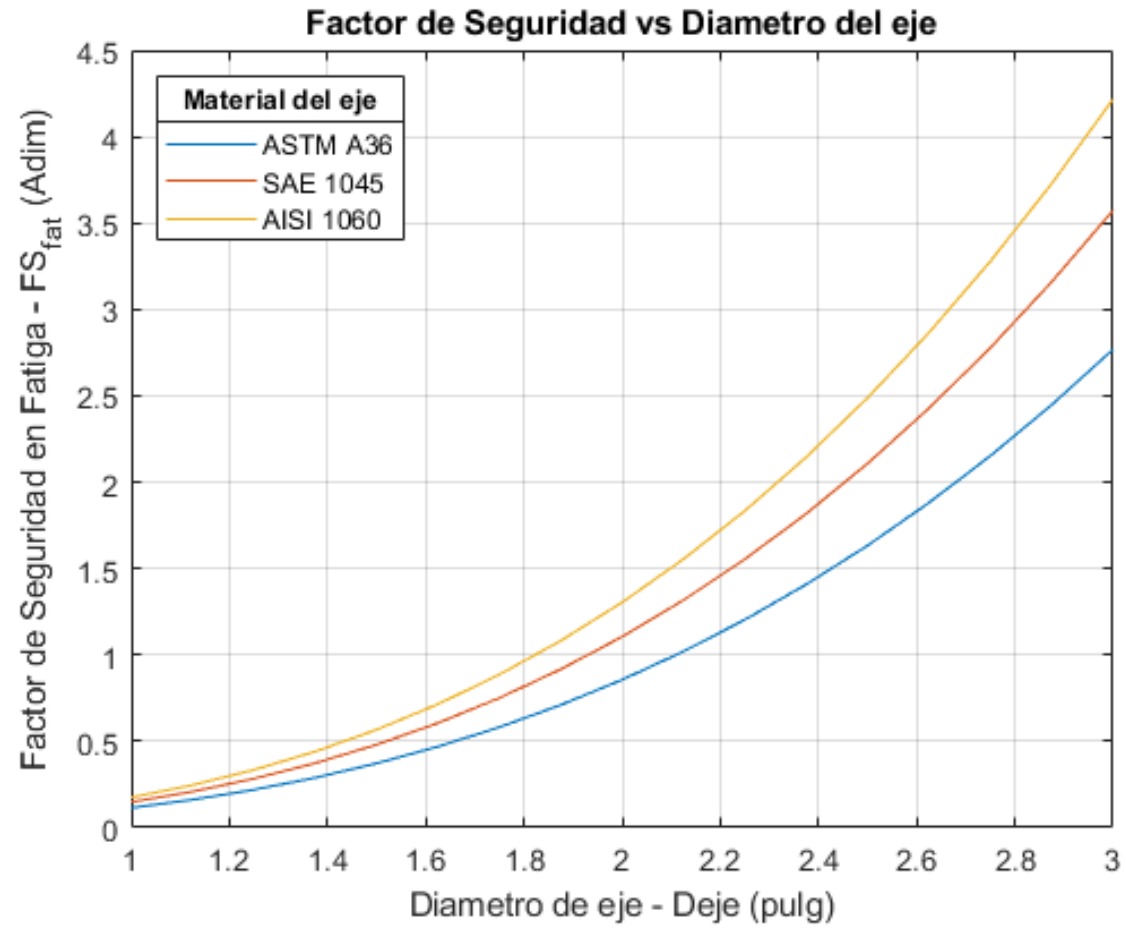
4.3.3.3. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Tomando los cálculos anteriores y programando las ecuaciones en Matlab, un software de cálculo para ingeniería se pueden generar las gráficas paramétricas del eje de soporte.

En la Figura 19 se muestra las gráficas del diseño paramétrico en el cual se tomó como parámetro las resistencias de los aceros ASTM A36, SAE 1045 y AISI 1060. Como se puede observar en el gráfico con el SAE 1045, obtiene un mejor factor de seguridad para el mismo diámetro.

Figura 19

Graficas paramétricas para el eje bajo esfuerzos de fatiga



Nota: Elaboración propia

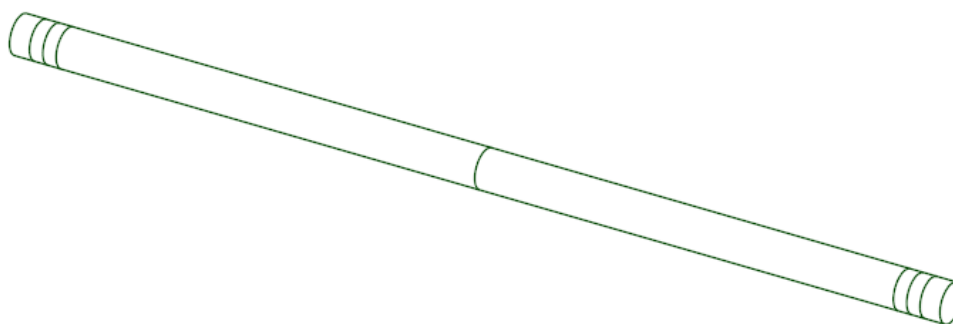
4.4 Simulación por el método de elementos finitos

4.4.1. Simulación del eje soporte

Para corroborar los resultados del cálculo analítico del eje se procedió a realizar el análisis mediante el método de elementos finitos con el software ANSYS, para realizar la simulación se utilizó el boceto en 3D de la Figura 20 y los parámetros de la tabla 17.

Figura 20

Boceto en 3D – Eje soporte



Nota: Elaboración propia

Tabla 17

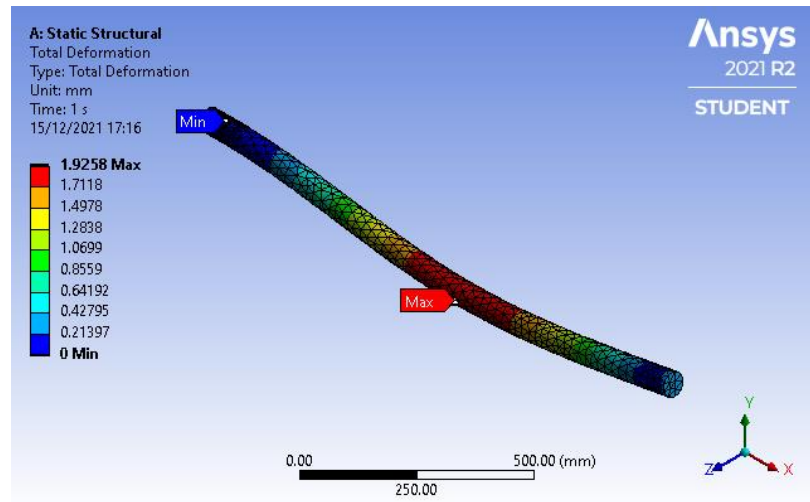
Parámetros del eje para la simulación

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR
Diámetro	mm	57.15
Propiedades SAE 1045	MPA	$S_y = 390$ $S_{ut} = 650$
Carga de diseño	N	10222
Longitud	mm	1300

Nota: Elaboración propia

Figura 21

Resultado – Deformación total del eje

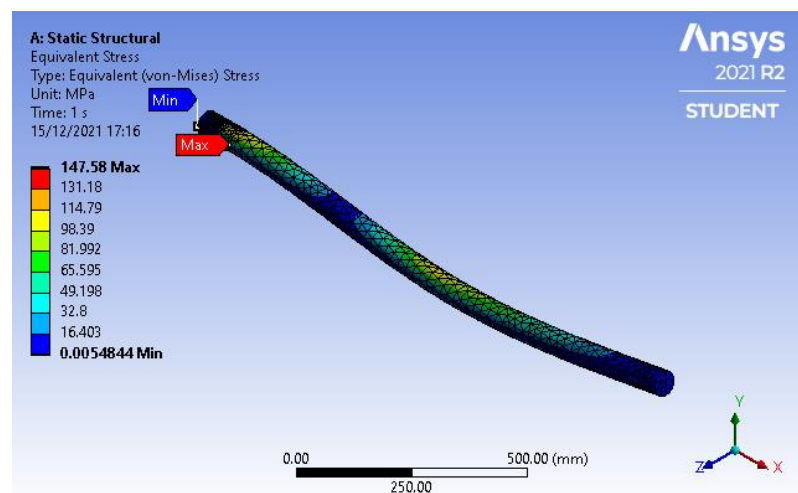


Nota: Elaboración propia

En la Figura 21 se puede observar que el eje sufre una deformación máxima de 1.9mm, se puede afirmar que el eje soportará tranquilamente las cargas máximas de trabajo.

Figura 22

Resultado – Esfuerzo de Von Mises



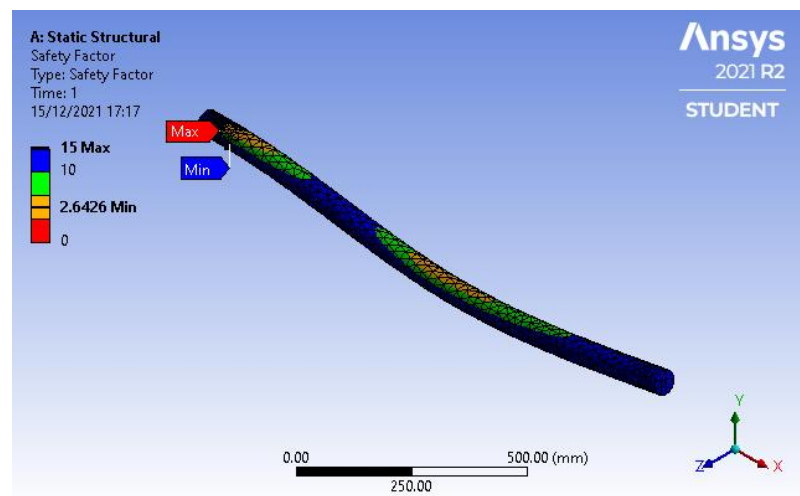
Nota: Elaboración propia

En la Figura 22 se puede observar los valores de esfuerzo de Von Mises máximos que puede soportar el eje, como valor máximo de trabajo se obtuvo 147 MPa. En la Figura 23 se puede observar el resultado del

factor de seguridad mínimo con carga estática que tendrá el eje, este valor mínimo es 2.6, un valor similar hay hallado analíticamente, se tiene una diferencia del 7.75% con respecto al calculado analíticamente. En la Figura 24 se observa el factor de seguridad del eje en fatiga utilizando el criterio de falla ASME- elíptica, como valor mínimo. el factor de seguridad en fatiga que tendrá el eje es de 2.20, un valor aceptable dentro de los rangos de diseño.

Figura 23

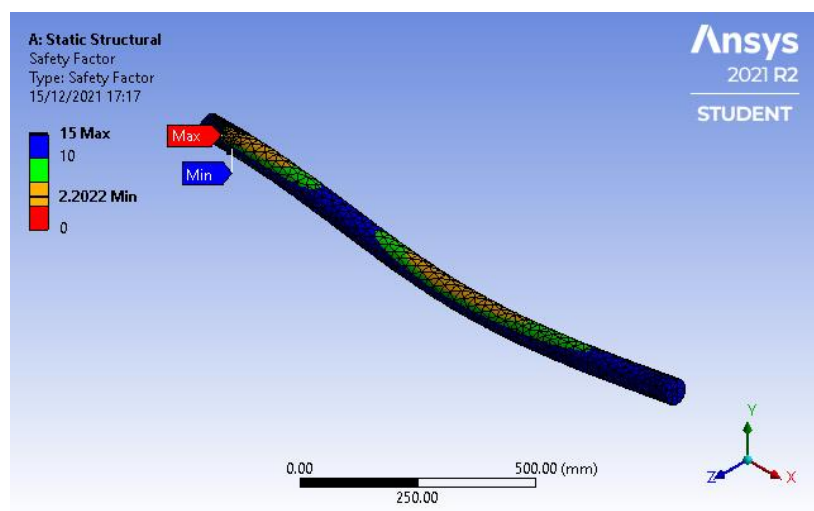
Resultado – F.S con carga estática del eje



Nota: Elaboración propia

Figura 24

Resultado – F.S en fatiga del eje



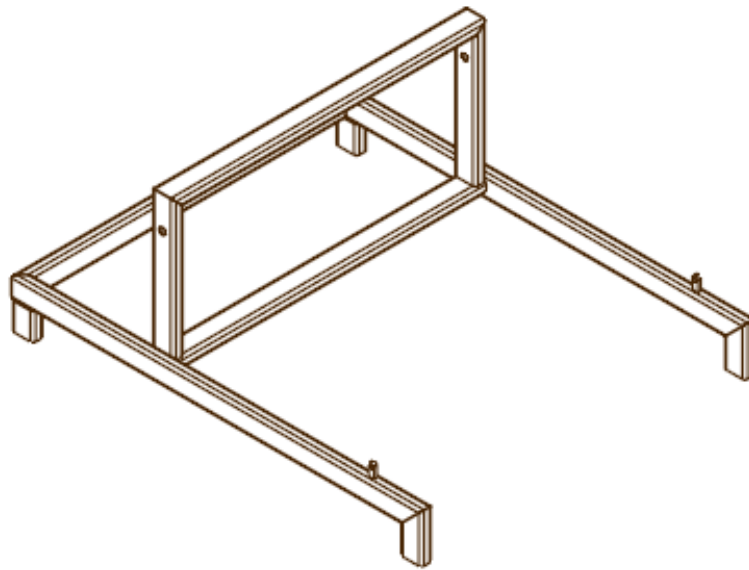
Nota: Elaboración propia

4.4.2. Simulación de la estructura de la máquina

Para realizar el dimensionamiento de estructura, debido a la dificultad de calcular analíticamente la estructura, se realizó un análisis mediante el método de elementos finitos con el software ANSYS, para la simulación primero se realizó la caja negra de la estructura que se puede visualizar en la Figura 26 y se utilizó el boceto en 3D de la Figura 25.

Figura 25

Boceto 3D de la estructura



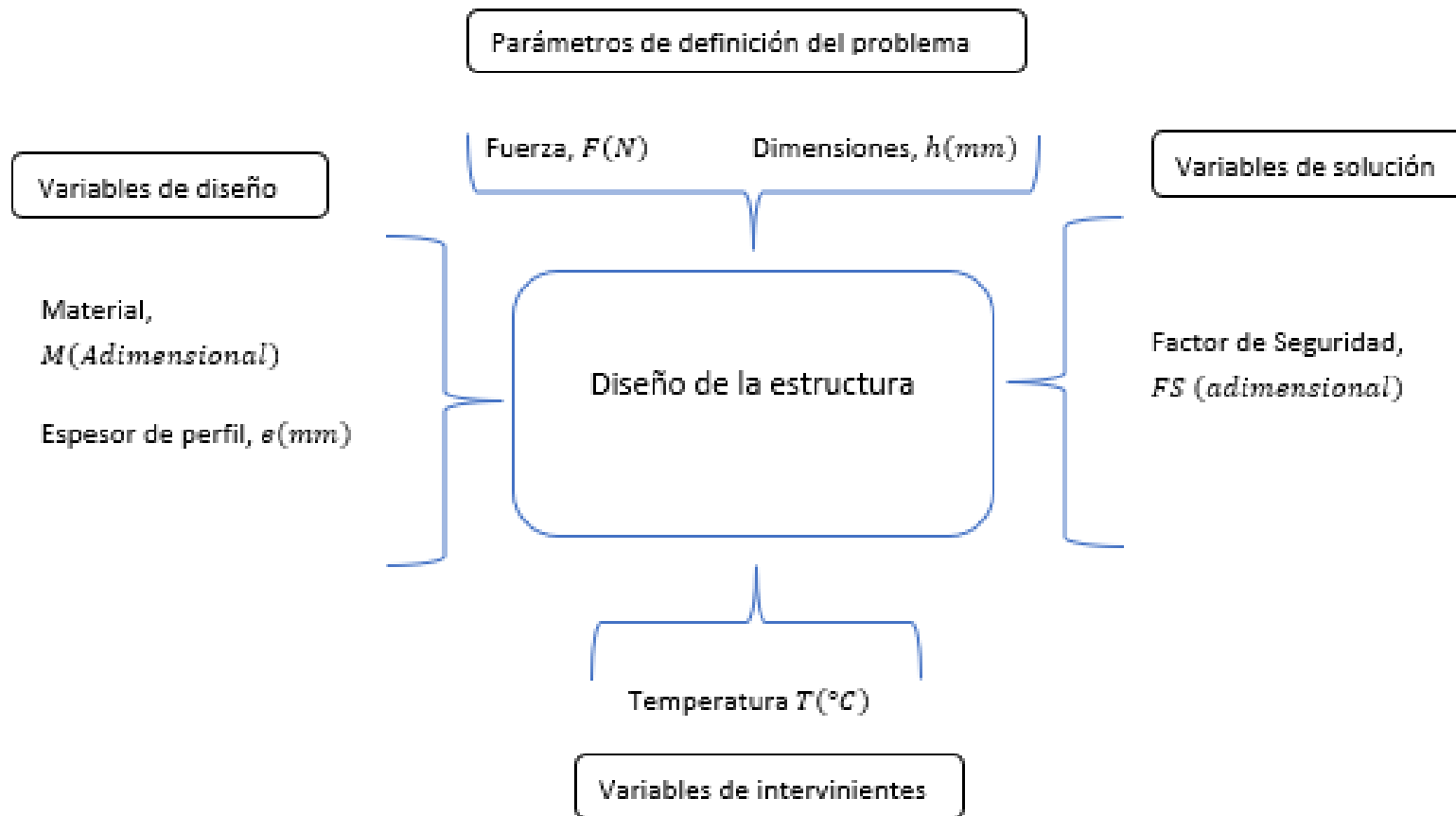
Nota: Elaboración propia

Para dimensionar la estructura primero se eligió el tipo de perfil, se eligió un perfil de 40x80, este el más utilizado en las estructuras de las maquinas bobinadoras que se encuentran en el mercado actual.

