UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

# FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**TESIS**

# DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA, MEDIDORA Y CORTADORA DE TELAS ARPILLERAS DE POLIPROPILENO CON UNA VELOCIDAD DE 50m/min PARA LA EMPRESA PROCOM S.A.C. – CHICLAYO

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**


**Autor(es):**

**Bach. Lobato Martinez Handerson**
**Bach. Medina Guevara Edgard**

**Asesor:**
**Dr. Olortegui Yume Jorge A. Ph. D.**


**Línea de Investigación:**
**Ingeniería de Procesos Productivos**

**Pimentel – Perú**
**2019**

# DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA, MEDIDORA Y CORTADORA DE TELAS ARPILLERAS DE POLIPROPILENO CON UNA VELOCIDAD DE 50m/min PARA LA EMPRESA PROCOM S.A.C. – CHICLAYO

MSc. Rojas Coronel, Angel Marcelo
**PRESIDENTE**

Mg. Alvarado Silva, Carlos Alexis
**SECRETARIO**

Mg. Vives Garnique, Juan Carlos
**VOCAL**

## DEDICATORIA

*A Dios por haberme permitido llegar a estos tiempos significativos de mi formación profesional. A mi madre por ser el pilar más importante y por demostrarme en cada momento su cariño, amor y apoyo incondicional sin importar los obstáculos presentados en el camino de la vida, A mi abuelita que siempre nos inculco los buenos modales, responsabilidad y honradez.*

***Handerson Lobato Martínez***

*A Dios, por permitir llegar a este momento especial de vida. Por los triunfos y los momentos que la vida me enseñó a valorar cada día más, por guiarme por el buen camino y por todas las metas logradas. A mis padres que ellos son el pilar fundamental para seguir superando por su gratitud y su apoyo incondicional. A mis hermanos por los buenos alientos y su apoyo. A mis abuelos por su cariño y su apoyo mutuo en cada momento.*

***Edgard Medina Guevara***

## AGRADECIMIENTO

Especialmente, agradecemos a Dios, por la vida, la salud y por permitir llegar hasta este momento de nuestra vida y de nuestra formación profesional.

Estamos completamente agradecidos de nuestro asesor Dr. Jorge A. Olortegui Yume, Ph.D. por la dedicación y exigencia que siempre mantuvo en el desarrollo de este trabajo, por la dirección y rigor que ha facilitado a las mismas.

Gracias a nuestras familias por el gran apoyo, por la confianza y por la oportunidad de habernos guiado por el camino de la vida e incentivarnos a hacer unos profesionales.

# RESUMEN

En este trabajo se diseñó una máquina desbobinadora, medidora y cortadora de telas arpilleras de polipropileno con una velocidad de 50m/min para la empresa Procom S.A.C. – Chiclayo.

Las necesidades de la empresa se evaluaron mediante un recorrido presencial de las principales áreas, se hizo las investigaciones de normas o estándares de diseño, determinándose la inexistencia de estas, por el cual se siguió las recomendaciones de diseño de investigaciones previas. Posteriormente, se generaron posibles alternativas con características mecánicas y estructurales que podrían servir como oportuna solución. Siendo estos evaluados mediante una matriz de selección de criterios ponderados, eligiendo una alternativa. Se aplicó el diseño de configuración para determinar las dimensiones generales del equipo en función a su estructuración más óptima. Posteriormente se analizaron las cargas que afectan a la estructura especialmente en el eje de soporte de la bobina, brazos basculantes y la estructura de la máquina, esto se desarrolló con la ayuda del software de diseño, permitiendo un correcto modelamiento y simulación en base a análisis por elementos finitos, aplicando teorías de fatiga, esfuerzo por Von Mises, factor de seguridad y deformación.

Se obtuvo un diámetro de 97mm y un factor de seguridad mínimo de 6.6 para el eje de soporte de la bobina, en función al gramaje de 140 gm/m$^2$, con una velocidad de desbobinado de 50 m/min. El costo de inversión de la máquina es de S/ 28,875.72, obteniendo un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 8,878.37 y un Tasa Interna de Retorno (TIR) del 18%. Con el diseño de la máquina se logrará reducir en un 31.69% el tiempo de desbobinado en comparación a la máquina actual de la empresa, teniendo como resultado que la máquina tendrá la capacidad de desbobinar y a la vez bobinar 18 bobinas de tela en 7.5 horas de trabajo.


**Palabras claves:** Máquina desbobinadora, bobinadora, telas arpilleras, enrolladora.

## ABSTRACT

In this work we designed a machine for unrolling, measuring and cutting polypropylene burlap fabrics with a speed of 50m / min for the company Procom S.A.C. - Chiclayo.

The needs of the company were evaluated by means of a face-to-face tour of the main areas, the investigations of norms or design standards were made, determining the nonexistence of these, by which the design recommendations of previous investigations were followed. Subsequently, possible alternatives were generated with mechanical and structural characteristics that could serve as a timely solution. Being these evaluated through a matrix of selection of weighted criteria, choosing an alternative. The configuration design was applied to determine the overall dimensions of the equipment according to its most optimal structure. Subsequently, the loads that affect the structure were analyzed, especially in the support axis of the coil, tilting arms and the structure of the machine, this was developed with the help of the design software, allowing a correct modeling and simulation based on analysis by finite elements, applying theories of fatigue, effort by Von Mises, safety factor and deformation.

A diameter of 97mm and a minimum safety factor of 6.6 was obtained for the support axis of the coil, based on the weight of 140 gm / m2, with an unwind speed of 50 m / min. The investment cost of the machine is S / 28,875.72, obtaining a Net Present Value (NPV) of S / 8,878.37 and an Internal Rate of Return (IRR) of 18%. With the design of the machine it will be possible to reduce by 31.69% the unwinding time compared to the current machine of the company, resulting in the machine will have the ability to unwind and simultaneously wind 18 coils of fabric in 7.5 hours of work.


Key words: Unwinder machine, winder, burlap fabrics, winding machine.

**ÍNDICE**

DEDICATORIA ..... III
AGRADECIMIENTO ..... IV
RESUMEN..... V
ABSTRACT..... VI
ÍNDICE DE FIGURAS..... X
ÍNDICE DE TABLAS ..... XIV
I. INTRODUCCIÓN ..... 16
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA ..... 16
1.2. ANTECEDENTES DE ESTUDIO ..... 22
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA ..... 24
1.3.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA MATERIA PRIMA DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA. ..... 24
1.3.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA..... 27
1.3.3. PARTES DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA. ..... 31
1.3.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA. 33
1.3.5. DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA. ..... 35
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 52
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE ESTUDIO ..... 52
1.6. HIPÓTESIS ..... 52
1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 53
II. MARCO METODOLÓGICO ..... 55
2.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 55
2.2. POBLACIÓN Y NUESTRA ..... 55
2.3. VARIABLE, OPERACIONALIZACIÓN ..... 55
2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDES Y CONFIABILIDAD ..... 57
2.5.1. ABORDAJE METODOLÓGICO. ..... 57
2.4.2. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS. ..... 58
2.4.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ..... 59
2.4.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ..... 62

2.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS ..... 62
2.6. CRITERIOS ÉTICOS ..... 63
2.7. PRINCIPIOS DE RIGOR CIENTÍFICO ..... 64
III. RESULTADOS ..... 67
3.1. NECESIDADES DE LA EMPRESA ..... 67
3.2. SELECCIÓN DE LA MEJOR CONFIGURACIÓN DE DISEÑO SEGÚN CONCEPTOS ALTERNATIVOS, UTILIZANDO CRITERIOS PONDERADOS ..... 73
3.2.1. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN. ..... 73
3.2.2. DETERMINACIÓN DE CRITERIOS PONDERADOS Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN. ..... 81
3.2.3. DISEÑO DE CONFIGURACIÓN. ..... 84
*3.2.3.1. CONFIGURACIÓN N° 01.* ..... 84
*3.2.3.2. CONFIGURACIÓN N° 02.* ..... 85
*3.2.3.3. CONFIGURACIÓN N° 03.* ..... 86
3.2.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA. ..... 88
3.3. DISEÑO PARAMÉTRICO DE ACUERDO A LAS CARGAS APLICAS Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS PARTES MÁS CRÍTICAS DE LA MÁQUINA ..... 90
3.3.1. ALTERNATIVA DE DISEÑO SELECCIONADA. ..... 90
3.3.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR. ..... 91
3.3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL EJE DE SOPORTE DE LA BOBINA MADRE. ..... 100
3.3.4. ANÁLISIS DEL EJE DE SOPORTE DE BOBINA MADRE CON SOFTWARE FEA. ..... 116
3.3.5. CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DE RODAMIENTOS. ..... 118
3.3.6. SELECCIÓN DE CHUMACERAS. ..... 125
3.3.7. CÁLCULO DEL SISTEMA DE ARRASTRE. ..... 126
3.3.8. CÁLCULO DE LAS FUERZAS DEL BRAZO BASCULANTE. ..... 138
3.3.9. SELECCIÓN DE PISTONES NEUMÁTICOS PARA EL SISTEMA DE DESBOBINADO. ..... 145
3.3.10. SISTEMA DE CORTE TÉRMICO. ..... 150
3.3.11. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN. ..... 158
3.3.12. ESTUDIO DE SOLDADURA PARA LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA DESBOBINADORA. ..... 159

3.3.13. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA BASE MEDIANTE EL SOFTWARE DE DISEÑO (FEA). ..... 165
3.3.14. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO. ..... 168
3.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MÁQUINA DESBOBINADORA ..... 172
3.4.1. COSTOS DE FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA DE TELAS ARPILLERAS DE POLIPROPILENO. ..... 172
3.4.2. COSTO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DESBOBINADORA. ..... 174
3.4.3. ANÁLISIS DE INGRESOS. ..... 175
3.4.4. VALOR NETO ACTUAL (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR). ..... 177
3.4.5. DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI) – DESCONTADO. ..... 181
3.5. DISCUSIONES DE RESULTADOS ..... 182
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 185
4.1. CONCLUSIONES ..... 185
4.2. RECOMENDACIONES ..... 186
REFERENCIAS ..... 189
ANEXOS……. ..... 192

# ÍNDICE DE FIGURAS

**FIGURA 1:** MÁQUINA ENROLLADORA DE TELAS ARPILLERAS - PROCOM S.A.C. ..... 21
**FIGURA 2:** PROPIEDADES DEL POLIPROPILENO. ..... 25
**FIGURA 3:** GRÁNULOS Y TELAS FABRICADOS DE POLIPROPILENO. ..... 26
**FIGURA 4:** PRODUCTOS FABRICADOS DE POLIPROPILENO. ..... 26
**FIGURA 5:** MÁQUINA DESBOBINADORA. ..... 27
**FIGURA 6:** DESBOBINADORA DE POSICIÓN VERTICAL. ..... 28
**FIGURA 7:** DESBOBINADORA TANGENCIAL CODE M26801. ..... 29
**FIGURA 8:** DESBOBINADORA DE TIPO AXIAL – TANGENCIAL, CON SOPORTE DE PLANO INCLINADO. ..... 29
**FIGURA 9:** MÁQUINA DESBOBINADORA FIJA. ..... 30
**FIGURA 10:** DESBOBINADORA MÓVIL. ..... 31
**FIGURA 11:** PARTES DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA. ..... 31
**FIGURA 12:** PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA DESBOBIANDORA. ..... 34
**FIGURA 13:** CALCULO DE HP REQUERIDO PARA MANTENER LA RED TENSA EN LOS ..... 37
**FIGURA 14:** EFECTOS EN BANDA DE MEDICIÓN. ..... 38
**FIGURA 15:** DIAGRAMA DE FUERZAS PARA EL RODILLO DE SUPERPUESTO, FUERZAS ACTUANTES. ..... 40
**FIGURA 16:** DIAGRAMA DE FUERZAS PARA EL RODILLO SUPERPUESTO. ..... 41
**FIGURA 17:** DIAGRAMA DE DEFLEXIÓN DEL RODILLO DE COLOCACIÓN PARA LOS DATOS ..... 42
**FIGURA 18:** CARGAS RECIBIDAS PARA EL RODILLO DE LAY-ON SUPERPUESTOS. ..... 42
**FIGURA 19:** EJE PRINCIPAL DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA. ..... 48
**FIGURA 20:** FUERZAS QUE ACTÚAN EN UNA BOBINA DE TELA. ..... 49
**FIGURA 21:** FUERZAS ACTUANTES EN EL PLANO Y - X. ..... 49
**FIGURA 22:** FUERZAS ACTUANTES EN EL PLANO Z-X. ..... 50
**FIGURA 23:** PROTOTIPO - CONCEPTO 01. ..... 75
**FIGURA 24:** PROTOTIPO - CONCEPTO 02. ..... 76
**FIGURA 25:** PROTOTIPO - CONCEPTO 03. ..... 78
**FIGURA 26:** PROTOTIPO - CONCEPTO 04. ..... 79
**FIGURA 27:** PROTOTIPO - CONCEPTO 05. ..... 80
**FIGURA 28:** CONFIGURACIÓN N° 01. ..... 85
**FIGURA 29:** CONFIGURACIÓN N° 02. ..... 86

**FIGURA 30:** CONFIGURACIÓN N° 03. 87
**FIGURA 31:** CONFIGURACIÓN OPTIMA DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA. 89
**FIGURA 32:** ALTERNATIVA DE DISEÑO SELECCIONADA. 90
**FIGURA 33:** ROLLO DE TELA ARPILLERA. 91
**FIGURA 34:** TRAYECTORIA DEL PROCESO DE DESBOBINADO. 92
**FIGURA 35:** MOTOR REDUCTOR SEW - EURODRIVE. 100
**FIGURA 36:** CARGAS ACTUANTES EN EL EJE DE SOPORTE. 100
**FIGURA 37:** DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL EJE DE SOPORTE DE LA BOBINA MADRE. 101
**FIGURA 38:** DIMENSIONES - MANTA DE TELA ARPILLA. 101
**FIGURA 39:** DIMENSIONES - TUBO PORTADOR DE TELA ARPILLERA. 102
**FIGURA 40:** DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR. 104
**FIGURA 41:** DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL EJE - PLANO Z -X. 105
**FIGURA 42:** DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR EN EL PLANO Z - X. 108
**FIGURA 43:** DIAGRAMA DE TORSIÓN EJE DE SOPORTE DE BOBINA MADRE. 109
**FIGURA 44:** PARÁMETROS EN LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE MARÍN. 112
**FIGURA 45:** RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSIONES EN EL EJE DE SOPORTE. 116
**FIGURA 46:** RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTÁTICO - DESPLAZAMIENTO EN EL EJE DE SOPORTE: 117
**FIGURA 47:** RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTÁTICO - FACTOR DE SEGURIDAD DEL EJE DE SOPORTE: 117
**FIGURA 48:** RODAMIENTO DE UNA HILERA DE RODILLOS CILÍNDRICOS. 119
**FIGURA 49:** DCL - EJE DE RODAMIENTO DE SOPORTE DEL EJE PRINCIPAL. 120
**FIGURA 50:** DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PARA EL EJE DE 121
**FIGURA 51:** RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSIÓN EN EL EJE DE 122
**FIGURA 52:** RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTÁTICO POR DESPLAZAMIENTO EN EL EJE DE RODAMIENTO GUÍA. 122
FIGURA 53: RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTÁTICO - FACTOR DE SEGURIDAD PARA EL EJE DE RODAMIENTO GUÍA. 123
**FIGURA 54:** CATÁLOGO DE RODAMIENTOS Y Y UNIDADES DE RODAMIENTOS YSKF ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES. 126
**FIGURA 55:** SISTEMA DE ARRASTRE. 126
**FIGURA 56:** COEFICIENTE $K1$, EN FUNCIÓN AL NÚMERO DE DIENTES. 128

**FIGURA 57:** COEFICIENTE $K2$ , EN FUNCIÓN AL NÚMERO DE CADENAS A UTILIZAR. ..... 128
**FIGURA 58:** COEFICIENTE $K3$ , EN FUNCIÓN NÚMERO DE ESLABONES DE LA CADENA. ..... 129
**FIGURA 59:** COEFICIENTE $K5$ , EN FUNCIÓN A LA VIDA ÚTIL DE LA CADENA. ..... 130
**FIGURA 60:** GRAFICA PARA LA SELECCIÓN DE CADENA - NORMA ISO 606 (SERIE AMERICANA). ..... 131
**FIGURA 61:** GRAFICA DE PRESIÓN SOBRE LA ARTICULACIÓN. ..... 137
**FIGURA 62:** FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL BRAZO BASCULANTE. ..... 138
**FIGURA 63:** FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL PLANO Y - X BRAZO BASCULANTE. ..... 138
**FIGURA 64**: DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR - BRAZO BASCULANTE. ..... 139
**FIGURA 65:** DIMENSIONES DE BRAZO BASCULANTE. ..... 141
**FIGURA 66:** TEORÍA DE ENERGÍA DE DISTORSIÓN (ED) DE ESTADOS DE ESFUERZO PLANO. ..... 142
**FIGURA 67:** RESULTADO DE ANÁLISIS ESTÁTICO DE TENSIONES EN LOS BRAZOS BASCULANTES. ..... 144
**FIGURA 68:** RESULTADO DE ANÁLISIS ESTÁTICO DE DEFORMACIÓN DE BRAZOS BASCULANTES. ..... 144
**FIGURA 69:** RESULTADO DE ANÁLISIS DEL FACTOR DE SEGURIDAD DE BRAZO BASCULANTE. ..... 145
**FIGURA 70:** ZONA DE DESBOBINADO, POSICIÓN DE TRABAJO DE LA BOBINA MADRE. ..... 146
**FIGURA 71:** PISTÓN NEUMÁTICO. ..... 149
**FIGURA 72:** ESQUEMA ELÉCTRICO MULTIFILAR Y CONTROL DE MANDO - PISTONES NEUMÁTICOS PARA EL SISTEMA DE BRAZOS BASCULANTES. ..... 149
**FIGURA 73:** SISTEMA DE CORTE TÉRMICO. ..... 151
**FIGURA 74:** CALENTADOR DE CUCHILLA DE CORTE. ..... 153
**FIGURA 75:** ESQUEMA ELÉCTRICA MULTIFILAR Y CONTROL DE MANDO - RESISTENCIA ELÉCTRICA – SISTEMA DE CORTE. ..... 153
**FIGURA 76:** ESQUEMA DE UN RESORTE HELICOIDAL ..... 154
**FIGURA 77:** RESORTE TROQUEL HEFTY$^{MR}$ - SERIE 23. ..... 155
**FIGURA 78:** CILINDRO NEUMÁTICO SERIE P1D. ..... 157
**FIGURA 79:** ESQUEMA ELÉCTRICO MULTIFILAR - POSICIÓN INICIAL - PISTONES DE ACCIONAMIENTO PARA EL SISTEMA DE CORTE. ..... 157
**FIGURA 80:** ESQUEMA ELÉCTRICO MULTIFILAR - POSICIÓN FINAL - PISTONES DE ACCIONAMIENTO PARA EL SISTEMA DE CORTE. ..... 158
**FIGURA 81:** CONTADOR MÉTRICO SERIE ENC. ..... 159

**FIGURA 82:** CONFIGURACIÓN DE SOLDADURA MEDIANTE SOFTWARE SOLIDWORKS. ..... 160
**FIGURA 83:** DIÁMETRO DEL ELECTRODO EN FUNCIÓN AL MATERIAL A SOLDAR. ..... 160
**FIGURA 84:** PROPIEDADES MÍNIMAS DEL METAL DE APORTE. ..... 161
**FIGURA 85:** SOLDADURA DE FILETE. ..... 162
**FIGURA 86:** RESULTADO - ANÁLISIS ESTÁTICO - TENSIÓN AXIAL Y FLEXIÓN DE LA ESTRUCTURA. ..... 166
**FIGURA 87:** RESULTADO - ANÁLISIS ESTÁTICO - DESPLAZAMIENTO EN LA ESTRUCTURA. ..... 167
**FIGURA 88:** RESULTADO - ANÁLISIS ESTÁTICO - FACTOR DE SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA. ..... 168
**FIGURA 89:** DIAGRAMA UNIFILAR - MÁQUINA DESBOBINADORA. ..... 169
**FIGURA 90:** COMPONENTES ELÉCTRICOS - MÁQUINA DESBOBINADORA. ..... 170
**FIGURA 91:** ESQUEMA ELÉCTRICO MULTIFILAR. ..... 171
**FIGURA 92:** ESQUEMA ELÉCTRICO EN FUNCIONAMIENTO. ..... 172
**FIGURA 93:** DIAGRAMA DE PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN EN EL TIEMPO. ... 182

# ÍNDICE DE TABLAS

**TABLA 1:** Problemática de empresas a nivel local…..……..…… 17
**TABLA 2:** Tabla de comparación - máquina desbobinadora actual y a diseñar….……..……21
**TABLA 3:** Variable de Operacionalización ……...…… 56
**TABLA 4:** Resumen del resultado de las entrevistas……...……69
**TABLA 5:** Resumen – características de una máquina desbobinadora……...… 73
**TABLA 6:** Ponderado de los criterios…….....83
**TABLA 7:** Grado de satisfacción ……83
**TABLA 8:** Selección de alternativas optima mediante matriz de valores ponderados……83
**TABLA 9:** Selección de configuración optima mediante matriz de valores ponderados……87
**TABLA 10:** Dimensiones de los rodillos …….……...92
**TABLA 11:** Inercia de los rodillos del sistema ……..……..……..……...96
**TABLA 12:** Resumen cálculo de torque y potencia ……..……...……..99
**TABLA 13:** Valores orientativos de la vida útil de un rodamiento ……122
**TABLA 14:** Cálculo de capacidad dinámica …….119
**TABLA 15:** Coeficiente $K_4$, Factor de servicio……. 123
**TABLA 16:** Características principales del sistema de arrastre……..……..128
**TABLA 17:** Propiedades de la soldadura utilizada ISO en lomo……...……153
**TABLA 18:** Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete ……157
**TABLA 19:** Peso de las partes móviles de la máquina…….……159
**TABLA 20:** Costos generales de la máquina Desbobinadora……168
**TABLA 21:** Flujo de inversión – Valor Neto Actual y Tasa Interna de retorno……...173
**TABLA 22:** Flujo de inversión –Valor Neto Actual…….……174
**TABLA 23:** Flujo de inversión – Tasa Interna de Retorno……...174
**TABLA 24:** Periodo de recuperación de inversión – descontado…….…175
**TABLA 25:** Recomendaciones de diseño para una máquina desbobinadora…….....199
**TABLA 26:** Especificaciones ingenieriles……...…….200

# CAPÍTULO I

# INTRODUCCIÓN

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad Problemática

En la actualidad las empresas industriales del sector plástico han llegado a estabilizarse de la mejor manera en el mercado nacional e internacional, ofreciendo sus productos de calidad y precios competitivos. El redito de sus ventas es importante debido a su creciente uso de tecnología y búsqueda de nuevos mercados (Albaida Maquinas, 2013). Hoy en día en el ámbito mundial, Japón, India, China, EE.UU., entre otros, es notable hablar de la fabricación de máquinas enrolladoras en pequeña, mediana y gran escala. Como ejemplo tenemos a la empresa norteamericana ALBAIDA MAQUINAS la cual fue creada en 1991 para abastecer el mercado de maquinaria para la industria textil. Esta empresa brinda al mercado maquinas enrolladoras para telas de 1-2 rollos para metraje. Estos equipos con un contador electrónico con preselección de medidas, variador de velocidad, de 0 a 20mts/min. Su fabricación posee la más alta tecnología y estándares de calidad cubriendo así las necesidades de empresas industriales dedicadas al sector plástico y textil en diferentes partes del mundo. (Albaidamaquinas, 2013).

Hoy en día; este tipo de máquinas desbobinadoras de telas en general, son muy utilizadas en los procesos de desbobinado y bobinado de telas, sacos, manta, textiles y plásticos en general, siendo estas telas fabricadas de polipropileno. Abarcando un mercado a nivel nacional: Chiclayo, Lima, Trujillo, Arequipa, siendo distribuidos a las diferentes provincias del país. Teniendo como finalidad llegar a cubrir la mayor área de mercado a nivel nacional e internacional.

A nivel nacional; la empresa NOR S.A.C. PERÚ, cuenta con maquinaria, equipos y tecnología de punta (telares SULZER) única en el Perú que permiten fabricar telas planas, telas arpilleras de polipropileno de la más alta calidad que garantiza su productividad. Asimismo, muchas empresas dedicadas a este rubro tienen como objetivo

principal implementar tecnología de punta con la finalidad de mejorar su productividad, satisfaciendo las necesidades y expectativas del mercado, entre estas fábricas tenemos; MAXISACOS S.A.C, ARDELCA S.A.C. (Norsac, 2016).

La ciudad de Chiclayo cuenta con cuatro empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de sacos y telas arpilleras de polipropileno. Entre estas empresas tenemos a PROCOM S.A.C., ATLANTICA S.R.L, EL ÁGUILA S.R.L – CHICLAYO, SACOS S.R.L. tratando de cubrir la demanda del mercado a nivel regional y/o nacional (Chiclayo.infoisinfo, 2016). De las empresas en mención se conoce que no cuentan con tecnología moderna en el área de desbobinado para sus procesos. Para tener claro la problemática del proceso de desbobinado se realizó una investigación local de sus líneas de producción en el área de desbobinado de las empresas en mención, del cual se obtuvo como resultados que la empresa Procom S.A.C cuenta un área de desbobinado. (Ver Tabla 1), (Chiclayo.infoisinfo, 2016).

**Tabla 1**
*Problemática de empresas a nivel local*

| Empresas | Fabricación de telas arpilleras | Proceso de desbobinado | Problemas durante el proceso |
|---|---|---|---|
| PROCOM S.A.C. | Si | Si | Capacidad de producción deficiente<br>Corte desalineado de la tela<br>Dificultad al ubicar bobina madre |
| ATLANTICA S.R.L. | Si | No | |
| EL ÁGUILA S.R.L. | No | No | |
| SACOS S.R.L. | No | No | |

***Fuente:*** *Propio, 2018.*

La empresa PROCOM S.A.C fundada en junio de 1999 es una empresa industrial del sector plástico de las primeras de la región Lambayeque dedicada a la producción y comercialización de sacos, telas de polipropileno y telas arpilleras. El mercado abastecido por PROCOM S.A.C es para la agroindustria en general. Entre sus productos destacan separaciones en construcción, mantas para el secado de granos y recubrimientos diversos. Desarrollando productos con los mejores estándares de calidad. Actualmente la empresa cuenta con maquinaria de última generación en sus siete áreas de su línea de producción; extrusión, telares, laminación, impresión, conversión, multi-filamento y desbobinado. Cabe resaltar que el área de desbobinado tiene una máquina totalmente mecánica para sus procesos de desbobinado, sin embargo, debido a la cantidad de demanda de pedidos (clientes), surge el requerimiento de procesar mayor cantidad de bobinas madres de las diferentes dimensiones (6, 4, 2 metros de ancho por 1000 metros de longitud), donde la máquina desbobinadora actual de la empresa no tiene la capacidad para cumplir con dicha demanda. Debido que la máquina fue fabricada dentro de la empresa de manera empírica y sin cálculo alguno con personal técnico propio. Actualmente la máquina utiliza un tiempo de 28.6 minutos para desenrollar una bobina madre de 1000 metros, sumado a esto existe una pérdida de tiempo de 8 minutos aproximadamente que utiliza el operario para la ubicación y calibración de la bobina madre en su posición de trabajo, sumando los valores anteriores se tiene un tiempo total de 36.6 minutos para desbobinar una bobina madre. (Ver fig. 01), (Procomsac, 2018).

No obstante, el gran despliegue de la empresa por la búsqueda de la calidad y eficiencia en sus procesos, vio como un requerimiento mejorar el área de desbobinado. La máquina actual de la empresa presenta desperfectos durante su producción. Los inconvenientes más resaltantes son:

El tiempo que demora la máquina en realizar el proceso de desbobinado, actualmente la máquina utiliza un tiempo de 28.6 minutos para desenrollar una bobina

madre de 1000 metros de longitud (Ver fig. 39), cabe resaltar que el operario emplea un tiempo de 8 minutos aproximadamente para la ubicación y calibración de la bobina en su posición de trabajo, teniendo un tiempo total de 36.6 minutos para desenrollar una bobina madre (Ver Tabla 2) (Ver anexo N° 01). Los telares tubulares Jumbo Starlinger son los que proporcionan la materia prima al área de desbobinado, la empresa cuenta con 06 telares tubulares de los cuales producen 18 bobinas diarias (Procomsac, 2018). Para cumplir con la demanda de producción la máquina desbobinadora actual emplea 10.98 horas de trabajo.

Dificultad al momento de ubicar la bobina madre en la posición de trabajo, debido a que la máquina no cuenta con un sistema de levante, el operario tiene que alinear manualmente la bobina madre (Procomsac, 2018) con la ayuda de una carretilla hidráulica (Stocka) realizando maniobras que requieren sobreesfuerzo, posteriormente ubicar la bobina en los apoyos para luego girar una volante acoplado a un tornillo permitiendo levantar la bobina hasta la altura deseada (posición de trabajo). También se genera una desigualdad al momento de cortar la tela arpillera, de acuerdo a la distancia requerida el corte se realiza de forma manual, trayendo como consecuencia que el corte no se efectué en forma lineal, teniendo el producto final un aspecto no apropiado. (Ver anexo N° 01). Además, se ha encontrado uniones desoldadas en la estructura de la máquina, asimismo no cuenta con guardas de protección.

En definitiva, esto trae consigo una baja productividad en el área de desbobinado, debido que la máquina actual no logra abastecerse con la demanda de producción de los 06 telares tubulares Jumbo Starlinger, quedando 05 bobinas por desenrollar para el siguiente día (Ver Tabla 1). En vista de esta situación, la gerencia de la empresa ha visto como necesidad el poder adquirir o diseñar una nueva máquina desbobinadora para dar solución al problema. Como es de conocimiento común la segunda opción ahorraría una buena suma de dinero a los propietarios. La velocidad de desbobinado de la máquina

actual es de 35 m/min (Ver anexo N° 01) trabajando a su máxima capacidad (100%), en base a lo descrito en párrafos anteriores se deduce que la velocidad no es la más apta para agilizar el proceso de desbobinado debido que no cumple con la demanda de producción de los telares. De la Tabla 1 tenemos, que se genera un exceso de 3.48 horas extras de trabajo (en base a horas laborables).

En función a que hay un sobrante de 05 bobinas por desenrollar para el siguiente día, se vio en la necesidad de incrementar la velocidad a 50 m/min, con esta velocidad de desbobinado podremos cubrir en su totalidad la producción de los telares, con la nueva velocidad se tendrá un tiempo de desbobinado de 20min/bobina (Ver apartado 3.4.3.1), tardando 6 horas en desbobinar los 18 rollos producidos por lo 6 telares, teniendo en cuenta que la nueva máquina a diseñar será semiautomática que contará con un sistema neumático de levante, el tiempo que utilizará el operario para la colocación y calibración de la bobina madre en su posición de trabajo será de 5 minutos aproximadamente.

La nueva máquina desbobinadora empleará un tiempo de 7.5 horas para desenrollar las 18 bobinas fabricadas por el área de telares. Además, la nueva máquina realizará un enrollado de precisión, proporcionado la elaboración de una bobina de forma cilíndrica y de distribución uniforme, con la nueva máquina se reducirá el tiempo de desbobinado en un 31.69% en comparación con la máquina actual de la empresa, la máquina contará con sus guardas de protección garantizando la integridad física del personal.

**Tabla 2**
*Tabla de comparación - Máquina desbobinado actual – Máquina desbobinadora a diseñar*

| Descripción | N° de Telares | Producción por telar 100% (bobinas) | Producción Total (bobinas/día) |
|---|---|---|---|
| Producción - Telares Circulares Jumbo Starlinger | 6 | 3 | 18 |
| **Descripción** | **Máquina Desbobinadora actual** | **Máquina Desbobinadora a diseñar** | **Unidades** |
| N° de Operarios | 2 | 2 | |
| Velocidad de desbobinado | 35 | 50 | m/min |
| Tiempo de desbobinado | 28.6 | 20 | min/bobina |
| Tiempo de alimentación de la máquina | 8 | 5 | min/bobina |
| Tiempo de desbobinado total | 36.6 | 25 | Minutos |
| Horas de producción | 10.98 | 7.5 | Horas/día |
| Bobinas desenrolladas | 13 | 18 | Bobinas/día |

***Fuente:*** Procom S.A.C., 2018.

Este proyecto plantea el diseño de una máquina desbobinadora con una velocidad de 50 m/min para la empresa PROCOM S.A.C. utilizando un proceso formal de ingeniería.

***Figura 1:*** Máquina enrolladora de telas arpilleras - PROCOM S.A.C.
***Fuente:*** Propia, 2018.

## 1.2. Antecedentes de Estudio

Los trabajos analizados a continuación son el resultado de una búsqueda de antecedentes para el presente proyecto. Se hace notar que es muy poco la información que se obtiene en este tema.

Avilla, c (2015) diseñó, simuló y programó una máquina trituradora y secadora y enrolladora de papel para producción de serpentinas para la empresa EMPACMACHINE CIA. Ltda. La empresa previó una solución a las necesidades específicas del cliente. Para cumplir con los parámetros de funcionamiento de la maquina se ha realizó el cálculo, dimensionamiento y selección de elementos mecánicos, neumáticos, electrónicos y de control, asimismo se realizó el programa de PLC con su respectiva simulación y HMI. Se comprobó en el programa Ladder en el software Festo FluidSIM el cumplimiento del proceso de manera cíclica. Asimismo, se optó por la selección de un PLC de la marca XINJE XC3-32R para resolver los inconvenientes de los procesos a realizar y de máquina. La programación respectiva se realizó en el software XC Series Program Tool. El método aplicado, mediante el programa PLC, fue beneficiosa pues se obtuvo la capacidad de modificar los parámetros de operación y revisar el funcionamiento del actuador en modo de mantenimiento, Realizando 1000 rollos de papel tinturado en 8 horas, de esta manera se supera el 50% de aumento en la producción.

Valencia, M (2016) diseñó y construyó una máquina bobinadora de precisión para rafia de polipropileno en la Empresa Hiplas. Identificado los requerimientos de la empresa dedicada a la fabricación de cuerdas y cordeles plásticos. El diseño final de la maquina fue obtenido por medio de una matriz de selección. El valor de la fuerza de tensión se obtuvo mediante el proceso de medición de la fuerza de rotura (Norma NTE INEN-ISO 2307), cálculo realizado para seleccionar el tipo material, garantizando su

alta tenacidad baja resistencia mecánica. los autores eligieron la bobinadora con rodillo guiador y eje expandible y el acero AISE 1018 estirado en frio, trabajando normalmente con un promedio para cada tipo de rafia y capacidad de producción de la bobina de 30kgf, 20kgf hasta 25kgf respectivamente. Para una producción de 3 bobinas durante dos horas aumentando la productividad de carga en un 75%. Los criterios y el uso de la Norma NTE INEN-ISO 2307, fue beneficiosa para lograr aumentar la productividad de carga en un 25% con lo que se reduce significativamente los empalmes de rafia que se producían al seguir otros procesos. La máquina cumple con el rango de capacidad de carga óptimo.

Henry, Cristhian, (2010) diseñaron y simularon en inventor una máquina desbobinadora de flejes de acero para la empresa SICON Cía. Ltda. Definida las necesidades de la empresa se plantea alternativas de solución. Empleando un método de evaluación y selección, se determinó cada uno de los sistemas de la máquina. los parámetros de diseño se calcularon para posteriormente obtener el diámetro exterior máximo, mínimo, perfiles y estructura de la bobina utilizando el software ALGOR, Autodesk Inventor 2008. Finalmente, se consiguió un factor de seguridad estático $n = 2.4$ garantizando su seguridad. se decidió por la máquina de un sistema de sujeción de mandril expansible tipo tijera de accionamiento manual, con un sistema de frenado de cinta. Los diámetros de la bobina para un fleje de 200mm fueron 1360mm y 680mm respectivamente. La técnica de diseño utilizada fue de gran importancia, beneficiando en gran medida para el análisis de la geometría estructural y la utilización adecuada de los elementos de máquina. Asimismo, Autodesk Inventor y el software ALGO empleados para el desarrollo del diseño fue de gran apoyo permitiendo visualizar, simular y analizar el comportamiento esfuerzos sometidos de los elementos mecánicos. Esperando alcanzar un diseño de buena calidad, seguridad y con un costo de inversión bajo.

Edgar, Nelson, (2015) diseñaron, construyeron e implementaron un sistema automático para el empalme de rollos de fibra de vidrio y poliéster para el proceso de laminación en la empresa chova del ecuador S.A. La empresa auspiciante vio la necesidad de crear una nueva línea de producción de láminas asfálticas, La forma final fue escogida mediante un método de selección de alternativas. Se aplicó el método de QFD (Desarrollo de la Función de Calidad). Finalmente, los resultados obtenidos de los índices económicos – financieros sin dudas afirman la visibilidad y rentabilidad de la ejecución del proyecto. Se analizaron varias alternativas de construcción de las partes y elementos principales del sistema para de esta manera escoger la más viable, para comprobar la efectividad se realizaron pruebas de funcionamiento, tomando datos de tiempo, temperatura de empalme, Con la implementación del sistema automatizado se alcanzó un promedio de ahorro del 92% en la mano de obra directa con respecto al proceso manual referencial. El método de QFD (Desarrollo de la Función de Calidad) aplicado para satisfacer lo que el cliente necesita, el índice de la inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida puesto que el VAN obtuvo un resultado mayor a cero “0”. La rentabilidad del proyecto se considera beneficiosa ya que se encuentra un 100% por encima de la tasa de descuento fijada por la empresa.

## 1.3. Teorías relacionadas al tema

### 1.3.1. Conceptos básicos de la materia prima de una máquina desbobinadora.

#### *1.3.1.1.Polipropileno.*

Es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones de incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipos de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes, tiene gran resistencia contra diversos solventes químico.

La estructura de la fibra de polipropileno se compone de regiones cristalinas y no cristalinas, su cristalización se produce ente la temperatura de transición vítrea (tg) y el punto de fusión de equilibrio (tm), cristalizándose de manera rápida y a baja temperatura. Los spherulites desarrollados a partir de un núcleo puedan variar de tamaño desde fracciones de un micrómetro a centímetros de diámetro. Cada cristal está rodeado por material no cristalino, teniendo un grado de cristalinidad generalmente entre 50 – 65 %, esto dependerá de las condiciones de procesamiento.

Las propiedades físicas de la fibra de polipropileno (Ver anexo N° 02) son las siguientes:

**PROPIEDADES**

| Propiedades Típicas | Ensayos ASTM | Unidades | Valor |
|---|---|---|---|
| Indice de Fluidez 2,16 kg/230 °C | D-1238 | g/10 min | 1,3 |
| Temperatura de Ablandamiento VICAT (10 N) | D-1525 | °C | 156 |
| Temperatura de Deformación Térmica – HDT (455 kPa) | D-648 | °C | 100 |
| Resistencia al Impacto IZOD a 23 °C | D-256 | J/m | 50 |
| Resistencia a la Tracción (en el punto de fluencia) | D-638 | MPa | 35 |
| Elongación (en el punto de fluencia) | D-638 | % | 12 |
| Módulo de Elasticidad en Flexión | D-790 | MPa | 1.600 |
| Opacidad (espesor cuerpo de prueba 1mm) | D-1003 | % | 60 |

***Figura 2:*** Propiedades del polipropileno.
***Fuente:*** *(PPETROQUIM Tecnología y Servicios de Polipropileno., 2019)*

Siendo un tipo de plástico que puede ser moldeado solamente con la calefacción, (Ver fig. 03). (Industria textil 18 mayo, 2016).

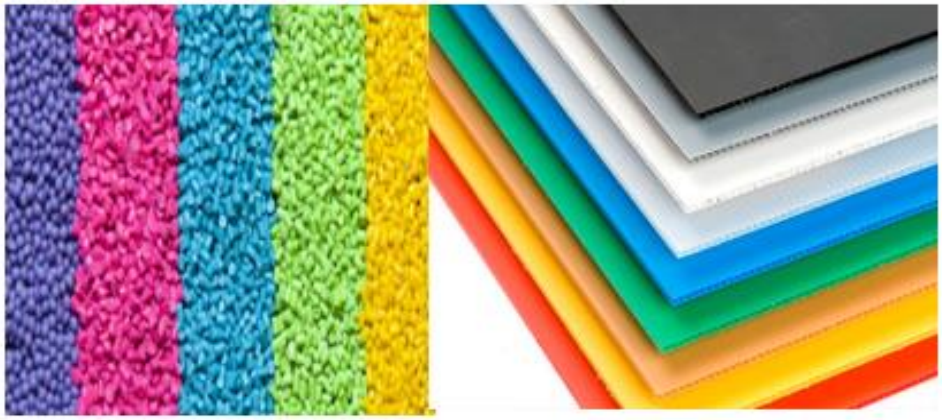


***Figura 3:*** Gránulos y telas fabricados de polipropileno.
***Fuente:*** *(*Industria textil, 2016.)

### *1.3.1.2. Tela arpillera de polipropileno.*

Son telas fábricas de polipropileno, siendo ideal para diferentes actividades utilizándose en obras de construcción, encerradero de aves y ovinos, techos de establos, construcción de galpones, cobertores, sacos, etc. Su presentación varía desde los 75 a 140 gramos por metro cuadrado $(gr/m^2)$, la presentación por rollo varía entre 1 a 6 metros dándose en varios colores (Ver fig. 04).

***Figura 4:*** Productos fabricados de Polipropileno.
***Fuente:*** *(Procomsac, 2018).*

### 1.3.2. Conceptos Básicos de una Máquina Desbobinadora.

#### *1.3.2.1. Desbobinadora.*

Es una máquina cuyo proceso de funcionamiento es desbobinar, rebobinar y/o desenrollar un material a una velocidad constante (Ver fig. 05), en las industrias dedicadas al sector plástico, textiles, cartón, etc., este proceso es un paso necesario y esencial durante la línea de producción de una empresa. Si la configuración y diseño de la máquina así lo permite esta puede tener la capacidad de aumentar y reducir la velocidad de la bobina, manteniendo la tensión apropiada del material al momento de realizarse el proceso.

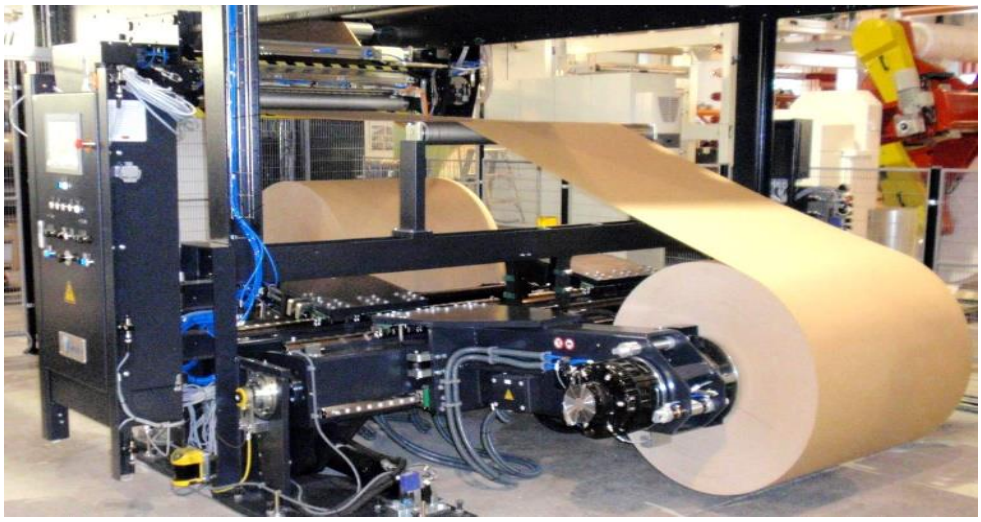


***Figura 5:*** Máquina Desbobinadora.
***Fuente:*** *(machinery, 2014).*

#### *1.3.2.2. Clasificación de las Desbobinadoras según su posición.*

De acuerdo a su posición, este tipo de máquinas desbobinadoras se pueden clasificar en:

a. Desbobinadora axial.
b. Desbobinadora tangencial.
c. Desbobinadora axial – tangencial.

*a. Desbobinadora axial.*

Es aquella en la cual la película y estructura de la máquina esta acondicionado en forma vertical, tiene como característica presentar su par de carga de tipo potencia constante, estando condicionada con la velocidad tangencial. Asimismo, tiene una eficiencia peculiar en algunas aplicaciones, generándose una dificultad al momento del posicionamiento generando de tal manera una incomodidad durante el proceso de desbobinado (Ver fig. 06).

***Figura 6:*** Desbobinadora de posición vertical.
***Fuente:*** *(mtorres40).*

*b. Desbobinadora tangencial.*

Es aquella en la cual la película y la estructura de la máquina está situada de forma horizontal, siendo a su vez una de las máquinas más utilizadas en las industrias textiles debido a su versatilidad y utilización de las bobinas (Ver fig. 07).

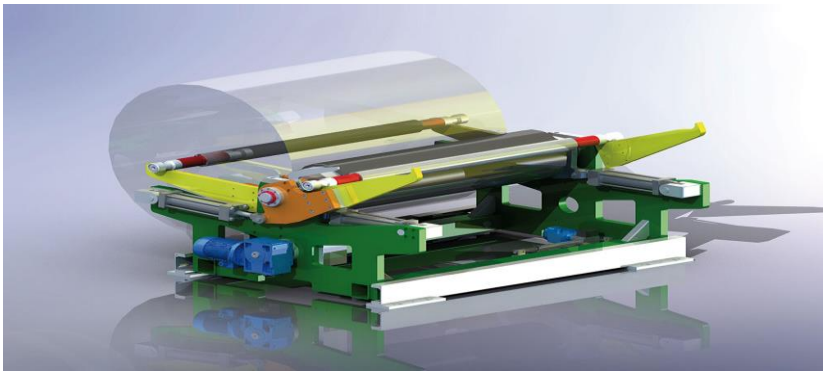


***Figura 7:*** Desbobinadora Tangencial CODE M26801.
***Fuente:*** *(COS.T.A, 2013).*

*c. Desbobinadora axial – tangencial.*

Con este tipo de desbobinadora, podemos controlar la fuerza de ajuste de la tensión de la bobina, debido a su forma axial y devanado tangencial de la bobina, siendo su dureza controlada mediante un variador de la fuerza de empuje (Ver fig. 08).

***Figura 8:*** Desbobinadora de tipo axial – tangencial, con soporte de plano inclinado.
***Fuente:*** *(Pasaban, 2017).*

### *1.3.2.3.* Clasificación de una Desbobinadora según su movilidad.

Según su grado de libertad, las máquinas desbobinadoras se pueden catalogar en fijas o móviles.

*a.* *Desbobinadora fija.*

Es una de las máquinas desbobinadoras más utilizadas en la industria, por la facilidad de su modo de operación, su estructura en general es completamente fijada respecto al suelo, teniendo una estabilidad única durante todo el tiempo de funcionamiento. Siendo la bobina un elemento móvil girando alrededor de su propio eje axial (Ver fig. 09).

***Figura 9:*** Máquina Desbobinadora fija.
***Fuente:*** (CARON tecnoloy, 2016).

*b.* *Desbobinadora móvil.*

Son aquellas máquinas que tienes la liberta de desplazarse horizontalmente sobre unos rieles anclados al piso que sirven con guías, dichas máquinas son utilizadas para alimentar a uno o más perfiladoras, dependiendo de la configuración y/o programación de fabricación de los perfiles (Ver fig. 10).

***Figura 10:*** Desbobinadora móvil.
***Fuente:*** *(Rollsformingmachines, 2017).*

### 1.3.3. Partes de una Máquina Desbobinadora.

Según Bruno becerra Aguilar. (2016). La máquina desbobinadora tiene por finalidad realizar el proceso de desenrollar la tela arpillera desde un rollo madre, contando con una de sus partes importantes el sistema de calandria, es donde la tela recibe ciertas características importantes como la lisura el calibre, la máquina realiza el proceso desbobinado y embobinado.

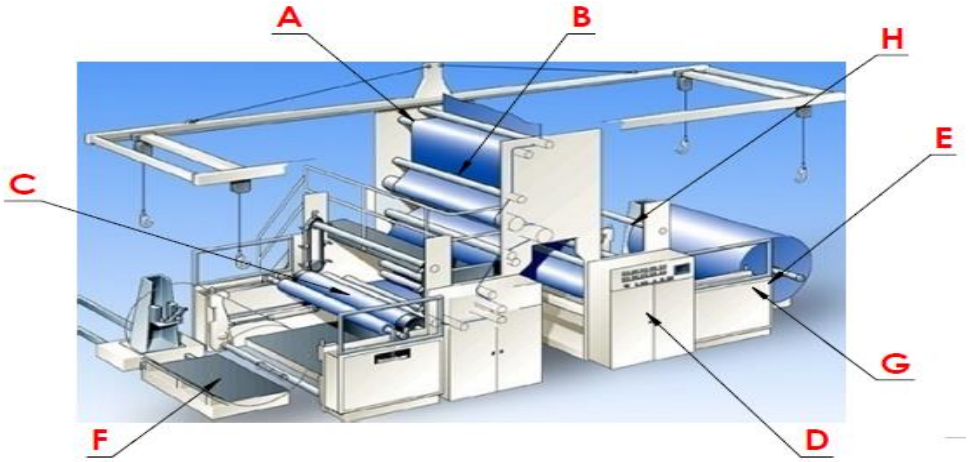



***Figura 11:*** Partes de una Máquina Desbobinadora.
***Fuente:*** Propia.

***a) Rodillos de guía.***

Es un dispositivo de gran importancia en la maquinas textiles, se usa para la guía de banda, para aumentar la eficiencia, mejora la calidad, reduce la perdida y mano de obra.

***b) Rodillos de tensión.***

Es un elemento automático con el propósito de mantener una tensión constante en el proceso de enrollado, utilizando rodillos de giro libre, teniendo el grado de libertad en el eje de las coordenadas, debido a un inapropiado control de tensión, puede causar problemas de embobinado ocasionados centros flojos en la bobina.

***c) Rodillos bobinados.***

En el centro de estos rodillos se coloca un tubo cartón donde será enrollada la tela arpillera de polipropileno. Su buen funcionamiento es imprescindible en el embobinado, ya que su operación eficaz proviene de gran parte un buen acabado de la bobina.

***d) Panel de control eléctrico.***

Mostrará la configuración de funcionamiento y advertencias de operatividad de la máquina en una pantalla led, ajustes de programación de funcionamiento.

***e) Brazo basculante.***

Es la parte encargada de levantar la bobina madre hasta la posición adecuada de trabajo, siendo accionados por unos brazos neumáticos realizando un movimiento vertical.

***f) Rampa.***

Es la encargada de bajar las bobinas en cada parada y proteger al operario de los posibles accidentes.

***g) Freno mecánico.***

El freno mecánico es una de las partes esenciales en una máquina desbobinadora, con la finalidad de mantener la tensión adecuada en banda de la tela cuando estas son enrolladas a altas velocidades.

### 1.3.4. Principio de funcionamiento de una máquina desbobinadora.

Las máquinas utilizadas en las industrias dedicadas al sector plástico, textil, papel, etc., su funcionamiento se basa en desbobinar y bobinar material a una velocidad constante, siendo este accionado por un motor eléctrico acoplado, para mantener el material en un buen estado sin sufrir desgarradura, la bobina deberá estar posicionado y alineado correctamente, manteniéndose siempre constante la fuerza de tracción y la alimentación continua (Ver fig. 12).

La máquina desbobinadora consta de ciertos procedimientos importantes que permite cumplir su función de manera correcta, siendo la máquina de fácil operación teniendo un adecuado sistema de seguridad. Para garantizar su buen funcionamiento la maquina cuenta con el siguiente método.

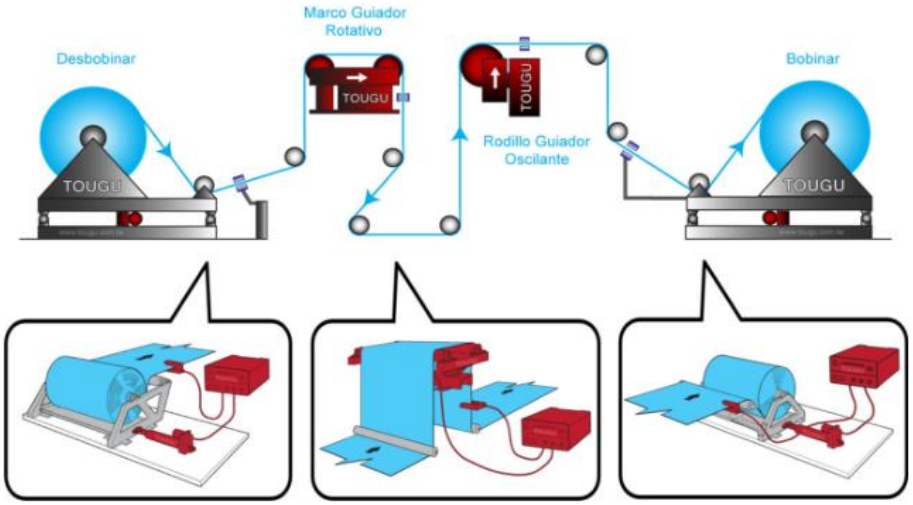



***Figura 12:*** Principio de Funcionamiento de una Desbobiandora.
***Fuente:*** *(CORP, 2018).*

### *1.3.4.1. Método de desenrollado.*

Consiste en enredar o hacer pasar por unos rodillos y/o ejes el telar, para luego ser posicionada en la bobina principal que es accionada por un motor eléctrico. A su vez se realizará el proceso de desenrollado.

### *1.3.4.2. Método de frenado.*

En las máquinas desbobinadoras es de gran importancia el sistema de frenado, permitiendo desacelerar la bobina portadora de la tela en el instante donde el operador crea necesario o cuando la máquina desbobinadora haya terminado con su función, asimismo el sistema de frenado, es necesario para mantener el telar estático durante el posicionamiento de la tela a la bobina principal del sistema de sujeción. El frenado se puede dar mediante un sistema mecánico, hidráulico, neumático o magnético.

#### *1.3.4.3. Método de enrollado.*

Consiste en el ingreso de la tela a la bobina principal, donde el enrollador se encarga de dar movimiento rotario para envolver la tela en la misma dirección, asimismo en la bobina o también llamado enrollador trabajara con un variador de velocidad.

#### *1.3.4.4. Método de medida.*

Para el objetivo del siguiente método se hará uso de un odómetro, siento éste un instrumento de medición la cual es utilizada para calcular distancias totales o parciales recorrida por un objeto.

#### *1.3.4.5. Método de cortado.*

Este procedimiento se realizará mediante resistencias eléctricas acopladas hacia una barra, cuando la máquina haya enrollado la distancia requerida, la barra será accionada de forma manual, mecánica o automática realizando el corte.

### 1.3.5. Diseño de una Máquina Desbobinadora.

#### *1.3.5.1. Cálculo del peso de la bobina madre.*

Para el cálculo del peso total de la bobina madre (peso de la tela arpillera y el peso del tubo en el cual ésta es enrollado) se deberá considerar lo siguiente:

El gramaje de la tela arpillera (140 $gr/m^2$), el peso dependerá de la longitud de la tela arpillera enrollada.

$$w_{tela} = A_b \times L_b \times G_{tela} \times g \qquad \text{… (Ec. 01)}$$

Donde:

$A_b$: Ancho de la tela arpillera (m).

$L_b$: longitud de la tela arpillera (m)

$G_{tela}$ : Gramaje de la tela arpillera ($gr/m^2$).

$g$ : Constante gravitacional ($m/s^2$).

El peso del tubo portador de la tela arpillera, se calcula de la siguiente manera.

$$w_{tubo} = L_{tubo} \times \rho_{tubo} \times g \qquad \text{… (Ec. 02)}$$

Donde:

$\rho_{tubo}$ : Densidad del material ($kg/m$).

$L_{tubo}$ : Longitud del tubo (m).

$g$ : Constante gravitacional ($m/s^2$).

#### *1.3.5.2. Afecciones de la variación del calibre.*

La variación del calibre tiende a ser responsable de la mayoría de los rollos en calidad y hendidura de las mismas, especialmente en redes de plástico delgadas las cuales son enrolladas en rollos de gran diámetro, a medida que el diámetro de enrollado aumenta, esta tiende a estirar a la red fuera de sus límites elásticos. Durante el proceso de desbobinado, los carriles elásticos en la película se crean imperfecciones, si observamos la figura 13 y 14 muestra el efecto de una holgura cuando la tela es tensionada por los rodillos bobinadores.

Para determinar la cantidad máxima de aumento de diámetro en una banda de calibre permisible sin causar un estiramiento permanente en la tela, esto se puede calcular mediante la ecuación 01, cuando se conocen el módulo de tensión/deformación, eliminado la presencia de aire entre las envolturas. Formulas obtenidas de (Hawkins, 2003).

$$\%CALIBRAR_{Max.Espesor} = (100xD_F xS_Y)/\big(Mx(D_F - D_C)\big) \qquad \ldots \textit{(Ec. 03)}$$

Donde:

$D_F$: Rollo de OD.

$S_Y$ : Punto de tensión de rendimiento para el material de la banda.

$M$ : Módulo de tensión / deformación.

$D_C$ : OD del núcleo.

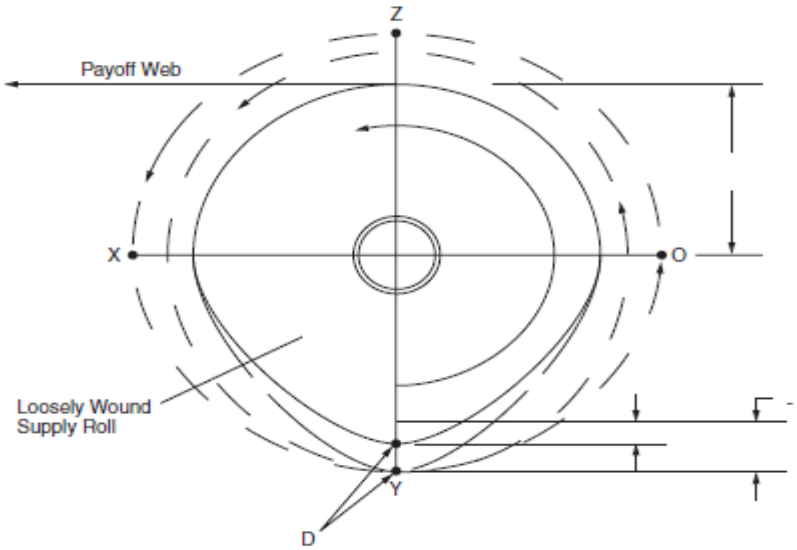



***Figura 13:*** Calculo de HP requerido para mantener la red tensa en los primeros rodillos de la máquina de conversión.
***Fuente:*** *(Hawkins, 2003)*

De la ecuación 03, podemos determinar el porcentaje máximo que el espesor de la banda puede aumentar sin causar imperfecciones permanentes en el producto. También se muestra el aumento del espesor máximo de tolerancia, el cual dependerá del diámetro del rollo terminado y del tamaño del núcleo, siendo el número de vueltas en el rollo.

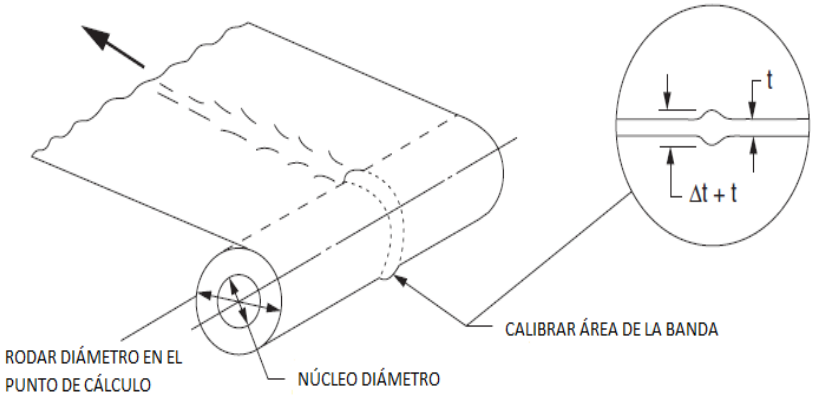



***Figura 14:*** Efectos en banda de medición.
***Fuente:*** *(Hawkins, 2003)*

Para determinar el nivel de tensión del área de la banda mientras es enrollada, se utilizará la siguiente ecuación, basada en (Hawkins, 2003).

$$T = \left(\left(Mx\Delta tx(D_F - D_C)\right)\right)/(2xR) \qquad \ldots \textit{(Ec. 04)}$$

Donde:

$T$ : Tensión de la banda en la banda.

$\Delta t$ : Grosor de la banda en la banda de medición.

$R$ : Radio nominal del rodillo en el punto de cálculo.

#### *1.3.5.3. Rigidez y Vibración.*

Uno de los principales problemas que se presenta en las máquinas desbobinadoras, siendo una limitación para operar a grandes velocidades, es la rapidez de toda la estructura de soporte de las cargas de la máquina de conversión, especialmente cuando se desea superar la velocidad de enrollado por encima de los 609.6 m/min, esto conlleva a que la estructura deberá ser muy resistente a las vibraciones resonantes a altas velocidades.

La frecuencia de resonancia natural de todas las piezas de la máquina debe estar muy por encima o muy por debajo de la frecuencia de excitación en todo el rango de velocidad de operación. Los grupos de subconjuntos deben estar diseñados para tener frecuencias naturales bien por encima de la frecuencia de excitación más alta que se experimentará en la parte superior de la velocidad de operación (Hawkins, 2003) . El chasis de la máquina y las partes principales deben de mantener la estabilidad a la variación de velocidades según a las condiciones de trabajo. Teniendo en cuenta que las piezas de una máquina en su totalidad poseen una frecuencia natural de vibración, mientras la máquina se encuentro operando.

Los problemas de enrollamiento pueden desarrollarse incluso cuando la excitación de los pulsos es corta. La cantidad de aire límite atrapada en estos intervalos es suficiente para causar rollos telescópicos, que generalmente se pierden producción. Un rodillo lay-on normalmente se considera que es un rayo giratorio que tiene una carga uniforme centrada, como se muestra en la figura 15. La ecuación para determinar la deflexión del rodillo cuando se considera el rodillo de colocación para ser una carga uniforme en el rollo de enrollamiento es el siguiente (Hawkins, 2003):

$$EIy = -\left(\frac{W \times X^4}{24}\right) + \left(\frac{W \times L \times X^3}{12}\right) + \left(\frac{M \times X^2}{2}\right) - \left(\frac{(12 \times M \times L) + (W \times L^3) \times X}{24}\right) \quad \ldots \textit{(Ec. 05)}$$

Donde:

$y$ : deflexión del rollo (in).

$W$ : Fuerza de carga del rodillo puesto en marcha, PLI.

$X$ : Distancia desde el extremo izquierdo del rollo de enrollamiento para el punto siendo considerado, (in).

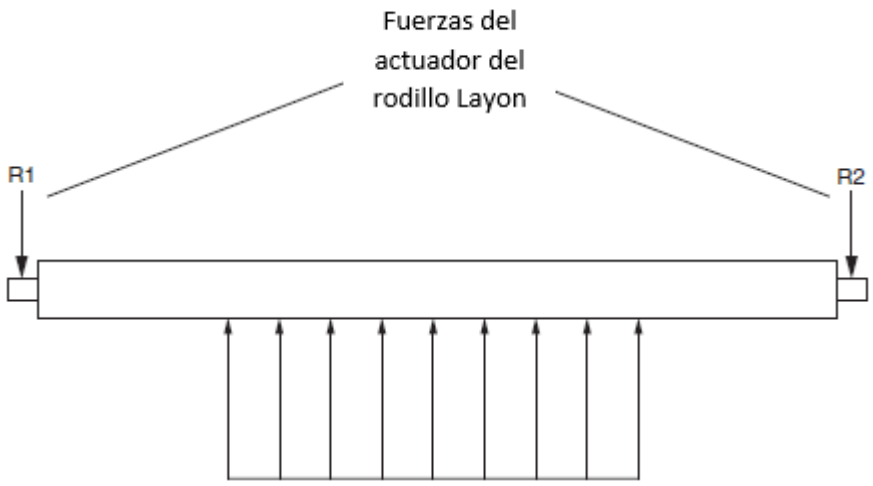



**Figura 15:** Diagrama de fuerzas para el rodillo de superpuesto, fuerzas actuantes.
**Fuente:** *(Hawkins, 2003)*

Donde:

E : Módulo de tensión/deformación de la carcasa del rodillo de colocación.

I : Momento de inercia del área de la carcasa del rodillo de colocación.

L : Ancho de rodillo de colocación, (in).

M : Momento creado por la distancia del voladizo de colocación y la fuerza de los actuadores en el extremo del eje de rodillo de instalación.

Las cargas como se muestra en la figura 16, producirá una curva de deflexión sobre la porción central del rodillo. Esta curva tiene una forma casi parabólica cuando las fuerzas de carga se aplican en los extremos del rollo. La figura 17 muestra dos rodillos curvos de deflexión. Las curvas de deflexión ilustran que la carga real del rodillo de colocación sobre el rodillo de enrollamiento no puede ser uniforme como se supone en figura 16. Aunque hay una cierta compresión de la pila del rollo de enrollamiento, la presión en el rodillo de colocación no está uniformemente distribuida en el trabajo superficie como lo sería si estuviera rodando sobre un fluido. Puede aproximar la carga de puntos específicos en el rodillo de colocación. (Hawkins, 2003).

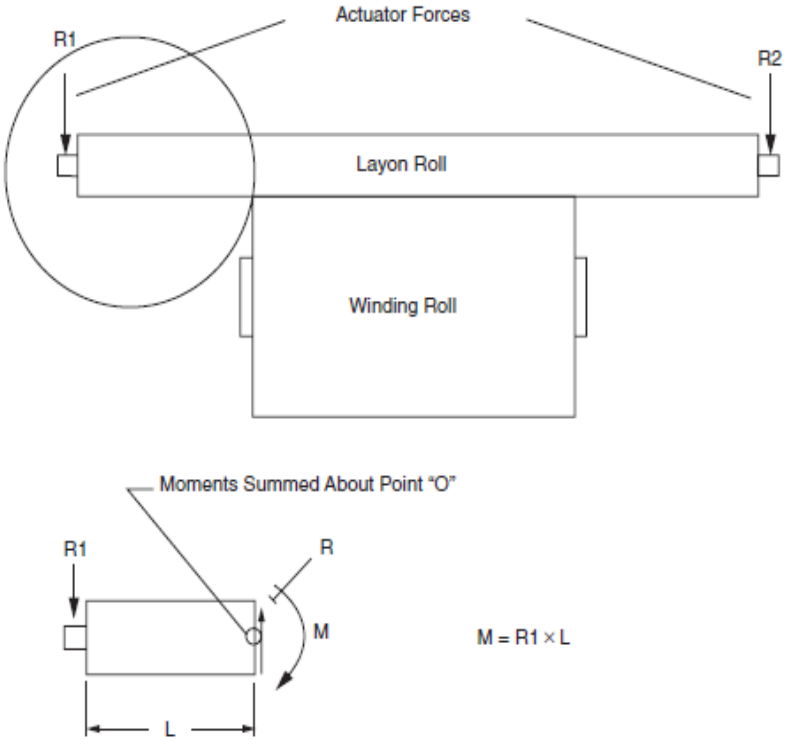



***Figura 16:*** Diagrama de fuerzas para el rodillo superpuesto.
***Fuente:*** *(Hawkins, 2003)*

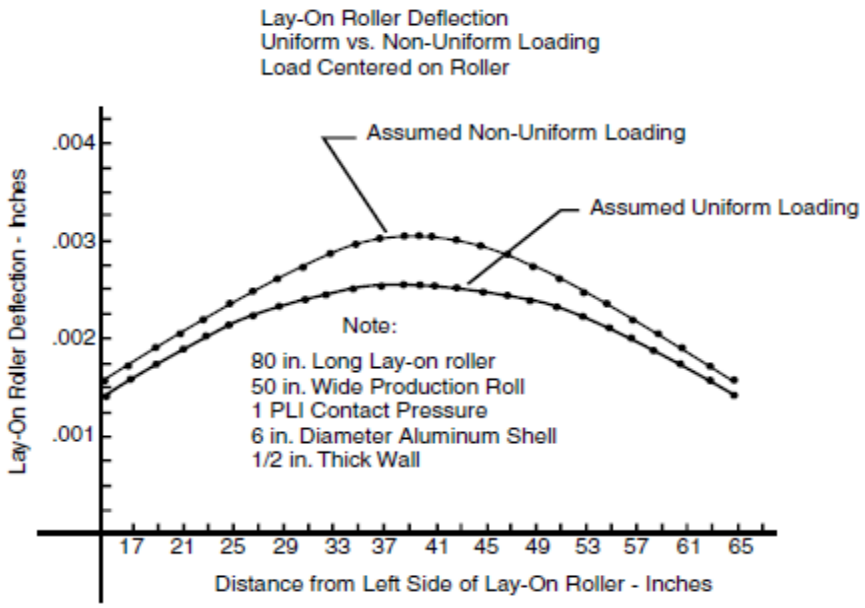



***Figura 17:*** diagrama de deflexión del rodillo de colocación para los datos asignados en el rodillo de colocación superpuesto.
***Fuente:*** *(Hawkins, 2003).*

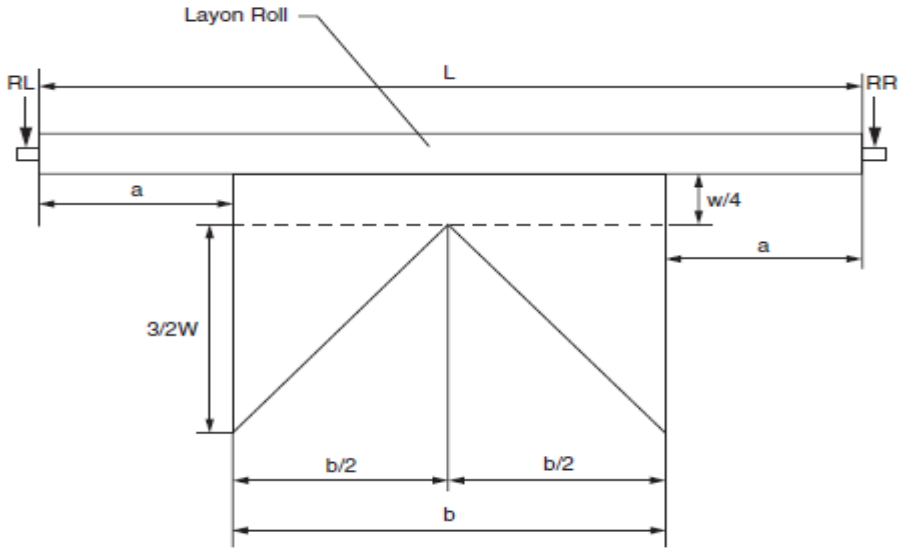



***Figura 18:*** Cargas recibidas para el rodillo de Lay-on superpuestos.
***Fuente:*** *(Hawkins, 2003).*

De la figura 15, se puede analizar de la siguiente manera; Se determinan las reacciones o fuerzas de carga $RL\ y\ RR$ de la bobina madre.

$$RL + RR = wb \qquad \text{… (Ec. 06)}$$

$$RL = {}^{wb}/_{2} \qquad \text{… (Ec. 07)}$$

La deflexión de la viga se calcula con la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned} EIy = &-\left(\frac{3w}{80b} \times x^5\right) + \left(\left(\frac{7}{96} + \frac{3a}{48b}\right) \times wx^4\right) \\ &- \left(\left(\left(\frac{9a}{24b} + \frac{7}{24}\right) aw\right) x^3\right) \\ &+ \left(\left(\left(\frac{3a^2}{8b} - \frac{b}{4}\right) aw\right) x^3\right) \qquad \text{… (Ec. 08)} \\ &+ \left(\left(\frac{3L^3}{256b} - \frac{7L^2}{192} + \frac{3aL^2}{96b} + \frac{7aL}{32} + \frac{9a^2L}{32b} - \frac{3a^3}{8b}\right.\right. \\ &\left.\left. + \frac{ab}{4}\right) wL\right) x \end{aligned}$$

Donde:

E : Módulo de tensión / deformación para el material de caparazón de colocación.

a : Distancia desde el extremo del rodillo de colocación hasta donde está la producción del rollo comienza.

b : Ancho del rollo de producción;

w : Carga deseada del rodillo de colocación, PLI.

La ecuación para calcular el momento de inercia del área de la cubierta del rodillo es:

$$I = {}^{\pi}/_{64(D_0^4 - D_i^4)} \qquad \text{… (Ec. 09)}$$

Donde:

$D_0$ : diámetro exterior (in) de la carcasa del rodillo.

$D_i$ : el diámetro interior (pulg.) de la cubierta del rodillo.

La ecuación para el momento de flexión del haz está definida como $x = a$ y $x = \frac{L}{2}$ es:

$$M_x = -\left(\frac{3w}{4b} \times x^3\right) + \left(\frac{3a}{4b} + \frac{7}{8} \times wx^2\right) - \left(\frac{7}{8} + \frac{9a}{4b} \times awx\right) + \left(\frac{3a^3w}{4b} - \frac{bwa}{2}\right) \qquad \text{… (Ec. 10)}$$

### *1.3.5.4. Problemas de Arrugas.*

Uno de los problemas más comunes en el proceso de desbobinado son las arrugas de la película, las cuales pueden ser provenientes por falta de alineación en los rodillos, problemas de tratamiento de la red, tales como el espesor de revestimiento no uniforme, distorsión en la banda debido al calor aplicado y/o no uniforme enfriamiento transversal a través de la red.

Para contrarrestar el problema, una de las alternativas es la instalación de rodillo de superficie cóncavo siendo una solución más permanente. El rodillo de proa puede

evitar problemas de plegado de la banda. Los rodillos de proa son más eficientes con rodillos cóncavos que tienen un ángulo de envoltura de 90° a 180°. No más de la mitad de los rodillos deben ser cóncavos para evitar tensión excesiva en los bordes de la banda.

#### *1.3.5.5. Selección de los Rodamientos.*

*a. Selección de tamaño de rodamiento, capacidad de carga.*

Según la peculiaridad de trabajo y diseño del sistema de carga se procederá a seleccionar el tipo de rodamiento a utilizar.

*b. Cálculos de las cargas dinámicas.*

En el soporte A

$$F_{sA} = \sqrt{R_{r1}^2 + R_{r2}^2} \qquad \text{… (Ec. 11)}$$

En el soporte B

$$F_{sB} = \sqrt{R_{r1}^2 + R_{r2}^2} \qquad \text{… (Ec. 12)}$$

Para este caso los rodamientos están sometidos a soportar cargas radiales y axiales, siendo la tensión de la tela constante.

$$P = X.F_R + Y \times F_A \qquad \text{… (Ec. 13)}$$

Donde:

$P$ : Carga dinámica equivalente.

$X$ : Factor radial.

$F_R$ : Carga radial real.

$Y$ : Factor axial.

$F_A$ : Carga axial real.

$$L = \left(\frac{60 \times n \times Lh}{10^6}\right) \qquad \text{… (Ec. 14)}$$

Donde:

$L$: Duración en millones de revoluciones.

Relación entre la capacidad dinámica y la carga aplicada al rodamiento:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\rho} \qquad \text{… (Ec. 15)}$$

Donde:

$C$ : Capacidad de carga dinámica.

$P$ : Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento.

$\rho$ : Exponente, 03 para rodamientos de bolas.

$$\frac{F_a}{F_r} \leq e \qquad \text{… (Ec. 16)}$$

Con los valores de las capacidades dinámicas y estáticas, realizamos la selección de rodamientos de acuerdo a catálogos.

*c. Selección del sistema neumático.*

Para la selección de los cilindros neumáticos primero se deberán conocer la fuerza necesaria que se desea para el levante y la presión de aire de alimentación, posteriormente mediante la siguiente ecuación se podrá calcularse el diámetro ideal del embolo.

$$F = A \times P \qquad \text{… (Ec. 17)}$$

Donde:

$F$: Fuerza requerida por el embolo en N.

$A$: Área requerida para el cilindro en $mm^2$

$P$: Presión de alimentación.

Los dos cilindros neumáticos tendrán la capacidad de levantar y bajar la bobina de tela arpillera hasta la ubicación de la posición inicial de trabajo. Después de haber encontrado el área necesaria para los pistones se procede a determinar el diámetro óptimo de los cilindros con ayuda de la siguiente ecuación.

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \qquad \text{… (Ec. 18)}$$

Donde:

$A$: Área requerida para el cilindro.

$D$: Diámetro del cilindro en mm.

*d. Diseño del eje para el soporte de la bobina madre de la tela arpillera.*

El cálculo para el diseño del eje, está basado en el libro de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. (Nisbett, Diseño en ingeniría mecánica de Shigley, 2008).

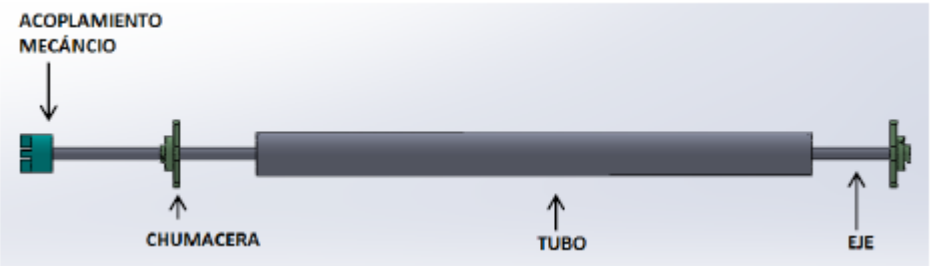



***Figura 19:*** Eje principal de una Máquina Desbobinadora.
***Fuente:*** (Vílchez, 2012)

El peso total de la bobina está determinado por:

$$W_{total} = W_{tubo} + W_{tela} \qquad \text{… (Ec. 19)}$$

El nivel de tensión en el área de la banda de la tela cuando ésta es enrollado, se puede calcular de la siguiente manera.

$$T = \left(\left(Mx\Delta tx(D_F - D_C)\right)\right)/(2xR) \qquad \text{… (Ec. 20)}$$

Donde:

$T$: Tensión de la banda en la banda de banda.

$\Delta t$: Grosor de la banda en la banda de medición.

$R$: Radio nominal del rodillo en el punto de cálculo.

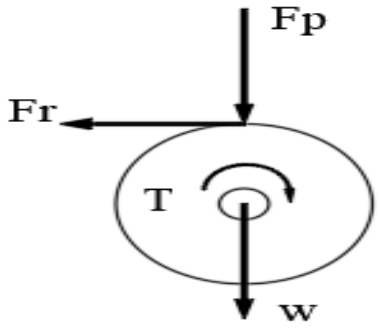



***Figura 20:*** Fuerzas que actúan en una bobina de tela.
***Fuente:*** Propia

*e. Análisis de las fuerzas que actúan en los planos y-x y z-x.*

Se descompone las fuerzas en el plano y-x para el análisis de cómo actúan las cargas sobre el eje. (Ver fig. 21).

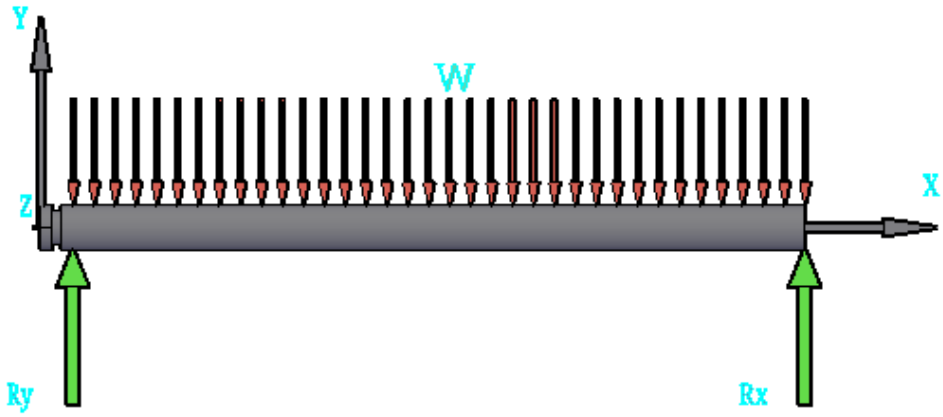



***Figura 21:*** Fuerzas actuantes en el plano y - x.
***Fuente:*** Propia

Se descompone las fuerzas en el plano z-x para analizar cómo actúan las cargas sobre el eje, para determinar las reacciones que se producen. (Ver fig. 22).

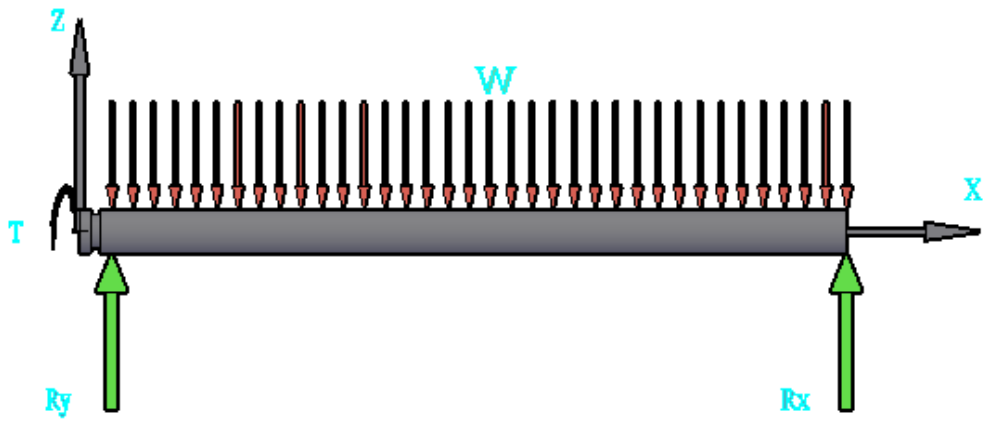



***Figura 22:*** Fuerzas actuantes en el plano z-x.
***Fuente:*** Propia.

*f. Cálculo de momento máximo.*

$$M = \sqrt{{M_{yx}}^2 + {M_{zx}}^2} \qquad \text{… (Ec. 21)}$$

Donde:

$M_{yx}$: Momento máximo en el plano yx.

$M_{zx}$: Momento máximo en el plano zx.

*g. Cálculo del torque.*

$$\tau = F \times r \qquad \text{… (Ec. 22)}$$

Donde:

$F$: Fuerza / tensión.

$r$: Radio del rollo de tela.

*h. Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga.*

En la ecuación siguiente, Joseph Marín ha propuesto algunos factores que modifican el limite a la fatiga.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \qquad \text{… (Ec. 23)}$$

Donde:

$k_a$ : Factor de modificación de la condición superficial.

$k_b$ : Factor de modificación del tamaño.

$k_c$ : Factor de modificación de la carga.

$k_d$ : Factor de modificación de la temperatura.

$k_e$ : Factor de confiabilidad.

$k_f$ : Factor de modificación de efectos varios.

$S'_e$ : Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$S_e$ : Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación critica de una parte de maquina en la geometría y condición de uso.

Se empleó el criterio de ED- ASME elíptica, y cuya ecuación simplificada es la siguiente.

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[ 4\left(\frac{K_f M_a}{S_e}\right)^2 + 3\left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y}\right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \qquad \text{… (Ec. 24)}$$

Donde:

$d$ : Diámetro del eje.

$n$ : Factor de seguridad.

$S_e$ : Limite de resistencia a la fatiga.

$M_a$ : Momento altérnate.

$M_m$ : Momento medio.

$T_a$ : Torsor alternante.

$T_m$ : Torsor medio.

## 1.4. Formulación del Problema

¿Cuál será la disposición relativa de componentes y características técnicas de una máquina desbobinadora, medidora y cortadora de telas arpilleras de polipropileno, con una velocidad enrollado de 50 m/min para la empresa PROCOM S.A.C.

## 1.5. Justificación e Importancia de Estudio

### 1.5.1. Justificación Técnica.

A juicio de los autores no existe cálculo de ingeniería para esta máquina en el país, por lo cual este trabajo de tesis cubriría ese vacío de conocimiento.

### 1.5.2. Justificación Económica.

Con el diseño de una máquina bobinadora, medidora y cortadora de telas arpilleras, la empresa aumentará su producción diaria, incrementando su margen de ganancias.

### 1.5.3. Justificación Ambiental.

La máquina bobinadora, medidora y cortadora de telas arpilleras de polipropileno será alimentado por corriente eléctrica por lo cual ayudará a reducir la emisión de CO2.

## 1.6. Hipótesis

No aplica a este tipo de investigación.

## 1.7. Objetivos de la Investigación

### 1.7.6. Objetivo General.

Diseñar una máquina desbobinadora, medidora y cortadora de telas arpilleras de polipropileno, con una velocidad de enrollado de 50m/min para mejorar la productividad en la empresa PROCOM S.A.C. – CHICLAYO.

### 1.7.2. Objetivos específicos

**a.** Definir las necesidades de la empresa mediante entrevistas.

**b.** Seleccionar la mejor configuración de diseño optima según conceptos alternativos elaborados basados en requerimientos de la empresa, utilizando criterios ponderados.

**c.** Dimensionar la máquina desbobinadora utilizando el diseño paramétrico, mediante cálculos y selección de elementos electromecánicos según las cargas externas aplicadas a éstas.

**d.** Realizar un análisis económico de la máquina: Presupuesto, TIR, VAN.

# CAPÍTULO II
# MATERIALES Y MÉTODOS

# II. MARCO METODOLÓGICO

## 2.1. Tipo y Diseño de la Investigación

**Tipo:** Aplicable diseño

**Diseño:** Ingeniería de procesos productivos.

## 2.2. Población y Nuestra

No aplicada a este tipo de investigación.

## 2.3. Variable, Operacionalización

El presente trabajo de investigación aplicada, es un diseño de ingeniería asociado a una metodología. Debido a ello se utilizará una adaptación del esquema de variables proponiendo variables de diseño, variables de solución, parámetros de definición del problema y variables intervinientes, estas variables determinaran el funcionamiento de la máquina.

En la sección 1.3.4, Principio de funcionamiento de una desbobinadora, las normas principales son: Método de desenrollado, Método de frenado, Método de enrollado, Método de medida, Método de cortado. En el método de enrollado, el eje será sometido al sistema paramétrico siendo un sistema fundamental debido a su impacto al conseguir desbobinar.

**Tabla 3**
*Variable de Operacionalización*

| | Variables | Dimensiones | Indicadores | Ítems | Técnica e instrumento de recolección de datos |
|---|---|---|---|---|---|
| VARIABLES INDEPENDIENTES | Propiedades del material de la máquina | Densidad<br>Rugosidad<br>$S_{ut}$<br>$S_y$ | Resistencia del material. | $Kg/m^3$<br>Mpa | Abordaje metodológico deductivo.<br>Análisis de documentos. |
| | Velocidad lineal de la máquina | m/min | Tiempo<br>Distancia | = 50 m/min | Análisis de documentos.<br>Guía de entrevistas.<br>Abordaje metodológico deductivo. |
| | Dimensiones de la bobina madre | Longitud<br>Ancho<br>Diámetro | Peso de la bobina madre. | $\leq 1000\ m$<br>$\leq 3\ m$<br>$\leq 1.5\ m$ | Guía de observación.<br>Abordaje metodológico deductivo. |
| | Producción de la máquina | Bobinas/min | Fabricación de bobinas | $\leq 18\ b$obinas | Abordaje metodológico deductivo.<br>Análisis de documentos.<br>Guía de observación. |
| VARIABLES DEPENDIENTES | Máquina | Potencia<br>Torque | Tensión de la tela.<br>Material de los componentes. | W<br>N<br>N.m | Guía de observación.<br>Abordaje metodológico deductivo.<br>Análisis de documentos. |
| | Capacidad | Bobinas/hora | Cantidad de bobinas | $= 3b/hora$ | Análisis de documentos.<br>Guía de entrevistas.<br>Abordaje metodológico deductivo. |
| | Fabricación de la tela arpillera | Gramaje<br>Longitud<br>Ancho | Propiedades de la tela arpillera | $gr/m^2$<br>$\leq 1000\ m$<br>$\leq 6\ m$ | Guía de observación.<br>Abordaje metodológico deductivo. |
| | Requerimiento de pedidos (pedidos) | Cantidad de requerimientos | Ventas | Cantidad | Guía de observación.<br>Abordaje metodológico deductivo.<br>Análisis de documentos. |

***Fuente:*** Propia, 2018.

## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad

### 2.5.1. Abordaje metodológico.

#### *2.4.1.1 Analítico.*

Se analiza el proceso de conocimiento para identificar cada una de las partes, determinado la necesidad principal del proyecto. Para este análisis debemos tener en cuenta las propiedades y los riesgos existentes.

En este análisis, se considerar la energía que consumirá la máquina, el tiempo de funcionamiento durante el día, definiendo la necesidad de la fábrica para la adquisición de la máquina y determinar la producción de rollos (tela/día), para conseguir los datos técnicos que respalde una apropiada fabricación de la desbobinadora de telas arpilleras.

#### *2.4.1.2. Deductivo.*

La diferente información para el desarrollo del proyecto tales como: tesis, revistas de investigación, artículos científicos, etc. Se estudiará, analizará e identificará, el tipo de la tecnología aplicada, además se identificará las necesidades de las empresas y se comparará con los sucesos hallados en esta investigación.

#### *2.4.1.3. Inductivo.*

Mediante este método, observaremos de manera directa el funcionamiento de la máquina, cantidad de producción y eficiencia, con la finalidad de llegar a una conclusión final sobre el procedimiento que se utilizara para la evaluación del problema de una máquina desbobinadora.

### 2.4.2. Procedimiento para la recolección de datos.

#### *2.4.2.1. Etapa 1: Redacción de la entrevista.*

Se elabora una entrevista estructurada en la empresa PROCOM S.A.C. detallando las preguntas concisas que necesitamos para el diseño de una desbobinadora de telas arpilleras de polipropileno.

#### *2.4.2.2. Etapa 2: Determinación del cronograma de entrevista.*

Se definirá la fecha para la elaboración de la entrevista a la empresa PROCOM. S.A.C. la entrevista se realizará un día laborable.

#### *2.4.2.3. Etapa 3: Identificación de la producción de telas arpilleras.*

Se identificará la producción de telas arpilleras al día, teniendo en cuenta la producción de los telares, para tener un concepto concreto de la utilidad e importancia de la máquina desbobinadora dentro de la empresa.

#### *2.4.2.4. Etapa 4: Ejecución de la entrevista.*

Se realiza la entrevista al jefe de mantenimiento y al operario de la máquina desbobinadora, con la finalidad de identificar las necesidades de la máquina en el área de desbobinado, tales como:

- Potencia de la máquina.
- Lapsos de tiempos cortos en el enrollado.
- Calidad de enrollado.
- Método de corte de la tela.

#### *2.4.2.5. Etapa 5: Identificación de la necesidad de la empresa en el área de desbobinado.*

Se determinará la necesidad de la empresa en el área de desbobinado, para tener una referencia con respecto a una posterior desbobinadora.

#### *2.4.2.6. Etapa 6: Evaluación del tipo de desbobinadora.*

Se desarrollará una entrevista para identificar la peculiaridad de la máquina desbobinadora respecto a su funcionamiento, con el objetivo de calcular su capacidad de producción diaria y el tiempo de horas/hombre utilizadas en el proceso.

#### *2.4.2.7. Etapa 7: Evaluación del proceso de producción diaria.*

Se realizará una encuesta al operario para tener un alcance de la producción diaria de la máquina, tiempos de demora, velocidad de producción y realizar una comparación de datos para obtener variables a modificar en el proceso de producción.

### 2.4.3. Técnicas de recolección de datos.

En este proyecto de investigación se utilizará técnicas de recolección de datos, con el objetivo de describirlas y saber el estado de sus usos y limitaciones, identificar cuestiones éticas implicadas en la investigación y la manera de garantizar que la información sea propicia para el diseño de una máquina desbobinadora de telas arpilleras enfocándose en la factibilidad técnica de la económica de la empresa.

#### *2.4.3.1. Observación.*

La observación es una técnica que consiste en seleccionar sistemáticamente, ver y grabar el comportamiento de los seres humanos, el propósito es múltiple, permitiendo determinar los procesos realizados en su funcionamiento, la manera como se está realizando, quien lo hace, cuando se lleva a cabo, cuánto tiempo demora, donde se realiza y porque se realiza la investigación.

Se realiza la visita a la fábrica PROCOM S.A.C. para saber la problemática de la empresa, teniendo en cuenta la producción diaria, los mercados que abástese, la maquinaria con la que cuenta, tecnología en su fabricación de telas y todos los parámetros posibles.

A través de la visita se realizará una continua observación en la empresa PROCOM S.A.C. identificando las necesidades existentes de la máquina desbobinadora durante su funcionamiento, además se observará la forma de uso, la producción al día, cuan eficiente es la máquina desbobinadora.

#### *2.4.3.2. Cuestionario.*

Los cuestionarios, tal como los consideramos aquí, son instrumentos independientes de la recopilación de datos, que se administrarán de la manera más común ya sea por correo postal, por vía telefónica o en línea. Han sido durante mucho tiempo una de las técnicas de recopilación de datos más populares.

Esta técnica nos permite la recopilación datos de la problemática de la empresa, datos generales y el monitoreo de producción dentro de la fábrica.

#### *2.4.3.3. Entrevista.*

Una entrevista es una técnica de recopilación de datos que implica buscar información e interrogantes de la máquina, ya sea de manera individualmente o grupal.

Se mantendrá una audiencia con encargado de producción y el personal encargado del área de mantenimiento, con la finalidad de identificar la problemática y el beneficio de la empresa con el diseño de la nueva máquina.

Esta técnica nos permitirá conseguir la información necesaria para el proyecto, se realizará por los estudiantes de la Universidad Señor de Sipán al personal correspondiente, se realizará de manera personal y formalmente (estructurada) y semiestructurada, con el propósito de tener información actual de la máquina desbobinadora y el nivel producción de telas arpilleras, las preguntas serán enfocadas en la necesidad de la empresa respecto al diseño de la máquina y la producción, serán claras y precisas.

#### *2.4.3.4. Información bibliográfica.*

Esta técnica será utilizada para obtener información adecuada y referencias, tales como guías para el desarrollo de la tesis, para la recopilación de información se utilizarán diferentes fuentes bibliográficas que serán provenientes de internet, libros, revistas, leyes, tesis, publicaciones científicas, etc., teniendo una adecuada información del diseño de una máquina desbobinadora de telas arpilleras para la empresa PROCOM S.A.C.

### 2.4.4. Instrumentos de recolección de datos.

#### *2.4.4.1. Análisis de documentos.*

Ésta técnica consiste en examinar los datos existentes en forma de bases de datos, actas de reuniones, informes, registros de asistencia, registros financieros, boletines informativos, etc. Para comprender las razones principales de producción diaria y su máxima demanda del mercado de telas arpilleras, se recopilarán los registros de ventas y pedidos esta es una forma económica de recopilar información para el diseño de una desbobinadora de telas arpilleras de polipropileno para la fábrica de sacos PROCOM S.A.C.

#### *2.4.4.2. Guía de observaciones.*

Las guías de observación las utilizamos para documentar datos relévateles de la desbobinadora existente tales como principio de funcionamiento, eficiencia, tecnología, etc. (Ver anexo N° 01).

#### *2.4.4.3. Guía de entrevistas.*

Será realizado al personal encargado de las áreas correspondientes de la fábrica con fines de determinar su grado de satisfacción. (Ver anexo N° 03 y 04).

## 2.5. Procedimiento de análisis de datos

Una vez concluida las etapas descritas anteriormente, se utilizará el análisis estadístico de los elementos primordiales de la estadística descriptiva tales como:

- Describir el estudio estadístico de los datos mediante gráficos, tablas, cuadros, imágenes y otras estadísticas generales que amerite el caso.

- La información recopilada de las entrevistas realizadas, se organizará en cuadros permitiendo vincular las respuestas obtenidas con los criterios adecuados con la finalidad de encontrar una tendencia de necesidades e información que ayuden al desarrollo de la investigación.

## 2.6. Criterios éticos

Este proyecto de investigación estará basado en términos éticos por dos documentos fundamentales: código de Ética del Colegio de ingenieros (CIP,1999) y el código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS,2017).

### 2.6.1. Código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP).

Este documento consigna los principios de responsabilidad, honestidad, dedicación y profesionalismos a seguir por parte del ingeniero en su relación con la comunidad, el público, colegas en el ejercicio de su profesión, todo esto apunta a su desarrollo y competencia dentro de la profesión. así que en sus primeros artículos se menciona a la letra profesionales. (Ver Anexo N° 05).

"Art. 1.- Los ingenieros están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tiene la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales".

"Art. 5.- los ingenieros cuidaran que los recursos humanos, económicos, naturales y materiales, sean racional y adecuadamente utilizados, evitando su abusos o dispendio, respetaran y aran respetar las disposiciones legales que garanticen la preservación del medio ambiente."

### 2.6.2. Código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS).

Este código se basa en definir la ética y su aplicación en el que hacer de investigación universitaria. Es por esa razón presenta los principios éticos, el consentimiento para uso de datos, las políticas anti plagio y los procedimientos de sanción. A continuación, un resumen de las primeras páginas de este documento (Ver Anexo N° 05).

ART. 2º: Objetivo

El Código de ética de Investigación de la Universidad Señor de Sipán tiene por objetivo definir los principios éticos que orientan la actividad investigativa y su gestión, por las autoridades, investigadores, docentes, estudiantes y egresados de la USS.

ART. 3º: Alcance

El presente código de ética de Investigación es de cumplimiento obligatorio para todas las autoridades académicas, administrativas, docentes, estudiantes, egresados y administrativo de la Universidad Señor de Sipán.

## 2.7. Principios de rigor científico

En esta investigación se tendrá en cuenta cuatro criterios de rigor científico los cuales se muestran a continuación.

**Credibilidad**

Se alcanzará cuando se logra la confianza de variable relevantes a través de la averiguación, en la que se acompaña a la realidad ya que no fue alterada por ninguna causa externa.

**Generalización**

Se trata si la información rescatada de una entrevista o una encuesta este formalmente apropiada y realizada.

**Fiabilidad**

Tiene como objetivo demostrar la trasparecía del investigador de las mediciones cuando se consiga y pertenezca a una metodología meticulosa y científica.

**Replicabilidad**

Los registros y métodos estarán orientados a permitir la reanudación de la experiencia con la intención de adelantar la contratación de resultados en proyectos de investigación siguientes.

# CAPÍTULO III

# RESULTADOS

# III. RESULTADOS

## 3.1. Necesidades de la Empresa

Las necesidades de la empresa se evaluaron mediante un recorrido presencial de las principales áreas y mediante la valoración de 05 entrevistas realizadas al personal jerárquico de la empresa (ver formato de entrevistas vacío en el Anexo N° 03): Gerente de la empresa, Jefes de las Áreas de Mantenimiento y Producción, y Supervisor de Mantenimiento de la empresa. Los resultados obtenidos de las entrevistas aplicadas se detallan en la Tabla N° 04.

Las conclusiones que se pueden obtener a partir del análisis de la Tabla N° 04 se detallan a continuación:

**Pregunta N° 01:**

**¿Cómo obtiene usted los rollos de tela arpillera de polipropileno para el proceso de desbobinado en la fábrica?**

De acuerdo a las personas entrevistadas, se determinó que las telas arpilleras de polipropileno en su totalidad son **ELABORADOS** dentro de la empresa.

**Pregunta N° 02:**

**Si la respuesta anterior es "COMPRA" responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente, ¿Cuál es la inversión realizada?**

Debido que la respuesta anterior fue **"ELABORA"**, esta pregunta no fue contestada.

**Tabla 4**
*Resumen de los resultados de las entrevistas*

| | Preguntas | Juan Carlos Montenegro | José Cadenillas Bustamante | Eber Rivas Rodríguez | Henry Peralta Segura | Pedro Martinez Arteaga |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Académica e institucional | 1.- ¿Cómo se obtiene la tela arpillera de polipropileno? | Elabora | Elabora | Elabora | Elabora | Elabora |
| | 2.- Si la respuesta es compra responder indicar el precio | – | – | – | – | – |
| | 3.- ¿Si la respuesta a la pregunta N° 1 es "ELABORA" cuantos operarios designa para operar la maquina? | 1 Personas | 2 Personas | 2 Personas | 2 Personas | 2 Personas |
| | 4.- ¿Cuánto tiempo se deberá invertir para desbobinar una bobina madre de tela arpillera y cuanto está dispuesto a pagar? | 20 min<br>20 nuevos soles | 25 min<br>25 nuevos soles | 20 min<br>30 nuevos soles | 30 min<br>30 nuevos soles | 20 min<br>40 nuevos soles |
| | 5.- ¿Cuánto tiempo aproximado emplea la máquina para desenrollar 01 bobina madre de tela arpillera? | Entre 30 – 40min | Entre 40 – 50min | Entre 30 - 40min | Entre 30 – 40min | Entre 40 – 50min |
| | 6.- ¿Realiza usted un pago extra al operario para desbobinar bobinas madre de tela arpillera? | No | No | No | No | No |
| | 7.- Si la repuesta anterior es "SI", responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuánta paga al operario por el proceso de des desbobinado 1 bobinas madre de tela arpillera? | – | – | – | – | – |
| Diseño | 8.- ¿Le gustaría que el proceso de desbobinado sea más rápido y eficiente? | Si | Si | Si | Si | Si |
| | 9.- ¿Conoce usted la existencia de máquinas automática o semiautomáticas para el proceso de desbobinado de telas arpilleras? | Si | Si | Si | Si | Si |

***Fuente:*** Propia.

**Tabla 4**

*Resumen de los resultados de las entrevistas (continuación)*

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10.-¿Usted está de acuerdo diseñar o adquirir una máquina automática o semiautomática para el procedo de desbobinado de telas arpilleras? | Si | Si | Si | Si | Si |
| | 11.-¿En caso de existir una máquina más eficiente y de menor tamaño, estaría dispuesto a adquirirla? | Si | Si | Si | Si | Si |
| **Diseño** | 12.- En su opinión ¿Qué características debería poseer una máquina desbobinadora de rollos de telas arpilleras? | Largo (L): 5 m<br>Ancho (A): 4 m<br>Alto (H): 3 m<br>Color: Azul<br>Materiales: acero | Largo (L): 5 m<br>Ancho (A): 4 m<br>Alto (H):3 m<br>Color: Azul<br>Materiales: acero<br>Mecanismos: guardas, pistones neumáticos | Largo (L): 4 m<br>Ancho (A): 4 m<br>Alto (H): 2.5m<br>Color: Plomo<br>Materiales: acero<br>Mecanismos: guardas, templadores, celdas de tensión, evaluador de rollo | Largo (L): 4 m<br>Ancho (A): 3.5 m<br>Alto (H):2 m<br>Color: Azul<br>Materiales: acero<br>Mecanismos: guardas, pistones neumáticos | Largo (L): 4 m<br>Ancho (A): 4 m<br>Alto (H): 3 m<br>Color: Crema<br>Materiales: acero, hierro<br>Mecanismos: guardas |
| | 13.-¿Qué condiciones de seguridad desearía usted para esta máquina? | Sensores de emergencia, guardas protectoras, cuerdas de emergencia, sistema de alarmas | Manual de principios de funcionamiento, guardas protectoras | Guardas protectoras que cubran toda la máquina, pulsadores de emergencia con cuerda, sirena de alarmas. | Guardas protectoras, pulsadores de emergencia | Que este bien en sus conexión eléctrica, motor para palas para rollos, manuales de buen uso |
| **Económica** | 14.-¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una máquina que realice los trabajos de desbobinado de una manera rápida y eficiente? | Entre S/10,000 – S/20,000 | Entre S/20,000 – S/35,000 | Entre S/20,000 – S/35,000 | Entre S/10,000 – S/20,000 | Entre S/20,000 – S/35,000 |
| | 15.- Según su conocimiento ¿En cuánto tiempo debería recuperarse la inversión de diseñar o adquirir una desbobinadora de telas arpilleras para hacerla deseable? | Entre 2 – 4 meses | Entre 4 – 12 meses | Entre 4 – 12 meses | Entre 2 – 4 meses | Entre 4 – 12 meses |

***Fuente:*** Propia.

**Pregunta N° 03:**

**Si la respuesta a la pregunta Nº 1 es "ELABORA" ¿Cuántos operarios designa usted para maniobrar la máquina desbobinadora de telas arpilleras de polipropileno?**

De las 05 entrevistas realizadas, 04 personas manifestaron que deben asignar 02 operarios para los trabajos correspondientes al proceso de desbobinado.

**Pregunta Nº 04:**

**¿Cuánto tiempo se deberá invertir para desbobinar una bobina madre de tela arpillera y cuanto está dispuesto a pagar? Explique.**

El tiempo promedio que la máquina demora para desenrollar una bobina madre de 1000 metros es de 20 a 30 minutos, esto dependerá de las fallas y de la calidad de la tela. El precio promedio considerado a pagar por bobina es S/ 20.00 a S/ 40.00 nuevos soles.

**Pregunta Nº 05:**

**¿Cuánto tiempo aproximado emplea la máquina actual para desenrollar 01 bobina madre de tela arpillera?**

Según las entrevistas realizadas, el tiempo empleado por la máquina es de 25 a 30 minutos aproximadamente.

**Pregunta Nº 06:**

**¿Realiza usted un pago extra al operario para desbobinar bobinas madre de tela arpillera?**

De todos los interrogados, su respuesta a esta pregunta es que la empresa no realiza pagos extras para desbobinar telas arpilleras.

**Pregunta Nº 07:**

**Si la repuesta anterior es "SI", responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuánta paga al operario por el proceso de des desbobinado 1 bobinas madre de tela arpillera?**

No se respondió a esta pregunta, debido a que la empresa no realiza pagos extras para desbobinar telas arpilleras.

**Pregunta Nº 08:**

**¿Le gustaría que el proceso de desbobinado sea más rápido y eficiente?**

Según las encuestas revisadas, los entrevistados están de acuerdo que el proceso de desbobinado se realice de manera más eficiente, llegando alcanzar los estándares de producción y calidad.

**Pregunta N° 09**

**¿Conoce usted la existencia de máquinas automáticas o semiautomática para el proceso de desbobinado de telas arpilleras?**

Los entrevistados si tienen conocimiento de existencia de máquinas desbobinadoras automáticas o semiautomáticas siendo estas fabricadas en el extranjero.

**Pregunta Nº 10:**

**¿Usted está de acuerdo en diseñar o adquirir una máquina automática o semiautomática para el proceso de desbobinado de telas arpilleras?**

Todos los entrevistados conocen distintos tipos y modelos de máquinas desbobinadoras para diferentes procesos tales como textiles y de papel.

**Pregunta N° 11:**

**¿En caso de existir una máquina más eficiente y de menor tamaño, estaría dispuesto a adquirirla?**

Los márgenes de ganancias de la empresa se verán reflejado en inversión y tiempos que conlleva a obtener el producto final, por lo tanto, las personas entrevistadas no dudaron en adquirir o requerir una máquina que realice los procesos de una manera más eficiente.

**Pregunta Nº 12:**

**En su opinión ¿Qué características debería poseer una máquina desbobinadora de rollos de telas arpilleras?**

Las respuestas a la interrogante se encuentran resumidas en la Tabla 5.

**Pregunta 13:**

**¿Qué condiciones de seguridad desearía usted para esta máquina?**

Los participantes consideran e inciden que la máquina debe mostrar confiabilidad y seguridad en el momento de los procesos diarios, de los cuales ellos hacen hincapié que esta máquina deberá ser equipada con guardas protectoras, pulsadores de emergencia además de tener una sirena de alarma para cualquier eventualidad.

**Tabla 5**
*Resumen – características de una máquina desbobinadora*

| N° de Entrevistado | Largo | Ancho | Alto | Color | Materiales |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 1.5 | 1.5 | Azul | Metal |
| 2 | 3.5 | 1.5 | 1 | Azul | Metal |
| 3 | 3.5 | 2 | 1.5 | Plomo | Acero, metal |
| 4 | 4 | 4 | 3 | Azul | Metal |
| 5 | 2.5 | 1.5 | 4 | Crema | Metal |

***Fuente:*** Propia.

**Pregunta Nº 14:**

**¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una máquina que realice los trabajos de desbobinado de una manera rápida y eficiente?**

La mayoría de los entrevistados están dispuestos a pagar entre S/ 20,000.00 a S/ 35,000.00 soles.

**Pregunta N° 15:**

**Según su conocimiento ¿En cuánto tiempo debería recuperarse la inversión de diseñar o adquirir una desbobinadora de telas arpilleras para hacerla deseable?**

Los entrevistados consideran que la inversión de diseñar y construir una máquina deberá ser recuperará en un intervalo de tiempo de 4 a 12 meses.

## 3.2. Selección de la mejor configuración de diseño según conceptos alternativos, utilizando criterios ponderados

### 3.2.1. Alternativas de solución.

Se propone posibles alternativas de solución competentes para satisfacer las necesidades de la empresa, teniendo cada alternativa características mecánicas y

estructurales únicas para realizar el proceso de desbobinado. Las alternativas de solución se muestran a continuación.

#### *3.2.1.1.Diseño Conceptual 01.*

Para este concepto nos basamos en una máquina de modelo comercial CSB-PC2000, desarrollada por la empresa SUNGBOXMC (SUNGBOKMC, 2018), la máquina se divide en tres pasos (Cuchilla Pinching, Rodillo de Calefacción, Filtro Nomax Sin Fin), para hacer varios ajustes, la máquina cuenta con una capacidad eléctrica 15kv, un controlador táctil de velocidades de trabajo 2m/min, teniendo las siguientes dimensiones ( Ancho (A) 2980 mm, Altura (H) 1200 mm, longitud (L) 2100 mm), pesa 900 Kg, cuenta con un indicador automático de temperatura $\mp$ 2% y un control de velocidades. El mecanismo para este concepto se considera en la figura 24.

**Ventajas:**

Las ventajas que presenta el concepto 01 inspirado en la máquina modelo comercial CSB-PC2000, el diseño es adaptado a las condiciones de trabajo en alta velocidad y baja velocidad, el modelo de máquina cuenta con un control de velocidad (Arriba, Abajo), es adaptable para realizar varios ajustes mecánicos y cuenta con un control táctil.

**Desventajas:**

Las desventajas que presenta el concepto 01, con respecto a la máquina modelo comercial CSB-PC2000 es; el costo de esta máquina es muy elevado, por otro lado, su traslado es dificultoso por ser una máquina extranjera perteneciente al continente asiático.

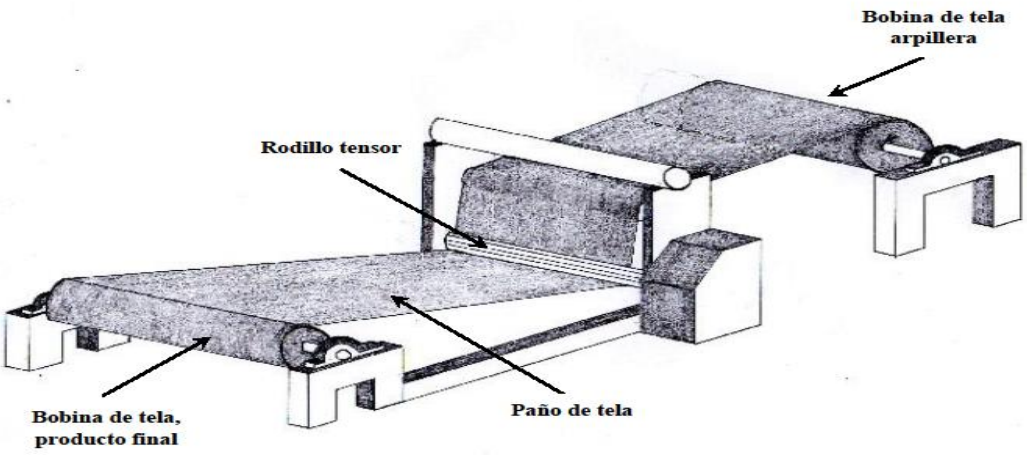



***Figura 23:*** Prototipo - concepto 01.
***Fuente:*** Adaptado de (SUNGBOKMC, 2018).

### *3.2.1.2.Diseño Conceptual 02.*

Como alternativa de solución a la necesidad de la empresa, se tomó como modelo el nuevo desenrollado de superficie, este cuenta con todas las características probadas del modelo EP Shaftless unwind. El soporte es sin eje y elevador de rodillos, puede configurarse para rollos pequeños o hasta 4.5 toneladas rollo. El diseño de elevación con rodillo sin eje elimina las lesiones de la espalda relacionadas con el eje y acelera los cambios de los rodillos de manera significativa, lo que permite una mayor producción diaria.

El impulsor de superficie modelo GB está integrado con el soporte de base para proporcionar una solución completa y compacta impulsada por la superficie. Un disco de superficie es ideal para materiales ligeros que son extensibles o demasiado ligeros para ser acelerados a la velocidad deseada por los métodos tradicionales de desenrollado. Bailar y retroalimentación de celda de carga está disponible. (Machine desing specialists powell engineering, 2012).

**Ventajas:**

De acuerdo a su diseño estructural este posee un fácil acceso de la bobina madre implicando un menor esfuerzo para el operario, además puede soportar una masa de 4.5 ton. Haciendo que la producción sea aún mayor.

**Desventajas:**

La inversión de adquisición es elevada, además de ser una máquina extranjera lo que hace que el tiempo de entrega sea largo, debido a su estructura robusta por la gran cantidad de peso que puede soportar su movilización es dificultosa.

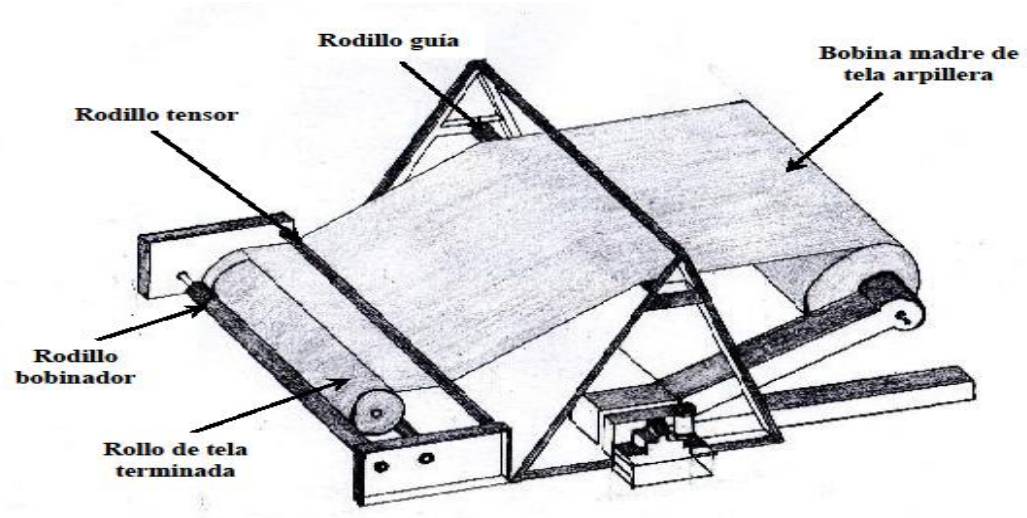



***Figura 24:*** Prototipo - concepto 02.
***Fuente:*** Adaptado de (SUNGBOKMC, 2018).

### *3.2.1.3.Diseño Conceptual 03.*

Para satisfacer las necesidades de la empresa se inspiró en una máquina automática de relleno de papel, Advantage Machinery Modelo RPSF, siendo fabricada con la más moderna y alta tecnología teniendo componente de alta calidad, el papel parte de la

bobina entrando a la RPSF donde es impreso flexográficamente a través de una torre de rodillos.

Luego pasa por la unidad rotativa de planchado donde es perforado, de allí se corta con un cuchillo de corte rotativo y se introduce en los grupos. Una unidad opcional está disponible para la inserción de la hoja superior o separadores. El grupo es transportado a la sección de corte, donde se corta el papel de relleno de tamaño final. Los grupos de mesa entrega el papel de relleno en la cantidad deseada. Podemos ofrecerle una máquina según sus requerimientos o necesidades para su solución automática de papel de relleno. (GARRIDO, 2018).

**Ventajas:**

Basándose y tomando como modelo a una máquina automática de relleno de papel, Advantage Machinery Modelo RPSF, conforme a su diseño estructural está se adapta a las condiciones de trabajo ergonómicas, cuenta con fácil acceso para ingresar y retirar la bobina principal y bobina secundaria, sistema de tensión consiste esto se obtiene por su diseño estructural.

**Desventajas:**

Teniendo como modelo la siguiente máquina automática de relleno de papel, Advantage Machinery Modelo RPSF, dificultad al extraer la bobina del producto final, la mayoría de este tipo de máquinas con extranjeras su costo de inversión es elevado, siendo un producto extranjero, estos generan largos periodos de tiempos de retraso.

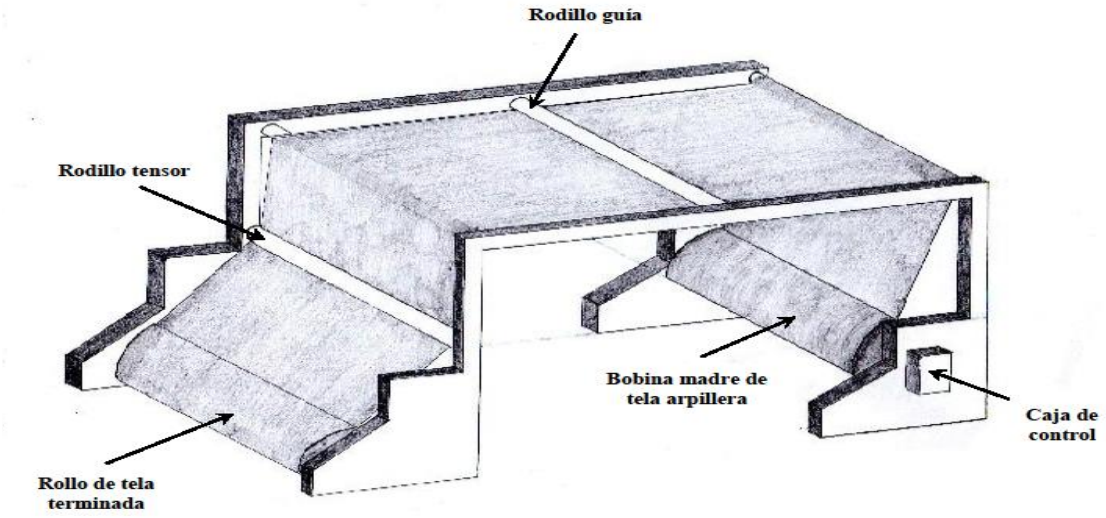



***Figura 25:*** Prototipo - concepto 03.
***Fuente:*** Adaptado de (SUNGBOKMC, 2018).

### *3.2.1.4.Diseño Conceptual 04.*

Con la finalidad de cumplir con las expectativas de la empresa, nos basamos en el modelo de una máquina de corte y rebobinado de papel, teniendo bobinas cortadoras que son utilizadas en papel, espuma y aplicación de etiquetas, su propósito general de la máquina, sobre todo en la parte económica es el corte y bobinado de productos con un espesor uniforme pudiendo tolerar la presión de contacto, según al modelo de cortadoras estas tienen la capacidad de configurarse con múltiples tipos de sistemas de corte con los más típicos. (Mani Nagar, s.f.).

**Ventajas:**

La máquina rebobinadora de corte longitudinal, respaldada por un equipo profesional capacitados en la industria para la fabricación de este tipo de máquinas altamente funcionales, da la calidad y garantía de la máquina, teniendo la tecnología apropiada para el desempeño de su funcionamiento, de acorde a su configuración facilita al operario el ingreso y ubicación del bobina principal a desbobinar, acabados finos,

operación suave y fácil, variador de velocidad, sistema de corte adaptable con los sistemas más comerciales.

**Desventajas:**

De acuerdo a su configuración, diseño de la máquina y los componentes utilizados, su costo de inversión es elevado, costo de mantenimiento alto, servicio técnico y repuesto son obtenidos del extranjero.