Para la elección del espesor adecuado de perfil, se evaluaron 4 diferentes espesores de este perfil vs 3 tipos de materiales, los valores que se utilizan para las variables consideradas en la caja negra se encuentran en la Tabla 18, los resultados obtenidos de las simulaciones se resumen en la Tabla 19.

Figura 26

Caja negra – Estructura de la máquina



Nota: Elaboración propia

Tabla 18*Variables y valores para la simulación en ANSYS*

	NOMBRE	UNIDADES	VALOR
Parámetros de Definición del Problema	Fuerza	N	10222
	Dimensiones del perfil rectangular	mm	40x80
Variables de Diseño	Material	adimensional	ASTM A36 SAE 1045 AISI 1060
	Espesor	mm	2 - 5
Variable de solución	Factor de seguridad	FS	A determinar

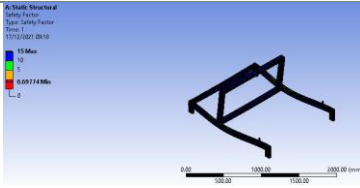
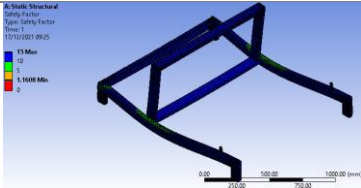
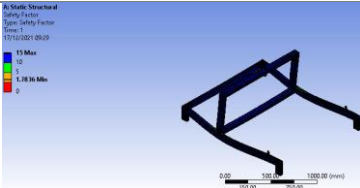
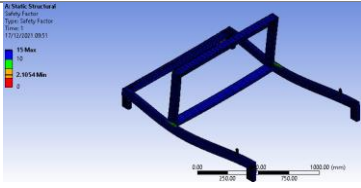
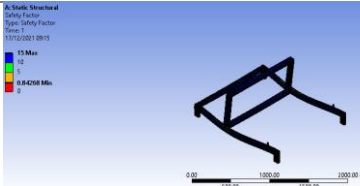
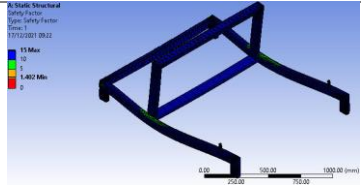
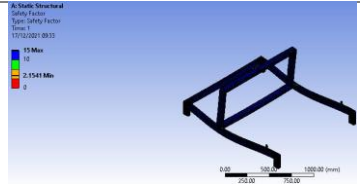
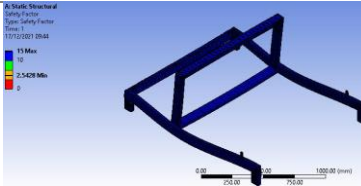
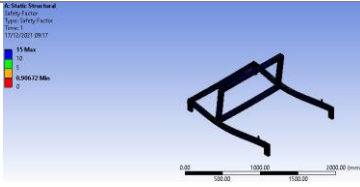
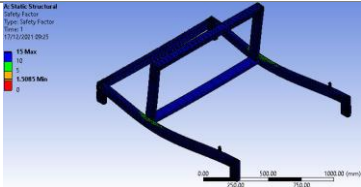
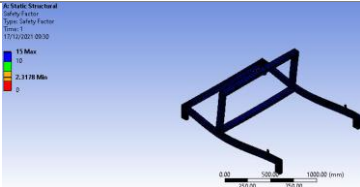
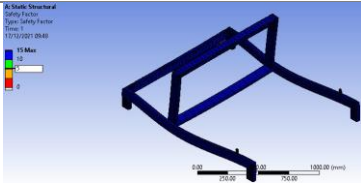
Nota: Elaboración propia

Se eligió un acero ASTM A500 con espesor de 4 mm, esta configuración de perfil da como resultado un factor de seguridad de 2.3 este valor se encuentra dentro del rango de 2 – 2.5 de las recomendaciones de diseño del libro de diseño de ingeniería mecánica de Shigley, establece un factor de seguridad para materiales dúctiles conocidos y utilizados en condiciones controlables con cargas dinámicas.

Los principales resultados de esta configuración se muestran en las Figuras 27 y 28. La ficha técnica del material con sus propiedades mecánicas se encuentra en el anexo 7.

Tabla 19

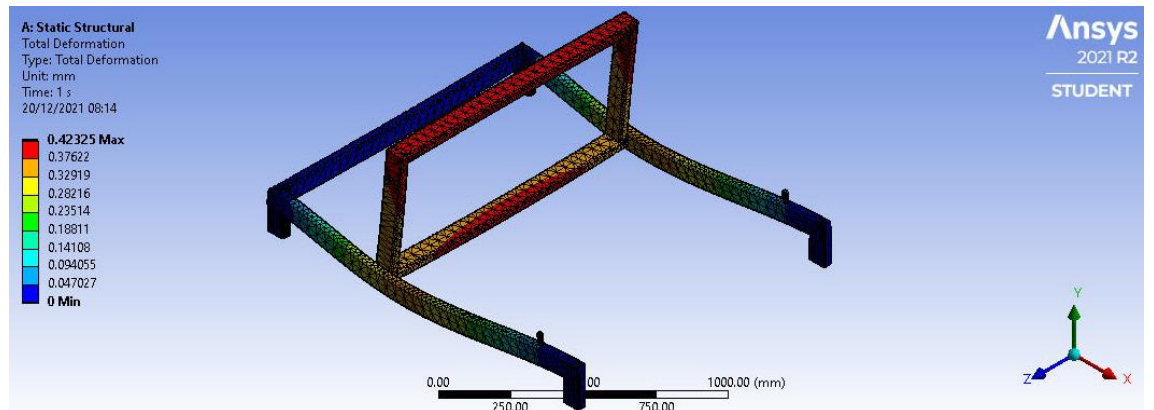
Material vs espesor

MATERIAL	ESPESOR			
	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
ASTM A1008	 <p>$FS = 0.69$</p>	 <p>$FS = 1.16$</p>	 <p>$FS = 1.78$</p>	 <p>$FS = 2.10$</p>
ASTM A36	 <p>$FS = 0.84$</p>	 <p>$FS = 1.40$</p>	 <p>$FS = 2.15$</p>	 <p>$FS = 2.54$</p>
ASTM A500	 <p>$FS = 0.90$</p>	 <p>$FS = 1.50$</p>	 <p>$FS = 2.31$</p>	 <p>$FS = 2.73$</p>

Nota: Elaboración propia

Figura 27

Resultado – Desplazamiento total de la estructura

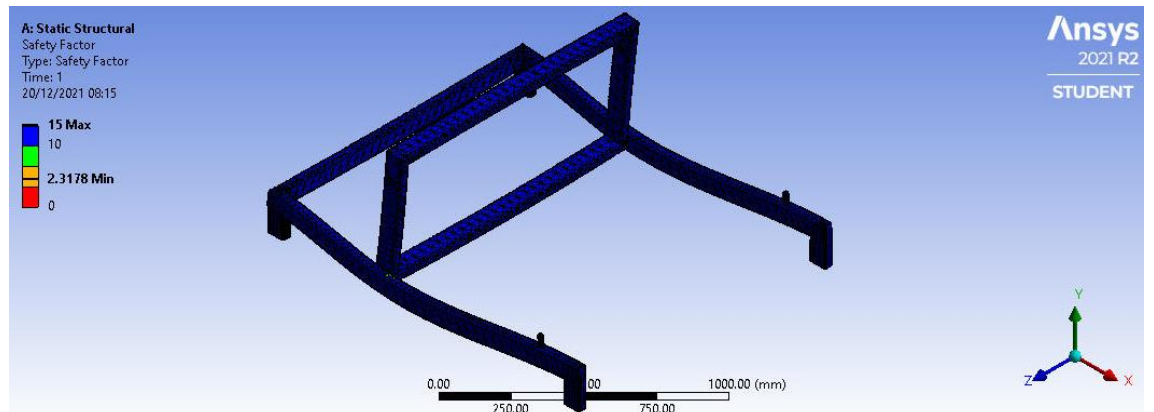


Nota: Elaboración propia

En la figura 28 se puede observar el resultado de la formación que sufrirá la estructura mediante la aplicación de las cargas máximas de trabajo, el valor máximo de la deformación es 0.4mm

Figura 28

Resultado – F.S de la estructura



Nota: Elaboración propia

En la figura 29 se puede observar el resultado del factor de seguridad que tendrá la máquina, obteniendo un valor mínimo de 2.3, este valor se encuentra dentro del rango de 2 – 2.5 que recomienda el libro de diseño de ingeniería mecánica de Shigley para estructuras de materiales dúctiles sometidas a cargas dinámicas.

4.5. Sistema de control automático

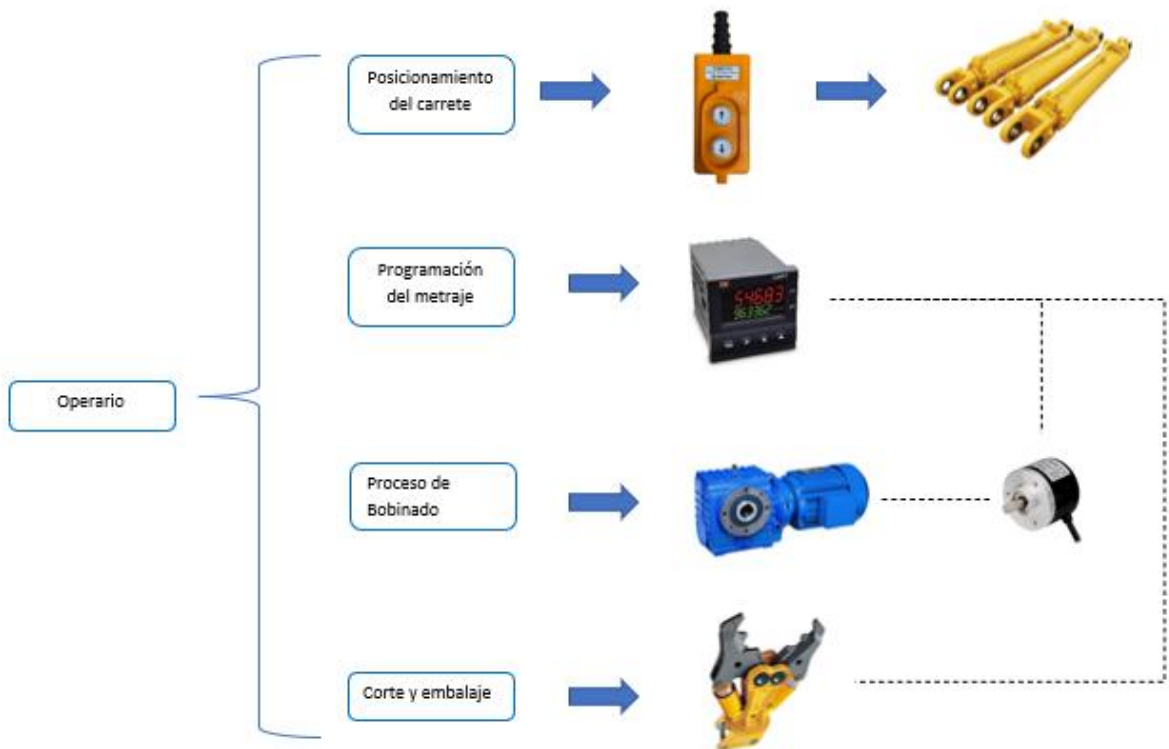
Para el sistema de control se presentan un esquema de los elementos de potencia y diagrama de funciones para la operaciones automatizadas de la maquina.

4.5.1. Esquema de control

En la Figura 29 se muestra el esquema de control de la maquina bobinadora de cables eléctricos donde se presenta los diferentes sensores y actuadores que controlarán la máquina.

Figura 29

Esquema de control de la maquina bobinadora de cables

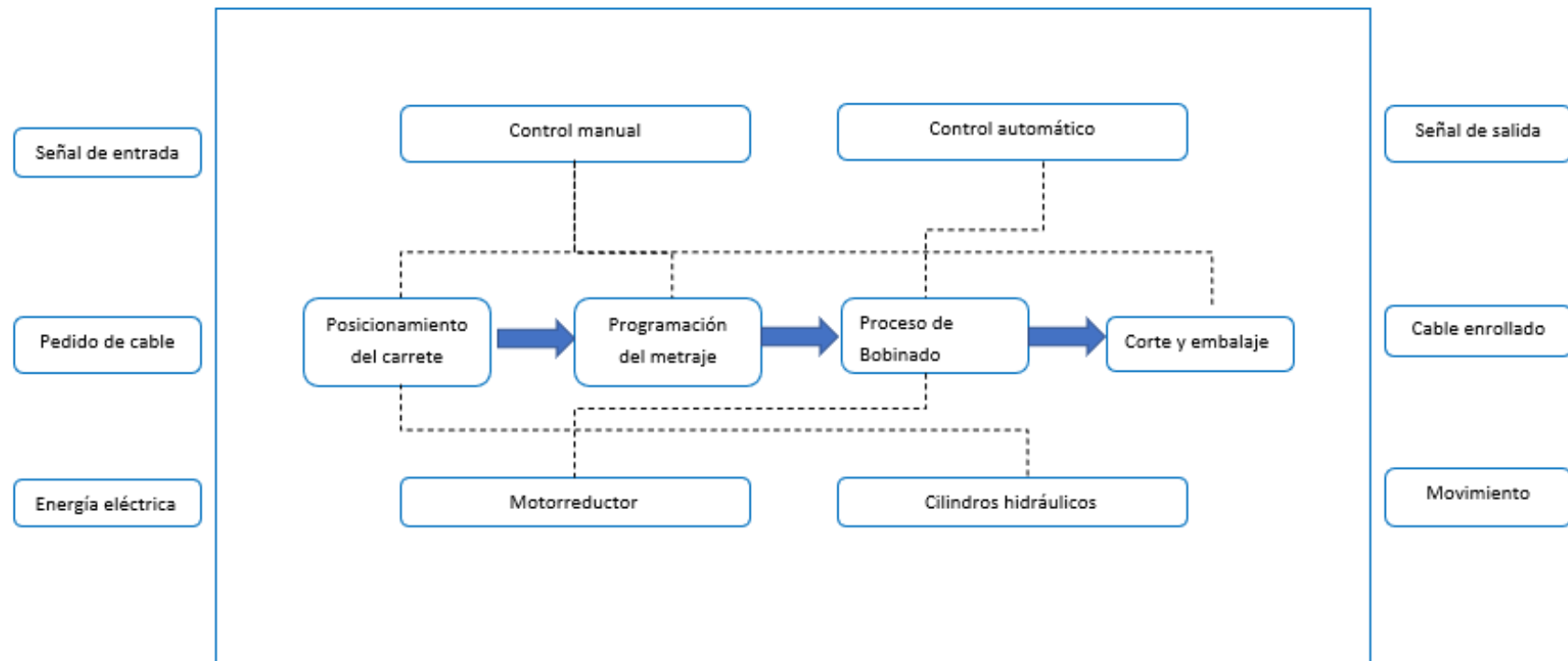


Nota: Elaboración propia

Con el fin de conseguir que la máquina opere de manera automatizada se realizó un diagrama de funciones donde se indica las operaciones que debe realizar la máquina, para realizar una operación de bobinado completa. En la Figura 29 se detalla el diagrama de funciones con las que debe contar la máquina.