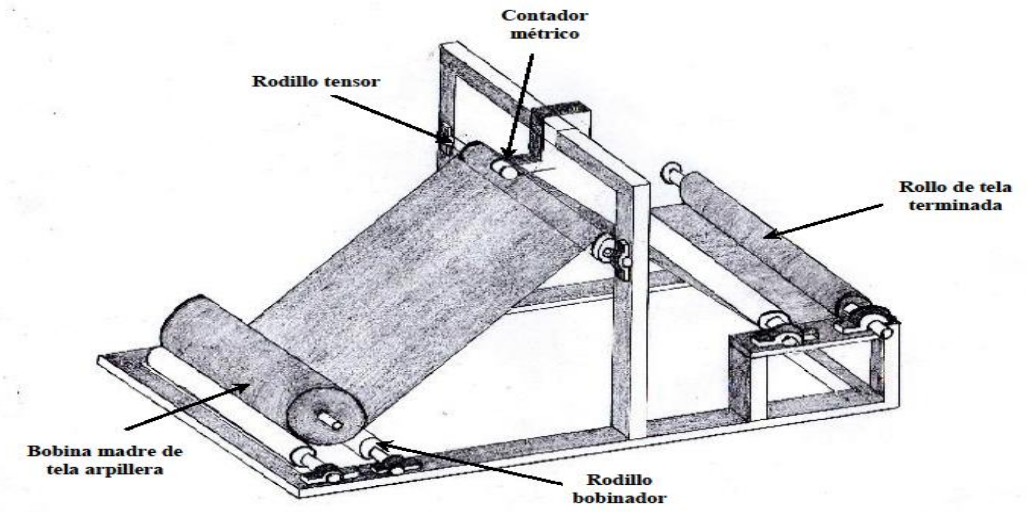



***Figura 26:*** Prototipo - concepto 04.
***Fuente:*** Adaptado de (SUNGBOKMC, 2018).

### *3.2.1.5.Diseño Conceptual 05.*

Con la finalidad de satisfacer las exigencias de la fábrica, se cogió como modelo a una máquina rebobinadora de corte longitudinal, con la intensión de las mejores condiciones de trabajo, esta máquina tiene la simplicidad en un tamaño más reducido, se redujo el peso y el espacio que esta ocupa, en comparación con el modelo original. Además, la máquina realiza el cortado del rollo de papel en las cantidades requeridas y en la forma sin arrugas, pudiendo ser utilizada como máquina de corte (en el proceso de corte), rebobinadora de láminas textiles y plásticos en diversas industrias teniendo la

peculiaridad de cambiar sus componentes de corte adaptándose a la necesidad requeridas. (Rajvanshi, 2017).

**Ventajas:**

De acuerdo a las modificaciones realizadas a la máquina convencional, está utiliza el mecanismo de Ginebra, convirtiendo el movimiento circular continuo en movimiento circular intermitente, el costo de mantenimiento y servicio es bajo, debido a sus dimensiones ya que ocupa una menor área en el piso, adecuado para industrias de pequeña escala, utiliza un motor de inducción, su sistema de poleas en "V", ofrece una mejor combinación de tracción y, velocidad de movimiento y una larga vida útil.

**Desventajas:**

Respecto a sus modificaciones estructurales la máquina no es ideal para industrias a gran escala, dificultad al ingresar la bobina principal, de acorde a su configuración no se tiene una tensión de la tela en el proceso de enrollado, siendo una máquina extranjera su costo de inversión es elevado.

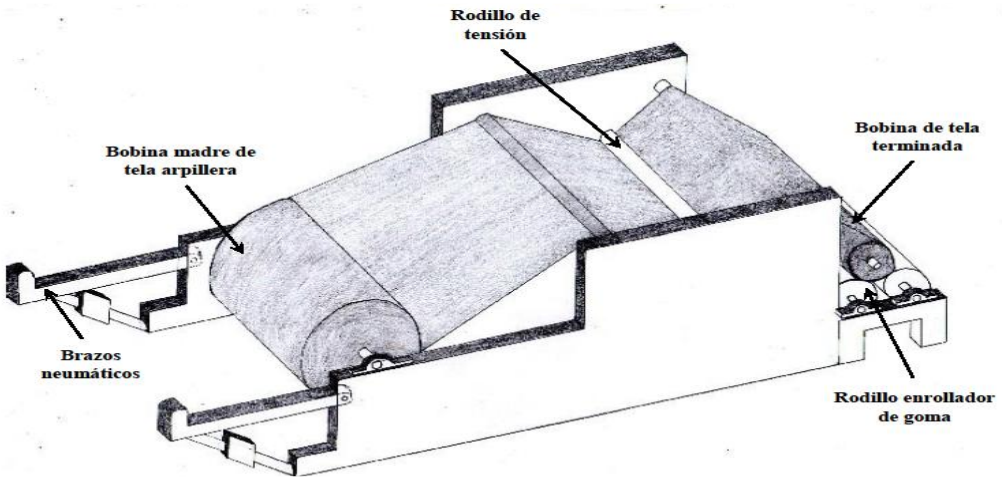



***Figura 27:*** Prototipo - concepto 05.
***Fuente:*** Adaptado de (SUNGBOKMC, 2018).

### 3.2.2. Determinación de Criterios Ponderados y alternativas de solución.

Para la evaluación de diseño de la máquina desbobinadora se tomó en cuenta los criterios del anexo N° 07, realizado mediante una matriz de selección. Siendo los criterios estratégicos a evaluar los siguientes.

#### *3.2.2.1.Mantenimiento.*

De acuerdo a la necesidad y la facilidad de realizar un apropiado mantenimiento preventivo en el menos tiempo posible, se consideró como un criterio de evaluación.

#### *3.2.2.2.Consumo de Energía.*

Nos permite evaluar el gasto total de energía utilizada durante el funcionamiento de la máquina.

#### *3.2.2.3.Tamaño.*

Esto permite evaluar las dimensiones de una máquina logrando un diseño estructural estratégico.

#### *3.2.2.4.Costo.*

Siendo unos de los criterios más importantes, permitiendo evaluar la inversión inicial que se tendrá que cubrir para la fabricación u obtener una máquina desbobinadora.

### *3.2.2.5.Seguridad.*

Este criterio permitirá evaluar las medidas se seguridad que serán aplicadas al diseño de la Máquina Desbobinadora de telas Arpilleras.

De acuerdo a los indicadores, se eligieron los criterios más relevantes, siendo esta obtenida mediante una puntuación de una matriz de selección ponderada, indicando que el diseño conceptual N° 05, es el más óptimo, por lo tanto, dicho concepto será tomado como base para brindar solución al diseño paramétrico. Los resultados de la selección de la alternativa más óptima se encuentran en la Tabla 8.

### *3.2.2.6.Aclaración.*

La matriz de selección ponderada está compuesta por los criterios de selección de acuerdo a la importancia según las recomendaciones de diseño especificadas en la Tabla 6. Siendo estos criterios: mantenimiento, durabilidad, consumo de energía, tamaño, costo y seguridad. Además, se agregó una calificación en porcentaje de cada uno de los criterios y una puntuación de grado de satisfacción que fue designado a cada concepto de la siguiente forma.

Insatisfecho (2), satisfecho (4), muy satisfecho (6), se muestran a la Tabla 6, obteniendo la puntuación ponderada mediante un breve cálculo del porcentaje por el grado de satisfacción.

**Tabla 6**
*Ponderado de los criterios*

| INDICADORES | |
|---|---|
| **CRITERIO** | **PONDERADO (%)** |
| Mantenimiento | 30 |
| Consumo de Energía | 20 |
| Tamaño | 10 |
| Costo | 30 |
| Seguridad | 10 |
| **TOTAL** | **100** |

**Fuente:** Propia.

**Tabla 7**
*Grado de satisfacción*

| INDICADORES | |
|---|---|
| **GRADO DE SATISFACCIÓN** | **PUNTUACIÓN** |
| Insatisfecho | 2 |
| Satisfecho | 4 |
| Muy satisfecho | 6 |

**Fuente:** Propia.

**Tabla 8**
*Selección de alternativa optima mediando matriz de valores ponderados*

| **DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA** | | **CONCEPTO N° 01** | | **CONCEPTO N° 02** | | **CONCEPTO N° 03** | | **CONCEPTO N° 04** | | **CONCEPTO N° 05** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CRITERIO** | **Pond (%)** | **P** | **PP** | **P** | **PP** | **P** | **PP** | **P** | **PP** | **P** | **PP** |
| MANTENIMIENTO | 30 | 4 | 1.20 | 4 | 1.20 | 6 | 1.80 | 4 | 1.20 | 6 | **1.80** |
| CONSUMO DE ENERGÍA | 20 | 4 | 0.80 | 4 | 0.80 | 4 | 0.80 | 2 | 0.40 | 6 | **1.20** |
| TAMAÑO | 10 | 6 | 0.60 | 4 | 0.40 | 6 | 0.60 | 4 | 0.40 | 6 | **0.60** |
| COSTO | 30 | 2 | 0.60 | 4 | 1.20 | 4 | 1.20 | 6 | 1.80 | 4 | **1.20** |
| SEGURIDAD | 10 | 2 | 0.20 | 4 | 0.40 | 2 | 0.20 | 2 | 0.20 | 6 | **0.60** |
| **TOTAL** | 100 | 18 | 3.40 | 20 | 4.00 | 22 | 4.60 | 28 | 4.00 | 18 | **5.40** |

*Nota:* Pond = Ponderado, P = Puntuación, PP = Puntuación ponderada

**Fuente*:*** Propia

### 3.2.3. Diseño de Configuración.

Se desarrolló el diseño de configuración general de la máquina mediante los siguientes esquemas, los cuales determinan el proceso de selección del croquis de la colocación de la bobina madre en la máquina.

Para el cual tenemos un propósito claro de continuar con el proceso de diseño según (Eggert,2010 y Dieter, Otros,2000). Se determinan las siguientes configuraciones para la selección mediante una matriz ponderada para la mejor alternativa en cuanto a la ubicación y colocación de la bobina madre en la máquina para su correcta actividad.

#### *3.2.3.1.Configuración N° 01.*

El prototipo está compuesto por tres partes, donde a la entrada del proceso tiene unos brazos articulados, los cuales son accionados por unos pistones neumáticos que están ubicados desde la base del chasis hasta el nivel ideal para la posición de trabajo de la bobina principal. La segunda parte de la estructura tiene la función de guiar y mantener la tensión adecuada de la tela mediante un rodillo que a la vez servirá de soporte para el sistema medidor de la máquina, luego pasará a la tercera y última parte del diseño de la máquina donde se tiene una geometría rectangular que servirán de apoyados para los ejes que harán el proceso de embobinado. La estructura y su ensamblaje es asequible, además se tiene la libertad o espacio suficientes para maniobrar las bobinas madre. El diseño de chasis para una máquina desbobinadora de telas arpilleras se observa en la figura 28.

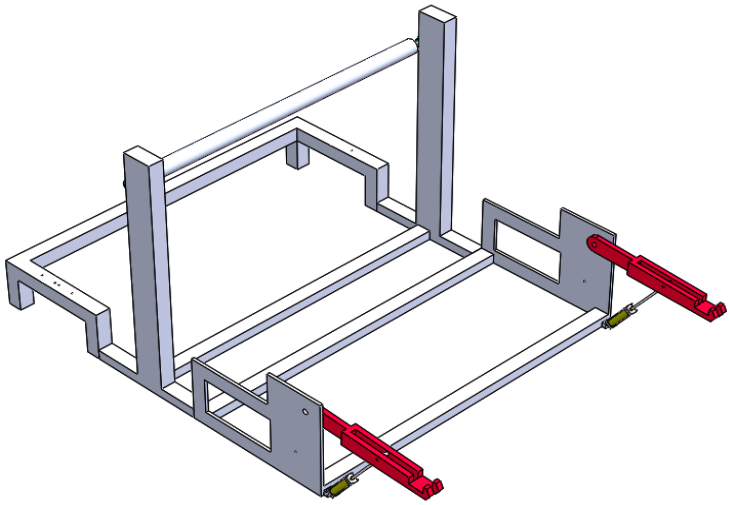


***Figura 28:*** Configuración N° 01.
***Fuente:*** Propia.

### *3.2.3.2.Configuración N° 02.*

La estructura de la máquina desbobinadora de telas arpilleras, en la entrada del proceso de desenrollado tiene unos brazos articulados en forma de "Z" los cuales son accionados por unos pistones neumáticos que están ubicados desde la base del chasis hasta el nivel ideal para la posición de trabajo de la bobina principal, esta configuración optimiza el espacio dejando un área más libre por debajo de los brazos articulados. La segunda parte de la estructura tiene la función de guiar y mantener la tensión adecuada de la tela mediante un rodillo que a la vez servirá de soporte para el sistema medidor de la máquina, luego pasará a la última parte del diseño donde se tiene una geometría rectangular que servirán de apoyados para los ejes que harán el proceso de embobinado. El diseño de chasis para una máquina desbobinadora de telas arpilleras se observa en la figura 29.

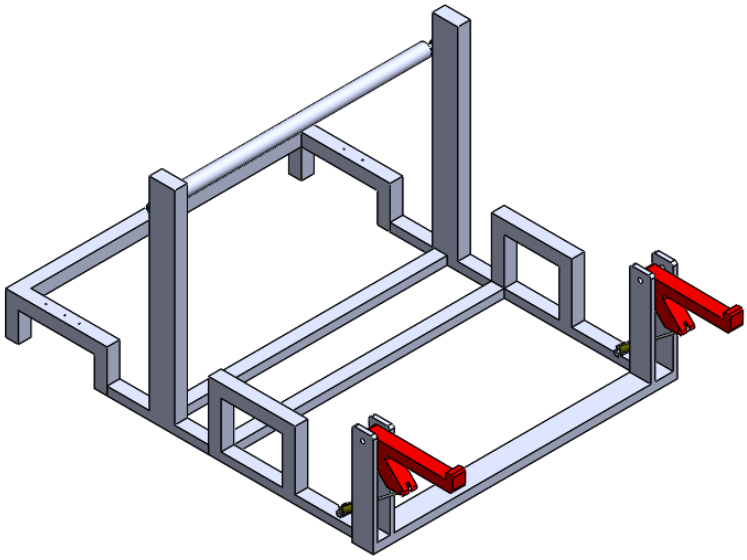


***Figura 29:*** Configuración N° 02.
***Fuente:*** Propia.

### *3.2.3.3.Configuración N° 03.*

La estructura de la máquina desbobinadora de telas arpilleras consiste, en la entrada tener una base más robusta y con un área más amplia de apoyo, con un sistema de brazos articulados unidos entre sí por una barra estabilizadora que están unidas al chasis en la parte superior siendo accionadas por unos pistones neumáticos que esta ubicados a la mitad de la longitud de los brazos permitiendo recoger las bobinas desde el punto más bajo. La segunda parte de la estructura tiene la función de guiar y mantener la tensión adecuada de la tela mediante un rodillo que a la vez servirá de soporte para el contador métrico, luego pasará a la tercera parte del diseño donde se tiene una geometría rectangular que servirán de apoyados para los ejes que harán el proceso de bobinado. El diseño de chasis para una máquina desbobinadora de telas arpilleras se observa en la figura 30.

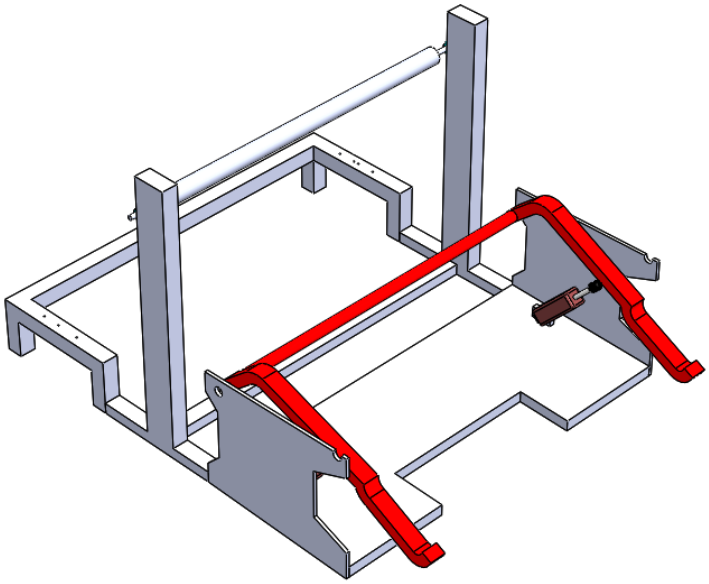


***Figura 30:*** Configuración N° 03.
***Fuente:*** Propia.

Mediante una matriz de selección se desea obtener la configuración optima, los cuales se muestran en la Tabla 8, según la importancia de cada configuración se le asignó una ponderación para los diferentes criterios. La puntuación dada para cada concepto se determinó de la siguiente manera: Insatisfecho (02), Satisfecho (04), Muy satisfecho (06). La puntuación ponderada es multiplicada por el porcentaje del grado de satisfacción.

**Tabla 9**
*Selección de configuración optima mediando matriz de valores ponderados*

| CONFIGURACIÓN DE CHASIS DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA | | CONFIGURACIÓN N° 01 | | CONFIGURACIÓN N° 02 | | CONFIGURACIÓN N° 03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CRITERIO** | **Pond(%)** | **P** | **PP** | **P** | **PP** | **P** | **PP** |
| TAMAÑO | 30 | 4 | 1.2 | 4 | 1.2 | 4 | **1.2** |
| CANTIDAD DE MATERIAL | 30 | 4 | 1.2 | 4 | 1.2 | 2 | **0.6** |
| SOPORTE DE BOBINA | 40 | 2 | 0.8 | 4 | 1.6 | 6 | **2.4** |
| **TOTAL** | 100 | 10 | 3.2 | 12 | 4 | 12 | **4.2** |

*Nota:* Pond = Ponderado, P = Puntuación, PP = Puntuación ponderada
**Fuente*:*** Propia

### 3.2.4. Dimensionamiento de la Estructura de la Máquina.

Después de haber finalizado los diseños conceptuales y de configuración para la máquina desbobinadora de telas arpilleras de polipropileno, se procedió a definir las medidas generales del equipo. En este dimensionamiento se han considerado las tesis, investigaciones, normas de diseño, prácticas de diseño ingenieril, todas estas relacionadas al tema, algunas de estas están especificadas en el anexo N° 07.

Se consideraron para el presente diseño las siguientes configuraciones:

La máquina a diseñar contara con un ancho aprox. de 3.70 metros, por el mismo hecho que la empresa fabrica bobinas de telas arpilleras desde 2 metros a 3 metros de ancho, el ancho de la máquina está basadas en las especificaciones ingenieriles que va conjuntamente con las entrevistas realizadas.

El largo de la máquina es considerado una longitud de 5 a 5.5 metros aprox., las cuales están basados en las entrevistas elaboradas y las especificaciones ingenieriles, teniendo en cuenta las tensiones adecuadas para el embobinado y desbobinado de la tela arpillera.

Asimismo, la altura de la máquina desbobinadora estará determinada dentro de las condiciones adecuadas de operacionalidad y temas ergonómicos, por lo cual se ha considerado una medida factible de 1.5 metros de alto, facilitando en lo posible en el proceso de producción.

El diseño del brazo neumático está en función de las dimensiones y el peso de la bobina madre, teniendo estas dimensiones de 0.6 a 1.00 metros de diámetro exterior,

con la finalidad de cumplir con los requisitos de la empresa y garantizar su buen funcionamiento.

La máquina desbobinadora de telas arpilleras tiene como propósito desbobinar un rollo madre y a la vez bobinar según dimensiones requerimiento del cliente, teniendo la capacidad de medir la longitud adecuada en cada pedido, asimismo tiene la función de cortado.

En la figura 31, se detalla un esquema de la configuración optima de una máquina desbobinadora de telas arpilleras.

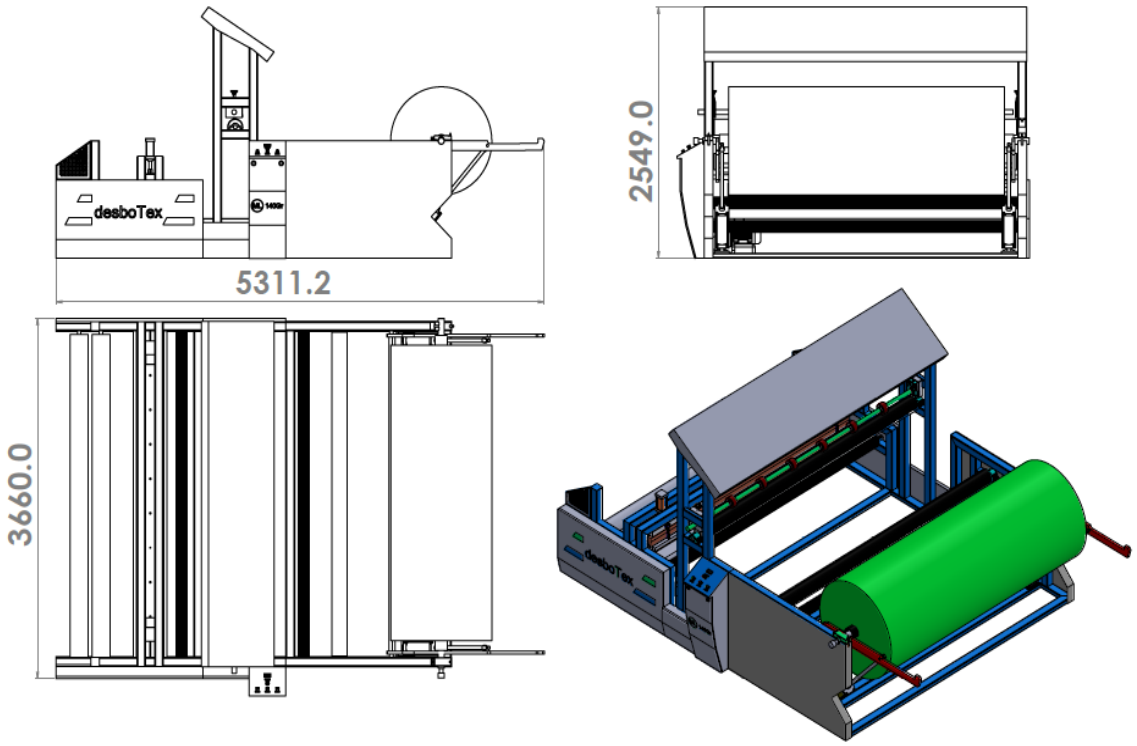



***Figura 31:*** Configuración optima de una Máquina Desbobinadora.
***Fuente:*** Propia, 2019.

## 3.3. Diseño paramétrico de acuerdo a las cargas aplicas y análisis estructural de las partes más críticas de la máquina

### 3.3.1. Alternativa de diseño seleccionada.

Del desarrollo de los diseños alternativos y el direccionamiento de la maquina desbobinadora de telas arpilleras de polipropileno cuenta con los siguientes sistemas. (ver figura 32).

- Sistema del desbobinado de la tela arpillera.
- Sistema de medición de la tela arpillera.
- Sistema de corte de la tela arpillera.
- Sistema de bobinado.

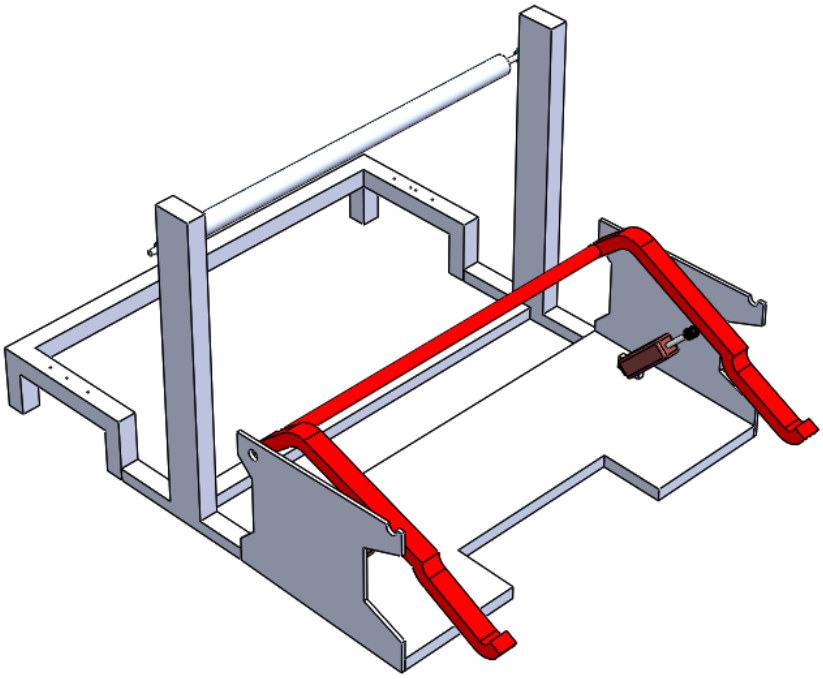


***Figura 32:*** Alternativa de diseño seleccionada.
***Fuente:*** Propia.

### 3.3.2. Cálculo de la potencia del motor.

#### *3.3.2.1. Cálculo de la inercia de la masa en movimiento.*

Con la finalidad de determinar la tensión necesaria para desenrollar la bobina madre, se procede a determinar el momento de inercia de un cuerpo, se tomará como referencia la geometría de los componentes en movimiento para el análisis, siendo estos elementos giratorios de forma cilíndrica (cilindros huecos).

En base a que la materia prima (bobina madre) es fabricada dentro de la empresa en los Telares circulares de plástico Jumbo Srtarlinger – modelo SBY-3400X12S (de 12 lanzaderas con ancho de tela de hasta 3.3 metros), se adoptó el mismo sistema de bobinado, teniendo las siguientes dimensiones mostradas en la Tabla 10; la empresa para la producción rollos de tela (bobina madre), utiliza como portador de la tela un tubo hueco de acero al carbono, sus especificaciones se observan en el anexo N° 08.

Los rollos de tela obtenidos de los telares circulares, tienen las siguientes medidas (Ver fig. 33); 3m de largo y un diámetro exterior e interior de 1.1m y 0.1143m respectivamente.

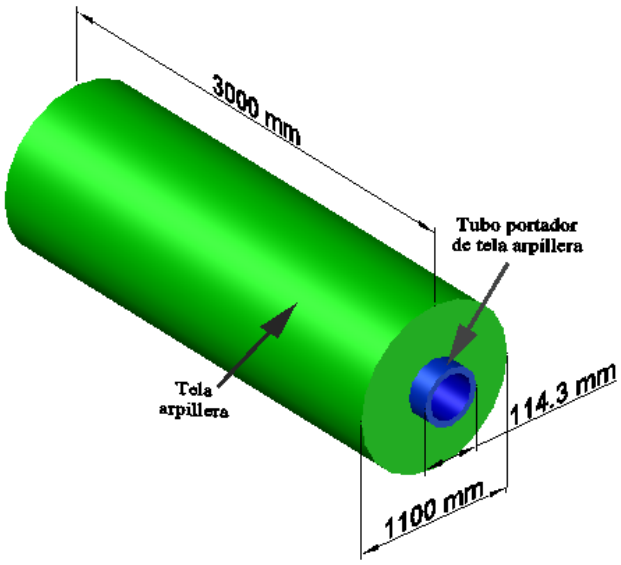



***Figura 33:*** Rollo de tela arpillera.
***Fuente:*** Propia, 2019.

**Tabla 10**
*Dimensiones de los rodillos*

| DIMENSIONES DE LOS RODILLOS | | | |
|---|---|---|---|
| **ELEMENTO** | **LONGITUD (m)** | **RADIO EXT. (m)** | **RADIO INT. (m)** |
| Tubo portador de la tela | 3.20 | 0.057 | 0.055 |
| Rodillo guía 01 | 3.50 | 0.08 | 0.05 |
| Rodillo tensor 01 | 3.50 | 0.08 | 0.05 |
| Rodillo guía 02 | 3.50 | 0.08 | 0.05 |
| Rodillo tensor 02 | 3.50 | 0.08 | 0.05 |
| Rodillo bobinador 01 | 3.50 | 0.10 | 0.05 |
| Rodillo bobinador 02 | 3.50 | 0.10 | 0.05 |
| Bobina de tela arpillera | 3.00 | 0.55 | 0.057 |

***Fuente**:* Propia, 2019.

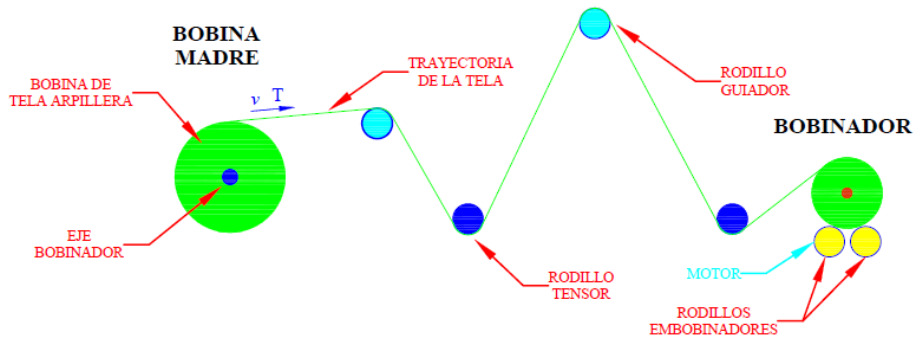



***Figura 34:*** Trayectoria del proceso de desbobinado.
***Fuente:*** Propio, 2019.

Para determinar el volumen de un cilindro hueco se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi}{4}(d^2{}_{ext} - d^2{}_{int}) \times L \qquad \ldots (Ec.\ 25)$$

Se procede a determinar el volumen en cada uno de los componentes giratorio de la máquina desbobinadora, tales como se muestran en la Tabla 10, del cual se puede

observar que los rodillos guiadores y tensores tienes las mismas dimensiones, se realizará el cálculo para uno de ellos siendo igual para los demás.

$$V_{rodillos\ guiadores\ y\ tensores} = \frac{\pi}{4}(0.16^2 - 0.1^2) \times 3.5$$

$$V_{odillos\ guiadores\ y\ tensores} = 0.0428827\ m^3$$

De la Tabla 10, se observa que los rodillos bobinadores 01 y 02 tienes las mismas dimensiones, teniendo ambos rodillos el mismo volumen.

$$V_{rodillos\ bobinadores} = \frac{\pi}{4}(0.2^2 - 0.1^2) \times 3.5$$

$$V_{rodillos\ bobinadores} = 0.0824668\ m^3$$

Para determinar la masa de cada componente giratorio se utilizará la siguiente ecuación:

$$m = V \times \rho \qquad \text{… (Ec. 26)}$$

Donde:

$m$: Masa del cuerpo en (kg).

$V$: Volumen en ($m^3$).

$\rho$: Densidad del material en ($kg/m^3$).

$L$: Ancho del cilindro en (m).

La masa del eje portador de la tela arpillera se determinar en función de la longitud y de la densidad del material (acero al carbono) $\rho = 12.20$ kg/m. (Ver anexo N° 08).

$$m_{tubo} = L_{tubo} \times \rho_{tubo}$$

$$m_{tubo} = 3.20 \times 12.20\ \text{kg/m} = 39.04\ \text{kg}$$

Determinamos la masa de los rodillos guiadores y tensores, teniendo el mismo valor los 04 rodillos.

$$m_{rodillos\ guiadores\ y\ tensores} = 0.0428827\ m^3 \times 7850\ kg/m^3$$
$$m_{rodillos\ guiadores\ y\ tensores} = 336.6295\ kg$$

Cálculo de masa para los rodillos bobinadores.

$$m_{rodillos\ bobinadores} = 0.0824668\ m^3 \times 7850\ kg/m^3$$
$$m_{rodillos\ bobinadores} = 647.3644\ kg$$

La masa de la bobina de tela arpillera estará en función del gramaje, la fábrica Procom S.A.C. trabaja con un gramaje máximo de $140\ gr/m^2$.

$$m_{bobina} = A_b \times L_b \times G_{tela}$$

$$m_{bobina} = 6m \times 1000m \times 140\ gr/m^2$$

$$m_{bobina} = 840\ kg$$

La inercia de un cilindro hueco está dada por la siguiente ecuación, de los cuales se procederá a determinar la inercia de los rodillos.

$$I = \frac{m}{2}(r^2{}_{ext} + r^2{}_{int}) \qquad \text{… (Ec. 27)}$$

Donde:

$I$ : Inercia de un cuerpo en $(Kg.m^2)$.

$d_{ext}$: Diámetro externo en (m).

$d_{int}$: Diámetro interno en (m).

$m$: Masa del cuerpo en (kg).

Cálculo de inercia para el tubo portador de la tela arpillera.

$$I_{tubo} = \frac{39.04\ kg}{2}((0.057m)^2 + (0.055m)^2)$$

$$I_{tubo} = 0.1225\ Kg.m^2$$

Cálculo de inercia para los rodillos guiadores y tensores.

$$I_{rodillos\ guiadores\ y\ tensores} = \frac{336.6295\ kg}{2}((0.08m)^2 + (0.05m)^2)$$

$$I_{rodillos\ guiadores\ y\ tensores} = 1.4980\ Kg.m^2$$

Cálculo de inercia para los rodillos bobinadores.

$$I_{rodillos\ bobinadores} = \frac{647.3644\ kg}{2}((0.1m)^2 + (0.05m)^2)$$

$$I_{rodillos\ bobinadores} = 4.0460\ Kg.m^2$$

Cálculo de inercia de bobina de tela arpillera.

$$I_{bobina\ de\ tela} = \frac{840\ kg}{2}((0.55m)^2 + (0.057m)^2)$$

$$I_{bobina\ de\ tela} = 128.415\ Kg.m^2$$

En la Tabla 11, se muestra el resumen de los cálculos realizados del volumen, masa e inercia del sistema de rodillos.

**Tabla 11**
*Resumen – Cálculo de Inercia de los rodillos del sistema*

| INERCIA DE LOS RODILLOS DEL SISTEMA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ELEMENTO** | **DENSIDAD (Kg/m3)** | **VOLUMEN ($m^3$)** | **MASA (kg)** | **INERCIA ($kg.m^2$)** |
| Tubo portador de la tela | | | 39.04 | 0.1225 |
| Rodillo guía 01 | 7850 | 0.0428827 | 336.6295 | 1.4980 |
| Rodillo tensor 01 | 7850 | 0.0428827 | 336.6295 | 1.4980 |
| Rodillo guía 02 | 7850 | 0.0428827 | 336.6295 | 1.4980 |
| Rodillo tensor 02 | 7850 | 0.0428827 | 336.6295 | 1.4980 |
| Rodillo bobinador 01 | 7850 | 0.0824668 | 647.3644 | 4.0460 |
| Rodillo bobinador 02 | 7850 | 0.0824668 | 647.3644 | 4.0460 |
| Bobina de tela arpillera | | | 840 | 128.415 |

***Fuente:*** Propia, 2019.

Se procede a encontrar la velocidad y aceleración angular, para luego encontrar el torque en cada componente del sistema de rodillos y finalmente determinar la potencia total necesaria para desenrollar la tela arpillera (Bobina madre).

Encontramos la velocidad angular en todos los componentes giratorios del sistema mediante la siguiente ecuación.

$$\omega = \frac{v}{r}$$

Donde:

$\omega$: Velocidad angular en (rad/s).

$v$: Velocidad de desenrollado en (m/s).

$r$: Radio exterior del rodillo en (m).

$$\omega_{tubo} = \frac{0.833}{0.057} = 14.62 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{rodillos\ guiadores\ y\ tensores} = \frac{0.833}{0.08} = 10.42 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{rodillos\ bobinadores} = \frac{0.833}{0.1} = 8.33 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{bobina\ tela\ arpillera} = \frac{0.833}{0.55} = 1.52 \text{ rad/s}$$

Cálculo de la aceleración angular del sistema de rodillos, de acuerdo a la ecuación:

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

Donde:

$\omega_0$: Velocidad angular inicial en ($rad/s$).

$\alpha$: Aceleración angular en ($rad/s^2$).

$t$: Tiempo de arranque (Segundos).

Se sabe que todo el sistema parte del reposo, del cual decimos que $\omega_0 = 0$, se consideró un tiempo de arranque de 1 segundo, despejando la aceleración angular tenemos:

$$\alpha = \omega/t$$

$$\alpha_{tubo} = 14.62\ rad/s/1\ s = 14.62\ rad/s^2$$

$$\alpha_{rodillos\ guiadores\ y\ tensores} = 10.42\ rad/s/1\ s = 10.42\ rad/s^2$$

$$\alpha_{rodillos\ bobinadores} = 8.33\ rad/s/1\ s = 8.33\ rad/s^2$$

$$\alpha_{bobina\ tela\ arpillera} = 1.52\ rad/s/1\ s = 1.52\ rad/s^2$$

Se procede a realizar el cálculo del torque del sistema de rodillos en función al momento de inercia y la aceleración angular, en función de la siguiente ecuación.

$$Torque = I \times\ \alpha$$

$$T_{tubo} = 0.1225\ Kg.m^2 \times\ 14.62\ rad/s^2\ = 1.790Nm$$

$$T_{rodillos\ guiadores\ y\ tensores} = 1.4980\ Kg.m^2 \times\ 10.42\ rad/s^2\ = 15.604\ Nm$$

$$T_{rodillos\ bobinadores} = 4.0460\ Kg.m^2 \times\ 8.33\ rad/s^2\ = 33.717Nm$$

$$T_{bobina\ tela\ arpillera} = 128.415\ Kg.m^2 \times\ 1.52\ rad/s^2\ = 194.568Nm$$

Finalmente encontramos la potencia en cada uno de los rodillos del sistema, de la ecuación tenemos:

$$P = T \times\ \omega$$

$$P_{tubo} = 1.790Nm \times\ 14.62\ \text{rad/s}\ = 26.177\ W$$

$$P_{rodillos\ guiadores\ y\ tensores} = 15.604Nm \times\ 10.42\ \text{rad/s}\ = 162.544\ W$$

$$P_{rodillos\ bobinadores} = 33.717Nm \times\ 8.33\ \text{rad/s}\ = 208.974\ W$$

$$P_{bobina\ tela\ arpillera} = 194.568Nm \times\ 1.52\ \text{rad/s}\ = 294.799\ W$$

En la Tabla 12, se muestra un resumen de los cálculos del torque y la potencia necesario para mover el sistema y poder desbobinar la tela arpillera.

**Tabla 12**
*Resumen del Cálculo de toque y potencia.*

| **Datos** | | |
|---|---|---|
| **Material** | **Densidad (*p*)** | **Unidades** |
| Acero AISI 1020 | 7850 | kg / m$^3$ |
| **Descripción** | **Valor** | **Unidad** |
| Tiempo de arranque | 1 | s |
| Velocidad de desenrollado | 50 | m/min |
| | 0.833 | m/s |

| **CALCULO DE LA POTENCIA** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ELEMENTO** | **Velocidad angular (rad/s)** | **Aceleración angular (rad/s$^2$)** | **Torque (N.m)** | **Potencia (W)** |
| Tubo portador de la tela | 14.62 | 14.62 | 1.790 | 26.177 |
| Rodillo guía 01 | 10.42 | 10.42 | 15.604 | 162.544 |
| Rodillo tensor 01 | 10.42 | 10.42 | 15.604 | 162.544 |
| Rodillo guía 02 | 10.42 | 10.42 | 15.604 | 162.544 |
| Rodillo tensor 02 | 10.42 | 10.42 | 15.604 | 162.544 |
| Rodillo bobinador 01 | 8.33 | 8.33 | 33.717 | 280.974 |
| Rodillo bobinador 02 | 8.33 | 8.33 | 33.717 | 280.974 |
| Bobina de tela arpillera | 1.52 | 1.52 | 194.568 | 294.799 |
| | | **Potencia total (w)** | | **1,533.10** |
| | | **Torque total (N.m)** | | **326.21** |

***Fuente**:* Propia, 2019.

De la Tabla 12, sumando todos los valores de cada sistema, se obtiene la potencia necesaria para el proceso de desbobinado 1,533.10 W siendo equivalente a 2.06 Hp. Se seleccionó un factor de seguridad adecuado de 1.5, considerando aspectos como, tensión defectuosa de la cadena, horas de trabajos prolongadas, teniendo una potencia

de 3.08 Hp, por temas comerciales se seleccionó un motor reductor de 3Hp con una velocidad de salida de 35 RPM en la marca SEW-EURODRIVE. (Ver anexo 09).

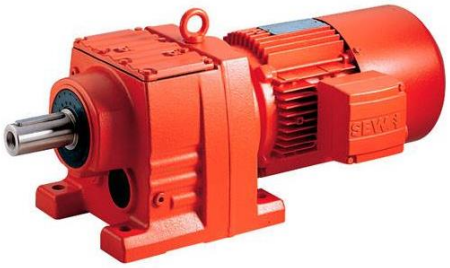


***Figura 35:*** Motor reductor SEW - EURODRIVE.
***Fuente:*** *(world, 2018)*

### 3.3.3. Dimensionamiento del eje de soporte de la bobina madre.

Se consideró que el eje de soporte (principal) deberá ser capaz de resistir a las cagas ejercidas por la bobina madre, el peso de la bobina está considerada en base al gramaje de la tela arpillera y el tubo en el cual es enrollada la tela.

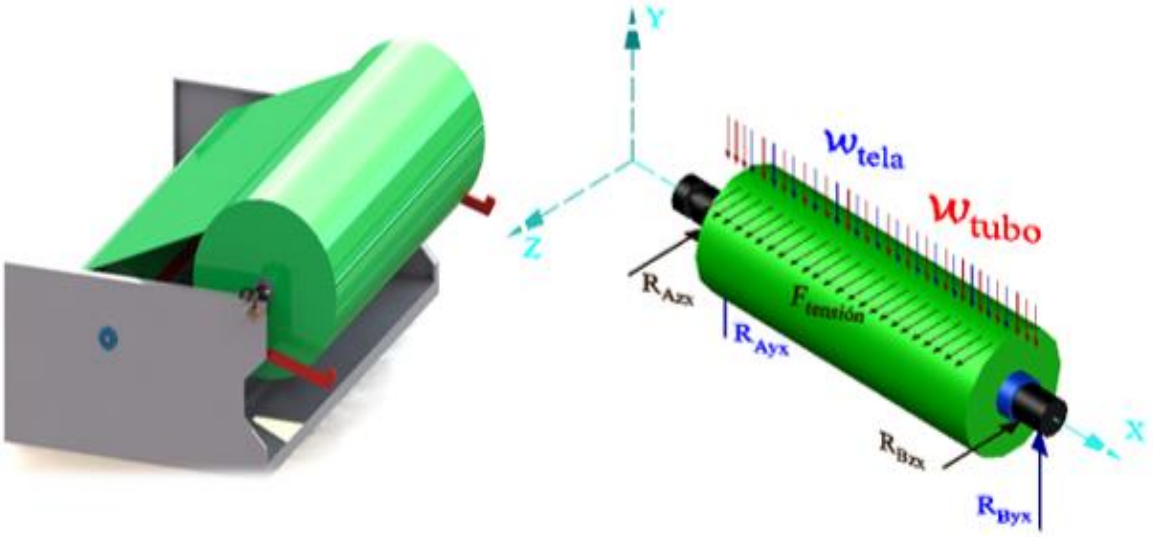



***Figura 36:*** Cargas actuantes en el eje de soporte.
***Fuente:*** Propia, 2019.

### *3.3.3.1. Fuerzas que actúan en el plano y – x.*

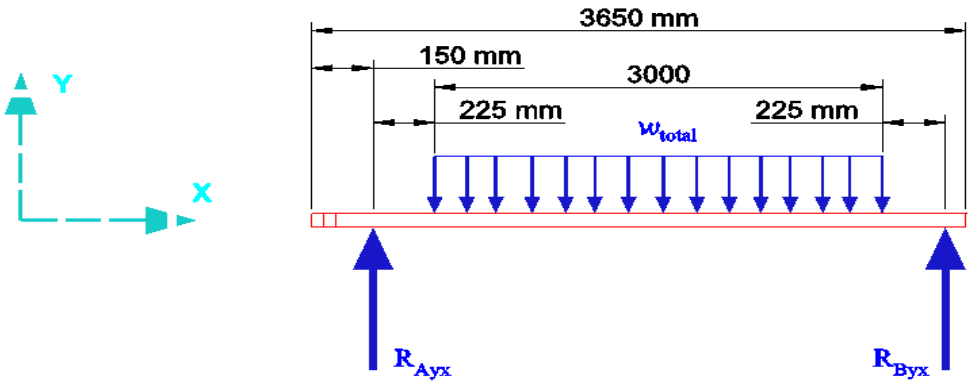



***Figura 37:*** Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que actúan en el eje de soporte de la bobina madre.
***Fuente:*** Propia.

El peso de la bobina madre se determinará a partir de la Ecuación 01, para este proyecto se trabajará con un gramaje de 140 gr/m$^2$ siendo el valor máximo utilizado para la fabricación, las telas arpilleras (llamadas también mantas) son fabricadas en los telares tubulares Starlinger, obteniéndose los rollos de 6 metros de ancho (doblado en 3 metros) y una longitud de 1000 metros (Ver fig. 38). (Procomsac, 2018).

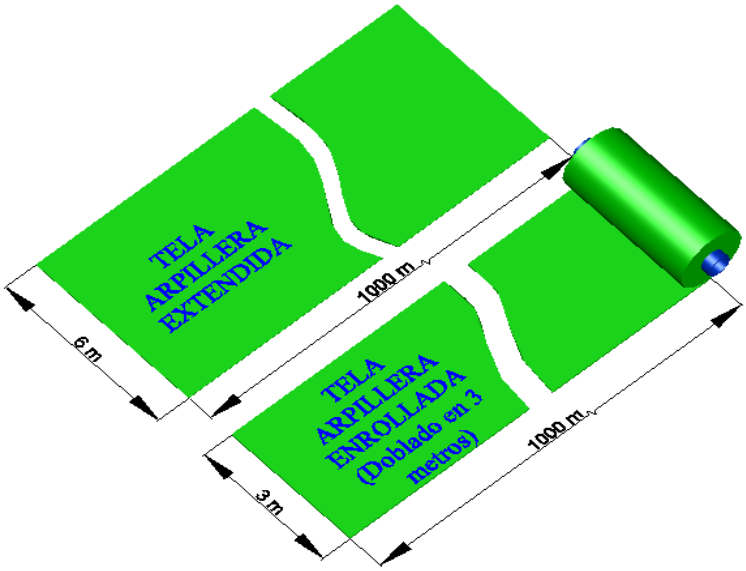



***Figura 38:*** Dimensiones - Manta de tela arpilla.
***Fuente:*** Propio, 2019.

$$w_{tela} = A_b \times L_b \times G_{tela} \times g$$

$$w_{tela} = 6m \times 1000m \times 0.14\frac{kg}{m^2} \times 9.81\frac{m}{s^2}$$

$$w_{tela} = 8240.4\ N$$

El peso del tubo hueco en el cual está envuelta la tela arpillera se determina a partir de la Ecuación 02. Estos tubos tienen dimensiones definidas por la empresa. La densidad del tubo portador de tela (acero al carbono) es de 12.20 kg/m. Ver anexo N° 08.

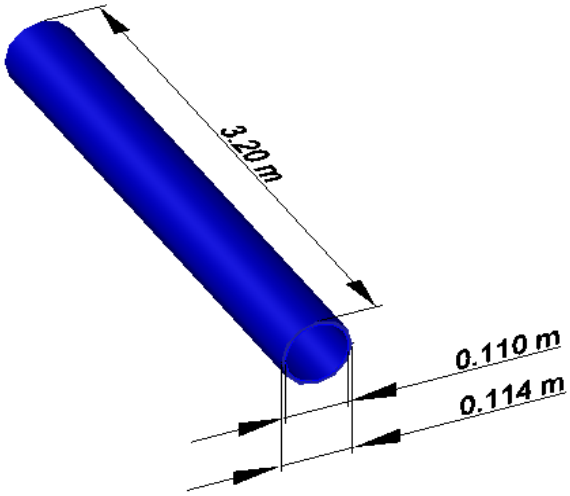



***Figura 39:*** Dimensiones - Tubo portador de tela arpillera.
***Fuente:*** *(Procomsac, 2018).*

$$w_{tubo} = L_{tubo} \times \rho_{tubo} \times g$$

$$w_{tubo} = 3{,}20m \times 12{,}20\frac{kg}{m} \times 9{,}81\frac{m}{s^2}$$

$$w_{tubo} = 382{,}9824\ N$$

Para encontrar el peso total se deberán sumar el peso de la bobina y del tubo portador de la tela arpillera, con los datos obtenidos, se calcularán las reacciones en los apoyos, estando ubicados al extremo del eje, tal como se muestra en la figura 37.

Para determinar el valor de las reacciones en el plano y – x procedemos a calcular el momento en A, donde el $w_{total} = 8623.38\ N = 2874.46\ N/m$, Por lo tanto:

$$\sum M_A = 0$$

$$-(w_{total} \times d_1) + \left(R_{Cyx} \times d_2\right) = 0$$

$$R_{Cyx} = \frac{w_{total} \times d_1}{d_2}$$

$$R_{Cyx} = \frac{8623.38\ N \times 1.725\ m}{3.45\ m} = 4311.69\ N$$

Con el valor encontrado se procede a realizar sumatoria de fuerzas:

$$\sum F_{yx} = 0$$

$$R_{Ayx} - w_{total} + R_{Cyx} = 0$$

$$R_{Ayx} = 8623.38N - 4311.69N$$

$$R_{Ayx} = 4311.69\ N$$

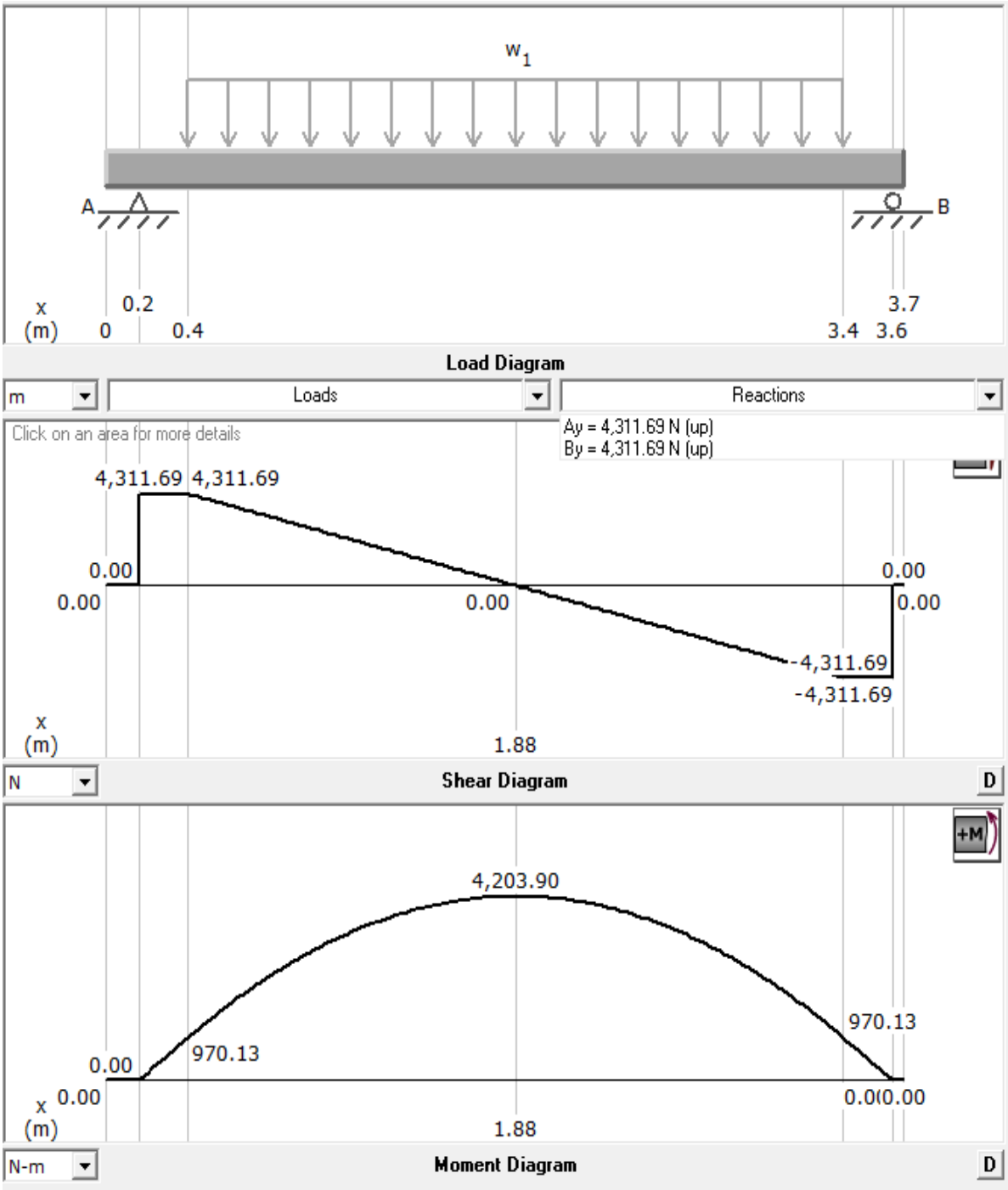



***Figura 40:*** Diagrama de fuerza cortante y momento flector.
***Fuente:*** Propia, 2019.

### *3.3.3.2. Fuerzas que actúan en el plano x – z.*

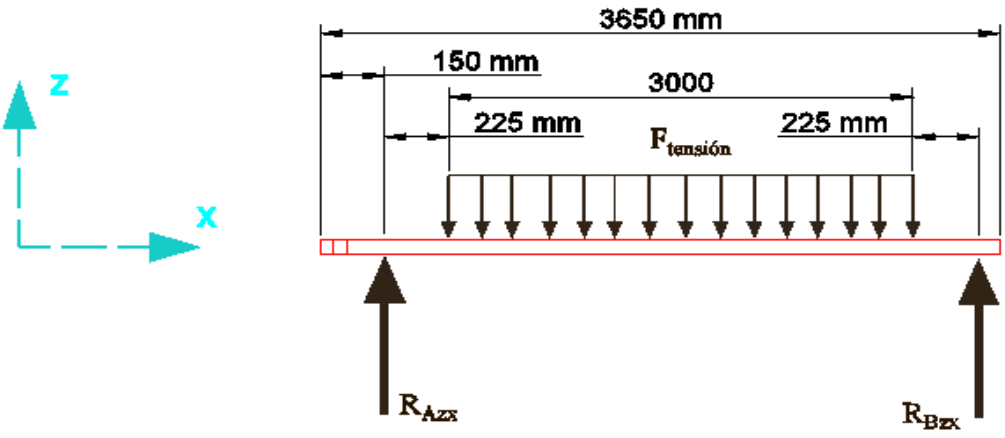



***Figura 41:*** Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que actúan en el eje - plano z -x.
***Fuente:*** Propio, 2019.

Para la determinación de la tensión necesaria para el desenrollado de la bobina, se tomó como referencia los momentos de inercia del sistema (rodillos). En base a ello se calculará la tensión de la tela en la zona de bobinado.

### *3.3.3.3. Tensión de la tela en la zona de bobinado.*

A partir del momento de inercia y el torque total de los rodillos procedemos a calcular la tensión con la que el motor enrollará la tela arpillera a 50 m/min.

$$P = T_m \times \omega \qquad \text{… (Ec. 28)}$$

Donde:

$P$: Potencia en (w).

$T_m$: Torque del motor (N.m).