Figura 30

Diagrama de funciones de la maquina bobinadora de cables eléctricos



Nota: Elaboración propia

4.5.3. Sistema de control del motorreductor

Para el sistema de control del motorreductor se ha considerado, dado que el funcionamiento de la maquina es con una velocidad variable, que dependerá del calibre de cable y la velocidad de bobinando, la implementación de un variador de frecuencia, para controlar la velocidad de enrollado de acuerdo con el calibre y velocidad deseada.

En la figura 31 se observa la simulación del sistema de control del motorreductor, para este sistema se consideró un variador de frecuencia para la graduar la velocidad de bobinado deseada con ayuda de un potenciómetro, un ITM como dispositivo de protección general del sistema, pulsadores para cambio de giro y parada de emergencia, y contactores para el accionamiento automático.

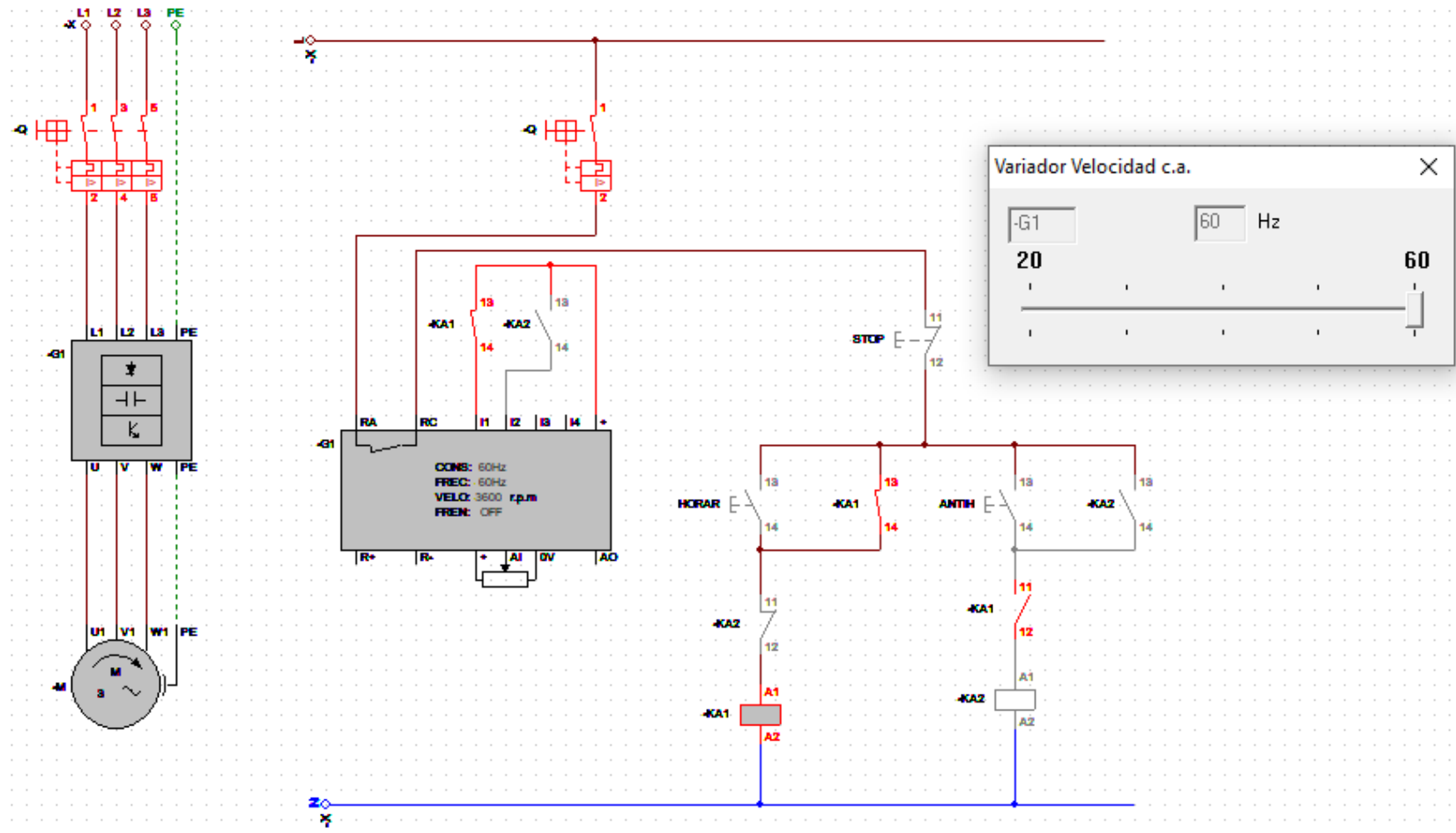
4.5.4. Sistema de control de los cilindros hidráulicos

Para el sistema de control de los cilindros hidráulicos se ha considerado un accionamiento mecánico, donde el operador mediante pulsadores decida la altura de elevación del carrete necesaria para el bobinado.

En la figura 32 se muestra el circuito hidráulico de los cilindros, Para el sistema de control de los cilindros se ha considerado un grupo hidráulico que brindará el caudal necesario para el trabajo, válvulas antirretorno y reguladores de presión como dispositivos de seguridad, pulsadores mecánicos para subir y bajar la altura de los brazos según se requiera y dos cilindros hidráulicos de doble efecto los cuales realizarán el trabajo de elevación.

Figura 31

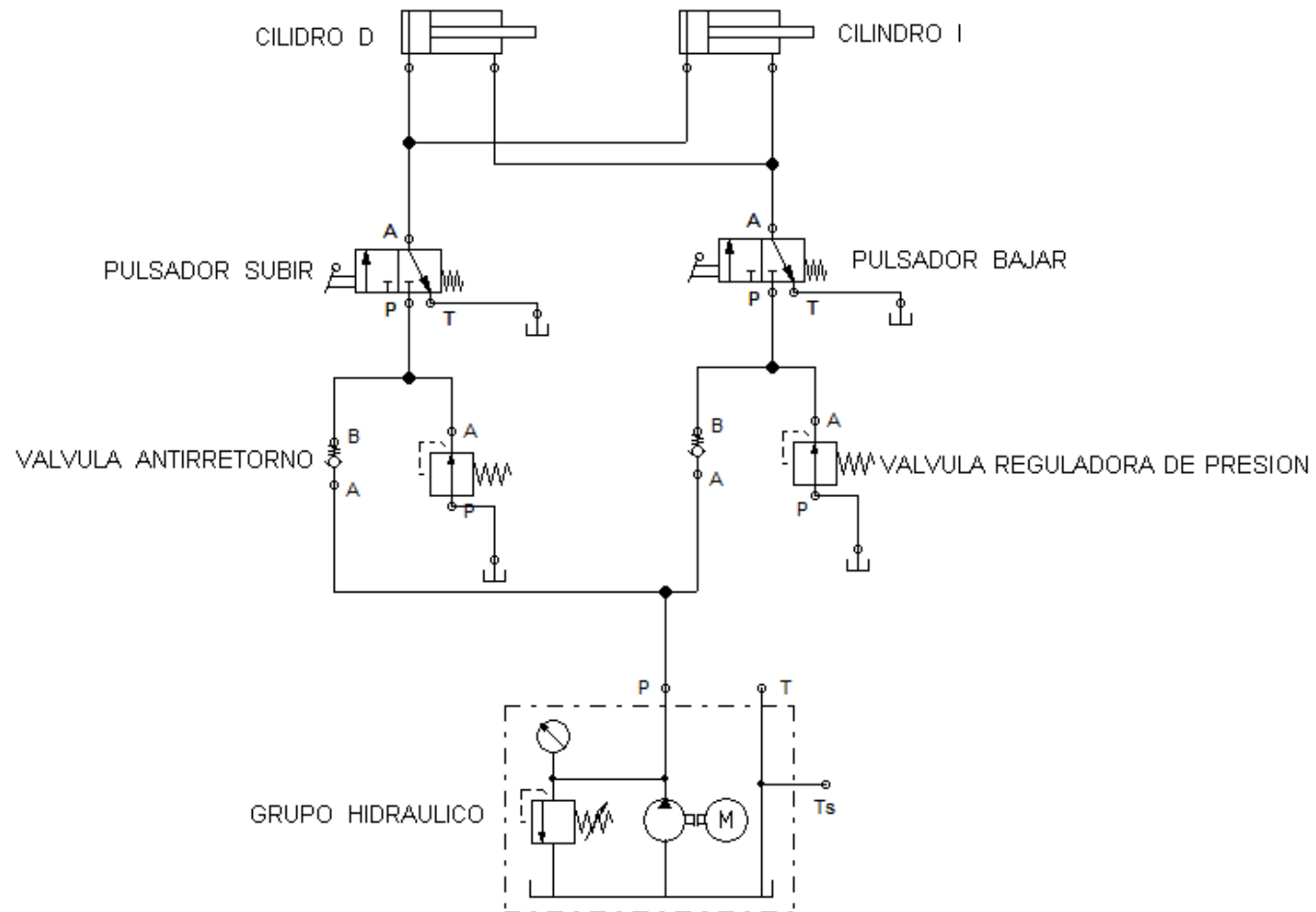
Diagrama de fuerza y mando del motorreductor



Nota: Elaboración propia

Figura 32

Circuito hidráulico de los cilindros



Nota: Elaboración propia

4.6. Selección de los componentes estándar

Para la selección de los componentes estándar de la máquina se procedió a buscar en diversos catálogos de distintos proveedores que se encuentran en el mercado actual, para la elección del componente estándar adecuado para la máquina, para la elección adecuada se tomaron en cuenta, como primer punto los resultados del cálculo analítico y eligiendo los valores más cercanos, para la elección también se tuvo en cuenta el criterio ingenieril.

4.6.1. Selección del motorreductor

Para la selección del motorreductor se tuvo en cuenta el valor del toque necesario para hacer girar la bobina más pesada calculado anteriormente y la velocidad angular máxima de trabajo.

Figura 33

Selección del motor reductor

Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación (i)	MODELO	Factor de Seguridad (fs)	Momento Util (Nm)	Velocidad Entrada aprox. (RPM)	Carga Radial adm. (kg)	Carga Axial adm. (kg)	Peso aprox. (kg)	Medidas (Página)	Repuestos (Página)
kW	HP	(RPM)	(i)		(fs)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página
		34,0	41,71	C2T3	4,00	1,25	804	1420	1250	500	74	pag 57 pag 76
		39,0	36,19	C2T3	4,00	1,40	697	1420	1250	500	74	pag 57 pag 76
		45,0	31,57	C2T3	4,00	1,65	608	1420	1125	450	74	pag 57 pag 76
		53,0	26,70	C2T3	4,00	1,80	514	1420	1125	450	74	pag 57 pag 76
		55,0	25,83	C2T2	4,00	1,80	505	1420	1125	450	71	pag 57 pag 75
		65,0	21,96	C2T2	4,00	2,05	430	1420	970	388	71	pag 57 pag 75
		75,0	18,93	C2T2	4,00	2,30	370	1420	970	388	71	pag 57 pag 75
		86,0	16,48	C2T2	4,00	2,55	322	1420	770	308	71	pag 57 pag 75
		98,0	14,46	C2T2	4,00	2,85	283	1420	770	308	71	pag 57 pag 75
		116,0	12,23	C2T2	4,00	3,45	239	1420	770	308	71	pag 57 pag 75
		131,0	10,80	C2T2	4,00	3,80	211	1420	700	280	71	pag 57 pag 75
		41,0	34,31	C1T3	4,00	1,00	661	1420	990	396	61	pag 57 pag 76
		49,0	29,22	C1T3	4,00	1,20	563	1420	880	352	61	pag 57 pag 76
		57,0	25,11	C1T3	4,00	1,40	484	1420	880	352	61	pag 57 pag 76
3,00 kW	4,00 HP	60,0	23,86	C1T2	4,00	1,40	467	1420	880	352	59	pag 57 pag 75
		65,0	21,84	C1T2	4,00	1,55	427	1420	770	308	59	pag 57 pag 75
		72,0	19,86	C1T2	4,00	1,70	389	1420	770	308	59	pag 57 pag 75
		78,0	18,18	C1T2	4,00	1,90	356	1420	770	308	59	pag 57 pag 75
		84,0	16,82	C1T2	4,00	2,00	329	1420	605	242	59	pag 57 pag 75
		92,0	15,40	C1T2	4,00	2,15	301	1420	605	242	59	pag 57 pag 75
		107,0	13,21	C1T2	4,00	2,45	259	1420	605	242	59	pag 57 pag 75
		124,0	11,45	C1T2	4,00	2,70	224	1420	605	242	59	pag 57 pag 75
		142,0	10,00	C1T2	4,00	3,00	196	1420	550	220	59	pag 57 pag 75
		162,0	8,78	C1T2	4,00	3,35	172	1420	480	192	59	pag 57 pag 75
		183,0	7,75	C1T2	4,00	3,65	152	1420	480	192	59	pag 57 pag 75
		157,0	6,08	HR	4,00 /6	1,25	180	955	940	376	75	pag 56 pag 74

Nota: figura tomada de: Catalogo de Motorreductores, Lentax (pág. 35)

4.6.2. Selección de Rodamientos

Para la selección del rodamiento se tomó en cuenta la carga máxima que debe soportar la maquina y para selección del soporte se tomó en cuenta la funcionalidad de acuerdo con cómo va a trabajar en la máquina, las fichas técnicas del rodamiento y del soporte se encuentran en el anexo 8. Como método de comprobación de la selección del rodamiento podemos hallar el factor de seguridad con carga estática del rodamiento seleccionado con la siguiente ecuación:

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0}$$

Donde:

S_0 : Factor de seguridad (Adimensional)

C_0 : Capacidad de carga basica (KN)

P_0 : Carga estatica equivalente del rodamiento(KN)

$$S_0 = \frac{36KN}{7KN} = 5$$

Figura 34

Dimensión de rodamientos

Designation	Dimensiones							Capacidad de carga básica		Velocidad límite [r/min]	Designaciones	
	d [in]	t ₁	A [in]	H [in]	H ₂ [in]	J [in]	L [in]	dynamic C [lbf]	static C ₀ [lbf]		Housing	Bearing
P2BL 203-TF-AH	2.188		2.319	2.437	4.906	6.904	8.625	9 802	6 519	3 600	P2BL 511-AH	VAR 211-203-2F
⊕ P2BL 203-WF	2.188		2.319	2.437	4.906	6.904	8.625	9 802	6 519	3 600	P2BL 511	YEL 211-203-2F
⊕ P2BL 203-WF-AH	2.188		2.319	2.437	4.906	6.904	8.625	9 802	6 519	3 600	P2BL 511-AH	YEL 211-203-2F
P2BLM 203-TF	2.188		2.425	2.687	5.5	7.408	9.5	11 847	8 093	3 400	P2BL 512	VAR 212-203-2F
⊕ P2BM 203-TF	2.188		2.425	2.75	5.563	7.25	9.437	11 847	8 093	3 400	P2B 512	VAR 212-203-2F
P2BM 203-TF-AH	2.188		2.425	2.75	5.563	7.25	9.437	11 847	8 093	3 400	P2B 512-AH	VAR 212-203-2F
SY 2.3/16 FM	2.188		2.362	2.5	4.961	6.752	8.622	9 802	6 519	3 600	SY 511 M	YET 211-203
SY 2.3/16 TF	2.188		2.362	2.5	4.961	6.752	8.622	9 802	6 519	3 600	SY 511 M	VAR 211-203-2F
⊕ P2B 204-TF	2.25		2.425	2.75	5.563	7.25	9.437	11 847	8 093	3 400	P2B 512	VAR 212-204-2F
P2B 204-TF-AH	2.25		2.425	2.75	5.563	7.25	9.437	11 847	8 093	3 400	P2B 512-AH	VAR 212-204-2F
⊕ P2BL 204-TF	2.25		2.425	2.687	5.5	7.408	9.5	11 847	8 093	3 400	P2BL 512	VAR 212-204-2F
P2BL 204-TF-AH	2.25		2.425	2.687	5.5	7.408	9.5	11 847	8 093	3 400	P2BL 512-AH	VAR 212-204-2F
SY 2.1/4 TF	2.25		2.362	2.752	5.413	7.5	9.449	11 847	8 093	3 400	SY 512 M	VAR 212-204-2F
UCP 212-36	2.25		2.441	2.748	5.571	7.244	9.429	11 847	8 093	2 700	P 212/Y	UC 212-36
P2B 60M-FM	2.362		2.425	2.75	5.563	7.25	9.437	11 847	8 093	3 400	P2B 512	YET 212
P2B 60M-TF	2.362		2.425	2.75	5.563	7.25	9.437	11 847	8 093	3 400	P2B 512	VAR 212-2F
P2B 60M-TR	2.362		2.425	2.75	5.563	7.25	9.437	11 847	8 093	1 800	P2B 512	VAR 212-2RF
SY 60 FM	2.362		2.362	2.752	5.413	7.5	9.449	11 847	8 093	3 400	SY 512 M	YET 212

Nota: Catalogo de rodamientos de bolas, SKF
(<https://www.skf.com/pe/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units>)

4.6.3. Selección de elementos estructurales

Para la selección de los materiales que conformaran la estructura se tomaron en cuenta el peso máximo de la bobina, es decir la carga máxima de trabajo de la maquina y también se tomó en consideración las propiedades mecánicas del material. Además, se corroboró con los resultados del diseño paramétrico y se eligió un perfil comercial que resista las cargas de trabajo. La ficha técnica del material seleccionado para la estructura se encuentra en el anexo 7.

Figura 35

Selección – Perfil estructural

SISTEMA MÉTRICO												
Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm)											
	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	8.0	10.0	12.0	
CUADRADO L.E.	25	1.12	1.33	1.47	1.81							
	30		1.62	1.79								
	38		2.07	2.29	2.83	3.36						
	40		2.18	2.41	2.99	3.55						
	50		2.75	3.04	3.77	4.49		6.57	8.53			
	75			4.61	5.73	6.84	9.03	10.10	13.24			
	80			4.93	6.13	7.31	9.65	10.81				
	100			6.18	7.70	9.20	12.17	13.63	17.95			
	125					11.55		17.16	22.66			
	150					13.91		20.70	27.37	36.10	44.64	
	200					18.62		27.76	36.79	48.66	60.34	
	250							34.83	46.21	61.22	76.04	
	300									73.79	91.74	109.49
400										123.14	147.18	
RECTÁNGULO L.E.	20 x 40	1.35		1.70								
	25 x 50	1.65	2.04	2.26								
	40 x 50		2.46	2.73								
	40 x 60	2.26	2.75	3.03	3.60	4.25						
	40 x 80	2.71		3.66	4.39	5.19						
	50 x 70			3.67	4.36	5.43						
	50 x 75					5.42						
	50 x 100		4.16	4.50	5.56	6.60	8.59	10.10	13.24			
	50 x 150			6.17	7.68	9.17	11.73	13.63	17.95			
	150 x 100				9.66	11.55	15.31	17.16	22.66			
	200 x 100					13.91	18.45	20.70	27.37	36.10	44.54	
	200 x 150					16.26	21.59	24.23	32.08	42.38	52.49	
	250 x 100							24.23	32.08	42.38	52.49	
	250 x 150							27.76	36.79	48.66	60.34	
300 x 200								46.21	61.22	76.04	90.65	
400 x 200										91.74	109.49	
500 x 300										123.14	147.18	

Nota: Catalogo de aceros, Aceros Arequipa

4.6.4. Selección del cilindro hidráulico

Para la selección del cilindro hidráulico se tomó en cuenta el peso máximo de la bobina, es decir la carga máxima que tendrá que elevar y el diámetro mínimo del vástago para que no sufra pandeo (ver anexo 9). La ficha técnica del cilindro seleccionado se encuentra en el anexo 10.

Figura 36

Dimensiones – cilindro hidráulico

REF	ØA	ØB	Z-Carrera	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M BSP	Vol(L)	Juego Juntas	Peso(kg)
1000/05	20	32	50	260	19	20	38	40	65	50	63	33	9.5	1/4	0.04	J70N	2.08
1000/10	20	32	100	310	19	20	38	40	65	50	63	33	9.5	1/4	0.08	J70N	2.38
1000/15	20	32	150	360	19	20	38	40	65	50	63	33	9.5	1/4	0.12	J70N	2.68
1000/20	20	32	200	410	19	20	38	40	65	50	63	33	9.5	1/4	0.16	J70N	2.98
1000/30	20	32	300	510	19	20	38	40	65	50	63	33	9.5	1/4	0.24	J70N	3.28
1008/1	20	40	100	305	19	20	38	50	70	50	67	40	15.0	3/8	0.13	J2040N	3.06
1008/150	20	40	150	355	19	20	38	50	70	50	67	40	15.0	3/8	0.19	J2040N	3.46
1008/2	20	40	200	405	19	20	38	50	70	50	67	40	15.0	3/8	0.25	J2040N	3.86
1001/1	25	40	100	305	19	20	38	50	70	50	67	40	15	3/8	0.13	J71N	3.34
1001/2	25	40	200	405	19	20	38	50	70	50	67	40	15	3/8	0.25	J71N	4.28
1001/3	25	40	300	505	19	20	38	50	70	50	67	40	15	3/8	0.38	J71N	5.23
1001/4	25	40	400	605	19	20	38	50	70	50	67	40	15	3/8	0.50	J71N	6.18
1001/5	25	40	500	705	19	20	38	50	70	50	67	40	15	3/8	0.63	J71N	7.13
1009/1	25	50	100	320	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.20	J2850N	4.36
1009/150	25	50	150	370	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.29	J2850N	4.89
1009/2	25	50	200	420	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.39	J2850N	5.42
1009/250	25	50	250	470	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.49	J2850N	5.95
1002/1	30	50	100	320	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.20	J72N	4.44
1002/150	30	50	150	370	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.29	J72N	5.17
1002/2	30	50	200	420	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.39	J72N	5.62

Nota: Catalogo de cilindros hidráulicos, Cicrosa

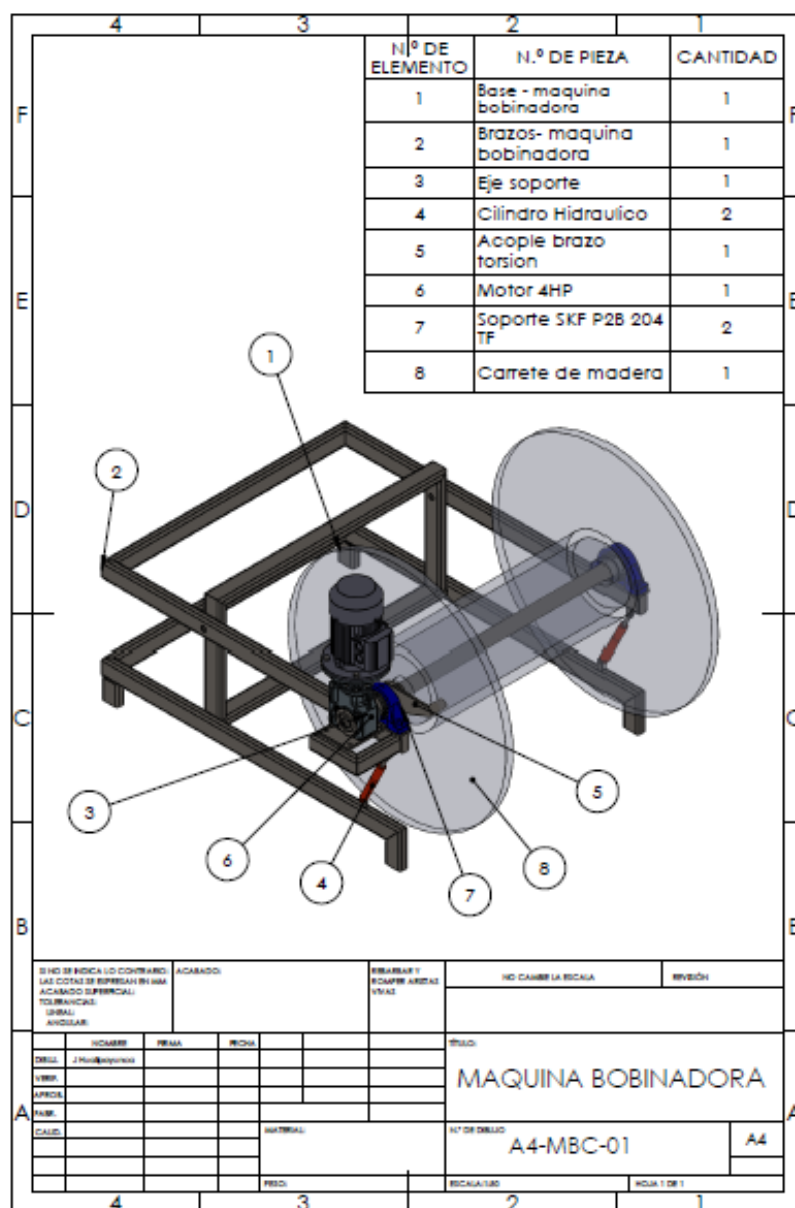
(<https://www.cicrosa.com/index.php/productos/cilindros-hidraulicos/cilindros-hidraulicos-estandar/cilindros-hidraulicos-estandar-doble-efecto-1000/>)

4.7. Diseño de detalle

El diseño completo de la máquina bobinadora se encuentran compilados en los anexos desde el 17 hasta el 21, se elaboraron 6 planos, donde se encuentran las dimensiones de los componentes de la máquina los cuales están listados en la tabla 20, en la figura 37 se puede visualizar la vista general de la máquina con todos sus componentes.

Figura 37

Plano general de la maquina



Nota: Elaboración propia

En la tabla 16 se lista los planos completos de la máquina con el código respectivo de cada lamina y su fecha realización.

Tabla 20

Lista de planos – Maquina bobinadora de cables

CODIGO	PLANO	FECHA
A4-MBC-01	MAQUINA BOBINADORA	14/12/2021
A4-MBC-02	BASE – MAQUINA BOBINADORA	14/12/2021
A4-MBC-03	BRAZOS – MAQUINA BOBINADORA	14/12/2021
A4-MBC-04	SOPORTE SKF	14/12/2021
A4-MBC-05	EJE SOPORTE	14/12/2021
A4-MBC-06	CARRETE DE MADERA	14/12/2021

Nota: Elaboración propia

4.8. Análisis económico

El costo total de la maquina es de S/. 12 570.00 soles, lo que se pretende con la adquisición del equipo, es reducir el personal en un 50% de lo que se tiene actualmente, el área de almacén cuenta con 3 ayudantes permanentes, con la adquisición de la maquina se puede prescindir como mínimo de dos ayudantes por ello el beneficio sería de S/.2 000.00 soles mensuales para la empresa, con estos datos y la ayuda de Excel se puede calcular VAN, TIR, y el ROI, los resultados se muestran en la tabla 23.

Tabla 21*Costo de los materiales*

MATERIALES			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
Motorreductor 4 HP	1	S/. 2500.00	S/. 2500.00
Variador de frecuencia 4hp	1	S/. 1000.00	S/. 1000.00
Encoder	1	S/. 1000.00	S/. 1000.00
Cilindro hidráulico	2	S/. 250.00	S/. 500.00
Pinza hidráulica	1	S/. 1000.00	S/. 1000.00
ITM, pulsadores, cables, otros	1	S/. 300.00	S/. 300.00
Tubo rectangular 80x40x3mm	3	S/. 150.00	S/. 450.00
Soporte con rodamiento SKF	2	S/. 140.00	S/. 280.00
Válvulas reguladoras de presión	2	S/. 250.00	S/. 500.00
Grupo hidráulico	1	S/. 520.00	S/. 520.00
Pernos 3" + tuercas+ anillos	2	S/. 25.00	S/. 50.00
Acoples mecánicos	1	S/. 150.00	S/. 150.00
Electrodo 7018 1/8 5Kg	1	S/. 80.00	S/. 80.00
Disco de corte y desbaste	10	S/. 10.00	S/. 100.00
TOTAL			S/. 5810.00

Nota: Elaboración propia

Tabla 22*Costos de mano de obra, servicios externos y uso de equipos*

MANO DE OBRA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIT	SUB TOTAL
Diseñador	1	S/. 2000.00	S/. 2000.00
Electricista	1	S/. 400.00	S/. 400.00
Soldador	1	S/. 1000.00	S/. 1000.00
Ayudante	2	S/. 400.00	S/. 800.00
TOTAL			S/. 4200.00
EQUIPOS			
Máquina de soldar	1	S/. 500.00	S/. 200.00
Compresor de aire	1	S/. 100.00	S/. 80.00
Taladro de banco	1	S/. 80.00	S/. 80.00
Amoladora	1	S/. 80.00	S/. 80.00
TOTAL			S/. 440.00

Nota: Elaboración propia

En la tabla 23 se proyecta el beneficio mensual de S/. 2000.00 soles que tendría la empresa en un año y con una tasa de interés del 7 %, obtenemos un valor actual neto de S/ 3,315.37 como el resultado de este valor es positivo indica que el proyecto es viable, al obtener una tasa interna de retorno del 12%, este valor indica que el proyecto es rentable y el retorno de la inversión inicial se daría en un plazo de 6 meses.

Tabla 23

Inversión inicial	S/. 12,570.00
Beneficio mensual	S/. 2,000.00
Tasa de interés	7 %
VAN	S/ 3,315.37
TIR	12%
ROI	6.29 meses

Nota: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Como primer objetivo se determinó las necesidades de la empresa mediante 5 entrevistas, se entrevistó a las personas encargadas del bobinado y a los altos mandos de la empresa esto permitió recolectar información del proceso de bobinado actual que se practica en la empresa y ver la disposición de la empresa frente a la adquisición de una maquina este primer objetivo dio como resultado la lista de requerimientos de la empresa, esto ayudó a la elección del diseño conceptual.

En el siguiente objetivo se generaron alternativas de diseño conceptual y se evaluaron mediante criterios elegidos de la lista de requerimientos de la empresa, esto permitió generar alternativas de diseño personalizadas. Para el diseño de configuración se tuvo en cuenta un proceso critico como es el posicionamiento de las bobinas, el diseño de configuración se centró en las diferentes maneras de cómo sería el sistema de elevación de carga.

El dimensionamiento general de la maquina se realizó teniendo en cuenta dimensiones utilizadas por Ávila (2015) y bruguera en el (2018) en sus respectivos diseños, máquinas diseñadas para enrollar otro tipo de material, por ello es por lo que cuentan con dimensiones superiores, para un diseño focalizado en la necesidad de la empresa se tomó como punto de partida las medidas del carrete de madera estándar que utiliza la corporación.

Para la selección del material el eje se consideró las dos recomendaciones de Valencia (2015), de utilizar como material del eje un acero AISI 1020, por otro lado, Riquelme (2018) utiliza un acero SAE 1045, para la elección se tomaron en cuenta las propiedades mecánicas de cada material y el factor de seguridad, este último fue el que se decidió la elección del material del eje, debido a que el SAE 1045 ofrece un mayor factor de seguridad con un mismo diámetro.

VI. CONCLUSIONES

Se logró determinar los requerimientos del proceso de bobinado de cables mediante la realización de 5 entrevistas, estos datos recolectados permitieron analizar la información del proceso y elaborar alternativas de diseño conceptual y de configuración acordes a las necesidades de la empresa.

Se dimensionó un elemento crítico de la máquina como es el eje de soporte, obteniendo un diámetro de 57.15 en el cálculo analítico, este cálculo fue corroborado con la simulación por el método de elementos finitos con ayuda del software ANSYS, los resultados de la simulación guardan concordancia con los obtenidos mediante el cálculo analítico, como resultado de la simulación se obtuvo un factor de seguridad en carga estática 2.64, se obtuvo una diferencia del 7% con respecto al 2.84 del cálculo analítico.

La estructura se logró dimensionar con ayuda del método de elementos finitos, dado que es más difícil de calcular analíticamente este tipo de estructuras, el dimensionamiento adecuado se determinó a partir de la parametrización de 4 espesores de perfil con 4 tipos de material dando como resultado 12 distintas configuraciones de perfil, estas configuraciones fueron analizadas mediante los resultados del factor de seguridad, el material seleccionado fue un ASTM A500 con un espesor de perfil rectangular de 4mm que otorga un factor de seguridad de 2.3.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un plan de mantenimiento para alargar la vida útil de la máquina bobinadora de cables.