$\omega$: Velocidad angular del rodillo bobinador (rad/s).

$$T_m = \frac{1533.10W}{8.33\ rad/s}$$

$$T_m = 184.05\ Nm$$

Reemplazando los valores, despejando $T_m$ , se procede a encontrar la fuerza tensión de la tela durante el arranque. Tememos:

$$F_{t-arranque} = \frac{T_m}{r} \qquad \text{… (Ec. 29)}$$

Donde:

$r$: Radio del rodillo Bobinador en (m).

$$F_{t-arranque} = \frac{184.05Nm}{0.10\ m}$$

$$F_{t-arranque} = 1840.5\ N$$

Con la fuerza de tensión durante el arranque comprábamos que este valor no exceda el limite elástico del material de la tela arpillera (Polipropileno). Módulo de elasticidad del polipropileno es de $E = 1.6\ Mpa$. (Ver anexo N° 02). Del cual decimos que:

$$F_{t-arranque} < E$$

Finalmente encontramos la fuerza de tensión total a partir de la ecuación:

$$F_{t-total} = \frac{F_{t-arranque}}{l} \qquad \text{… (Ec. 30)}$$

Donde:

$l$: Ancho de la tela arpillera (m).

$$F_{t-total} = \frac{1840.5\ N}{3\ m}$$

$$F_{t-total} = 613.5\ N/m$$

Con la fuerza de tensión calculada se procede a encontrar el valor de las reacciones en el plano x – z, para ello se realizará una sumatoria de momento en A.

$$\sum M_A = 0$$

$$-(F_{tensión} \times d_1) + (R_{Czx} \times d_3) = 0$$

$$R_{Czx} = \frac{F_{t-arranque} \times d_1}{d_2}$$

$$R_{Czx} = \frac{1840.5N \times 1.725\ m}{3.45\ m} = 920.25N$$

$$\sum F_{zx} = 0$$

$$R_{Azx} - F_{tensión} + R_{Czx} = 0$$

$$R_{Azx} = 1840.5\ N - 920.25\ N$$

$$R_{Azx} = 920.25\ N$$

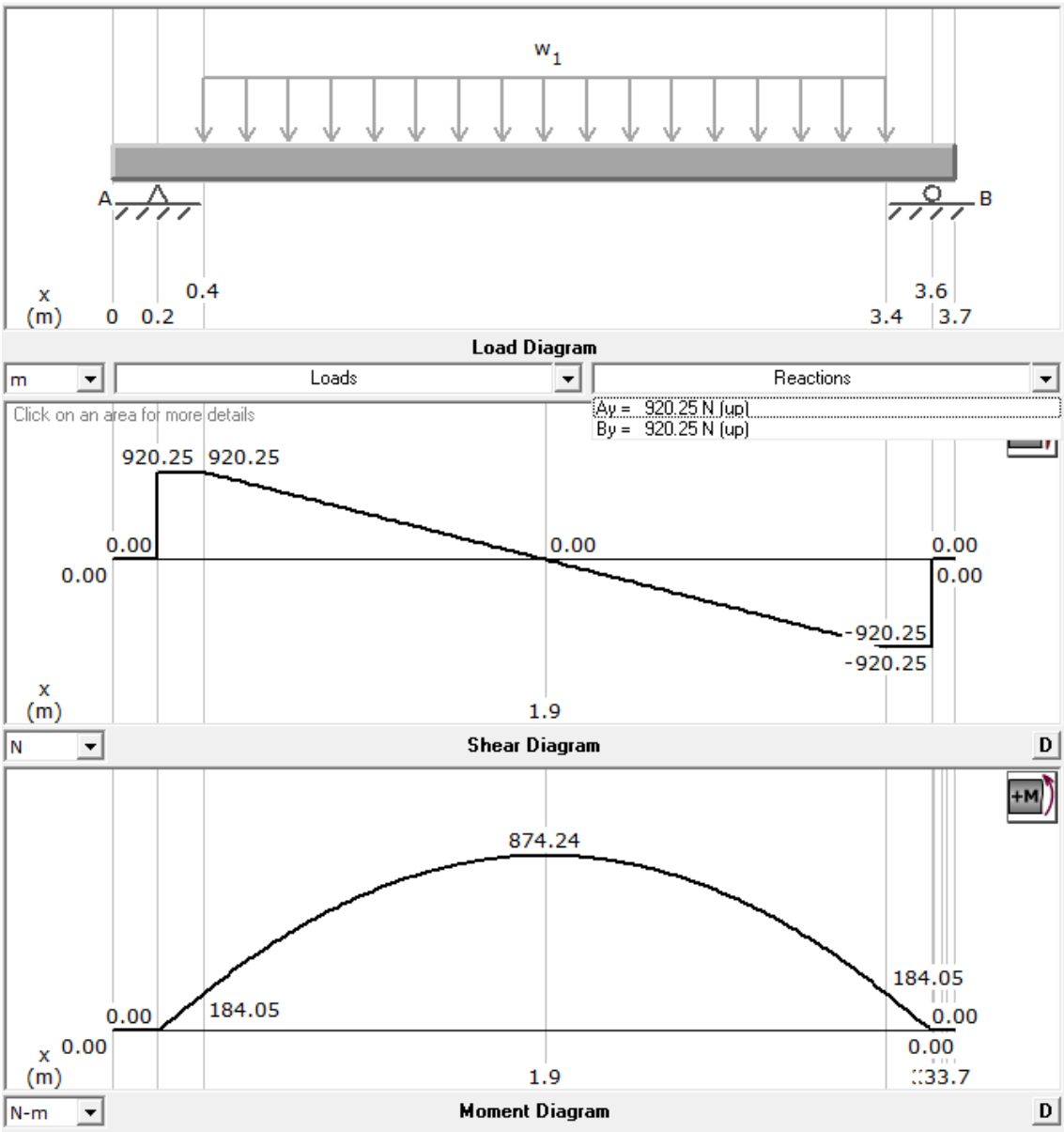



***Figura 42:*** Diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano z - x.
***Fuente:*** Propio, 2019.

Con las fuerzas encontradas, se calcula la fuerza resultante en los apoyos de acuerdo a los planos y – x y z – x.

$$R_1 = \sqrt{{R_{Ayx}}^2 + {R_{Azx}}^2} = \sqrt{4311.69^{\,2} + 920.25^{\,2}} = 4408.8\ N$$

$$R_2 = \sqrt{{R_{Cyx}}^2 + {R_{Czx}}^2} = \sqrt{4311.69^{\,2} + 920.25^{\,2}} = 4408.8\ N$$

A partir de la Ecuación 21, procedemos a encontrar el momento máximo resultante:

$$M_{max} = \sqrt{M_{yx}^2 + M_{zx}^2}$$

$$M_{max} = \sqrt{(4203.90)^{\,2} + 874.24)^2}$$

$$M_{max} = 4293.84\ \text{Nm}$$

### *3.3.3.4. Torsión en el eje de soporte de bobina madre.*

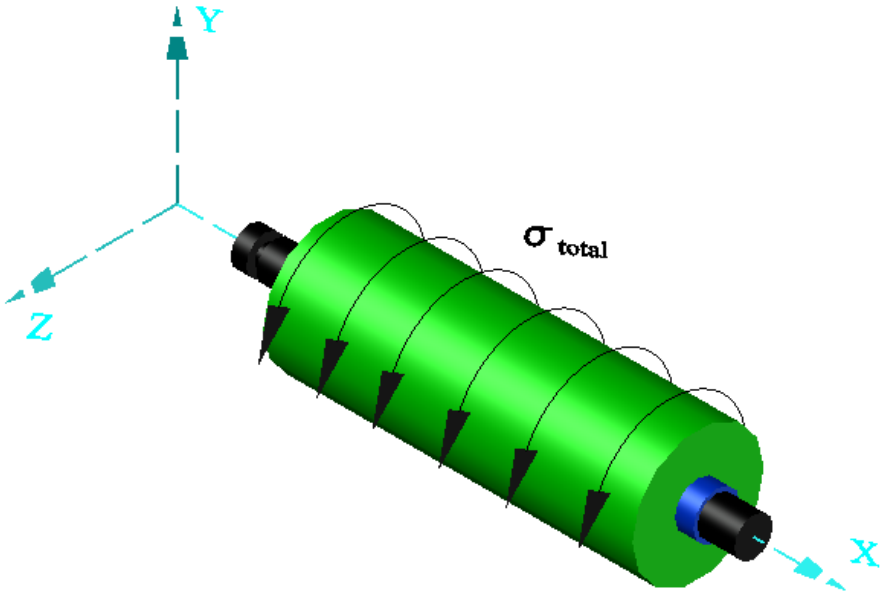



***Figura 43:*** Diagrama de torsión eje de soporte de bobina madre.
***Fuente:*** Propio, 2019.

Para la determinación del eje consideramos que:

$$T = F \times d$$

$$T = (\sigma_{total} \times l_{Bobina} \times r_{bobina})$$

$$T = 613.5\ N/m \times 3m \times 0.55m$$

$$T = M_{Max} = 1012.275\ Nm$$

### *3.3.3.5. Calculo del eje por diseño a la fatiga.*

El diseño del eje estará diseñado en base a criterios muy conservadores que protege de la fluencia, teniendo en cuenta fallas por fatiga de Soderberg. De la Ecuación 32 cálculo del diámetro del eje por diseño a la fatiga tenemos.

$$\frac{\sigma'_a}{s_e} + \frac{\sigma'_m}{s_y} = \frac{1}{n} \qquad \text{... (Ec. 32)}$$

Donde:

$\sigma'_a$: Tensión equivalente alterna.
$\sigma'_m$: Tensión equivalente media.
$s_e$: Resistencia a la fatiga por vida infinita.
$s_y$: Tensión a la fluencia del material.

Asumimos el tipo de material para el eje, siendo un acero de aleación SAE 1020, respondiendo bien a trabajos en frio y al tratamiento térmico de cementación, dicho material tiene las siguientes propiedades mecánicas. (Ver anexo N° 10).

$S_{ut} = 441.29\ MPa$

$S_y = 264.78\ MPa$

Donde:

$S_{ut}$: resistencia a la tracción.

$S_y$: resistencia a la fluencia.

Teniendo en cuenta la Ecuación N° 33, Joseph Marín ha propuesto algunos factores que modifican el limite a la fatiga, procedemos a calcular el límite de resistencia a la fatiga:

$$S'_e = 0.5 \times S_{ut} \qquad \text{... (Ec. 33)}$$

$$S'_e = 0.5 \times 441.29 = 220.649\ MPa$$

Según información brindada por el Área de mantenimiento de la empresa PROCOM S.A.C., el tubo hueco que es utilizado para enrollar las telas arpilleras tienen las siguientes dimensiones; 110 mm de diámetro interior y 3200 mm de longitud. En función a los datos obtenidos por la fábrica, por cuestión de cálculos asumimos un diámetro máximo de 100mm para el eje, seguidamente procedemos a calcular los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga $S_e$.

Factor de modificación de la condición superficial $(\boldsymbol{k_a})$

$$k_a = aS_{ut}^b \qquad \text{... (Ec. 34)}$$

Los factores $a$ y $b$ se hallan el maquinado o estirado en frio.

| Acabado superficial | Factor $a$ $S_{ut}$, kpsi | $S_{ut}$, MPa | Exponente $b$ |
|---|---|---|---|
| Esmerilado | 1.34 | 1.58 | −0.085 |
| Maquinado o estirado 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 |

***Figura 44:*** Parámetros en la condición superficial de Marín.
***Fuente:*** *(Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de shigley, 2008)***.**

$$k_a = 4.51 \times 441.29^{-0.265} \qquad \text{... (Ec. 35)}$$

$$k_a = 0.0.898$$

Factor de modificación del tamaño para un tamaño de 100 $mm$ $(\boldsymbol{k_b})$

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

$$k_b = 1.51 \times 100^{-0.157} \qquad \text{... (Ec. 36)}$$

Consideramos previamente $k_b = 0.733$, luego al calcular el diámetro verificamos el Factor de modificación de la carga $(\boldsymbol{k_c})$

$$k_c = \begin{cases} 1 & flexión \\ 0.85 & axial \\ 0.59 & torsion \end{cases}$$

Según las cargas a las que el eje está sometido, consideramos un $k_c = 1$, debido a que eje tendera a reflexionarse durante su funcionamiento.

Consideramos un Factor de modificación de temperatura (20 °C) $(\boldsymbol{k_d})$ $de\ k_d = 1$

Se considera una Factor de confiabilidad de $k_e = 1 - (0.08 \cdot z_a)$

Para una confiabilidad del 50% utilizamos un $k_e = 1$

Se encuentran los valores $K_f$ y $K_{fs}$ para hallar los valores de esfuerzo medio y altérnate respectivamente, considerando $r = 3mm$ (radio de muesca) y el eje rodado con filete en el hombro por flexión, dichas ecuaciones se muestran a continuación.

Donde:

$K_f$: Factor de concentración de esfuerzo flector.

$K_{fs}$: Factor de concentración de esfuerzos torsor.

$K_t$: Constante de flexión.

$K_{ts}$: Constante de torsión.

$q$: Sensibilidad a la muesca (flexión).

$q_{cort}$: Sensibilidad a la muesca (torsión).

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$
$$K_f = 1 + 0.75(2 - 1)$$
$$K_f = 1.75$$

$$K_{fs} = 1 + qcort(K_{ts} - 1)$$
$$K_{fs} = 1 + 0.9(1.7 - 1)$$
$$K_{fS} = 1.63$$

Una vez que se encuentra dichos valores modificadores, es sustituida en ecuación de Marín.

$$S_e = 0.898 \times 0.733 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1.75 \times 220.645$$
$$S_e = 254.163\ MPa$$

Se empleó el criterio de ED - ASME elíptica Ecuación 24, para calcular el diámetro del eje, teniendo en cuenta que: $\mathrm{M_m} = \mathrm{T_a} = 0$

$$d = \left\{ \frac{16 \times 3}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{1.75 \times 4293.84}{254.163 \ \times 10^6} \right)^2 + 3 \left( \frac{1.63 \times 326.21}{264.78 \times 10^6} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Del resultado obtenido, por razones comerciales se aproxima consideramos un diámetro estándar de:

$$d = \ 96.73 \ mm \cong 97 \ mm$$

Del diámetro encontrado, se seleccionó un acero al carbono SAE 1020, teniendo una alta tenacidad, en base a catalogo BB aceros, por temas comerciales se eligió un eje con un diámetro de 4", siendo este maquinado hasta un diámetro de 97mm.

De la Ecuación 32, se procederá a encontrar el esfuerzo equivalente y de Von Mises, debido al esfuerza alternante y medio, por lo cual se utilizará las siguientes ecuaciones. Para nuestro caso el eje que estamos analizando es un eje giratorio con flexión y torsión constante, por lo que podemos decir que $M_m = 0$, $T_a = 0$.

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2} \qquad \text{... (Ec. 37)}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2} \qquad \text{... (Ec. 38)}$$

Donde:

$\sigma_a$: Tensión normal alterna.

$\sigma_m$: Tensión normal media.

$\tau_a$: Tensión tangencial alterna.

$\tau_m$: Tensión tangencial medio

$K_f$ ; $K_{fs}$ : Factores de concentración de esfuerzos.

$K_t$ ; $K_{ts}$ : Factor y concentrador de esfuerzo normal.

$M_a$ ; $T_a$ : Valores alternantes del momento flector y torsor.

$M_m$ ; $T_m$ : Valores medios del momento flector y torsor.

$$\sigma_a = K_f\left(\frac{32\,M_a}{\pi d^3}\right) \quad ; \quad \sigma_m = K_f\left(\frac{32\,M_m}{\pi d^3}\right)$$

$$\sigma_a = 1.75\left(\frac{32\ \times 1012.275}{\pi(0.097)^3}\right) \quad ; \quad \sigma_m = 0$$

$$\sigma_a = 19.94\ Mpa$$

$$\tau_a = K_{fs}\left(\frac{16\,T_a}{\pi d^3}\right) \quad ; \quad \tau_m = K_{fs}\left(\frac{16\,T_m}{\pi d^3}\right)$$

$$\tau_a = 0 \quad ; \quad \tau_m = 1.63\left(\frac{16\ \times 326.21}{\pi(0.097)^3}\right)$$

$$\tau_m = 2.99\ Mpa$$

Reemplazando en las Ecuaciones 37 y 38, con los datos obtenidos reemplazamos en la Ecuación 32, para encontrar el Factor de seguridad por el método de Soderberg.

$$n = \frac{1}{\frac{19.94}{254.163} + \frac{5.18}{264.78}}$$

$$n = 10.20$$

### 3.3.4. Análisis del eje de soporte de bobina madre con software de diseño FEA.

Para el siguiente análisis se diseñó el eje de soporte y posteriormente se simuló el modelo con ayuda de software CAD utilizando la herramienta de Análisis de Elementos Finitos (FEA).

De la figura 45, se observa el resultado del análisis de tensiones, el cual nos indica que la tensión máxima es de 52.70 MPa, no sobrepasando el límite elástico del material de 350 MPa. Indicando que el material elegido para el eje es el más óptimo y no fallará.

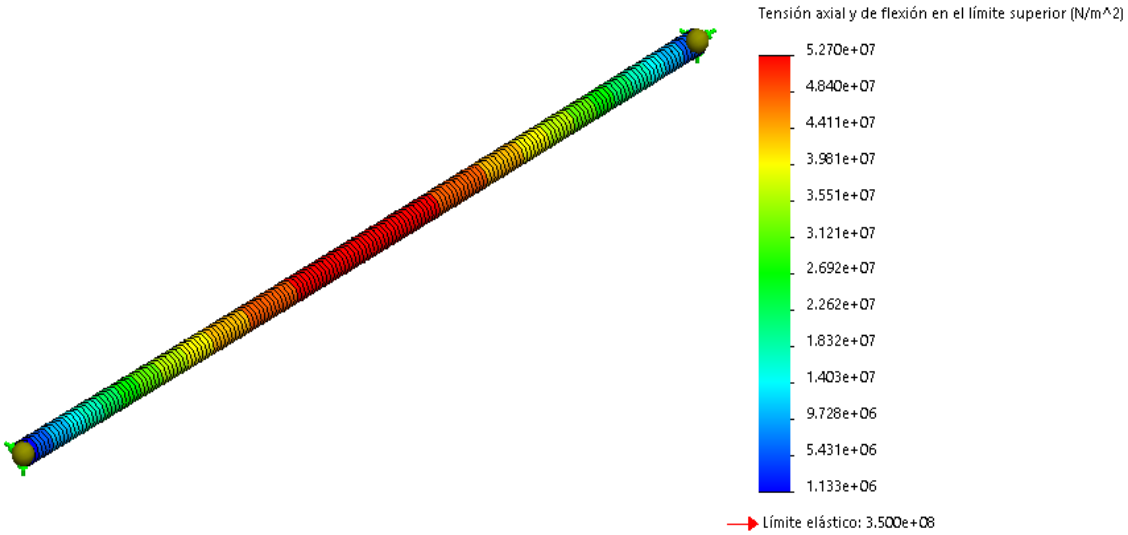



***Figura 45:*** Resultado del Análisis estático de tensiones en el eje de soporte.
***Fuente:*** Propio, 2019.

De la figura 46, podemos observar el resultado del análisis de desplazamiento del eje soporte, teniendo la estructura un desplazamiento máximo de 6.96 mm. siendo una deformación aceptable para el eje con respecto a la longitud del mismo.

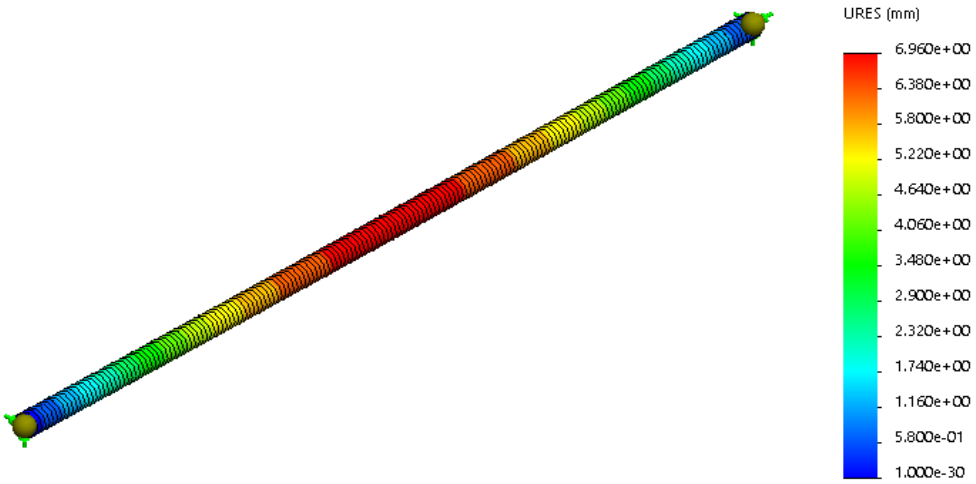



***Figura 46:*** Resultado del Análisis estático - Desplazamiento en el eje de soporte:
***Fuente:*** Propio, 2019.

De la figura 47, podemos observar que el eje de soporte tiene un factor de seguridad mínimo de 6.6, motivo por el cual comprobamos que la estructura del eje posee una buena resistencia mecánica, garantizando que el eje no fallará.

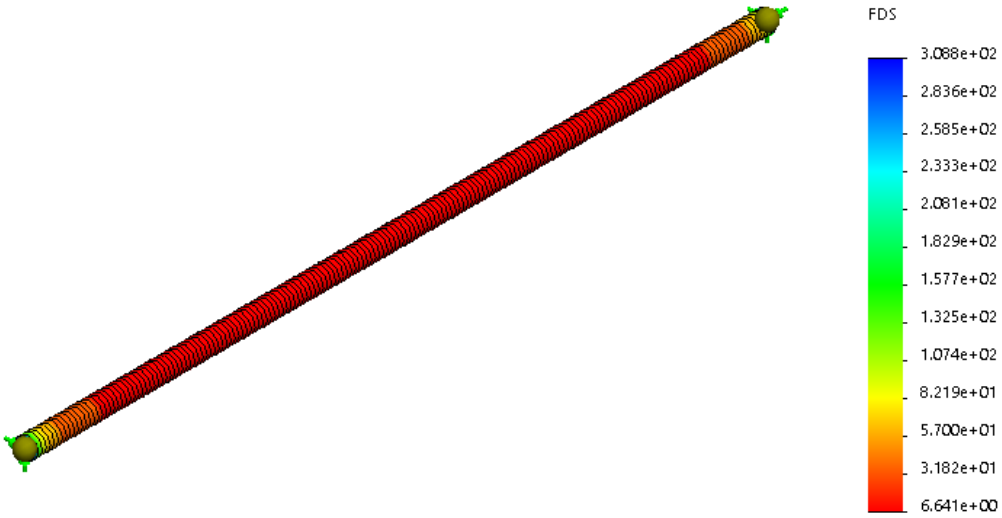



***Figura 47:*** Resultado del Análisis estático - Factor de Seguridad del eje de soporte:
***Fuente:*** Propio, 2019.8

### 3.3.5. Selección de rodamientos para soporte del eje principal (Bobina madre)

Para realizar la selección de los rodamientos que servirán como soporte y guías para el eje principal de soporte de la bobina madre, se tomó en cuenta el peso total ejercida por la bobina madre (Peso de la Tela arpillera, peso del tubo portador de la tela y el peso del eje del eje principal), siendo un Peso total de $P_{Total} = 10{,}094.88\ N$. A partir de la figura 37, se determinará las reacciones en cada uno de los apoyos.

$$\sum M_A = 0$$

$$-(w_{total} \times d_1) + \left(R_{Cyx} \times d_2\right) = 0$$

$$R_{Cyx} = \frac{w_{total} \times d_1}{d_2}$$

$$R_{Cyx} = \frac{10094.88\ N \times 1.725\ m}{3.45\ m} = 5047.44\ N$$

$$\sum F_{yx} = 0$$

$$R_{Ayx} - w_{total} + R_{Cyx} = 0$$

$$R_{Ayx} = 10094.88\ N - 5047.44\ N$$

$$R_{Ayx} = 5047.44N$$

Posteriormente, determinamos la carga dinámica de los rodamientos, el eje de soporte de bobina madre tiene una velocidad angular de $\omega = 8.33\ rad/s$ y un diámetro de 97mm, de ello obtenemos que el eje estará girando a 8.59 RPM, debido a que el peso total de la bobina madre está apoyada en dos lados (extremos), para el

análisis consideramos una de las reacciones, considerando una carga dinámica equivalente en la reacción de $R_{Ayx} = 5047.44N$. De la ecuación 14 determinamos:

$$L = \left(\frac{60 \ \times 8.59 \ \times 10000}{10^6}\right)^{1/3.33} = 1.64$$

$$C = 1.64 \times 5047.44 = \mathbf{8.26KN}$$

Con la carga dinámica encontrada procedemos mediante Catalogo SKF a seleccionar los rodamientos que más se adecue a nuestro sistema, con la finalidad de evitar cargas axiales se seleccionará 10 rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos con el código comercial **NU 204 ECP,** ver figura 48 (Ver anexo N° 11) teniendo un diámetro interior de 20 mm, siendo este dato importante para el análisis del eje del rodamiento que ira empotrado en la estructura del chasis.

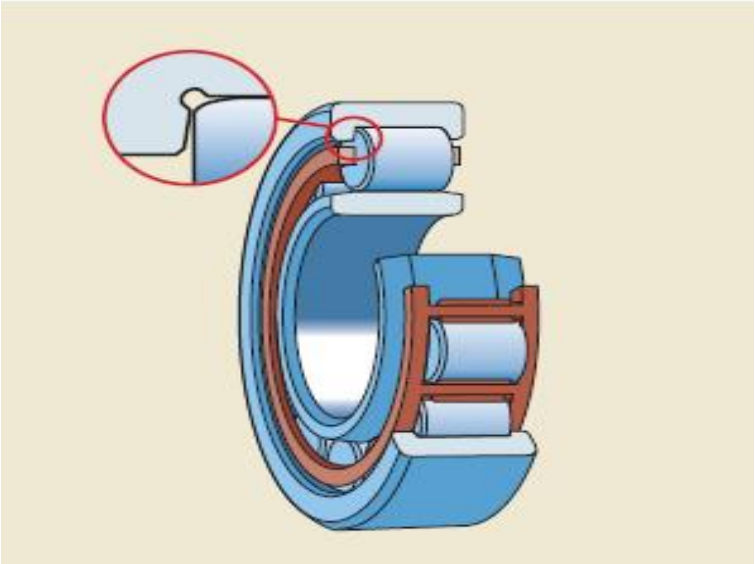


***Figura 48:*** Rodamiento de una hilera de rodillos cilíndricos.
***Fuente:*** Catalogo SKF, 2015.

### *3.3.5.1.Fuerzas que actúan en el eje del rodamiento de soporte para el eje principal.*

Para el análisis de las fuerzas actuantes sobre el eje del rodamiento se considerará como un eje empotrado, debido que este estará anido a la estructura del chasis, de ello tenemos: Carga en un apoyo del eje $R_{Ay} = 5047.44N$.

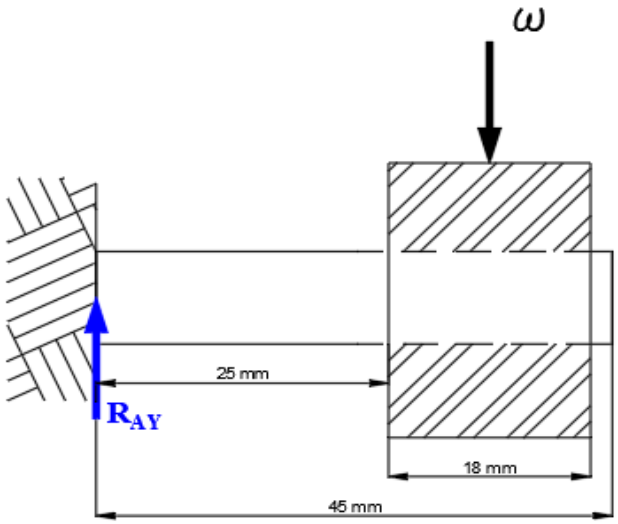



***Figura 49:*** DCL - Eje de rodamiento de soporte del eje principal.
***Fuente:*** Propio, 2019.

De la figura 49, encontramos el momento y la reacción en $R_{Ay}$ debido a las fuerza ejercida por el conjunto de la bobina madre, de ello tenemos que:

$$\sum M_{Ay} = 0$$

$$-(w \times d_1) = 0$$

$$M_A = 5047.44 \times 0.034 = 171.61\ Nm$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ayx} - w = 0$$

$$R_{Ayx} = 5047.44\ N$$

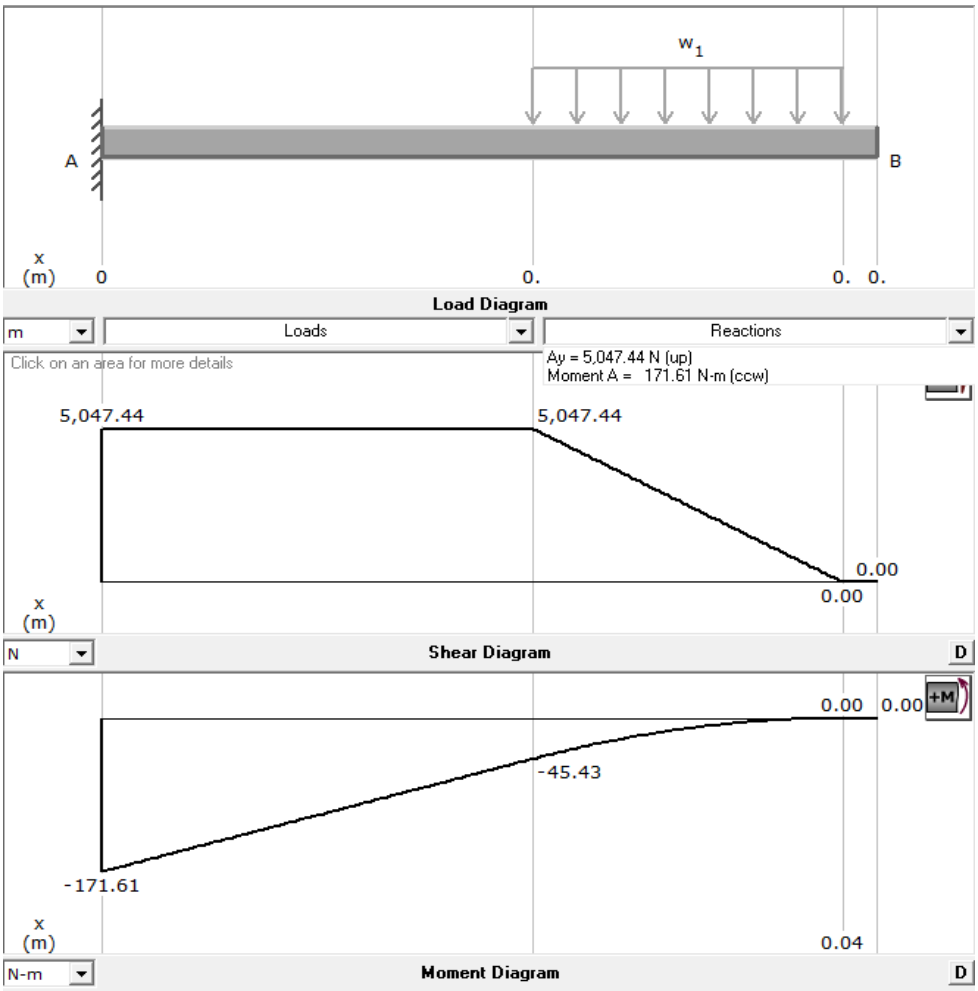



***Figura 50:*** Diagrama de fuerza cortante y momento flector para el eje de Rodamiento de soporte del eje principal.
***Fuente:*** Propio, 20119.

### *3.3.5.2. Análisis de eje de rodamiento de soporte con software FEA.*

Para realizar el análisis del eje de rodamiento de soporte se consideró un material SAE 1020, teniendo un límite a la fluencia de $S_y = 264.78\ MPa$ (Ver anexo N° 10), el diámetro para el eje fue elegido en función del diámetro interior del rodamiento que soportar toda la carga dinámica generada por el peso total de la bobina madre, teniendo un diámetro de 20 mm.

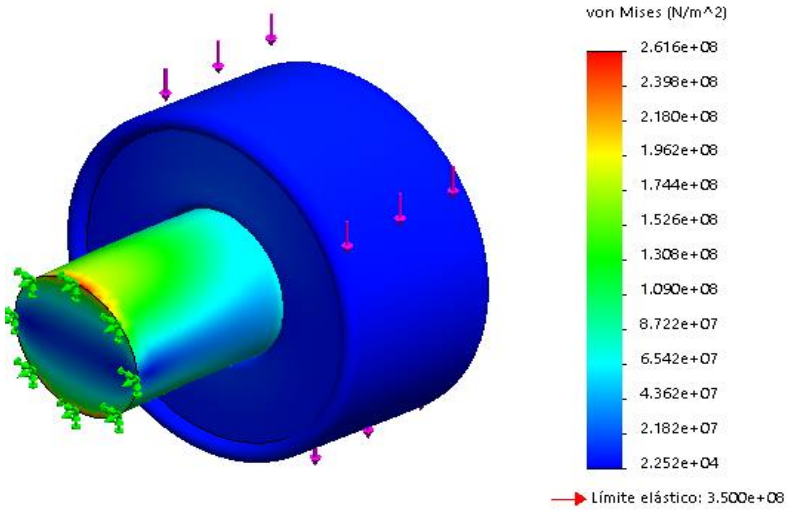



***Figura 51:*** Resultado del análisis estático de tensión en el eje de rodamiento guía.
***Fuente:*** Propio, 2019.

De la figura 51, se puede observar que el resultado del análisis estático por tensión indica que tenemos como valor máximo de 261.6 MPa, siendo este valor menor al límite elástico del material AISI 1020 de 350 MPa. Indicando que nuestro este soportara dichas cargas sin que este falle.

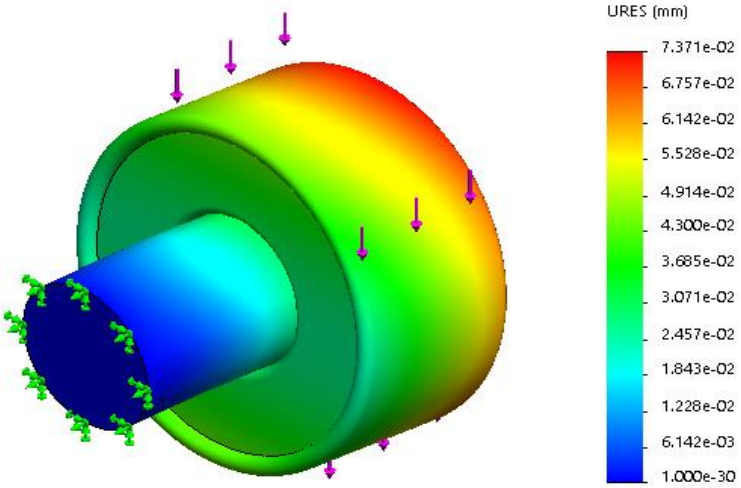



***Figura 52:*** Resultado del análisis estático por desplazamiento en el eje de rodamiento guía.
***Fuente:*** Propio, 2019.

De la figura 52, se observa el resultado del análisis estático por desplazamiento, siendo esta deformación máxima de 0.07371mm, siendo este valor pequeño, los que nos indica que nuestro material utilizado es el más óptimo y no fallara.

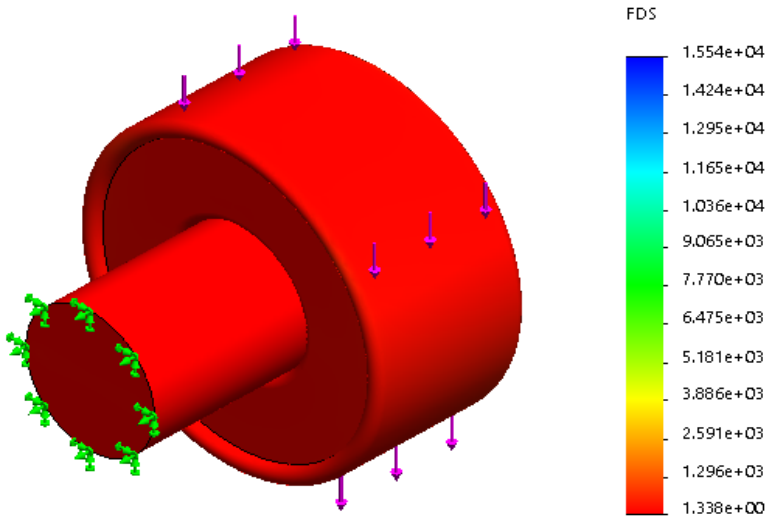



Figura 53: Resultado del análisis estático - Factor de seguridad para el eje de rodamiento guía.
Fuente: Propio, 2019.

De la figura 53, del análisis para el eje de rodamiento guía si obtuvo un factor de seguridad de como mínimo de 1.3, el cual este valor es mayor a la unidad, esto nos indica que nuestro material utilizado es apropiado para nuestro eje además de tener una buena resistencia mecánica, no fallará.

### 3.3.6. Cálculo para la selección de rodamientos.

Se procede a realizar la selección de los rodamientos de los rodillos guiadores, tensores y bobinadores, según los descrito en el capítulo 3.3.2.1, debido a que se adoptó el mismo sistema del Telar Circular Jumbo Starlinger, con ayuda de una hoja de cálculo de Excel se determina las reacciones en los apoyos de cada rodillo, además de

determinarse la carga dinámica en función a las Ecuaciones 14 y 15; los resultados se muestran en la Tabla 14.

De la Tabla 13, se tienen recomendaciones para la vida útil de los rodamientos que deberían tener de acuerdo a su funcionamiento.

**Tabla 13**
*Valores orientativos de la vida útil de un rodamiento*

**Valores orientativos de la vida útil especificada de los diferentes tipos de máquinas**

| Tipo de máquina | Vida útil especificada<br>Horas de funcionamiento |
|---|---|
| Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico | 300 ... 3 000 |
| Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos: herramientas eléctricas portátiles, dispositivos de elevación en talleres, máquinas y equipos para la construcción | 3 000 ... 8 000 |
| Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos donde se requiere una alta confiabilidad: ascensores (elevadores), grúas para productos embalados o eslingas para tambores, etc. | 8 000 ... 12 000 |
| Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre utilizadas al máximo: transmisiones por engranajes de uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradoras giratorias | 10 000 ... 25 000 |
| Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizando plenamente sus capacidades: herramientas mecánicas, máquinas para carpintería, máquinas para la industria de la ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de impresión, separadores y centrifugadoras | 20 000 ... 30 000 |
| Máquinas para 24 horas de trabajo continuo: unidades de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil | 40 000 ... 50 000 |
| Maquinaria para energía eólica, incluidos los rodamientos del eje principal, de orientación, de la caja de engranajes de cambio de paso, del generador | 30 000 ... 100 000 |
| Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas de trenzado de cables, maquinaria de propulsión para buques de alta mar | 60 000 ... 100 000 |
| Maquinas eléctricas de gran tamaño, plantas de generación de energía, bombas para minas, ventiladores para minas, rodamientos para ejes en túnel para buques de alta mar | > 100 000 |

***Fuente**:* Catálogo SKF, 2015.

**Tabla 14**
*Cálculo de capacidad dinámica*

| CALCULO DE CAPACIDAD DINÁMICA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ELEMENTO** | **DIÁMETRO (m)** | **PESO (N)** | **n (rpm)** | **REACCIÓN EN LOS APOYOS (N)** | **CAPACIDAD DE CARGA DINÁMICA (KN)** |
| Rodillo guía 01 | 0.04 | 3,302.34 | 99.50 | 1,651.17 | **6.45** |
| Rodillo tensor 01 | 0.04 | 3,302.34 | 99.50 | 1,651.17 | **6.45** |
| Rodillo guía 02 | 0.04 | 3,302.34 | 99.50 | 1,651.17 | **6.45** |
| Rodillo tensor 02 | 0.04 | 3,302.34 | 99.50 | 1,651.17 | **6.45** |
| Rodillo bobinador 01 | 0.04 | 6,350.65 | 49.75 | 3,175.32 | **9.85** |
| Rodillo bobinador 02 | 0.04 | 6,350.65 | 49.75 | 3,175.32 | **9.85** |

***Fuente**:* Propia, 2019.

Definido los valores de las cargas dinámicas para los elementos giratorios, se procede a selección el tipo de rodamiento según catálogo SKF.

### 3.3.7. Selección de chumaceras.

Con los datos encontrados de las cargas dinámicas seleccionamos las chumaceras que mejor se adaptan a nuestro caso.

Para los rodillos guiadores, tensores bobinadores seleccionamos 08 unidades de rodamientos YSKFE2 con soporte de pie de material compuesto con anillos de fijación excéntrico, para ejes métricos con el código comercial **SYK 40 FE**. Las especificaciones técnicas de las chumaceras se muestran en el Anexo N° 11.

***Figura 54:*** Catálogo de Rodamientos Y y Unidades de rodamientos YSKF energéticamente eficientes.
***Fuente:*** Grupo SKF,2015.

### 3.3.8. Cálculo del sistema de arrastre.

La capacidad de la cadena de transmisión para nuestro diseño, está en función a las tensiones que soportará durante su periodo de trabajo. Por el cual se tendrá en cuenta todos los factores que influyen en la determinación de la durabilidad de la cadena.

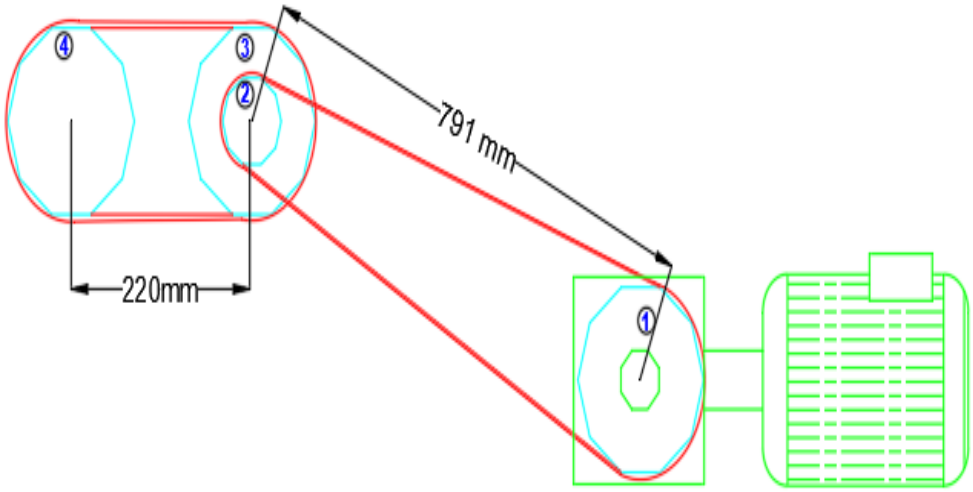



***Figura 55:*** Sistema de arrastre.
***Fuente:*** Propio, 2019.

### *3.3.8.1. Parámetros de entrada para el cálculo de selección de cadena.*

- **Accionamiento**: mediante un motor reductor con 35 Rpm a la salida.
- **Potencia del motor eléctrico**: 2,299.647 W siendo equivalente a 3 HP.
- **Relación de transmisión:** 2
- **Duración de vida útil estimada:** 15000 Hrs.
- **Distancia entre centros de la rueda de transmisión:** 791 mm.

*a. Cálculo del número de dientes de la rueda de transmisión.*

Siendo 2 la relación de transmisión, entre el engranaje conductor y conducido, se selecciona un número de dientes o el que mejor se adapte a la relación de transmisión para ambas ruedas.

Numero de dientes rueda menor $Z_1 = 27$

Numero de dientes rueda mayor $Z_2 = 12$

Relación de trasmisión obtenida $r = 27/12 = 2.25$

De la siguiente ecuación calculamos la potencia corregida:

$$P_C = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times P \qquad \text{... (Ec. 39)}$$

Donde:

$P_C$: Potencia corregida en $(KW)$.
$P$: Potencia trasmitida en $(KW)$.
$k$: Coeficiente de corrección $(adim)$.

Hallamos el coeficiente $K_1$:

Se determinará en función al número de dientes del engranaje menor, $Z_1 = 27$, por la tanto tenemos $K_1 = 1.4$, según la figura 56.

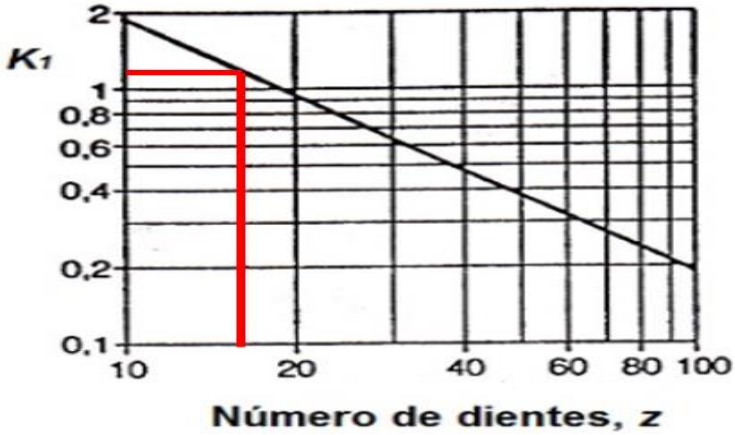



***Figura 56:*** Coeficiente $K_1$, en función al número de dientes.
***Fuente:*** *https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html.*

Hallamos el coeficiente $K_2$:

Determinamos el coeficiente $K_2$, en función al número de cadenas que se utilizará en el sistema de arrastre. De la figura 57, definimos que $K_2 = 1$.

***Figura 57:*** Coeficiente $K_2$ , en función al número de cadenas a utilizar.
***Fuente:*** (Ingemecanica, 2019).

Hallamos el coeficiente $K_3$:

Determinamos el coeficiente $K_3$, en función al número de eslabones de la cadena. Para nuestro caso, consideramos una cadena de 120 eslabones. De la figura 58 se observa que $K_3 = 1$.

***Figura 58:*** Coeficiente $K_3$ , en función número de eslabones de la cadena.
***Fuente:*** *(Ingemecanica, 2019).*

Hallamos el coeficiente $K_4$:

De la Tabla 15, se determinó un coeficiente $K_4 = 1$, debido a que nuestro factor de servicio se trata de un motor eléctrico como maquina textil.

**Tabla 15**
*Coeficiente $K_4$, Factor de servicio*

| Tipo de carga | Ejemplo de máquinas | Accionamiento | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Motor eléctrico o turbina | Motor de combustión interna | |
| | | | Trans. hidráulica | Trans. mecánica |
| Regular | Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Teleféricos. Maquinas herramientas (toros, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes. | 1 | 1 | 1,2 |
| Irregular | Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de émbolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hélices (aplicaciones marinas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares. | 1,3 | 1,2 | 1,4 |
| A golpes | Aparejos de elevación. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Grúas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Maquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras. | 1,5 | 1,4 | 1,7 |

***Fuente:*** (CHAINS, 2015)

Hallamos el coeficiente $K_5$:

Se determinó el coeficiente $K_5 = 1$ de duración, en función a la vida útil prevista para la cadena. En este caso, se considera una duración de 15000 horas.

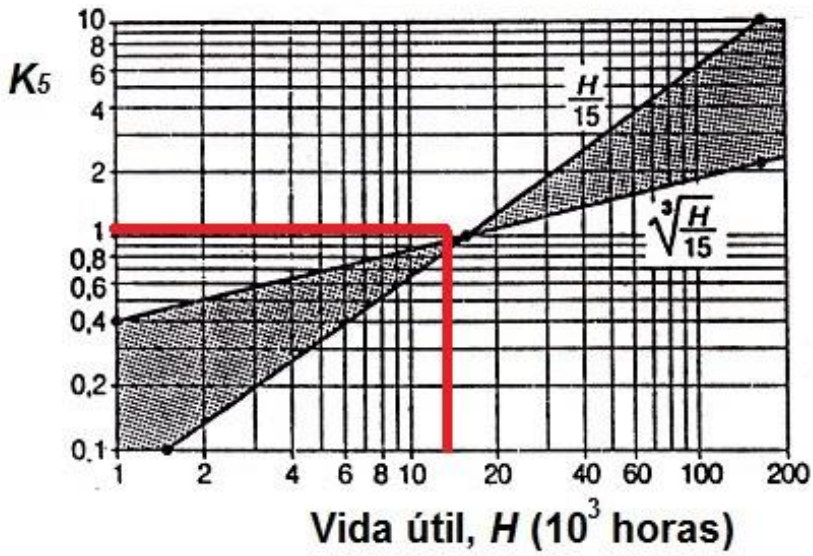



***Figura 59:*** Coeficiente $K_5$ , en función a la vida útil de la cadena.
***Fuente:*** *(Ingemecanica, 2019).*

Una vez determinados todos los coeficientes, de la Ecuación 39 calculamos la potencia corregida:

$$P_C = 1.4 \times 1 \times 1 \times 1.3 \times 1 \times 2.124$$

$$P_C = 3.86\ Hp$$

Del resultado obtenido y de la figura 60, seleccionamos el tipo de cadena simple de tipo 12A con un paso de $p = 19.05\ mm$.

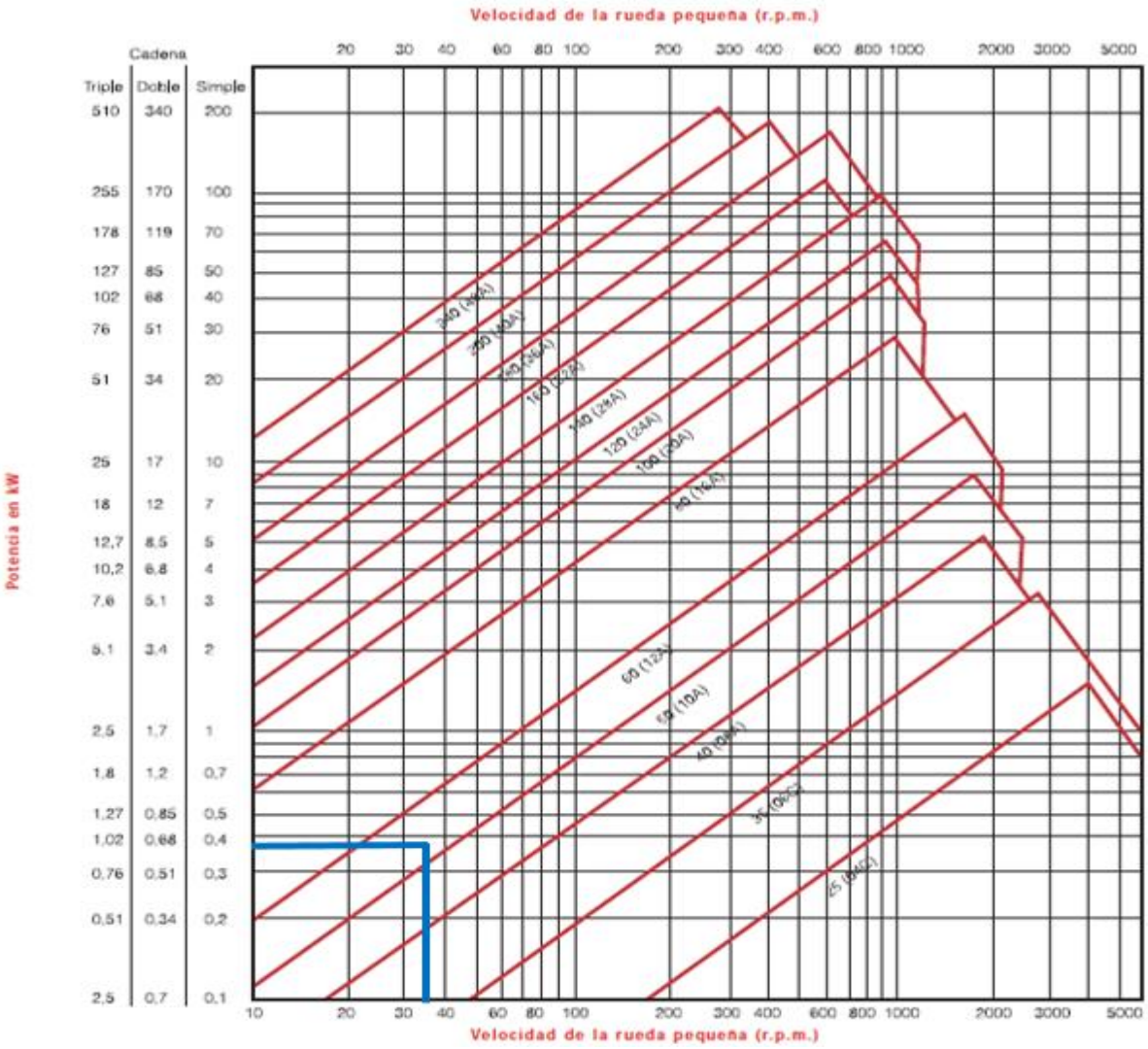



***Figura 60:*** Grafica para la selección de cadena - Norma ISO 606 (serie americana).
***Fuente:*** *(CHAINS, 2015).*

### *3.3.8.2. Cálculo del diámetro de los engranajes.*

Para el cálculo del diámetro de los engranajes nos ayudaremos de la siguiente ecuación:

$$D_p = \frac{p}{sen\left(\frac{\pi}{z}\right)} \qquad \text{... (Ec. 40)}$$

Donde:

$D_p$: Diámetro del engranaje en (mm).

$p$: Paso del engrane en (mm).

Del cual tenemos, diámetro del piñón:

$$D_{P1} = \frac{19.05}{\sin\left(\frac{\pi}{27}\right)} = 164.09\ mm$$

Diámetro de la Catarina:

$$D_{p2} = \frac{19.05}{\sin\left(\frac{\pi}{12}\right)} = 73.6\ mm$$

Con los diámetros obtenidos se procede a seleccionar los engranajes, Sprockets (piñones) acero en existencia No. 60 – Paso 3/4″, con código comercial **60B27, 60A12 y 60A24**, para el piñón conductor, piñón conducido y catarina conducida respectivamente. Ver anexo N° 12.

### *3.3.8.3. Cálculo de la longitud de la cadena.*

Determinamos la longitud de la cadena a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{L}{p} = \frac{(z_1 + z_2)}{2} + (z_2 + z_1) \times \frac{\beta}{\pi} + O_1O_2 \times \cos\beta \times \frac{2}{p} \qquad \text{... (Ec. 41)}$$

Donde:

$L$: Longitud de la cadena en (mm).

$p$: Paso del engrane en (mm).

$z_1$: N° de dientes del piñón.

$z_2$: N° de dientes del engrane mayor.

$O_1O_2$: Distancia entre centros de los engranajes en (mm).

$\beta$: El Angulo de contacto, en radianes.

Calculamos el ángulo de contacto con la siguiente ecuación:

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{R_1 - R_2}{O_1O_2}\right) \qquad \text{... (Ec. 42)}$$

Siendo $R_1$ $y$ $R_2$ los diámetros del engrane mayor y el piñón.

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{82.04 - 36.8}{791}\right) = 0.057\ rad.$$

Reemplazando en la Ecuación 41:

$$L = \left(\frac{(27 + 12)}{2} + (12 - 27) \times \frac{0.057}{\pi} + 791 \times \cos(0.057) \times \frac{2}{19.05}\right) \times 19.05$$

$$L = 1945.72mm$$

### *3.3.8.4. Cálculo del número de eslabones.*

$$n° = \frac{L}{p} \qquad \text{... (Ec. 42)}$$

Donde:

$n°$: Numero de eslabones.

$L$: Longitud de la cadena en (mm).

$p$: Paso del engrane en (mm).

$$n° = \frac{1945.72}{19.05} = 102$$

Se seleccionó una cadena de rodillos serie ISO-606 Norma americana **B 29.1** y **DIN8188 – ISO 12A-1**, ver anexo N° 13. Las principales características se observan en la Tabla 16.

**Tabla 16**
*Características principales del sistema de arrastre*

| Descripción | Valor |
|---|---|
| Tipo | 12A serie americana |
| Paso | 19.05 mm |
| Longitud | 1945.72 mm |
| N° de eslabones | 102 |
| Diámetro piñón | 164.09 mm |
| Diámetro de catalina | 73.6 mm |

***Fuente:*** (CHAINS, 2015)

### *3.3.8.5. Velocidad lineal de la cadena.*

Calculamos la velocidad lineal mediante la siguiente ecuación:

$$v = \frac{n \times D \times \pi}{1000} \qquad \text{... (Ec. 43)}$$

Donde:

$v$: Velocidad lineal de la cadena en $(m/min)$.

$D$: Diámetro exterior del rodillo de enrollado en $(mm)$.

Con la siguiente ecuación calcularemos la relación de velocidad:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \qquad \text{... (Ec. 44)}$$

Donde:

$N_1$: Piñón conductor en (rpm).

$N_2$: Piñón conducido en (rpm).

$Z_1$: Número de dientes del piñón conducido.

$Z_2$: Número de dientes del piñón conducido.

A partir de la Ecuación 44 encontramos los rpm del piñón conducido:

$$N_2 = \frac{N_1}{\frac{Z_2}{Z_1}} = \frac{35}{\frac{12}{27}} = 78.75\ rpm$$

Reemplazando en la ecuación 43, tenemos:

$$v = \frac{78.75 \times 200 \times 3.14}{1000} = 50\ m/min$$

### *3.3.8.6. Tensión del ranal conductor de la cadena.*

Calculamos en base a la siguiente ecuación:

$$T = \frac{6120 \times W}{v} \qquad \text{... (Ec. 45)}$$

Donde:

$T$: Tensión del ramal conductor en (kg).

$W$: Potencia a transmitirse en (Kw).

$v$: Velocidad lineal a transmitirse en (m/min).

$$T = \frac{6120 \times 2.2}{50} = 269.28\ kg = 2641.64\ N$$

### *3.3.8.7. Coeficiente de seguridad de la cadena.*

$$K = \frac{C_r}{T} \qquad \text{... (Ec. 46)}$$

Donde:

$K$: Coeficiente de seguridad.

$C_r$: Carga de rotura de la cadena seleccionada en (kg)

$T$: Tensión del ramal conductor en (kg).

Reemplazado en la Ecuación 46, tenemos:

$$K = \frac{4150kg}{269\ kg} = 15.42$$

### *3.3.8.8. Presión en las articulaciones.*

$$P_a = \frac{T}{S} \qquad \text{... (Ec. 47)}$$

Donde:

$P_a$: Presión en las articulaciones en $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$.

$T$: Tensión del ramal conductor en (kg).

$S$: Superficie de articulación en $(cm^2)$.

Reemplazando en la Ecuación 47:

$$P_a = \frac{269.28}{0.96} = 280\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

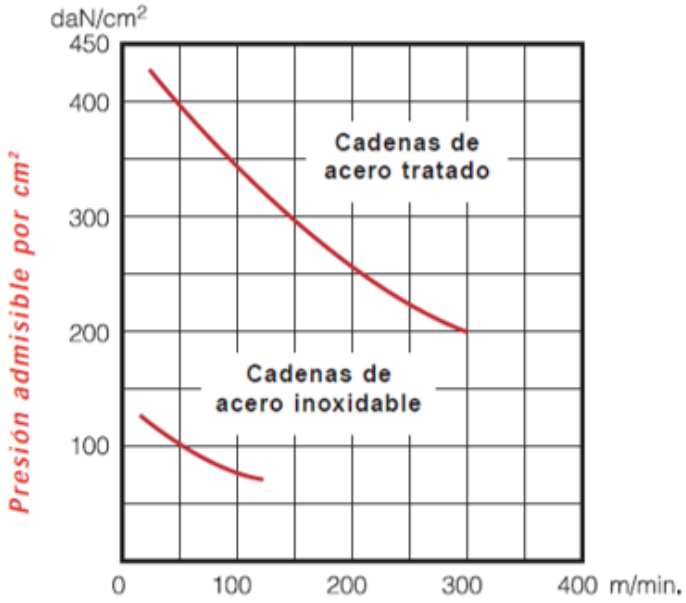



***Figura 61:*** Grafica de presión sobre la articulación.
***Fuente:*** *(CHAINS, 2015).*

### 3.3.9. Cálculo de las fuerzas del brazo basculante.

#### *3.3.9.1. Dimensionamiento del brazo basculante.*

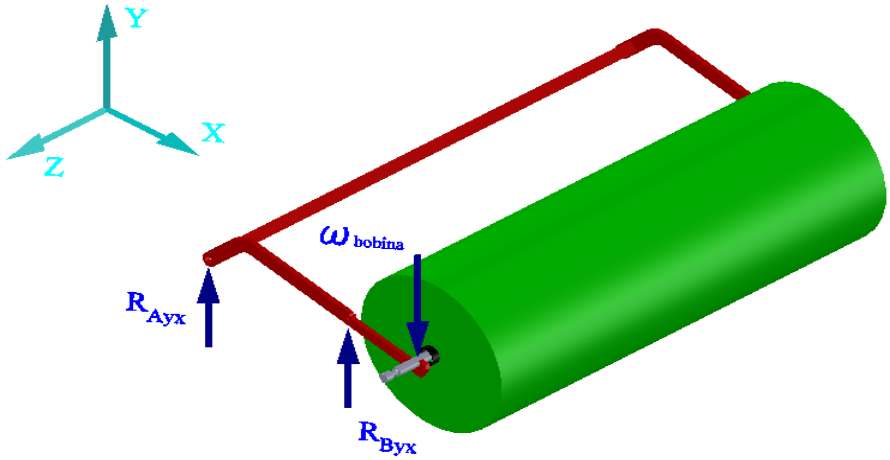



***Figura 62:*** Fuerzas que actúan en el brazo basculante.
***Fuente:*** Propia, 2019.

#### *3.3.9.2. Fuerzas que actúan en el plano y – x.*

El análisis de los brazos basculantes está en funciones del peso total de la bobina madre, para temas de cálculo consideramos uno de ellos, el cual soportará la mitad del peso total de la bobina. $m_{total\ bobina} = 879.04\ kg$, para el análisis $w = 4311.69\ N$.

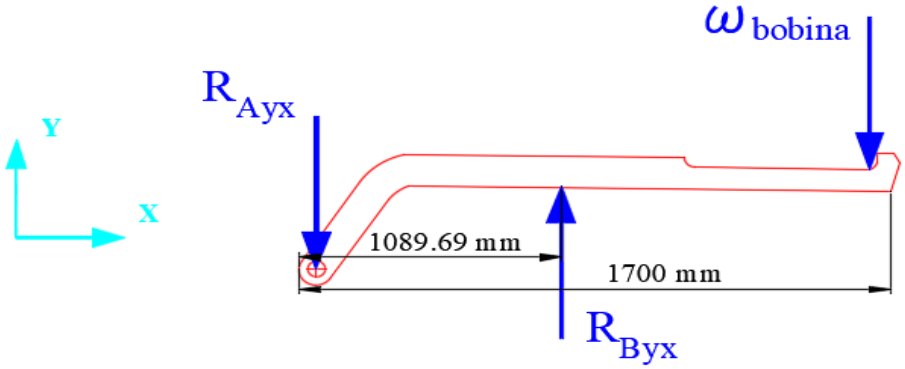



***Figura 63:*** Fuerzas que actúan en el plano y - x brazo basculante.
***Fuente:*** Propia, 2019.

$$\sum M_A = 0$$

$$(R_{Byx} \times 1.0896) - (w_{bobina} \times 1.7) = 0$$

$$R_{Byx} = \frac{4311.69\ N \times 1.7\ m}{1.0896\ m} = 6727.12\ N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ayx} + R_{Byx} - P = 0$$

$$R_{Ayx} = -6727.12\ N + 4311.69\ N = -2415.43\ N$$

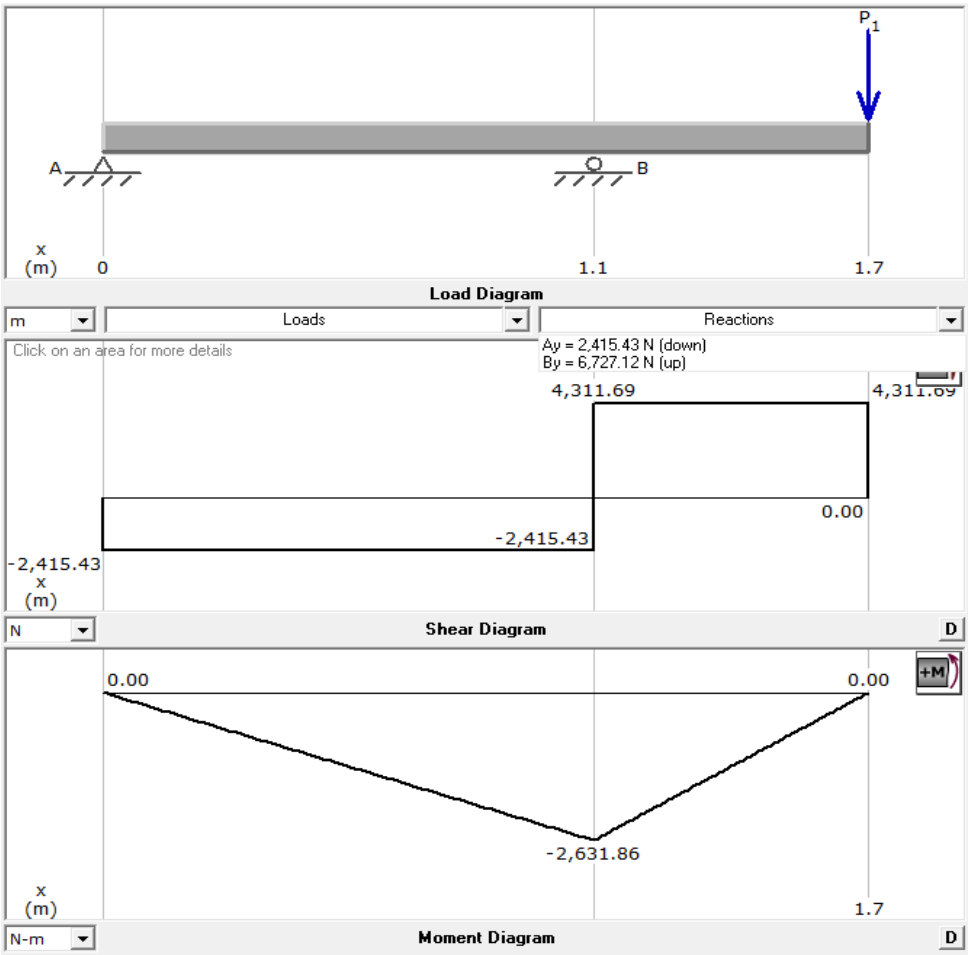



***Figura 64***: Diagrama de fuerza cortante y momento flector - Brazo basculante.
***Fuente:*** Propio, 2019.

Tenemos que la fuerza cortante y el momento flector son iguales a $V_{max} = 4311.69\ N,\ M_{max} = 2631.86\ Nm.$

### *3.3.9.3. Cálculo del Factor de seguridad.*

El factor de seguridad se calculará en función de las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{max} = M_{max} \times \frac{C}{I} \qquad \text{... (Ec. 48)}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}\,(Barra\ rectangular) \qquad \text{... (Ec. 49)}$$

$$\sigma_i = \frac{S_y}{F_S} \qquad \text{... (Ec. 50)}$$

Donde:

$\sigma_{max}$: Esfuerzo máximo en (MPa).

$M_{max}$: Momento máximo en (N.m).

$I$: Momento de inercia de la masa.

$C$: Capacidad de carga básica.

$\sigma_i$: Esfuerzo equivalente en $(MPa)$.

$S_y$: Resistencia a la fluencia $(MPa)$.

$F_S$: Factor de seguridad.

Reemplazando en las ecuaciones 48 y 49, tememos:

$$\sigma_{max} = 2631.86 \times \frac{0.05}{\frac{0.036 \times 0.1^3}{12}}$$

$$\sigma_{max} = 43.86\ \ MPa$$

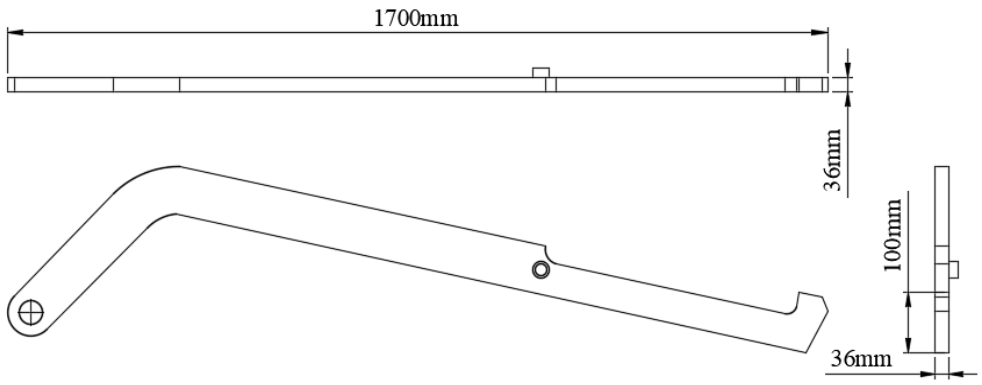



***Figura 65:*** Dimensiones de brazo basculante.
***Fuente:*** Propio, 2019.

El bazo basculante será diseñado con un material Acero estructural ASTM A36 con resistencia a la fluencia de $S_y = 250\ MPa$. (Ver anexo N° 15). De la siguiente ecuación tenemos que:

$$\sigma_y = \frac{F}{A} \qquad \text{... (Ec. 51)}$$

$$\sigma_y = \frac{4311.69}{0.036 \times 0.1} = 1.19\ Mpa$$

### *3.3.9.4. Cálculo del Circulo de Mohr de esfuerzo plano.*

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2{}_{xy}} \qquad \text{... (Ec. 52)}$$

Donde:

$R$: Radio círculo de Mohr en (m).

$\tau_{xy}$: Esfuerzo cortante en (Mpa).

$$R = \sqrt{\left(\frac{43.86 - 1.19}{2}\right)^2 + 0} = 21.34$$

El centro del círculo se ubica en:

$$C = \left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right) = \frac{(43.86 + 1.19)}{2} = 22.525\ MPa$$

$$\sigma_1 = C + R = 22.525 + 21.34 = 43.87\ MPa$$

$$\sigma_2 = C - R = 22.525 - 21.34 = 1.185\ MPa$$

$$\sigma_3 = 0$$

### *3.3.9.5. Teoría de energía de distorsión.*

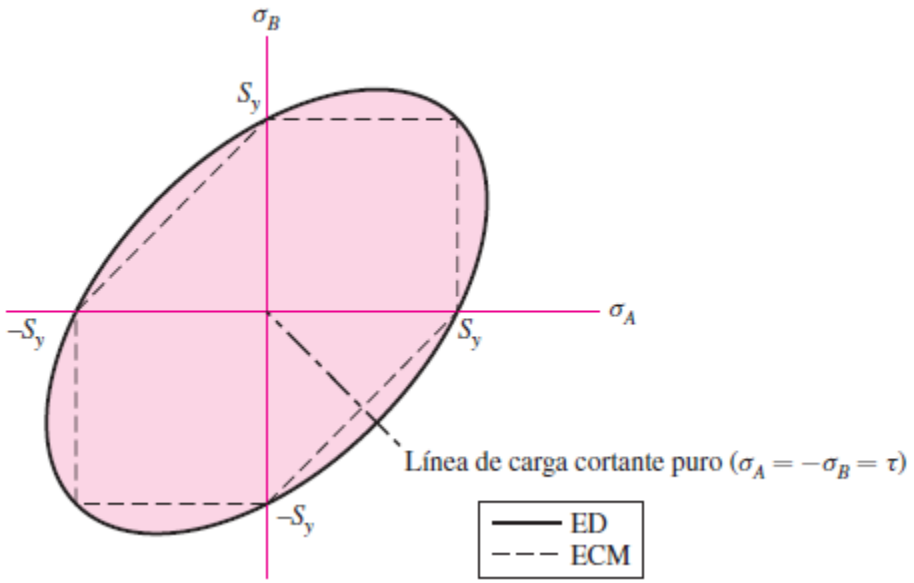



***Figura 66:*** Teoría de energía de distorsión (ED) de estados de esfuerzo plano.
***Fuente:*** *(Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de shigley, 2008)***.**

De la ecuación 53, teoría de la energía de deformación tenemos:

$$\sigma_{\mathrm{i}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2}} \qquad \text{... (Ec. 53)}$$

$$\sigma_{\mathrm{i}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2}}$$

$$\sigma_{\mathrm{i}} = \sqrt{\frac{({\sigma_1}^2 - \sigma_1\sigma_2 + {\sigma_2}^2 + {\sigma_1}^2 + {\sigma_2}^2)}{2}}$$

$$\sigma_{\mathrm{i}} = \sqrt{({\sigma_1}^2 - \sigma_1\sigma_2 + {\sigma_2}^2)} = \sqrt{((43.86)^2 - (43.86 \times 1.185)^2 + (1.185)^2)}$$

$$\sigma_{\mathrm{i}} = 43.28\ MPa$$

Con los datos obtenidos procedemos a calcular el factor de seguridad, de la siguiente Ecuación 50 tenemos:

$$F_S = \frac{250\ MPa}{43.28\ \ MPa} = 5.8$$

### *3.3.9.6. Análisis de los brazos basculantes con software FEA.*

Con la finalidad de garantizar que los brazos soporten la caga ejercida por la bobina madre, se realizó el diseñó para luego ser analizado mediante una simulación con ayuda de software CAD realizando un Análisis de Elementos Finitos (FEA). Teniendo los siguientes resultados:

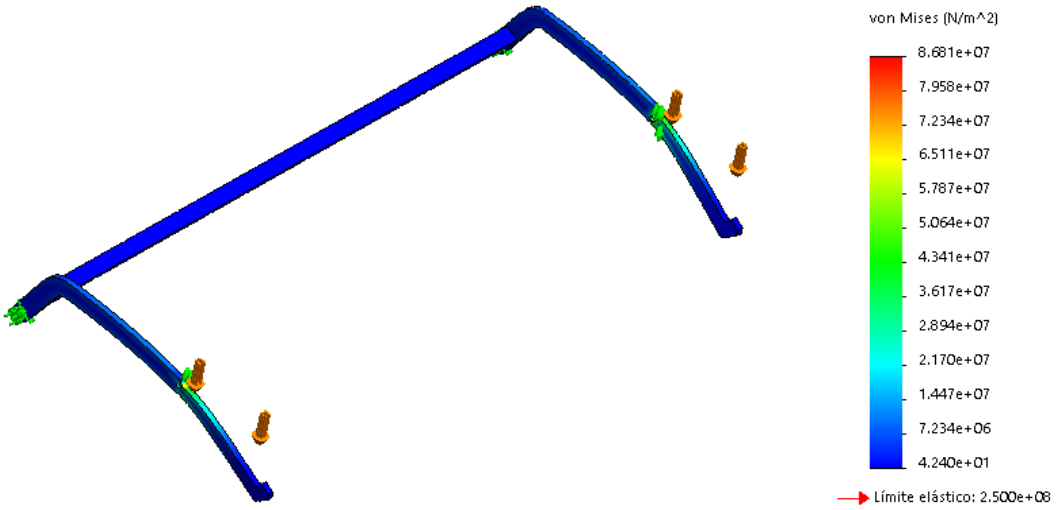



***Figura 67:*** Resultado de Análisis estático de tensiones en los brazos basculantes.
***Fuente:*** Propio, 2019.

De la figura 67, observamos el resultado del análisis de tensiones, indicando que la tensión máxima de Von Mises de 86.81 Mpa, el cual no sobrepasa al límite elástico del material seleccionado que es de 250 MPa. Indicando que la estructura no fallará por cargas estáticas.

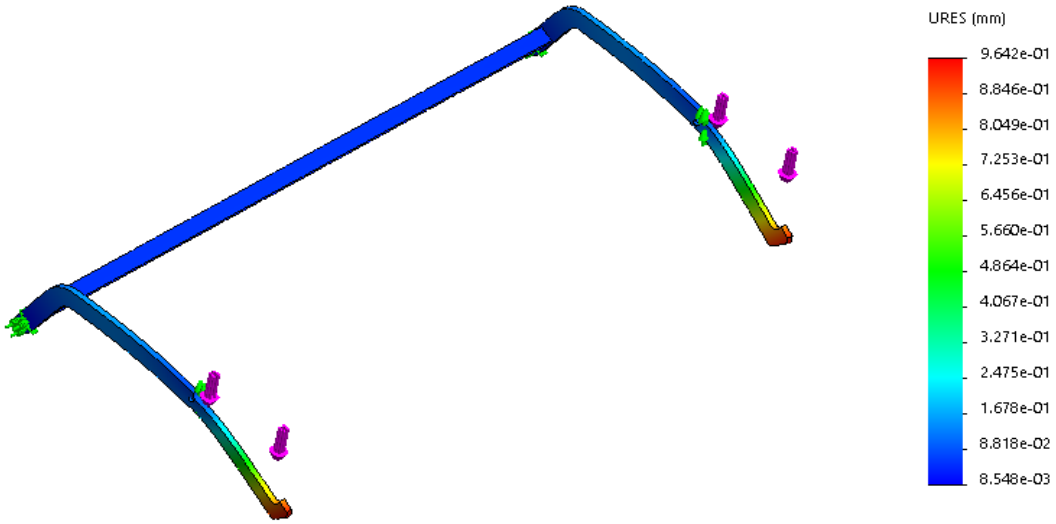



***Figura 68:*** Resultado de Análisis estático de deformación de brazos basculantes.
***Fuente:*** Propio, 2019.

De la figura 68, se observa el análisis de deformación, teniendo la estructura una deformación máxima de 0.9642 mm siendo este un valor pequeño y aceptable para los brazos basculantes, la estructura no fallará.

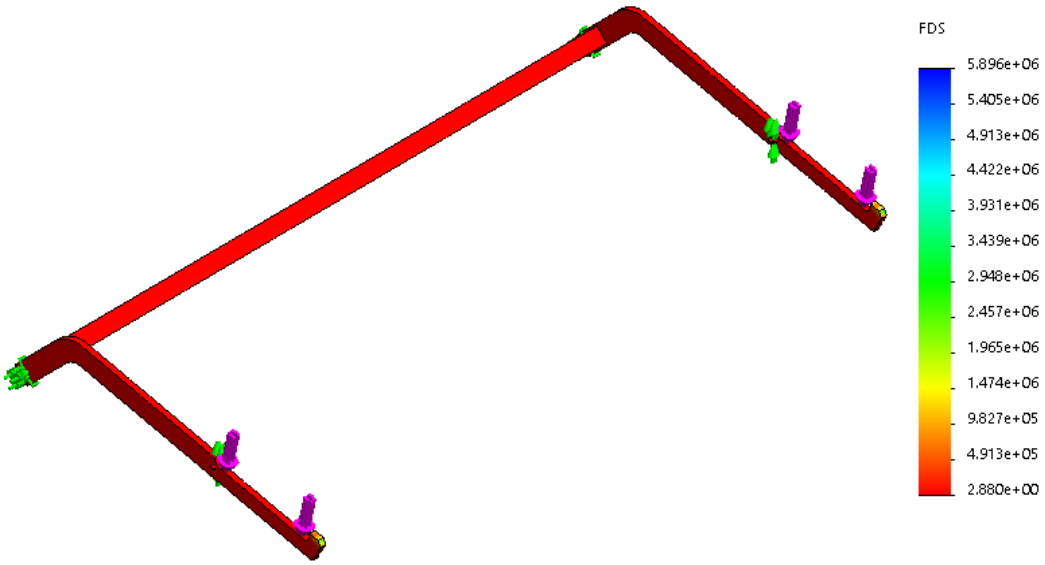



***Figura 69:*** Resultado de Análisis del Factor de Seguridad de brazo basculante.
***Fuente:*** Propio, 2019.

De la figura 69, se observa que la estructura de los brazos basculantes tiene un factor de seguridad mínimo de 2.9, con este dato comprobamos que la estructura tiene una buena resistencia mecánica, garantizando que la estructura es el más adecuada y no fallará.

### 3.3.10. Selección de pistones neumáticos para el sistema de desbobinado.

En el sistema de desbobinado, los pistones son los encargados de ubicar la bobina madre en la posición de funcionamiento alimentando al sistema de bobinado de la

máquina. Los cuales están acoplados a unos brazos basculantes permitiendo levantar la bobina hasta el punto de anclaje para el proceso de desenrollado. (Ver fig. 70).

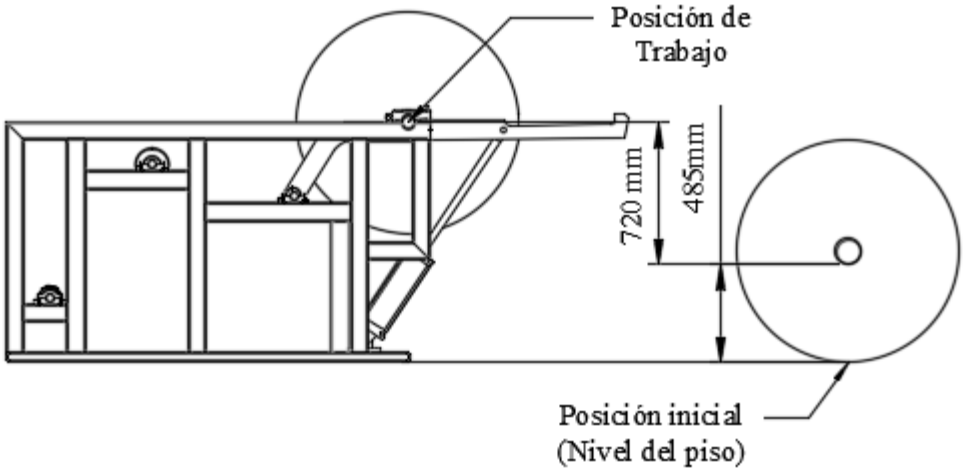



***Figura 70:*** Zona de desbobinado, posición de trabajo de la bobina madre.
***Fuente:*** Propio, 2019.

A partir de la Ecuación 54 se calcula la fuerza real necesaria para que los pistones ubiquen la bobina madre en la posición de trabajo. Para ello es necesario conocer la fuerza que ejerce la bobina madre.

$$F_{real} = F_{nom} + (15\% F_{nom}) \qquad \text{... (Ec. 54)}$$

Donde:

$F_{nom}$: Fuerza nominal.

$F_{real}$: Fuerza real.

$$m_{total} = m_{bb} + m_{bm} + m_{ep} + m_{tt}$$

Donde:

$m_{bb}$: Masa del brazo basculante en (Kg).

$m_{bm}$ : Masa de la bobina madre en (Kg).

$m_{ep}$ : Masa del eje de soporte de bobina madre en (Kg).

$m_{tt}$: Masa del tubo portador de la tela arpillera en (Kg).

$$m_{total} = 199.32\ kg + 840\ kg + 150.074\ kg + 39.04\ kg$$

$$m_{total} = 1228.43\ kg = 12050.9\ N$$

De la Ecuación 54 tenemos que:

$$F_{real} = 12050.9\ N + (15\% \times 12050.9\ )$$

$$F_{real} = 13858.54\ N$$

Del resultado tenemos que $F_{real}$ es la fuerza necesaria en los pistones para levantar a la bobina madre a su posición de trabajo, para nuestro caso, el levante de la bobina se realiza mediante dos pistones que estarán colocados a cada extremo, es decir que la fuerza por cada pistón será de 6929.27 N.

A partir de la siguiente ecuación se determina el área requerida para el cilindro.

$$F_{real} = A \times P$$

Donde:

$P$: Presión de alimentación $kg/cm^2$, se considera una presión de alimentación de 6 bar ($6.11832\ kg/cm^2$) aproximación que se encuentra dentro del rango de condiciones normales de trabajo, además la empresa trabaja como máxima con presión de 7bar.

Del cual tenemos que:

$$A = \frac{706.59\ kgf}{6.11832\ kg/cm^2}$$

$$A = 115.49\ cm^2 = 11549 mm^2$$

Teniendo en cuanta que;

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = 121.26\ mm$$

La bobina madre, será levantada desde su punto más bajo (nivel de suelo), considerando que el eje de soporte de la bobina estará ubicado a 400mm de distancia desde suelo, distancia donde los pistones neumáticos tendrán la capacidad de bajar hasta dicho punto para realizar el levante hasta la posición de trabajo ubicado a 1205mm. Dicho esto se considera una carrera no menor de 750mm. (Ver figura 70).

De los datos obtenidos y en base al catálogo Procesos de Automatización FESTO seleccionamos 02 pistones de 125 mm de diámetro, **DFPI-ND2P-E-NB3P** tipo **DFPI-125** con un rango de carrera de 40mm hasta 900 mm. Ver datos técnicos generales en el anexo N° 15.

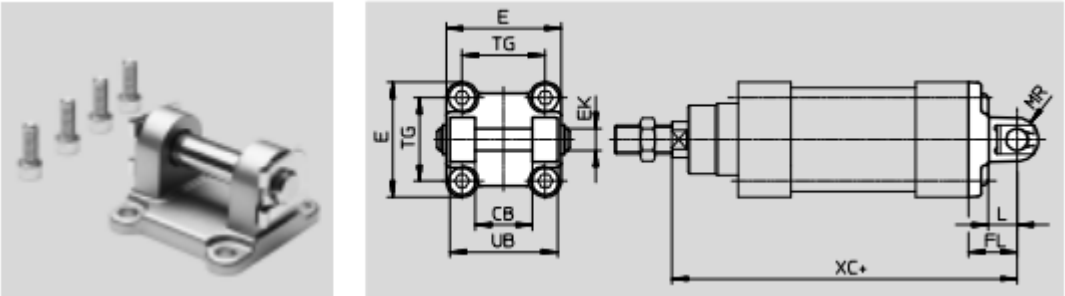



***Figura 71:*** Pistón neumático.
***Fuente:*** Festo, 2015.

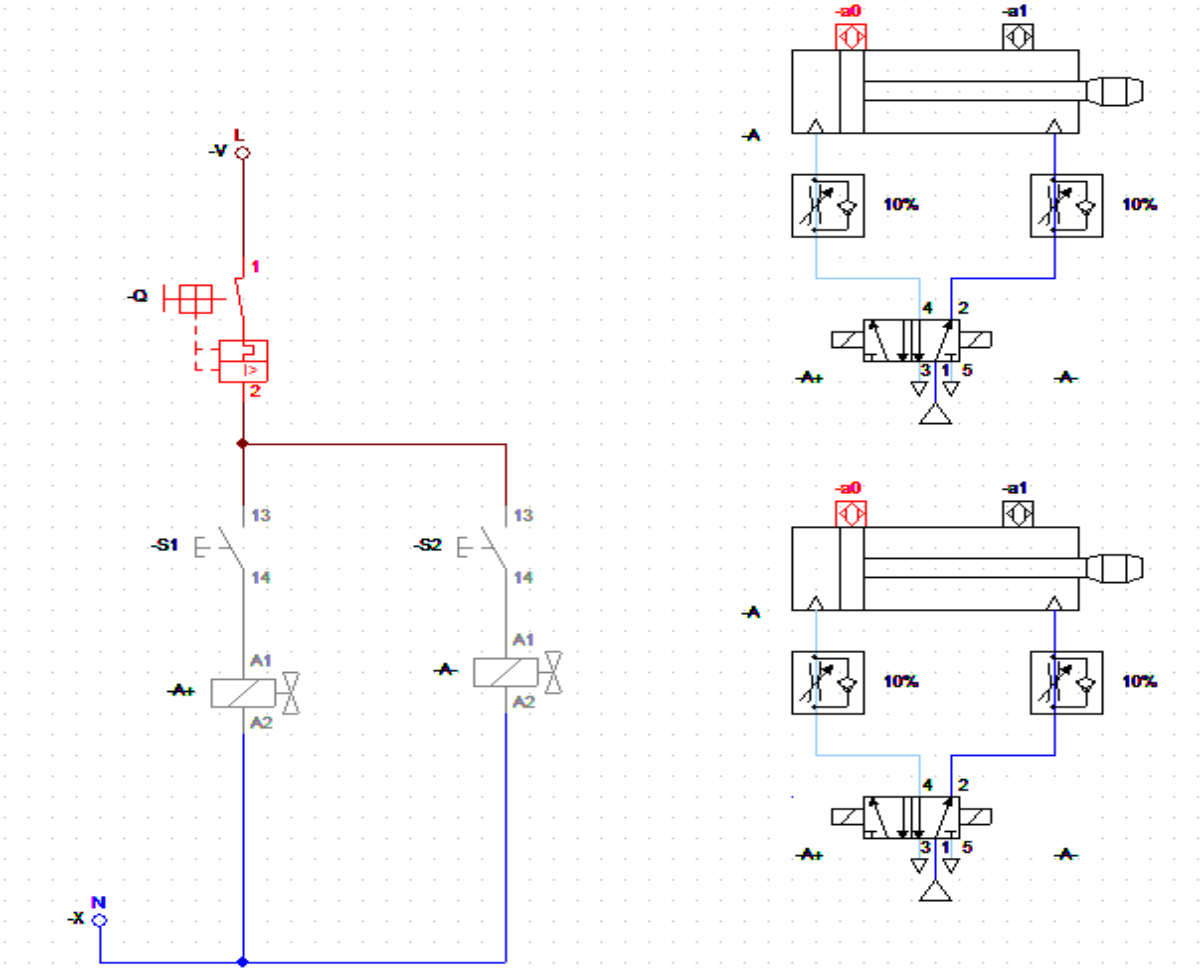



***Figura 72:*** Esquema eléctrico multifilar y control de mando - Pistones neumáticos para el sistema de brazos basculantes.
***Fuente:*** Propio, 2019.

### 3.3.11. Sistema de corte térmico.

Con la finalidad de obtener un buen cortado de la tela, se adoptó por un sistema de corte térmico debido a que las mantas son fabricadas de polipropileno (telas arpilleras), tendiendo a deshilacharse si se utiliza un corte en frio por cuchillas.

El sistema de corte térmico estará ubicado entre el sistema de bobinado y el contador métrico, la máquina desbobinadora trabajara con un contador métrico, registrando en la pantalla principal la longitud de tela desenrollada (Ver apartado 3.3.11), dependiendo de la longitud del pedido (producto, requerimiento) o metraje programado en el temporizador, la máquina de detendrá automáticamente, para posteriormente se efectué el corte con la intervención del operario accionando un pulsador, enviando la señal a la válvula electromagnética para la acción de los pistones neumáticos.

Este sistema estará compuesto por una barra de cobre calentada por una resistencia eléctrica a la temperatura ideal para el cortado de la tela, se sabe que la temperatura de fusión del polipropileno es de 160 °C (Quiminet.com, 2019), estando acoplados hacia un travesaño unido a unos pistones neumáticos los cuales se encargarán del accionamiento para el corte (Ver fig. 73).

El corte se realizará cuando se obtenga la medida deseada del producto final, interviniendo siempre el operario para este proceso.

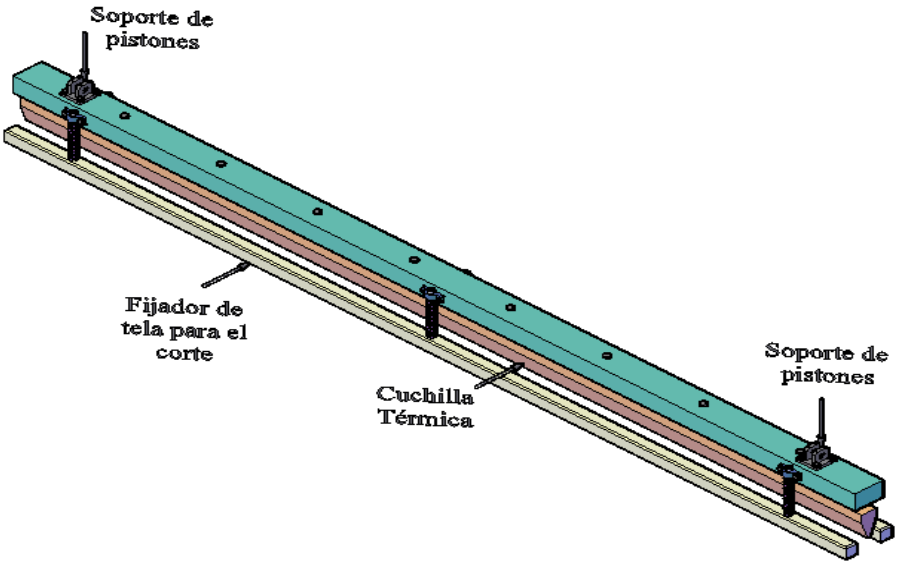



***Figura 73:*** Sistema de corte térmico.
***Fuente:*** Propio, 2019.

A partir de la figura 73, podemos apreciar que los fijadores son los primeros componentes que tendrán contacto con la tela, después de ello la cuchilla térmica con ayuda de los pistones neumáticas tendrán que vencer la resistencia del resorte y proceder al corte, para ello se calcula la fuerza necesaria para la comprensión del resorte.

#### *3.3.11.1. Selección de resistencia eléctrica.*

Para la selección de la resistencia eléctrica o llamado también cartucho de resistencia tomamos como criterio principal la longitud de corte a realizar, siendo este de 3 metros de ancho. En base a ello se seleccionó un cartucho de resistencia de modelo **HHP** del tipo **AS 1**, con un diámetro de 20 mm, las especificaciones técnicas se encuentran en el anexo N° 16. Utilizará una alimentación eléctrica monofásica, con un factor de potencia FP = 1, por ser una carga equilibrada y puramente resistiva teniendo que PT = PF

$$PT = VL \times IL \times \cos \emptyset$$

Donde:

$PT$: ´Potencia total.

$PF$: ´Potencia de fase.

$VL$: Voltaje de línea.

$IL$: Corriente de línea.

$\cos \emptyset$: Factor de potencia.

Datos principales de la resistencia eléctrica.

$$Potencia\ del\ sistema\ de\ corte = 2200\ Watts$$

$$Tensión = 220\ Vol$$

$$Temperatura\ de\ trabajo\ max = 700\ °C$$

$$IF = \frac{PF}{VL} = \frac{2200}{220} = 10\ A$$

$$R_{eq} = \frac{VL}{IF} = \frac{220}{10} = 22\ \Omega$$

Para mantenerse dentro del rango de la potencia del sistema de corte, el cartucho de resistencia eléctrica debe tener como mínimo 22 Ω.

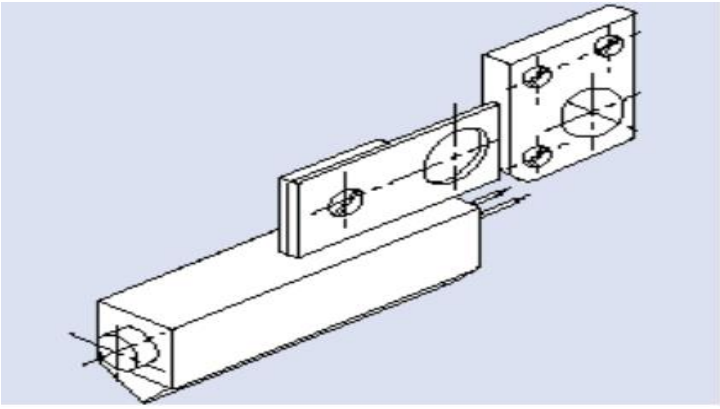


***Figura 74:*** Calentador de cuchilla de corte.
***Fuente:*** *(Hotset, 2017).*

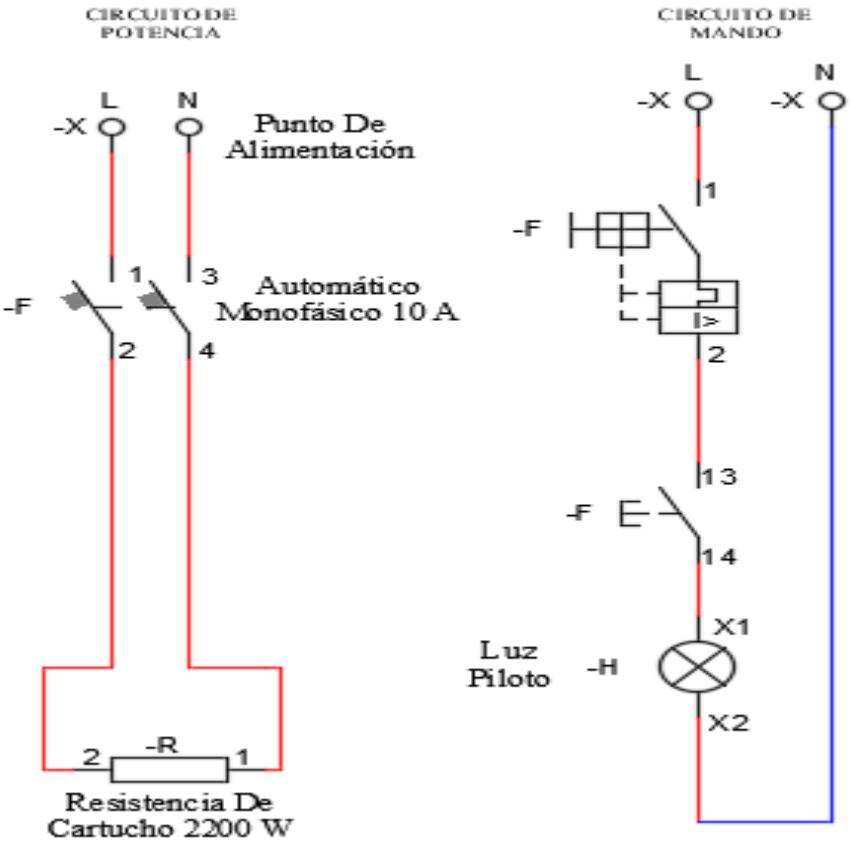



***Figura 75:*** Esquema eléctrica Multifilar y Control de mando - Resistencia eléctrica – Sistema de corte.
***Fuente:*** Propio, 2019.

### *3.3.11.2. Selección de resorte.*

Para el cálculo del resorte se tuvo en cuenta las relaciones deformación y esfuerzo. El resorte cumple la función de "auto – bloquear" a la cuchilla térmica, con la finalidad de que primero se fije el área de cortado para evitado imperfecciones. Las cargas aplicadas al resorte serán el peso de la cuchilla térmica y el travesaño que sirve de soporte para los pistones. De acuerdo a la longitud del corte, el diseño contara con 6 resortes de apoyo.

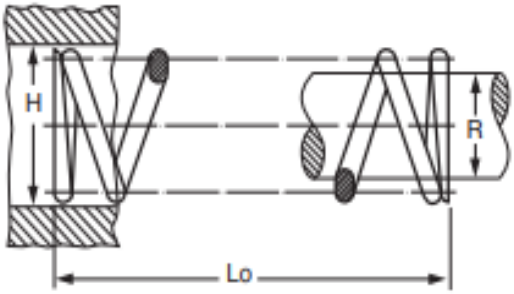



***Figura 76:*** Esquema de un resorte helicoidal de comprensión.
***Fuente:*** Spec, 2017.

Se realizó el diseño del sistema de corte en el software de diseño, donde se obtuvo un peso total de 178.91 kg de los componentes de acuerdo a los materiales asignados, por lo tanto, tenemos que la fuerza aplicada seria de 1755.1 N. siendo compensada por los 6 resortes instalados.

La selección de resorte se realizó en base a catalogo Lee Sring. Resortes para Troquel HEFTY$^{MR}$, carga media (Color gris), posteriormente se eligió un resorte con el código comercial **LHL1000A 01,** diámetros del perno central de 12.70mm, diámetro exterior nominal de 24.38mm y con una carga a deflexión al 50% de 600.76 N. (Ver anexo N° 17).

***Figura 77:*** Resorte Troquel HEFTY$^{MR}$ - Serie 23.
***Fuente:*** *(Spring, 2017)*

El esfuerzo cortante permisible se calcula a partir de la ecuación:

$$\tau = \frac{F \times \frac{De}{2}}{\frac{\pi}{16} \times d^3} \qquad \text{... (Ec. 55)}$$

Donde:

$\tau$: Esfuerzo cortante permisible en (MPa).

$F$: Fuerza aplicada en (N).

$De$: Diámetro de bocina en (mm).

$d$: Dímetro del alambre en (mm).

$$\tau = \frac{292.52\ N \times \frac{0.0127}{2}}{\frac{\pi}{16} \times 0.00318^3} = 394.18\ MPa$$

$$\tau_k = k \times \tau = \frac{1 + 0.5}{C} \times \tau \qquad \text{... (Ec. 56)}$$

Donde:

$k$: Factor de aumento de esfuerzo cortante.

$\tau$: Esfuerzo cortante permisible en (MPa).

$C$: Índice del resorte $4 \leq C \leq 12$

$$\tau = \frac{1 + 0.5}{6} \times 292.52\ N = 73.13\ MPa$$

### *3.3.11.3. Selección de pistones para el proceso de corte.*

Los pistones se encargan del accionamiento del corte, por lo que serán capaces de vencer la resistencia mecánica del resorte. Para la selección de los componentes trabajamos en base al peso del sistema de cortes y la fuerza necesaria para la comprensión del resorte, los pistones deberán generar una fuerza mayor a estar para que el corte sea efectivo. En base a ello y de acuerdo a catalogo FESTO se selecciona 02 cilindros neumáticos Serie P1D**,** con el código comercial de **P1D-S050MS-XXXX 50**, diámetro del cilindro de 50mm y una carrea de 50mm. (Ver anexo N° 18).

Para la alimentación de los sistemas neumáticos la empresa cuenta con su propio sistema de compresores con una presión de trabajo de 8 Bar, para la alimentación de las de las diferentes máquinas de la planta, además se tiene la facilidad de la alimentación ya que existe una línea de aire cerca (2 metros aprox.) de donde será instalado la máquina.

***Figura 78:*** Cilindro neumático Serie P1D.
***Fuente:*** Parker, 2017.

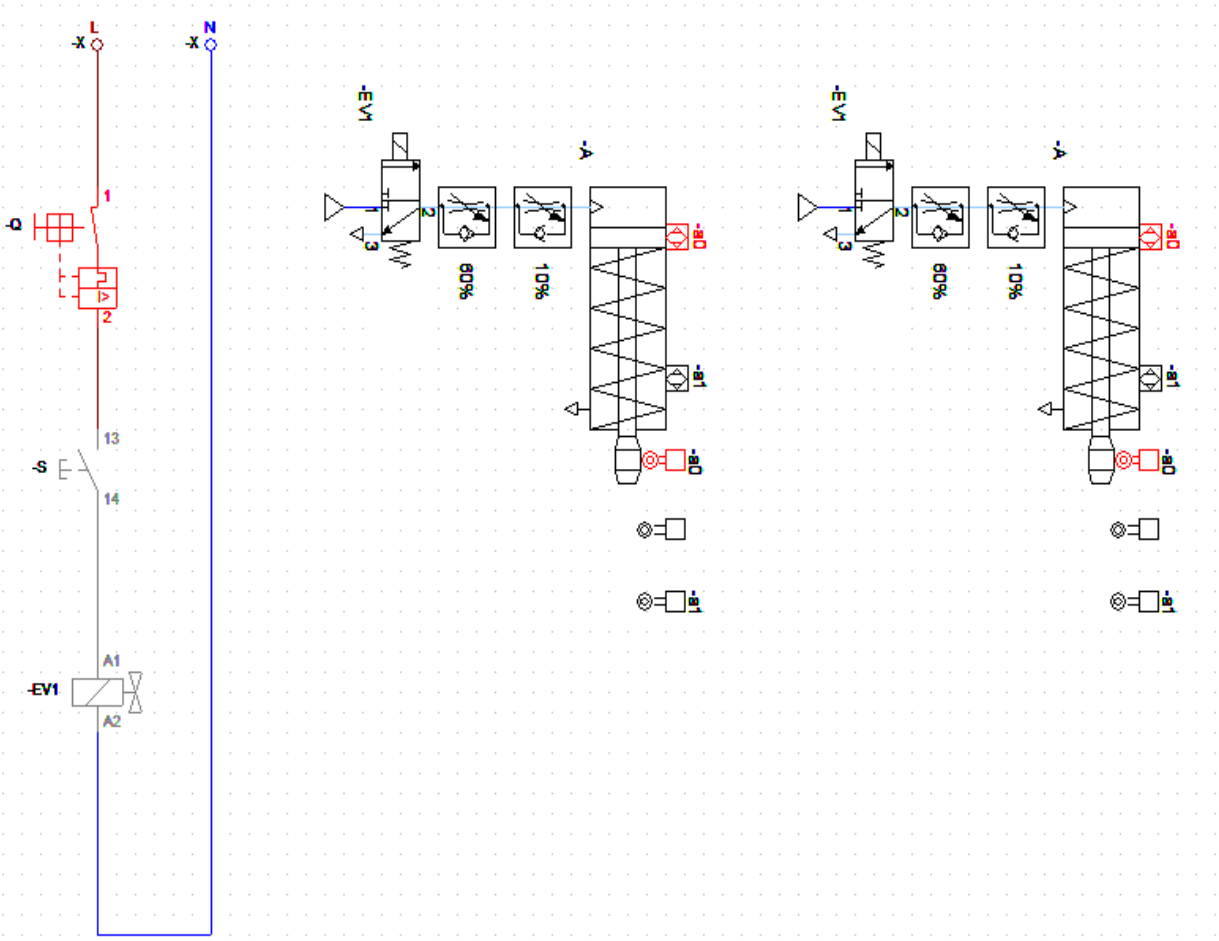



**Figura 79:** Esquema eléctrico multifilar - Posición inicial - Pistones de accionamiento para el sistema de corte.
***Fuente:*** Propio, 2019.

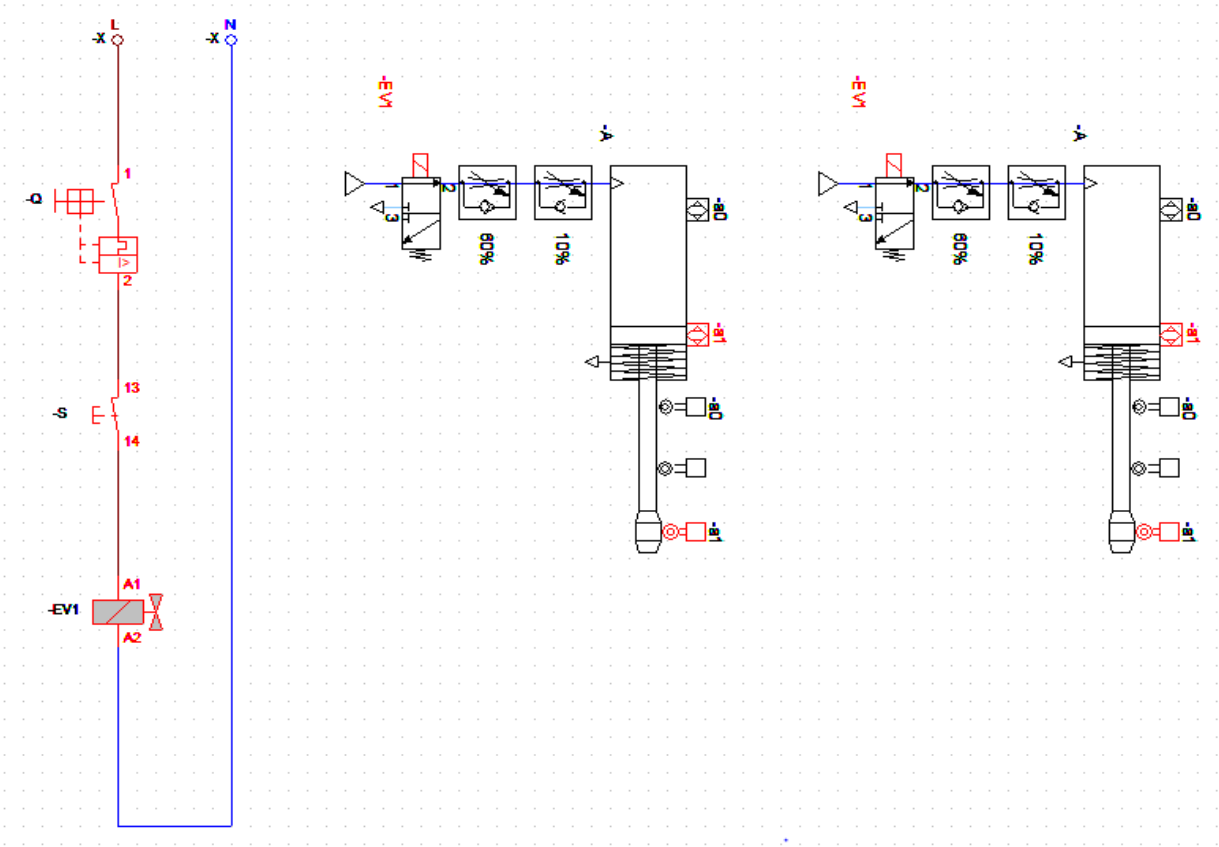



***Figura 80:*** Esquema eléctrico multifilar - Posición final - Pistones de accionamiento para el sistema de corte.
***Fuente:*** Propio, 2019.

### 3.3.12. Selección del sistema de medición.

Debido a los requerimientos (Clientes) se crea la necesidad de obtener bobinas de 200, 300 y 450 metros, motivo por el cual es indispensable instalar un sistema de medición para el control del metraje. El proceso de medición de la tela se realizará mediante un dispositivo electrónico, un contador métrico teniendo la capacidad de registrar todos los valores según el cliente.

El principio de funcionamiento de este dispositivo es cuando la tela al ser bobinado hacer girar a las ruedas laterales del medidor transformando esta señal en una medida

de longitud la cual aparece en el Displey, la presión ejercida por la rueda deberá ser constantes permitiendo el paso de la tela sin ningún inconveniente. Además, el contador métrico trabajará conjuntamente con un temporizador con la finalidad de indicar al motor que se detenga en la medida programada.

***Figura 81:*** Contador métrico Serie ENC.
***Fuente:*** LED CONTROLS S.A.

### 3.3.13. Estudio de soldadura para la estructura de la máquina desbobinadora.

Propiedades del material a utilizar.

**Tabla 17**
*Propiedades de la soldadura utilizada ISO en lomo*

| **Máquina desbobinadora de tela arpillera** | |
|---|---|
| Largo | 4400mm |
| Ancho | 3500mm |
| Alto | 2400mm |
| Material construcción | ASTM A36 |
| Tubo cuadrado | 92 x 92 x 3.17 |
| Tubo rectangular | 50 x 100 x 3.17 |
| **Propiedades mecánicas** | |
| Límite de fluencia | 317 MPa |
| Resistencia a la tracción | 400 MPa |

***Fuente:*** Propio, 2019.

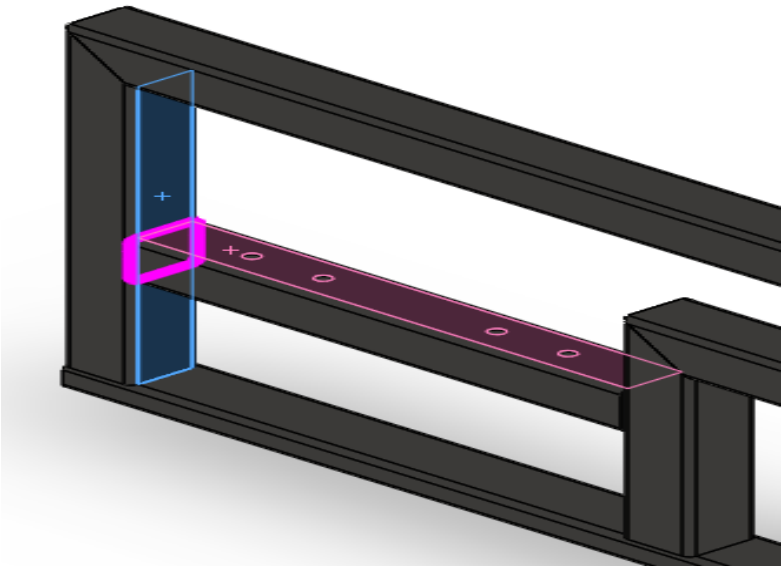


***Figura 82:*** Configuración de soldadura mediante software Solidworks.
***Fuente:*** Propio, 2019.

### *3.3.13.1. Selección del diámetro del electrodo.*

De la figura 83, se selecciona el diámetro del electrodo en función del material y espesor.

| Material a soldar | Espesor (mm) | Intensidad (Amperios) | Diámetro del electrodo |
|---|---|---|---|
| Acero Dulce | 1,5 | 40 a 60 | 1,6 mm |
| | 2 y 3 | 60 a 70 | 2 mm |
| | 2 a 5 | 80 a 100 | 2,5 mm |
| | 3 a 10 | 100 a 130 | 3,2 mm |
| | >10 | 130 a 160 | 4 mm |
| Acero Inoxidable | >1,5 | 80 a 100 | 2,5 mm |
| Hierro | >3 | 80 a 100 | 2,5 mm |

***Figura 83:*** Diámetro del electrodo en función al material a soldar.
***Fuente:*** *(MERLIN, 2016)*

La AWS (American Welding Society) ha normalizado su diseño y utilización para el proceso de soldadura al arco con electrodo recubierto, disponiendo de diferentes tipos de electrodos, se seleccionará en base a sus características del material, composición del núcleo, como también por su recubrimiento y su diámetro de electrodo. De la Tabla 17 tenemos que nuestro material tiene una resistencia a la tracción de 400 MPa, de la figura 78 seleccionamos el número de soldadura **E70xx**.

| Número de electrodo AWS* | Resistencia a la tensión, kpsi (MPa) | Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa) | Elongación porcentual |
|---|---|---|---|
| E60xx | 62 (427) | 50 (345) | 17-25 |
| E70xx | 70 (482) | 57 (393) | 22 |
| E80xx | 80 (551) | 67 (462) | 19 |
| E90xx | 90 (620) | 77 (531) | 14-17 |
| E100xx | 100 (689) | 87 (600) | 13-16 |
| E120xx | 120 (827) | 107 (737) | 14 |

***Figura 84:*** Propiedades mínimas del metal de aporte.
***Fuente:*** *(Nisbett, Diseño en ingeniría mecánica de Shigley, 2008).*

### *3.3.13.2. Cálculo considerando esfuerzo cortante.*

La estructura de la máquina está construida con un acero ASTM A36 de una sección cuadrada de 92mm x 92mm x 3.17mm y una sección rectangular de100mm x 50mm x 3.17mm, estando las uniones soldadas con un filete de tamaño de 3.2mm alrededor. (Ver ficha técnica de los perfiles en el anexo N° 19)

Para ellos calculamos la fuerza permisible ($F_{perm}$) que podrá soportar la estructura, en base a las propiedades mecánicas de resistencia de la soldadura, luego se comprobará con la mayor fuerza estática que resistirá la estructura, se tiene una magnitud de F = 10 KN.

$$\tau = \frac{F_{perm}}{A} \qquad \text{... (Ec.57 )}$$

Donde:

$\tau$: Esfuerzo cortante admisible de la soldadura en $(Pa)$.

$F_{perm}$: Fuerza máxima permisible en $(N)$.

$A$: Sección cortante de soldadura en $(m^2)$.

Despejando la Ecuación 57:

$$F_{perm} = \tau \times A$$

$$A = 4(0.00317)(0.092) = 0.0012m^2$$

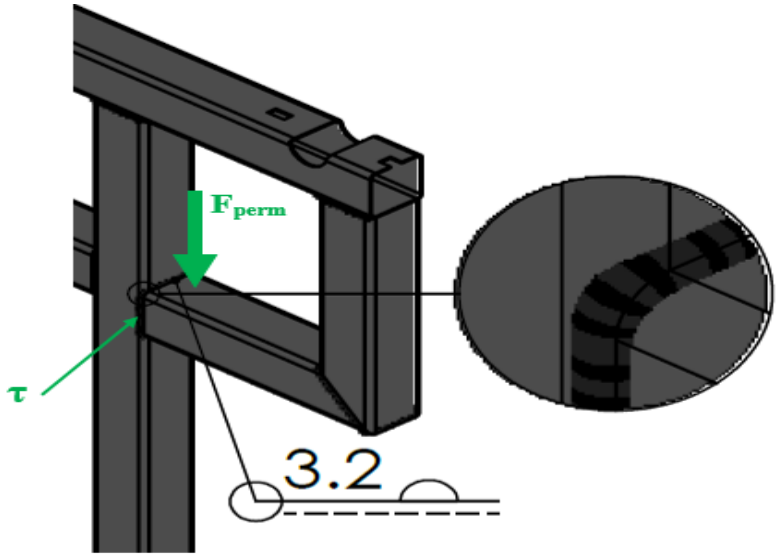



***Figura 85:*** Soldadura de filete.
***Fuente:*** Propio, 2019.

**Tabla 18**

*Cargas constantes permisible y tamaños mínimos de soldadura de filete*

**Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete**

| | Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 60* | 70* | 80 | 90* | 100 | 110* | 120 |
| | Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial | | | | | | |
| $\tau =$ | 18.0 | 21.0 | 24.0 | 27.0 | 30.0 | 33.0 | 36.0 |
| | Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal | | | | | | |
| †$f =$ | 12.73$h$ | 14.85$h$ | 16.97$h$ | 19.09$h$ | 21.21$h$ | 23.33$h$ | 25.45$h$ |
| Tamaño del cateto $h$, pulg | Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal | | | | | | |
| 1 | 12.73 | 14.85 | 16.97 | 19.09 | 21.21 | 23.33 | 25.45 |
| 7/8 | 11.14 | 12.99 | 14.85 | 16.70 | 18.57 | 20.41 | 22.27 |
| 3/4 | 9.55 | 11.14 | 12.73 | 14.32 | 15.92 | 17.50 | 19.09 |
| 5/8 | 7.96 | 9.28 | 10.61 | 11.93 | 13.27 | 14.58 | 15.91 |
| 1/2 | 6.37 | 7.42 | 8.48 | 9.54 | 10.61 | 11.67 | 12.73 |
| 7/16 | 5.57 | 6.50 | 7.42 | 8.35 | 9.28 | 10.21 | 11.14 |
| 3/8 | 4.77 | 5.57 | 6.36 | 7.16 | 7.95 | 8.75 | 9.54 |
| 5/16 | 3.98 | 4.64 | 5.30 | 5.97 | 6.63 | 7.29 | 7.95 |
| 1/4 | 3.18 | 3.71 | 4.24 | 4.77 | 5.30 | 5.83 | 6.36 |
| 3/16 | 2.39 | 2.78 | 3.18 | 3.58 | 3.98 | 4.38 | 4.77 |
| 1/8 | 1.59 | 1.86 | 2.12 | 2.39 | 2.65 | 2.92 | 3.18 |
| 1/16 | 0.795 | 0.930 | 1.06 | 1.19 | 1.33 | 1.46 | 1.59 |

*En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AISC-AWS Task Committee.

†$f = 0.707h\tau_{perm}$

**Programa B: tamaño mínimo de soldadura de filete, $h$**

| Espesor del material de la parte unida más gruesa, pulg | | Tamaño de la soldadura, pulg |
|---|---|---|
| *Hasta $\frac{1}{4}$ inclusive | | $\frac{1}{8}$ |
| Mayor que $\frac{1}{4}$ | Hasta $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{16}$ |
| Mayor que $\frac{1}{2}$ | Hasta $\frac{3}{4}$ | $\frac{1}{4}$ |
| †Mayor que $\frac{3}{4}$ | Hasta $1\frac{1}{2}$ | $\frac{5}{16}$ |
| Mayor que $1\frac{1}{2}$ | Hasta $2\frac{1}{4}$ | $\frac{3}{8}$ |
| Mayor que $2\frac{1}{4}$ | Hasta 6 | $\frac{1}{2}$ |
| Mayor que 6 | | $\frac{5}{8}$ |

No se debe exceder el espesor de la parte más delgada.

*El tamaño mínimo para aplicaciones en puentes no puede ser menor a $\frac{3}{16}$ pulg.

†Para tamaño mínimo del filete de soldadura, el programa no puede ser mayor que la soldadura de filete de $\frac{5}{16}$ pulg por cada $\frac{3}{4}$ pulg de material.

Fuente: Adaptada de Omer W. Blodgett (ed.), *Stress Allowables Affect Weldment Design*, D412, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland, mayo de 1991, p. 3. Reproducido con autorización de Lincoln Electric Company.

***Fuente:*** (Nisbett, Diseño en ingeniría mecánica de Shigley, 2008)

De la Tabla 17, el esfuerzo cortante admisible de la soldadura para un electrodo **E70XX** es de 21 Kpsi (144.8MPa), por lo tanto, de la Ecuación 55 calculamos:

$$F_{perm} = 144.8 \times 10^6 Pa \times 0.0012 m^2$$

$$F_{perm} = 173.76\ KN$$

Del valor obtenido, en comparación con la fuerza máxima cortante que soportara la estructura, este es mayor $F_{perm} > F$.

### *3.3.13.3. Cálculo considerando esfuerzo de tensión.*

Tenemos que la fuerza permisible de tensión por unidad de longitud unitaria, para un cateto de soldadura de filete de 3.2mm, utilizaremos el valor de 1/8", de la Tabla 19, tenemos que es 1.86 klb/pulg de soldadura 4000mm que equivale a 157.48 pulg.

$$F_{perm-tensión} = 1.86l$$
$$F_{perm-tensión} = 1.86 \times 157.48$$
$$F_{perm-tensión} = 292.91\ klb = 1302.93\ kN$$

Del análisis FEA realizado a la estructura de la máquina, se obtiene el esfuerzo a la tensión máxima alcanzada es de $\sigma = 5.31\ MPa$. El área de la sección del perfil de $10.55\ cm^2$. De la siguiente ecuación tenemos:

$$F_t = \sigma \times A$$

Donde:

$\sigma$: Esfuerzo de tensión en (Pa).
$F_t$: Fuerza máxima de tensión en (N).
$A$: Sección del perfil ($m^2$).

$$F_t = 5.31 \times 10^6 Pa \times 1.055 \times 10^{-3} m^2$$
$$F_t = 5602.05\ N$$

Del resultado obtenido, tenemos que $F_t < F_{perm-tensión}$ garantizando la idoneidad del tipo que soldadura utilizada.

### 3.3.14. Análisis de la estructura base mediante el software de diseño (FEA).

Para la realización del análisis de la estructura, se deberá tomar en cuenta las cargas al cual estará sometido, estas serán; el peso de la bobina madre, peso de tubo portador de tela, peso de eje de soporte, peso de rodillos tensiones, peso de rodillos guiadores, peso de rodillos bobinadores y peso de bobina final (producto terminado).

**Tabla 19**
*Peso de partes móviles de la máquina*

| ELEMENTO | MASA (kg) | Newton (N) |
|---|---|---|
| Bobina de tela arpillera | 840 | 8240.4 |
| Tubo portador de la tela | 39.04 | 386.514 |
| Eje de soporte | 150.074 | 1472.23 |
| Rodillo tensor 01 | 84.157 | 825.584 |
| Rodillo tensor 02 | 84.157 | 825.584 |
| Rodillo guía 01 | 84.157 | 825.584 |
| Rodillo guía 02 | 84.157 | 825.584 |
| Rodillo bobinador 01 | 161.841 | 1587.66 |
| Rodillo bobinador 02 | 161.841 | 1587.66 |
| Sistema de corte | 50 | 490.5 |
| **TOTAL** | | 17067.30 |

***Fuente**:* Propio, 2019.

Con la finalidad de garantizar que la estructura tenga la capacidad de soportar la carga de trabajo, se procedió a realizar un estudio de esfuerzos mediante un software de Análisis de Elementos Finitos del cual evaluaremos el factor de seguridad. Cabe resaltar que las cargas están apoyadas a los extremos, algunas de ellas en chumaceras, razón por el cual se trabajará con dos fuerzas que al sumarlas deben dar el total **17,067.30 N.**

Para el modelamiento se utilizó dos tipos de perfil estructural ASTM A36, un tubo cuadrado de 92mm x 92mm x 3.17 mm y un tubo rectangular de 100mm x 50mm x 3.17mm.

De la figura 86, observamos el resultado del análisis estático de tensiones, el cual nos indica que la tensión máxima es de 5.31 MPa, en comparación con el límite elástico del material este no sobrepasa, garantizando que la estructura no fallará.