REFERENCIAS

- Avila Larraga, E. D. (2015). *Diseño y construcción de una máquina devanadora automática para la medición de longitud de conductores eléctricos*. [Tesis de pregrado, Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/794/1/T-UIDE-711.pdf>.
- Bruguera Teixidor, D. (2009). *Control de una bobinadora automática*. [Tesis de fin de grado, Universidad de Vic]. <http://dspace.uvic.cat/xmlui/handle/10854/272>.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Recuperado el 10 de Abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books/about/Dise%C3%B1o_en_ingenier%C3%ADa_mec%C3%A1nica_de_Shig.html?id=knWJDAAAQBAJ&redir_esc=y
- Cabanas, M. F. (1998). *Técnicas para el mantenimiento diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas*. Marcombo. Recuperado el 15 de Abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?id=X3p4bZfoqgEC&dq=maquinas+electricas&source=gbs_navlinks_s
- Carreño, A. (2018). *Cadena de suministro y logística*. Fondo Editorial de la PUCP. Recuperado el 28 de Abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?id=SaLNDwAAQBAJ&dq=carre%C3%B1o+despacho&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Castillo, J., Rojas, V., & Martinez, J. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión. *Politécnica*, 9. Recuperado el 25 de Abril de 2021, de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292017000100049
- Chavez Ñontol, A. (2018). *Diseño de una máquina devanadora automática para mejorar la calidad en fabricación de bobinas de motores eléctricos en Seltromid - Cajamarca - 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27515>.
- Deng, L., Sou, H., & Ren, H. (2021). Design of Insulation Tape Tension Control System of Transformer Winding Machine Based on Fuzzy PID. *Sensors*. doi:<https://doi.org/10.3390/s21196512>
- Escudero Serrano, M. J. (2011). *Manual del conductor de carreteillas elevadoras*. Paraninfo. Recuperado el 25 de Abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?id=N5GcvCqYLFkC&dq=bobinas+de+madera&hl=es&source=gbs_navlinks_s

- Fink, D. (1981). *Manual Practico de Electricidad Para Ingenieros: Tomo 1*. Reverte. Recuperado el 14 de Abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?id=FlfXjS1N-PIC&dq=que+es+cable+autoportante&source=gbs_navlinks_s
- García, J. C. (2016). *Operaciones de tendido y tensado de conductores en redes eléctricas aéreas y subterráneas. ELEE0108*. IC Editorial. Recuperado el 12 de Abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?id=5VUpEAAAQBAJ&dq=que+es+cable+autoportante&source=gbs_navlinks_s
- Harper, G. E. (2005). *El Libro Practico De Los Generadores, Transformadores Y Motores Electricos*. Editorial Limusa. Recuperado el 23 de Abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?id=P62ebMavSIIC&dq=como+calcular+la+potencia+de+un+motor&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Hibbeler, R. C. (2006). *Mecánica de materiales*. Pearson Educación. Recuperado el 15 de Abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?id=iCBye0_IEXsC&dq=esfuerzo+de+flexion&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Jerry D. Wilson, A. J. (2003). *Fisica*. Naucalpan de Juarez : Pearson Educación. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=KFEvYPsc5IMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- LENTAX. (27 de Abril de 2021). *lentax.com*. Obtenido de http://www.lentax.com/pdf/catalogos/Catalogo_222_Rev_19_09_2019.pdf
- Martin Castillo, J. C. (2021). *Máquinas eléctricas*. Barcelona: Editex. Recuperado el 10 de Abril de 2021, de <https://books.google.com.pe/books?id=9J8Jeaqaqbj&pg=PA45&dq=tipos+de+bobinadoras+de+cable&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjrxYWw7LLwAhXgqpUCHRNBAMQQ6AEwAXoECAMQAw#v=onepage&q=tipos%20de%20bobinadoras%20de%20cable&f=false>
- Miranda, C. V. (2012). *Sistemas de control continuos y discretos*. Editorial Parainfo. Recuperado el 21 de Abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?id=kPb7zb-RwJYC&dq=sistemas+de+control&source=gbs_navlinks_s
- Riquelme Castillo, R. A. (2018). *Diseño mecánico y estructural de un belt winder para enrollado de fajas de caucho de 72/84" de ancho y 2" de espesor para fajas transportadoras de un máximo de 90 m de desarrollo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7514>.

- Roel, R. R. (2015). *Guía de seguridad en proceso de almacenamiento y manejo de cargas*. Recuperado el 25 de Abril de 2021, de FREMAP: <https://prevencion.fremap.es/Buenas%20prcticas/LIB.021%20-%20Guia%20seg.%20almacenam.%20y%20manejo%20cargas.pdf>
- Rolle, K. C. (2006). *Termodinámica*. Pearson Educación. Recuperado el 28 de Abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?id=1rIBBXQhmCwC&dq=parametros+de+seleccion+de+un+motor&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Schwab, K. (15 de Abril de 2021). *ÍNDICE GLOBAL DE COMPETITIVIDAD 2019, (WEF) World Economic Forum*. Obtenido de Instituto peruano de economía: <https://www.ipe.org.pe/portal/indice-global-de-competitividad-2019/>
- SKF. (25 de Abril de 2021). *Rodamientos*. Obtenido de skf.com: https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d19680416953-Rolling-bearings---17000_1-ES_tcm_201-121486.pdf
- Sopena, E. c. (1995). *Diccionario ilustrado de la lengua española*. Barcelona: Editorial Ramon Sopena.
- Ullman, D. (2010). *The Mechanical Design Process*. New York: McGraw-Hill.
- Ullman, D., Wood, S., & Craig, D. (1990). The importance of drawing in the mechanical design process. *Computers & Graphics*, 14, 263-274. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/009784939090037X>
- Valencia medina , E. P. (2015). *Diseño y construcción de una máquina bobinadora de precisión para rafia de polipropileno en la empresa hiplas*. [Tesis de grado, Escuela superior Politécnica de chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4646>.
- Yaque Sánchez, A. d. (2014). *Preparar y acondicionar elementos y máquinas de la planta química. QUIE0108: Operaciones básicas en planta química*. IC Editorial. Recuperado el 26 de Abril de 2021, de https://Preparar+y+acondicionar+elementos+y+máquinas+de+la+planta+química.+QUIE0108:+Operaciones+básicas+en+planta+química+books.google.com.pe/books?id=o04pEAAAQBAJ&dq=que+s+un+motorreductor&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Young, H., & Freedman, R. (2013). *Física Universitaria* (Vol. 1). Naucalpan de Juárez.

ANEXO 1

Tabla 24

Variable Independiente

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala De Medición
Tiempo de bobinado	Según la enciclopedia concisa Sopena (1995) menciona al tiempo en su tercera definición como una unidad de duración.	Cantidad de minutos que le toma a la maquina realizar un fraccionamiento total de cable.	Cantidad de cable (metros)	Razón
			Potencia del motor (HP)	Razón
			Velocidad de bobinado (RPM)	Intervalo

Nota: Elaboración propia

ANEXO 2

Tabla 25

Variable Dependiente

Variable dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala De Medición
Configuración de la maquina bobinadora	Según Martín (2021) en su libro máquinas eléctricas, las máquinas bobinadoras son las encargadas de fabricar las bobinas de los devanados de los diferentes tipos de máquinas eléctricas. (pág. 45)	La máquina bobinadora de cables eléctricos permitirá el bobinado de cables con orden, rapidez y precisión.	Tipo de cable	Nominal
			Dimensiones del carrete (metros)	Razón
			Capacidad de carga (Kg)	Razón

Nota: Elaboración propia

ANEXO 3

Tabla 26

Lista de cables eléctricos que cuenta la empresa

	PRODUCTO	Cantidad (metros)	Peso x metro (Kg)	Peso neto (Kg)
1	CAAI 1*25mm2	10000	0.095	950
2	CAAI 1*35mm2	6800	0.150	1020
3	CAAI 1*16+NA16mm2	4000	0.132	528
4	CAAI 1*16+NA25mm2	3000	0.162	486
5	CAAI 1*25+NA25mm2	2500	0.189	472
6	CAAI 1*35+NA35mm2	2000	0.330	825
7	CAAI 2*16+NA16mm2	2900	0.198	574
8	CAAI 2*16+NA25mm2	2500	0.229	572
9	CAAI 2*25+NA25mm2	2000	0.284	568
10	CAAI 3*16+NA16mm2	2300	0.266	611
11	CAAI 3*16+NA25mm2	2000	0.301	602
12	CAAI 3*25+NA25mm2	1600	0.376	710
13	CAAI 3*35+NA25mm2	1500	0.460	690
14	CAAI 3*50+NA35mm2	1000	0.643	643
15	CAAI 2*25+1*16+NA25mm2	1400	0.344	482
16	CAAI 3*16+1*16+NA25mm2	1700	0.360	612
17	CAAI 3*25+1*16+NA25mm2	1300	0.440	572
18	CAAI 3*35+1*16+NA25mm2	1100	0.560	616
19	CAAPI 1*35MM2	6800	0.130	884
20	CAAPI 1*50MM2	4600	0.188	864
21	CAAPI 1*70MM2	3600	0.250	900
22	CAAI-S 3*25+2*16+Steel	1000	0.519	519
23	CAAI-S 3*35+2*16+Steel	1000	0.597	597
24	CABLE AAAC 35MM2	10000	0.095	950
25	CABLE AAAC 50MM2	7500	0.138	1035
26	CABLE AAAC 70MM2	5000	0.192	960
27	CABLE AAAC 120MM2	3000	0.331	993

Nota: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por la empresa

ANEXO 4

Tabla 27

Características técnicas del carrete

Dimensiones del carrete			
Diámetro de las tapas (cm)	Diámetro del núcleo (cm)	Altura (cm)	Peso (Kg)
111	70	100	63

Nota: Elaboracion propia

Figura 38

Peso de carrete de madera



Nota : Reproducido de la corporacion insutrial ronny SAC

Reproducido con permiso del autor

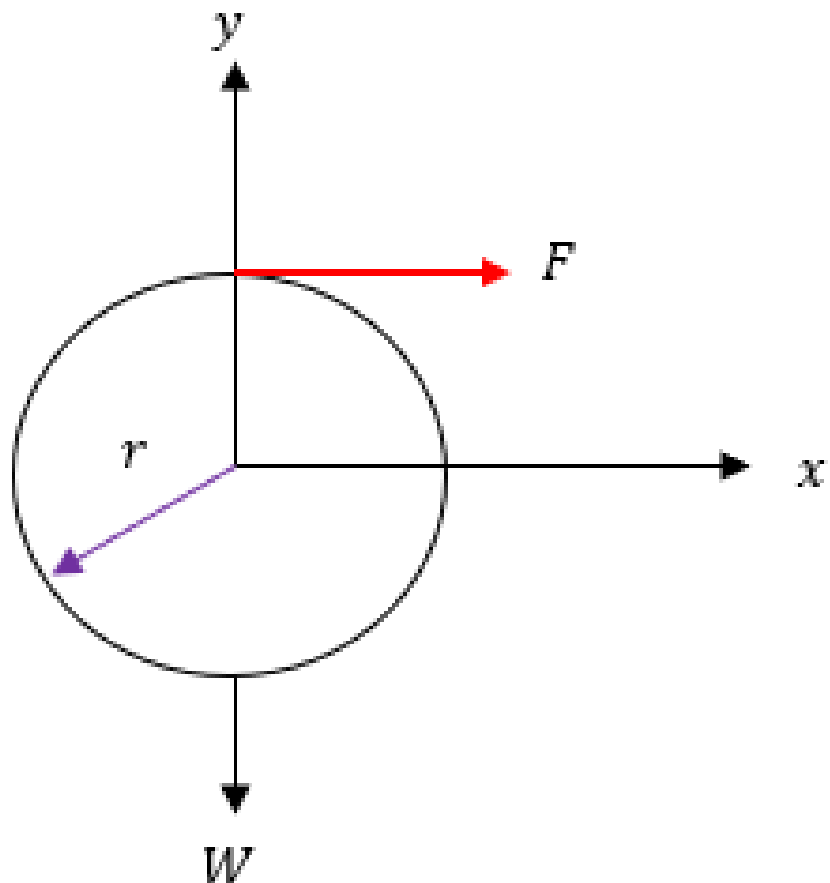
ANEXO 5

CALCULO DEL TORQUE NECESARIO PARA EL BOBINADO

Para realizar el cálculo del torque necesario se utilizó la segunda ley de newton aplicada a la dinámica rotacional planteada en la ecuación 2, primero realizamos el diagrama de cuerpo libre de la bobina de mayor peso como se muestra en la figura 17, con esto se puede ver las variables con las que contamos y poder hallar el torque necesario para hacer girar la bobina llena partiendo desde el reposo.

Figura 39

DCL de la bobina



Nota: Elaboración propia

Primero calculamos el momento de inercia de la bobina llena, por su forma geométrica se utiliza la fórmula del momento de inercia de un cilindro hueco utilizando la ecuación 3, reemplazamos los datos y obtenemos los siguientes resultados.

$$I_B = \frac{1}{2} * 1042 * (0.555^2 + 0.175^2)$$

$$I_B = 176.43 \text{ Kg.m}^2$$

Luego calculamos la aceleración angular con la ecuación 4.

$$\alpha = \frac{6.3241 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}}{3 \text{ seg}}$$

$$\alpha = 2.09 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

Reemplazamos los términos anteriormente calculados en la ecuación 2 para calcular el torque necesario para hacer girar la bobina.

$$T = 176.4367 * 2.108$$

$$T = 371.93 \text{ N.m}$$

La fuerza necesaria para hacer rotar a la bobina sobre su propio eje se calcula utilizando la siguiente ecuación

$$F = \frac{371.93}{0.555}$$

$$F = 670.1441 \text{ N}$$

La potencia necesaria para hacer girar la bobina más pesada se puede calcular con la ecuación 1.

$$Pot = \frac{371.93 * 60}{9.55}$$

$$Potencia = 2336.73 \text{ watts} = 3.13 \text{ HP}$$

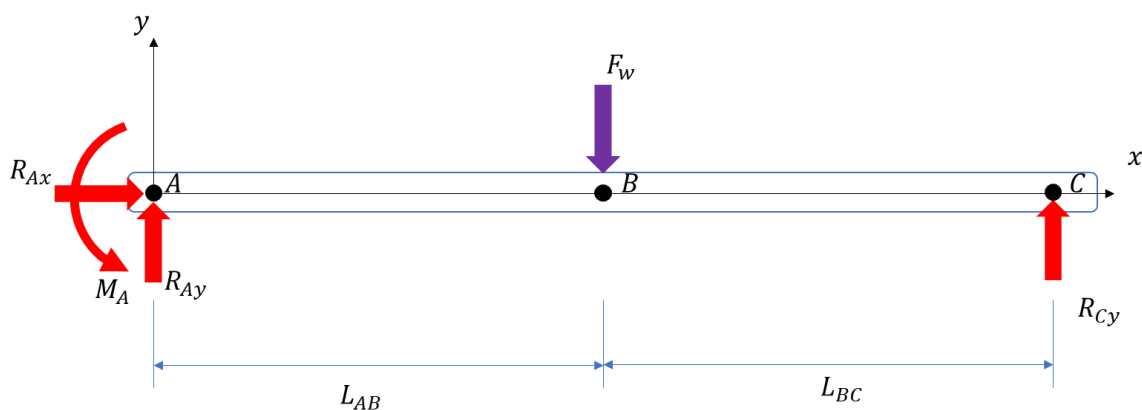
ANEXO 6

CALCULO DE LAS REACCIONES EN EL EJE SOPORTE

Primero se realizó el DCL del eje, se consideró las reacciones en los apoyos que tendrán los rodamientos y el motor. Como el eje se encuentra fijo en un extremo el eje se analiza como una viga estáticamente indeterminada.