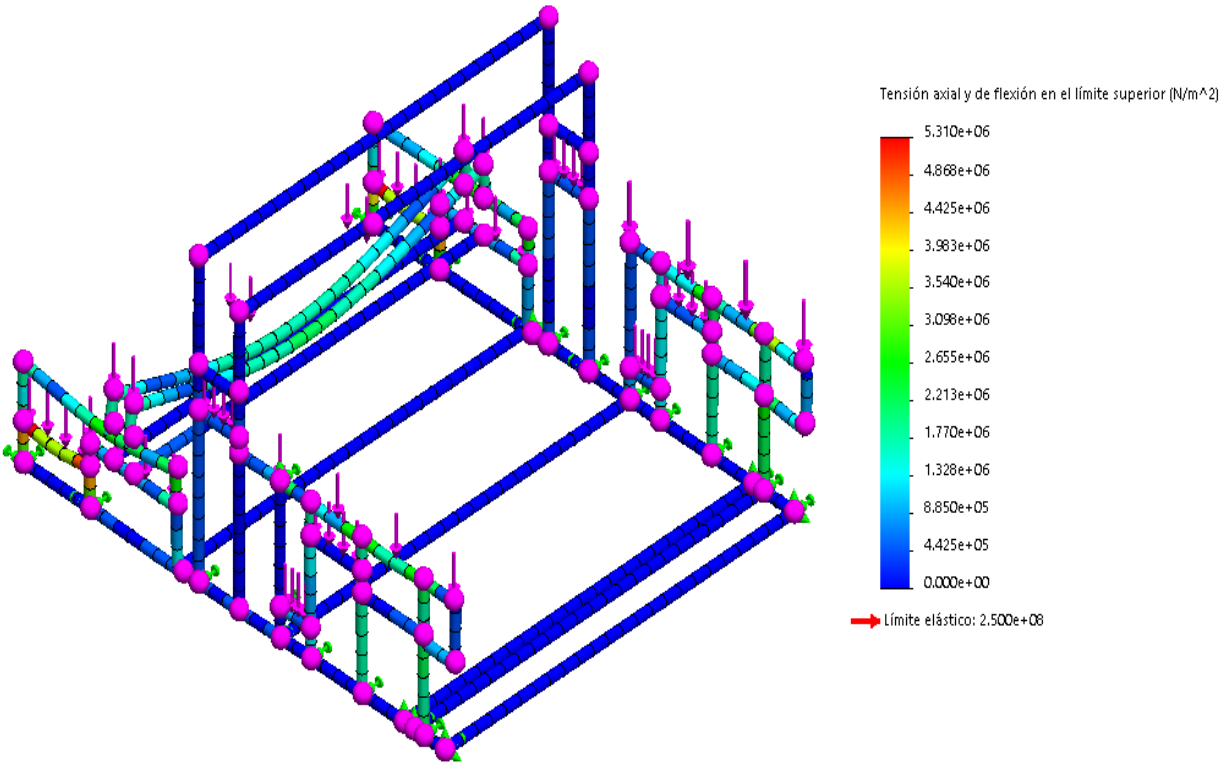



***Figura 86:*** Resultado - Análisis estático - Tensión axial y flexión de la estructura.
***Fuente:*** Propio. 2019.

De la figura 87, tenemos el resultado del análisis de desplazamiento teniendo un valor máximo generado por las cargas de 0.2304mm, siendo un valor muy pequeño y aceptable, del resultado decimos que la estructura es fiable.

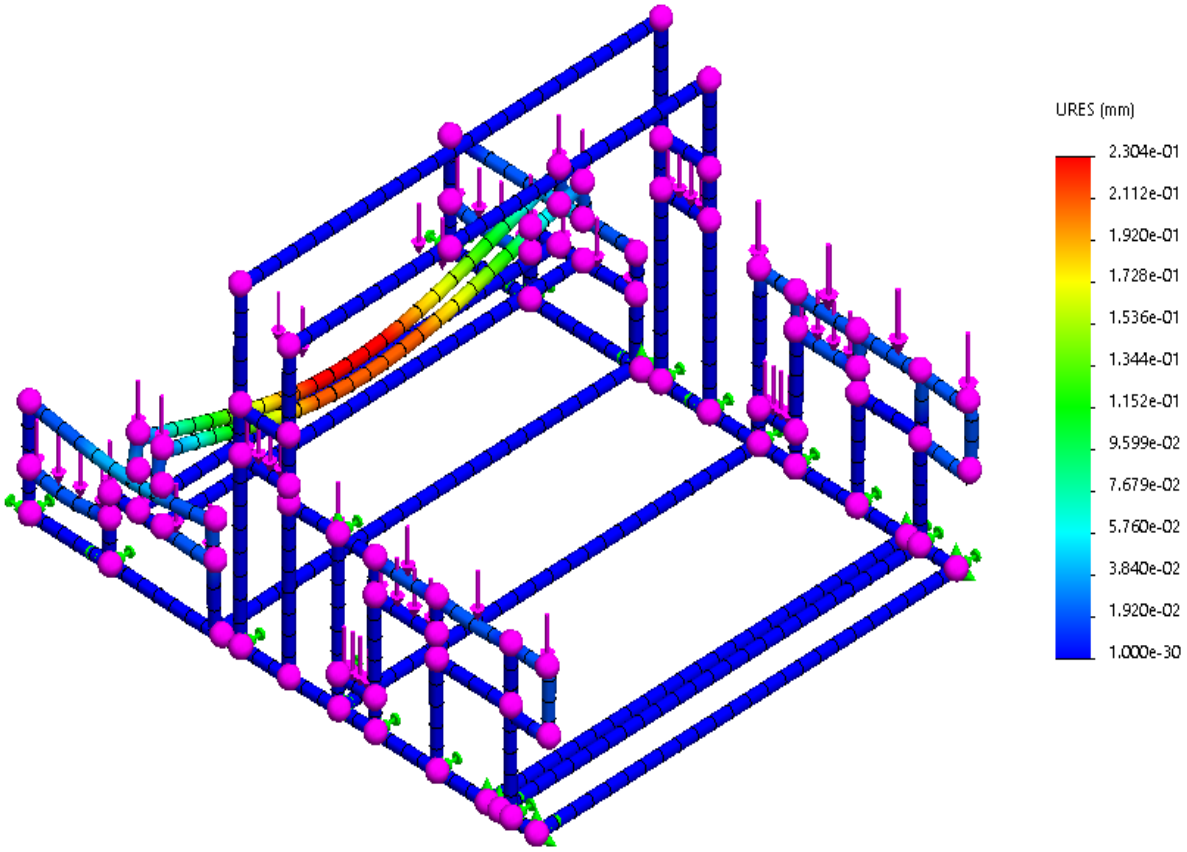



***Figura 87:*** Resultado - Análisis estático - Desplazamiento en la estructura.
***Fuente:*** Propio, 2019.

De la figura 88, se observa que la estructura (chasis), tiene un factor de seguridad mínimo de 47, de esta manera se comprueba que la estructura posee una buena resistencia mecánica. Motivo por el cual la estructura no fallará.

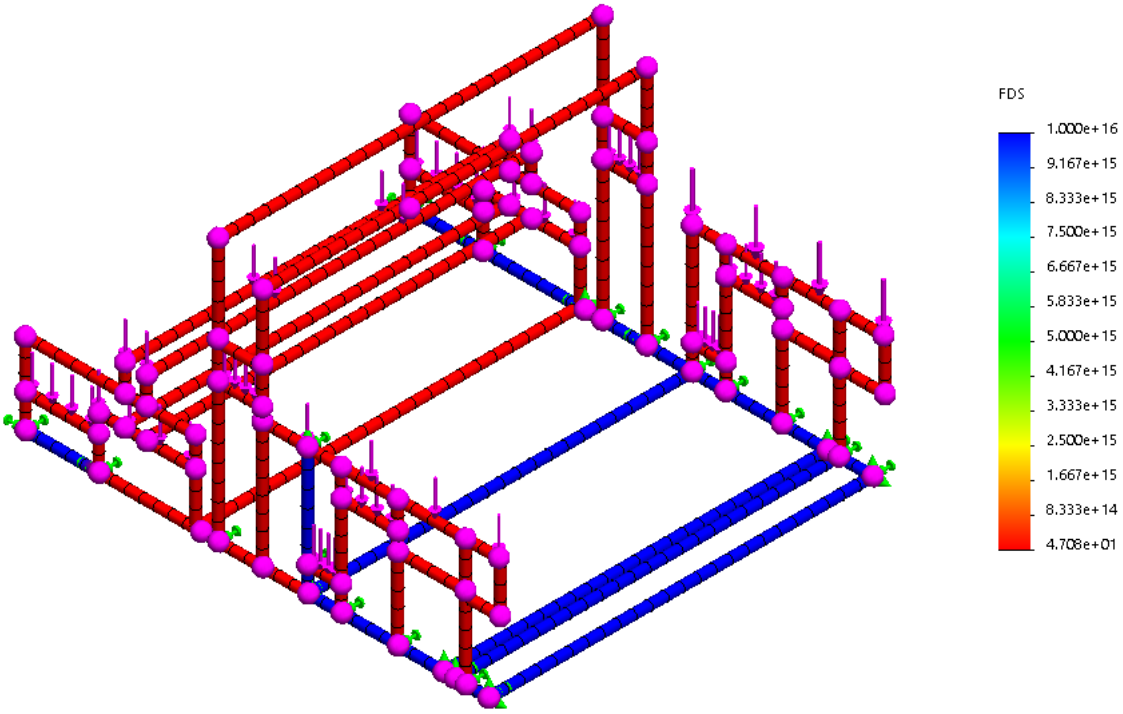



***Figura 88:*** Resultado - Análisis estático - Factor de Seguridad de la estructura.
***Fuente:*** Propio, 2019.

### 3.3.15. Diseño del sistema eléctrico.

La fábrica posee conexiones trifásicas para el funcionamiento de las máquinas, motivo por el cual se trabajará con un motor trifásico siendo más eficientes, estables y seguro.

Del capítulo 3.3.2. se realizó el respectivo cálculo de la potencia del motor, obteniéndose una potencia de 3 Hp para el proceso de desenrollado y bobinado. Se seleccionó un motor con las siguientes características:

- Potencia: 3 Hp.
- Tensión: 380 V.

- Eficiencia: 83.1 %.
- Factor de potencia (cosØ): 0.81.
- Corriente nominal: 4.95 A
- Distancia al tablero eléctrico: 10m.

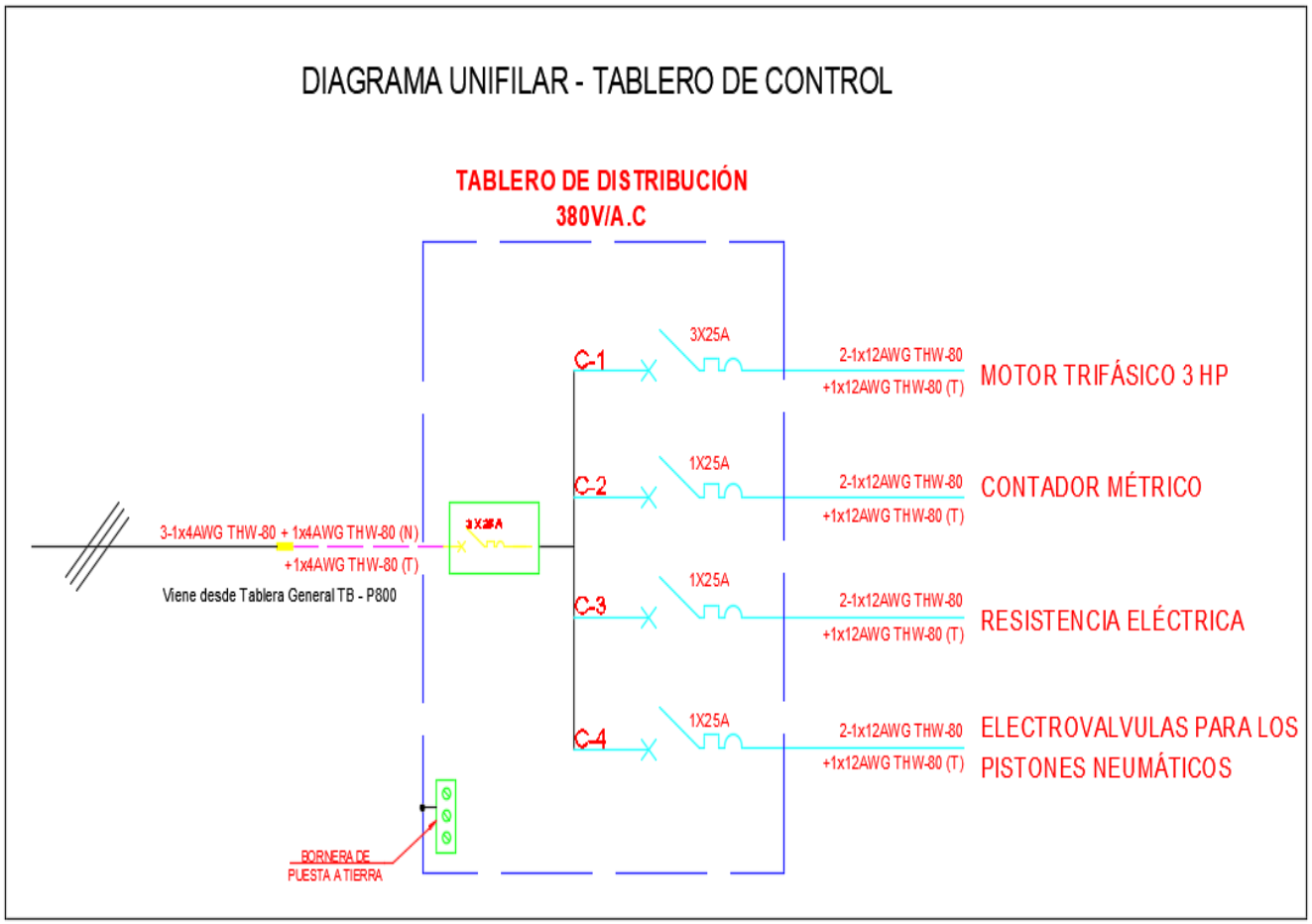



***Figura 89:*** Diagrama unifilar - Máquina desbobinadora.
***Fuente:*** Propio, 2019.

Los accesorios que conforman el diagrama eléctrico se muestran a continuación:

- Pulsador zeta de energía normalmente cerrado de color rojo.
- 01 pulsador con contacto normalmente abierto, color verde.

- 01 pulsador con contacto normalmente cerrado, color rojo.
- 01 indicador de alarma, color amarillo.
- 01 contactor de 25 A.
- 01 relé térmico.
- 02 disyuntor.
- 04 llave diferencial.
- 01 motor reductor trifásico 380V/60HZ/C.A.

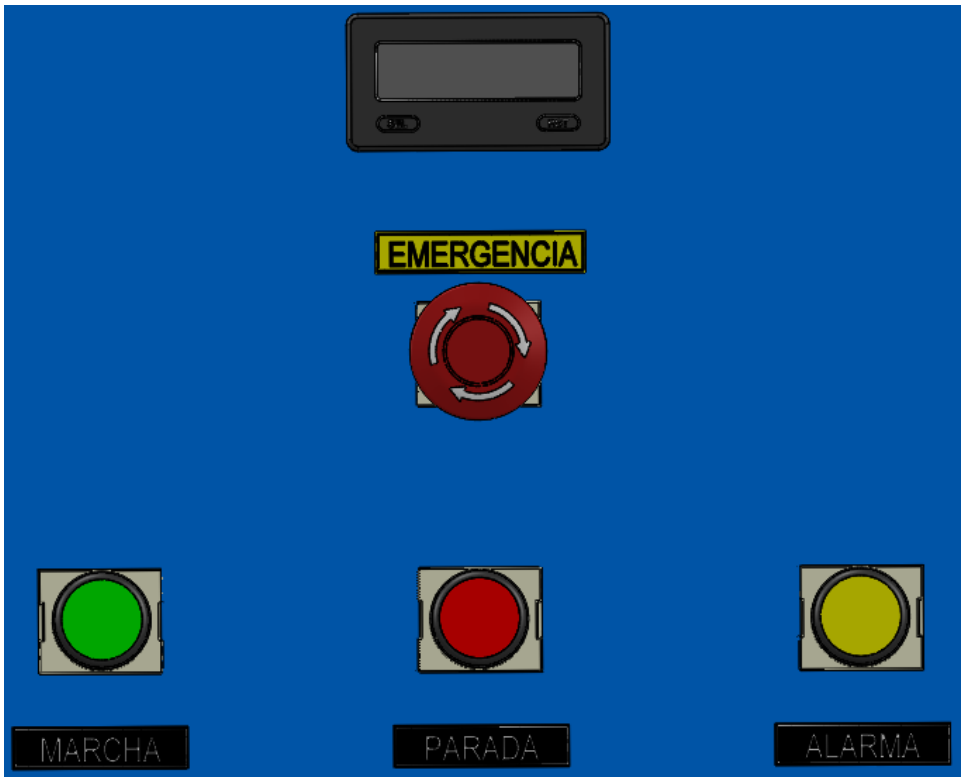



***Figura 90:*** Componentes eléctricos - Máquina Desbobinadora.
***Fuente:*** Propio, 2019.

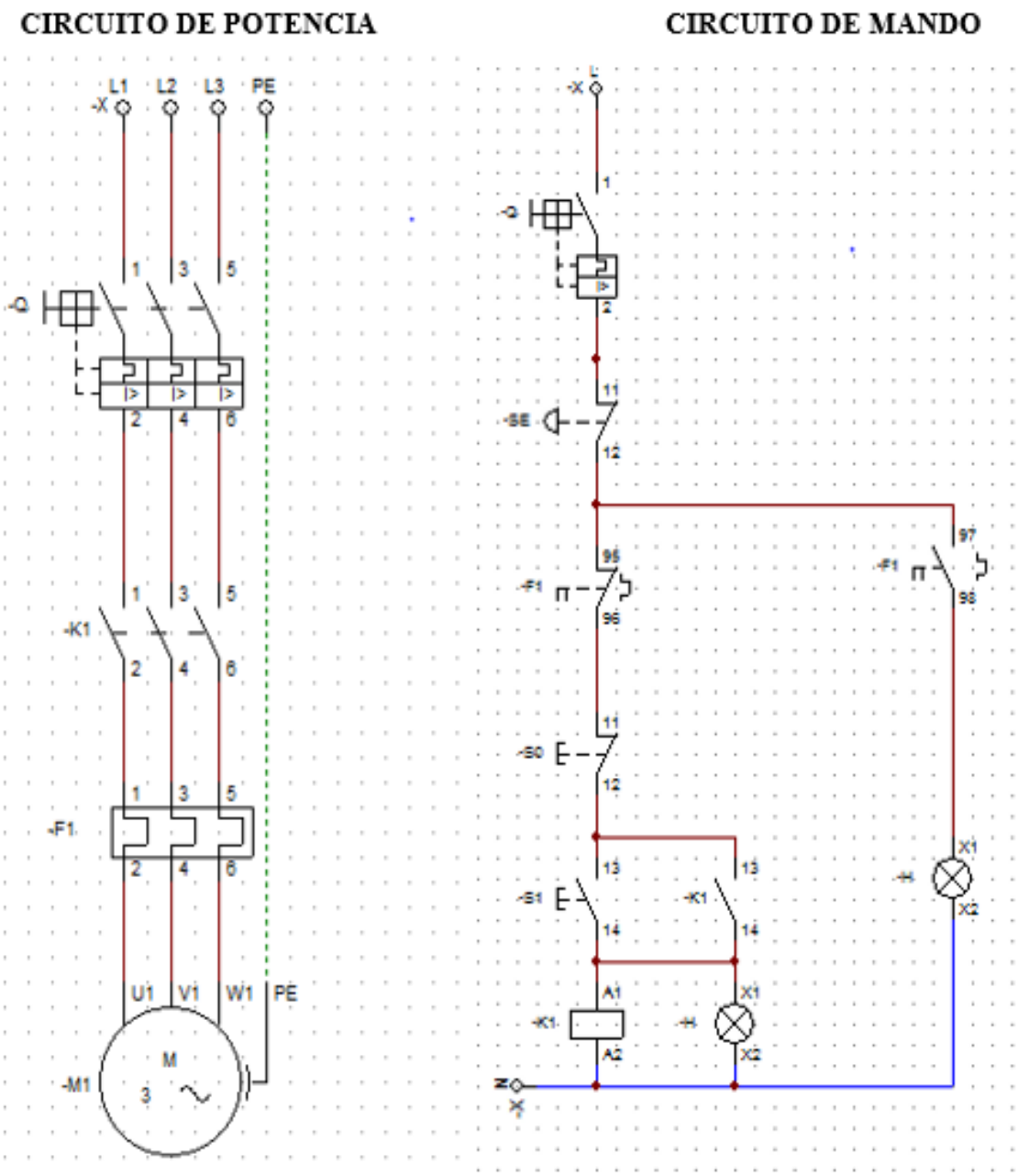



***Figura 91:*** Esquema Eléctrico Multifilar.
***Fuente:*** Propio, 2019.

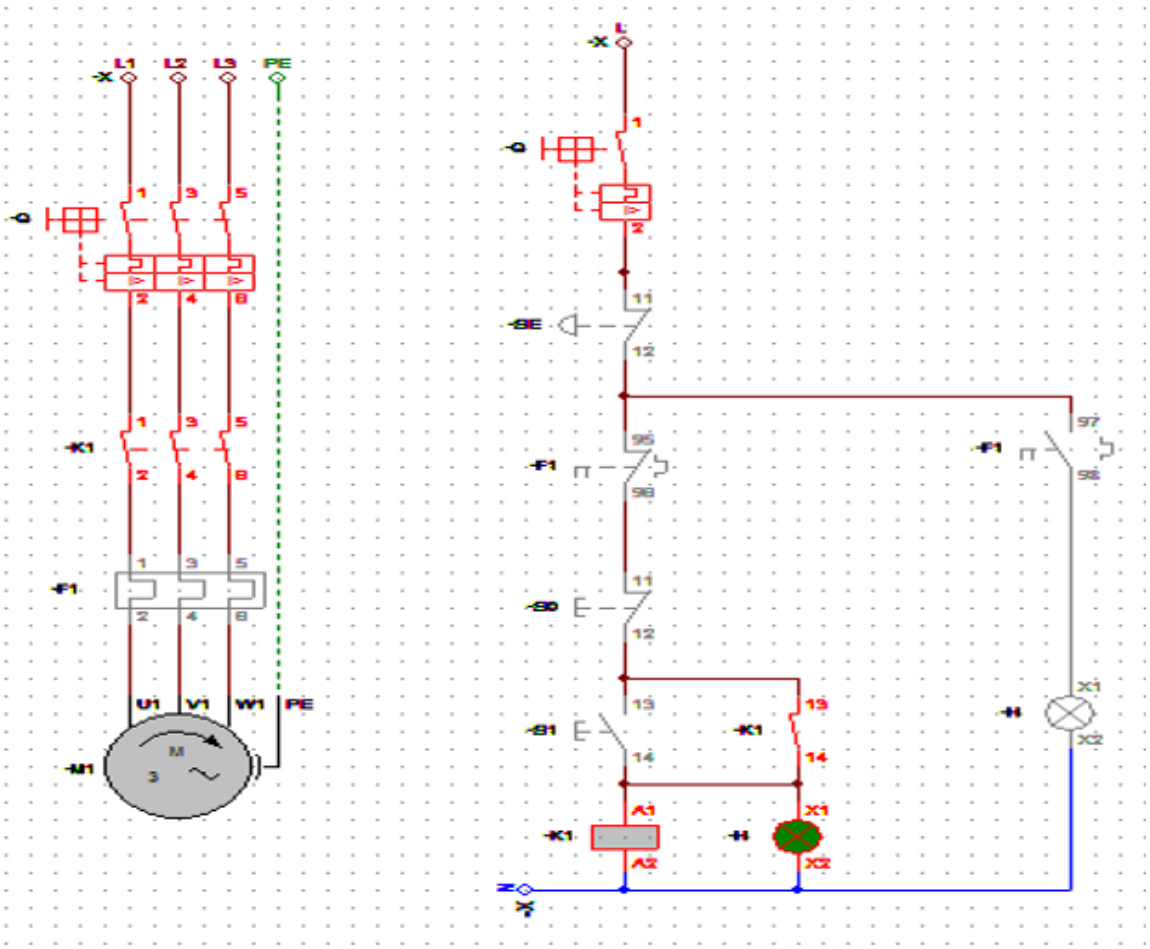



***Figura 92:*** Esquema eléctrico en funcionamiento.
***Fuente:*** Propio, 2019.

## 3.4. Análisis económico de la máquina desbobinadora

### 3.4.1. Costos de fabricación de una Máquina Desbobinadora de telas arpilleras de Polipropileno.

La Tabla N° 20, muestra la descripción de cada uno de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que serán empleados para la manufactura de una máquina desbobinadora, teniendo una idea global del costo total de la máquina.

**Tabla 20**

*Costos generales de la máquina Desbobinadora*

| ÍTEM | | DESCRIPCIÓN | CANT | UND | COSTO UNIT. | COSTO TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | MATERIA PRIMA | Tubo rectangular de 2" x 4" x 3.17mm x 6m | 5.5 | unid | S/ 169.00 | S/ 929.50 |
| 2 | | Tubo cuadrado 4" x 3.17mm x 6m | 8.5 | unid | S/ 280.19 | S/ 2,381.62 |
| 3 | | Plancha de acero liso 3 mmm | 4 | unid | S/ 198.90 | S/ 795.60 |
| 4 | | Tubo Redondo de Acero 6" x 6m | 4 | unid | S/ 59.99 | S/ 239.96 |
| 5 | | Tubo Redondo de Acero 8" x 6m | 2 | unid | S/ 95.99 | S/ 191.98 |
| 6 | | Acero de trasmisión 4mm | 1 | unid | S/ 198.22 | S/ 198.22 |
| 7 | | Soldadura E70xx | 10.5 | kg | S/ 18.50 | S/ 194.25 |
| **SUB-TOTAL 01: MATERIA PRIMA** | | | | | | **S/ 4,931.13** |
| **ÍTEM** | | **DESCRIPCIÓN** | **CANT** | **UND** | **COSTO UNIT.** | **COSTO TOTAL** |
| 1 | COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS | Motor 3 HP con caja | 1 | unid | S/ 3,500.00 | S/ 3,500.00 |
| 2 | | Panel operador OP 320 XINJE | 1 | unid | S/ 142.00 | S/ 142.00 |
| 3 | | Pulsador Na | 1 | unid | S/ 4.50 | S/ 4.50 |
| 4 | | Pulsador Nc | 1 | unid | S/ 4.50 | S/ 4.50 |
| 5 | | Pulsador emergencia 10A 660V (IP65) - Seta | 1 | unid | S/ 57.80 | S/ 57.80 |
| 6 | | Caja piloto de pulsadores | 1 | unid | S/ 23.00 | S/ 23.00 |
| 7 | | Cables y otros | 1 | unid | S/ 150.00 | S/ 150.00 |
| 8 | | Cartucho de resistencia HHP - AS1 | 1 | unid | S/ 75.83 | S/ 75.83 |
| 9 | | Disyuntor | 2 | unid | S/ 95.00 | S/ 190.00 |
| 10 | | Cuenta Metros Digital LK-90S | 1 | unid | S/ 702.00 | S/ 702.00 |
| 11 | | Llave diferencial | 4 | unid | S/ 45.00 | S/ 180.00 |
| 12 | | Otros accesorios | | | S/ 150.00 | S/ 150.00 |
| **SUB-TOTAL 02: COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS** | | | | | | **S/ 5,179.63** |
| **ÍTEM** | | **DESCRIPCIÓN** | **CANT** | **UND** | **COSTO UNIT.** | **COSTO TOTAL** |
| 1 | ACCESORIOS | Chumacera/rodamientos YSKKFE2 - SYK40FE | 8 | unid | S/ 120.00 | S/ 960.00 |
| 2 | | Suct almohada bloque SUCT205 | 2 | unid | S/ 158.66 | S/ 317.32 |
| 3 | | Cilindro neumático FESTO - DFPI-ND2P-E-NB3P | 2 | unid | S/ 985.32 | S/ 1,970.64 |
| 4 | | Cilindros neumático FESTO - P1D-S050MS | 2 | unid | S/ 254.59 | S/ 509.18 |
| 5 | | Resorte LHL10001a 01 - 12.70mm | 2 | unid | S/ 17.50 | S/ 35.00 |
| 6 | | Nylon engranaje | 3 | unid | S/ 36.55 | S/ 109.65 |
| 7 | | Catarina No 60 - paso 3/4" 60B27-27 Dientes | 1 | unid | S/ 90.50 | S/ 90.50 |
| 8 | | Catarina No 60 - paso 3/4" 60A12- 12 Dientes | 1 | unid | S/ 43.32 | S/ 43.32 |
| 9 | | Catarina No 60 - paso 3/4" 60A24- 24 Dientes | 1 | unid | S/ 65.99 | S/ 65.99 |
| 10 | | Cadenas de rodillos ISO-606 B29.1 | 1 | unid | S/ 35.56 | S/ 35.56 |
| 11 | | Cadenas transmisión DIN8188-ISO 12A-1 | 1 | unid | S/ 50.70 | S/ 50.70 |
| 12 | | Electroválvula neumáticas | 2 | unid | S/ 35.16 | S/ 70.32 |
| 13 | | Recubrimiento de rodillos 3.5m x 6m | 2 | unid | S/ 220.39 | S/ 440.78 |
| 14 | | Otros componentes | | | S/ 250.00 | S/ 250.00 |
| **SUB-TOTAL 03: ACCESORIOS** | | | | | | **S/ 4,948.96** |

***Fuente**:* Propio, 2019.

**Tabla 19**
*Costos generales de la máquina Desbobinadora (Continuación)*

| ÍTEM | | DESCRIPCIÓN | PERSONAL | TIEMP (hrs) | COSTO / HORA | | COSTO TOTAL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PERSONAL DE TALLER | Proceso de soldadura<br>Doblado de planchas metálicas<br>Corte del material<br>Pulida y Pindado<br>Ensamblaje de piezas<br>Perfecciones y ajustes<br>Instalación eléctrica | 3 | 320 | S/ | 8.65 | S/ | 8,304.00 |
| 2 | PERSONAL DE TORNO | Manufactura de ejes y rodillos<br>Desbaste de ejes<br>Rectificación de ejes<br>Perforaciones concéntricas | 1 | 130 | S/ | 3.20 | S/ | 416.00 |
| 3 | PERSONAL DE FRESA | Rectificaciones de superficies<br>Manufactura de piezas planas<br>Desbaste de piezas planas | 1 | 30 | S/ | 3.20 | S/ | 96.00 |
| **SUB-TOTAL 04: SERVICIO DE MONTAJE Y OTROS** | | | | | | | **S/** | **8,816.00** |
| **ÍTEM** | | **DESCRIPCIÓN** | **CANT** | **UND** | **COSTO UNIT.** | | **COSTO TOTAL** | |
| 1 | COSTO DE INGENIERÍA | Trabajos ingenieriles | | | S/ | 5,000.00 | S/ | 5,000.00 |
| | | | | | | **TOTAL** | **S/** | **28,875.72** |

***Fuente**:* Propio, 2019.

### 3.4.2. Costo de funcionamiento de la máquina Desbobinadora.

Para la operación de la máquina se necesita como máximo 02 operarios, los cuales estarán encargados de la alimentación y de las buenas prácticas para el funcionamiento de la máquina. La remuneración por cada operario es de S/ 1,300.00 mensual. Haciendo un costo de operación de S/ 2,600.00 mensual.

La máquina desbobinadora tiene un consumo de energía eléctrica de 2.64 KW, trabajando 08 horas diarias, esto haría un total de 208 horas laborables, con un consumo mensual de 549.12 KW/h.

$$Costo\ de\ Energía\ Eléctrica = consumo\ Mensual \times Costo\ kWh \qquad \text{... Ec. (57)}$$

$$Costo\ de\ Energía\ Eléctrica = 549.12\ kWh \times \frac{0.35}{kWh}$$

$$Costo\ de\ Energía\ Eléctrica = S/192.192\ \ mensual$$

### 3.4.3. Análisis de ingresos.

#### *3.4.3.1. Capacidad de la máquina desbobinadora.*

Para el análisis de los ingresos, debemos tener en cuenta la capacidad de producción de la máquina desbobinadora en base a la producción daría de los Telares tubulares jumbo Starlinger, siendo los que fabrican las telas que servirán de materia prima para la máquina desbobinadora.

La empresa tiene 06 telares destinados a la producción de mantas (bobina madre), cada una de ellas fabrica 03 bobinas de 6m (doblado en 3m) x 1000 m de longitud (Véase figura 39). Teniendo una producción total diaria de los telares de 18 bobinas.

La máquina desbobinadora debe de tener la capacidad de desenrollar las 18 bobinas dentro de las 08 horas laborables. La máquina está diseñada para trabajar con una velocidad de desbobinado/bobinado de 50m/min.

$$V_{máquina} = 50\frac{m}{min} \times \frac{60min}{1\ hora}$$

$$V_{máquina} = 3000\ m/hora$$

$$C_{máquina} = 3bobina/h$$

De las dimensiones de la bobina, decimos que la máquina tiene la capacidad de desbobinar y bobinar 3 bobinas/hora. De acuerdo a la producción de los telares decimos que:

$$n_{bobinas} = 18$$

$$C_{máquina} = 3bobina/h$$

$$Tiempo\ de\ desbobinado = \frac{18}{3}$$

$$Tiempo\ de\ desbobinado = 6\ horas$$

La máquina desbobina/bobina los 18 rollos en 6 horas, el operario utiliza un aproximando de 5 minutos para la colocación de la bobina madre en su posición de trabajo, teniendo un tiempo empleado de 1.5 horas en las 18 bobinas, del cual tenemos un tiempo total de 7.5 horas, estando cumpliendo con la demanda de producción por parte de los telares y dentro de las 8 horas laborables.

#### *3.4.3.2. Costo de servicio de Desbobinado, Cortado y Bobinado.*

Por la calidad y los procesos del servicio de desbobinado, la empresa Procom S.A.C. tiene un costo establecido para el servicio desbobinado/enrollado de 2.5 céntimos por metro de tela desenrollada.

Del apartado 3.4.3.1 capacidad de la máquina, se realiza el cálculo de venta generada por el servicio en base a las horas de funcionamiento de la máquina desbobinadora.

$$Costo\ de\ desbobinado/bobinado = 0.025\ soles/metro$$

$$C_{máquina} = 3000m/h$$

De los datos tenemos que la máquina genera:

$$Ventas\ generadas = 0.025\ \frac{soles}{metro} \times 3000\ \frac{metro}{hora} = 75\ \ soles/hora$$

La máquina trabajará por 6 horas diarias, del cual tenemos que:

$$Ventas\ generadas\ (6\ horas) = 75\ \ soles/hora\ \ \times 6\ horas$$

$$Ventas\ generadas = 450.00\ soles/día$$

$$Ventas\ generadas = 11{,}700.00\ soles/mes$$

#### *3.4.3.3. Ganancias netas obtenidas.*

De la siguiente ecuación tenemos que:

$$G_{obtenidas} = V_{generadas} - (C_{operacion} + \ C_{E.electrica}) \qquad \text{... Ec. (58)}$$

$$G_{obtenidas} = S/\ 11{,}700.00\ \ - (S/\ 2{,}600.00\ \ + S/192.192)$$

$$G_{obtenidas} = S/8{,}907.81$$

### 3.4.4. Valor Neto Actual (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

Mediante el valor actual neto **(VAN)** se determina si el proyecto es rentable a través de un diagrama de flujo de caja (Ver Tabla 20). Si tenemos un VAN mayor a cero, esto nos indica que el proyecto es aceptable y que obtendremos una ganancia, si el VAN es

menor a cero, no indica que el proyecto no es rentable ya que no permite generar ganancias. A partir de la Ecuación 59 tenemos:

$$VAN = -I + \frac{Q}{(1+i)^1} + \frac{Q}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{Q}{(1+i)^n} \qquad \text{... Ec. (59)}$$

Donde:

$VAN$: Valor Actual Neto

$Q$: Flujo de caja de cada periodo en (S/).

$i$: Tasa de interés (12%).

$n$: Numero de periodo en (meses).

$$VAN = -(28{,}875.72) + \frac{6{,}115.62}{(1+12\%)^1} + \frac{6{,}115.62}{(1+12\%)^2} + \cdots + \frac{6{,}115.62}{(1+12\%)^{12}}$$

$$VAN = S/\ 8{,}878.37$$

El TIR (Tasa Interna de Retorno) se basa en la medida geométrica de los rendimientos futuros de una determinada inversión. Si el TIR tiene un valor mayor a la tasa de interés, esto significa que el proyecto es rentable, si el TIR es menor nos indica que el proyecto no es aconsejable, entonces generara mayor rentabilidad respecto al interés tomado del **VAN.**

**Tabla 21**

*Flujo de inversión – Valor Neto Actual y Tasa Interna de Retorno*

| DATOS | VALORES |
|---|---|
| Número de periodos | 12 |
| Tipo de periodo | Mensual |
| Tasa de descuento | 12% |

**VALOR NETO ACTUAL (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**

| DESCRIPCIÓN | FLUJO DE INVERSIÓN | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Mes 00** | **Mes 01** | **Mes 02** | **Mes 03** | **Mes 04** | **Mes 05** | **Mes 06** | **Mes 07** | **Mes 08** | **Mes 09** | **Mes 10** | **Mes 11** | **Mes 12** |
| **EGRESOS** | **-S/ 28,875.72** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 2,792.19** | **-S/ 3,292.19** |
| **INVERSIÓN** | | | | | | | | | | | | | |
| Costo materia prima | -S/ 4,931.13 | | | | | | | | | | | | |
| Costo de componente eléctricos y electrónicos | -S/ 5,179.63 | | | | | | | | | | | | |
| Costo de accesorios varios | -S/ 4,948.96 | | | | | | | | | | | | |
| Costo de servicio de montaje y otros | -S/ 8,816.00 | | | | | | | | | | | | |
| Costo de ingeniería | -S/ 5,000.00 | | | | | | | | | | | | |
| Costo de mantenimiento | | | | | | | | | | | | | -S/ 500.00 |
| Costo de energía eléctrica | | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 | -S/ 192.19 |
| Costo de operación | | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 | -S/ 2,600.00 |
| **INGRESOS** | | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** | **S/ 8,907.81** |
| Servicio de desbobinado, bobinado y cortado | | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 | S/ 8,907.81 |
| **BENEFICIOS NETOS** | **-S/ 28,875.72** | **S/ 6,115.62** | **S/ 6,115.62** | **S/ 6,115.62** | **S/ 6,115.62** | **S/ 6,115.62** | **S/ 6,115.62** | **S/ 6,115.62** | **S/ 6,115.62** | **S/ 6,115.62** | **S/ 6,115.62** | **S/ 6,115.62** | **S/ 5,615.62** |

***Fuente:*** Propio, 2019.

**Tabla 22**

*Flujo de inversión – Valor Neto Actual.*

| VALOR NETO ACTUAL (VAN) | | | |
|---|---|---|---|
| **N°** | **FNE** | **$(1+i)^n$** | **$FNE/(1+i)^n$** |
| 0 | -S/ 28,875.72 | | -S/ 28,875.72 |
| 1 | S/ 6,115.62 | 1.12 | S/ 5,460.37 |
| 2 | S/ 6,115.62 | 1.25 | S/ 4,875.33 |
| 3 | S/ 6,115.62 | 1.40 | S/ 4,352.98 |
| 4 | S/ 6,115.62 | 1.57 | S/ 3,886.59 |
| 5 | S/ 6,115.62 | 1.76 | S/ 3,470.17 |
| 6 | S/ 6,115.62 | 1.97 | S/ 3,098.36 |
| 7 | S/ 6,115.62 | 2.21 | S/ 2,766.40 |
| 8 | S/ 6,115.62 | 2.48 | S/ 2,470.00 |
| 9 | S/ 6,115.62 | 2.77 | S/ 2,205.35 |
| 10 | S/ 6,115.62 | 3.11 | S/ 1,969.07 |
| 11 | S/ 6,115.62 | 3.48 | S/ 1,758.09 |
| 12 | S/ 5,615.62 | 3.90 | S/ 1,441.39 |
| | **VAN** | | **S/ 8,878.37** |

***Fuente**:* Propio, 2019.

**Tabla 23**

*Flujo de inversión – Tasa Interna de Retorno.*

| TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) | |
|---|---|
| **Tasa de Descuento** | **VAN** |
| 0% | S/ 44,011.70 |
| 5% | S/ 25,050.12 |
| 10% | S/ 12,634.90 |
| 15% | S/ 4,181.26 |
| 20% | -S/ 1,783.24 |
| 25% | -S/ 6,128.66 |
| 30% | -S/ 9,386.77 |
| 35% | -S/ 11,893.00 |
| 40% | -S/ 13,865.17 |
| 45% | -S/ 15,448.58 |
| 50% | -S/ 16,742.61 |
| 55% | -S/ 17,816.84 |
| 60% | -S/ 18,721.01 |
| **TIR** | **18%** |

***Fuente**:* Propio, 2019.

De la Tabla 22, podemos concluir que los resultados obtenidos del VAN son válidos, debido a que este es mayor a cero lo que indica que el proyecto es viable. De igual manera, los resultados del TIR (Tabla 23) son válidos ya que es mayor con respecto a la tasa de interés.

### 3.4.5. Determinación del periodo de recuperación de la inversión (PRI) – descontado.

El PRI nos permite medir el plazo de tiempo de recuperación de costos o inversión inicial del flujo neto efectivo de una inversión. De la Tabla 24, tenemos que el tiempo de recuperación de la inversión es de 7 meses y 11 días.

**Tabla 24**
*Periodo de recuperación de la inversión - descontado*

| PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN - DESCONTADO | | | |
|---|---|---|---|
| **DESCRIPCIÓN** | | **CAMBIO DE FLUJO DE CAJA** | |
| Tasa de descuento | 12% | 7 | -S/ 965.52 |
| Tipo de periodo | Mensual | 8 | S/ 1,504.48 |
| N° de periodo | 12 | T. recuperación (meses) | 7.39 |
| Inversión | -S/ 28,875.72 | Meses | 7 |
| Beneficio neto | S/ 6,115.62 | Días | 11 |
| **PERIODO** | **FLUJO DE CAJA** | **FLUJO DE CAJA DESCONTADO MENSUAL** | **FLUJO DE CAJA ACUMULADO** |
| 0 | -S/ 28,875.72 | -S/ 28,875.72 | -S/ 28,875.72 |
| 1 | S/ 6,115.62 | S/ 5,460.38 | -S/ 23,415.35 |
| 2 | S/ 6,115.62 | S/ 4,875.33 | -S/ 18,540.01 |
| 3 | S/ 6,115.62 | S/ 4,352.98 | -S/ 14,187.03 |
| 4 | S/ 6,115.62 | S/ 3,886.59 | -S/ 10,300.45 |
| 5 | S/ 6,115.62 | S/ 3,470.17 | -S/ 6,830.28 |
| 6 | S/ 6,115.62 | S/ 3,098.36 | -S/ 3,731.92 |
| 7 | S/ 6,115.62 | S/ 2,766.40 | -S/ 965.52 |
| 8 | S/ 6,115.62 | S/ 2,470.00 | S/ 1,504.48 |
| 9 | S/ 6,115.62 | S/ 2,205.35 | S/ 3,709.83 |
| 10 | S/ 6,115.62 | S/ 1,969.07 | S/ 5,678.90 |
| 11 | S/ 6,115.62 | S/ 1,758.09 | S/ 7,436.99 |
| 12 | S/ 5,615.62 | S/ 1,441.39 | S/ 8,878.38 |

***Fuente:*** Propio, 2019.

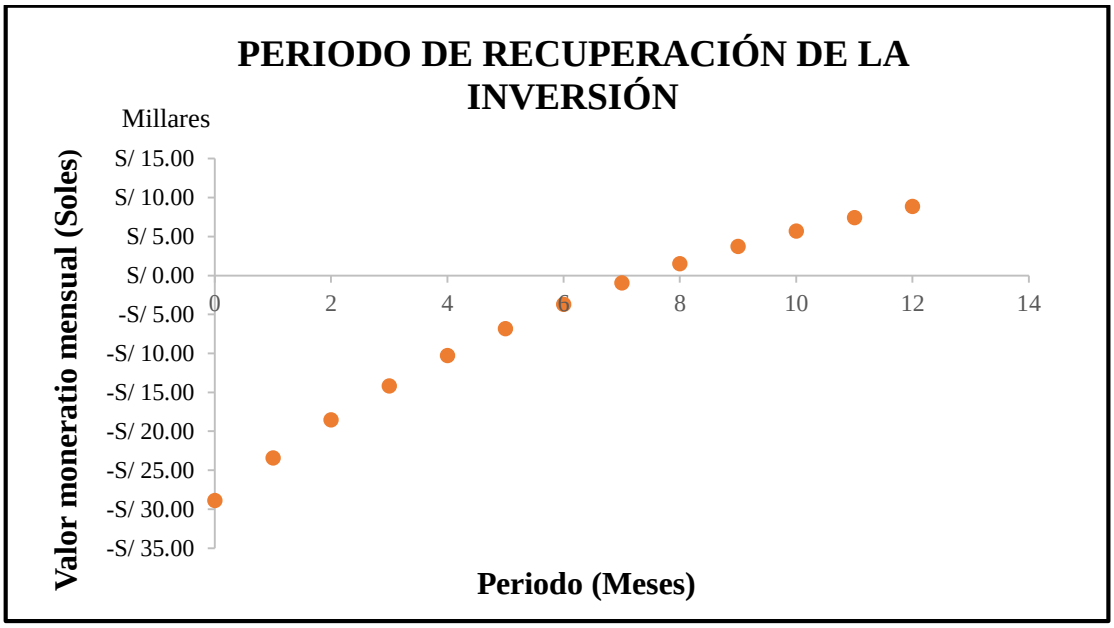



***Figura 93:*** Diagrama de periodo de recuperación de la inversión en el tiempo.
***Fuente:*** Propia, 2019.

## 3.5. Discusiones de resultados

Luego de especificar los resultados se procedió al análisis y discusión de los mismos.

De las entrevistas realizadas a diversos miembros de la empresa PROCOM S.A.C. se notó el interés principal por contar con una máquina más eficiente y una mejor estructuración, tales como las dimensiones referentes a la máquina y el costo de la misma. El estándar de bobinas de tela arpillera de polipropileno se optimice a través de materia prima para ser desbobinado en diversos rollos. Apoyándose en las recomendaciones encontradas en las diversas referencias y en las entrevistas realizadas sirvió de orientación para determinar la forma final de la máquina. Siendo este proceso importante para la obtención de los siguientes pasos de diseño: conceptual, de configuración y paramétrico. Llegando con esto a que la empresa pueda realizar su

proceso de desbobinado de telas arpilleras de manera rápida y eficiente, teniendo en cuenta sus estándares de producción.Con la obtención de datos de las entrevistas y luego de revisar bibliografías y videos se generaron conceptos alternativos. A través de la matriz de selección se determinó el concepto adecuado para el diseño del sistema; el concepto seleccionado sirvió como base para la configuración y dimensionamiento general de nuestro mecanismo.

Para lograr encontrar la mejor opción para transmitir la potencia necesaria, a fin de realizar un correcto desbobinado de la tela arpillera, se realizó el diseño de configuración del sistema de desbobinado y de los brazos basculantes. Obteniendo que el mejor método de desbobinado es a través de rodillos de tensión y rodillos guiadores los cuales fijaran a la trayectoria de la tela, teniendo como resultado un producto de calidad. El diseño realizado en esta investigación ha discurrido por los diferentes estudios del diseño de ingeniería según Eggert (2005), estos son: determinación de necesidades del cliente, especificación de problema mediante características de ingeniería, diseño conceptual, diseño de configuración, diseño paramétrico, diseño de selección y diseño de detalle. Se puede estimar que después de realizar cada etapa nos encontraremos en la capacidad de tomar una decisión clara de ingeniería respecto del cuerpo de estudio en el que centra la etapa. Hay dos ventajas básicas en lo anterior: la exploración de posibilidades y la mejor de la toma de decisiones en forma sistemática.

Debido a la información recopilada de las entrevistas y las referencias revisadas (Gonzáles Zurita, (2013) & Valencia Medina, (2016)), se añade el juicio ingenieril determinando así las dimensiones generales de la máquina: 4.5 m de largo; 3.75 m de ancho y 2.4 m de ancho. Con el diseño de la máquina desbobinadora, cortadora y medidora de telas arpilleras, la empresa consideró un gran avance para incrementar la productividad en el área de acabados de la fábrica.

# CAPÍTULO V
# CONCLUSIONES Y CONCLUSIONES

# IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 4.1. Conclusiones

Para empezar con el diseño de la máquina desbobinadora, fue imprescindible determinar las necedades de la empresa PROCOM S.A.C, mediante entrevistas y guía de observación, climatizando con la normativa y/o recomendaciones de diseño y afianzado en especificaciones de rangos, de donde se obtuvo que la máquina actual opera a una velocidad de desbobinado de 35 m/min, utilizando un tiempo de 36.6 minutos por bobina, asimismo se dedujo que la máquina no tiene la capacidad para cubrir la demanda de producción de 18 bobinas fabricadas por los 06 telares tubulares, además la máquina cuenta con un sistema de corte manual teniendo como consecuencia que el corte no se efectué en forma línea, la máquina no cuenta con guardas de seguridad. Además, brindó un ordenamiento adecuado que proporcionó la definición del problema mediante la secuencia de diseño: conceptual, de configuración.

La selección del diseño conceptual se realizó a través de la matriz de selección, permitió conocer y evaluar las ventajas y desventajas entre los conceptos presentados, la técnica de esta matriz dio como resultado el concepto N° 05, de una máquina rebobinadora de corte longitudinal, siendo el más adecuado para las necesidades propuestas, obteniendo las medidas de: 254.9 cm de alto, 366 cm de ancho y 531.12 cm de largo.

Se realizó el diseño de los elementos de mayor criticidad de la máquina desbobinadora, con ayuda de software de diseño, el cual nos permitió diseñar apropiadamente la configuración y geometría final, siendo de mucha utilidad para la simulación del eje de soporte de la bobina, brazos basculantes y estructura de la máquina. Se seleccionó el material AISI 1020, brindándonos unos excelentes resultados viéndose reflejados en el análisis por el método de elementos finitos, los cuales cumplen con los

estándares de diseño. Del resultado de los análisis se logró obtener un factor de seguridad mayor a 1 y desplazamientos menores a 6.69mm, además las tensiones generadas por las cargas se encuentran dentro del límite elástico del material seleccionado, del resultado garantizamos que la máquina no fallará además de tener un correcto funcionamiento.

Se concluye que el proyecto es rentable dado que se obtuvo un VAN positivo de S/ 8,878.37 con una tasa de interés del 12%, teniendo la Tasa Interna de Retorno un valor del 18 %, este resultado es mayor en comparación con tasa de interés, de ello decimos que el proyecto es aceptable. El proyecto tendrá un periodo de recuperación de la inversión (PRI) – Descontado en un tiempo de 7 meses y 11 días, estando estos datos dentro de las expectativas de los entrevistados.

## 4.2. Recomendaciones

De ser el caso, si se desea evitar paradas de la máquina por alimentación y a la vez está sea continua, se deberá ensamblar otro sistema de desbobinado (especialmente los componentes donde será apoyado el eje de soporte de la bobina) e instalar un sistema de tecle para evitar el esfuerzo humano.

Se recomienda, si se desea llevar un monitoreo de las imperfecciones de la tela arpillera en una pantalla Led y un conteo continuo de las producciones se deberá considerar la instalación de sensores, cámaras, etc. el proyecto ejecutado puede ser modificado a la necesidad de la empresa.

Se recomienda para el análisis y fabricación del eje de soporte de bobina madre considerar un material más resistente ($S_{ut}$ y $S_{y)}$ en comparación al material elegido en

este proyecto AISI 1020, con la finalidad de reducir el desplazamiento generado por el peso de la bobina madre, tubo portador de tela y la tensión con la que será desbobinado.

Se recomienda, de ser el caso, la fabricación de la máquina desbobinadora de telas arpilleras una implementación mejorada, para la fabricación de las guardas de la máquina desbobinado utilizar chapas de hierro galvanizado con la finalidad de reducir costos de fabricación.

# REFERENCIAS

## REFERENCIAS


Albaidamaquinas. (2013). *Albaidamaquinas*. Obtenido de http://albaidamaquinas.com/minirroll-ultraso/

asme.org. (2009). *asme.org.* Obtenido de https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/ResourceFiles/AboutASME/Who%20We%20Are/Standards_and_Certification/SCstudentBR_aug15r3-(002).pdf

Autodesk. (2017). *Autodesk.* Obtenido de https://www.google.com.pe/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwjT-eHjuOnXAhVGMSYKHfQmAckQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Ftecnomagazine.net%2F2017%2F03%2F15%2Falternativas-autodesk-autocad%2F&psig=AOvVaw0B2mVirKYEFRSHOh8_s32t&ust=1512239360315882

CHAINS, C. D. (2015). *GRAUPE, S.A. - CADENAS JORESA.*

Chiclayo.infoisinfo. (2016). *chiclayo.infoisinfo.* Obtenido de https://chiclayo.infoisinfo.com.pe/busqueda/sacos

cip-trujillo.org. (04 de 04 de 1999). *cip-trujillo.org.* Obtenido de http://www.cip-trujillo.org/multimedia/documentos_normativos/pdf/cetica.pdf

cmMACHINERY. (2015). *cmMACHINERY*. Obtenido de http://www.cmmachinery.co.uk/cm-machinery-products/turret-winder-with-controlled-tension/?portfolioCats=7

CORP, T. D. (2018). *TOUGU DENKI INDUSTRY CORP*. Obtenido de http://www.tougu.com.tw/es/introduction.php?Key=2

*COS.T.A.* (2013). Obtenido de COS.T.A: http://www.costaimpianti.com/costaimpianti/esp/accoppiati-tessuti-film-pelli/film-e-tessuti/macchine-accoppiati.html

Davis-standard. (s.f.). *Davis-standard*. Obtenido de http://www.davis-standard.com/windingunwinding

Filetrig.com. (23 de 10 de 2016). *Filetrig.com.* Obtenido de http://www.filetrig.com/2016/10/matlab-r2015a-free-download-32-bit/

g2crowd.com. (2017). *g2crowd.com.* Obtenido de https://www.g2crowd.com/products/microsoft-microsoft-project-portfolio-management/reviews

GARRIDO. (2018). *sales@garridousa.com*. Obtenido de http://www.garridousa.com/website/esp/?p=machine-info&id=177

Hawkins, W. E. (2003). *The Plastic Film and Foil Web Handling Guide.* United States of America: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

Hotset. (2017). RESISTENCIAS Y EQUIPOS CALEFACTORES hotset. 46.

Ingemecanica. (12 de Marzo de 2019). *Ingemecanica, ingenieria, consultoria y Formación.* Obtenido de https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html

International, A. (2017). *standards.globalspec.com.* Obtenido de http://standards.globalspec.com/std/709086/asme-ansi-b106-1m

LAUGHLIN, A. H. (s.f.). *DISEÑO DE MÁQUINAS.*

Machine desing specialists powell engineering, I. (2012). *http://www.powellengineering.com*. Obtenido de http://www.powellengineering.com/specialty-unwind-rewind-configurations.html#surface_driven2

machinery, A. c. (2014). *Advanced converting machinery.* Obtenido de http://jusasl.com/adh-ecoline/

Mani Nagar, A. G. (s.f.). *Viva Engineering*. Obtenido de https://www.indiamart.com/vivaengineering/slitting-machine.html

MERLIN, L. (2016). Obtenido de http://www.leroymerlin.es/productos/herramientas/soldadura/soldadura_de_llama/como-elegir-equipos-de-soldadura.html

Milanuncios. (2018). *Milanuncios.* Obtenido de https://www.milanuncios.com/piscinas/eje-enrollador-piscinas-3-tubos-208649036.htm

mtorres40. (s.f.). *mtorres40.* Obtenido de http://www.mtorres.es/es/content/tgr

Nisbett, R. G. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de shigley.* México, D. F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Nisbett, R. G. (2008). *Diseño en ingeniría mecánica de Shigley.* México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Norsac. (2016). *Norsac.* Obtenido de http://www.norsac.com.pe/nuestra-historia/

Pasaban. (2017). *Pasaban.* Obtenido de http://www.pasaban.com/en-UK/file/34/unwinders

*PPETROQUIM Tecnología y Servicios de Polipropileno.* (2019). Obtenido de http://www.petroquim.cl/petroquim/

Procomsac. (6 de 2018). *Procomsac*. Obtenido de http://www.procomsac.com.pe/website/quienes_somos.php

Quiminet.com. (2019). *Quiminet.com informacion y negocios segundo a segundo*. Obtenido de https://www.quiminet.com/articulos/propiedades-del-polipropileno-2671066.htm

Rajvanshi, S. (22 de Enero de 2017). *Engineer Gallery*. Obtenido de http://www.engineersgallery.com/paper-cutting-and-rewinding-machine-mechanical-project/

Rohde-schwarz.com. (s.f.). *Rohde-schwarz.com.* Obtenido de https://www.rohde-schwarz.com/us/applications/mobile-realtime-i-q-streaming-application-card_56279-4801.html

Rollsformingmachines. (2017). *rollsformingmachines.* Obtenido de http://es.rollsformingmachines.com/accessories-equipment/52166233.html

Skinoutfit.info. (2017). *Skinoutfit.info.* Obtenido de http://www.skinoutfit.info/else/microsoft-excel-2017-logo.coming

Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME, p. s. (s.f.). *www.asme.org*.

Spring, L. (2017). Serie 23 Catálogo de Productos. *RESORTES DE CATÁLOGO & HECHOS A LA MEDIDA*, 171.

sto-group.de. (04 de 05 de 2017). *sto-group.de*. Obtenido de http://www.sto-group.de/cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=32&id=72

uss.edu.pe/uss. (2017). *uss.edu.pe/uss.* Obtenido de http://www.uss.edu.pe/uss/Descargas/1025/Archivos/MV1_1_Codigo_Etica_V3.pdf

Utilidadeswebpc. (06 de 2017). *utilidadeswebpc.* Obtenido de http://www.dismold.upv.es/programa-formativo/diploma-de-extension-universitaria/

world, S.-E.-D. t. (2018). CATALAGÓ SEW EURODRIVE -Driving the world. 702.