Figura 40

DCL del eje soporte



Nota: Elaboración propia

Calculamos las reacciones en los apoyos con ayuda de las ecuaciones de equilibrio y la teoría de vigas estáticamente indeterminada, se tiene que las reacciones y el momento en los apoyos de la Figura 13 son:

$$R_{Ay} = \frac{11 (10222)}{16}$$

$$R_{Ay} = 7027.625 \text{ N}$$

$$R_{Cy} = \frac{5 (10222)}{16}$$

$$R_{Cy} = 3194.37 \text{ N}$$

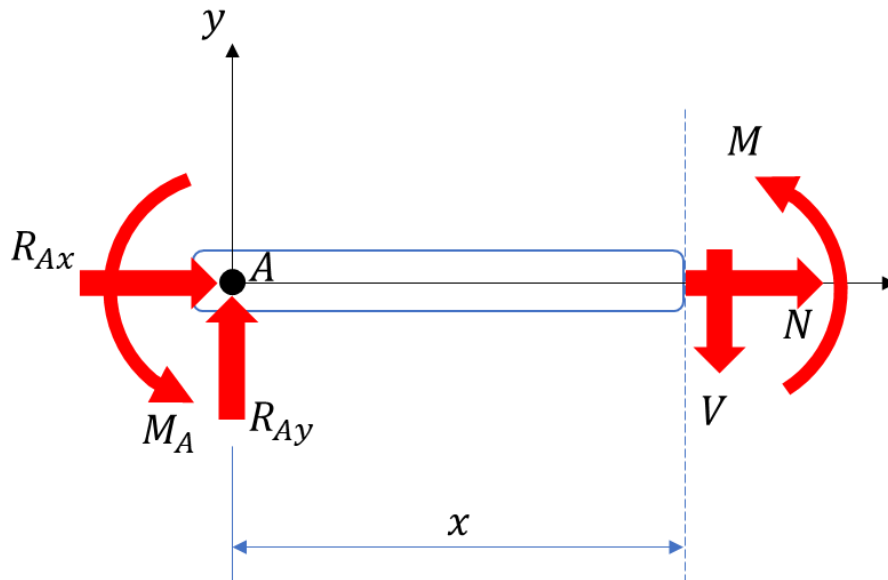
$$M_A = \frac{3(10222)(1.3)}{16}$$

$$M_A = 2491.61 \text{ N.m}$$

Para calcular los esfuerzos cortantes y el momento flector se tuvo que analizar el eje por secciones. En la Figura 42 se muestra la sección entre A y B para poder representar los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

Figura 41

Análisis de fuerzas en la sección $0 \leq x \leq 0.65$



Nota: Elaboración propia

Aplicando las ecuaciones de equilibrio a la sección de la Figura 18 se tiene:

$$N = 0 \text{ N}$$

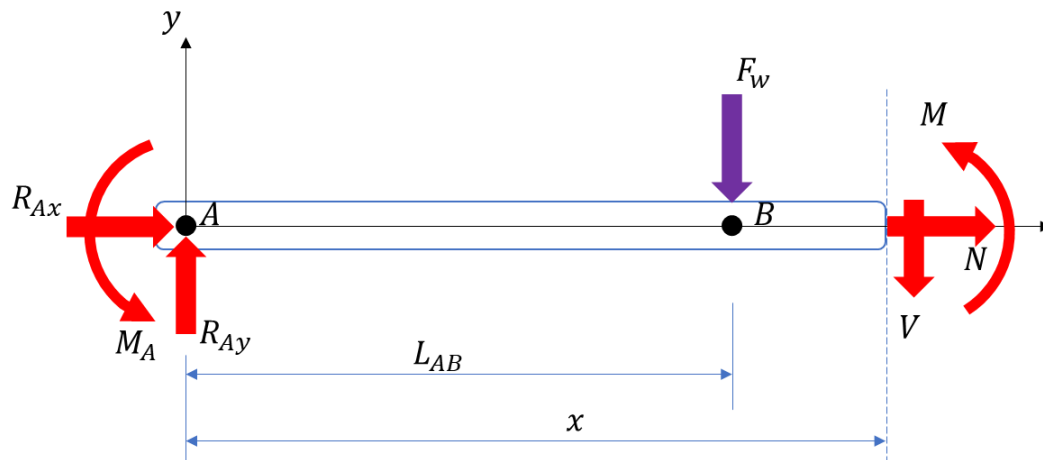
$$V = 7026.25 \text{ N}$$

$$M_{AB} = \frac{10222(11x - 3(1.3))}{16} \begin{cases} x = 0 \rightarrow M_{AB} = -2491 \text{ N.m} \\ x = 0.65 \rightarrow M_{AB} = 1661.075 \end{cases}$$

Para determinar el diagrama de fuerza cortante y momento flector en la otra sección del eje se siguió el mismo procedimiento. En la Figura 44 se puede ver la sección del eje desde B hasta C.

Figura 42

Análisis de fuerzas en la sección $0.65 \leq x \leq 1.3$



Nota: Elaboración propia

Aplicamos las ecuaciones de equilibrio para esta sección

$$N = 0 \text{ N}$$

$$V = 7027.625 - 10222 = -3194.37 \text{ N}$$

$$M_{BC} = \frac{5(10222)(1.3 - x)}{16} \left\{ \begin{array}{l} x = 0.65 \rightarrow M_{BC} = 2076.34 \text{ N.m} \\ x = 1.3 \rightarrow M_{BC} = 0 \text{ N.m} \end{array} \right.$$

ANEXO 7

CALCULO DEL DIAMETRO DEL EJE SOMETIDO A CARGA ESTADICA FABRICADO ECON ACERO SAE 1045

Para calcular el diametro del eje se cuenta con los siguientes datos

$$T = 371.93 \text{ N.m}$$

$$M_{\text{máx}} = 2491.61 \text{ N.m}$$

$$S_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$S_{ut} = 650 \text{ Mpa}$$

Como primer paso de la ecuación 5 tenemos que:

$$\sigma' = \frac{S_y}{n}$$

Donde el esfuerzo de Von mises está definida en la ecuación 7 como:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2}$$

Si remplazamos la ecuación 7 en 5 tenemos que:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2} = \frac{S_y}{n}$$

Además, tenemos

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

Si remplazamos los esfuerzos principales en la ecuación de diseño tenemos:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}\right) - \left(\frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}\right) \left(\frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}\right) + \left(\frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}\right)^2} = \frac{S_y}{n}$$

Si los esfuerzo en flexión y cortante se puede calcular con las fórmulas 9 y 10 respectivamente

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\tau = \frac{Tc}{J}$$

Si reemplazamos el esfuerzo en flexión y el cortante en la ecuación de Von mises y despejamos la incógnita que no tenemos podemos hallar el diámetro del eje con la siguiente ecuación.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 * n}{\pi * S_y}} * \sqrt[6]{4 * M^2 + T^2}$$

Remplazamos en la ecuación con los datos que tenemos

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 (2.5)}{\pi(390 * 10^6)}} * \sqrt[6]{4(2491.6)^2 + 3(371.93)^2}$$

$$d = 0.05715 \text{ m}$$

Estandarizamos el diámetro del eje en pulgadas según catalogo

$$d = 2 \frac{1}{4} \text{ " } = 57.15 \text{ mm}$$

El esfuerzo máximo se calculó utilizando la ecuación 8

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{32(2491.6)}{\pi(0.05715)^3}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 135.97 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo cortante se obtuvo utilizando la ecuación

$$\tau = \frac{16(371.93)}{\pi(0.05715)^3}$$

$$\tau = 10.15 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo Von Mises

$$\sigma' = \sqrt{135.97^2 + 3(10.15)^2}$$

$$\sigma' = 137.10 \text{ Mpa}$$

Factor de seguridad se despeja de la ecuación 5

$$n = \frac{390}{137.10}$$

$$n = 2.84$$

ANEXO 8

FICHA TECNICA - ASTM A36

ASTM A36 Steel, bar

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [ASTM Steel](#); [Carbon Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

Material Notes: Steel for general structural purposes including bridges and buildings.

Key Words: UNS K02600

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties			
	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in 200 mm
	23 %	23 %	In 50 mm.
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Compressive Yield Strength	152 MPa	22000 psi	Allowable compressive strength
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.26	0.26	
Shear Modulus	79.3 GPa	11500 ksi	
Component Elements Properties			
	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.29 %	0.29 %	
Copper, Cu	>= 0.20 %	>= 0.20 %	only if copper steel is specified
Iron, Fe	98 %	98 %	
Manganese, Mn	0.80 - 1.2 %	0.80 - 1.2 %	
Phosphorus, P	0.040 %	0.040 %	
Silicon, Si	0.15 - 0.40 %	0.15 - 0.40 %	
Sulfur, S	0.050 %	0.050 %	

ANEXO 9

FICHA TECNICA- ACERO SAE 1045

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.
ASTMA36	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. (%)
ASTMA36	250 (2,530)	400 - 550 (4,080 - 5,520)	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"	+0.70/- 0.0	0.58		

ANEXO 10



FICHA TECNICA – AISI 1060

AISI 1060 Steel, as rolled

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Carbon Steel](#); [AISI 1000 Series Steel](#); [High Carbon Steel](#)

Key Words: DIN 1.0601, AFNOR CC 55, UNI C 60 (UK), B. S. 060, MIL SPEC MIL-S-16974, SAE J403, SAE J412, SAE J414, UNS G10600, AMS 7240, ASTM A29, ASTM A510, ASTM A576, ASTM A682

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	241	241	
Hardness, Knoop	265	265	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	97	97	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell C	22	22	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	254	254	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	814 MPa	118000 psi	
Tensile Strength, Yield	485 MPa	70300 psi	
Elongation at Break	17 %	17 %	In 50 mm
Reduction of Area	34 %	34 %	
Modulus of Elasticity	205 GPa	29700 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical For Steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Izod Impact	18.0 J	13.3 ft-lb	
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000180 ohm-cm @Temperature 20.0 °C	0.0000180 ohm-cm @Temperature 68.0 °F	condition of specimen unknown
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear 	11.0 µm/m-°C @Temperature 20.0 - 100 °C	6.11 µin/in-°F @Temperature 68.0 - 212 °F	
	12.2 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 300 °C	6.78 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 572 °F	
	13.7 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 500 °C	7.61 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 932 °F	
Specific Heat Capacity 	0.502 J/g-°C @Temperature >=100 °C	0.120 BTU/lb-°F @Temperature >=212 °F	condition unknown
	0.544 J/g-°C @Temperature 150 - 200 °C	0.130 BTU/lb-°F @Temperature 302 - 392 °F	
Thermal Conductivity	49.8 W/m-K	346 BTU-in/hr-ft ² -°F	Typical steel
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.55 - 0.66 %	0.55 - 0.66 %	
Iron, Fe	98.35 - 98.85 %	98.35 - 98.85 %	As remainder
Manganese, Mn	0.60 - 0.90 %	0.60 - 0.90 %	
Phosphorus, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Sulfur, S	<= 0.050 %	<= 0.050 %	

[References](#) for this datasheet.

ANEXO 11

FICHA TECNICA – ACERO ASTM A500

TUBOS

Tubo LAC ASTM A500



Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente (LAC), utilizando el sistema de soldadura de resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.



NORMAS TÉCNICAS

Las propiedades mecánicas, dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500 - Grados A y B según lo solicitado.



USOS

Diversas estructuras livianas y pesadas, correcerías, tijerales, postes, etc.



PRESENTACIÓN

1. Longitud:
 - Redondos: 6,40 m y 6 m.
 - Cuadrados y rectangulares: 6 m.
 - Otras longitudes a pedido.
2. Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.



PROPIEDADES MECÁNICAS

Sección	Norma Técnica		Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación mínima
	Del tubo	Del acero				
Redondo	ASTM A 500/A 500 M	ASTMA 500 GRADO A	A	228	310	25
		ASTMA 1011 CS TIPO B		-	□ 290	□ 25
Cuadrado	ASTM A 500/A 500 M	ASTMA 500 GRADO A	A	269	310	25
		ASTMA 1011 CS TIPO B		-	□ 290	□ 25
Rectángulo	ASTM A 500/A 500 M	ASTMA 500 GRADO A	B	269	310	25
		ASTMA 1011 CS TIPO B		-	□ 290	□ 25

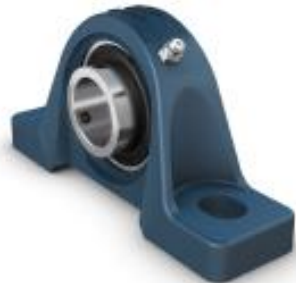
(*) Dimensiones y Tolerancias.

ANEXO 12

FICHA TECNICA – SOPORTE Y RODAMIENTO

SKF

Generado desde [sbo] el [fecha]



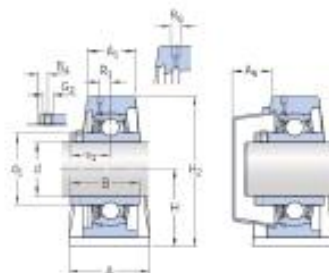
P2B 204-TF

- Producto popular

Soportes de pie con rodamientos de bolas

Especificación técnica

Cumplimiento con el estándar	Norma estadounidense
Purpose specific	Para aplicaciones de manipulación de materiales
Material del soporte	Fundición
Sealing solution	Standard seals with additional fingers

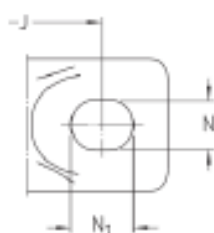
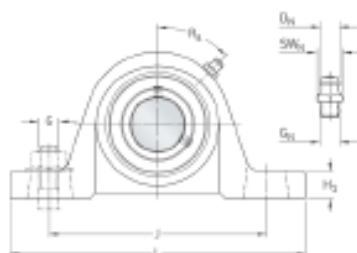


DIMENSIONES

d	2.25 in	Diámetro del agujero
d1	2.978 in	Diámetro del resalte del aro interior
A	2.425 in	Ancho de la base
A ₁	1.35 in	Top width
A ₂	1.398 in	Width including end cover
B	2.563 in	Ancho del aro interior
B4	0.394 in	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro de la rosca
H	2.75 in	Altura del centro del asiento esférico
H ₁	0.875 in	Foot height
H ₂	5.563 in	Altura total
J	7.25 in	Distancia entre los tornillos de fijación
	max.7.625	Distancia between

SKF

Página [página] de 5



J	in	attachment bolts
J	min.6.875 in	Distance between attachment bolts
L	9.437 in	Longitud total
N	0.781 in	Diameter of attachment bolt hole
N ₁	1 in	Length of attachment bolt hole
s1	1.563 in	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro del camino de rodadura

ORIFICO ROSCADO

R	1/8-27 NPT	Housing thread for the grease fitting
R	0.158 in	Axial position of the housing thread
R	45 °	Angular position of the housing thread

BOQUILLA ENGRASADORA

C	0.259 in	Diámetro de la cabeza esférica de la boquilla engrasadora
S	0.438 in	Tamaño de la llave hexagonal para la boquilla engrasadora
E	1/8-27 NPT	Rosca de la boquilla engrasadora

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	11 847 lbf
Capacidad de carga estática básica	C ₀	8 093 lbf
Carga límite de fatiga	P _a	344 lbf
Velocidad límite con tolerancia de eje h6		3 400 r/min

MASA

Mass bearing unit	10.4 lbs
-------------------	----------

ANEXO 13

CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DEL VASTAGO

Para la selección del cilindro contamos con los siguientes datos:

$w = 1042/2$ Kg considerando que el peso se repartirá en los apoyos.

$$F_c = w * g * S_d \quad (27)$$

Donde:

F_c : Fuerza del cilindro (Newton)

w : Carga (Kg)

g : $9.81(m/s^2)$

S_d : Sobredimensionamiento (20%)

Remplazamos

$$F_c = 521 * 9.81 * 1.2 = 6133.21N$$

$$K = F_c * S \quad (28)$$

Donde:

F_c : Fuerza del cilindro (Newton)

K : Carga afecta pandeo (Newton)

S : Factor de seguridad (adimensional)

$$K = 6133.21 * 3.5 = 21466.235 N$$

$$K = \frac{\pi^2 * E * J}{S_k^2} \quad (29)$$

Donde:

K : Carga afecta pandeo (Newton)

E : Modulo de elasticidad (N/mm^2)

J : Momento de inercia (mm^4)

S_k : Longitud libre a pandeo (mm)

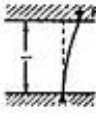
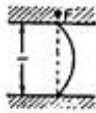
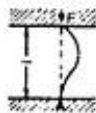
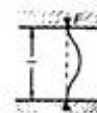
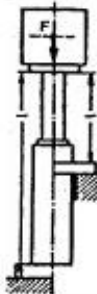
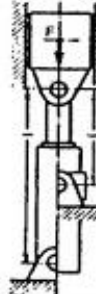
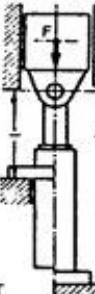
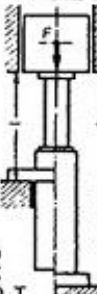
Sabiendo que el momento de inercia está definido como:

$$J = \frac{\pi * D_v^4}{64} \quad (30)$$

Para hallar la longitud libre a pandeo se utilizará el caso dos que se muestra en la figura 44, donde el cilindro cuenta con dos extremos articulados.