*Avila Calderón, F. J. (2016). Diseño, simulación y programación de una máquina tinturadora, secadora y enrolladora de papel para la producción de serpentinas para la empresa EMPACMACHINE CÍA. LTDA. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Mecatrónica.*

*Valencia Medina, E. P. (2016). Diseño y construcción de una máquina bobinadora de precisión para rafia de polipropileno en la Empresa HIPLAS (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).*

*Alvaro, R., Mauricio, H., & Vallejo Vega, C. G. (2010). Diseño y simulación en inventor de una máquina desbobinadora de flejes de acero (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2010).*

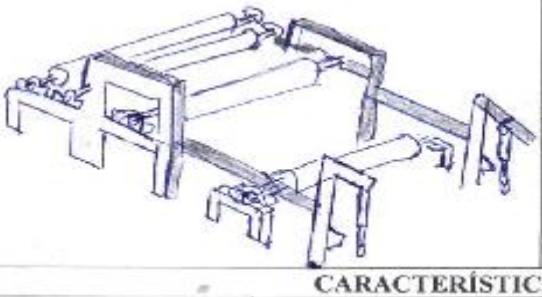
*Salas Montaño, E. A., Manrique, V., & Iván, N. (2015). Diseño, construcción e implementación de un sistema automatizado para el empalme de rollos de fibra de vidrio y poliéster para el proceso de laminación en la empresa Chova del Ecuador SA(Bachelor's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Mecatrónica.).*

*Bruno becerra Aguilar. (2016). Acabado y caracterización del papel. En Mejora en la fabricación del cartón corrugado por el uso controlado de materias primas, color, almidones y posesos de manufactura (1-122). Ciencia y tecnología para el desarrollo: Don Busco.*

# ANEXOS

**Anexo N° 01**

**INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS – GUÍA DE OBSERVACIÓN**

| GUÍA DE OBSERVACIÓN | | | |
|---|---|---|---|
| **Bosquejar:**  | | **Diseño de máquina desbobinadora** | |
| | | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN | PROCOM SAC |
| | | **Código** | ——— |
| | | **ENROLLADORA DE TELAS ARPILLERAS DE POLIPROPILENO** | |
| **CARACTERÍSTICAS GENERALES** | | | |
| Marca | ——— | Potencia del motor | 3 HP – 38.97KW |
| Modelo | ——— | Voltaje | 220 V |
| Fabricación | Nacional | Corriente | 4.5 A |
| Dimensiones | 2.5 X 3.5 X 1.5 | Frecuencia | 60 HZ |
| Motor principal | Eléctrico trifásico | Rpm | ——— |
| Fecha de arranque | 2008 | Proceso | Desbobinado |
| **CARACTERÍSTICAS ESPECIFICAS** | | | |
| Altura de la zona de desbobinadora | 900 mm | | |
| Altura de la zona de bobinado | 600 mm | | |
| Tiempo de desbobinado | 28.6 min / bobina | | |
| Tiempo de alimentación de la máquina | 8.00 min / bobina | | |
| Sistema métrico | Contador Métrico digital | | |
| Sistema de corte | Manual | | |
| Velocidades de desbobinado | 35 m/min | | |
| Tiempo de desbobinado | 28.6 min / bobina | | |
| Horas de trabajo al día | 8 horas | | |
| N° de Operarios | 2 | | |
| Cantidad de bobinas desenrolladas | 13 – 14 diarias | | |
| **CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA** | | | |
| Cantidad de bobinas madre fabricadas al día | 18 | | |
| Dimensiones de la bobina madre | 6 metros (doblado en 3 metros) X 1000 Lar | | |
| Gramaje de fabricación | 75 gr/m² ; 125 gr/m² ; 140 gr/m² | | |
| **ACCESORIOS** | | | |
| Cortador Termico manual | | | |
| Rodillos de Tensión | | | |
| Contador Métrico | | | |
| **OBSERVACIONES** | | | |
| Los operarios realizan horas Extras | | | |
| El corte manual no se genera de forma lineal | | | |
| Sobresfuerzos al momento de ubicar la bobina | | | |
| Falta de guardas de seguridad. | | | |
| La empresa cuenta con ostelares de la marca starlinger, Jumbol. | | | |

**Anexo N° 02**
**PROPIEDADES DE LA FIBRA DE POLIPROPILENO**

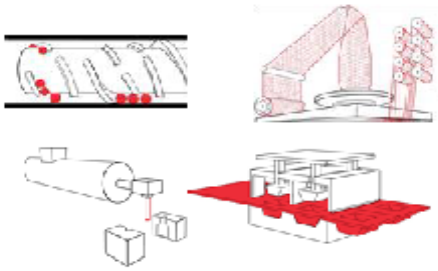
PETROQUIM

# PH 0130
## PP HOMOPOLÍMERO

## PROCESO: EXTRUSIÓN

Indicado para procesos de extrusión general, rafia, soplado y termoformado. Presenta buena procesabilidad y productividad. Con un buen balance rigidez/impacto, tenacidad/elongación y alta resistencia de fundido.

**Aplicaciones:** Planchas lisas, corrugadas, zunchos, cuerdas, big – bags, rafia tubular, frascos para cosméticos, higiene y limpieza. Botellas para alimentos, agua sin gas, vasos, bandejas y potes.



## RECOMENDACIONES DE PROCESAMIENTO

| EXTRUSIÓN GENERAL | | EXTRUSIÓN RAFIA | | SOPLADO | | EXTRUSIÓN PLANCHA | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alimentación | 200 °C | Proceso Tubular: | | Alimentación | 170 °C | Alimentación | 200 °C |
| Tornillo | 220 a 230 °C | Alimentación | 190 °C | Tornillo | 180 a 210 °C | Tornillo | 200 a 230 °C |
| Cabezal | 230 °C | Tornillo | 220 a 250 °C | Cabezal | 200 °C | Cabezal | 220 °C |
| | | Cabezal | 245 °C | | | | |

## PROPIEDADES

| Propiedades Típicas | Ensayos ASTM | Unidades | Valor |
|---|---|---|---|
| Indice de Fluidez 2,16 kg/230 °C | D-1238 | g/10 min | 1,3 |
| Temperatura de Ablandamiento VICAT (10 N) | D-1525 | °C | 156 |
| Temperatura de Deformación Térmica – HDT (455 kPa) | D-648 | °C | 100 |
| Resistencia al Impacto IZOD a 23 °C | D-256 | J/m | 50 |
| Resistencia a la Tracción (en el punto de fluencia) | D-638 | MPa | 35 |
| Elongación (en el punto de fluencia) | D-638 | % | 12 |
| Módulo de Elasticidad en Flexión | D-790 | MPa | 1.600 |
| Opacidad (espesor cuerpo de prueba 1mm) | D-1003 | % | 60 |

La Densidad de todos los grados de polipropileno producidos por Petroquim S.A. se encuentran en el rango de 0,905 +/- 0,005 g/cc

## CONSIDERACIONES ESPECIALES:

1. Este polímero cumple con: las especificaciones FDA (Food and Drug Administration), de acuerdo con el Code of Regulations Title 21, Part 177-1520; con el Reglamento (UE) N°10/2011, con la Normativa del Mercosur GMC-RES. N° 32/07 y con el artículo N°126 del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile, DS 977/96. Por lo tanto, puede ser utilizado en embalajes que tengan contacto con alimentos. Los respectivos certificados de cada producto se encuentran disponibles en www.petroquim.cl
2. Los datos listados corresponden a valores típicos medidos en nuestro laboratorio, y deben ser entendidos sólo como una guía en la selección y procesamiento de la resina. Por este motivo, antes de utilizar cualquier material producido por Petroquim S.A., se recomienda a cada usuario realizar, con el apoyo de nuestros técnicos especializados, las pruebas necesarias para determinar que dicho producto es adecuado para el uso previsto.
3. Los usuarios deben asegurarse también que pueden usar los productos Petroquim con las medidas legales y de seguridad necesaria (la ficha de seguridad se encuentra disponible en nuestra página web www.petroquim.cl).
4. Petroquim S.A., declina de toda responsabilidad que pueda surgir del mal uso directo o indirecto de esta información.
5. Los valores entregados anteriormente pueden ser modificados sin previa comunicación.
6. Esta versión anula y reemplaza a las ediciones anteriores.

Revisión: Abr/2018

e-mail: info@petroquim.cl
Hernando de Aguirre 268
Providencia - Santiago - Chile
Fono: 56-2-23516700
www.petroquim.cl

**Anexo N° 03**

**ENTREVISTA PARA LA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA DE TELAS ARPILLERAS DE POLIPROPILENO**

Nombre Apellidos : _____

Cargo : _____

Empresa : _____

Rubro de la empresa : _____

Entrevistador : _____

**INSTRUCCIONES:**

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en las respectivas hojas.
- A cada pregunta le corresponda una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted pude utilizar una (x) o una (√) o en otro caso responder a la interrogante.

**CUESTIONARIO**

**Pregunta Nº 1:** ¿Cómo obtiene usted los rollos de tela arpillera de polipropileno para el proceso de desbobinado en la fábrica?

☐ Elabora ☐ Compra ☐ No opina ☐ Otro medio

**Pregunta Nº 02:** Si la respuesta anterior es "COMPRA" responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente, ¿Cuál es la inversión realizada?

Indicar: S/ ……

**Pregunta Nº 03:** Si la respuesta a la pregunta Nº 1 es "**ELABORAR"** ¿Cuántos operarios designa usted para operar la máquina desbobinadora de telas arpilleras de polipropileno?

Uno ☐ Dos ☐ Tres ☐ Más ☐ Otro media ☐

**Pregunta Nº 04:** ¿Cuánto tiempo se deberá invertir para desbobinar una bobina madre de tela arpillera y cuanto está dispuesto a pagar? Explique.

……
……
……

**Pregunta Nº 05:** ¿Cuánto tiempo aproximado emplea la máquina actual para desenrollar 1 bobinas madre de tela arpillera?

Entre 20- 30 min ☐ Entre 40 - 50 min ☐

Entre 30- 40 min ☐ Entre 50 a más ☐

**Pregunta Nº 06:** ¿Realiza usted un pago extra al operario para desbobinar las bobinas madre de tela arpillera?

Si ☐ No ☐ Comentario .....

**Pregunta Nº 07:** Si la repuesta anterior es "SI", responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuánto paga al operario por el proceso de desbobinado de 01 bobina madre de tela arpillera?

S/ 10 ☐ S/ 20 ☐ S/ 30 ☐ S/ 40 ☐ Más ☐

**Pregunta Nº 08:** ¿Le gustaría que el proceso de desbobinado sea más rápido y eficiente?

SI ☐ NO ☐ No Opina ☐

**Pregunta Nº 09** ¿Conoce usted la existencia de máquinas automática o semiautomáticas para el proceso de desbobinado de telas arpilleras?

SI ☐ NO ☐ No Opina ☐

**Pregunta Nº 10:** ¿Usted está de acuerdo en diseñar o adquirir una máquina automática o semiautomáticas para el proceso de desbobinado de telas arpilleras?

SI ☐ NO ☐ No Opina ☐

**Pregunta 11:** ¿En caso de existir una máquina más eficiente y de menor tamaño, estaría dispuesto a adquirirla?

SI ☐ NO ☐ No Opina ☐

**Pregunta Nº 12:** ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una máquina que realice los trabajos de desbobinado de una manera rápida y eficiente?

Entre S/4,000 – S/6,000 ☐ Entre S/6,000 – S/10,000 ☐

Entre S/10,000 – S/20,000 ☐ Entre S/20,000 – S/35,000 ☐

**Pregunta Nº13:** En su opinión ¿Qué características debería poseer una máquina desbobinadora de telas arpilleras?

Dimensiones: (Largo……Ancho……altura……)

Color : …….

Material de partes: ……

Potencia: …….

Mecanismos (Ejemplos: rodillos, balancines para controlar la tensión):
……
……
……...

Otros: …….

**Pregunta 14:** Según su conocimiento ¿En cuánto tiempo debería recuperarse la inversión de diseñar o adquirir una máquina desbobinadora de telas arpilleras para hacerla deseable?

Entre 1 – 2 meses ☐ Entre 2 – 4 meses ☐

Entre 4 – 12 meses ☐ Más de 1 año ☐

**Pregunta 15:** ¿Qué condiciones de seguridad desearía usted para esta máquina?

……
……
……
……

**Anexo N° 04**

**ENTREVISTA PARA LA DETERMINACIÓN DE DISEÑO DE LA MÁQUINA DESBOBINADORA DE TELAS ARPILLERA DE POLIPROPILENO – EJECUTADAS.**

**ENTREVISTA PARA LA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESBOBINADORA DE TELAS ARPILLERAS DE POLIPROPILENO**

Nombre Apellidos : Eber Rivas Rodriguez

Cargo : Supervisor de Mantenimiento

Empresa : Soles Norte

Rubro de la empresa : Textil – fabricación de sacos de polipropileno

Entrevistador : Edgard Medina Guevara

**INSTRUCCIONES:**

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en las respectivas hojas.
- A cada pregunta le corresponda una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted pude utilizar una (x) o una (√) o en otro caso responder a la interrogante.

**CUESTIONARIO**

**Pregunta Nº 1:** ¿Cómo obtiene usted los rollos de tela arpillera de polipropileno para el proceso de desbobinado en la fábrica?

| [√] | [ ] | [ ] | [ ] |
|---|---|---|---|
| Elabora | Compra | No opina | Otro medio |

**Pregunta Nº 02:** Si la respuesta anterior es "COMPRA" responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente, ¿Cuál es la inversión realizada?

Indicar: S/ ……

**Pregunta Nº 03:** Si la respuesta a la pregunta Nº 1 es "**ELABORAR**" ¿Cuántos operarios designa usted para operar la máquina desbobinadora de telas arpilleras de polipropileno?

Uno [ ] Dos [√] Tres [ ] Más [ ] Otro media [ ]

**Pregunta N° 04:** ¿Cuánto tiempo se deberá invertir para desbobinar una bobina madre de tela arpillera y cuanto está dispuesto a pagar? Explique.

En mi opinión sería 10 a 25 minutos aproximadamente, para poder cumplir con la producción de los telares tubulares de 20 a 40 sacos por rollo desbobinado

**Pregunta N° 05:** ¿Cuánto tiempo aproximado emplea la máquina actual para desenrollar 1 bobinas madre de tela arpillera?

| | | | |
|---|---|---|---|
| Entre 20- 30 min | ☐ | Entre 40 - 50 min | ☐ |
| Entre 30- 40 min | ☑ | Entre 50 a más | ☐ |

**Pregunta N° 06:** ¿Realiza usted un pago extra al operario para desbobinar las bobinas madre de tela arpillera?

Si ☐ No ☒ Comentario .....

**Pregunta N° 07:** Si la repuesta anterior es "SI", responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuánto paga al operario por el proceso de desbobinado de 01 bobina madre de tela arpillera?

S/ 10 ☐ S/ 20 ☐ S/ 30 ☐ S/ 40 ☐ Más ☐

**Pregunta N° 08:** ¿Le gustaría que el proceso de desbobinado sea más rápido y eficiente?

SI ☑ NO ☐ No Opina ☐

**Pregunta N° 09** ¿Conoce usted la existencia de máquinas automática o semiautomáticas para el proceso de desbobinado de telas arpilleras?

SI ☑ NO ☐ No Opina ☐

**Pregunta N° 10:** ¿Usted está de acuerdo en diseñar o adquirir una máquina automática o semiautomáticas para el proceso de desbobinado de telas arpilleras?

SI ☑ NO ☐ No Opina ☐

**Pregunta 11:** ¿En caso de existir una máquina más eficiente y de menor tamaño, estaría dispuesto a adquirirla?

SI [✓] NO [ ] No Opina [ ]

**Pregunta Nº 12:** ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una máquina que realice los trabajos de desbobinado de una manera rápida y eficiente?

Entre S/4,000 – S/6,000 [ ] Entre S/6,000 – S/10,000 [ ]

Entre S/10,000 – S/20,000 [ ] Entre S/20,000 – S/35,000 [✓]

**Pregunta Nº13:** En su opinión ¿Qué características debería poseer una máquina desbobinadora de telas arpilleras?

Dimensiones: (Largo. 4 a 5 metros Ancho. 3.5 a 4 m ...altura... 1 – 1.5 metros)

Color : azul

Material de partes: Metal – acrílico

Potencia: .....

Mecanismos (Ejemplos: rodillos, balancines para controlar la tensión):

– Templadores

– Control de tensión

– Sistema de corte

Otros: Elevador de rollo

**Pregunta 14:** Según su conocimiento ¿En cuánto tiempo debería recuperarse la inversión de diseñar o adquirir una máquina desbobinadora de telas arpilleras para hacerla deseable?

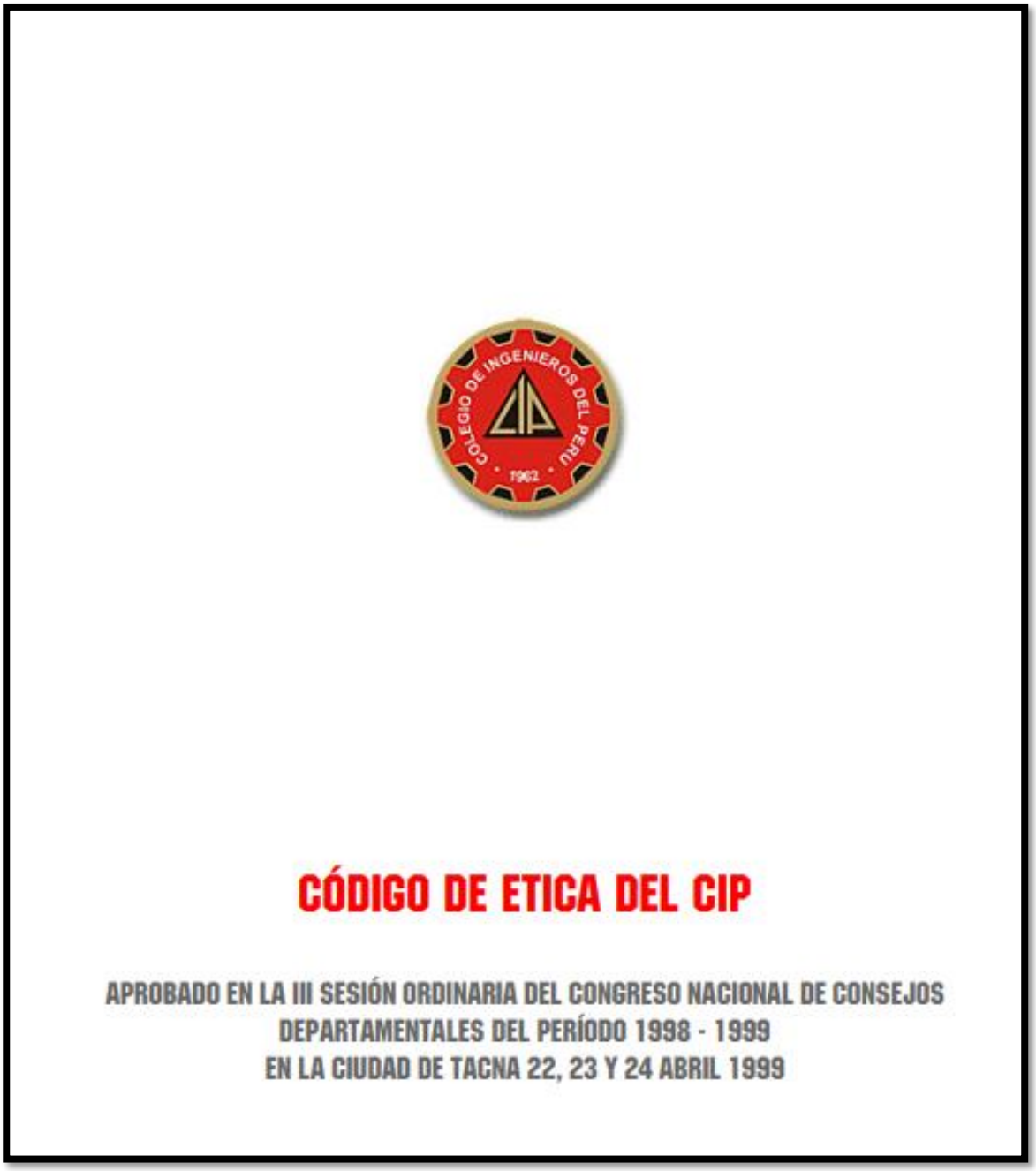
Entre 1 – 2 meses [ ] Entre 2 – 4 meses [ ]

Entre 4 – 12 meses [✓] Más de 1 año [ ]

**Pregunta 15:** ¿Qué condiciones de seguridad desearía usted para esta máquina?

* Guardas – protectores que cubran toda la máquina
* Pulsadores de emergencia con cuerda
* Sirena de alarma.

**Anexo N° 05**
**CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ (CIP).**




***Fuente:*** (cip-trujillo.org, 1999)

**Anexo N° 06**
**CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN (USS).**

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

www.uss.edu.pe

# CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA USS

VERSIÓN 03

RATIFICADO POR ACUERDO DE CONSEJO UNIVERSITARIO CON RESOLUCIÓN RECTORAL N° 0851-2017/USS

CHICLAYO - PERÚ

***Fuente:*** (uss.edu.pe/uss, 2017)

## Anexo N° 07

## 1. Recomendaciones de Diseño para Máquinas arpilleras

Luego de realizar la búsqueda a nivel nacional e internacional de normativas de diseño para máquinas desbobinadoras, no se encontró documentos directamente relacionados con este objetivo. Por tanto, se procedió a elaborar una tabla conteniendo recomendaciones de diseño de autores y/o especialistas que han diseñado estos equipos. La Tabla 5 muestra estos resultados.

### 1.2. Hoja de Especificaciones de Ingeniería.

Los rangos más recomendables para el diseño de una máquina desbobinadora de telas arpilleras se basa luego de ejecutar las encuestas y consultar en las recomendaciones de diseño. El resultado se pude notar en la Tabla 6.

#### 1.2.1. Altura de la máquina desbobinadora.

La altura de la máquina dependerá de las dimensiones de la bobina madre, considerando una altura adecuada y ergonómica.

#### 1.2.2. Peso de la bobina madre.

El peso de la bobina principal a desbobinar estará ligado a las dimensiones, gramaje y la cantidad del producto.

#### 1.2.3. Dímetro de los Ejes.

Para el diseño de los ejes principal y guiadores de una máquina desbobiandora de telas estará relacionado de acuerdo al peso de la bobina y del tipo de material a desbobinar.

**Tabla 25**
*Recomendaciones de diseño para una máquina desbobinadora*

| ASPECTO/CRITERIO | RECOMENDACIÓN | FUENTE |
|---|---|---|
| **MATERIALES** | Se recomienda para el diseño del eje seleccionar un material de acero dulce, de fácil mecanizado, por el mismo principio que está en constante rotación. | Valencia Medina,(2016) |
| | Para el diseño del eje principal, el cual sostiene la bobina madre para una máquina desbobinadora se recomienda utilizar un acero AISI 1020. | Carreño Barrera, X. F., Aucapiña, C., & Ernesto, J. (2015) |
| **GEOMETRÍA** | El chasis de la maquina debe de ser capas el peso del rollo el peso del rollo de materia prima, como también el peso del rollo de soporte de la materia prima, para garantizar que el diseño de la estructura de la carga con la cual va a trabajar se recomienda un análisis de esfuerzos utilizando un software de análisis de elemento finitos. | Avila Calderón,(2015) |
| | Los elementos de la máquina para garantizar que no falla durante el funcionamiento, se recomienda que tenga una factor de seguridad de $n \geq 2$ | Ramírez, Vallejo, (2010) |
| | La máquina desbobinadora debe poseer especialmente un sistema de corte, un sistema de regulación del papel, contar con un método de control para regular la velocidad de enrollado, contar metros enrollados, y controlar paradas. | Antamba & Rodolfo,(2007) |
| | Se recomienda que la apariencia de la maquina debe de estar de acuerdo con los requerimientos ergonómicos del operario, evitando diseñar elementos que disminuyan la seguridad del trabajador. | Ramírez, Vallejo, (2010) |
| | El eje de soporte de rodillo de arrastre es aquel donde montara principalmente una de las poleas de trasmisión de potencia y el rodillo de arrastre, se recomienda que el eje este apoyado en dos puntos por medio de soportes con rodamientos de bolas. | Antamba & Rodolfo,(2007) |

**Tabla 25**
*Recomendaciones de diseño para una máquina desbobinadora (Continuación)*

| | | |
|---|---|---|
| **TÉCNICA** | Se recomienda que todos los pistones neumáticos tengan reguladores de caudal. | Alvarado,(2010) |
| | Para el sistema de frenado de la bobina, se recomienda un freno de cinta basado en los criterios de costo, disponibilidad, mantenimiento, y facilidad de montaje. | |
| | Para máquinas desbobinadora con rodillos, se recomienda contar con acoples y motores de reducción. | Gonzáles Zurita,(2013) |
| | De ser construido la Máquina desbobinadora de telas arpillera, con la finalidad de evitar accidente que originen daños humanos, materiales o ambientales, se recomienda durante el ensamblaje y la puesta en marcha de la máquina se respete las normas de seguridad. | Ramírez, Vallejo, (2010) |
| | Se recomienda que el sistema de corte sea construida con una protección debido a que las cuchilla pueda causar daños al operador. | Luis Alejandro, (2012) |
| | Para el diseño de máquinas desbobinadoras se recomienda un sistema de revisión con el operador tenga una visión amplia y veras de las secciones a revisar. | Andrés Flores, (2005) |
| | Para garantizar que la tela pase perpendicular a cada uno de los ejes se recomienda la calibración de los rodillos de la máquina antes y después de ser montados, esto permite tener una tensión uniforme. | Alez R, Esteban J, (2007) |
| | Con la finalidad de poseer una tensión uniforme durante el proceso de desbobinado se recomienda que la máquina tenga un variador de velocidad según el volumen que toma la bobina. | Valencia Medina,(2016) |

***Fuente:*** Propia.

## 1.3. Especificaciones Ingenieriles

Teniendo definidas las necesidades de la empresa, expresamos de manera ingenieril los parámetros y/o especificaciones delimitantes y unidades correspondientes detallándose en la Tabla 6.

**Tabla 26**
*Especificaciones ingenieriles*

| SUB FUNCIÓN | CARACTERÍSTICAS INGENIERILES | UNIDADES | LÍMITES |
|---|---|---|---|
| Tamaño de la máquina | Dimensiones | Metros | Largo: $3.50 \leq l \leq 5.50$<br>Altura: $1.00 \leq h \leq 2.50$<br>Ancho: $3.50 \leq a \leq 4.50$ |
| Conteo de ciclos del motor por ciclo de eje | Giro del eje por segundo | RPS | Rollo |
| Arranque de motor | Tiempo de arranque | Segundos | $\leq 5$ |
| Encendido del motor | Tiempo de apagado | Segundos | $\leq 5$ |
| Determinar el conteo de bobinas por cada bobina madre | Tiempo de paralización del conteo | Segundos | $0 \leq x \leq 1$ |
| Carga de prueba | Peso aplicado al sistema de carga | Newton<br>Kilogramos | ≤…..<br>≤….. |
| Bobinas a desbobinar | Tela arpillera | Material | Polipropileno |
| Funcionamiento | Fácil de operar, seguridad y mantenimiento | | |

**Anexo N° 08**
**CATALOGO DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO**

EN 10255 serie media M (DIN 2440)

| DIN | Paso nominal | ø exterior mm | Espesor mm | Diámetro exterior tolerancia | | Peso del tubo negro Kg/m | Peso del tubo galvanizado Kg/m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Máx. mm | Mín. mm | | |
| 10 | 3/8 | 17,2 | 2,3 | 17,5 | 16,7 | 0,84 | 0,89 |
| 15 | 1/2 | 21,3 | 2,6 | 21,8 | 21,0 | 1,21 | 1,27 |
| 20 | 3/4 | 26,9 | 2,6 | 27,3 | 26,5 | 1,56 | 1,64 |
| 25 | 1 | 33,7 | 3,2 | 34,2 | 33,3 | 2,41 | 2,51 |
| 32 | 1 ¼ | 42,4 | 3,2 | 42,9 | 42,0 | 3,10 | 3,23 |
| 40 | 1 ½ | 48,3 | 3,2 | 48,8 | 47,9 | 3,56 | 3,71 |
| 50 | 2 | 60,3 | 3,6 | 60,8 | 59,7 | 5,03 | 5,22 |
| 65 | 2 ½ | 76,1 | 3,6 | 76,6 | 75,3 | 6,42 | 6,67 |
| 80 | 3 | 88,9 | 4,0 | 89,5 | 88,0 | 8,36 | 8,73 |
| 100 | 4 | 114,3 | 4,5 | 115,0 | 113,1 | 12,20 | 12,68 |
| 125 | 5 | 139,7 | 5,0 | 140,8 | 138,5 | 16,60 | 17,21 |
| 150 | 6 | 165,1 | 5,0 | 166,5 | 163,9 | 19,80 | 20,52 |

**Anexo N° 09**
**CATALOGÓ SEW EURODRIVE – SELECCIÓN DE MOTOR REDUCTOR – Pg. 195.**

| $P_m$ [kW] | $n_a$ [1/min] | $M_a$ [Nm] | i | $F_{Ra}$ 1) [N] | SEW $f_B$ | | | | | m [kg] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.2 | 4.7 | 4460 | 203.16 | 28500 | 0.95 | | | | | | |
| | 5.5 | 3790 | 172.34 | 32000 | 1.15 | R | 107 | DRS | 112M6 | 195 | 272 |
| | 6.0 | 3490 | 158.68 | 33200 | 1.25 | RF | 107 | DRS | 112M6 | 200 | 273 |
| | 6.7 | 3120 | 141.83 | 34600 | 1.40 | RM | 107 | DRS | 112M6 | 290 | 273 |
| | 5.6 | 3760 | 251.15 | 32100 | 1.15 | R | 107 | DRS | 90L4 | 180 | 272 |
| | 6.1 | 3450 | 229.95 | 33400 | 1.25 | RF | 107 | DRS | 90L4 | 185 | 273 |
| | 6.9 | 3040 | 203.16 | 34800 | 1.40 | RM | 107 | DRS | 90L4 | 270 | 273 |
| | 8.1 | 2580 | 172.34 | 36000 | 1.65 | | | | | | |
| | 8.8 | 2380 | 158.68 | 36300 | 1.80 | | | | | | |
| | 9.9 | 2120 | 141.83 | 36600 | 2.0 | R | 107 | DRS | 90L4 | 180 | 272 |
| | 11 | 1910 | 127.68 | 36900 | 2.2 | RF | 107 | DRS | 90L4 | 185 | 273 |
| | 12 | 1730 | 115.63 | 37000 | 2.5 | RM | 107 | DRS | 90L4 | 270 | 273 |
| | 14 | 1530 | 102.53 | 37200 | 2.8 | | | | | | |
| | 15 | 1390 | 92.70 | 37300 | 3.1 | | | | | | |
| | 6.5 | 3240 | 216.28 | 3580 | 0.90 | R | 97 | DRS | 90L4 | 120 | 270 |
| | 7.5 | 2790 | 186.30 | 22300 | 1.05 | RF | 97 | DRS | 90L4 | 135 | 271 |
| | 8.2 | 2550 | 170.02 | 23800 | 1.20 | RM | 97 | DRS | 90L4 | 190 | 271 |
| | 9.3 | 2260 | 150.78 | 25300 | 1.35 | | | | | | |
| | 11 | 1900 | 126.75 | 26800 | 1.60 | | | | | | |
| | 12 | 1740 | 116.48 | 27300 | 1.70 | | | | | | |
| | 14 | 1550 | 103.44 | 27600 | 1.95 | | | | | | |
| | 15 | 1380 | 92.48 | 27800 | 2.2 | R | 97 | DRS | 90L4 | 120 | 270 |
| | 17 | 1240 | 83.15 | 28000 | 2.4 | RF | 97 | DRS | 90L4 | 135 | 271 |
| | 19 | 1080 | 72.17 | 28100 | 2.8 | RM | 97 | DRS | 90L4 | 190 | 271 |
| | 21 | 970 | 65.21 | 27700 | 3.1 | | | | | | |
| | 23 | 890 | 59.92 | 27100 | 3.3 | | | | | | |
| | 26 | 795 | 53.21 | 26200 | 3.8 | | | | | | |
| | 29 | 710 | 47.58 | 25300 | 4.2 | | | | | | |
| | 11 | 1870 | 124.97 | 8830 | 0.85 | | | | | | |
| | 12 | 1770 | 118.43* | 15100 | 0.85 | R | 87 | DRS | 90L4 | 79 | 267 |
| | 14 | 1550 | 103.65 | 16900 | 1.00 | RF | 87 | DRS | 90L4 | 86 | 268 |
| | 15 | 1400 | 93.38 | 17900 | 1.10 | RM | 87 | DRS | 90L4 | 115 | 268 |
| | 17 | 1220 | 81.92 | 18800 | 1.25 | | | | | | |
| | 19 | 1080 | 72.57 | 19500 | 1.40 | | | | | | |
| | 22 | 950 | 63.68* | 20000 | 1.60 | | | | | | |
| | 23 | 900 | 60.35* | 20000 | 1.70 | R | 87 | DRS | 90L4 | 79 | 267 |
| | 27 | 790 | 52.82 | 20000 | 1.95 | RF | 87 | DRS | 90L4 | 86 | 268 |
| | 29 | 710 | 47.58 | 20000 | 2.2 | RM | 87 | DRS | 90L4 | 115 | 268 |
| | 34 | 625 | 41.74 | 19900 | 2.5 | | | | | | |
| | 38 | 550 | 36.84* | 19200 | 2.8 | | | | | | |
| | 43 | 490 | 32.66* | 18600 | 3.2 | | | | | | |
| | 41 | 515 | 34.40* | 18900 | 2.9 | | | | | | |
| | 45 | 470 | 31.40 | 18400 | 3.3 | R | 87 | DRS | 90L4 | 77 | 267 |
| | 50 | 415 | 27.84* | 17700 | 3.7 | RF | 87 | DRS | 90L4 | 84 | 268 |
| | 60 | 350 | 23.40 | 16800 | 4.4 | RM | 87 | DRS | 90L4 | 115 | 268 |
| | 65 | 320 | 21.51 | 16400 | 4.6 | | | | | | |

## *14.3 DRS 4-pole: 1500 1/min – S1 IE1*

| Motor type DRS | $P_N$ [kW] | $M_N$ [Nm] | $n_N$ [1/min] | $I_N$ 400 V [A] | $I_N$ 380-420 V [A] | cosφ | IE class | $\eta_{75\%}$ $\eta_{100\%}$ [%]1) | $I_A/I_N$ | $M_A/M_N$ $M_H/M_N$ | m [kg]2) | $J_{Mot}$ [$10^{-4}$ $kgm^2$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DRS71S4 | 0.37 | 2.55 | 1380 | 1.14 | 1.24 | 0.7 | - | 65.3<br>66.6 | 3.5 | 1.8<br>1.8 | 7.8 | 4.9 |
| DRS71M4 | 0.55 | 3.8 | 1380 | 1.55 | 1.62 | 0.72 | - | 71.9<br>70.6 | 3.6 | 2.1<br>2.1 | 9.1 | 7.1 |
| DRS80S4 | 0.75 | 5.1 | 1400 | 1.8 | 1.82 | 0.81 | IE1 | 76.6<br>75.3 | 4.3 | 1.9<br>1.9 | 11.5 | 14.9 |
| DRS80M4 | 1.1 | 7.4 | 1410 | 2.40 | 2.50 | 0.84 | IE1 | 78.6<br>77 | 5.1 | 2.2<br>1.7 | 14.3 | 21.5 |
| DRS90M4 | 1.5 | 10.3 | 1395 | 3.30 | 3.40 | 0.82 | IE1 | 82<br>79.6 | 5.0 | 2.3<br>2.0 | 18.4 | 35.5 |
| DRS90L4 | 2.2 | 15 | 1400 | 4.85 | 4.95 | 0.81 | IE1 | 83.1<br>81.1 | 5.1 | 2.5<br>2.2 | 21.5 | 43.5 |
| DRS100M4 | 3 | 20.5 | 1400 | 6.4 | 6.5 | 0.82 | IE1 | 84.7<br>82.4 | 5.3 | 2.8<br>2.4 | 26 | 56 |
| DRS100LC4 | 4 | 26.5 | 1445 | 8.4 | 8.5 | 0.81 | IE1 | 86.4<br>85.3 | 6.5 | 2.5<br>2.3 | 31 | 90 |
| DRS112M4 | 4 | 26.5 | 1435 | 8.1 | 8.4 | 0.84 | IE1 | 85.6<br>83.8 | 6 | 2<br>1.7 | 41.5 | 146 |
| DRS132S4 | 5.5 | 36.5 | 1445 | 11.1 | 11.6 | 0.82 | IE1 | 86.7<br>85.7 | 6.7 | 2.4<br>2.1 | 44 | 190 |
| DRS132M4 | 7.5 | 49.5 | 1445 | 14.4 | 15.1 | 0.85 | IE1 | 89.1<br>87.1 | 6.6 | 2.4<br>1.9 | 60 | 255 |
| DRS132MC4 | 9.2 | 60 | 1465 | 18.6 | 19.3 | 0.81 | IE1 | 88.5<br>87.6 | 7.2 | 2.1<br>1.6 | 63 | 340 |
| DRS160S4 | 9.2 | 60 | 1460 | 18.9 | 19.2 | 0.79 | IE1 | 89<br>88 | 6.4 | 2.5<br>2 | 80 | 370 |
| DRS160M4 | 11 | 72 | 1460 | 22 | 22.5 | 0.81 | IE1 | 89.1<br>88 | 6.8 | 2.7<br>2.3 | 92 | 450 |
| DRS160MC4 | 15 | 97 | 1470 | 30 | 31 | 0.80 | IE1 | 90.2<br>89.1 | 6.3 | 2.1<br>1.7 | 94 | 590 |
| DRS180S4 | 15 | 98 | 1460 | 29 | 29.5 | 0.83 | IE1 | 90.3<br>89.5 | 6.2 | 2.3<br>2 | 122 | 900 |
| DRS180M4 | 18.5 | 121 | 1465 | 34.5 | 35.5 | 0.85 | IE1 | 92.8<br>90 | 6.5 | 2.2<br>1.8 | 141 | 1110 |
| DRS180L4 | 22 | 143 | 1465 | 41.5 | 42.5 | 0.84 | IE1 | 91.2<br>90.5 | 6.9 | 2.4<br>2 | 152 | 1300 |

**Anexo N° 10**
**ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL ACERO AL CARBONO SAE 1020**

# ACEROS AL CARBONO

**SUMINISTRO LAMINADO Y TREFILADO**

## SAE 1020

**Descripción:** Acero de bajo carbono, blando, responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. Tiene un alto índice de soldabilidad, y por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria y usos convencionales de baja exigencia.

**Usos:** Se utiliza en ejes, cadenas, remaches, tornillos, pernos, sujetadores, engranajes, piñones, piezas de maquinaria, pasadores de baja resistencia, prensas y levas.

SAE 1020

| Composición química (%) | |
|---|---|
| C | 0,18 - 0,23 |
| Mn | 0,30 - 0,60 |
| P | 0,04 Máx. |
| S | 0,05 Máx. |

| Tratamiento térmico<br>Valores en ºC | | |
|---|---|---|
| Forjado | 820 - 1100 | |
| Normalizado | 870 - 890 | |
| Revenido | 150 - 180 | |
| Recocido | 650 - 700 | |
| Templado | Agua | 820 - 850 |
| Cementación | 900 - 950 | |

| Propiedades mecánicas<br>Laminado en caliente | |
|---|---|
| Resistencia a la tracción | 40 - 45 kgf/mm² |
| Límite de fluencia | 27 kgf/mm² |
| Elongación | 20% |
| Reducción de área | 50% |
| Maquinabilidad | 72% |
| Dureza (HB) | 110 - 140 |

Formas: Redonda, cuadrada y hexagonal

02

## TABLA DE PESOS DE ACERO EN KILOS POR METRO

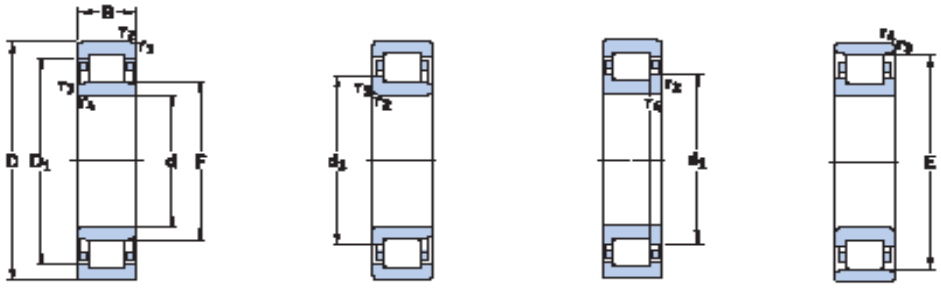
| Medida | | Forma | | | Medida | | Forma | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pulgada | mm | Redondo | Hexagonal | Cuadrado | Pulgada | mm | Redondo | Hexagonal | Cuadrado |
| 3/16 | 4,76 | 0,14 | 0,15 | 0,18 | 3.1/8 | 79,39 | 38,81 | 42,79 | 49,41 |
| 1/4 | 6,35 | 0,25 | 0,27 | 0,32 | 3.1/4 | 82,55 | 42,25 | 46,34 | 53,83 |
| 5/16 | 7,94 | 0,39 | 0,44 | 0,51 | 3.1/2 | 88,90 | 49,00 | 53,74 | 62,44 |
| 3/8 | 9,53 | 0,57 | 0,63 | 0,78 | 3.3/4 | 92,25 | 56,25 | 61,69 | 71,67 |
| 7/16 | 11,11 | 0,75 | 0,82 | 0,96 | 4 | 101,60 | 64,00 | 70,19 | 81,55 |
| 1/2 | 12,70 | 1,00 | 1,10 | 1,27 | 4.1/4 | 107,90 | 71,80 | 79,12 | 91,40 |
| 9/16 | 14,29 | 1,27 | 1,39 | 1,61 | 4.3/8 | 111,13 | 76,07 | 83,88 | 96,66 |
| 5/8 | 15,88 | 1,56 | 1,71 | 1,99 | 4.1/2 | 114,30 | 82,00 | 89,93 | 104,50 |
| 11/16 | 17,46 | 1,89 | 2,07 | 2,41 | 4.3/4 | 120,65 | 90,25 | 98,98 | 115,00 |
| 3/4 | 19,05 | 2,25 | 2,47 | 2,87 | 5 | 127,00 | 100,00 | 109,70 | 127,42 |
| 13/16 | 20,64 | 2,62 | 2,89 | 3,34 | 5.1/2 | 139,70 | 121,50 | 133,30 | 154,80 |
| 7/8 | 22,23 | 3,06 | 3,36 | 3,85 | 6 | 152,40 | 144,00 | 157,94 | 183,48 |
| 15/16 | 23,81 | 3,52 | 3,86 | 4,48 | 6.1/4 | 158,75 | 158,70 | 174,10 | 202,40 |
| 1 | 25,40 | 4,00 | 4,38 | 5,08 | 6.1/2 | 165,10 | 169,00 | 185,35 | 215,34 |
| 1.1/8 | 28,58 | 5,06 | 5,55 | 6,45 | 7 | 177,80 | 196,00 | 214,97 | 249,74 |
| 1.1/4 | 31,75 | 6,25 | 6,85 | 7,97 | 7.1/2 | 190,50 | 225,00 | 246,77 | 286,69 |
| 1.3/8 | 34,93 | 7,56 | 8,29 | 9,66 | 8 | 203,20 | 257,00 | 280,77 | 326,19 |
| 1.7/16 | 36,51 | 8,21 | 9,05 | 10,46 | 8.1/2 | 215,90 | 284,00 | 311,30 | 361,20 |
| 1.1/2 | 38,10 | 9,00 | 9,86 | 11,47 | 9 | 228,60 | 324,00 | 355,35 | 412,84 |
| 1.5/8 | 41,28 | 10,42 | 11,43 | 13,28 | 9.1/2 | 241,30 | 357,10 | 391,70 | 455,00 |
| 1.3/4 | 44,45 | 12,56 | 13,77 | 16,00 | 10 | 254,00 | 400,00 | 438,71 | 509,68 |
| 1.7/8 | 47,63 | 14,06 | 15,42 | 17,92 | 10.1/2 | 266,70 | 452,00 | 495,70 | 575,90 |
| 2 | 50,80 | 16,00 | 17,55 | 20,39 | 11 | 279,40 | 486,10 | 533,10 | 619,40 |
| 2.1/8 | 53,98 | 18,06 | 19,81 | 23,02 | 11.1/2 | 292,10 | 519,40 | 568,90 | 661,40 |
| 2.1/4 | 57,15 | 20,25 | 22,21 | 25,80 | 12 | 304,80 | 576,00 | 631,74 | 733,93 |
| 2.3/8 | 60,33 | 22,56 | 24,75 | 28,75 | 13 | 330,20 | 675,00 | 741,00 | 860,00 |
| 2.1/2 | 63,50 | 25,00 | 27,42 | 31,85 | 14 | 355,60 | 784,00 | 859,87 | 998,97 |
| 2.5/8 | 66,68 | 27,56 | 30,23 | 35,12 | 16 | 406,40 | 1.024,00 | 1.123,09 | 1.304,77 |
| 2.3/4 | 69,85 | 30,25 | 33,18 | 38,54 | 18 | 457,20 | 1.296,00 | 1.421,42 | 1.651,35 |
| 3 | 76,20 | 36,00 | 39,48 | 45,87 | 20 | 508,00 | 1.600,00 | 1.754,84 | 2.038,71 |

**Anexo N° 11**

**CATALOGO DE RODAMIENTOS SKF**

## 5.1 Rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos

d 15 – 25 mm




NJ NU NUP N

| Dimensiones principales d | D | B | Capacidad de carga básica dinámica C | estática $C_0$ | Carga límite de fatiga $P_u$ | Velocidades nominales Velocidad de referencia | Velocidad límite | Masa | Designaciones Rodamiento con jaula estándar | Jaula estándar alternativa[1] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mm | | | kN | | kN | r.p.m. | | kg | – | |
| 15 | 35 | 11 | 12,5 | 10,2 | 1,22 | 22 000 | 26 000 | 0,047 | NU 202 ECP | PHA |
| | 35 | 11 | 12,5 | 10,2 | 1,22 | 22 000 | 26 000 | 0,048 | NJ 202 ECP | PHA |
| 17 | 40 | 12 | 17,2 | 14,3 | 1,73 | 19 000 | 22 000 | 0,066 | NU 203 ECP | PHA |
| | 40 | 12 | 17,2 | 14,3 | 1,73 | 19 000 | 22 000 | 0,07 | NJ 203 ECP | PHA |
| | 40 | 12 | 17,2 | 14,3 | 1,73 | 19 000 | 22 000 | 0,072 | NUP 203 ECP | PHA |
| | 40 | 12 | 17,2 | 14,3 | 1,73 | 19 000 | 22 000 | 0,066 | N 203 ECP | PH |
| | 40 | 16 | 23,8 | 21,6 | 2,65 | 19 000 | 22 000 | 0,087 | NU 2203 ECP | – |
| | 40 | 16 | 23,8 | 21,6 | 2,65 | 19 000 | 22 000 | 0,093 | NJ 2203 ECP | – |
| | 40 | 16 | 23,8 | 21,6 | 2,65 | 19 000 | 22 000 | 0,097 | NUP 2203 ECP | – |
| | 47 | 14 | 24,6 | 20,4 | 2,55 | 15 000 | 20 000 | 0,12 | NU 303 ECP | – |
| | 47 | 14 | 24,6 | 20,4 | 2,55 | 15 000 | 20 000 | 0,12 | NJ 303 ECP | – |
| | 47 | 14 | 24,6 | 20,4 | 2,55 | 15 000 | 20 000 | 0,12 | N 303 ECP | – |
| 20 | 47 | 14 | 25,1 | 22 | 2,75 | 16 000 | 19 000 | 0,11 | NU 204 ECP | ML,PHA |
| | 47 | 14 | 25,1 | 22 | 2,75 | 16 000 | 19 000 | 0,11 | NJ 204 ECP | ML,PHA |
| | 47 | 14 | 25,1 | 22 | 2,75 | 16 000 | 19 000 | 0,12 | NUP 204 ECP | ML,PHA |
| | 47 | 14 | 25,1 | 22 | 2,75 | 16 000 | 19 000 | 0,11 | N 204 ECP | – |
| | 47 | 18 | 29,7 | 27,5 | 3,45 | 16 000 | 19 000 | 0,14 | NU 2204 ECP | – |
| | 47 | 18 | 29,7 | 27,5 | 3,45 | 16 000 | 19 000 | 0,14 | NJ 2204 ECP | – |
| | 52 | 15 | 35,5 | 26 | 3,25 | 15 000 | 18 000 | 0,15 | * NU 304 ECP | – |
| | 52 | 15 | 35,5 | 26 | 3,25 | 15 000 | 18 000 | 0,15 | * NJ 304 ECP | – |
| | 52 | 15 | 35,5 | 26 | 3,25 | 15 000 | 18 000 | 0,16 | * NUP 304 ECP | – |
| | 52 | 15 | 35,5 | 26 | 3,25 | 15 000 | 18 000 | 0,15 | * N 304 ECP | – |
| | 52 | 21 | 47,5 | 38 | 4,8 | 15 000 | 18 000 | 0,21 | * NU 2304 ECP | – |
| | 52 | 21 | 47,5 | 38 | 4,8 | 15 000 | 18 000 | 0,22 | * NJ 2304 ECP | – |
| | 52 | 21 | 47,5 | 38 | 4,8 | 15 000 | 18 000 | 0,22 | * NUP 2304 ECP | – |
| 25 | 47 | 12 | 14,2 | 13,2 | 1,4 | 14 000 | 18 000 | 0,083 | NU 1005 | – |
| | 52 | 15 | 28,6 | 27 | 3,35 | 14 000 | 16 000 | 0,13 | NU 205 ECP | J, ML,PHA |
| | 52 | 15 | 28,6 | 27 | 3,35 | 14 000 | 16 000 | 0,14 | NJ 205 ECP | J, ML,PHA |
| | 52 | 15 | 28,6 | 27 | 3,35 | 14 000 | 16 000 | 0,14 | NUP 205 ECP | J, ML,PHA |
| | 52 | 15 | 28,6 | 27 | 3,35 | 14 000 | 16 000 | 0,13 | N 205 ECP | – |

[1] Al escoger rodamientos con una jaula estándar alternativa, el sufijo de la jaula estándar debe sustituirse por el sufijo de la jaula alternativa. Por ejemplo, NU_ ECP pasa a ser NU_ ECML (para la velocidad admisible → página 608).

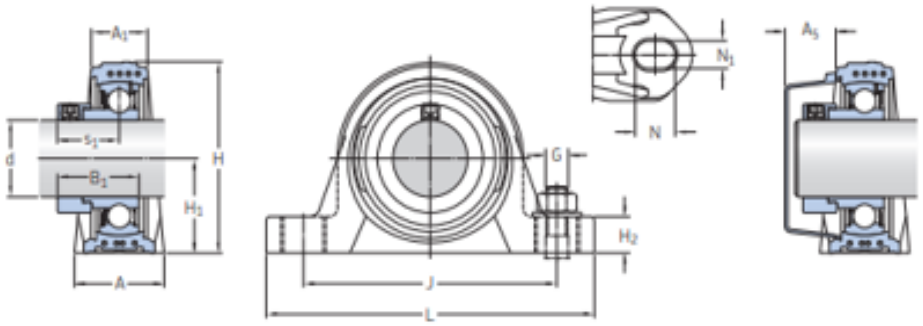
* Rodamientos SKF Explorer

**Anexo N° 12**

**CATALOGÓ DE CHUMACERAS SKF - Para los rodillos guiadores y tensores**

## Unidades de rodamientos Y SKF E2 con soporte de pie de material compuesto con anillo de fijación excéntrico, para ejes métricos

**d 20 – 40 mm**




**Dimensiones**

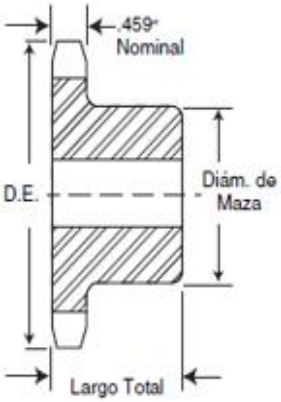
| d | A | $A_1$ | $B_1$ | H | $H_1$ | $H_2$ | J | L | N | $N_1$ | G | $s_1$ | $A_5$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mm | | | | | | | | | | | | | |
| **20** | 32 | 21 | 31 | 64 | 33,3 | 16 | 96 | 126 | 17,6 | 12,4 | M10 | 23,9 | 18,5 |
| **25** | 32 | 22 | 30,9 | 70,5 | 36,5 | 16 | 105 | 134 | 17,6 | 12,4 | M10 | 23,4 | 18 |
| **30** | 40 | 25 | 35,6 | 82 | 42,9 | 19 | 121 | 159 | 21,4 | 14,4 | M12 | 26,6 | 20 |
| **35** | 45 | 27 | 38,8 | 93 | 47,6 | 19 | 126 | 164 | 21,4 | 14,4 | M12 | 29,3 | 22 |
| **40** | 48 | 30 | 43,6 | 99 | 49,2 | 19 | 136 | 176 | 21,4 | 14,4 | M12 | 33,1 | 23,5 |

| Capacidad de carga básica dinámica C | Capacidad de carga básica estática $C_0$ | Carga límite de fatiga $P_u$ | Velocidad límite | Masa | Designación del soporte | Designación del rodamiento | Designación adecuada de la tapa lateral | Designación de la unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kN | | kN | r. p. m. | kg | – | – | – | – |
| 12,7 | 6,55 | 0,28 | 8 500 | 0,26 | SYK 504 | E2.YET 204 | ECY 204 | SYK 20 FE |
| 14 | 7,8 | 0,335 | 7 000 | 0,31 | SYK 505 | E2.YET 205 | ECY 205 | SYK 25 FE |
| 19,5 | 11,2 | 0,475 | 6 300 | 0,50 | SYK 506 | E2.YET 206 | ECY 206 | SYK 30 FE |
| 25,5 | 15,3 | 0,655 | 5 300 | 0,69 | SYK 507 | E2.YET 207 | ECY 207 | SYK 35 FE |
| 30,7 | 19 | 0,8 | 4 800 | 0,86 | SYK 508 | E2.YET 208 | ECY 208 | SYK 40 FE |

**Anexo N° 13**
**CATÁLOGO SPROCKETS (PIÑONES) ACERO EN EXISTENCIA NO. 60 – PASO 3/4″**

| Sencillo - Tipo B | | | | | | | | | Sencillo - Tipo A | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Barreno (Pulg.) | | Maza (Pulg.) | | Peso | | | | Peso |
| No. de Dientes | Número de Parte | Diámetro Exterior | Tipo | Piloto | Barreno Máximo | Diámetro | Largo Total | Aprox. (lb) | Tipo | Número de Parte | Barreno Piloto | Aprox. (lb) |
| 8 | 60B8 | 2.260 | B | ¾ | ¾ | 1 5/32★ | 1¼ | .54 | | | | |
| 9 | 60B9 | 2.510 | B | ¾ | ¾ | 1 9/16★ | 1¼ | .64 | | | | |
| 10 | 60B10 | 2.760 | B | ¾ | 1⅛ | 1 15/16★ | 1¼ | .99 | A | 60A10 | ¾ | .44 |
| 11 | 60B11 | 3.000 | B | ¾ | 1 5/16 | 2 3/16★ | 1¼ | 1.16 | A | 60A11 | ¾ | .54 |
| 12 | 60B12 | 3.250 | B | ¾ | 1⅜ | 2⅜★ | 1¼ | 1.47 | A | 60A12 | ¾ | .68 |
| 13 | 60B13 | 3.490 | B | ¾ | 1½ | 2 21/32 | 1¼ | 1.66 | A | 60A13 | ¾ | .80 |
| 14 | 60B14 | 3.740 | B | ¾ | 1¾ | 2 9/16 | 1¼ | 2.00 | A | 60A14 | ¾ | .94 |
| 15 | 60B15 | 3.980 | B | ¾ | 1⅞ | 2⅞ | 1¼ | 2.51 | A | 60A15 | ¾ | 1.08 |
| 16 | 60B16 | 4.220 | B | ¾ | 2 | 3 1/16 | 1¼ | 2.81 | A | 60A16 | ¾ | 1.24 |
| 17 | 60B17 | 4.460 | B | ¾ | 2¼ | 3¼ | 1¼ | 3.22 | A | 60A17 | ¾ | 1.44 |
| 18 | 60B18 | 4.700 | B | ¾ | 2⅜ | 3½ | 1¼ | 3.72 | A | 60A18 | ¾ | 1.62 |
| 19 | 60B19 | 4.950 | B | ¾ | 2⅝ | 3½ | 1¼ | 3.92 | A | 60A19 | ¾ | 1.84 |
| 20 | 60B20 | 5.190 | B | ¾ | 2⅝ | 3⅞ | 1¼ | 4.63 | A | 60A20 | ¾ | 2.12 |
| 21 | 60B21 | 5.430 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 5.00 | A | 60A21 | ¾ | 2.28 |
| 22 | 60B22 | 5.670 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 5.25 | A | 60A22 | ¾ | 2.48 |
| 23 | 60B23 | 5.910 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 5.48 | A | 60A23 | ¾ | 2.68 |
| 24 | 60B24 | 6.150 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 5.78 | A | 60A24 | 25/32 | 3.00 |
| 25 | 60B25 | 6.390 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 6.13 | A | 60A25 | 25/32 | 3.34 |
| 26 | 60B26 | 6.630 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 6.38 | A | 60A26 | 25/32 | 3.54 |
| 27 | 60B27 | 6.870 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 6.72 | A | 60A27 | 25/32 | 3.96 |
| 28 | 60B28 | 7.110 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 6.88 | A | 60A28 | 25/32 | 4.14 |
| 29 | 60B29 | 7.350 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 7.28 | A | 60A29 | 25/32 | 4.40 |
| 30 | 60B30 | 7.590 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 7.58 | A | 60A30 | 25/32 | 4.78 |
| 31 | 60B31 | 7.830 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 7.72 | A | 60A31 | 25/32 | 5.24 |
| 32 | 60B32 | 8.070 | B | ¾ | 2¾ | 4 | 1¼ | 8.26 | A | 60A32 | 25/32 | 5.52 |
| 33 | 60B33 | 8.300 | B | 1 | 2¾ | 4 | 1¼ | 8.42 | A | 60A33 | 15/16 | 5.86 |
| 34 | 60B34 | 8.540 | B | 1 | 2¾ | 4 | 1¼ | 8.80 | A | 60A34 | 15/16 | 6.16 |
| 35 | 60B35 | 8.780 | B | 1 | 2¾ | 4 | 1¼ | 9.04 | A | 60A35 | 15/16 | 6.78 |
| 36 | 60B36 | 9.020 | B | 1 | 2¾ | 4 | 1¼ | 9.60 | A | 60A36 | 15/16 | 6.82 |
| 37 | 60B37 | 9.260 | B | 1 | 2¾ | 4 | 1¼ | 10.24 | A | 60A37 | 15/16 | 7.52 |
| 38 | 60B38 | 9.500 | B | 1 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 10.84 | A | 60A38 | 15/16 | 7.84 |
| 39 | 60B39 | 9.740 | B | 1 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 11.36 | A | 60A39 | 15/16 | 8.28 |
| 40 | 60B40 | 9.980 | B | 1 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 11.50 | A | 60A40 | 15/16 | 8.56 |
| 41 | 60B41 | 10.220 | B | 1 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 12.14 | A | 60A41 | 15/16 | 9.10 |
| 42 | 60B42 | 10.460 | B | 1 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 12.74 | A | 60A42 | 15/16 | 9.84 |
| 43 | 60B43 | 10.700 | B | 1 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 13.00 | A | 60A43 | 15/16 | 9.74 |
| 44 | 60B44 | 10.940 | B | 15/16 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 13.88 | A | 60A44 | 15/16 | 10.76 |
| 45 | 60B45 | 11.180 | B | 15/16 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 13.98 | A | 60A45 | 15/16 | 11.08 |
| 46 | 60B46 | 11.420 | B | 15/16 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 14.60 | A | 60A46 | 15/16 | 11.50 |
| 47 | 60B47 | 11.650 | B | 15/16 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 15.00 | A | 60A47 | 15/16 | 12.32 |
| 48 | 60B48 | 11.890 | B | 15/16 | 2¾ | 4¼ | 1¼ | 15.82 | A | 60A48 | 15/16 | 12.42 |

TIPO A




Piñón conductor.
Piñón conducido.
Catarinas conductoras.