Figura 43

Casos de pandeo de Euler

Solicitaciones según Euler				
Solicitaciones según Euler	Caso 1	Caso 2 (básico)	Caso 3	Caso 4
	Un extremo libre, un extremo fijo	Dos extremos articulados	Un extremo articulado, un extremo fijo	Dos extremos fijos
Gráfico				
Longitud libre de pandeo	$s_K = 2l$	$s_K = l$	$s_K = l \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}$	$s_K = \frac{l}{2}$
Situación de montaje del cilindro	 Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T	 Forma de sujeción B, E, G, R, S	 Indicación: Guiado cuidadoso de la carga, posible bloqueo Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T	 Indicación: Desfavorable; gran posibilidad de bloqueo Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T

Nota: Figura tomada de

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>

Reemplazamos y despejamos el diámetro del vástago

$$D_v = \left(\frac{K * 64 * L^2}{\pi^3 * E} \right)^{0.25}$$

$$D_v = \left(\frac{21466.235 * 64 * 340^2}{\pi^3 * 2.1 * 10^5} \right)^{0.25}$$

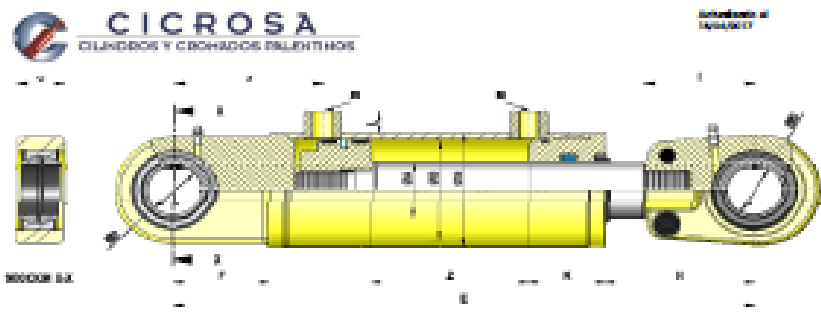
$$D_v = 12.49 \text{ mm}$$

El diámetro mínimo de vástago que debe tener el cilindro es 12.49mm, inferior a este valor el vástago se pandeará, con este valor se procede a buscar en catálogos las dimensiones que más se aproximen.

ANEXO 14

FICHA TECNICA – CILINDRO HIDRAULICO

Cilindros estándar de doble efecto [Serie 1000] Double acting standard cylinders [Series 1000] / Cylindres standard double effet [Série 1000]																	
REF.	a/A	a/B	F Course	F	C	D	E	G	H	I	J	K	L	M	Vol. E	Ango Junta	Peso [kg] Weight Poids
1000/20			30	380											0,04		0,08
1000/10			100	310											0,08		0,20
1000/15	30	32	150	360	19	20	38	40	45	50	45	33	9,5	1/4	0,12	J704	0,40
1000/20			300	430											0,16		0,70
1000/30			300	510											0,24		0,70
1000/1			100	300											0,13		0,30
1000/1 80	30	40	150	350	19	20	38	50	70	50	47	40	15,0	3/8	0,19	J05404	0,60
1000/2			200	400											0,20		0,80
1000/1			100	300											0,13		0,30
1000/1 20			200	400											0,20		0,70
1000/2	30	40	300	500	19	20	38	50	70	50	47	40	15	3/8	0,20	J714	0,70
1000/1			100	300											0,20		0,70
1000/1 30			150	370	23	25	45	60	71	50	74	43	15	3/8	0,29	J05004	0,80
1000/2			200	430											0,30		0,80
1000/2 80			250	470											0,40		0,90
1000/1			100	320											0,20		0,60
1000/1 50			150	370											0,29		0,70
1000/2			200	430											0,30		0,80
1000/2 50			250	470											0,40		0,80
1000/3			300	520											0,50		0,90
1000/3 50			350	570											0,60		1,00
1000/4	30	30	400	620	23	25	45	60	71	50	74	43	15	3/8	0,70	J704	1,90
1000/4 50			450	670											0,80		0,80
1000/5			500	720											0,90		1,10
1000/6			600	820											1,10		10,00
1000/7			700	920											1,30		11,00
1000/800			800	1000											1,50		10,10
1000/1			100	340											0,20		0,70
1000/2			200	440											0,30		0,80
1000/3			300	540											0,40		0,90
1000/4	30	40	400	640	23	25	31	70	83	60	82	45	15	3/8	0,70	J704	10,20
1000/5			500	740											0,80		11,00
1000/6			600	840											0,90		12,00
1000/7			700	940											1,00		14,20
1000/2			200	470											0,30		11,00
1000/3			300	570											0,40		12,00
1000/4			400	670											0,50		14,00
1000/5	40	70	500	770	30	35	41	80	95	70	94	49	15	3/8	0,90	J704	16,70
1000/6			600	870											1,00		18,60
1000/7			700	970											1,10		20,00
1000/800			800	1070											1,20		22,00
1000/1			300	480											0,30		12,00
1000/2			400	580											0,40		14,00
1000/3			500	680											0,50		17,00
1000/4	40	80	600	780	30	35	41	90	95	70	94	54	15	3/8	0,60	J70	19,00
1000/6			600	880											0,60		21,00
1000/7			700	980											0,70		24,10
1000/3			300	420											0,30		26,00
1000/4			400	520											0,40		29,00
1000/5			500	620											0,50		32,40
1000/600	30	100	600	720	35	40	49	110	118	85	104	60	17	1/2	0,70	J704	36,00
1000/7			700	820											0,80		40,00
1000/8			800	920											0,90		47,00
1000/9			900	1020											1,00		50,70
1000/10	70	120	1000	1400	40	50	60	140	157	100	140	80	20	3/4	10,00	J70	97,00



ANEXO 15

GUIA DE ENTREVISTA ESTRUCTURADA

Titulo de Tesis: Diseño de una máquina bobinadora automática multifunción para reducir el tiempo de bobinado en la Corporación Industrial Ronny S.A.C.

Responsable de la entrevista: Huallpayunca Herrera Johssep Andrew

Empresa: Corporacion industrial Ronny S.A.C

Nombre del entrevistado:_____

Cargo:_____

Tema: Bobinado de cables eléctricos de forma manual.

Objetivo: Recolectar información que permita identificar las necesidades y exigencias del proceso de bobinado de cables eléctricos.

PREGUNTAS:

1. ¿Cuántas personas se requiere para realizar el bobinado?

2. ¿Qué herramientas utiliza en el proceso de bobinado?

3. ¿Cuánto tiempo aproximadamente demora el montaje de las bobinas para realizar el proceso de bobinado?

4. ¿Ha sufrido algún accidente durante el proceso de bobinado? Explique su respuesta.

5. ¿Qué tipo de cable bobinan mayormente y cuanto tiempo aproximadamente demoran en bobinar? Brinde unos ejemplos.

6. ¿Cuánto cree que estaría dispuesto a pagar la empresa por una maquina bobinadora de cables?

7. Según su opinión ¿Qué características debería tener la máquina bobinadora ?

Firma

Dni: _____

ANEXO 16

GUIA DE ENTREVISTA ESTRUCTURADA

Título de Tesis: Diseño de una máquina bobinadora automática multifunción para reducir el tiempo de bobinado en la Corporación Industrial Ronny S.A.C.

Responsable de la entrevista: Hualipayunca Herrera Johssep Andrew

Empresa: Corporacion industrial Ronny S.A.C

Nombre del entrevistado: Gilmer Ronal Pardo Sumaran

Cargo: Gerente General

Tema: Bobinado de cables eléctricos de forma manual.

Objetivo: Recolectar información que permita identificar las necesidades y exigencias del proceso de bobinado de cables eléctricos.

PREGUNTAS:

1. ¿Cuántas personas se requiere para realizar el bobinado?
Actualmente es necesario 7 personas
2. ¿Qué herramientas utiliza en el proceso de bobinado?
- Cizalla
- Alicates
- Balanza
3. ¿Cuánto tiempo aproximadamente demora el montaje de las bobinas para realizar el proceso de bobinado?
20-30 minutos
4. ¿Ha sufrido algún accidente durante el proceso de bobinado? Explique su respuesta.
no, siempre se trabaja con cuidado
5. ¿Qué tipo de cable bobinan mayormente y cuanto tiempo aproximadamente demoran en bobinar? Brinde unos ejemplos.
CADZ y ΔΔC
1000 metros CADZ 1x16 unos 40 minutos
6000 metros CADZ 3x35+2x16+STEEL 50 minutos

6. ¿Cuánto cree que estaría dispuesto a pagar la empresa por una máquina bobinadora de cables?

5% 50.000,00 soles

7. Según su opinión ¿Qué características debería tener la máquina bobinadora?

Debe ser fácil de usar

Tiene que ser segura de operar

Tener un panel de control apropiado

Hacer propicio control de diámetros



Firma

Dni: 19691251

GUIA DE ENTREVISTA ESTRUCTURADA

Título de Tesis: Diseño de una máquina bobinadora automática multifunción para reducir el tiempo de bobinado en la Corporación Industrial Ronny S.A.C.

Responsable de la entrevista: Huallpayunca Herrera Johssep Andrew

Empresa: Corporacion industrial Ronny S.A.C

Nombre del entrevistado: Pardo Zumaran Cristian Limper

Cargo: Ejecutivo Ventas

Tema: Bobinado de cables eléctricos de forma manual.

Objetivo: Recolectar información que permita identificar las necesidades y exigencias del proceso de bobinado de cables eléctricos.

PREGUNTAS:

1. ¿Cuántas personas se requiere para realizar el bobinado?
12 personas
2. ¿Qué herramientas utiliza en el proceso de bobinado?
calletes bobinas. Grasa. cizalla
3. ¿Cuánto tiempo aproximadamente demora el montaje de las bobinas para realizar el proceso de bobinado?
1 hora a 2 horas.
4. ¿Ha sufrido algún accidente durante el proceso de bobinado? Explique su respuesta.
Si cuando se resbala el eje de la bobina.
5. ¿Qué tipo de cable bobinan mayormente y cuanto tiempo aproximadamente demoran en bobinar? Brinde unos ejemplos.
Autoportante CAI - CAI-S. ACERO
ARAC.

6. ¿Cuánto cree que estaría dispuesto a pagar la empresa por una máquina bobinadora de cables?

10000.00 soles

7. Según su opinión ¿Qué características debería tener la máquina bobinadora?

Hidraulico automatico y control de manda
a distancia.



Firma

Dni: 76595821

GUIA DE ENTREVISTA ESTRUCTURADA

Titulo de Tesis: Diseño de una máquina bobinadora automática multifunción para reducir el tiempo de bobinado en la Corporación Industrial Ronny S.A.C.

Responsable de la entrevista: Huallpayunca Herrera Johssep Andrew

Empresa: Corporacion industrial Ronny S.A.C

Nombre del entrevistado: Segundo Pedro Zumaran Pardo

Cargo: Jefe de Almacén.

Tema: Bobinado de cables eléctricos de forma manual.

Objetivo: Recolectar información que permita identificar las necesidades y exigencias del proceso de bobinado de cables eléctricos.

PREGUNTAS:

1. ¿Cuántas personas se requiere para realizar el bobinado?

5 personas

2. ¿Qué herramientas utiliza en el proceso de bobinado?

1 Una bobina Lujia, 2 Caballetes para montar las bobinas

3. ¿Cuánto tiempo aproximadamente demora el montaje de las bobinas para realizar el proceso de bobinado?

Dependiendo: 10 minutos. 1/4 de hora

4. ¿Ha sufrido algún accidente durante el proceso de bobinado? Explique su respuesta.

Por ahora no todavía ningun accidente
Siempre tomamos las medidas de Seguridad

5. ¿Qué tipo de cable bobinan mayormente y cuanto tiempo aproximadamente demoran en bobinar? Brinde unos ejemplos.

CAAL = 3 x 35 x 25

600 mts en 1/4 hora 30 minutos

CAE = 1 x 16

1.000 mts 20 minutos

6. ¿Cuánto cree que estaría dispuesto a pagar la empresa por una maquina bobinadora de cables?

Un promedio de S/ 8.000 Soles

7. Según su opinión ¿Qué características debería tener la máquina bobinadora ?

Podría ser con sus motoreductores



Firma

Dni: 42652171

GUIA DE ENTREVISTA ESTRUCTURADA

Titulo de Tesis: Diseño de una máquina bobinadora automática multifunción para reducir el tiempo de bobinado en la Corporación Industrial Ronny S.A.C.

Responsable de la entrevista: Huallpayunca Herrera Johssep Andrew

Empresa: Corporacion industrial Ronny S A C

Nombre del entrevistado: Javier Feliciano Salinas Islato

Cargo: Operador Grúa

Tema: Bobinado de cables eléctricos de forma manual

Objetivo: Recolectar información que permita identificar las necesidades y exigencias del proceso de bobinado de cables eléctricos.

PREGUNTAS:

1. ¿Cuántas personas se requiere para realizar el bobinado?
5 personas Manual.
2. ¿Qué herramientas utiliza en el proceso de bobinado?
Gautes, Caballote, Tuba, Caballote, suspensor, Manivela,
cintas aislantes, tijeras.
3. ¿Cuánto tiempo aproximadamente demora el montaje de las bobinas para realizar el proceso de bobinado?
10 minutos en caballote suspensor.
4. ¿Ha sufrido algún accidente durante el proceso de bobinado? Explique su respuesta.
no todo se hace con seguridad.
5. ¿Qué tipo de cable bobinan mayormente y cuanto tiempo aproximadamente demoran en bobinar? Brinde unos ejemplos.
El tipo de cable Electricos de Baja Tension.
el tiempo dependiendo la cantidad del comprador.
a del cliente que pide.
Si el comprador pide 200.00 mts, se rebobina en 40.mts
es decir, cable de 3x16.mil. Trenzado.

6. ¿Cuánto cree que estaría dispuesto a pagar la empresa por una máquina bobinadora de cables?

un promedio de 8.000 soles.

7. Según su opinión ¿Qué características debería tener la máquina bobinadora ?

Podría ser con sus motorreductores para montaje y desmontaje. solo con sus bobinas.



Firma

Dni: 32916865.

GUIA DE ENTREVISTA ESTRUCTURADA

Titulo de Tesis: Diseño de una máquina bobinadora automática multifunción para reducir el tiempo de bobinado en la Corporación Industrial Ronny S.A.C.

Responsable de la entrevista: Huallpayunca Herrera Johssep Andrew

Empresa: Corporacion industrial Ronny S.A.C

Nombre del entrevistado: Enrique Sebastian Torres Dionicio

Cargo: Almacen

Tema: Bobinado de cables eléctricos de forma manual.

Objetivo: Recolectar información que permita identificar las necesidades y exigencias del proceso de bobinado de cables eléctricos.

PREGUNTAS:

1. ¿Cuántas personas se requiere para realizar el bobinado?

Cinco Personas

2. ¿Qué herramientas utiliza en el proceso de bobinado?

Cablete, Cusaya

3. ¿Cuánto tiempo aproximadamente demora el montaje de las bobinas para realizar el proceso de bobinado?

Diez Minutos

4. ¿Ha sufrido algún accidente durante el proceso de bobinado? Explique su respuesta.

Ninguno

5. ¿Qué tipo de cable bobinan mayormente y cuanto tiempo aproximadamente demoran en bobinar? Brinde unos ejemplos.


Autoportante 2x16 20 minutos

6. ¿Cuánto cree que estaría dispuesto a pagar la empresa por una máquina bobinadora de cables?

30000 Soles

7. Según su opinión ¿Qué características debería tener la máquina bobinadora?

Motor, Sistema de corte.