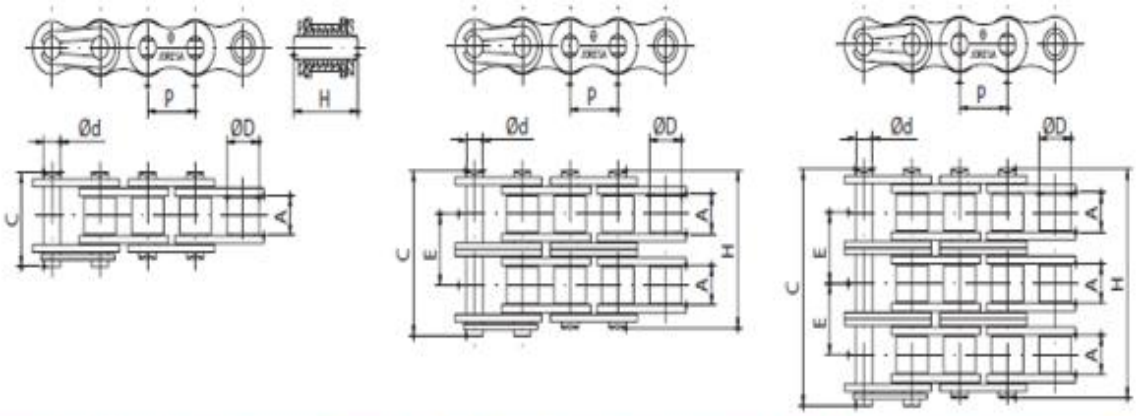
**Anexo N° 14**
**CATÁLOGO DE CADENA DE RODILLOS SERIE ISO-606 NORMA AMERICANA B 29.1 Y DIN8188 – ISO 12A-1**

## Cadenas de rodillos serie ISO-606

Norma americana B 29.1 y DIN8188

## *Roller chains ISO-606 series*

*American standard ANSI B 29.1 & DIN8188*




| Cadenas simples norma americana *Simple chains american standard* | Cadenas dobles norma americana *Duplex chains american standard* | Cadenas triples norma americana *Triplex chains american standard* |
|---|---|---|

| | CÓDIGO *CODE* JORESA | CÓDIGO *CODE* ISO | PASO *PITCH* P Pulg.-Inch | PASO *PITCH* P mm. | ANCHO INTERIOR *INNER WIDTH* A min. mm. | DIÁMETRO RODILLO *ROLLER DIAMETER* Ø D max. mm. | DIÁMETRO DEL EJE *PIN DIAMETER* Ø d max. mm. | LONGITUD DEL EJE *PIN LENGTH* H max. mm. | LONG. EJE UNIÓN *CONN. LINK PIN LENGTH* C max. mm. | SUPERFICIE ARTICULACIÓN *PROJECTED BEARING AREA* S' cm² | CARGA DE ROTURA *AVG. TENSILE STRENGTH* A.T.S. daN-Kg | PASOS POR METRO *PITCHES PER METER* P-Mtr. Aprox. | PESO POR METRO *WEIGHT PER METER* q Kg/m. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cadenas simples *Simple roller chains* | 25* | 04C-1 | 1/4 | 6,35 | 3,18 | 3,30 | 2,31 | 7,80 | 10,90 | 0,11 | 375 | 157 | 0,14 |
| | 35* | 06C-1 | 3/8 | 9,525 | 4,68 | 5,08 | 3,59 | 12,18 | 15,48 | 0,27 | 1.050 | 105 | 0,33 |
| | 40 | 08A-1 | 1/2 | 12,70 | 7,85 | 7,95 | 3,96 | 17,80 | 21,70 | 0,45 | 1.850 | 79 | 0,64 |
| | 50 | 10A-1 | 5/8 | 15,875 | 9,40 | 10,16 | 5,08 | 21,80 | 25,90 | 0,71 | 3.050 | 63 | 1,06 |
| | 60 | 12A-1 | 3/4 | 19,05 | 12,57 | 11,91 | 5,94 | 26,90 | 31,50 | 0,97 | 4.150 | 52 | 1,58 |
| | 80 | 16A-1 | 1 | 25,40 | 15,75 | 15,88 | 7,92 | 33,50 | 38,90 | 1,76 | 7.250 | 39 | 2,61 |
| | 100 | 20A-1 | 1 1/4 | 31,75 | 18,90 | 19,05 | 9,53 | 41,10 | 47,20 | 2,58 | 11.000 | 31 | 3,85 |
| | 120 | 24A-1 | 1 1/2 | 38,10 | 25,22 | 22,23 | 11,10 | 50,80 | 57,40 | 3,90 | 14.550 | 26 | 5,55 |
| | 140 | 28A-1 | 1 3/4 | 44,45 | 25,22 | 25,40 | 12,70 | 54,90 | 62,30 | 4,67 | 19.150 | 22 | 7,70 |
| | 160 | 32A-1 | 2 | 50,80 | 31,55 | 28,58 | 14,27 | 65,50 | 73,40 | 6,40 | 25.500 | 20 | 10,00 |
| | 200 | 40A-1 | 2 1/2 | 63,50 | 37,85 | 39,68 | 19,84 | 80,30 | 90,50 | 10,85 | 38.800 | 16 | 16,69 |
| | 240 | 48A-1 | 3 | 76,20 | 47,35 | 47,63 | 23,80 | 95,50 | 106,00 | 16,11 | 52.650 | 13 | 25,17 |

**Anexo N° 15**
**CATALOGO – PLANCHA ESTRUCTURAL ASTM A36**

# Planchas Gruesas

## DESCRIPCIÓN

Son productos de acero planos laminados en caliente, con espesores de 6,0 a 50,0 mm, anchos de 1220 a 2400 mm, longitudes de 2400 a 12 000 mm

## DOCUMENTOS DE REFERENCIA

ASTM A6/A6M-02 Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling
ASTM A36-01 Standard specification for carbon structural steel
ASTM A131/A131M-01 Standard specification for structural steel for ship
ASTM A572-01 Standard specification high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel
*ASTM A709 -04a Standard specification for structural steel for bridges*
SIDER-ETP-02 Composición química de aceros fabricados en SIDERPERU

## NORMAS TÉCNICAS

| Calidad de Acero | Norma (Tipo de Acero) | Características y Usos |
|---|---|---|
| Comercial | Similar a SAE - 1009 | Cubiertas de equipos, maquinarias y piezas de exigencias menores |
| Estructural | ASTM A36 | Construcciones de puentes, estructuras industriales, edificios, torres y propósitos estructurales en general |
| Alta resistencia y baja aleación | ASTM A572-01 Grado 50 *ASTM A709 G. 50* | Este Acero es microaleado con el fin de obtener elevadas propiedades mecánicas. Es usado en estructuras industriales, puentes, edificios, torres y en propósitos estructurales en general |
| Naval | ASTM A131-01 Grado A | Embarcaciones navales y aplicaciones estructurales. Las planchas de calidad naval, pueden suministrarse con certificado de calidad expedido por Lloyd's Register of Shipping a requerimiento del cliente |

Tolerancias dimensionales y requerimientos generales de acuerdo a ASTM A6

## COMPOSICIÓN QUÍMICA

| Calidad | Espesor | Acero Utilizado |
|---|---|---|
| Comercial | e | 0BB |
| Estructural A36 | e <= 18 mm<br>e > 18 mm | ASTM A36-1<br>ASTM A36-2 |
| Alta Resistencia y Baja Aleación | e <= 12.5 mm<br>12.5 mm < e <= 32 mm<br>32 mm < e <= 50 mm | 17 BP-1<br>17 BP-2<br>17 BP-3 |
| Naval | e <= 20mm<br>20 mm < e <= 50 mm | 19E-1<br>19E-2 |

La composición química de los aceros está dada en SIDER-ETP-02

GERDAU SIDERPERU

## PROPIEDADES MECÁNICAS

| Calidad de Acero | R (Mínimo kg/mm²) | F (Mínimo kg/mm²) | %A (Lo = 200mm) | Doblado a 180° Diámetro Mandril | Sentido |
|---|---|---|---|---|---|
| Comercial | --- | --- | --- | 1,5 e | Longitudinal |
| Estructural | 400 - 550 (40,8 - 56,1) | 250 min (25,5 min.) | 18 min. | 1,5 e | Longitudinal |
| Estructural de Alta Resistencia y Baja Aleación | 450 min (45,9 min.) | 345 min (35,2 min.) | 16 min. | 1,5 e; te <= 25mm; 2 e; (e > 25 mm) | Longitudinal |
| Naval (# 131) | 400 - 520 (40,8 - 53,0) | 235 min (24,0 min.) | 21 min.(*) | ---- | ---- |

R: resistencia a la tracción; F: Límite de Fluencia; %A: Porcentaje de alargamiento; Lo: longitud calibrada de la probeta de ensayo; e: espesor.

(*) : Para el caso de planchas con certificación Lloyd's, el alargamiento se regirá por valores de acuerdo al espesor, considerados en la especificación de Lloyd's.

## CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y DE FORMA

Dimensiones nominales (mm)

| Ancho | Espesor 6,0 | 6,4 | 8,0 | 9,0 | 9,5 | 12,0 | 12,5 | 16,0 | 20,0 | 25,0 | 32,0 | 38,0 | 50,0 | Longitud |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1220 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| 1520 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | 2400 (1) |
| 1800 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| 2000 | - | - | - | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | 6000 |
| 2400 | - | - | - | - | - | x | x | x | x | x | x | x | x | 12000 |

(1) Longitud solo en calidad comercial

*Nota 1.- Se fabrican otras dimensiones previa consulta*

*Nota 2.- Se suministran bobinas en calidad comercial y estructural en ancho 1220 y espesor 6.0 mm*

Tolerancia en el espesor (mm)

| Espesor (e) | Ancho (a) >=1000<1500 | >=1500<1800 | >=1800<2100 | >=2100<2400 | 2400 |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 <= e <= 10 | + 0,8 -0,3 | | | | |
| 12 | + 0,8 -0,3 | | | | 0,9 -0,3 |
| 14 <= e <= 16 | + 0,8 -0,3 | | | + 0,9 -0,3 | |
| 20 | + 0,8 -0,3 | | | + 0,9 -0,3 | + 1,0 -0,3 |
| 22 | + 0,9 -0,3 | | | + 1,0 -0,3 | + 1,1 -0,3 |
| 25 | + 0,9 -0,3 | + 1,0 -0,3 | | | 1,2 -0,3 |
| 28 | + 1,0 -0,3 | + 1,1 -0,3 | | | + 1,3 -0,3 |
| 32 | + 1,2 -0,3 | + 1,3 -0,3 | | | 1,5 -0,3 |
| 35 | + 1,3 -0,3 | + 1,4 -0,3 | | | 1,6 -0,3 |
| 38 | + 1,4 -0,3 | + 1,5 -0,3 | | | 1,7 -0,3 |
| 50 | 1,8 -0,3 | | 2,0 -0,3 | | 2,3 -0,3 |

Tolerancia en el Ancho y Longitud (mm)

Para espesores menores a 50 mm: + 13 -0

Para espesor igual a 50 mm: + 16 -0

Combar permitido, mm: longitud en milímetros/500

El combar se aplica a planchas comerciales, navales y estructurales

GERDAU

SIDERPERU

**Anexo N° 16**

**DATOS TÉCNICOS GENERALES DE PISTONES NEUMÁTICOS TIPO DFPI-125**

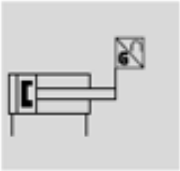
Automatización de procesos continuos › Actuadores lineales ›

## Actuadores lineales DFPI-ND2P-E-NB3P

Hoja de datos

FESTO

Función



Carrera de
40 ... 990 mm

Fuerza
4417 ... 18080 N

Diámetro del émbolo
100 ... 200 mm

### Datos técnicos generales

| Diámetro del émbolo | 100 | 125 | 160 | 200 |
|---|---|---|---|---|
| Carrera [mm] | 40 ... 990 | | | |
| Reserva de carrera [mm] | 4 | | | |
| Modo de funcionamiento | De doble efecto | | | |
| Basado en la norma (conexiones de fijación) | DIN ISO 15552 | | | |
| Amortiguación | Sin | | | |
| Posición de montaje | Indistinta | | | |
| Tipo de fijación | Interfaz según DIN ISO 15552 | | | |
| Forma constructiva | Vástago, camisa del cilindro | | | |
| Detección de la posición | Para detector de posiciones con sistema de medición de recorrido integrado | | | |
| Principio de medición | Potenciómetro del sistema de medición del recorrido | | | |
| Conexión neumática | Para tubo de diámetro exterior de 8 mm | | | |
| Conector eléctrico | Conector recto, 3 contactos, borne roscado | | | |
| Longitud máxima del cable [m] | 30 | | | |

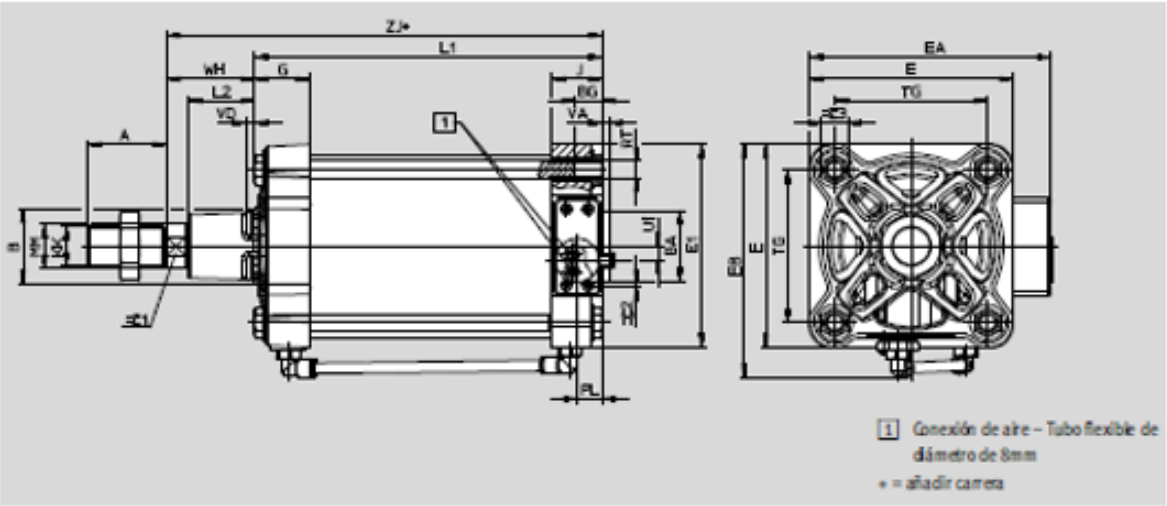
### Condiciones de funcionamiento y del entorno

| | | |
|---|---|---|
| Presión de trabajo | [bar] | 3 ... 8 |
| Presión nominal de funcionamiento | [bar] | 6 |
| Fluido de trabajo | | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4] |
| Nota sobre el fluido | | Admite aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado) |
| Temperatura ambiente | [°C] | -20 ... +80 |
| Humedad relativa | [%] | 5 ... 100, con condensación |
| Clase de protección | | IP65, IP67, IP69K, NEMA 4 |
| Clase de resistencia a la corrosión[1)] | | 3 |
| Resistencia a vibraciones según DIN/IEC 68 parte 2-6 | | Comprobado según clase de severidad 2 |
| Resistencia permanente a choques según DIN/IEC 68 parte 2-82 | | Comprobado según clase de severidad 2 |

## Dimensiones

Datos CAD disponibles en → www.festo.com

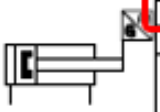
Diámetro del émbolo de 160/200




| Diámetro del émbolo [mm] | A | B Ø | BA Ø | BG | E | E1 | EA | EB | G | J | KK | L1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DFPI-160 | 72 | 65 | 65 | 24 | 186 | 186 | 221 | 210 | 51 | 46 | M36x2 | 219 |
| DFPI-200 | | 75 | 75 | | 230 | 230 | 265 | 256 | 47,2 | | | 225 |

| Diámetro del émbolo [mm] | L2 | MM | PL | RT | TG | U1 | VD | VA | WH | ZJ | =SC1 | =SC2 | =SC3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DFPI-160 | 60 | 40 | 23 | M16 | 140 | 13 | 7,5 | 6 | 80 | 298,6 | 36 | 4 | 24 |
| DFPI-200 | 70 | | | | 175 | 32 | | | 95 | 320 | | | |

## Referencias

| Tipo | Diámetro del émbolo [mm] | Nº art. | Tipo |
|---|---|---|---|
|  | 100 | 2185733 | DFPI-100-...-ND2P-E-NB3P |
| | 125 | 2207685 | DFPI-125-...-ND2P-E-NB3P |
| | 160 | 2208573 | DFPI-160-...-ND2P-E-NB3P |
| | 200 | 2209613 | DFPI-200-...-ND2P-E-NB3P |

**Anexo N° 17**

**MODELOS HHP STANDARD MEDIDAS MÉTRICAS – CARTUCHOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA**

- **Diámetros standard (mm)**
  6,5 ; 8,0 ; 10,0 ; 12,5 ; 16,0 ; 20,0
- **Camisa exterior**.
- Acero inoxidable
- **Elemento resistivo**:
  Nicrom 80/20
- **Aislante dieléctrico**:
  Oxido de Magnesio altamente comprimido.
- **Temperatura máxima en la camisa exterior**
  750 °C.
- **Rigidez dieléctrica ( en frío):**
  500 V ca para tensión < 24 V
  1500 V ca para tensión > 24V
- **Aislamiento (en frío):**
  mínimo 5 megaohms a 500 V cc.
- **Corriente de fuga:**
  máximo 0,5 mA a253 V ca.
- **Tolerancias:**
  En longitud **L** ± 1,5% (mínima ±1 mm.)
  En diám. **D** –0,02 –0,05
  En potencia eléctrica: ± 10%
  En resistencia. ± 10%
- **Tensión de alimentación:**
  Máximo 440 V
  Standard 230V
- **Carga especifica:**
  Depende de la aplicación y características físicas de la resistencia.
- **Longitud de las zonas frías:**
  4 – 20 mm en la zona de los cables **(a)**
  4 – 9 mm en la parte inferior **(b)**
- **Longitud máxima conexiones**
  3000 mm
- Ejecuciones especiales bajo demanda

| | Diámetros estándar | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Longitud en mm. | | | | | | | | | | | | |
| | | Potencia en W a 230 V | | | | | | | | | | | |
| 6,5 mm. | 40,0 | 100 | 125 | 160 | 175 | 200 | | | | | 100 | 175 | 200 |
| | 50,0 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | | | | | | | 200 |
| | 60,0 | 125 | 160 | 180 | 200 | 250 | 315 | | | | | 200 | 250 |
| | 80,0 | 125 | 160 | 180 | 200 | 250 | 280 | 315 | 350 | | | | |
| | 100,0 | 100 | 160 | 200 | 220 | 250 | 315 | 350 | 400 | | | | 350 |
| | 130,0 | 220 | 350 | | | | | | | | | | |
| | 160,0 | 350 | 400 | | | | | | | | | | |
| 8,0 mm. | 40,0 | 100 | 140 | 160 | 200 | 250 | | | | | | | |
| | 50,0 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | | | | | | | 250 |
| | 60,0 | 100 | 125 | 140 | 160 | 200 | 220 | 250 | 280 | 315 | 350 | | 250 |
| | 80,0 | 160 | 200 | 250 | 280 | 315 | 350 | 400 | 500 | | | | 315 |
| | 100,0 | 180 | 200 | 250 | 280 | 315 | 400 | | | | | | 315 |
| | 130,0 | 250 | 315 | 400 | | | | | | | | | 400 |
| | 160,0 | 200 | | | | | | | | | | | |
| 10,0 mm. | 40,0 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | | | | | | 200 |
| | 50,0 | 100 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | | | | | | 250 |
| | 60,0 | 125 | 160 | 180 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | | | 250 | 400 |
| | 80,0 | 160 | 200 | 220 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | | | 250 | 400 |
| | 100,0 | 125 | 220 | 250 | 315 | 350 | 400 | 500 | 560 | 630 | 700 | 850 | 350 |
| | 130,0 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | | | | | | | |
| | 160,0 | 400 | 500 | 575 | 630 | 800 | | | | | 400 | 575 | 630 |
| | 200,0 | 400 | 630 | | | | | | | | | | |
| | 250,0 | 630 | 800 | 1000 | | | | | | | | | |
| 20,0 mm. | 50,0 | 200 | 250 | 315 | 400 | | | | | | | | |
| | 60,0 | 200 | 315 | 500 | 630 | 800 | | | | | | | |
| | 80,0 | 315 | 350 | 500 | 800 | 1000 | 1250 | | | | | | |
| | 100,0 | 400 | 450 | 800 | 1000 | 1250 | 1400 | 1600 | 1800 | | | | |
| | 130,0 | 630 | 900 | 1000 | 1250 | 1400 | 1800 | 2200 | | | | | |
| | 160,0 | 800 | 1000 | 1100 | 1250 | 1800 | 2200 | | | | | | |
| | 200,0 | 1000 | 1600 | 2500 | | | | | | | | | |
| | 250,0 | 1250 | 2000 | | | | | | | | | | |
| | 300,0 | 1600 | 2200 | | | | | | | | | | |
| | 350,0 | 1200 | 2500 | | | | | | | | | | |

**Anexo N° 18**

**SERIE 23 - CATALOGO DE PRODUCTOS - LEE SPRING – RESORTES**

## RESORTES PARA TROQUEL HEFTY™: CARGA MEDIA (COLOR GRIS)

ALAMBRE REDONDO • Alambre de Piano (M) ó Cromo Silicio (C) [Rango Ideal de Funcionamiento: 25% a 35% de Longitud sin Carga]

| NÚMERO DE PARTE LEE | DIÁMETRO DEL AGUJERO | | DIÁMETRO DEL PERNO | | DIÁMETRO* EXTERIOR NOMINAL | | MATERIAL | DIÁMETRO DEL ALAMBRE | | LONGITUD SIN CARGA | | CARGA A DEFLEXIÓN DEL 50% | | CONSTANTE | | ALTURA SÓLIDA | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PULG. | MM | PULG. | MM | PULG. | MM | | PULG. | MM | PULG. | MM | LBS. | KG | LBS/PULG. | KG/MM | PULG. | MM |
| LHL 750A 01 | | | | | .720 | 18.29 | | .095 | 2.41 | 1 | 25.40 | 80.00 | 36.29 | 160.0 | 2.857 | .480 | 12.19 |
| LHL 750A 02 | | | | | .725 | 18.42 | | .098 | 2.49 | 1 1/4 | 31.75 | 81.25 | 36.85 | 130.0 | 2.322 | .605 | 15.37 |
| LHL 750A 03 | | | | | .725 | 18.42 | | .100 | 2.54 | 1 1/2 | 38.10 | 86.25 | 39.12 | 115.0 | 2.054 | .720 | 18.29 |
| LHL 750A 04 | | | | | .720 | 18.29 | | .100 | 2.54 | 1 3/4 | 44.45 | 87.50 | 39.69 | 100.0 | 1.786 | .810 | 20.57 |
| LHL 750A 05 | | | | | .720 | 18.29 | | .102 | 2.59 | 2 | 50.80 | 90.00 | 40.82 | 90.0 | 1.607 | .960 | 24.38 |
| LHL 750A 06 | | | | | .720 | 18.29 | | .102 | 2.59 | 2 1/2 | 63.50 | 87.50 | 39.12 | 70.0 | 1.250 | 1.170 | 29.72 |
| LHL 750A 07 | | | | | .720 | 18.29 | | .102 | 2.59 | 3 | 76.20 | 90.00 | 40.82 | 60.0 | 1.071 | 1.330 | 33.78 |
| LHL 750A 08 | | | | | .723 | 18.36 | | .105 | 2.67 | 3 1/2 | 88.90 | 96.25 | 43.66 | 55.0 | .982 | 1.630 | 41.40 |
| LHL 750A 09 | 3/4 | 19.05 | 3/8 | 9.53 | .723 | 18.36 | M | .105 | 2.67 | 4 | 101.60 | 100.00 | 45.36 | 50.0 | .893 | 1.775 | 45.09 |
| LHL 750A 10 | | | | | .715 | 18.16 | | .105 | 2.67 | 4 1/2 | 114.30 | 101.25 | 45.93 | 45.0 | .804 | 2.015 | 51.18 |
| LHL 750A 11 | | | | | .710 | 18.03 | | .105 | 2.67 | 5 | 127.00 | 100.00 | 45.36 | 40.0 | .714 | 2.290 | 58.17 |
| LHL 750A 12 | | | | | .710 | 18.03 | | .105 | 2.67 | 5 1/2 | 139.70 | 96.25 | 43.66 | 35.0 | .625 | 2.590 | 65.79 |
| LHL 750A 13 | | | | | .710 | 18.03 | | .105 | 2.67 | 6 | 152.40 | 97.50 | 44.23 | 32.5 | .580 | 2.770 | 70.36 |
| LHL 750A 13A | | | | | .710 | 18.03 | | .105 | 2.67 | 6 1/2 | 165.10 | 95.88 | 43.49 | 29.5 | .527 | 3.080 | 78.23 |
| LHL 750A 14 | | | | | .715 | 18.16 | | .105 | 2.67 | 7 | 177.80 | 98.00 | 44.45 | 28.0 | .500 | 3.280 | 83.31 |
| LHL 750A 14A | | | | | .720 | 18.29 | | .110 | 2.79 | 7 1/2 | 190.50 | 120.00 | 54.43 | 32.0 | .571 | 3.570 | 90.68 |
| LHL 750A 15 | | | | | .717 | 18.21 | | .110 | 2.79 | 8 | 203.20 | 122.00 | 55.34 | 30.5 | .545 | 3.800 | 96.52 |
| LHL 750A 17 | | | | | .710 | 18.03 | | .105 | 2.67 | 12 | 304.80 | 95.40 | 43.27 | 15.9 | .284 | 5.671 | 144.04 |
| LHL 1000A 01 | | | | | .960 | 24.38 | | .125 | 3.18 | 1 | 25.40 | 135.00 | 61.24 | 270.0 | 4.822 | .500 | 12.70 |
| LHL 1000A 02 | | | | | .965 | 24.51 | | .128 | 3.25 | 1 1/4 | 31.75 | 140.62 | 63.78 | 225.0 | 4.018 | .625 | 15.88 |
| LHL 1000A 03 | | | | | .965 | 24.51 | | .128 | 3.25 | 1 1/2 | 38.10 | 135.00 | 61.24 | 180.0 | 3.214 | .735 | 18.67 |
| LHL 1000A 04 | | | | | .950 | 24.13 | | .128 | 3.25 | 1 3/4 | 44.45 | 135.62 | 61.52 | 155.0 | 2.768 | .835 | 21.21 |
| LHL 1000A 05 | | | | | .940 | 23.88 | | .128 | 3.25 | 2 | 50.80 | 135.00 | 61.24 | 135.0 | 2.411 | .945 | 24.00 |
| LHL 1000A 06 | | | | | .965 | 24.51 | | .135 | 3.43 | 2 1/2 | 63.50 | 150.00 | 68.04 | 120.0 | 2.143 | 1.215 | 30.86 |
| LHL 1000A 07 | 1 | 25.40 | 1/2 | 12.70 | .960 | 24.38 | C | .135 | 3.43 | 3 | 76.20 | 150.00 | 68.04 | 100.0 | 1.786 | 1.430 | 36.32 |
| LHL 1000A 08 | | | | | .960 | 24.38 | | .135 | 3.43 | 3 1/2 | 88.90 | 148.75 | 67.47 | 85.0 | 1.518 | 1.630 | 41.40 |
| LHL 1000A 09 | | | | | .960 | 24.38 | | .135 | 3.43 | 4 | 101.60 | 150.00 | 68.04 | 75.0 | 1.339 | 1.810 | 45.97 |
| LHL 1000A 10 | | | | | .940 | 23.88 | | .135 | 3.43 | 4 1/2 | 114.30 | 157.50 | 71.44 | 70.0 | 1.250 | 2.050 | 52.07 |
| LHL 1000A 11 | | | | | .940 | 23.88 | | .135 | 3.43 | 5 | 127.00 | 156.25 | 70.87 | 62.5 | 1.116 | 2.260 | 57.40 |
| LHL 1000A 12 | | | | | .940 | 23.88 | | .135 | 3.43 | 5 1/2 | 139.70 | 151.25 | 68.61 | 55.0 | .982 | 2.525 | 64.14 |
| LHL 1000A 13 | | | | | .940 | 23.88 | | .135 | 3.43 | 6 | 152.40 | 150.00 | 68.04 | 50.0 | .893 | 2.755 | 69.98 |
| LHL 1000A 14 | | | | | .940 | 23.88 | | .135 | 3.43 | 7 | 177.80 | 148.75 | 67.47 | 42.5 | .759 | 3.300 | 83.82 |
| LHL 1000A 15 | | | | | .960 | 24.38 | | .142 | 3.61 | 8 | 203.20 | 184.00 | 83.46 | 46.0 | .821 | 3.760 | 95.50 |

**Anexo N° 19**

**CATÁLOGO – CILINDROS NEUMÁTICOS Serie P1D, de conformidad ISO, VDMA y AFNOR**

PDE2570TCES-ul

## Cilindros neumáticos Serie P1D

Cilindro

### Fuerzas de los cilindros de doble efecto

| Diám. cil. vástago mm | Carrera | Área piston cm² | Max. fuerza teórica en N (bar) 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **32/12** | + | 8,0 | 80 | 161 | 241 | 322 | 402 | **483** | 563 | 643 | 724 | 804 |
| | - | 6,9 | 69 | 138 | 207 | 276 | 346 | **415** | 484 | 553 | 622 | 691 |
| **40/16** | + | 12,6 | 126 | 251 | 377 | 503 | 628 | **754** | 880 | 1005 | 1131 | 1257 |
| | - | 10,6 | 106 | 212 | 318 | 424 | 530 | **636** | 742 | 848 | 954 | 1060 |
| **50/20** | + | 19,6 | 196 | 393 | 589 | 785 | 982 | **1178** | 1374 | 1571 | 1767 | 1963 |
| | - | 16,5 | 165 | 330 | 495 | 660 | 825 | **990** | 1155 | 1319 | 1484 | 1649 |
| **63/20** | + | 31,2 | 312 | 623 | 935 | 1247 | 1559 | **1870** | 2182 | 2494 | 2806 | 3117 |
| | - | 28,0 | 280 | 561 | 841 | 1121 | 1402 | **1682** | 1962 | 2242 | 2523 | 2803 |
| **80/25** | + | 50,3 | 503 | 1005 | 1508 | 2011 | 2513 | **3016** | 3519 | 4021 | 4524 | 5027 |
| | - | 45,4 | 454 | 907 | 1361 | 1814 | 2268 | **2721** | 3175 | 3629 | 4082 | 4536 |
| **100/25** | + | 78,5 | 785 | 1571 | 2356 | 3142 | 3927 | **4712** | 5498 | 6283 | 7069 | 7854 |
| | - | 73,6 | 736 | 1473 | 2209 | 2945 | 3682 | **4418** | 5154 | 5890 | 6627 | 7363 |
| **125/32** | + | 122,7 | 1227 | 2454 | 3682 | 4909 | 6136 | **7363** | 8590 | 9817 | 11045 | 12272 |
| | - | 114,7 | 1147 | 2294 | 3440 | 4587 | 5734 | **6881** | 8027 | 9174 | 10321 | 11468 |

+ = Carrera de salida
- = Carrera de entrada

**¡Atención!**
Seleccionar una fuerza teórica 50-100% mas grande que la fuerza requerida

### Datos generales: P1D

| Cilindro, designación | Cilindro diá. | Cilindro área | Vástago diá. | Vástago área | rosca | Tramo-amort. | Consumo-aire[2)] | Rosca conexión | Dim. manguera. Flexible Porting |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm | cm² | mm | cm² | | mm | litros | | mm |
| P1D-•032••-X | 32 | 8,0 | 12 | 1,1 | M10x1,25 | 17 | 0,105 | G1/8 | 4 ó 6. |
| P1D-•040••-X | 40 | 12,6 | 16 | 2,0 | M12x1,25 | 19 | 0,162 | G1/4 | 4 ó 6. |
| P1D-•050••-X | 50 | 19,6 | 20 | 3,1 | M16x1,5 | 20 | 0,253 | G1/4 | 8 ó 10. |
| P1D-•063••-X | 63 | 31,2 | 20 | 3,1 | M16x1,5 | 23 | 0,414 | G3/8 | 8 ó 10. |
| P1D-•080••-X | 80 | 50,3 | 25 | 4,9 | M20x1,5 | 23 | 0,669 | G3/8 | - |
| P1D-•100••-X | 100 | 78,5 | 25 | 4,9 | M20x1,5 | 27 | 1,043 | G1/2 | - |
| P1D-•125••-X | 125 | 122,7 | 32 | 8,0 | M27x2 | 30 | 1,662 | G1/2 | - |

**Anexo N° 20**

**FICHA TÉCNICA DE PERFILES ESTRUCTURALES CUADRADOS Y RECTANGULARES DE ACERO ASTM A36.**

**INDENICSA**

**Ficha del Producto**

## TUBOS CUADRADOS

### Descripción

**Utilizados en diferentes aplicaciones e Industrias: Automotriz y de autopartes (carrocería y rodados), Agroganadera (maquinaria e Implementos agrícolas, avícolas y ganaderos), Artículos del hogar (muebles, iluminación, juegos infantiles), Señalización vial (alumbrado, soportes), Equipo hospitalario, Aparatos de gimnasia, Construcción (rejas, portones, columnas), Muebles (sillas, mesas, reposeras).**

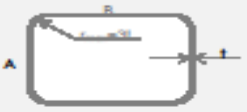
### Tipos de Material

Lamina Caliente — Fabricada bajo norma: ASTM A36

### Dimensiones, Espesores y Pesos

| Dimensiones Externas (A x B) mm (1) | pig (2) | Espesor (t) mm | Peso Kg/m | Lb/pie | Kg/Pieza | Lb/Pieza | Piezas por Paquete | Kgs por Paquete |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 x 13 | 1/2 x 1/2 | 1,20 | 0,48 | 0,32 | 2,87 | 6,33 | 180 | 516,82 |
| 19 x 19 | 3/4 x 3/4 | 1,20 | 0,68 | 0,46 | 4,08 | 8,99 | 180 | 733,88 |
| 19 x 19 | 3/4 x 3/4 | 1,50 | 0,85 | 0,57 | 5,10 | 11,24 | 180 | 917,35 |
| 19 x 19 | 3/4 x 3/4 | 1,80 | 1,02 | 0,68 | 6,12 | 13,48 | 180 | 1100,82 |
| 25 x 25 | 1 x 1 | 1,20 | 0,89 | 0,60 | 5,37 | 11,84 | 100 | 536,92 |
| 25 x 25 | 1 x 1 | 1,50 | 1,11 | 0,75 | 6,68 | 14,74 | 100 | 668,45 |
| 25 x 25 | 1 x 1 | 1,80 | 1,33 | 0,90 | 8,00 | 17,64 | 100 | 799,99 |
| 32 x 32 | 1-1/4 x 1-1/4 | 1,20 | 1,15 | 0,77 | 6,89 | 15,19 | 100 | 689,09 |
| 32 x 32 | 1-1/4 x 1-1/4 | 1,50 | 1,44 | 0,96 | 8,61 | 18,99 | 100 | 861,36 |
| 32 x 32 | 1-1/4 x 1-1/4 | 1,80 | 1,69 | 1,13 | 10,12 | 22,31 | 100 | 1012,10 |
| 32 x 32 | 1-1/4 x 1-1/4 | 2,00 | 1,87 | 1,26 | 11,25 | 24,79 | 100 | 1124,56 |
| 38 x 38 | 1-1/2 x 1-1/2 | 1,20 | 1,39 | 0,93 | 8,33 | 18,36 | 100 | 832,65 |
| 38 x 38 | 1-1/2 x 1-1/2 | 1,50 | 1,73 | 1,17 | 10,41 | 22,95 | 100 | 1040,82 |
| 38 x 38 | 1-1/2 x 1-1/2 | 1,80 | 2,04 | 1,39 | 12,38 | 27,30 | 100 | 1238,21 |
| 38 x 38 | 1-1/2 x 1-1/2 | 2,00 | 2,29 | 1,54 | 13,76 | 30,33 | 100 | 1375,79 |
| 38 x 38 | 1-1/2 x 1-1/2 | 2,38 | 2,73 | 1,83 | 16,37 | 36,09 | 100 | 1637,19 |
| 50 x 50 | 2 x 2 | 1,20 | 1,87 | 1,25 | 11,20 | 24,69 | 100 | 1119,77 |
| 50 x 50 | 2 x 2 | 1,50 | 2,33 | 1,57 | 14,00 | 30,86 | 100 | 1399,72 |
| 50 x 50 | 2 x 2 | 1,80 | 2,78 | 1,87 | 16,69 | 36,79 | 100 | 1668,89 |
| 50 x 50 | 2 x 2 | 2,00 | 3,09 | 2,08 | 18,54 | 40,88 | 100 | 1854,33 |
| 50 x 50 | 2 x 2 | 2,38 | 3,65 | 2,46 | 21,92 | 48,33 | 100 | 2192,41 |
| 50 x 50 | 2 x 2 | 3,17 | 4,80 | 3,23 | 28,82 | 63,54 | 100 | 2882,22 |
| 71 x 71 | 3 x 3 | 1,20 | 2,61 | 1,75 | 15,65 | 34,50 | 42 | 657,22 |
| 71 x 71 | 3 x 3 | 1,50 | 3,26 | 2,19 | 19,56 | 43,12 | 42 | 821,53 |
| 71 x 71 | 3 x 3 | 1,80 | 3,89 | 2,62 | 23,36 | 51,51 | 42 | 981,31 |
| 71 x 71 | 3 x 3 | 2,38 | 5,13 | 3,44 | 30,75 | 67,79 | 42 | 1291,53 |
| 71 x 71 | 3 x 3 | 3,17 | 6,79 | 4,57 | 40,77 | 89,88 | 42 | 1712,37 |
| 92 x 92 | 4 x 4 | 1,50 | 4,29 | 2,88 | 25,75 | 56,77 | 25 | 643,78 |
| 92 x 92 | 4 x 4 | 1,80 | 5,11 | 3,44 | 30,68 | 67,65 | 25 | 767,15 |
| 92 x 92 | 4 x 4 | 2,38 | 6,71 | 4,51 | 40,29 | 88,82 | 25 | 1007,23 |
| 92 x 92 | 4 x 4 | 3,17 | 8,82 | 5,92 | 52,90 | 116,63 | 25 | 1322,40 |

** Medidas Reales/** Medidas Nominales




**NORMA DE FABRICACION: ASTM A500 Gr B**
**Propiedades Quimicas**
Carbono: 0,26% max
Silicio: 0,35% max
Manganeso: 1,35% max
Fosforo: 0,035% max
Azufre: 0,035% max
**Propiedades Mecanicas**
Resistencia a la Traccion: 400 Mpa
Limite de Fluencia: 317 Mpa
**Tolerancias:**
**-Dimension Externa**
Tubos ≤63,5mm (0,51mm)
Tubos >63,5mm ≤88,9mm (0,64mm)
Tubos >88,9mm ≤ 139,7mm (0,76mm)
**-Espesor de la pared (t)**

Lamina Fria — Fabricada bajo norma: JIS G3141 SPCC SD

| Dimensiones Externas (A x B) mm (1) | pig (2) | Espesor (t) mm | Peso Kg/m | Lb/pie | Kg/Pieza | Lb/Pieza | Piezas por Paquete | Kgs por Paquete |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 x 13 | 1/2 x 1/2 | 0,70 | 0,28 | 0,19 | 1,67 | 3,69 | 180 | 301,48 |
| 13 x 13 | 1/2 x 1/2 | 0,80 | 0,32 | 0,21 | 1,91 | 4,22 | 180 | 344,55 |
| 13 x 13 | 1/2 x 1/2 | 0,90 | 0,36 | 0,24 | 2,15 | 4,75 | 180 | 387,61 |
| 13 x 13 | 1/2 x 1/2 | 1,20 | 0,48 | 0,32 | 2,87 | 6,33 | 180 | 516,82 |
| 19 x 19 | 3/4 x 3/4 | 0,70 | 0,40 | 0,27 | 2,38 | 5,24 | 180 | 428,10 |
| 19 x 19 | 3/4 x 3/4 | 0,80 | 0,45 | 0,30 | 2,72 | 5,99 | 180 | 489,26 |
| 19 x 19 | 3/4 x 3/4 | 0,90 | 0,51 | 0,34 | 3,06 | 6,74 | 180 | 550,41 |
| 19 x 19 | 3/4 x 3/4 | 1,20 | 0,68 | 0,46 | 4,08 | 8,99 | 180 | 733,88 |
| 25 x 25 | 1 x 1 | 0,70 | 0,52 | 0,35 | 3,13 | 6,90 | 100 | 313,20 |
| 25 x 25 | 1 x 1 | 0,80 | 0,60 | 0,40 | 3,58 | 7,89 | 100 | 357,94 |
| 25 x 25 | 1 x 1 | 0,90 | 0,67 | 0,45 | 4,03 | 8,88 | 100 | 402,69 |
| 25 x 25 | 1 x 1 | 1,20 | 0,89 | 0,60 | 5,37 | 11,84 | 100 | 536,92 |
| 32 x 32 | 1-1/4 x 1-1/4 | 0,70 | 0,68 | 0,45 | 4,06 | 8,95 | 100 | 406,16 |
| 32 x 32 | 1-1/4 x 1-1/4 | 0,80 | 0,77 | 0,52 | 4,64 | 10,23 | 100 | 464,18 |
| 32 x 32 | 1-1/4 x 1-1/4 | 0,90 | 0,87 | 0,58 | 5,22 | 11,51 | 100 | 522,20 |
| 32 x 32 | 1-1/4 x 1-1/4 | 1,20 | 1,16 | 0,78 | 6,96 | 15,35 | 100 | 696,27 |
| 38 x 38 | 1-1/2 x 1-1/2 | 0,70 | 0,81 | 0,54 | 4,86 | 10,71 | 100 | 485,71 |
| 38 x 38 | 1-1/2 x 1-1/2 | 0,80 | 0,93 | 0,62 | 5,55 | 12,24 | 100 | 555,10 |
| 38 x 38 | 1-1/2 x 1-1/2 | 0,90 | 1,04 | 0,70 | 6,24 | 13,77 | 100 | 624,49 |
| 38 x 38 | 1-1/2 x 1-1/2 | 1,20 | 1,39 | 0,93 | 8,33 | 18,36 | 100 | 832,65 |

** Medidas Reales/** Medidas Nominales

**NORMA DE FABRICACION: ASTM A513**
**Propiedades Quimicas**
Carbono: 0,12% max
Manganeso: 0,50% max
Fosforo: 0,040% max
Azufre: 0,045% max
**Propiedades Mecanicas**
Resistencia a la Traccion: 270 Mpa (min)
**Tolerancias:**
**-Dimension Externa**
1/2x5/8 (±0,004")
5/8x1-1/8 (±0,005)
1-1/8x1-1/2 (±0,006)
**-Espesor de la pared:**
±10% del espesor nominal

Lamina Galvanizada/Superdyma — Fabricada bajo norma: ASTM A653M CS Tipo B Z180/NSDCC K18

| Dimensiones Externas (A x B) mm (1) | pig (2) | Espesor (t) mm | Peso Kg/m | Lb/pie | Kg/Pieza | Lb/Pieza | Piezas por Paquete | Kgs por Paquete |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 x 19 | 3/4 x 3/4 | 1,20 | 0,69 | 0,46 | 4,13 | 9,10 | 180 | 743,23 |
| 19 x 19 | 3/4 x 3/4 | 1,50 | 0,86 | 0,58 | 5,15 | 11,35 | 180 | 926,70 |
| 19 x 19 | 3/4 x 3/4 | 1,80 | 1,03 | 0,69 | 6,17 | 13,60 | 180 | 1110,17 |
| 25 x 25 | 1 x 1 | 1,20 | 0,91 | 0,61 | 5,44 | 11,99 | 100 | 543,76 |
| 25 x 25 | 1 x 1 | 1,50 | 1,13 | 0,76 | 6,78 | 14,95 | 100 | 677,99 |
| 25 x 25 | 1 x 1 | 1,80 | 1,35 | 0,91 | 8,12 | 17,91 | 100 | 812,22 |
| 50 x 50 | 2 x 2 | 1,20 | 1,89 | 1,27 | 11,34 | 25,00 | 100 | 1134,04 |
| 50 x 50 | 2 x 2 | 1,50 | 2,36 | 1,58 | 14,14 | 31,17 | 100 | 1413,98 |
| 50 x 50 | 2 x 2 | 1,80 | 2,81 | 1,89 | 16,85 | 37,11 | 100 | 1683,16 |
| 71 x 71 | 3 x 3 | 1,20 | 2,64 | 1,77 | 15,85 | 34,94 | 42 | 665,59 |
| 71 x 71 | 3 x 3 | 1,50 | 3,29 | 2,21 | 19,76 | 43,56 | 42 | 829,90 |
| 71 x 71 | 3 x 3 | 1,80 | 3,93 | 2,64 | 23,56 | 51,95 | 42 | 989,68 |
| 92 x 92 | 4 x 4 | 1,50 | 4,34 | 2,91 | 26,01 | 57,35 | 25 | 650,34 |
| 92 x 92 | 4 x 4 | 1,80 | 5,16 | 3,47 | 30,95 | 68,23 | 25 | 773,71 |

** Medidas Reales/** Medidas Nominales

**Propiedades Quimicas**
Carbono: 0,03-0,15%
Manganeso: 0,60%
Fosforo: 0,030%
Azufre: 0,035%
**Propiedades Mecanicas**

**INDENICSA**

# Ficha del Producto

## TUBOS RECTANGULARES

### Uso y Aplicaciones

**Utilizados en diferentes aplicaciones e industrias: Automotriz y de autopartes (carrocería y rodados), Agroganadera (maquinaria e implementos agrícolas, avícolas y ganaderos), Artículos del hogar (muebles, iluminación, juegos infantiles), Señalización vial (alumbrado, soportes), Equipo hospitalario, Aparatos de gimnasia, Construcción (rejas, portones,**

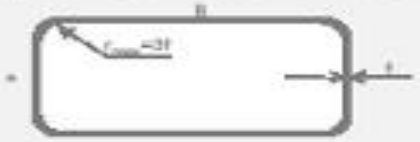
### Tipos de Material

Lámina Caliente — Fabricada bajo norma: ASTM A36

### Dimensiones, Espesores y Pesos

| Dimensiones Externas (A x B) mm [1] | pulg [2] | Espesor (t) mm | Kg/m | Peso Unitario | Kg/Pieza | Unidad/Pieza | Piezas por Paquete | Kgs por Paquete |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 x 38 | 1 x 1-1/2 | 1,20 | 1,15 | 0,77 | 6,89 | 15,19 | 150 | 1033,44 |
| 25 x 38 | 1 x 1-1/2 | 1,50 | 1,42 | 0,95 | 8,52 | 18,79 | 150 | 1278,69 |
| 25 x 50 | 1 x 2 | 1,20 | 1,39 | 0,93 | 8,33 | 18,36 | 150 | 1249,98 |
| 25 x 50 | 1 x 2 | 1,50 | 1,73 | 1,17 | 10,41 | 22,95 | 150 | 1561,23 |
| 30 x 100 | 2 x 4 | 1,50 | 3,44 | 2,31 | 20,64 | 45,50 | 40 | 825,47 |
| 50 x 100 | 2 x 4 | 1,80 | 4,11 | 2,76 | 24,66 | 54,36 | 40 | 986,24 |
| 50 x 100 | 2 x 4 | 2,38 | 5,41 | 3,64 | 32,46 | 71,54 | 40 | 1298,36 |
| 50 x 100 | 2 x 4 | 3,17 | 7,17 | 4,82 | 43,04 | 94,89 | 40 | 1721,75 |

**NORMA DE FABRICACION ASTM A500 Gr B**
**Propiedades Quimicas**
Carbono: 0,26% max
Silicio: 0,35% max
Manganeso: 1,35% max
Fosforo: 0,035% max
Azufre: 0,035% max
**Propiedades Mecanicas**
Resistencia a la Traccion: 400 Mpa
Limite de Fluencia: 317 Mpa
**Tolerancias:**
**-Dimension Externa**
Tubos ≤63,5mm (0,51mm)
Tubos >63,5mm ≤ 88,9mm (0,44mm)
Tubos >88,9mm ≤ 139,7mm (0,76mm)




[1] Medidas Reales/[2] Medidas Nominales

Lámina Fría — Fabricada bajo norma: JIS G3141 SPCC SD

| Dimensiones Externas (A x B) mm [1] | pulg [2] | Espesor (t) mm | Kg/m | Peso Unitario | Kg/Pieza | Unidad/Pieza | Piezas por Paquete | Kgs por Paquete |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 x 38 | 1 x 1-1/2 | 0,70 | 0,68 | 0,46 | 4,10 | 9,05 | 150 | 615,52 |
| 25 x 38 | 1 x 1-1/2 | 0,80 | 0,78 | 0,53 | 4,69 | 10,34 | 150 | 703,45 |
| 25 x 38 | 1 x 1-1/2 | 0,90 | 0,86 | 0,58 | 5,17 | 11,39 | 150 | 775,33 |
| 25 x 38 | 1 x 1-1/2 | 1,20 | 1,15 | 0,77 | 6,89 | 15,19 | 150 | 1033,44 |
| 25 x 50 | 1 x 2 | 0,70 | 0,81 | 0,54 | 4,86 | 10,71 | 150 | 728,57 |
| 25 x 50 | 1 x 2 | 0,80 | 0,93 | 0,62 | 5,55 | 12,24 | 150 | 832,65 |
| 25 x 50 | 1 x 2 | 0,90 | 1,04 | 0,70 | 6,24 | 13,77 | 150 | 936,73 |
| 25 x 50 | 1 x 2 | 1,20 | 1,39 | 0,93 | 8,33 | 18,36 | 150 | 1249,98 |

**NORMA DE FABRICACION ASTM A513**
**Propiedades Quimicas**
Carbono: 0,12% max
Manganeso: 0,50% max
Fosforo: 0,040% max
Azufre: 0,045% max
**Propiedades Mecanicas**
Resistencia a la Traccion: 270 Mpa (min)
**Tolerancias:**
**-Dimension Externa**
1/2x5/8 (±0,004")
5/8x1-1/8 (±0,005)
1-1/8x1-1/2 (±0,006)

[1] Medidas Reales/[2] Medidas Nominales

Lámina Galvanizada/Superdyma — Fabricada bajo norma: ASTM A653M CS Tipo B Z180/NSDCC K18

| Dimensiones Externas (A x B) mm [1] | pulg [2] | Espesor (t) mm | Kg/m | Peso Unitario | Kg/Pieza | Unidad/Pieza | Piezas por Paquete | Kgs por Paquete |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 x 38 | 1 x 1-1/2 | 1,20 | 1,14 | 0,76 | 6,78 | 15,39 | 150 | 1047,00 |
| 25 x 38 | 1 x 1-1/2 | 1,50 | 1,45 | 0,97 | 8,70 | 19,18 | 150 | 1305,00 |
| 25 x 50 | 1 x 2 | 1,20 | 1,41 | 0,95 | 8,44 | 18,61 | 150 | 1266,00 |
| 25 x 50 | 1 x 2 | 1,50 | 1,76 | 1,18 | 10,55 | 23,27 | 150 | 1582,50 |

**Propiedades Quimicas**
Carbono: 0,02-0,10%
Manganeso: 0,60%
Fosforo: 0,030 %
Azufre: 0,035%
**Propiedades Mecanicas**
Limite de Fluencia: 205/360 Mpa

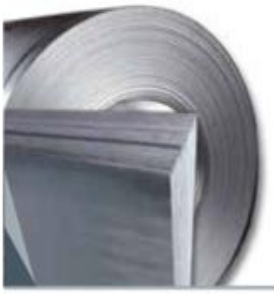
[1] Medidas Reales/[2] Medidas Nominales

**Anexo N° 21**
**CATALOGO DE PRODUCTOS ACEROS AREQUIPA – PLANCHAS LAC CALIDAD ESTRUCTURAL**

# productos planos

## Planchas y Bobinas Laminadas en Caliente

### Planchas y Bobinas LAC



| DIMENSIONES NOMINALES | |
|---|---|
| PLANCHAS LAC Calidad Estructural PDLAC A36 (mm) | BOBINAS LAC Calidad ASTM A36 (mm) |
| 1.5 x 1,200 x 2,400 | 1.8 x 1,200 |
| 1.8 x 1,200 x 2,400 | 1.9 x 1,200 |
| 1.9 x 1,200 x 2,400 | 2.0 x 1,200 |
| 2.0 x 1,200 x 2,400 | 2.2 x 1,200 |
| 2.2 x 1,200 x 2,400 | |
| 2.3 x 1,200 x 2,400 | |
| 2.5 x 1,200 x 2,400 | |
| 2.8 x 1,200 x 2,400 | |
| 2.9 x 1,200 x 2,400 | |
| 4.0 x 1,200 x 2,400 | |
| 4.4 x 1,200 x 2,400 | |
| 4.5 x 1,200 x 2,400 | |
| 5.9 x 1,200 x 2,400 | |

**NORMAS TÉCNICAS:**
Estructural : ASTM A36

**PRESENTACIÓN:**
**Planchass**: Las planchas se comercializan en unidades

**Bobinas:** Se presentan en calidad estructural. Las bobinas se entregan con peso mínimo de 5 TM aproximadamente, enzunchadas longitudinalmente y transversalmente.

**USOS:**
Se usa en la fabricación de tubos y perfiles plegados. Asimismo, luego de su corte en planchas, se emplea en la construcción de silos, carrocerías y construcción en general.

**PROPIEDADES MECÁNICAS:**
Estructural
Límite de Fluencia mínimo = 25.50 kg/mm2 (250 MPa)
Resistencia a la Tracción = 40.80-56.10 kg/mm2 (400 - 550 MPA)
Alargamiento en 50 mm = 20.0% mínimo

**Anexo N° 22**
**PLAN DE MANTENIMIENTO**

Se determina como un suceso de acciones que permiten garantizar que la máquina desbobinadora siga en funcionamiento y tenga el mayor tiempo de disponibilidad de trabajo, para el cual fue diseñado. Es de suma importancia llevar el control de mantenimiento de la máquina, especialmente en los puntos más críticos, garantizando que la máquina opere en las mejores condiciones viéndose reflejados en el bobinado de la tela, evitando imperfecciones.

Los sistemas más importantes considerados para su mantenimiento son los rodamientos ubicados en el eje de la bobina principal (bobina madre), los rodamientos de los rodillos guiadores, rodillos de tensión y los rodillos bobinadores, el sistema de transmisión, motor eléctrico, siendo estas los principales componentes para el proceso de desbobinado. Una buena lubricación, inspección y revisiones periódicas conocer mejor el estado en que se encuentra la máquina desbobinadora.

**NOTA:**

Los trabajos en la instalación deberán ser realizados siempre con la máquina parada. Antes de poner en marcha la instalación, montar correctamente las conexiones y los dispositivos de seguridad y realizar una breve comprobación de su correcto funcionamiento.

**¡ADVERTENCIA!**

- No usar disolventes inflamables para limpiar la instalación.
- No limpiar con limpiadores de alta presión.

- Antes de iniciar los trabajos de mantenimiento, desconectar la alimentación eléctrica y asegurar el interruptor principal contra la reconexión.

## 1.1. PUNTOS DE LUBRICACIÓN

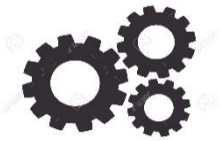
Se debe lubricar las superficies que se encuentran en movimiento, una en relación a la otra, con la finalidad de reducir la fricción evitando el desgaste prematuro. Una lubricación efectiva dependerá de uso de grasa limpia, en la cantidad necesaria y aplicada correctamente.

Deberán ser lubricados los rodamientos en el sistema desenrollado, rodillos guiadores, rodillos tensores, sistema de frenado, sistema de bobinado y sistema de transmisión.

**NOTA:**

- Durante el proceso de engrasado, evitar partículas como polvo, arenilla u otras partículas contaminantes que ocasionen rayas o desgaste al material.
- Si la grasa pasa rápidamente por las carcasas o sellos, siga aplicándola hasta salir limpia. Así se asegurará que la grasa vieja y las suciedades han sido eliminadas.
- Después de lubricar es aconsejable limpiar los excesos de grasa.

## 1.2. SISTEMA DE TRANSMISIÓN



Inspecciones diarias o semanales de nivel de aceite, tensión, revisión de desgastes en los materiales o desperfectos que imposibiliten la operatividad de la máquina anticipándose a llegar a un mantenimiento correctivo.

Se deberá realizar las revisiones periódicas del componente de transmisión, engranajes, cadena de transmisión, rodamientos.

## 1.3. SISTEMA ELÉCTRICA

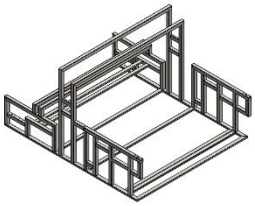
El operario deberá realizar inspecciones visuales de las líneas y/o cables eléctricos evitando conductores defectuosos de un posible corto-circuito, debido a vibraciones de la máquina, esto generando el rozamiento del conductor eléctrico con la estructura.

**¡ADVERTENCIA!**

- En caso de contacto con componentes eléctricos hay peligro de muerte, estos componentes eléctricos conectados pueden realizar movimientos descontrolados provocando lesiones muy graves.
- Ante de comenzar con un mantenimiento o una eliminación de fallas, desconectar la alimentación eléctrica o aislarla definitivamente.
- Verificar que no se puedan producir reactivación debidas al arrastre del eje por parte de otras masas en movimiento.

- Espere a que la temperatura superficial haya descendido por debajo de los 50°C para evitar quemaduras.

## 1.4. ESTRUCTURA



Realización de inspección visual de la estructura, acoples, intersección de la máquina desbobinadora y revisión del torque de los pernos, las cuales suele aflojarse por vibraciones de la mima máquina.

Se debe considerar estas revisiones visuales diarias o de acuerdo al uso de la máquina, asegurando el mayor tiempo de disponibilidad de la máquina desbobiandora.

## 1.5. FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

| PLAN DE MANTENIMIENTO | | |
|---|---|---|
| **FRECUENCIA** | **DESCRIPCIÓN** | **ACTIVIDAD** |
| **1.1. PUNTOS DE LUBRICACIÓN** | | |
| Diario | Inspección de los componentes rodantes | Revisar visualmente los rodamiento de la máquina |
| Diario | Limpieza general | Limpieza de rodamientos, rodillos bobinadores |
| Mensual | Inspección de los rodillos bobinadores | Inspección visual del desgaste del recubrimiento de los rodillos bobinadores |
| 1200 Hrs | Lubricación e inspección de rodamientos de la bobina principal | Se recomienda utilizar grasa lubricante, KP 2K - 20 o SKF LGMT 3/1 |

| | | |
|---|---|---|
| 1200 Hrs | Lubricación e inspección del porta bobinas del eje de bobina madre | Se recomienda utilizar grsa lubricante, KP 2K - 20 o SKF LGMT 3/1 |
| 28,800 Hrs | Cambio de aceite del sistema de transmisión | Se recomienda utilizar Aceite mineral o de máquina viscosidad 50 - 33 ISO VG a + 40 °C |
| 1.2. SISTEMA DE TRANSMISIÓN | | |
| Diario | Inspección de la caja de transmisión | Revisión de presencia de fugas de aceite, lubricante. |
| Mensual | Revisión de niveles de aceite. | Revisión del nivel de aceite de la caja reductora, de ser el caso, se procede a rellenar. |
| 14,400 Hrs | Cambio del sistema de transmisión | Cambio de la cadena, engranajes y rodamientos del sistema. |
| 1.3. SISTEMA ELÉCTRICO | | |
| Diario | Inspección de estado de conductores eléctricos | Revisión y/o inspección visual de conductores defectuosos que podrían poner en riesgo a la máquina desbobinadora |
| Diario | Limpieza del sistema eléctrico | Se recomienda realizar una limpieza del sistema con limpiadores de aire de baja presión. |
| Diario | Inspección y limpieza del Tablero Eléctrico | Se recomienda realizar una limpieza del sistema con limpiadores de aire de baja presión. |
| Semanal | Limpieza del Motor Eléctrico | Eliminación de depósitos de polvo, aceite o suciedad en la tapa del ventilador para mantener una buena ventilación y permitir un correcto enfriamiento del motor. |
| Semanal | Inspección de soportes de fijación del Motor Eléctrico | Control de las condiciones de los retenes y de los V-ring, conexiones eléctricas, mecánicas y pernos de fijación |
| Según recomendaciones del fabricante | Inspección y Revisión de las piezas principales del Motor Eléctrico | Según Manuel del Fabricante |
| 1.4. ESTRUCTURA | | |
| Diario | Inspección general del sistema de aire de los brazos neumáticos | Revisión de fugas de aire, limpieza y lubricación de puntos críticos. |

| | | |
|---|---|---|
| Diario | Inspección del proceso de desbobinado | Revisión, alineación y ajuste de la tensión de la tela. |
| Semanal | Inspección de las Bases de la máquina desbobinadora | Revisión general de los soportes y partes de acoplamiento de piezas. |
| Quincenal | Inspección del sistema de frenos. | Revisión y ajuste adecuado del sistema de frenos. |
| Trimestral | Mantenimiento de pistones neumáticos | Revisión de fugas de aire, limpieza y lubricación de puntos críticos. |
| Desde la puesta en marcha, cada 600 Hrs | Inspección de alineamiento del eje de la bobina madre, rodillos guiadores, rodillos tensores y rodillos bobinadores. | Revisión especialmente durante el proceso de desbobinado de la máquina en los puntos de entrada, salida y visualización de tensión de la tela. |
| Desde la puesta en marcha, cada 600 Hrs | Inspección y ajustes de acoplamiento de la máquina. | Revisión de torque de pernos y tuercas de la máquina. |