Firma

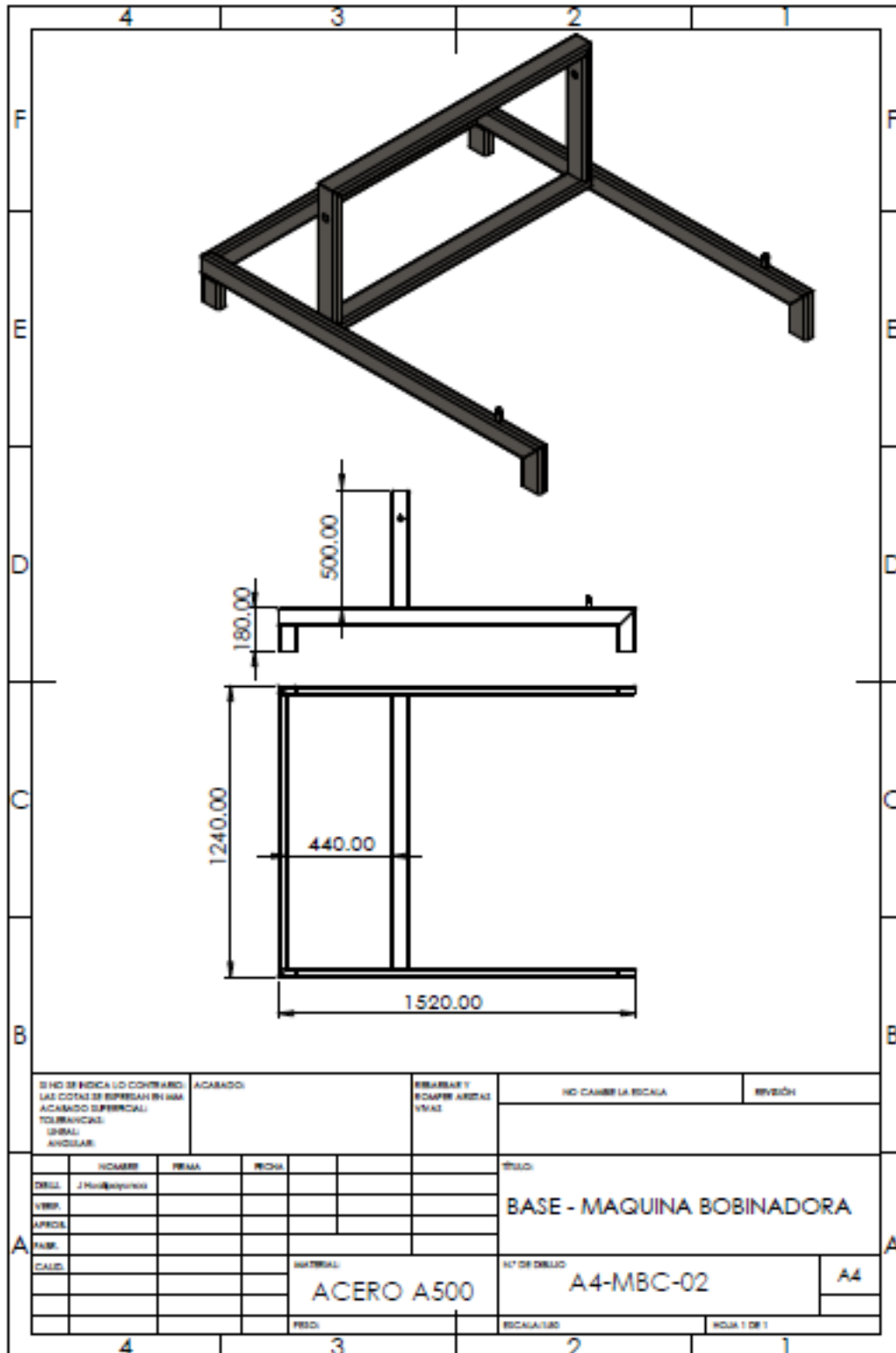
Dni: 70388508

ANEXO 17

		2	1
		N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA
		1	Base - maquina bobinadora
		2	Brazos- maquina bobinadora
		3	Eje soporte
		4	Cilindro Hidraulico
		5	Acople brazo torsion
		6	Motor 4HP
		7	Soporte SKF P2B 204 TF
		8	Carrete de madera

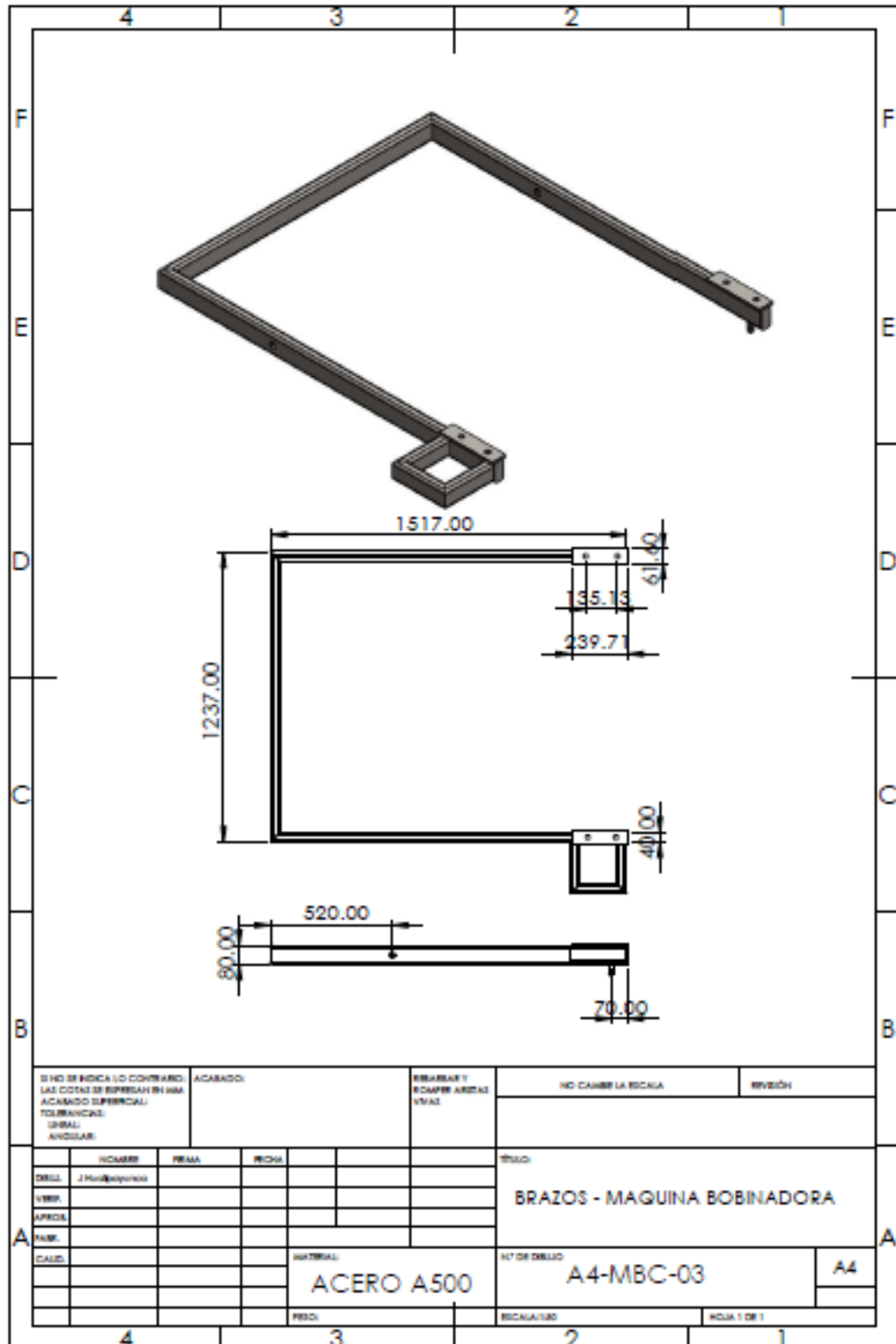
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TORNEADO: UR MACHO: AN AVANZADO:	ACABADO:	REBARBAR Y REAJUSTE ANTES DE USAR	NO CAMBIA LA ESCALA
		REVISION	
INGENIERO: _____ DISEÑO: J. Hernandez VERIFICADO: _____ APROBADO: _____ FASE: _____ CALIDAD: _____			TITULO: <h2 style="text-align: center;">MAQUINA BOBINADORA</h2>
		MATERIAL:	N.º DE DISEÑO: <h3 style="text-align: center;">A4-MBC-01</h3>
		FECHA:	ESCALA: 1:1 HOJA 1 DE 1

ANEXO 18

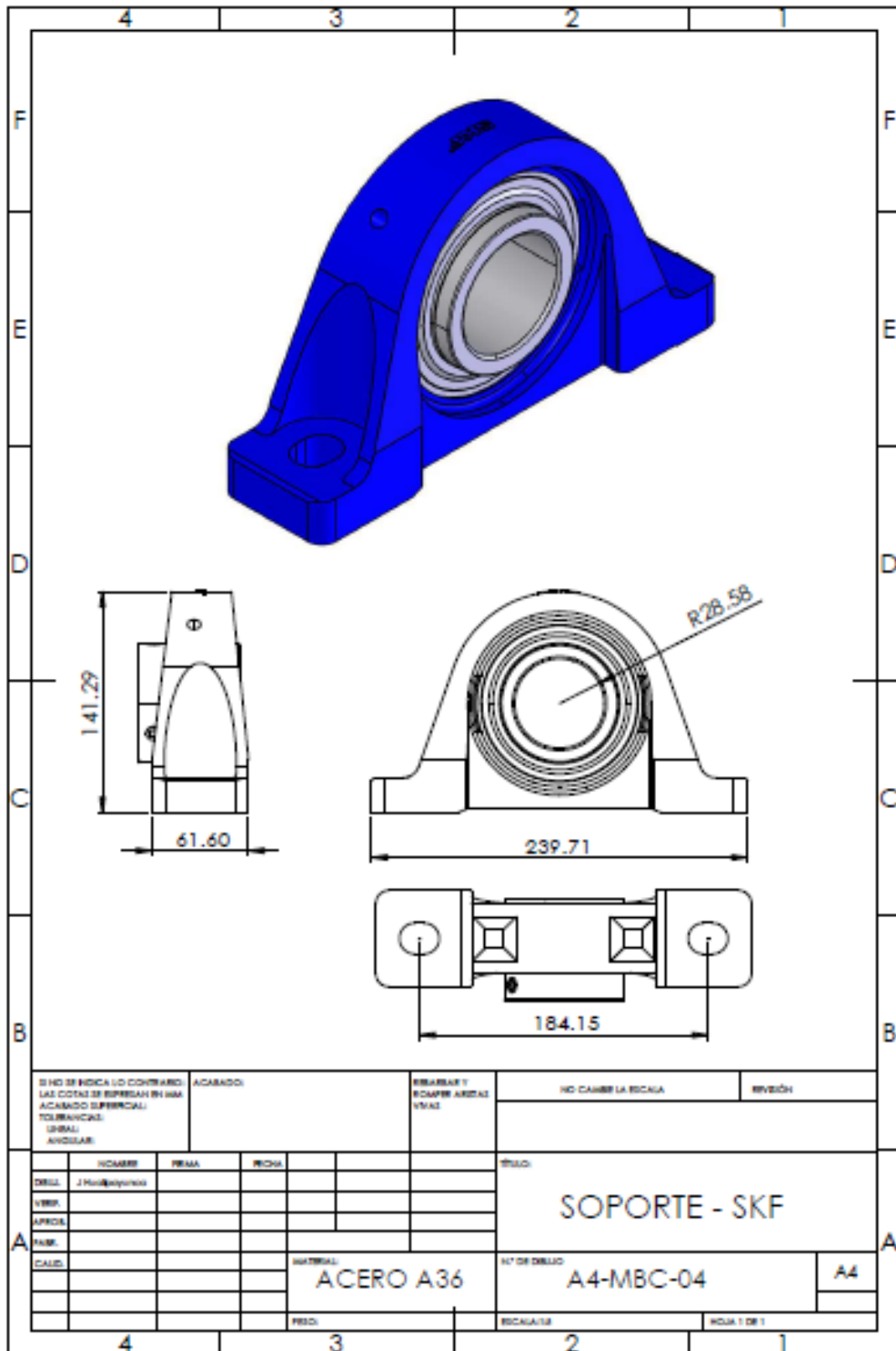


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADOS:		REBARBOS Y ESCAMPE ARISTAS 45º/45º		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
ACABADO SUPERFICIAL:		TOLERANCIAS:		LINEAS:		ANGULARES:			
DESL.	INCLAS.	REMA	RECHG			TÍTULO:			
VERIF.						BASE - MAQUINA BOBINADORA			
APROB.						MATERIAL:			
INSTR.						ACERO A500		Nº DE DISEÑO:	
CAUD.								A4-MBC-02	
						PESO:		ESCALA: 1:50	
								HOJA 1 DE 1	

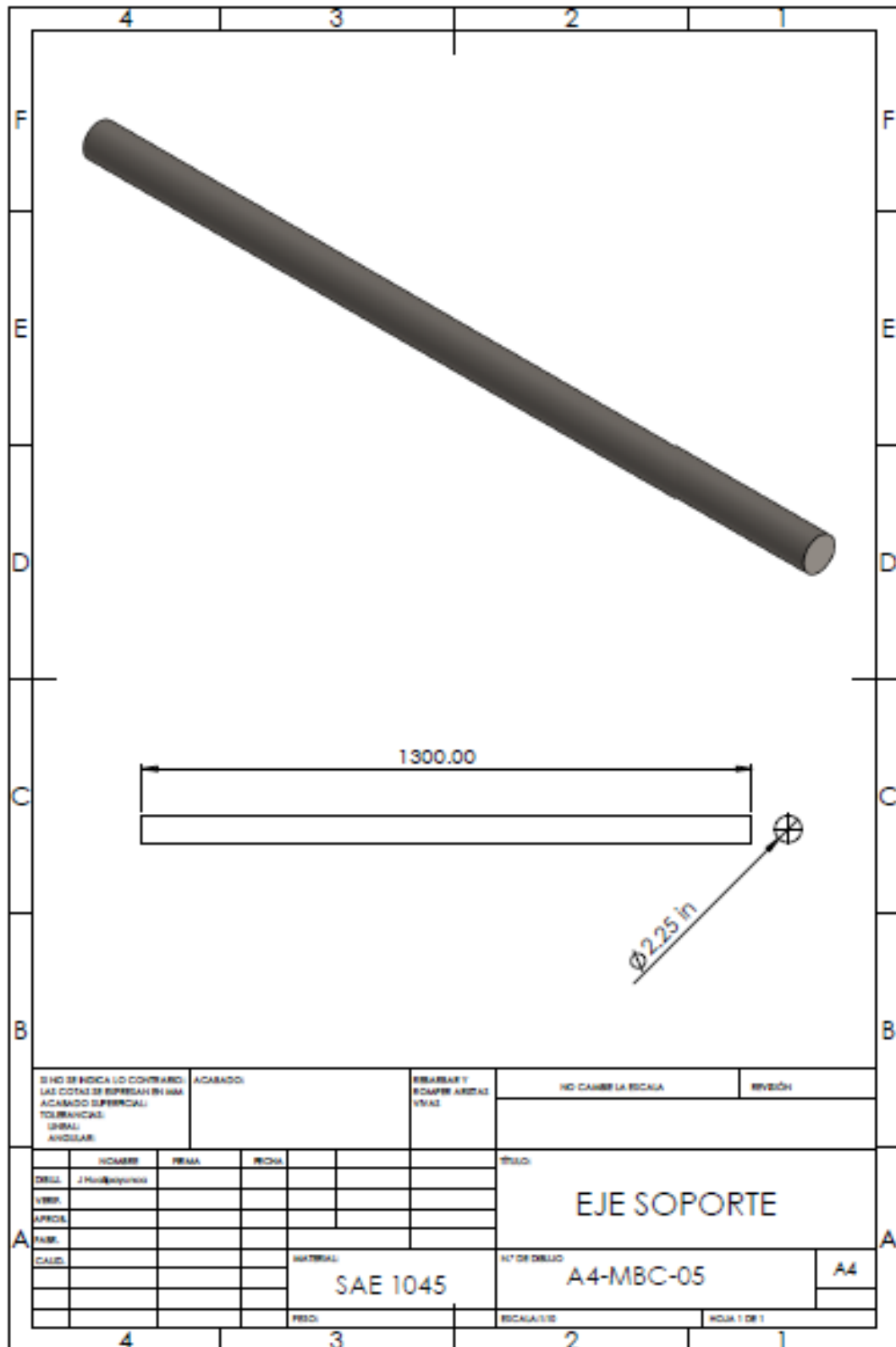
ANEXO 19



ANEXO 20



ANEXO 21



ANEXO 21

